



Fondation
pour l'agriculture
et la ruralité
dans le monde
RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE



LES ENJEUX DU RENOUVELLEMENT DE LA FERTILITE DES SOLS EN AFRIQUE DE L'OUEST

Approche régionale et études de cas
au Bénin et au Sénégal



Étude coordonnée par Thibaut Soyeux (FARM)

05/12/2024

Cette étude a été réalisée entre novembre 2023 et décembre 2024 dans le cadre d'une convention de partenariat entre la Fondation FARM et l'Agence française de développement. Le comité de pilotage de cette convention de partenariat était composé de Sandra Rulière et Benoît Faivre Dupaigre pour l'Afd et Catherine Migault, Matthieu Brun et Thibaut Soyez pour la Fondation FARM.

Cette étude a été réalisée avec les contributions de Noémie Bollecker, Matthieu Brun, Abdoul Fattath Tapsoba et Olia Tayeb Cherif de la Fondation FARM ainsi que Marie José Neveu Tafforeau (Consultante) et un groupe d'étudiants de Sciences Po Paris. Ce document n'engage que la responsabilité des auteurs.

Un comité scientifique et technique a suivi l'avancée de cette étude, il était composé de Ndèye Fatou Faye Mané (ISRA-BAME), Sébastien Bainville (Institut Agro Montpellier - UMR MOISA), Gatién Falconnier, (CIRAD - UR AIDA) et Jean-Luc François (Conseil scientifique de FARM).

Document interne. Ne pas diffuser.

SOMMAIRE

Introduction Générale.....	3
Axe 1 : Fertilité et état des lieux de la ressource en sol en Afrique de l'Ouest ;;;.....	5
Axe 2a : Gestion de la fertilité des sols au Bénin, cas d'étude de la zone cotonnière Nord.....	40
Axe 2b : Gestion de la fertilité des sols au Sénégal, cas d'étude du bassin arachidier et des rives du fleuve Sénégal.....	73
Axe 3a : Cartographie des flux du marché des engrais en Afrique de l'Ouest de 1990 à 2022.....	117
Axe 3b : Les politiques publiques pour la fertilité des sols au Sénégal : entre priorité à la fertilisation et volonté timide de transition agroécologique.....	148
Conclusion Générale.....	187

INTRODUCTION GENERALE

Les chocs économiques et géopolitiques qui se sont succédés après la pandémie de Covid-19 et l'invasion de l'Ukraine par la Russie ont relancé les débats sur les enjeux de sécurité et de souveraineté alimentaire au sein des agendas politiques (FARM & AFDI, 2023).

La succession de ces crises a eu deux principaux impacts sur les systèmes agricoles au Nord comme au Sud. Premièrement, un transfert progressif de l'inflation des prix des commodités agricoles vers les prix à la consommation. Deuxièmement, une réduction de l'accessibilité des engrais minéraux, en quantité, mais surtout en termes de prix. Ces crises économiques et de disponibilité ont ainsi agi en catalyseurs des inégalités existantes dans les systèmes agri-alimentaires à travers le monde. Leur impact sur les petites agricultures familiales majoritaires en Afrique de l'Ouest a été notable.

À l'heure où l'impact du changement climatique sur les agroécosystèmes se fait de plus en plus palpable, il est nécessaire de renforcer la résilience des systèmes agricoles ouest africains. Le soutien public dont ils disposent est faible au regard de ceux dont bénéficient les systèmes agricoles des pays de l'OCDE, l'Union européenne ou les États-Unis notamment (Tapsoba et Brun, 2023). La résilience des systèmes agricoles d'Afrique de l'Ouest doit être pensée sur plusieurs plans, notamment climatique et économique. Au cœur de ces enjeux, les sols constituent une ressource importante, pourvoyeuse de services écosystémiques en même temps qu'ils conditionnent les rendements des cultures et, à terme, les revenus des producteurs et la sécurité alimentaire de l'ensemble de la population.

Le rôle central de la gestion durable des sols dans les stratégies de développement des agricultures fait désormais consensus et a été rappelé lors du Sommet africain sur les engrais et la santé des sols en mai 2024. 17 ans après la déclaration d'Abuja sur les engrais en faveur de la révolution verte, force est de constater que leur utilisation n'a augmenté que marginalement et que la faible productivité agricole couplée à la dégradation des sols restent des défis majeurs pour le continent. Les propositions issues du sommet de mai 2024 et des stratégies des États mettent en avant le déploiement de chaînes d'approvisionnement en engrais minéraux et organiques, le renforcement des mesures de conservation de la santé des sols, le tout en vue d'augmenter les rendements agricoles (Union Africaine, 2024). Ces propositions constituent un cadre nouveau au regard des mesures promues lors de la déclaration d'Abuja en 2006, qui faisait la part belle aux engrais minéraux, ces derniers étant décrits comme insuffisants pour, à eux seuls, inverser la dégradation des sols et augmenter durablement la productivité des sols africains.

Cependant, en Afrique subsaharienne, les niveaux d'utilisation moyens d'engrais minéraux sont encore loin de l'objectif de 50 kg/ha annoncé par la déclaration d'Abuja de 2006. En dépit d'une consommation d'engrais en progression sur le continent au cours de la dernière décennie, les rendements ne sont toujours pas suffisants pour répondre à l'enjeu de souveraineté alimentaire de nombreux États. Ce faisant, la restauration et la conservation des sols reste une cible prioritaire des acteurs de développement agricole.

Considérant le double enjeu de préservation des écosystèmes agricoles et de sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest, quelles sont les conditions pour l'émergence de systèmes de fertilisation durables dans la sous-région ?

Cette étude nous amènera à nous interroger sur les raisons de la disparition des pratiques qui permettaient le renouvellement de la fertilité et sur potentiel de développement la fertilisation minérale et sa complémentarité avec les autres formes de fertilisation.

Cette étude analyse les enjeux de fertilité des sols pour la région Afrique de l'Ouest au regard des débats actuels. Elle s'appuie sur une revue bibliographique assortie d'entretiens d'experts. Elle n'ambitionne pas d'être exhaustive, mais plutôt d'esquisser une compréhension des enjeux de fertilité des sols agricoles en faisant dialoguer tendances globales et dynamiques locales diversifiées. Des cas d'étude seront proposés au Bénin et au Sénégal pour illustrer les enjeux au niveau des systèmes agraires et ainsi faire le lien avec des considérations macroéconomiques, sociales et politiques.

Dans un premier temps, seront fournies les clés de compréhension des enjeux globaux de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest. Nous reviendrons sur les différents éléments définissant la fertilité d'un sol en proposant une contextualisation historique de la nature dégradée des sols en Afrique de l'Ouest. Puis, une présentation pédologique des trois principaux types de sol de la région ainsi que leurs usages sera proposée. Enfin, une présentation des pratiques agricoles favorisant la fertilisation des sols permettra l'introduction d'un concept essentiel : le recyclage et les flux des éléments minéraux.

Dans un deuxième temps, afin d'illustrer les discussions soulevées dans la première partie, deux cas d'étude seront développés : le Sénégal et le Bénin. Ces pays ont été choisis pour la diversité des systèmes agraires qu'ils incluent, répartis selon un transect Nord-Sud avec différentes zones bioclimatiques de l'Afrique de l'Ouest (aride à tropical humide). Ces deux pays ont été retenus en raison de la variété des cultures présentes sur leur territoire et des différentes pratiques culturales et agronomiques, avec l'objectif de démontrer le caractère essentiel d'une bonne gestion de la fertilité des sols.

Une troisième partie sera développée, identifiant et expliquant les politiques publiques de soutien aux engrais et la structuration des filières d'engrais organiques et minéraux au Sénégal. Un rapport cartographique des flux des éléments minéraux azote, phosphate et potasse viendra conclure cette étude.

Axe 1 : Fertilité et état des lieux de la ressource en sol en Afrique de l'Ouest

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	3
1 DES SOLS OUEST-AFRICAINS AVEC UN POTENTIEL DE FERTILITE LIMITE	7
1.1 Une dégradation sévère qui touche 19% des sols d'Afrique	7
1.2 Quel(s) référentiel(s) pour mesurer la fertilité des sols ?	9
1.2.1 Les cinq référentiels théoriques de la mesure de la fertilité d'un sol.....	9
1.2.2 Une région faiblement dotée en matière organique	11
1.3 Des performances faibles en terme de fertilité sur les différents types de sols.....	17
1.3.1 Lixisols	18
1.3.2 Acrisols	18
1.3.3 Plinthosols	19
2 QUELLES PRATIQUES AGRONOMIQUES POUR UNE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS ?	21
2.1 La pratique ancestrale de l'abattis-brulis	21
2.2 Diversité végétale : rotations et associations	22
2.3 Travail du sol et agriculture de conservation.....	23
2.4 Pratiques de fertilisation et d'amendements	23
2.4.1 Organique	23

2.4.2	Minérale	24
2.4.3	Biologique	26
3	LE SYSTEME AGRAIRE COMME PORTE D'ENTREE INCONTOURNABLE POUR LA COMPREHENSION DES TRANSFERTS DE FERTILITE.....	27
3.1	L'approche des bilans : l'impasse du renouvellement de la fertilité en Afrique de l'Ouest.....	27
3.2	L'approche systémique du renouvellement de la fertilité.....	31
	CONCLUSION	34
	BIBLIOGRAPHIE.....	35

1 DES SOLS OUEST-AFRICAINS AVEC UN POTENTIEL DE FERTILITE LIMITE

Cette première partie vise à offrir une compréhension générale des enjeux autour de la nature et la santé des sols, ainsi que les référentiels utilisés pour en mesurer la fertilité. L'objectif est de comprendre la nature des sols de la région Afrique de l'Ouest, leur potentiel de fertilité et les causes de leur dégradation.

1.1 Une dégradation sévère qui touche 19% des sols d'Afrique

Le rapport de la FAO sur l'état des ressources en sols du monde dresse le constat d'une ressource fortement dégradée à l'échelle planétaire. Il met en avant les principales menaces qui pèsent sur les fonctions des sols, en premier lieu leur rôle central comme ressource pour l'approvisionnement alimentaire des populations, notamment les plus vulnérables (FAO et ITPS, 2015a).

L'Afrique subsaharienne présente, selon la recherche disponible, un taux important de dégradation de ses sols. L'évaluation mondiale de la dégradation des sols (GLASOD, 1991), élaborée par la FAO et le PNUE, estime que 65% des terres agricoles en Afrique auraient subi une dégradation depuis le milieu du XX^{ème} siècle et qu'une dégradation sévère affecterait 19% des terres agricoles (FAO et ITPS, 2015b). Le consensus est cependant loin d'être établi au sein de la communauté scientifique sur l'ampleur de ces dégradations.

D'une manière générale, les caractéristiques physiques des sols d'Afrique de l'Ouest les rendent particulièrement sensibles à l'érosion éolienne et hydrique. Ils ont également une faible capacité de rétention des nutriments et un faible taux de matière organique (Jones et al., 2015). Les trois principales sources de dégradation de la santé des sols dans la région sont précisément l'érosion éolienne et hydrique, la perte de matière organique et la perte en nutriments (FAO et ITPS, 2015b).

Les changements d'usage des sols contribuent à activer ces phénomènes de dégradation. Le principal phénomène de changement d'usage des sols reste l'avancée des fronts pionniers ou extension des surfaces agricoles, par déforestation, mais également par une diminution à des degrés plus ou moins forts des surfaces en jachère, notamment de longue durée. Un tel phénomène est dû à l'accroissement des densités de populations, mais aussi aux conditions socio-économiques et aux politiques encadrant le secteur agricole (Herrmann et al., 2020, voir Figure 1).

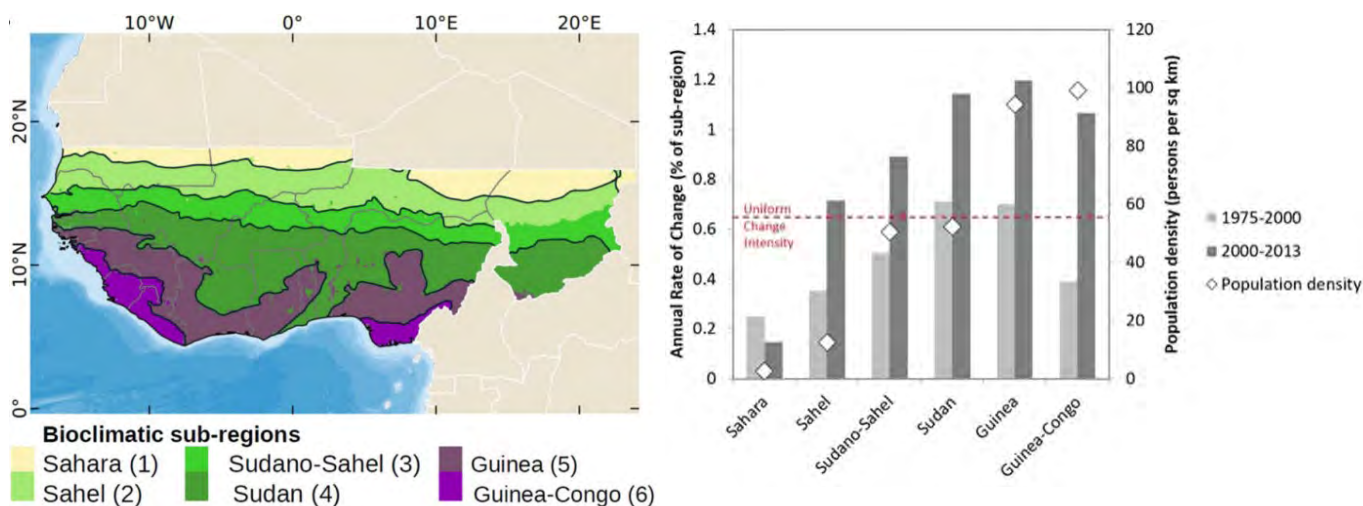


Figure 1 : Sous-régions bioclimatiques de l'Afrique de l'Ouest (gauche) et intensité du changement de couvert des sols (Source : Herrmann et al., 2020)

Lecture : L'intensité du changement d'usage des sols est exprimée en taux annuels de changement d'usage par période et par sous-région. La ligne du taux uniforme de changement d'usage représente le taux annuel de changement d'usage des sols si ce changement était distribué de manière égale dans le temps et l'espace. La densité de population correspond à la densité moyenne de population pour chaque sous-région en 2000.

Au fur et à mesure de l'extension des zones de culture et de l'intensification des systèmes agricoles d'Afrique de l'Ouest, la balance des nutriments et le stock de matière organique dans les sols ont opéré une dégradation progressive (Liu et al., 2010). La diminution des teneurs en carbone ou en matière organique dans les sols a eu un impact direct sur la qualité des sols agricoles, notamment sur leur capacité de rétention en eau ou leur teneur en éléments nutritifs (Chevallier et al., 2020).

Ces arguments, s'ils permettent de rendre compte du phénomène à l'œuvre au niveau de l'Afrique de l'Ouest, doivent cependant être modérés. Les sols d'Afrique de l'Ouest, du fait de leur ancienneté, sont naturellement et structurellement pauvres en nutriments et matière organique. Cela s'explique notamment par la texture majoritairement sableuse de nombreux sols.

1.2 Quel(s) référentiel(s) pour mesurer la fertilité des sols ?

1.2.1 Les cinq référentiels théoriques de la mesure de la fertilité d'un sol

Reboul (1989) définit la fertilité agronomique comme « l'ensemble des fonctions de production relative à un sol dans un milieu agronomique donné ». Cette définition souligne que la fertilité agronomique :

- Est un concept multidimensionnel
- Dépend d'un contexte agronomique spécifique
- Englobe l'ensemble des fonctions productives du sol

Selon cette définition la fertilité agronomique peut se déterminer selon quatre caractéristiques :

La fertilité biologique qui fait référence à l'aptitude des sols à apporter les éléments essentiels (azote, phosphore et potassium principalement) à la croissance des végétaux par l'action des organismes vivants (animaux, insectes, champignons, parasites) (Alabouvette, 2018) ;

La fertilité chimique qui correspond au pH du sol et à l'abondance des éléments nutritifs (azote, phosphore, potassium...) dans le sol ainsi qu'à leur disponibilité pour la croissance des cultures (Demolon, 1932) ;

La matière organique qui se compose d'organismes vivants (animaux et végétaux), de matière fraîche végétale et microbienne ainsi que de matière en décomposition. La matière organique est un pilier de la fertilité des sols et agit comme lien entre ses différentes composantes. En effet, elle influe sur les cycles géochimiques des nutriments, la rétention de l'eau et la stabilité structurale.



Figure 2 : Paramètres de la fertilité d'un sol (Source : Perrin, 2023)

La fertilité physique du sol qui correspond à sa morphologie (taille, forme, arrangement, niveaux d'organisation) et à son fonctionnement (hydrodynamique, mécanique, agronomique...) (Braudeau, 1994)

S'il semble intéressant de définir les composantes de la fertilité d'un sol, il est cependant nécessaire de préciser que ces paramètres sont interdépendants. Le sol fonctionne selon des dynamiques globales qui résultent des interactions entre les différents éléments qui le composent (Chaussod, 1996).

En plus de ces quatre critères agronomiques, il est important d'intégrer les aspects économiques de la production agricole. Sebillotte (1991) parle de fertilité économique des sols, un concept qui prend en compte la capacité productive du sol ainsi que les coûts et revenus associés et considère la rentabilité des investissements pour maintenir ou améliorer la fertilité du sol.

Les concepts de fertilité agronomique et de fertilité économique, issus des travaux de Reboul (1989) et Sebillotte (1991), montrent que la fertilité ne peut être réduite à une simple mesure physico-chimique du sol. Elle doit être comprise comme un système complexe intégrant des aspects agronomiques, environnementaux et économiques, ce qui milite pour adopter une analyse en termes de systèmes agraires pour mieux comprendre les enjeux de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest (voir partie 2).

1.2.2 Une région faiblement dotée en matière organique

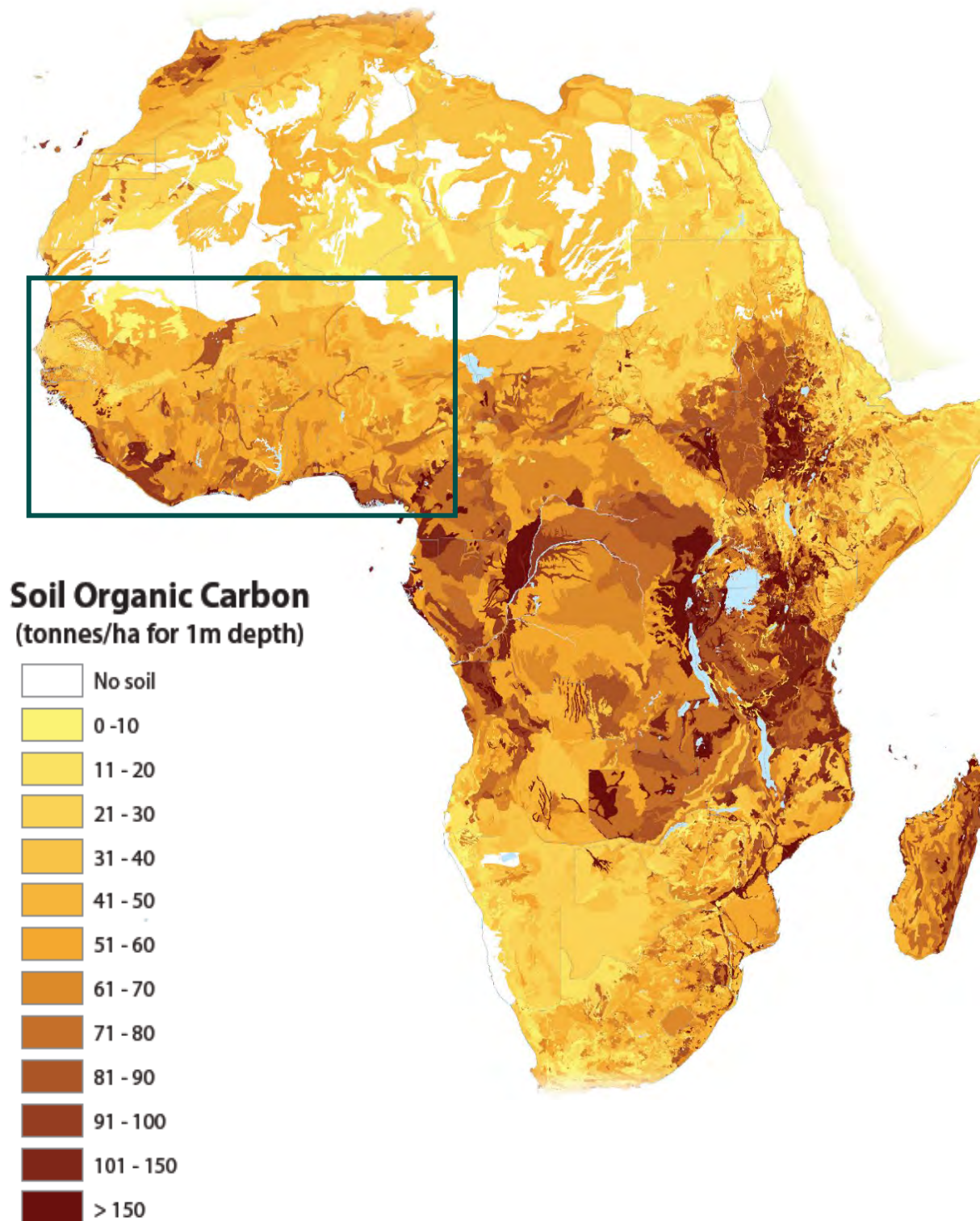


Figure 3 : Quantité de carbone organique dans les sols en Afrique de l'Ouest
(Source : JRC, 2013)

Le carbone organique du sol est le résultat de la décomposition d'apports organiques, soit des végétaux (racines, litières de feuilles, résidus de culture) laissés au sol, soit du compost ou des fumiers (Chevallier et al., 2020). C'est un facteur essentiel de la mesure de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest. Bien qu'il ne soit pas le seul élément à prendre en compte pour mesurer la fertilité d'un sol (Reboul 1989, Sébillotte 1991), il est central dans leur structuration physique et dans le recyclage des éléments nutritifs (azote, potassium, phosphore), éléments indispensables au développement des plantes (Chevallier et al., 2020). Le stock de carbone organique d'un sol est souvent confondu avec celui des matières organiques issues de la biomasse de la végétation, obtenue lors du processus de photosynthèse. La matière organique n'est cependant constituée que de 50 à 55% de carbone organique.

On observe dans la zone ouest-africaine des sols qui, sur un mètre de profondeur et sur un hectare, contiennent en moyenne entre 40 et 60 tonnes de carbone organique. Il est important de noter que l'on retrouve du carbone à plus d'un mètre de profondeur notamment dans les tourbières et estuaires (Jones, 2013). La capacité d'un sol à retenir la matière organique, et donc à avoir une bonne teneur en carbone, est directement corrélée à sa nature et à sa composition. Les pratiques agricoles ainsi que le climat sont également des facteurs clés.

À titre de comparaison, selon l'initiative « 4pour1000 », en France, un sol est considéré comme pauvre quand il contient en moyenne moins de 50 tonnes de carbone par hectare sur les 30 premiers centimètres de sol seulement (Pellerin, 2019). On retrouve ainsi une quantité comparable de carbone dans 1 mètre de sol ouest africain et dans les 30 premiers centimètres des sols français, quantité qualifiée comme faible par l'INRA.

Encadré 1 : la matière organique, élément central de la fertilité des sols

« La matière organique est au cœur des propriétés des sols : leur fertilité pour la production agricole, leur biodiversité, leur résistance à l'érosion, leur rétention et capacité de filtration de l'eau et des polluants. En se décomposant, ces MO participent au recyclage des éléments nutritifs (N, P, K, etc.) indispensables à la croissance des plantes ; elles sont sources d'énergie pour les organismes hétérotrophes du sol et leur présence permet de maintenir la structure des sols et de contribuer, avec les argiles, à la capacité d'échange des ions, voire des polluants. Maintenir un taux de matière organique dans les sols est donc bénéfique pour le climat (puits de carbone) mais aussi pour l'ensemble des services écosystémiques que procurent les sols à nos sociétés. Ce ne sont pas les mêmes compartiments organiques qui sont en jeu. Les compartiments les plus stables associés aux fractions fines du sol (argiles et limons fins) participent peu au recyclage des éléments nutritifs et à la production agricole à court terme (objectif de sécurité alimentaire) mais plutôt à la stabilisation du carbone à long terme (objectif de lutte contre le réchauffement climatique). Une perte de matière organique du sol, et donc de carbone organique, surtout lorsque les niveaux initiaux sont faibles comme dans les régions sèches et/ou dans les sols sableux, se traduit invariablement par la dégradation des sols et de leurs fonctions associées, notamment celle de soutenir la production agricole provoquant alors un cercle vicieux de dégradation (Lal, 2004). Au contraire, le fait d'augmenter la matière organique améliore directement la qualité et la fertilité du sol contribuant ainsi à la résilience et la durabilité de l'agriculture et, de fait, à la sécurité alimentaire des sociétés. Le taux de matière organique et/ou la teneur en carbone organique des sols sont ainsi considérés comme des indicateurs clés de la santé des sols, pour leurs fonctions agricoles et environnementales (FAO-ITPS, 2016). »

Carbone des sols en Afrique : Impacts des usages des sols et des pratiques agricoles Tiphaine Chevallier, Tantely M. Razafimbelo, Lydie Chapuis-Lardy et Michel Brossard (dir.), 2020

Le carbone est au centre de l'interdépendance des différents critères d'évaluations de la fertilité des sols. Il est à la fois garant de la structure physique des sols mais aussi acteur dans le processus de biodisponibilité des nutriments et minéraux, indispensables pour la croissance des cultures. Cependant, se focaliser uniquement sur la quantité de carbone dans un sol pour en déterminer ses performances serait insuffisant. Des auteurs s'interrogent sur la pertinence du seul taux de carbone comme indicateur de la fertilité des terres tropicales, à l'inverse des terres tempérées où cet indicateur fait consensus (Masse et al., 1998). La question de la MO se pose de manière spécifique dans le cas de l'Afrique de l'Ouest compte tenu des conditions climatiques et pédologiques particulières ainsi que des pratiques agricoles (vaine pâture, gestion des fumiers, etc.) qui ne favorisent pas le maintien de la MO, limitant le potentiel de fertilité des sols (voir infra).

Pour éclairer le rôle du carbone dans le « système sol », nous avons rencontré Aurélie Bacq-Labreuil, ingénieure en biotechnologie de formation et docteure en sciences des sols, actuellement collaboratrice de Genesis, entreprise spécialisée dans la santé des sols.

FARM : Le carbone seul, peut-il être suffisant pour qualifier les sols ?

Aurélie Bacq-Labreuil : Actuellement cela ne suffit pas. Cela donne une partie de la réponse seulement. L'important c'est d'associer les mesures de carbone aux mesures de texture du sol. Aujourd'hui il y a plusieurs manières de qualifier les sols : la qualité des sols versus la santé des sols. Chez Genesis on a choisi l'approche de la santé du sol. La qualité

des sols va dépendre des attentes que l'on a de ce sol, de sa productivité espérée. Le potentiel de fonctionnement d'un sol dépend de sa « qualité intrinsèque ». Deux sols avec les mêmes « performances » peuvent avoir des potentiels très différents et cela est notamment conditionné par la texture du sol. Si l'on compare deux sols, ils peuvent avoir la même quantité de carbone et pourtant avoir des potentialités très différentes. C'est pourquoi le carbone ne suffit pas à qualifier le potentiel de fonctionnement du sol autrement dit, sa fertilité.

Les analyses de sols traditionnelles sont-elles toujours d'actualité, existe-t-il des controverses à ce sujet ?

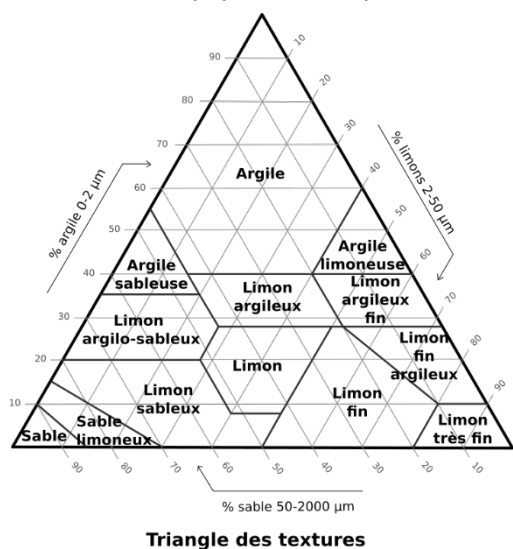
Oui, ces modèles existent toujours et sont toujours appliqués. Ils ont l'avantage de maximiser le nombre de prélèvement. Pour être un peu plus précis, chez Genesis nous avons cependant fait le choix de développer une autre approche inspirée de la méthodologie de la FAO. L'étude pré-terrain n'étant pas toujours possible dans tous les contextes, nous nous basons dans un premier temps sur les cartes géologiques et pédologiques si elles sont disponibles, ainsi que sur la pente de la parcelle. À partir de cela, nous identifions des unités de sol homogène (USH), ce qui permet de réduire les points de prélèvements sur ces mêmes USH. Ce sont donc 6 points de prélèvement pour 18ha puis deux points de prélèvement pour 6ha supplémentaires. Nous ne dépassons jamais les 14 points de prélèvement. Cela nous permet d'avoir des analyses plus homogènes.

Quels sont les indicateurs que vous utilisez lors de vos prélèvements qui vous permettent de mesurer la santé d'un sol ?

Tous les indicateurs que nous traitons sont issus de la littérature, il me semble important de préciser que nous n'avons rien inventé à ce sujet. Au départ nous avons sélectionné plus de 175 paramètres qui, sous contraintes de l'opérationnalité de l'analyse, de sa répétabilité et de son coût, ont finalement été réduit à 35. L'important pour nous était de pouvoir identifier des paramètres issus d'une littérature robuste, que l'indicateur puisse être quantifiable (et ainsi réduire le biais du préleveur) et abordable économiquement parlant. Ci-après les principaux indicateurs que nous avons sélectionnés. Ils nous servent comme éléments de contextualisation :

- *Quantité de carbone*
- *Indicateurs ADN de la biodiversité (pour faciliter le transport et le stockage des échantillons. Le comptage est trop compliqué en termes de logistique)*

- Pollution (salinité, traces métalliques et les nitrates, même si l'indicateur nitrate n'est pas le plus essentiel)
- Mesure de l'érosion hydrique induit par les pluies (par modélisation du risque par le modèle **RUSLE**)
- Paramètres physico chimiques : matière sèche, pH, carbonates et texture qui sont essentiels pour la contextualisation de ces indicateurs.



Pour la texture, on utilise les pourcentages de limon, d'argile et de sable, pour obtenir un positionnement dans le triangle des textures.

Sur un sol argileux, il y a des zones de méso-pores et de petits pores plus fins qui permettent le stockage de l'eau et de la MO, et qui permettent de physiquement retirer la MO des microorganismes et en même temps en libérer une partie en fonction des besoins. Cela permet les échanges d'eau, de gaz et favorise l'accès à la MO présente dans le sol.

Pour un sol sableux en revanche ces microporosités n'existent quasiment pas et limitent donc la rétention de l'eau et de la MO. C'est pour cette raison que l'on considère que la texture est très importante dans la structure du sol.

- Azote total
- Phosphores assimilables
- Les cations échangeables (qui sont importants pour mesurer la salinisation)

Bien sûr, sont aussi pris en compte les critères d'usage des sols (terres arables, prairie, forêts etc.), la géologie, la topographie ainsi que les données climatiques (précision de 12km) et les données de pratiques agricoles.

Pourriez-vous préciser la différence entre le carbone, le carbone du sol et la matière organique ?

Pour simplifier, la matière organique c'est la litière du sol, les éléments en décomposition, les résidus de cultures par exemple, les bactéries mortes... La MO est composée d'éléments moléculaires comme de l'azote, du phosphore, du potassium et beaucoup de carbone et d'oxygène. Le carbone du sol est le carbone contenu dans cette MO morte, l'élément « C » présent au sein de cette matière organique. Quand on mesure le carbone on mesure le carbone total. Dans le carbone total, il y a deux phases de carbone : le

carbone organique (contenu dans cette MO) et le carbone inorganique qui lui provient du carbone contenu dans les minéraux du sol (les carbonates par exemples). Quand on dit que la MO est composée de 50 à 55% de carbone, on parle de carbone organique, et c'est ce carbone qui est mobilisable par les microorganismes.

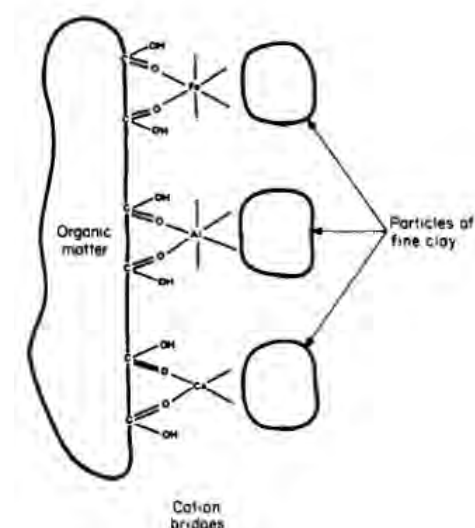
Dans un contexte agronomique de production végétale, quel est le rôle du carbone ? Comment intervient-il ?

Pour les plantes, le carbone n'est pas très intéressant car les plantes produisent leur propre source de carbone grâce à la photosynthèse.

En revanche il a une importance dans la nutrition des microorganismes du sol, et dans la structuration du sol. Le carbone est souvent présent sous forme moléculaire complexe (les sucres par exemple). La MO est chargée négativement, ainsi que l'argile. Plus les sols sont argileux, plus il y a de potentiels ponts entre l'argile et la MO. Pour que ces ponts se matérialisent, il faut une charge positive entre l'argile et la MO et ça, c'est le rôle des cations échangeables (calcium et magnésium). C'est le complexe argilo humique et il est

chimiquement très stable. Les racines et les champignons avec des ifs ont l'effet d'un maillage dans les sols et plus le maillage est fort et présent et plus le sol sera physiquement retenu. Donc plus un sol est riche en argile et en MO (et donc en carbone), plus il sera capable de former ces agrégats chimiquement très stables et donc de créer des microstructures et des microporosités favorables aux échanges. Quand on calcule la capacité d'échange cationique (CEC), on mesure la capacité des éléments du sol à créer de nouveaux ponts entre l'argile et la MO. Dans les sols très sableux cette CEC est très faible.

Un apport d'engrais minéral massif sur un sol sableux drainant n'a pas d'intérêt puisqu'aucun élément ne sera retenu par le sol, tout sera lessivé. Une des solutions peu efficaces cependant, consiste en l'apport minéraux fractionnés, appliqués à des moments spécifiques qui corresponde très précisément aux besoins de la plante. Pour contrecarrer ce phénomène plus efficacement, on peut soit combiner l'application d'engrais minéraux avec de la MO, soit mettre en place des pratiques agricoles améliorant la structure du sol et, par conséquent, la rétention des éléments minéraux.



1.3 Des performances faibles en terme de fertilité sur les différents types de sols

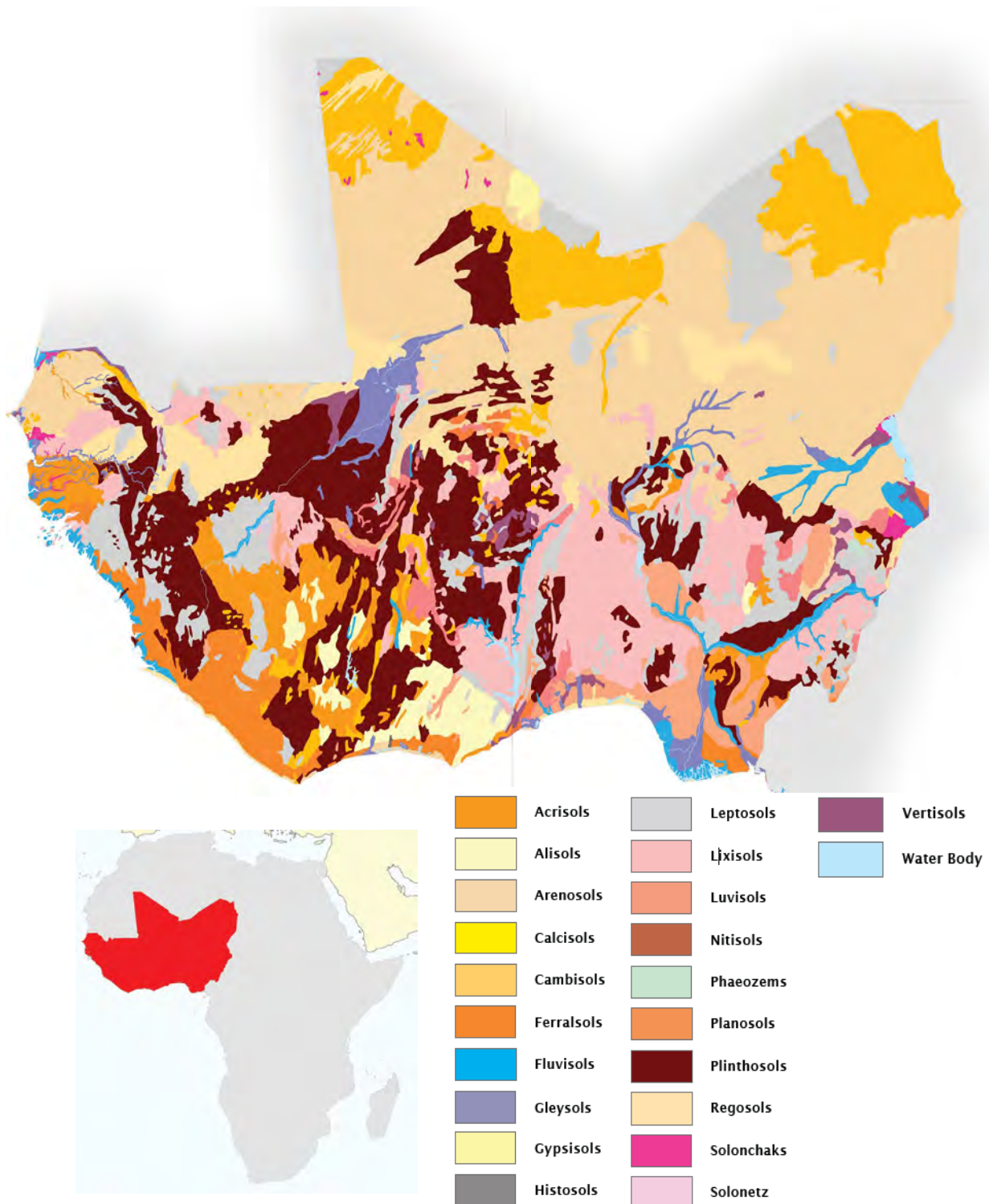


Figure 4 : Les différents types de sols en Afrique de l'Ouest (Source : Jones, 2013)

L'Afrique de l'Ouest compte majoritairement des sols âgés, c'est-à-dire des sols profonds dont la pédogénèse est ancienne et dont les minéraux ont été fortement lessivés ou lixiviés. Nous allons détailler les trois types de sols les plus représentés dans la zone que nous étudions et aborderons leur potentiel de fertilité. Ces sols évoluent cependant rapidement en interaction avec le climat et les ressources hydriques disponibles.

1.3.1 Lixisols

Sols légèrement acides avec un sous-sol enrichi en argile et une faible capacité de rétention des éléments nutritifs (du latin *lixivia*, substances délavées).



Fertilité chimique : Les lixisols sont des sols qui présentent une nette augmentation de la teneur en argile avec la profondeur. L'argile est principalement de la kaolinite dont la capacité à retenir les nutriments est limitée.

Fertilité biologique : Les lixisols ne contiennent pas beaucoup de matière organique.

Fertilité physique : Les lixisols n'ont pas une structure bien développée. Ils sont très sensibles à l'érosion hydrique et les précipitations de forte intensité peuvent dégrader la structure du sol. Ainsi, si le sol n'est pas protégé, une croûte peut se former et empêcher la pluie de pénétrer dans le sol. L'érosion éolienne peut également être un problème car les particules de sol à la surface peuvent facilement être emportées par le vent avec les éléments minéraux associés.

Fertilisation et utilisation : Sol adapté notamment aux cultures vivaces. Une application fractionnée des engrais est nécessaire.

1.3.2 Acrisols

Sols fortement acides avec un sous-sol enrichi en argile et une faible capacité de rétention des nutriments (du latin *acer*, acide)

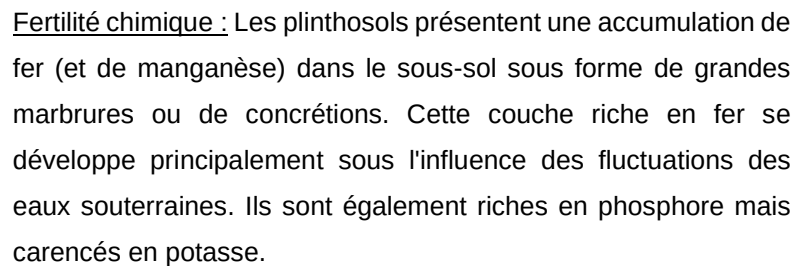


Fertilité chimique : Les acrisols sont des sols acides dominés par la kaolinite et présentent un horizon d'accumulation d'argile dans le sous-sol. Ils sont normalement associés à une roche mère acide et sont déficients en éléments nutritifs, ce qui nécessite d'importantes applications d'engrais pour obtenir des rendements satisfaisants. Cependant, les doses doivent être régulières et appliquées près des plantes car ils n'ont pas la capacité de retenir de grandes quantités de nutriments.

Fertilité biologique : Matière organique peu abondante (Fritsch, 2012).

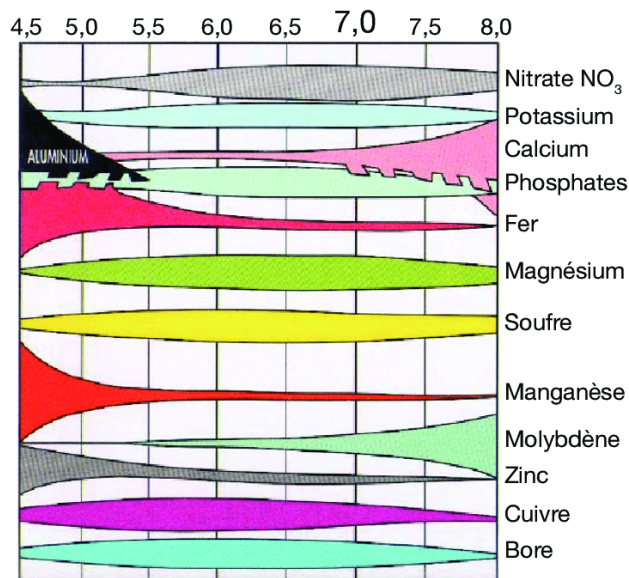
Fertilisation et utilisation : Les cultures tolérantes à l'acide, comme l'ananas ou le thé, et les cultures peu exigeantes, comme le manioc, peuvent donner de bons résultats, mais il faut veiller à protéger le sol lorsque la surface est laissée nue pendant de longues périodes.

Sols présentant une accumulation de fer qui durcit de manière irréversible lorsqu'ils sont exposés à l'air et au soleil (du grec *plinthos*, brique).



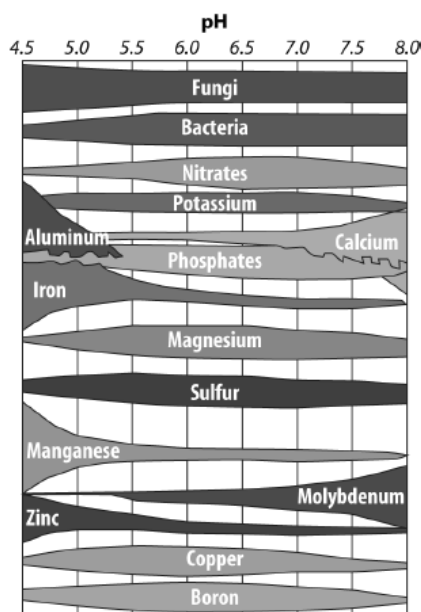
caractéristiques d'environnements secs et pauvres en matière organique (Fritsch, 2012).

Fertilisation et utilisation : Limités pour l'agriculture, les plinthosols sont une source de matières premières sous forme d'agrégats ou de dépôts de minerais. Ces types de sols sont notamment adaptés à l'élevage et à la foresterie. Bien qu'ils ne soient pas propices à l'agriculture, ces sols sont cependant traditionnellement utilisés pour les cultures vivrières (Legrain, 2018). La pression démographique, couplée à la pression foncière, contraignent les producteurs à exploiter des sols pauvres qui ne sont initialement pas destinés à la production de cultures vivaces.



De manière générale les sols présentés ci-dessus ont un pH acide à faiblement acide, compris entre 5 et 7. La disponibilité de la plupart des macro-éléments est fortement réduite en dessous d'un pH de 6. De plus, en dessous d'un pH de 5,5, l'aluminium devient disponible et est toxique pour le développement des végétaux. En conclusion, les sols ferrugineux tropicaux retiennent peu les éléments minéraux, et, par leur pH acide à faiblement acide, ne les rendent que peu disponibles pour leur absorption par les végétaux.

Figure 5 : Schéma d'assimilabilité des éléments nutritifs par les végétaux en fonction du pH du sol (Source : Genot et al., 2009)



Les sols ouest africains enregistrent de faibles teneurs en matière organique : entre 1 et 2% au Bénin par exemple (Hounkpatin et al., 2021). La matière organique est source de carbone, facteur essentiel au développement de la vie biologique du sol. Ce sont ces organismes vivants qui participent, à travers la minéralisation de la matière organique, à rendre disponibles les éléments minéraux du sol pour leur absorption par les végétaux. La faible proportion de matière organique dans les sols ferrugineux tropicaux accentuée par un pH acide à faiblement acide est un frein au développement de la vie biologique du sol.

Figure 6 : Schéma de l'influence du pH sur l'activité biologique du sol (Source : Ward Gauthier et al., 2013)

Les propriétés intrinsèques de la zone pédoclimatique dans laquelle se trouvent les sols d'Afrique de l'Ouest expliquent au moins en partie leur faible performance sur le plan de la fertilité. Cependant, l'état d'un sol et de sa fertilité reposent aussi sur les changements de ses usages et sur l'agro-système qui l'occupe. En ajoutant les facteurs tels que l'avancée du front pionnier, la déforestation, la réduction des

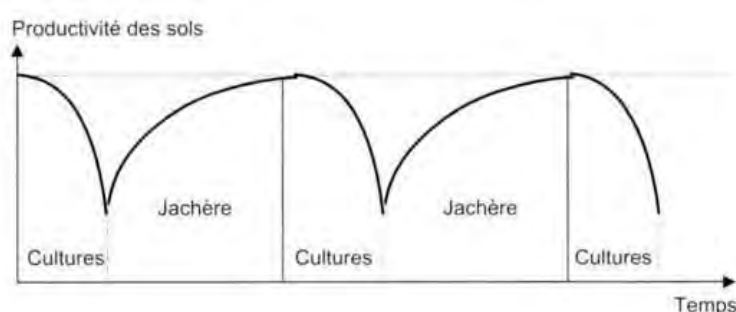
jachères, etc., on comprend mieux l'impact négatif de ces événements (sur des sols déjà fragiles) sur les performances des sols. Ces éléments que nous allons détailler dans la suite de l'étude, permettent aussi d'analyser les pratiques historiques de gestion et d'entretien de la fertilité.

2 QUELLES PRATIQUES AGRONOMIQUES POUR UNE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS ?

Les pratiques culturales combinées à la nature intrinsèque des sols ont une influence importante sur leur dégradation et finalement sur leur potentiel de fertilité. Cependant, il existe des pratiques agronomiques, connues pour certaines d'entre elles depuis fort longtemps, qui permettent aux producteurs de maintenir la fertilité de leurs sols. Elles sont détaillées en partie et nous expliquerons en quoi elles permettent un renouvellement équilibré de la fertilité et du potentiel de production.

2.1 La pratique ancestrale de l'abattis-brulis

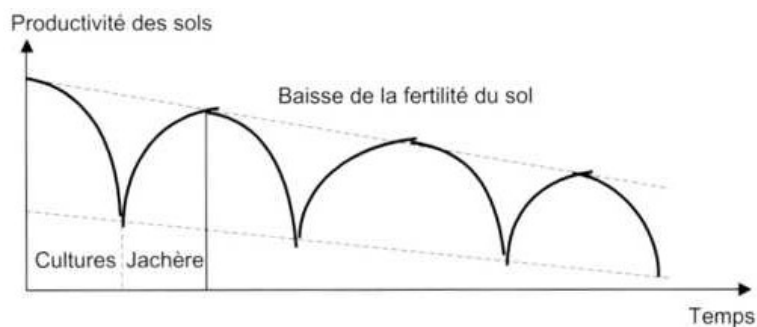
L'agriculture itinérante sur brûlis est définie comme « tout système agraire dans lequel les champs sont dégagés par le feu et sont cultivés d'une manière discontinue, impliquant des périodes de friche plus longues que la durée de mise en culture » (Conklin, 1957). Elle est l'un des plus anciens systèmes agraires connus. Dans une situation d'équilibre, le système fonctionne quasiment en vase clos, les cultures étant presque toutes localisées sur d'anciennes jachères. L'ensemble de ces terres, champs et jachères, forme le territoire agricole dans lequel s'inscriront les futurs défrichements. Aujourd'hui, l'agriculture sur brûlis est considérée, en condition de faible densité de population, comme un système stable et durable d'un point de vue écologique (Chauvet, 1993, Carrière, 1999). C'est un système équilibré, peu consommateur de main d'œuvre et d'intrants qui maintient durablement son milieu en



régulant son cycle des nutriments et les états structuraux du sol (Serpantié, 2001). La pratique de l'abattis-brulis, grâce aux longues périodes de jachère (jusqu'à 30 ans), permet aux arbres de puiser les éléments minéraux dans les couches profondes du sol et, par la

constitution de la litière, de les faire remonter à la surface, restituant années après années le potentiel de fertilité des sols (Carrière, 1999).

Toutefois, la stabilité et la durabilité de l'agriculture itinérante sur brûlis sont remises en cause lorsque la disponibilité en terre agricole par habitant diminue. Les agriculteurs doivent compenser cette diminution par un allongement de la durée de mise en culture et donc une diminution de la durée de mise en jachère. La réduction de la disponibilité en terre agricole par habitant est causée par une forte baisse en surfaces agricoles disponibles, ou par une augmentation de la population, ces deux causes pouvant se produire simultanément (Carrière, 1999). Dans ce cas, les fonctions historiquement assurées par la jachère - gestion de la fertilité, conservation de la biodiversité, production de bois - ne



sont plus assurées. Ces carences, si elles ne sont pas palliées par d'autres moyens, conduisent notamment à une baisse de fertilité des terres, une diminution des rendements, une disparition des arbres, une accentuation de l'érosion (Jouve, 2012).

2.2 Diversité végétale : rotations et associations

Les rotations culturales et associations de culture sont parmi les premiers modes de maintien de la fertilité des sols. Les rotations permettent d'atteindre un certain équilibre dans l'utilisation des ressources des sols, tant au niveau de la consommation des éléments chimiques disponibles, que dans l'utilisation physique (profondeur) du sol, permettant une meilleure répartition des « efforts » du sol (Aubert, 1968).

Les associations culturales, bien connues du monde paysan, apparaissent également comme une solution de préservation des sols. En agroforesterie par exemple, l'usage des différentes strates du sol permet un meilleur drainage de l'eau et une structuration plus robuste, conservant ainsi la structure physique et biologique du sol tout en limitant l'érosion. L'usage des légumineuses dans l'assolement ou en association a également montré sa capacité de maintien de la fertilité. (Aubert, 1968). Les légumineuses jouent un rôle crucial dans tous les systèmes agraires ainsi que dans la rotation des cultures, grâce à leur capacité à fixer l'azote. Les nodosités situées sur leurs racines absorbent l'azote de l'atmosphère, lequel est immédiatement rendu biodisponible et utilisé par la plante en association. Cet azote est aussi libéré dans le sol après le retournement des cultures, devenant ainsi disponible pour les plantations suivantes.

En Afrique de l'Ouest notamment, il est commun de trouver des systèmes de production en association ou en rotation avec des légumineuses : céréales (maïs) + légumineuses (haricot ou arachide) en association sur la parcelle ; riz pluvial en rotation avec des légumineuses (permettent de rendre biodisponible l'azote atmosphérique pour les plantes). Ces systèmes répondent à une stratégie

d'intensification de l'usage des parcelles avec une réduction du temps de jachère tout en maintenant la fertilité des sols (Levard, 2014). Pour donner un ordre d'idée, une légumineuse comme la Canavalia permet de fixer 0.21g N/plante/an et 0.38g N/plante/an pour le Gliricidia (Sierra et Tournebize, 2019).

En outre, la diversification des espèces végétales permet de stimuler la diversité, l'abondance et l'activité des microorganismes du sol favorisant une meilleure utilisation des ressources notamment en nutriments (Perrin et Lefevre, 2019).

2.3 Travail du sol et agriculture de conservation

Dans les années 1990, l'agriculture de conservation aussi appelée « système de culture sous couvert végétal » (SCV) a fait son apparition dans les recommandations des agronomes comme un modèle efficace pour le maintien de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest. Ce système est alors basé sur trois principes : un travail superficiel du sol (semis direct sans labour), l'application d'une couverture du sol en début de saison des pluies et la pratique des rotations et/ou les associations de cultures, comme vu précédemment (Dugué, 2015). L'intérêt des SCV est vérifié d'un point de vue technique. L'érosion des sols est limitée par la présence d'un couvert végétal. Ce même couvert apporte de la MO à la couche superficielle du sol lors de sa dégradation par les micro-organismes.

Cependant, plusieurs facteurs sont à l'origine de la faible implémentation des SCV en Afrique de l'Ouest (Dugué, 2015) :

- Forte concurrence pour l'utilisation des résidus de culture, notamment pour nourrir les animaux ou comme source d'énergie ;
- Herbicides (difficilement disponibles) quasi indispensables dans la lutte des adventices sur un SCV ;
- Haute technicité du semis direct lorsque le couvert végétal est présent nécessitant le recours à un matériel spécifique.

2.4 Pratiques de fertilisation et d'amendements

2.4.1 Organique

La fertilisation organique est essentiellement constituée par les microorganismes et la décomposition des résidus végétaux (Badji et Sahraoui, 2020). On considère comme fertilisation biologique toute forme de fertilisants d'origine naturelle ou biologique : décomposition de végétaux, compostage de déchets, déjections animales, etc.

Ainsi, en Afrique de l'Ouest (et nous le développerons dans la seconde partie de cette étude), les agriculteurs ont mis l'accent sur la production de fumures organiques. Ces dernières sont d'abord issues des déjections des animaux d'élevage, puis issues de la valorisation des résidus de cultures et des ordures ménagères (Dugué, 2015). Cependant, la concurrence sur l'utilisation des déchets ménagers

ainsi que la faible concentration de bovins par exploitation font de la fertilisation organique une ressource peu abondante en Afrique de l'Ouest.

D'autres systèmes de production peuvent fournir une source de fertilisation organique. L'agroforesterie (notamment basée sur le *Faidherbia albida*) par la chute des feuilles, permet un apport azoté non négligeable aux cultures, en particulier pour les céréales (Dugué, 2015). Le dépôt de limon dans un système de production basé sur les crues d'une rivière est aussi une source de fertilisation organique.

L'apport de matière organique a de nombreux avantages ; elle agit sur de nombreux facteurs influençant la qualité et le potentiel de fertilité des sols, tant chimique, que physique ou biologique :

Amélioration de la structure du sol : Selon les recherches de Pascal Boivin et son équipe, la matière organique contribue à la formation de complexes organo-minéraux stables, améliorant ainsi la structure du sol. Cela permet une meilleure résistance à la désagrégation et au tassement, tout en assurant une bonne porosité et circulation des flux gazeux et liquides (Boivin, 2021, *vidéo YouTube*).

Réservoir de nutriments : Les travaux du Groupement Scientifique sur les Sols (GIS Sols) ont mis en évidence que la matière organique agit comme un réservoir de nutriments essentiels pour les plantes, augmentant la capacité de rétention en eau et la capacité d'échange cationique du sol (Bloc et Gaillard, 2020).

Stimulation de l'activité biologique : Les recherches de Feller (1997) sur la synthèse chimique des constituants humiques soulignent l'importance de la matière organique pour nourrir la faune et la microflore du sol, stimulant ainsi l'activité microbienne cruciale pour la vie du sol.

Soutien à la fertilité du sol : Les travaux du Commissariat général au développement durable ont mis en évidence que les techniques de travail du sol simplifiées, associées à une bonne gestion de la matière organique, permettent de stimuler l'activité biologique des sols et de soutenir leur fertilité globale (Bloc et Gaillard, 2020).

L'apport de matière organique au sol est crucial pour améliorer sa structure, sa fertilité, et sa capacité à retenir l'eau, tout en soutenant une activité biologique intense qui contribue à la santé globale de l'écosystème du sol. Ces bénéfices, présentés plus haut, justifient l'importance de pratiques agricoles favorisant le maintien et l'augmentation des taux de matière organique dans les sols.

2.4.2 Minérale

La fertilisation minérale consiste à appliquer des engrais de synthèse de différentes natures en fonction du cycle de production. Ils sont essentiellement constitués d'azote, de phosphore et de potassium (N, P, K). Ces éléments sont le plus souvent issus de gisements naturels et transformés par l'industrie chimique (Badji et Sahraoui, 2020). Ils se présentent sous forme de granulés et sont, la plupart du temps, appliqués à la volée. Les nutriments apportés par les engrais viennent ainsi combler le déficit qu'occasionne le prélèvement de biomasse du champ au moment de la récolte.

Mais, ces engrais de synthèse ne sont pourtant pas une solution sur le long terme car l'engrais minéral n'a aucun effet sur la matière organique du sol, ni sur la structure du sol, éléments clés de la reproduction de la fertilité des sols.

La MO des sols, comme indiqué plus haut, pouvait provenir des jachères longues. Or, l'intensification des cultures de rente, parallèlement à la croissance démographique en zone rurale, a conduit dans certaines zones comme dans le bassin arachidier du Sénégal, à la disparition progressive des surfaces en jachère, diminuant ainsi les sources endogènes de reconstitution de la fertilité des sols. Ainsi, sans jachères dites « longues » (10 à 20 ans), la MO du sol ne se régénère pas et le sol perd ses caractéristiques physico-chimiques, se compactant et lessivant plus rapidement les engrais (Dugué, 2015). L'introduction des engrais minéraux dans les systèmes de petites agricultures familiales ouest-africaines reste encore aujourd'hui nécessaire mais insuffisante pour garantir une productivité des sols sur les temps longs et des rendements répondant aux enjeux de sécurité et de souveraineté alimentaire.

En outre, l'utilisation d'engrais minéraux, en Afrique subsaharienne en général et en Afrique de l'Ouest plus particulièrement, demeure faible. En 2021, en moyenne pour l'Afrique de l'Ouest, ce niveau

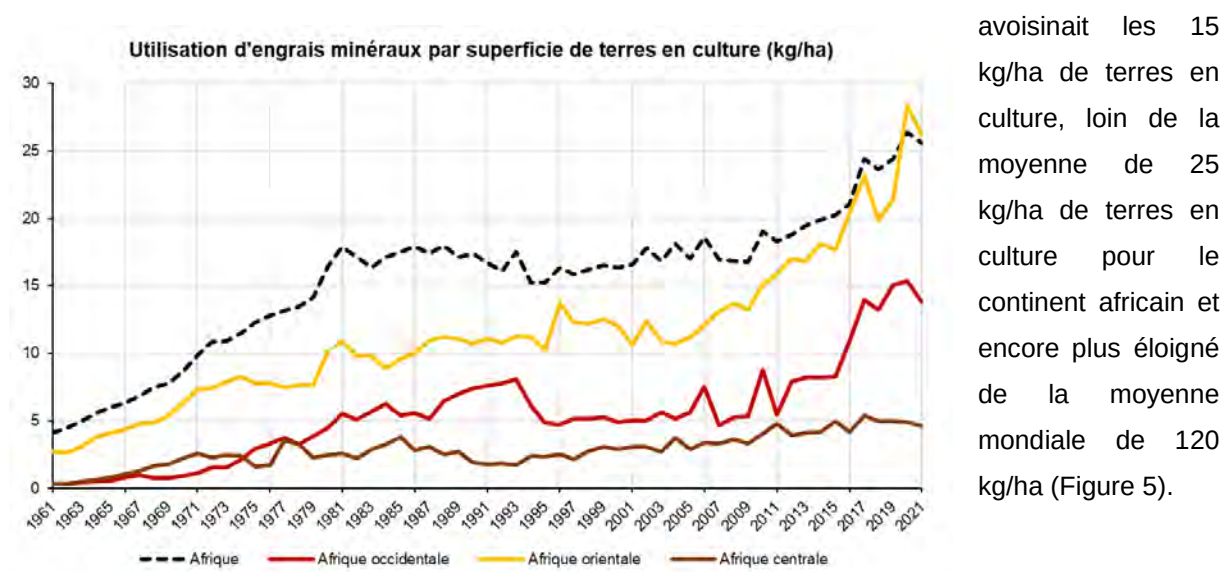


Figure 7 : Utilisation moyenne d'engrais minéraux par superficie de terres en culture pour plusieurs sous-régions d'Afrique au regard de la moyenne du continent, tous types de nutriments confondus. (Source : FAOSTAT)

Le prix des intrants et le faible soutien à leur acquisition par les producteurs (systèmes de crédits bonifiés) sont deux facteurs qui expliquent en grande partie ces faibles niveaux. En effet, l'évolution historique des niveaux d'usage d'engrais est fortement influencée par l'intervention publique en soutien à l'acquisition des intrants par les producteurs. La consommation d'engrais minéraux a entamé une hausse à la faveur de politiques de planification agricole et d'intervention des États durant la période des indépendances (décennies 1960 et 1970), ces politiques ont notamment bénéficié aux filières organisées comme celles du coton dans les pays sahéliens ou de l'arachide au Sénégal. Des grands

aménagements ont également vu le jour au cours de cette même période, à l'instar des périmètres irrigués de l'Office du Niger au Mali ou du delta du fleuve Sénégal. L'usage des engrais minéraux s'est ainsi développé en lien préférentiel avec ces filières (Dugué et al., 2024). Sous l'encadrement des États, les exploitations familiales ont eu accès au crédit bancaire, aux paquets d'intrants (engrais, semences, pesticides) et à la mécanisation.

La diffusion et la vulgarisation des paquets d'intrants ont contribué à une intensification des systèmes agricoles par la voie des cultures de rente. Un exemple caractéristique de cette tendance réside dans l'évolution des systèmes cotonniers au Mali. Les revenus agricoles issus de la culture du coton ont contribué au développement de la traction attelée et, par la suite, à une intensification des systèmes vivriers attenants à la culture du coton *via* le développement de l'association agriculture-élevage et des transferts de fertilité qui y sont liés.

La consommation d'engrais a ensuite opéré un reflux à la suite des ajustements structurels et au retrait de l'intervention des États dans le secteur agricole à partir des années 1980 (figure 2). Les années 2000 et 2010 marquent une reprise soutenue de la consommation d'engrais sous l'effet d'un développement plus récent des filières d'approvisionnement en engrais, privatisées ou administrées selon les pays (voir partie 3 de cette étude). Sous l'effet de la crise alimentaire de 2008, de nombreux États de la région ont développé des politiques de subvention aux intrants sur cette période.

Toutefois, si la consommation d'engrais minéraux semble marquer un développement sur la dernière décennie, l'usage de ces engrais reste inégalement réparti. Ils profitent principalement aux cultures de rente ou marchandes. La fertilisation minérale des cultures est doublement tributaire des conditions de marché. Le prix des engrais minéraux les rend peu accessibles aux producteurs les moins favorisés, cette inaccessibilité augmentant en contexte d'inflation. Par ailleurs, la consommation d'engrais est également conditionnée aux prix à la production qui fluctuent aussi.

La fertilisation minérale constitue une source de fertilité nécessaire dans les contextes où les ressources en nutriments du sol ne sont pas suffisantes (Falconnier et al., 2023). Cependant, son accès étant conditionné au marché tous les producteurs ne peuvent pas en bénéficier. De plus, l'efficacité de son usage dépend de l'état de santé des sols, mais également de taux d'application appropriés.

Nous étudierons dans les parties 2 et 3 de cette étude les usages de ces solutions minérales et organiques dans les contextes sénégalais et béninois, ainsi que le fonctionnement des chaînes de valeur des fertilisants organiques et de synthèse.

2.4.3 Biologique

Les fertilisants biologiques sont aussi appelés biofertilisants. Selon l'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL, 2022), ils sont définis comme « des produits contenant des cellules vivantes ou inactives de bactéries, de champignons ou d'algues, efficaces seuls ou en association. Les microorganismes qu'ils contiennent sont en mesure de coloniser la rhizosphère ou l'intérieur de la

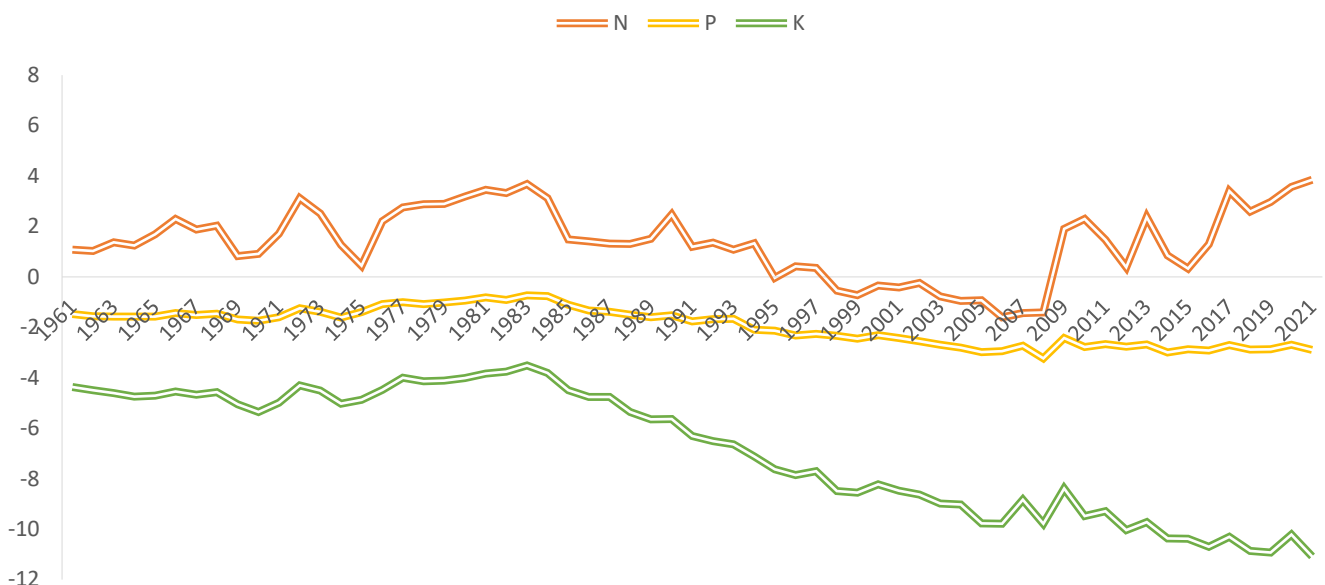
plante. Ils favorisent la croissance des végétaux en améliorant l'absorption des principaux nutriments. Les biofertilisants peuvent être appliqués sur le sol, la semence ou la surface des végétaux ».

En Afrique de l'Ouest, ces solutions innovantes sont encore peu répandues mais semblent prometteuses. Elles sont mobilisées dans des projets de réduction d'intrants synthétiques, notamment en Côte d'Ivoire avec l'initiative PRETAG sur des productions de cacao (Traoré et al, 2024).

3 LE SYSTEME AGRAIRE COMME PORTE D'ENTREE INCONTOURNABLE POUR LA COMPREHENSION DES TRANSFERTS DE FERTILITE

La nature intrinsèque d'un sol ainsi que les pratiques agricoles qui lui sont appliquées permettent de poser les premiers jalons de compréhension de sa potentialité. Pour mieux appréhender ce potentiel de performance, il est essentiel de se positionner à une échelle permettant de comprendre les mécanismes de transfert et de renouvellement de la fertilité au-delà de la simple parcelle : Le système agraire.

3.1 L'approche des bilans : l'impasse du renouvellement de la fertilité en Afrique de l'Ouest



Graphique 1 : Bilan Nutritif de NPK (kg/ha) des sols d'Afrique de l'Ouest (Source : FARM d'après les données de FAOSTAT)

L'approche par les bilans de nutriments est une méthode utilisée pour évaluer les flux de nutriments dans les parcelles agricoles. Cette approche est cruciale pour comprendre les enjeux de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest. Elle consiste à calculer la différence entre les nutriments apportés au sol (via les engrais synthétiques, le fumier, la fixation biologique de l'azote, et les dépôts atmosphériques) et les nutriments retirés par les récoltes (en prenant également en compte la volatilisation et le lessivage des éléments nutritifs). Le résultat de ce calcul est le bilan de nutriments qui peut indiquer un surplus ou un déficit de nutriment dans un sol donné (FAO, 2022).

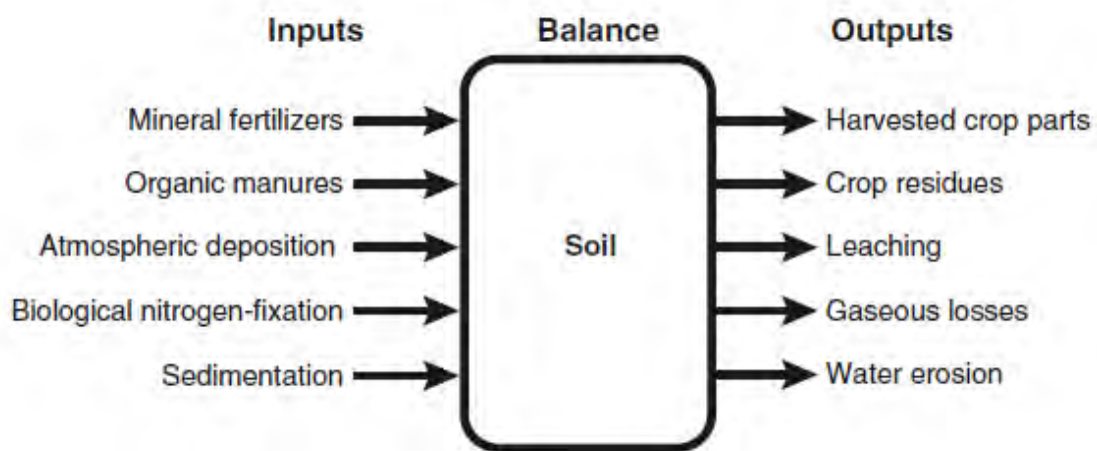


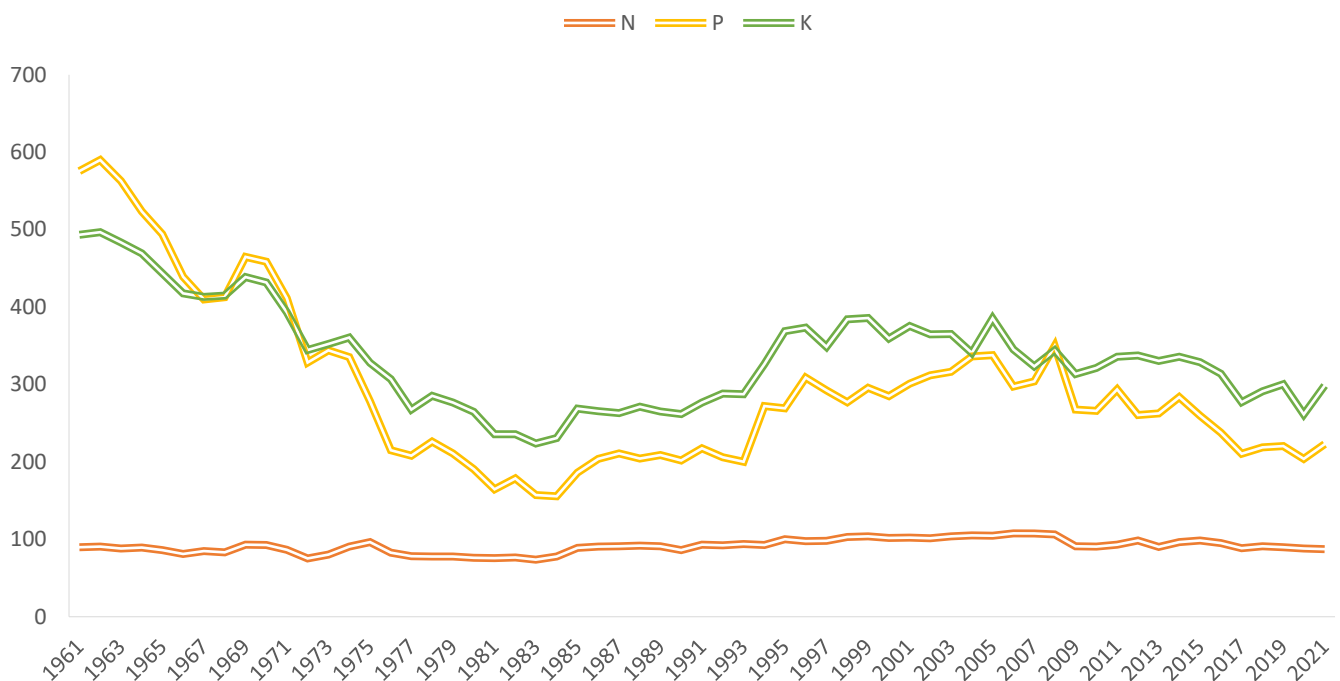
Figure 8 : Le système d'équilibre nutritif des plantes entre les entrées et sorties
(Source : Smalling et Fresco, 1993)

Les bilans nutritifs ont été largement utilisés pour améliorer la gestion des ressources naturelles et/ou pour des recommandations de politique générale au cours des dernières décennies (Roy, 2005). Même s'il convient d'utiliser les données issues de cette méthode avec prudence, en les remettant dans leur contexte, les bilans sont une première approche pour étudier les dynamiques d'évolution des teneurs en nutriments à l'échelle de la parcelle. Le bilan se réalise par l'identification de cinq voies d'entrées et cinq voies de sorties des nutriments (*figure 8*) (Smalling et Fresco, 1993). Le système fonctionne en équilibre entre les entrées et les sorties de matière : si les apports en nutriments dépassent les sorties, le bilan est positif et on enregistre une accumulation d'éléments nutritifs. À l'inverse, si les sorties dépassent les entrées, le bilan est négatif ce qui entraîne un appauvrissement progressif du sol.

Un premier bilan de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest

Déficit de nutriments : En Afrique de l'Ouest, les bilans de nutriments révèlent un déficit manifeste, notamment en phosphore et en potassium (*graphique 1*). Cela signifie que les sols sont soumis à une extraction excessive de nutriments par rapport à ce qui est restitué, entraînant un appauvrissement nutritif pouvant amener jusqu'à la dégradation des sols et une baisse des rendements agricoles.

Efficacité de l'utilisation des nutriments : L'efficacité de l'utilisation des nutriments (NUE), permet d'évaluer dans quelle mesure les cultures utilisent les nutriments disponibles (FAO, 2022). Elle est calculée comme le rapport entre la quantité de nutriments prélevée par les cultures et l'apport total de nutriments (FAO, 2022). Le NUE est basé sur les mêmes critères que ceux utilisés pour le calcul du bilan de nutriments tant pour les sorties que pour les entrées. On observe sur le graphique 2 qu'en Afrique de l'Ouest le NUE est relativement élevé pour l'azote, mais cela reflète souvent un usage insuffisant plutôt qu'une gestion efficace. En ce qui concerne le phosphore et le potassium, on peut être surpris par des taux de NUE, en apparence très impressionnants, mais en réalité, ils indiquent soit une utilisation importante des réserves du sol, soit une sous-fertilisation qui conduit inévitablement à un épuisement à long terme si ces éléments ne sont pas remplacés (FAO, 2022). À titre de comparaison, en Europe, en 2020, la NUE avoisinait les 52% pour l'azote, 50% pour le potassium et 85% pour le phosphore (FAO, 2022).



Graphique 2 : Efficacité de l'utilisation des Nutriments NPK en Afrique de l'Ouest
(en %) (Source : FAOSTAT)

Stratégies de gestion pour remédier à l'épuisement des ressources

Selon A. Dobermann (2007), il est important de mettre en place des pratiques de gestion optimisée en augmentant l'efficacité de la captation des nutriments par les plantes et en réduisant les pertes par une

utilisation raisonnée des engrais limitant ainsi la lixiviation, volatilisation et le ruissellement. Pour ce faire, plusieurs pistes peuvent être explorées :

Augmenter la fertilisation organo-minérale : Pour permettre au sol d'avoir une structure physique qui limite au maximum la perte des nutriments apportés par la fertilisation minérale.

Optimisation des pratiques agricoles : Intégrer des pratiques qui favorisent la rétention des nutriments dans le sol, comme l'agroforesterie ou le compostage.

Améliorer l'efficacité de la captation des nutriments par les plantes : Par l'usage de biofertilisants par exemple ou bien via une stratégie de microdosage « ultra-localisée » (cf paroles d'expert Tounkara dans partie 2).

L'approche par les bilans de nutriments offre un cadre analytique pour comprendre les enjeux liés à la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest, en fournissant des données essentielles pour la planification et la mise en œuvre de politiques agricoles efficaces. Cependant, elle reste incomplète car elle ne se concentre que sur les échanges d'éléments chimiques, ne prenant pas en compte d'autres composantes essentielles de la fertilité des sols : la structure et la texture du sol, sa teneur en matières organiques, sa microfaune etc.

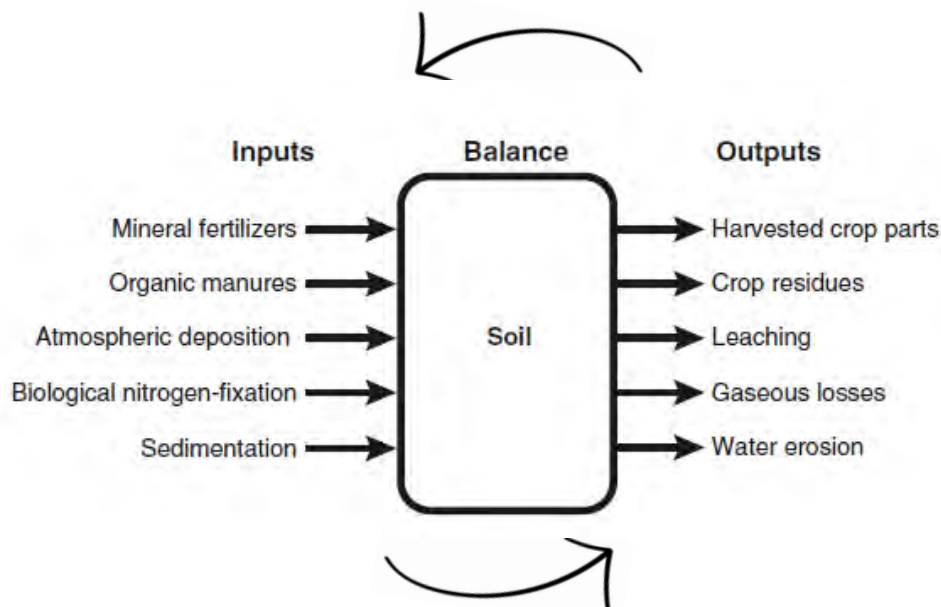


Figure 9 : Le système d'équilibre nutritif des plantes entre les entrées et sorties et recyclage des éléments (Source : auteur à partir de Smalling, 1993)

La gestion de la fertilité des sols pose des défis particuliers, notamment en raison de la nature complexe et variable des sols et de l'accès limité aux fertilisants, qu'ils soient minéraux ou organiques. Une approche prometteuse consiste à améliorer le recyclage des éléments nutritifs au sein du système

agricole. L'objectif est de transformer efficacement les "sorties", telles que les résidus de culture et les déchets organiques, en "entrées", c'est-à-dire des nutriments disponibles pour les plantes (*figure 9*). Cette méthode vise à réduire la dépendance aux intrants externes, maximiser l'utilisation des ressources locales et maintenir la fertilité des sols à long terme.

Cependant, cette analyse se concentre sur l'échelle de la parcelle individuelle. Cette perspective limitée ne permet pas de saisir pleinement les interactions complexes entre les différentes composantes du système de production. Pour une compréhension plus complète et une gestion plus efficace de la fertilité, il est pertinent d'élargir l'analyse à l'échelle du système agraire dans son ensemble. Cela permet d'identifier les flux de nutriments entre les différentes parcelles et composantes du système, d'optimiser la gestion des ressources à l'échelle de l'exploitation ou du territoire, et de développer des stratégies de fertilité plus intégrées et durables.

3.2 L'approche systémique du renouvellement de la fertilité

Les transferts de fertilité sont au cœur des mécanismes de reproduction de la fertilité des systèmes agricoles. Pour conserver le niveau de fertilité d'un sol, les apports en nutriments doivent compenser les prélèvements effectués via les récoltes (cf approche des bilans). Pour autant, les ressources en nutriments qui permettent d'effectuer ces apports sont limitées. Avant l'introduction progressive de la fertilisation minérale au cours du XX^{ème} siècle, les systèmes agraires ouest-africains reposaient sur plusieurs mécanismes historiques de reproduction de la fertilité.

Aujourd'hui, avec l'augmentation des prélèvements résultant d'une intensification des systèmes agraires dans de nombreuses régions d'Afrique de l'Ouest, la réduction des temps de jachère et des troupeaux ne permettent plus un transfert de fertilité équilibré entre les pâturages et les zones de production agricoles. Les nutriments sont largement prélevés sur les pâturages sans y être retournés. Cette fonction était historiquement assumée par les jachères longues, de plus en plus courtes aujourd'hui, ne permettant plus une restitution suffisante d'éléments minéraux et de matière organique au sol.

Dans les zones fluviales, comme dans la vallée du fleuve Sénégal, la fertilité des systèmes agricoles a longtemps reposé sur la crue du fleuve. L'apport d'alluvions au moment de la crue permettait chaque année la mise en culture d'étages dédiés à la culture de décrue (Garambois et al., 2018). Les systèmes de culture de décrue étaient complémentaires de systèmes de culture pluviale, dont la productivité était plus fortement soumise à l'aléa pluviométrique. Hors des systèmes de crue/décru, le renouvellement de la fertilité reposait sur des rotations de cultures céréales-légumineuses en alternance avec des friches arbustives (ou jachères) de longue durée, à l'instar de ce qui prévalait dans le bassin arachidier (Garambois et al., 2018).

Ces espaces de culture/jachère bénéficiaient également de transferts de fertilité via le parage nocturne et la vaine pâture des animaux issus des troupeaux transhumants du Ferlo (Garambois et al., 2018). Le parage d'animaux près des habitations, nourris avec des sous-produits agricoles, favorise le transfert

de fertilité vers les cultures. Cette pratique concentre les nutriments des résidus de récolte dans les déjections animales, facilitant leur collecte et leur application sur les champs.

Les parcs arborés sont également une source importante de fertilité pour les systèmes agricoles du Sénégal, que ce soit dans la vallée du fleuve ou dans le bassin arachidier. Une diversité d'essences, dont *Faidherbia albida* qui est une légumineuse, contribue à fertiliser les horizons superficiels du sol grâce à la chute des feuilles chargées en azote. Les arbres sont également source de fourrage. L'élevage associé à ces parcs arborés permet le renouvellement du peuplement d'arbres (Dufumier, 2004).

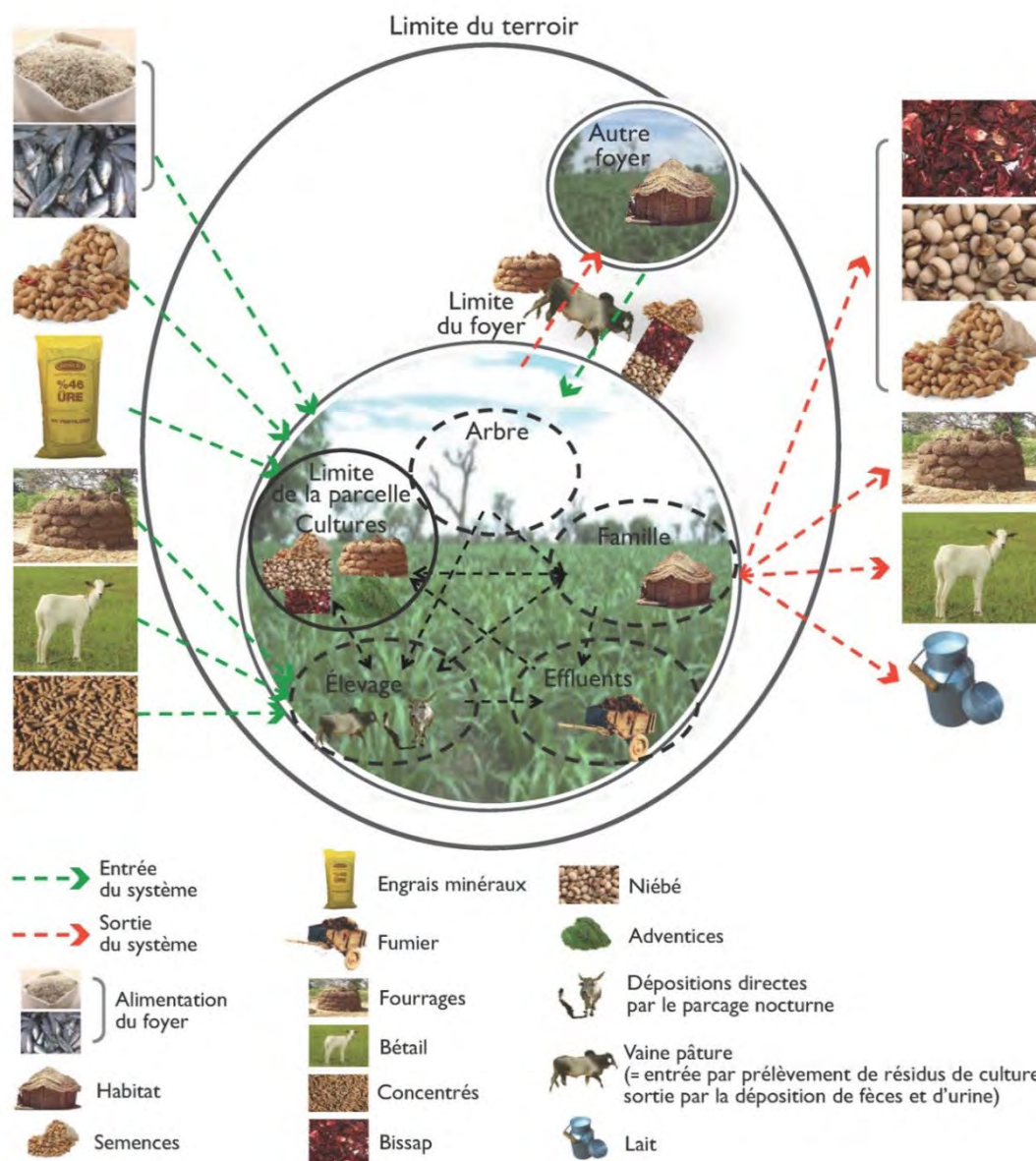


Figure 10 : Représentation schématique de la notion de transfert de fertilité
(Source : Sultan, 2015)

Le modèle conceptuel de transfert de fertilité s'articule autour de trois niveaux imbriqués : le terroir, le foyer et la parcelle. Ces niveaux sont interconnectés par des flux de biomasse entrants et sortants. La biomasse inclut les principaux matériaux circulant dans les systèmes agricoles étudiés tels que les produits de la strate arborée, les cultures (grains, résidus, etc.) et l'élevage (fumure organique, animaux, lait, etc.), ainsi que les principaux intrants (engrais minéraux, aliments concentrés, denrées alimentaires, etc.).

Sans être exhaustifs, ces mécanismes de reproduction de la fertilité constituent le socle des dynamiques des systèmes agraires ouest-africains encore aujourd'hui. Plusieurs facteurs ont cependant conduit à l'évolution, l'adaptation et l'intensification de ces systèmes au cours des dernières décennies.

En zone sahélienne, les grandes sécheresses survenues à plusieurs reprises entre la fin des années 1960 et 1990 ont profondément marqué les systèmes agricoles. Ces années ont vu une forte baisse du niveau des précipitations qui a entraîné une fragilisation des sols et une complication de l'organisation du calendrier cultural et de la conduite des cultures (Garambois et al., 2018).

Luc Abbadie met en lumière une vision de la gestion de la fertilité des sols en savanes africaines. S'arrêter sur la nécessité d'accroître les taux des différents éléments minéraux n'est pas pertinent. C'est plutôt le bon fonctionnement des mécanismes permettant le recyclage des éléments qui assure la fertilité des sols des savanes africaines. Mais alors, comment s'assurer que ces éléments minéraux soient correctement recyclés pour assurer la fertilité des sols agricoles et la durabilité du système de production ? Pour répondre à cette question, il faut nous tourner vers les producteurs et surtout, vers les pratiques agricoles qui, à l'échelle des systèmes agraires assurent, ou non, le recyclage de ces éléments minéraux. Toutefois, la responsabilité du choix de ces pratiques ne peut reposer entièrement sur les producteurs qui sont influencés et parfois dépendants d'éléments extérieurs.

CONCLUSION

Pour conclure cette première partie, nous avons rappelé qu'en Afrique de l'Ouest, les sols présents sont globalement qualifiés de peu fertiles, notamment en ce qui concerne leur capacité à retenir la matière organique et les nutriments indispensables à la bonne croissance des cultures. Étant particulièrement sensibles à l'érosion éolienne et hydrique, ils subissent encore davantage les variations météorologiques liées au changement climatique, ce qui *in fine*, a un impact négatif sur leur fertilité.

Avant les années 1950 les méthodes ancestrales de préservation de la ressource en sol (abattis-brulis, jachères longues, association/rotation, vaine pâture, crues de fleuve, etc.) fonctionnaient durablement (Dufumier, 2004). Le choc démographique connu par les pays africains sur cette période a cependant rebattu les cartes, amenant les producteurs, sous contrainte foncière, à revoir leurs modes de production provoquant une déstabilisation des équilibres de fertilité des sols (Malthus). Ces nouveaux défis ont, malgré tout, fourni un contexte favorable à l'émergence d'innovations à l'intensification de la production agricole (Boserup), poussée par les politiques agricoles facilitant l'accès à des intrants de synthèse, et plus particulièrement aux engrais chimiques. Cependant, face aux évolutions des systèmes agraires et à la difficulté d'accès aux engrais, la fertilisation minérale n'est pas suffisante pour maintenir des niveaux satisfaisants de fertilité des sols dans la mesure où elle n'a pas d'influence sur le taux de matière organique du sol (Dugué et al., 2024).

Pour poursuivre ce travail, nous nous poserons donc la question de la récente adaptation de ces agricultures ouest-africaines face au défi du renouvellement de la fertilité des sols, dans leurs pratiques agronomiques et économiques et en identifiant les différentes politiques publiques et stratégies privées appuyant ces changements. Compte tenu de l'enjeu de souveraineté mis en avant par les gouvernements africains, la question des pratiques de fertilisation des sols est essentielle dans la mesure où le continent verra d'ici 2050 sa population totale doubler par rapport à 2019 (AFD, 2019).

BIBLIOGRAPHIE

- Agence Française de Développement. (2019). En 2050, plus de la moitié de la population africaine aura moins de 25 ans. <https://www.afd.fr/fr/actualites/en-2050-plus-de-la-moitie-de-la-population-africaine-aura-moins-de-25-ans>
- Alabouvette, C., & Cordier, C. (2018). Fertilité biologique des sols: Des microorganismes utiles à la croissance des plantes. *Innovations Agronomiques*, 69. <https://doi.org/10.15454/UIJG8L>
- Aubert, G., Fournier, F., & Rozanov, V. (1968). Les sols et le maintien de leur fertilité en tant que facteurs affectant le choix de l'utilisation des terres. In *Actes Colloque Dunod - Un monde sans famine*. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:29084>
- Badji A., Sahraoui M., (2020). *Impact de la fertilisation chimique et biologique sur la productivité et la santé des plantes* (Doctoral dissertation). <https://dspace.univ-bba.dz/xmlui/bitstream/handle/123456789/309/M542.pdf?sequence=1>
- Bloc, D., et Gaillard, B. (2020). Matière organique des sols, un enjeu agronomique pour les agriculteurs. Interactif Agriculture. https://interactif-agriculture.org/media/Analyses/Matiere_organique_des_sols.pdf
- Boivin, N. (2021). *YouTube* [Vidéo]. <https://www.youtube.com/watch?v=917z47-UgzA&list=PL-rKfl2fHaALyyq0aEwET1D9Kg69qw5sm&index=1&t=1552s>
- Braudeau, E. (1994). *Le problème de la définition et de la caractérisation des propriétés du sol*. <https://www.researchgate.net/publication/32974602>
- Carrière, S. (1999). Les orphelins de la forêt. Influence de l'agriculture itinérante sur brûlis des Ntumu et des pratiques agricoles associées sur la dynamique forestière du sud Cameroun. *Université de Montpellier, Montpellier, France, 448pp*. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010020958>
- Chaussod, R., Breuil, M. C., Echairi, A., Nouaïm, R., Nowak, V., & Ranjard, L. (1996). La qualité biologique des sols. *Évaluation et implications, Étude et gestion des sols*, 3, 261-278.. <http://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/Microfaune-du-sol/qualiteBiologiqueDesSols.pdf>
- Chauvet, M., & Olivier, L. (1993). La biodiversité enjeu planétaire : Préserver notre patrimoine génétique. Ed. Sang de la terre, Paris. <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=6397055>
- Chevallier, T., Razafimbelo, T. M., Chapuis-Lardy, L., & Brossard, M. (éds.). (2020). *Carbone des sols en Afrique* (1-). IRD Éditions, Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.34867>

- Conklin, H. C. (1957). Hanunóo agriculture: A report on an integral system of shifting cultivation in the Philippines (Vol. 2). FAO. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19590700266>
- Demolon, A. (1932). La Dynamique du sol. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 12(135), 934-940.
- Dobermann, A. (2007). Nutrient use efficiency—measurement and management. In A. Krauss, K. Isherwood, & P. Heffer (Eds.), *Fertilizer Best Management Practices: General Principles, Strategy for Their Adoption and Voluntary Initiatives Versus Regulations* (pp. 1–28). International Fertilizer Industry Association. Available online at https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2007_IFA_FBMP%20Workshop_Brussels.pdf
- Dufumier, M. (2004). *Agricultures et paysanneries des Tiers mondes*. KARTHALA Editions.
- Dugué, P. (2015). Opinion : point de vue d'un agronome pour une gestion durable des sols en Afrique de l'Ouest. https://agritrop.cirad.fr/576162/1/Dugue-Point_de_vue_d_un_agronome-Art_2015.pdf
- Dugué, P., Andrieu, N., & Bakker, T. (2024). Pour une gestion durable des sols en Afrique subsaharienne. *Cahiers Agricultures*, 33(6). <https://doi.org/10.1051/cagri/2024003>
- Falconnier, G. N., Cardinael, R., Corbeels, M., Baudron, F., Chivenge, P., Couédel, A., Ripoche, A., Affholder, F., Naudin, K., Benailon, E., Rusinamhodzi, L., Leroux, L., Vanlauwe, B., & Giller, K. E. (2023). The input reduction principle of agroecology is wrong when it comes to mineral fertilizer use in sub-Saharan Africa. *Outlook on Agriculture*, 52(3), 311-326. <https://doi.org/10.1177/00307270231199795>
- FAO et ITPS. (2015a). *État des ressources en sols du monde – Résumé technique*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FAO et ITPS. (2015b). *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2022) De nouvelles données pour calculer les bilans nutritifs des terres agricoles. <https://www.fao.org/newsroom/detail/new-data-to-measure-cropland-nutrient-budgets/fr>
- FARM et AFDI. (2023). *Hausse des prix et crises géopolitiques : quelle résilience des agricultures africaines face aux chocs ?* <https://fondation-farm.org/etude-hausse-prix-agricultures-africaines/>
- Feller, C., & Beare, M. H. (1997). Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, 79(1-4), 69-116. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00039-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00039-6)
- FiBL. (2022). Biofertilisants : Le rôle des micro-organismes du sol en agriculture. <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1240-Biofertilisants.pdf>

- Fritsch, E. (2012). Les sols. In J. Bonvallot, J.-C. Gay, & E. Habert (Eds.), *Atlas de la Nouvelle-Calédonie* (pp. 73-76). IRD, Congrès de la Nouvelle-Calédonie.
- Garambois, N., El Ouaamari, S., Fert, M., & Radzik, L. (2018). Politique hydro-agricole et résilience de l'agriculture familiale. Le cas du Delta du fleuve Sénégal. *Revue internationale des études du développement*, 236, 109-135. <https://doi.org/10.3917/ried.236.0109>
- Genot, V., Colinet, G., Brahy, V., & Bock, L. (2009). L'état de fertilité des terres agricoles et forestières en région wallonne (adapté du chapitre 4-sol 1 de "L'Etat de l'Environnement wallon 2006-2007"). *BASE*. <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=3746%26format=print>
- GLASOD. (1991). *Global assessment of human-induced soil degradation*. ISRIC – World Soil Information. <https://www.isric.org/projects/global-assessment-human-induced-soil-degradation-glasod>
- Herrmann, S.M., Brandt, M., Rasmussen, K. *et al.* Accelerating land cover change in West Africa over four decades as population pressure increased. *Commun Earth Environ* **1**, 53 (2020). <https://doi.org/10.1038/s43247-020-00053-y>
- Hounkpatin, K. O., Bossa, A. Y., Yira, Y., Igue, M. A., & Sinsin, B. A. (2022). Assessment of the soil fertility status in Benin (West Africa)–Digital soil mapping using machine learning. *Geoderma Regional*, 28, e00444. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00444>
- Intergovernmental Technical Panel of Soils (ITPS), Montanarella, L., Pennock, D., McKenzie, N., Alavipanah, S. K., *et al.* (2016). *État des ressources en sols dans le monde (Résumé technique)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.researchgate.net/publication/324056184_Etat_des_Ressources_en_Sols_dans_le_Monde_Resume_technique
- Jones, A., Breuning-Madsen, H., Brossard, M., Dampha, A., Deckers, J., Dewitte, O., ... Zougmore, R. (2013). *Soil atlas of Africa* (Part 1, pp. 1-78). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2788/52319>
- Jones, A., Breuning-Madsen, H., Brossard, M., Dampha, A., Deckers, J., Dewitte, O., Gallali, T., Hallet, S., Jones, R., Kilasara, M., Le Roux, P., Micheli, E., Montanarella, L., Spaargaren, O., Thombiano, L., Van Ranst, E., Yemefack, M., & Zougmore, R. (2015). *Atlas des sols d'Afrique*. Commission européenne, Bureau des publications de l'Union européenne.
- Jouve, P. (2012). Dynamiques agraires, jachères et contextualisation des résultats. In A. Dia & R. Duponnois (éds.), *La Grande Muraille Verte* (1-). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.3318>
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>

- Legrain, X. (Other coll.), Berding, F. (Other coll.), Dondeyne, S. (Other coll.), & Schad, P. (Other coll.). (2018). *Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014. Système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques. Mise à jour 2015* (Chapelle, J., Trans.). Rome, Italy: FAO. <http://www.fao.org/3/i3794fr/I3794FR.pdf>
- Levard, L., Vogel, A., Castellanet, C., & Pillot, D. (2014). Agroécologie : évaluation de 15 ans d'actions d'accompagnement de l'AFD. Synthèse du rapport final. <https://gret.org/projet/agroecologie-evaluation-de-15-ans-dactions-daccompagnement-de-lafd/>
- Liu, J., You, L., Amini, M., Obersteiner, M., Herrero, M., Zehnder, A. J. B., & Yang, H. (2010). A high-resolution assessment on global nitrogen flows in cropland. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(17), 8035–8040. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913658107>
- Masse, M., Manlay, R., Derouard, L., & Diatta, M. (1998). *Influence du temps de jachère sur les propriétés du sol dans les régions semi-arides du Sénégal. Document de travail, Institut de Recherche pour le Développement (IRD)*. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010025602-003>
- Pellerin, S., Bamiere, L., Launay, C., Martin, R., Schiavo, M., Angers, D., ... & Réchauchère, O. (2019). Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif de 4 pour 1000 et à quel coût ? Synthèse du rapport d'étude INRA. https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/etude-4-pour-1000-resume-en-francais-pdf-1_0.pdf
- Perrin, B., & Lefevre, A. (2019). L'association culturale, un levier pour améliorer santé des plantes, fertilité du sol et production des systèmes de culture maraichers diversifiés ? *Innovations Agronomiques*, 76, 51-70. DOI : 10.15454/z7mn3u
- Perrin, G. (12 sept 2023). *La fertilité des sols : de quoi s'agit-il ?* <https://www.terresinovia.fr/-/la-fertilite-des-sols-de-quoi-s-agit-il>
- Reboul, C. (1989). *Monsieur le Capital et Madame la Terre : Fertilité agronomique et fertilité économique*. INRA. <https://hal.science/hal-02858252/>
- Roy, R. N., Misra, R. V., Lesschen, J. P., & Smaling, E. M. (2005). *Evaluation du bilan en éléments nutritifs du sol. Approches et méthodologies* (Vol. 14). Food & Agriculture Org.
- Sebillotte, M. (1989). *Fertilité et systèmes de production*. Editions Quae. [https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=6w-YF_AzW0EC&oi=fnd&pg=PA9&dq=S%C3%A9billotte,+M.+\(%C3%89d.\).+\(1991\).+Fertilit%C3%A9+et+syst%C3%A8me+de+production.&ots=Pg-aSfgsYu&sig=TY3b2_4DkCy3oln1IPYd-hg9AA8#v=onepage&q&f=false](https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=6w-YF_AzW0EC&oi=fnd&pg=PA9&dq=S%C3%A9billotte,+M.+(%C3%89d.).+(1991).+Fertilit%C3%A9+et+syst%C3%A8me+de+production.&ots=Pg-aSfgsYu&sig=TY3b2_4DkCy3oln1IPYd-hg9AA8#v=onepage&q&f=false)

- Serpantié, G., Ouattara, B., Louppe, D., Sougafara, B., Gnahoua, G. M., & Ouattara, N. (2001). Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest. *La jachère en Afrique tropicale*, 2, 21-83.
<https://www.researchgate.net/publication/32968056>
- Sierra, J., & Tournebize, R. (2019). Fixation symbiotique d'azote par les légumineuses en association. Résultats obtenus en Guadeloupe (Doctoral dissertation, Inconnu). (hal-02373208)
- Smaling, E. M. A., & Fresco, L. O. (1993). A decision-support model for monitoring nutrient balances under agricultural land use (NUTMON). *Geoderma*, 60(1-4), 235-256.
[https://doi.org/10.1016/0016-7061\(93\)90029-K](https://doi.org/10.1016/0016-7061(93)90029-K)
- Sultan, B., Lalou, R., Oumarou, A., Soumaré, M. A., & Sanni, A. M. (2015). Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest. IRD éditions. *Marseille*
<https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.8914>.
- Tapsoba, L., & Brun, J. (2023). *Soutien à l'observatoire agriculture et alimentation*. Fondation FARM.
<https://fondation-farm.org/soutien-observatoire-agriculture-alimentation/>
- Traoré, K. L. E., Temple, L., Angbo-Kouakou, E., & Fossou, K. R. (2024). *Processus d'innovation bio-fertilisants dans les systèmes de production du cacao en Côte d'Ivoire*. CIRAD-INPHB.
<https://doi.org/10.18167/agritrop/20319>
- Union Africaine. (2024). *Projet de déclaration au Sommet africain sur les engrais et la fertilité des sols, 7-9 mai 2024, Nairobi, Kenya*.
- Ward Gauthier, N. A., Kaiser, C. A., & Ritchey, E. L. (2013). Iron Deficiency of Woody Plants. University of Kentucky Cooperative Extension Service. <http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/ID/ID84/ID84.pdf>

Axe 2a : Gestion de la fertilité des sols au Bénin, cas d'étude de la zone cotonnière Nord

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	43
 PARTIE 1 : STRATEGIES DE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS AGRICOLES EN ZONE COTONNIERE NORD-BENIN	44
1 INTRODUCTION DE LA ZONE COTONNIERE NORD-BENIN	44
1.1 Un climat semi-aride et un contexte démographique favorable au développement de la culture du coton 44	
1.2 Appauvrissement des sols : cas d'une agriculture sur brûlis en déséquilibre.....	45
2 HISTORIQUE DES PRATIQUES AGRICOLES DE LA ZONE	46
2.1 Un voyage à travers l'histoire retracé par une frise chrono-systémique	47
2.1.1 Résumé de la frise chrono-systémique.....	47
3 RETOUR AU PRESENT : DIFFERENTS TYPES D'EXPLOITATIONS AGRICOLES QUI METTENT EN LUMIERE DES INEGALITES DANS LES STRATEGIES DE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS.....	50
3.1 Trois types d'exploitations aux ressources inégales	50

3.2	dont découlent différentes pratiques de gestion de la fertilité des sols	53
3.2.1	Identification des pratiques de gestion de la fertilité des sols : présentation des projets TAZCO et ProSol	53
3.2.2	Des taux d'adoption des pratiques aux valeurs moyennes et qui sont conditionnées par le type de producteur	53

PARTIE 2 : FREINS ET INITIATIVES POUR L'ADOPTION DE PRATIQUES DURABLES DE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS56

1 DECRYPTAGE DES FREINS RENCONTRES PAR LES PRODUCTEURS POUR L'ADOPTION DES PRATIQUES DURABLES DE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS56

1.1	Un droit foncier précaire... ..	56
1.1.1	...qui freine l'investissement sur les parcelles des producteurs de type I et II	56
1.1.2	... qui freine l'accès au crédit des producteurs de type I et II	56
1.2	Une main d'œuvre et une motorisation limitée qui contraint les producteurs à restreindre leur fertilisation	60
1.2.1	Une main d'œuvre limitée pour les producteurs I et II	60
1.2.2	Une faible motorisation des producteurs I et II.....	60
1.3	Une dégradation des relations agriculteurs-éleveurs qui impacte la fertilisation des parcelles des producteurs I et II	61
1.4	Une absence de formation initiale des producteurs qui ne valorise pas le rôle du conseil agricole pour les producteurs I, II et III.....	62
1.5	Une organisation du conseil agricole qui freine son appui à la transition des exploitations de type I, II et III et mise en avant du rôle des producteurs de type III	62
1.5.1	Une intensification de l'action du conseil auprès des producteurs de type III pour accélérer la transition des exploitations agricoles	62
1.5.2	Un conseil agricole segmenté par filières qui ne favorise pas la gestion des problématiques complexes liées à la fertilité des sols pour les producteurs de type I, II et III.....	63
1.5.3	Un nombre de conseillers trop faible qui rend difficile le suivi des pratiques implémentées par les agriculteurs de type I, II et III	63

2 6 INITIATIVES LOCALES, NATIONALES ET INTERNATIONALES QUI SOUTIENNENT LES PRODUCTEURS DANS LA TRANSITION DE LEURS PRATIQUES MAIS ATTENDENT UNE MISE A L'ECHELLE.....	64
CONCLUSION	66
BIBLIOGRAPHIE.....	67

INTRODUCTION

Au Bénin, le secteur agricole est un moteur important de l'économie, représentant 25% du PIB en 2023 (*World Bank Open Data*), et constitue la principale source de subsistance pour une grande partie de la population (MPDEPP-CAG, 2009). Toutefois, malgré son importance, le secteur agricole fait face à de nombreux défis. Les crises économiques et politiques successives qui ont remis au cœur des préoccupations les notions de sécurité et de souveraineté alimentaires (Gibigaye, 2013). La pression démographique, notamment avec le doublement anticipé de la population africaine d'ici 2050 par rapport aux données actuelles (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018), entraîne une augmentation de la demande alimentaire, alors même que les surfaces agricoles disponibles dans les zones densément peuplées se réduisent. En parallèle, l'épuisement accéléré des ressources naturelles (Agbokou et al., 2021), intensifie le besoin de trouver des mécanismes efficaces de renouvellement de la fertilité des sols agricoles.

Historiquement, les pratiques agricoles au Bénin reposaient sur un équilibre fragile entre les différentes formes d'utilisation des terres, notamment à travers l'agriculture sur brûlis, les associations culturales et les crues des fleuves. Ces pratiques, qui favorisaient le maintien de la fertilité des sols, étaient soutenues par des relations étroites entre agriculteurs et éleveurs (Floquet, 1993). Toutefois, les changements démographiques, sociaux et économiques ont progressivement perturbé cet équilibre. Les exportations de matière des parcelles se sont intensifiées, sans compensation suffisante par des apports minéraux ou organiques, contribuant ainsi à un appauvrissement progressif des sols (Azontonde, 1993).

Aujourd'hui, la question de la régénération de la fertilité des sols au Bénin devient cruciale. Selon la FAO et l'ITPS, environ 65 % des terres productives en Afrique ont subi une dégradation, dont 19 % une dégradation sévère, depuis le milieu du XXe siècle (FAO et ITPS, 2015). Le Bénin, avec l'exemple la zone agroécologique Centre est confrontée à une dégradation croissante de ses terres agricoles (Akpinfra et al., 2016) avec de multiples conséquences comme la baisse des taux de matière organique et des éléments nutritifs, ainsi qu'une vulnérabilité accrue à l'érosion (Oldeman, 1991). Le maintien de la fertilité des sols devient un enjeu prioritaire pour assurer la durabilité des systèmes agricoles, préserver les rendements et renforcer la résilience des exploitations.

Cet axe 2 cherche à répondre aux questions suivantes : Quelle évolution des pratiques agricoles en zone cotonnière Nord-Bénin et quel lien avec la gestion de la fertilité des sols ? De nos jours, quels freins à l'adoption des pratiques de gestion durable de la fertilité des sols et quelles initiatives pour améliorer leur adoption ? Ce rapport propose de mettre en lumière les mécanismes de régénération de la fertilité des sols, d'analyser les freins à l'adoption de pratiques durables par les producteurs et de proposer des initiatives qui contribuent au développement durable du secteur agricole béninois.

Partie 1 : Stratégies de gestion de la fertilité des sols agricoles en zone cotonnière Nord-Bénin

1 INTRODUCTION DE LA ZONE COTONNIERE NORD-BENIN

Notre étude des stratégies de gestion de la fertilité des sols au Bénin se centre sur la zone cotonnière Nord qui a souvent été évoquée lors des entretiens réalisés au cours de la mission. Il semble que les sols de cette zone située au Nord du pays sont sujets à un fort appauvrissement, conséquences du développement de la culture du coton et de son intensification en parallèle d'une forte croissance démographique.

1.1 Un climat semi-aride et un contexte démographique favorable au développement de la culture du coton

La zone cotonnière Nord-Bénin (figure 2) est caractérisée par un climat semi-aride, plus sec que le climat subhumide du sud du pays (Todote et al., 2021). Le régime pluviométrique est unimodal et se traduit par une seule saison des pluies de mi-mai à octobre durant laquelle tombent 95% des précipitations annuelles et une saison sèche de novembre à mi-mai (Boko, 1992 ; Djossou et al., 2017).

La densité de population au Bénin suit un gradient Sud-Nord (INSAE, 2015) : le Sud du pays est densément peuplé et les trois zones agroécologiques extrêmes Sud regroupent 50% de la population nationale. A l'inverse, le Nord du pays, dont la zone cotonnière Nord-Bénin, est peu densément peuplé et 70% des actifs travaillent dans le secteur agricole (Promotion 4ème LMD DE GRMA, 2012-13).

Sous le contexte démographique de la zone cotonnière Nord-Bénin, se sont développées de nombreuses exploitations agricoles, de grande taille, et au capital relativement élevé car le contexte climatique et pédologique leur permet de valoriser des cultures de rente, dont le coton qui prédomine (Tovihoudji et al., 2022). La zone est connectée aux marchés par des infrastructures de transport routier et la construction d'usines d'égrenage permet de contrôler les volumes de production et d'assurer la transformation locale de la marchandise (Promotion 4ème LMD DE GRMA, 2012-13).

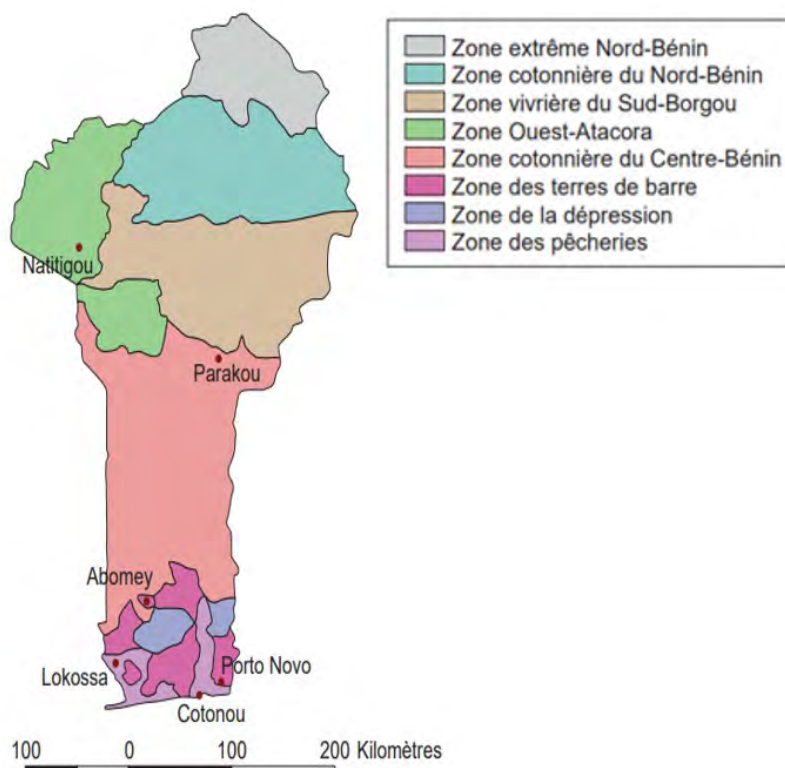


Figure 2 : Les 8 zones agroécologiques du Bénin (Secrétariat Général du Ministre - Direction de la Statistique Agricole, 2017)

1.2 Appauvrissement des sols : cas d'une agriculture sur brûlis en déséquilibre

L'agriculture sur brûlis est une pratique de régénération de la fertilité des sols très répandue au Bénin (Agbanou et al., 2018). Elle est définie comme : « pratique consistant à défricher des champs temporaires dans les forêts en coupant et en brûlant la végétation naturelle, en plantant des cultures pendant une courte période, puis en laissant ces champs retourner à la forêt » (Otto et Anderson, 1982). Dans une situation d'équilibre, le système fonctionne en cycle fermé, les cultures étant presque toutes localisées sur d'anciennes jachères. L'ensemble de ces terres, champs et jachères, forment le territoire agricole, dans lequel s'inscriront les futurs défrichements. Aujourd'hui, l'agriculture sur brûlis est considérée, en conditions de faible densité de population, comme un système stable et durable d'un point de vue écologique (Chauvet et al., 1993 ; Carrière, 1999) : c'est un système équilibré, à bas niveau de travail et d'intrants qui maintient durablement son milieu en régulant son cycle des nutriments et les états structuraux du sol (Serpantie et Ouattara, 2001).

Toutefois, la stabilité et la durabilité de l'agriculture itinérante sur brûlis peuvent être remises en cause lors d'une forte croissance démographique, ayant pour conséquences une réduction des surfaces agricoles disponibles par habitant (Carrière, 1999). C'est le cas pour la population béninoise qui a été multipliée par 6 entre 1950 et 2021 (*figure 3*) (FAOSTAT, s. d.). Les agriculteurs doivent compenser cette diminution par un allongement excessif de la durée de mise en culture ou une diminution de la durée de mise en jachère. Dans ce cas, les fonctions historiquement assurées par la jachère : gestion de la fertilité, conservation de la biodiversité, production de bois, ne sont plus assurées. Ces carences, si elles ne sont pas palliées par d'autres moyens, conduisent à un appauvrissement des sols, une diminution des rendements, une disparition des arbres, une accentuation de l'érosion, etc. (Jouve, 2012).

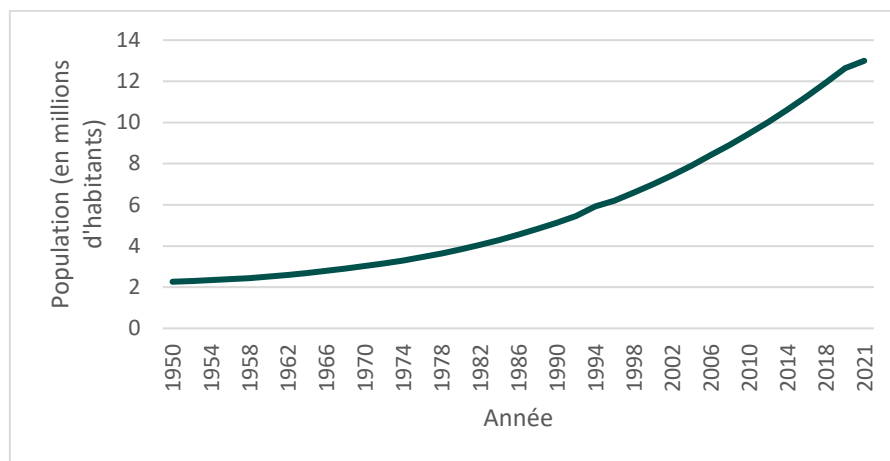


Figure 3 : Evolution de la population du Bénin de 1950 à 2021 (FAOSTAT, s. d.)

2 HISTORIQUE DES PRATIQUES AGRICOLES DE LA ZONE

Les pratiques de gestion de la fertilité des sols au Bénin ont connu une évolution significative au fil des décennies, liée les changements économiques, politiques et environnementaux du pays. Ces évolutions ont été retracées au sein d'une frise chrono-systémique, présentée dans cette partie.

2.1 Un voyage à travers l'histoire retracé par une frise chrono-systémique

Point méthodologique : lecture de la frise chrono-systémique (*figure 4*)

La frise chrono-systémique se lit suivant l'axe temporel vertical, où les événements les plus anciens se trouvent en haut et les plus récents en bas. Les événements sont classés suivant plusieurs catégories verticales : politiques, économie, démographie, eau et climat, ressources naturelles, élevage, agriculture. Pour interpréter correctement la frise, il faut suivre la séquence chronologique des événements de haut en bas, en notant les changements significatifs survenus au fil du temps. Il est également important de comprendre les interactions systémiques, c'est-à-dire comment les différents domaines interagissent et s'influencent mutuellement.

2.1.1 Résumé de la frise chrono-systémique

La période précoloniale se caractérise par des systèmes agraires diversifiés cultivant des céréales, des légumineuses, des légumes et des épices. La fertilité des sols est entretenue par les associations et rotations de cultures, la jachère, les contrats de parage pour échange de fumure avec les éleveurs Peuhls, les crues des fleuves et le recyclage des déchets alimentaires (Dufumier, 2004 ; Villette, 2009).

L'arrivée des Européens dans les années 1800, marque un tournant pour le secteur agricole béninois par l'introduction de la culture du coton (Dufumier, 2004). Couplée à des réformes et des politiques agricoles, on assiste à une expansion massive des surfaces cultivées en coton (Bidou et al., 2018), notamment dans la zone Nord-Bénin, qui dispose d'un climat favorable au développement de la culture (Tovioudji et al., 2022). La croissance de la production est fortement liée à croissance économique du pays de à partir de 1990 (Najib et al., 2022).

Au cours des années 1960, les difficultés économiques, telles que l'instabilité des revenus liés à l'impôt de capitation (Maniere, 2013) et les investissements dans des projets d'éléphants blancs, ont progressivement conduit l'État à s'endetter (Dumont, 1962). On assiste en parallèle à une forte croissance démographique dans la zone (Bidou et al., 2018), dont découle une augmentation de la demande alimentaire, ce qui conduisant les pratiques agricoles à s'intensifier : augmentation des surfaces cultivées, augmentation du nombre de cultures à l'année, augmentation des doses d'engrais de synthèse, augmentation de la force de travail par parcelle (Dufumier, 2004 ; Villette, 2009).

Dans les années 1980, le Bénin connaît une importante crise de la dette suite à la banqueroute de l'Etat et des industries (Villette, 2009). Alors, des politiques d'ajustements structurels sont imposées par les institutions financières internationales et favorisent la libéralisation des marchés agricoles qui rend les productions béninoises moins compétitives face aux productions américaines et européennes, fortement subventionnées (Adegbidi et al., 2003). Ces politiques entraînent également la réduction des subventions aux agriculteurs rendant les engrais plus coûteux et moins accessibles (Honfoga, 2013).

L'intensification des pratiques agricoles couplées à une faible utilisation des engrais minéraux ont un fort impact sur les sols agricoles et engendrent une baisse de leur fertilité.

Depuis les années 2020, plusieurs plans nationaux tels que le plan de développement 2018-2025 (Forsans, 2022) et projets internationaux, tels que le projet TAZCO (IRC-CIRAD-AFD, 2024), ont vu le jour au Bénin dans un objectif de diversification de la production et de promotion de pratiques agricoles plus durables. Toutefois, un enjeu majeur reste la mise à l'échelle de ces pratiques pour la plupart encore localisées (Tapsoba et al., 2020).

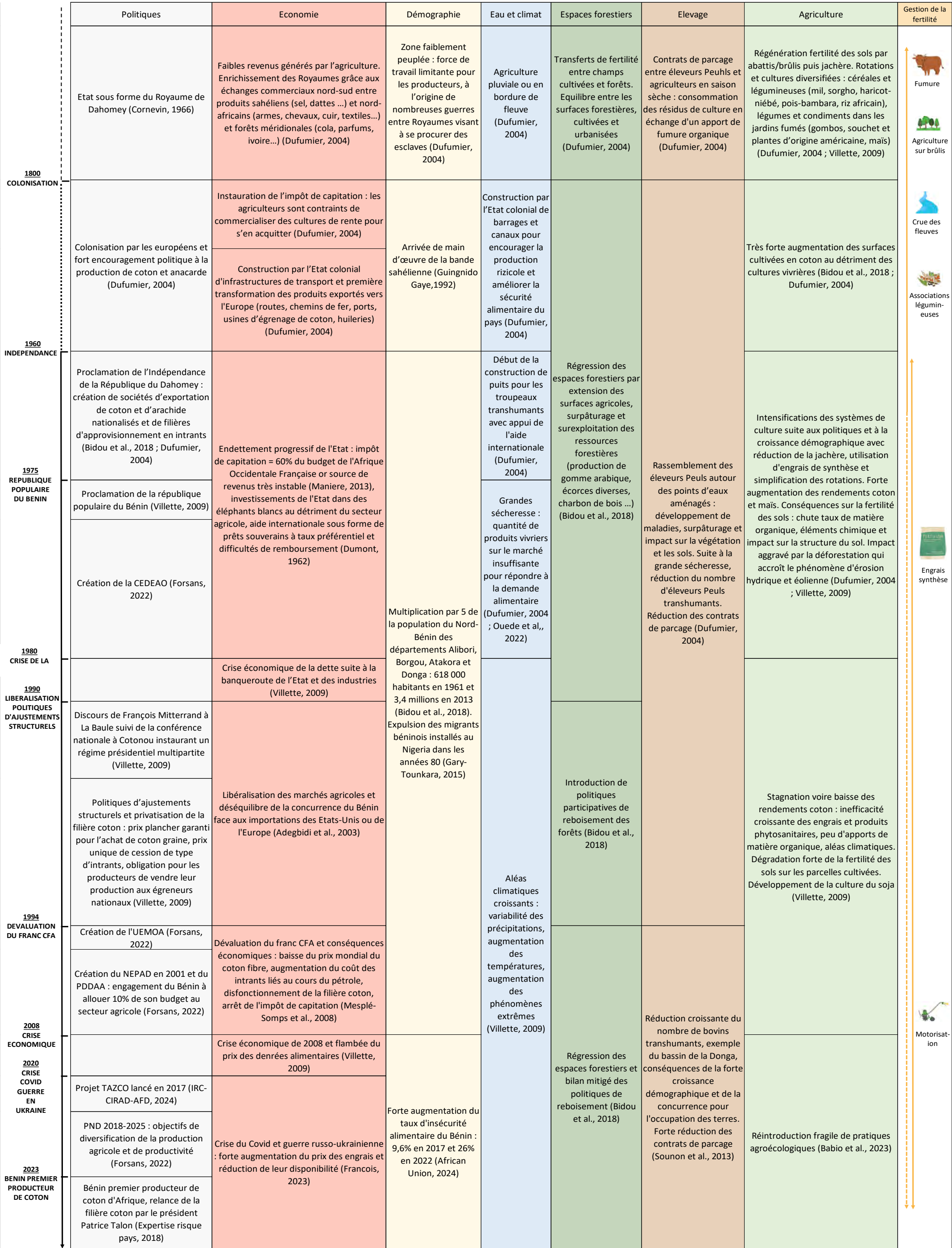


Figure 4 : Frise chrono-systémique : quelle évolution des pratiques de gestion de la fertilité des sols dans la zone cotonnière Nord-Bénin ?

3 RETOUR AU PRESENT : DIFFERENTS TYPES D'EXPLOITATIONS AGRICOLES QUI METTENT EN LUMIERE DES INEGALITES DANS LES STRATEGIES DE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS

Sur les sols agricoles, ce sont en grande partie les pratiques des producteurs qui conditionnent le recyclage des éléments minéraux, le maintien du taux de matière organique et le maintien d'une structure du sol propice à la culture. Cette partie détaille trois types d'exploitations agricoles représentatives de la zone cotonnière Nord-Bénin via une compilation de diagnostics agraires notamment ceux de Moreau (2021), Taupin (2023) et Villette (2009). Cette typologie n'est pas exhaustive. Les exploitations type ont été définies selon plusieurs critères : histoire, fertilité initiale du sol, droit foncier, économie, mécanisation, productions végétales, productions animales, accès au crédit. Elles présentent aussi des stratégies de gestion de la fertilité des sols qui dépendent de leurs ressources.

3.1 Trois types d'exploitations aux ressources inégales ...

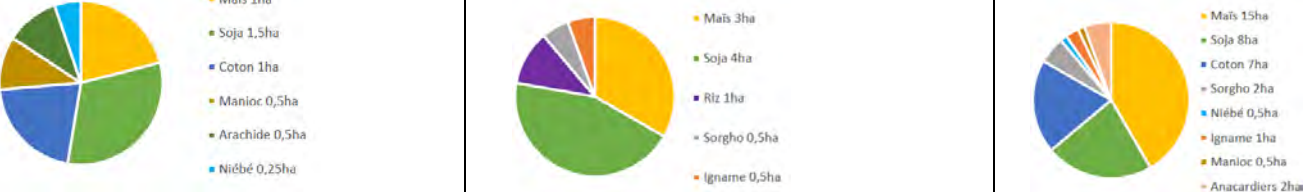
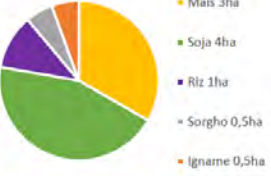
Le premier type représente une exploitation familiale de petite taille, en polyculture, avec coton et non mécanisée (*figure 5*), inspiré des types VII du diagnostic de Villette (2009) et du type 4 du diagnostic de Taupin (2023). Cette catégorie de producteurs, généralement issu de familles Baribas, est arrivée récemment sur les parcelles du village qu'elle occupe, a subi une nucléarisation ou un évènement les ayant amenées à décapitaliser en vendant une partie de leurs terres (Taupin, 2023). La main d'œuvre de l'exploitation est limitée et cultive les petites superficies que les premiers arrivants lui ont octroyées, sur des terres à faible potentiel de mise en culture (sols peu profonds, caillouteux, hydromorphes) (Taupin, 2023). Avec de faibles superficies/actifs, l'exploitation génère très peu de revenus et est obligée de vendre sa production à bas prix, sans pouvoir capitaliser. Les membres de l'exploitation cherchent à compléter leurs revenus en vendant leur force de travail à d'autres exploitations lorsque le calendrier de travail le permet et de s'adonner à d'autres activités sur leur temps libre (taxi moto, commerce ambulancier...). L'exploitation est contrainte de produire du coton pour accéder au crédit engrais et fertiliser à doses minimales ses cultures principales comme le maïs (Moreau, 2021) avec pour contrainte majeure l'absence de mécanisation.

Le second type est représentatif d'une catégorie d'exploitations de taille moyenne, en polyculture sans coton et non mécanisée, inspiré des types VI du diagnostic de Villette (2009) et du type 3 du diagnostic de Taupin (2023). Ces exploitations concernent généralement des familles Baribas arrivées secondairement dans le village ou qui se sont nucléarisées suite au décès du chef de famille qu'il occupe (Taupin, 2023). Elles ont pu obtenir des superficies limitées mais toutefois plus élevées que le type précédent et disposant d'une meilleure fertilité des sols (Villette, 2009). Elles disposent en moyenne de 5 à 10 actifs familiaux ce qui lui permet de valoriser les terres de bas-fonds en cultivant le riz. Une

contrainte majeure est la difficulté pour le producteur de se fournir en engrais minéraux car l'exploitation ne peut pas prétendre au crédit engrais via la culture du coton. Dans le département de l'Alibori, comportant la zone cotonnière Nord-Bénin, 40% des producteurs ne cultivent pas le coton (MAEP Bénin, 2021). Cela peut s'expliquer par divers facteurs comme une trésorerie suffisamment importante pour ne pas être dépendante du crédit intrant. On peut aussi citer le développement d'autres cultures comme le soja, particulièrement rentable (Moreau, 2021), dont la production à l'échelle nationale (en valeur) a quintuplé entre 2019 et 2020 (MAEP Bénin, 2021) ou la production de riz qui est chronophage (Taupin, 2023).

Le troisième type représente une grande exploitation familiale en polyculture avec coton, élevage de bovins et mécanisée, inspiré des types V du diagnostic de Villette (2009) et du type 2 du diagnostic de Taupin (2023). Ces exploitations appartiennent généralement à des familles Baribas fondatrices (Taupin, 2023), premières arrivantes dans le village et ayant bénéficié des grandes superficies et des terres les plus fertiles (Villette, 2009). Elles disposant d'un statut social élevé et sont reconnues pour les dons de terres ou d'animaux qu'elles ont pu faire à d'autres familles il y a plusieurs décennies. Vivant en familles élargies, elles ont pu épargner grâce à l'élevage bovin, la vente de l'igname et du coton dans des moyens de production pour renforcer leur capacité de travail. Cela leur a permis de constituer de vastes domaines agricoles. Par la suite, elles ont eu accès au labour motorisé, ce qui leur a permis de cultiver l'ensemble des terres dont elles disposaient. Son capital a également été investi dans des secteurs non-agricoles (immobilier/productif) lui permettant aujourd'hui de toucher les bénéfices de ses placements (Villette, 2009). Elles disposent d'un bon accès aux intrants soit via le crédit par la culture du coton, soit en achat direct grâce à une bonne trésorerie (Taupin, 2023).

Figure 5 : Présentation de trois exemples de types d'exploitations agricoles en zone cotonnière Nord-Bénin (Taupin, 2023 ; Villette, 2009)

	Type d'exploitation agricole		
Type	Type I : petite exploitation familiale en polyculture avec coton et non mécanisée	Type II : exploitation familiale de taille moyenne en polyculture sans coton et non mécanisée	Type III : grande exploitation familiale en polyculture avec coton, élevage de bovins et mécanisée
Histoire	- Arrivée récente dans la zone cotonnière (moins de 15 ans)	- Deuxième vague d'installation dans la zone cotonnière	- Primo arrivant dans la zone cotonnière
Fertilité	- Faible fertilité initiale des terres	- Bonne fertilité initiale des terres	- Très bonne fertilité initiale des terres
Foncier	- < 2ha/actif - Pas de certificat de propriété foncière	- Entre 2 et 3 ha/actif - Dispose ou non de certificat de propriété foncière	- > 3ha/actif - Dispose de certificat de propriété foncière
Economie	- <5 actifs familiaux - <500e revenu annuel/actif familial - Pas ou peu de capitalisation - Contraint de diversifier son système d'activité	- Entre 5 et 10 actifs familiaux - Potentiels salariés temporaires - Entre 500 et 1500e revenu annuel/actif familial - Difficultés à capitaliser	- > 10 actifs familiaux - Salariés temporaires - > 1500e revenu annuel/actif familial - Bonne capacité à capitaliser
Motorisation	- Dépend des prestations extérieures	- Dépend des prestations extérieures	- Motorisée
Productions végétales	- Cultures vivrières majoritaires - Rotation cadre coton/maïs/soja Graphiques à titre d'exemple tirés, dans l'ordre, du type 4, 3 et 2 du diagnostic de Taupin (2023) 	- Cultures de rente majoritaires - Rotation cadre maïs/soja (pas de coton) - Riz en monoculture 1 cycle/an 	- Grande majorité de cultures de rente - Rotation cadre coton/maïs/soja 
Productions animales	- Pas de gros bétail - <3 têtes de petit bétail (caprins, volaille) pour période de soudure	- Pas de gros bétail - Entre 3 et 10 têtes de petit bétail (caprins, volaille) pour période de soudure	- > 10 gros bétail (en partie confiés aux Peuhls) - > 10 têtes de petit bétail (caprins, volaille)
Accès aux crédits	- Crédit engrais coopérative : oui car contraint de produire du coton - Crédit engrais banque : non car pas de titres fonciers - Crédit engrais revendeuses : ponctuellement	- Crédit engrais coopérative : non car pas de coton - Crédit engrais banque : non sauf si titres fonciers - Crédit engrais revendeuses : ponctuellement	- Crédit engrais coopérative : oui car production coton - Crédit engrais banque : oui car titres fonciers - Crédit engrais revendeuses : non

3.2 dont découlent différentes pratiques de gestion de la fertilité des sols

La partie précédente a mis en lumière la diversité des types d'exploitations agricoles qui composent la zone cotonnière Nord-Bénin. De par leurs différences de ressources, les exploitations font face à plus ou moins de difficultés d'adoption des pratiques permettant une gestion durable de la fertilité des sols agricoles. Le panel de ces pratiques ainsi que leurs taux d'adoption par les agriculteurs ont été recensés en *figure 6* dans les zones cotonnières du Bénin à l'aide des données de deux projets principaux : le projet TAZCO et le projet ProSol.

3.2.1 Identification des pratiques de gestion de la fertilité des sols : présentation des projets TAZCO et ProSol

Le projet de transition agro-écologique dans les zones cotonnières du Bénin (TAZCO) est financé par l'Agence Française de Développement (AFD) depuis 2017. L'identification et la démocratisation des pratiques agricoles permettant la restauration et l'amélioration de la fertilité des sols des exploitations cotonnières du Bénin sont les objectifs principaux du projet. Actuellement dans sa deuxième phase, l'objectif du projet est de mettre à l'échelle les pratiques approuvées sur les parcelles pilotes des agriculteurs (IRC-CIRAD-AFD, 2024). Le projet de protection et réhabilitation des sols pour la sécurité alimentaire (ProSol) est financé par l'agence de coopération internationale allemande depuis 2014 : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). L'apprentissage des producteurs aux pratiques de gestion durable de la fertilité des sols via des formations, du conseil et de la vulgarisation est l'objectif principal du projet (GIZ, 2020).

Les résultats de ces deux projets, nous ont servis de base pour l'élaboration de la *figure 5* qui rassemble les pratiques permettant une gestion durable de la fertilité des sols dans les zones cotonnières du Bénin.

3.2.2 Des taux d'adoption des pratiques aux valeurs moyennes et qui sont conditionnées par le type de producteur

3.2.2.1 Les pratiques les plus adoptées (entre 50% et 65%)

Les pratiques les plus adoptées par les producteurs sont la rotation culturale et l'épandage d'engrais minéraux avec respectivement 63% et 51% de taux d'adoption. Pour les engrais minéraux, ce taux d'adoption peut s'expliquer par la subvention gouvernementale à hauteur de 50% du prix de l'engrais pour les producteurs de coton, qui représentent plus de la moitié des producteurs dans le département de l'Alibori (MAEP Bénin, 2021).

3.2.2.2 Les pratiques moyennement adoptées (entre 10% et 30%)

D'autres pratiques ont été adoptées dans une moindre mesure par les producteurs, entre 10% et 30% de taux d'adoption : l'utilisation d'engrais organiques, la fumure organique, l'association avec des légumineuses alimentaires, les haies vives et le semis en contre-pente. 28% des producteurs utilisent

des engrais organiques qui sont, selon Kindemin et al., (2023), « un levier de réduction de la dépendance aux engrais », notamment pour les producteurs qui ne cultivent pas le coton et n'ont pas accès aux subventions. Selon Adebisi et al., (2019), le taux d'adoption de l'utilisation de fumure organique de 15% peut s'expliquer par « le grand nombre d'animaux qu'exige la production du fumier, et les risques élevés de dégâts causés dans les champs ». L'association avec des légumineuses alimentaires dispose d'un taux de 28%, pouvant s'expliquer par la fréquente destruction nocturne des parcelles par les éleveurs transhumants (IRC-CIRAD-AFD, 2024).

3.2.2.3 Les pratiques faiblement adoptées (<10%)

Finalement, un certain nombre de pratiques connaissent de faibles taux d'adoption, <10% : le compostage, la jachère améliorée de cycle court, le semis sous couvert végétal et le système agroforestier igname/glicridia. Ces faibles taux d'adoption pourraient s'expliquer par « des coûts d'investissement initiaux plus élevés, une technicité accrue, ou des conditions locales spécifiques » selon Kindemin et al., (2023).

3.2.2.4 Identification des principaux freins à l'adoption des pratiques et lien avec les inégalités d'adoption entre types de producteurs

Quels freins peuvent expliquer que la moitié des producteurs n'utilisent pas d'engrais minéraux et que certaines pratiques ont un taux d'adoption inférieur à 10% ? Comment expliquer les inégalités d'accès aux pratiques entre les différents types de producteurs ?

Plusieurs contraintes à l'adoption des pratiques ont été mises en avant par les projets TAZCO et ProSol, mais également au cours des entretiens que nous avons pu réaliser avec des chercheurs du CIRAD, de l'INRAB et de l'Université d'Abomey-Calavi et de la bibliographie étudiée. Les freins majoritaires sont le coût de la pratique nécessitant une sécurité financière, la disponibilité du produit pour les engrais organiques commerciaux, l'entente entre ethnies pour le parage, disposer de petit et/ou gros matériel spécifique pour de nombreuses pratiques comme l'agroforesterie en système igname/glicridia ou le semis en contre-pente, disposer d'une sécurité foncière (Adebisi et al., 2019 ; IRC-CIRAD-AFD, 2024 ; Kindemin et al., 2023). Ce sont principalement les producteurs de type I puis II, qui font face à un nombre élevé de contraintes à l'adoption des pratiques car ils disposent d'une trésorerie limitée, sans élevage ni mécanisation (Taupin, 2023 ; Villette, 2009). Un autre frein à l'adoption des pratiques s'applique à tous les types de producteurs. Comme relaté à travers la frise chrono-systémique, à partir de la colonisation, l'état a fortement misé sur la culture du coton, comme moteur de son économie, avec une politique productiviste. Ce n'est que depuis une vingtaine d'années que les sujets de protection des ressources en sols, eau et biodiversité ont émergés. Un travail de sensibilisation et de formation est à faire auprès des producteurs en complément des autres leviers pour permettre une meilleure adoption des pratiques de gestion durable de la fertilité des sols (Adebisi et al., 2019).

Figure 6 : Exemples de pratiques récentes de régénération de la fertilité des sols dans les zones cotonnières du Bénin et taux d'adoption par les producteurs associés

Catégorie WOCAT *	Nom de la pratique	Impact de la pratique la fertilité du sol et description		Niveau d'adoption de la pratique
Non catégorisé	Engrais minéraux		Substances inorganiques qui fournissent aux plantes des nutriments essentiels tels que l'azote, le phosphore et le potassium (Sedlacek et al., 2020)	51% des exploitations utilisent des engrais minéraux au Bénin en 2021 (Direction de la statistique agricole, 2021)
	Engrais organiques		Substances organiques qui améliorent les propriétés physiques du sol et sont sources de minéraux essentiels pour la croissance des plantes (Shaji et al., 2021)	28% des exploitations utilisent des engrais organiques au Bénin en 2021 (Direction de la statistique agricole, 2021)
Gestion intégrée de l'agriculture et l'élevage	Parcage rotatif		Parcage du bétail, fin d'après-midi au lendemain matin dans un champs avec résidus de culture : les excréments fertilisent le sol (IRC-CIRAD-AFD, 2024)	24% des producteurs pratiquent le parcage rotatif dans les principales communes productrices de coton au Bénin en 2023 (IRC-CIRAD-AFD, 2023)
	Fumure organique		Collecte de fumier de parc décomposé ou de fumier d'étable pour un épandage sur les champs en vue de leur fertilisation (IRC-CIRAD-AFD, 2024)	15% des producteurs utilisent l'étable fumière dans les principales communes productrices de coton au Bénin en 2023 (IRC-CIRAD-AFD, 2023)
	Compostage		Décomposition de déjections animales, pailles sèches et autres matières organiques pour un épandage sur les champs en vue de leur fertilisation (IRC-CIRAD-AFD, 2024)	6% des producteurs ont adopté le compostage dans les principales communes productrices de coton au Bénin en 2023 (IRC-CIRAD-AFD, 2023)
Gestion intégrée de la fertilité des sols	Rotation culturale		La rotation culturale est l'enchaînement des cultures dans le temps suivant un cycle régulier sur une parcelle. Le choix des cultures de la rotation est primordial pour la gestion de la fertilité du sol : veiller à insérer des légumineuses, une diversité de cultures, etc. (IRC-CIRAD-AFD, 2024)	63% des producteurs travaillent sur leur assolement et rotations dans les principales communes productrices de coton au Bénin en 2023 (IRC-CIRAD-AFD, 2023)
	Associations avec légumineuses alimentaires		Association de plusieurs cultures sur une même parcelle, augmentation de la restitution de matière organique fraîche au sol et diversification des prélèvements éléments minéraux ex : soja/sorgho (IRC-CIRAD-AFD, 2024)	28% des producteurs réalisent des associations avec des légumineuses alimentaires dans les principales communes productrices de coton au Bénin en 2023 (IRC-CIRAD-AFD, 2023)
	Jachère améliorée de cycle court		Légumineuse en culture pure comme mucuna, pois d'Angole ou Sesbania, pendant une ou plusieurs saisons, biomasse retournée au sol (IRC-CIRAD-AFD, 2024)	4% des producteurs pratiquent la jachère améliorée de cycle court dans les principales communes productrices de coton au Bénin en 2023 (IRC-CIRAD-AFD, 2023)
Agriculture de conservation	Semis sous couvert végétal		Laisser un ensemble de végétaux (culture précédente, plante de couverture semée spécifiquement) recouvrir le sol afin d'y placer le semis, production de biomasse et fertilisation organique du sol (IRC-CIRAD-AFD, 2024)	5% des producteurs réalisent le semis sous couvert végétal dans les principales communes productrices de coton au Bénin en 2023 (IRC-CIRAD-AFD, 2023)
Agroforesterie	Igname/Gliricidia		Culture annuelle d'igname dans l'interligne d'une plantation de Gliricidia ou dans un parc arboré de Gliricidia (IRC-CIRAD-AFD, 2024)	2% des producteurs ont adopté la pratique d'agroforesterie igrname/Gliricidia dans les principales communes productrices de coton au Bénin en 2023 (IRC-CIRAD-AFD, 2023)
	Haies vives		Embocagement des parcelles avec une haie vive de manière à protéger un espace de la divagation des animaux, de l'érosion hydrique et/ou éolienne (IRC-CIRAD-AFD, 2024)	20% des producteurs ont adopté la pratique d'agroforesterie igrname/Gliricidia dans les principales communes productrices de coton au Bénin en 2023 (IRC-CIRAD-AFD, 2023)
Conservation des eaux et des sols	Semis en contre-pente		Technique de semis suivant une trajectoire perpendiculaire à l'écoulement naturelle des eaux. Il vise à réduire la vitesse de ruissellement et l'érosion hydrique (IRC-CIRAD-AFD, 2024)	12% des producteurs réalisent le semis en contre pente dans les principales communes productrices de coton au Bénin en 2023 (IRC-CIRAD-AFD, 2023)

*WOCAT : World Overview of Conservation Approches and Technologies

Partie 2 : Freins et initiatives pour l'adoption de pratiques durables de gestion de la fertilité des sols

1 DECRYPTAGE DES FREINS RENCONTRES PAR LES PRODUCTEURS POUR L'ADOPTION DES PRATIQUES DURABLES DE GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS

Nous avons, dans la partie précédente, mis en lumière les taux d'adoption de moyens à faibles des pratiques de gestion durable de la fertilité des sols dans les zones cotonnières du Bénin. Grâce à une étude de la bibliographie et à plusieurs entretiens, une liste de freins à l'adoption de ces pratiques ont pu être identifiés. Cette partie s'attachera à décrypter l'origine de ces freins, les conséquences sur les différents types de producteurs, leur impact sur le fonctionnement de l'exploitation agricole dont découle l'impact sur la fertilité des sols. La *figure 7* synthétise les résultats de cette partie.

1.1 Un droit foncier précaire...

1.1.1 ...qui freine l'investissement sur les parcelles des producteurs de type I et II

Au Bénin, le droit foncier traditionnel indique que « la terre appartient à celui qui la travaille » (Le Meur, 2006). Ainsi, le propriétaire n'est pas garanti de conserver sa parcelle s'il n'est plus en mesure de la cultiver. Un droit foncier moderne a été défini en 2013 par le Code Foncier Domanial (CDF) et dispose que « seul le Certificat de propriété foncière confère la pleine propriété en République du Bénin » (Taupin, 2023). Toutefois, les contraintes administratives et le coût de l'enregistrement des parcelles sont des freins de taille pour les producteurs de type I et II et peu de parcelles sont enregistrées à ce jour (Villette, 2009). Sans Certificat de propriété foncière, certaines familles redoutent de se voir retirer leurs terres, ou de devoir payer un loyer dans les prochaines années, alors que la pression foncière s'intensifie (Taupin, 2023). L'insécurité du foncier peut-être un frein à l'implantation de certaines pratiques de régénération de la fertilité des sols (IRC-CIRAD-AFD, 2024), notamment les pratiques nécessitant des investissements importants sur la parcelle comme le système agroforestier igrname/gliricidia.

1.1.2 ... qui freine l'accès au crédit des producteurs de type I et II

Au Bénin, le crédit est vital pour les producteurs de type I et II au faible capital souhaitant conduire une campagne agricole. En effet, la trésorerie des petites exploitations familiales est très précaire.

Le flux de trésorerie d'une petite exploitation familiale au Sud Bénin (deux saisons des pluies) ne permet pas au producteur de capitaliser. En effet, la quasi-totalité des gains des deux saisons agricoles sont dépensés le mois suivant pour les charges d'exploitation et les dépenses de la famille.



Le recours à l'emprunt en début de saison (janvier) est alors vital pour le lancement de la campagne agricole.

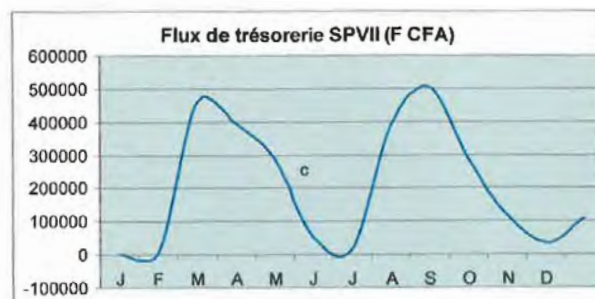


Figure 7 : Flux de trésorerie d'une petite exploitation familiale (Villette, 2009)

1.1.2.1 Cas du crédit des caisses avec difficultés d'accès aux producteurs I et II

Il s'avère très compliqué pour les petites exploitations ne disposant généralement pas de Certificat de propriété foncière d'avoir accès au crédit des caisses. En effet, l'accès au crédit est conditionné, par exemple à la Caisse Locale de Crédit Agricole Mutuel (CELCAM) par « la possession d'un bien au moins égal à la somme demandée qui pourra être hypothéqué en cas de non-remboursement » (Villette, 2009). Or, sans Certificat, le producteur ne peut prouver que les parcelles lui appartiennent et n'accède pas au crédit. Il est donc difficile pour les producteurs de type I et II, généralement sans Certificat, de se fournir en petit et gros matériel agricole ou en semences. Ceci freine le développement de pratiques de régénération de la fertilité des sols nécessitant certains investissements comme l'association avec des légumineuses alimentaires nécessitant des semences ou le semis en contre-pente nécessitant du matériel spécifique. En conséquence, le crédit est souvent réservé aux producteurs ayant d'importantes ressources financières comme le type III et ayant le moins besoin d'y recourir (Villette, 2009). Face à ces difficultés, les petits producteurs se tournent vers d'autres voies d'emprunt comme les revendeuses. Ces groupes, souvent composés de femmes, prêtent en début de campagne contre un rachat total de la production à 80% du prix du marché. Ce mode d'emprunt ne permet pas aux producteurs de s'émanciper financièrement (Villette, 2009).

1.1.2.2 Cas du crédit coton avec difficultés d'accès aux producteurs II

L'accès à un crédit pour l'achat des engrais coton est possible auprès des Coopératives Villageoises de Producteurs de Coton (CVPC). L'accès à ce crédit est conditionné par la culture du coton et son fonctionnement est le suivant : fourniture de l'engrais à crédit en début de campagne et paiement de la production par la coopérative moins le prix des engrais fourni et celui de la subvention gouvernementale en fin de campagne (Villette, 2009). Toutefois, les producteurs qui ne cultivent pas le coton comme le type II ne peuvent pas accéder à ce type de crédit. Ce sont alors majoritairement les producteurs de type II qui se fournissent en engrais, aux formule parfois non réglementaires, sur le marché noir (Villette, 2009). Dans les communes de Kandi et Banikoara, 36% des producteurs indiquent que l'acquisition des

intrants est une contrainte majeure pour la production agricole et 43% des producteurs s'approvisionnent sur le marché noir (Kindemin et al., 2023). Ce type de crédit est également problématique pour les producteurs qui cultivent de faibles superficies en coton et n'ont donc accès qu'à des doses d'engrais limitées. Or, les producteurs au faible capital utilisent généralement l'engrais coton sur leurs cultures principales : coton, maïs et quelques cultures vivrières. En cas de quantité d'engrais limitée, les doses peuvent être réduites de 150kg d'engrais à l'hectare au regard de la dose recommandée par l'IRC de 250kg à l'hectare (Taupin, 2023). Les problématiques de qualité et de quantité d'engrais épandu impactent directement la fertilité des sols car les nutriments exportés lors des récoltes ne peuvent pas être compensés par des apports suffisants. On constate alors une baisse des taux des éléments minéraux ainsi qu'un impact sur la structure du sol au fil des années. Ce phénomène est amplifié car les producteurs de type I et II cultivent historiquement les terres les moins fertiles (Desaintmartin, 2017).

1.2 Une main d'œuvre et une motorisation limitée qui contraint les producteurs à restreindre leur fertilisation

1.2.1 Une main d'œuvre limitée pour les producteurs I et II

Face à l'accroissement de la demande alimentaire et à la réduction des terres agricoles disponibles, les systèmes agraires béninois se sont intensifiés en intrants, en travail par unité de surface ou par animal afin d'accroître la production sur une surface donnée (Bonny, 2010). De manière générale, ces intensifications se traduisent par une exportation importante de biomasse, donc de nutriments et de matière organique. Pour maintenir la fertilité du sol, un équilibre doit être construit entre les exportations et les importations à l'échelle de la parcelle. Les importations peuvent être des engrais minéraux permettant de reconstituer le stock de certains éléments chimiques du sol, des engrais organiques et engrais verts, agissant sur les éléments minéraux et la matière organique, le recyclage des résidus de récolte. Toutefois, l'importation de ces différentes matières, sauf celles issues de parage qui sont produites directement au champ, et éventuellement leur enfouissement au champ a un coût élevé et nécessite une intensification en force et temps de travail. Les exploitations de type I et II ne disposent généralement pas de la main d'œuvre nécessaire et leur trésorerie ne leur permet pas d'employer suffisamment de saisonniers, qui se raréfient dans un contexte de fort exode rural (Guingnido Gaye, 1992). Dans les communes de Kandi et Banikoara, 24% des producteurs indiquent que la main d'œuvre est un facteur limitant à la production agricole (Kindemin et al., 2023).

1.2.2 Une faible motorisation des producteurs I et II

La petite motorisation peut fournir une force de travail supplémentaire aux producteurs dans un contexte de faible disponibilité de main d'œuvre. En effet, la remorque tractée facilite la fertilisation des parcelles

les plus éloignées des habitations par le transport des engrais minéraux et organiques, le strip-till permet la réalisation de pratiques de réduction du travail du sol (IRC-CIRAD-AFD, 2024). Toutefois, peu d'exploitations ont accès à la motorisation au Bénin : seulement 1/3 des producteurs des zones cotonnières disposent d'outils motorisés (Saliou et al., 2020). C'est dans ce cadre qu'a été instauré le Programme de Promotion de la Mécanisation Agricole (PPMA), en 2008, par le gouvernement béninois. Le programme permet aux producteurs de s'équiper de tracteurs, charrues et remorques, à crédit, subventionnés à 50% par l'Etat. Toutefois, la trésorerie précaire des petites exploitations agricoles ne leur permet généralement pas d'accéder au matériel, même subventionné. Ainsi, des inégalités d'accès au labour motorisé persistent pour les exploitations de type I et II (Bakker et al., 2024).

1.3 Une dégradation des relations agriculteurs-éleveurs qui impacte la fertilisation des parcelles des producteurs I et II

Pour les exploitations de type I et II ne pouvant pas capitaliser dans des bovins, une des seules sources accessibles de fumure organique est celle issue des contrats de parage avec les éleveurs Peulhs. Si la relation entre agriculteurs et éleveurs a longtemps été symbiotique, elle s'est progressivement dégradée à partir des années 1980 jusqu'à l'apparition récente de conflits armés. Plusieurs problématiques majeures se sont développées (De Haan, 1997) :

- La divagation : la divagation des troupeaux sur les champs des producteurs en saison des pluies engendre des dégâts importants sur les cultures. Sur la saison 1991/92, 1 agriculteurs sur 3 a été victime de la divagation dans la province du Borgou ;
- Le blocage des couloirs de passage : la pression foncière contraint les agriculteurs à étendre leurs surfaces cultivées sur les couloirs de passage de éleveurs transhumants. Ceci incite les éleveurs à traverser et dégrader des surfaces cultivées ;
- Le foncier : les éleveurs se font repousser par les agriculteurs qui étendent leurs surfaces et sont obligés de déplacer leurs campements loin des villages.

Les relations entre les deux groupes devenant conflictuelles, les contrats de parage se raréfient. Les producteurs de type I et II disposant d'une faible trésorerie, ils ne peuvent pas compenser cette perte par d'autres sources d'apports. Cela contribue à la dégradation de la fertilité des sols sur les parcelles de ces producteurs avec un impact sur la fertilité chimique, organique et une dégradation de la structure du sol.

1.4 Une absence de formation initiale des producteurs qui ne valorise pas le rôle du conseil agricole pour les producteurs I, II et III

La formation des agriculteurs est un levier primordial à activer pour assurer une bonne gestion de la fertilité des sols sur les exploitations. En effet, en complément des transmissions familiales, une formation universitaire permettrait aux agriculteurs de mieux comprendre et appliquer les conseils sur l'utilisation des engrais minéraux et organiques et sur les techniques culturales de gestion durable de la fertilité des sols. De ce fait, l'amélioration de la fertilité des sols pourra se faire de manière plus efficace. Or, seulement 2,4% des chefs d'exploitation avaient reçu une formation professionnelle agricole en 2021 dans le département du Borgou (Direction de la Statistique Agricole, 2021).

1.5 Une organisation du conseil agricole qui freine son appui à la transition des exploitations de type I, II et III et mise en avant du rôle des producteurs de type III

Les conseillers agricoles sont des partenaires essentiels des producteurs : ils interviennent en faveur d'une application des engrais aux formules et doses adaptées et travaillent sur l'évolution de pratiques culturales durables (Rizzo et al., 2024). Leur rôle est primordial pour accompagner tous les types de producteurs dans la transition de leurs pratiques agricoles, avec une attention particulière apportée aux producteurs de type III. Toutefois, nous avons identifié deux principaux facteurs qui limitent l'impact que le conseil agricole pourrait avoir sur une meilleure gestion de la fertilité des sols par les producteurs béninois.

1.5.1 Une intensification de l'action du conseil auprès des producteurs de type III pour accélérer la transition des exploitations agricoles

Bien qu'il soit primordial de veiller à ce que le conseil soit accessible à tous les types de producteurs, il peut être intéressant dans un premier temps d'accorder une attention particulière à la motivation des producteurs de type III. Ces producteurs disposent des moyens financiers les plus importants ce qui en fait de bons candidats pour l'introduction de pratiques de gestion durable de la fertilité des sols. En effet, l'aspect économique joue un rôle crucial en faveur de l'adoption de nouvelles pratiques car il permet d'absorber le risque financier lié à la transition (Rizzo et al., 2024). Ce type de producteur peut participer à la phase d'ajustement des pratiques au contexte pédoclimatique de sa région et surtout au contexte social pour intégrer les nouvelles techniques au sein des pratiques traditionnelles. Les producteurs de type III sont généralement bien intégrés au marché et possèdent une position sociale élevée dans leur village. De ce fait, après la phase d'ajustement, les producteurs de type III peuvent être valorisés comme

moteurs de l'introduction des pratiques auprès des autres types de producteurs de leur localité (Rizzo et al., 2024).

1.5.2 Un conseil agricole segmenté par filières qui ne favorise pas la gestion des problématiques complexes liées à la fertilité des sols pour les producteurs de type I, II et III

Au Bénin, le conseil agricole est segmenté par filières et très bien organisé pour le coton : les directives du Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche (MAEP) sont traduites par l'Association Interprofessionnelle du Coton (AIC) et l'Institut de Recherche du Coton (IRC) en recommandations qui sont vulgarisées par des conseillers via les Coopératives Villageoises de Producteurs de Coton (CVPC) à tous les producteurs. Cependant, par son importance économique, seule la filière coton dispose d'une telle organisation et le suivi des autres cultures est mal assuré (Villette, 2009). Cette gestion n'est pas idéale pour traiter des problématiques complexes comme la fertilité des sols où les interactions entre cultures sont au cœur des leviers d'action. Afin de pallier cette problématique, il serait idéal de promouvoir un conseil agricole non par filière mais à l'exploitation pouvant conseiller le producteur sur la mise en place d'un système de culture et/ou d'élevage intégré (IRC-CIRAD-AFD, 2024).

1.5.3 Un nombre de conseillers trop faible qui rend difficile le suivi des pratiques implémentées par les agriculteurs de type I, II et III

La proposition de créer un conseil agricole à l'exploitation rend le diagnostic préalable chronophage car une étude de l'intégralité du système doit être réalisée ce qui demande le recrutement de conseillers supplémentaires. S'ajoute à cela le nombre actuel limité de conseillers : en moyenne 1 agent pour 350 producteurs en 2020 (Taupin, 2023). Il est alors difficile de suivre de près chaque producteur et on enregistre parfois une mauvaise utilisation des engrais minéraux ou des itinéraires non adaptés qui impactent la fertilité des sols. Ces chiffres sont relativement faibles quand on les compare par exemple à ceux de la France : 1 conseiller pour 75 exploitations en 2013, un chiffre 4 fois plus élevé (Chambre D'agriculture France) (INSEE, 2017).

2 SIX INITIATIVES LOCALES, NATIONALES ET INTERNATIONALES QUI SOUTIENNENT LES PRODUCTEURS DANS LA TRANSITION DE LEURS PRATIQUES MAIS ATTENDENT UNE MISE A L'ECHELLE

Lors de notre mission terrain au Bénin, nous avons identifié plusieurs initiatives locales et internationales venant en appui aux producteurs et filières. Au travers de leurs actions, elles apportent des éléments de réponse aux différents freins que nous avons listés dans la partie précédente. Un des défis majeurs pour ces initiatives souvent localisées et leur passage à l'échelle nationale.

Accès engrais organiques



ADJIYON

Entreprise productrice d'engrais organiques

PME béninoise, créée en 2020, par Senade Arnaud BONOU, engrais à base d'agro-ressources et de sous-produits d'exploitation agricole une des deux principales entreprises béninoises productrice d'engrais organiques.

Formation et conseil aux producteurs et filières



CIADD

ONG d'accompagnement des acteurs du secteur agricole vers des innovations pour l'agriculture et le développement durable

Accompagnement à travers quatre axes : transmission des pratiques agroécologiques aux producteurs, accompagnement à l'organisation des filières grâce aux technologies de l'information et de la communication, formation des jeunes et des femmes sur la nutrition, accompagnement des start-ups.

Accès au crédit



ACFB

Association de financement à la base

L'ACFB offre une gamme variée de services financiers et non financiers adaptés aux besoins des populations marginalisées et exclues des systèmes financiers classiques telles que les femmes.



Formation des jeunes

Projet PREFOSYC

Création de formations d'enseignement supérieur dans le domaine agricole
Partenariat porté par l'Université de Parakou et l'Ecole supérieure d'agro-
développement international (ISTOM), financement par l'AFD.

Accès à la mécanisation

SoNaMA

Société Nationale de Mécanisation Agricole

Proposition d'une offre de produits de mécanisation agricole, subventionnés à
50% par le Gouvernement béninois.



Formation et conseil aux producteurs, accès à la petite mécanisation, gestion des conflits agriculteurs-éleveurs



Projet TAZCO

Soutien à la transition agroécologique dans les zones cotonnières

L'objectif du projet TAZCO financé par l'AFD et actuellement en phase 2 est
l'amélioration durable des revenus des exploitations, des rendements
agricoles et de la fertilité des sols dans les zones cotonnières du Bénin via
l'adoption de pratiques agroécologiques et une mécanisation adaptée.

Formation des producteurs

Projet ProSOL

Promotion et diffusion des techniques de protection et réhabilitation des sols
Diffusion des techniques innovantes de gestion intégrée de la fertilité des sols,
notamment l'introduction d'associations de légumineuses dans les rotations et
l'utilisation de la matière organique et de l'urée super granulée, la
reconstitution partielle de la fertilité des sols et une augmentation des
rendements, de la productivité du revenu



CONCLUSION

La gestion durable de la fertilité des sols au Bénin est essentielle pour garantir la pérennité du secteur agricole face aux défis de la croissance démographique, du dérèglement climatique et de la dégradation des ressources naturelles. Malgré un appauvrissement progressif des sols en zone cotonnière Nord-Bénin, il existe des pratiques agricoles capables de régénérer la fertilité de ces sols. Cependant, au regard des nombreux freins économiques, administratifs et techniques, peu de producteurs ont à ce jour adoptés ces pratiques. Des initiatives locales, nationales et internationales, telles que le projet de transition agroécologique dans les zones cotonnières (TAZCO) financé par l'AFD ou le producteur d'engrais organiques ADJIYON ont montré un potentiel prometteur pour encourager des pratiques agricoles plus durables. Ces initiatives accompagnent les agriculteurs, tout en tenant compte des contraintes auxquelles ils sont confrontés. Toutefois, l'un des défis majeurs reste la mise à l'échelle de ces initiatives qui sont pour la plupart localisées.

La fertilité des sols au Bénin est un sujet vaste et complexe. Ce rapport offre un aperçu des problématiques principales et des initiatives prometteuses en matière de gestion de la fertilité des sols en se concentrant particulièrement sur la zone cotonnière du Nord. Il ouvre la voie à des études plus approfondies et à long terme, qui pourraient explorer plus en détail les aspects socio-économiques, agronomiques et environnementaux de cette question cruciale pour l'avenir de l'agriculture béninoise et ouest-africaine.

Cette expérience souligne l'importance de considérer la gestion de la fertilité des sols comme un sujet multidimensionnel, nécessitant une approche interdisciplinaire et un engagement à long terme de la part des chercheurs, des décideurs politiques et des acteurs de terrain. Elle met également en lumière le besoin de favoriser les collaborations pour aborder efficacement ces défis complexes.

BIBLIOGRAPHIE

- Adebiyi, K., Maiga-Yaleu, S., Issaka, K., Ayena, M., & Yabi, J. (2019). Déterminants de l'adoption des bonnes pratiques de gestion durable des terres dans un contexte de changement climatique au Nord Bénin : cas de la fumure organique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.34>
- Adegbidi, A., Dedehouanou, H., Kpenavoun, S., & Lutz, C. (2003). Dix Ans de Libéralisation du Marché de Maïs au Bénin.
- African Union. (2024). Action plan for fertilizer and soil health. <https://au.int/sites/default/files/documents/43779-doc>
Action_Plan_Fertilizer_and_Soil_Health_F.pdf
- Agbokou, I., Dossou-Yovo, E. R., Tossou, R. C., & Akponikpe, P. B. I. (2021). Pour une meilleure gestion des terres et des écosystèmes forestiers dégradés au Bénin. <https://www.undp.org/fr/benin/communiques/pour-une-meilleure-gestion-des-terres-et-des-ecosystemes-forestiers-degrades-au-benin>
- Akpinfa, E., Kissira, A., Akpo, M., & Houssou, C. (2016). Evaluation Du Coût Economique De La Dégradation Des Terres Dans La Zone Agro-Ecologique Du Centre Bénin. *European scientific journal*, 13, 354. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n6p354>
- Azontonde, A. (1993). Dégradation et restauration des terres de barre (sols ferrallitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin. In : Spécial érosion : réhabilitation des sols et GCES. *Cahiers ORSTOM.Série Pédologie*, 28 (2), p. 217-228. ISSN 0029-7259.
- Babio, S., Agbossou, E. K., Aboudou, F., & Yegbemey, R. N. (2023). Sécurité Alimentaire au Bénin : Les Grandes Familles de Pratiques Agro-écologiques Adoptées dans les Zones Cotonnières. <https://core.ac.uk/download/pdf/568562983.pdf>
- Bakker, T., Biaou, E. N., Karimou, R. I., & Moumouni M., I. (2024). La tractorisation et ses enjeux en zone cotonnière du nord Bénin. *Grain de Sel*. <https://agritrop.cirad.fr/609250/>
- Bidou, J. E., Droy, I., Houesse, R., & Mering, C. (2018). Dynamiques démographiques, vulnérabilité et évolution du couvert végétal au nord Bénin : Des interactions complexes. *Espace populations sociétés*. *Space populations societies*, 2018/3, Article 2018/3. <https://doi.org/10.4000/eps.8083>
- Boko, M. (1992). Saisons et types de temps au Bénin : Analyse objective et perceptions populaires. <https://doi.org/10.3406/spgeo.1992.3106>
- Bonny, S. (2010). L'intensification écologique de l'agriculture : Voies et défis. In E. COUDEL, H. DEVAUTOUR, C.-T. SOULARD, & B. HUBERT (Éds.), *ISDA 2010*. Cirad-Inra-SupAgro. <https://hal.science/hal-00522107>

- Carrière, S. (1999). Les orphelins de la forêt : Influence de l'agriculture itinérante sur brûlis des Ntumu et des pratiques agricoles associées sur la dynamique forestière du sud Cameroun. Thèse de l'Université Montpellier 459 p.
- Chauvet Michel & Louis Olivier. (1993). La biodiversité - Enjeu planétaire. Préserver notre patrimoine génétique. In: *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 36^e année, bulletin n°2, 1994. Phytogéographie tropicale : réalités et perspectives. Propos d'ethnobiologie, sous la direction de Jacques Barrau et Bernadette Lizet. pp. 301-303.
- Cornevin, R. (1966). Le Dahomey. In: *Revue de géographie alpine*, tome 54, n°2, pp. 359-360.
- De Haan L.J. (1997). Agriculteurs et éleveurs au Nord Bénin. Ecologie et genre de vie, Karthala, Paris, France, 217 p.
- Desaintmartin, E. (2017). Diagnostic Agropastoral et transition agro-écologique de la zone cotonnière du Bénin: Cas de trois terroirs villageois de la région de Parakou (90 p.). MSc. Thesis, Ecole Supérieure d'Agro-Développement International.
- Direction de la Statistique Agricole. (2021). Recensement national de l'agriculture - Volume 4 : Synthèse des principaux résultats. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique du Bénin. <https://instad.bj/images/docs/insae-statistiques/enquetes-recensements/RNA/Resultats-Module-base/VOLUME%204%20SYNTHESE%20DES%20PRINCIPAUX%20RESULTATS%20.pdf>
- Djossou, J., Akpo, A., Afféwé, J., Donnou, V., Liousse, C., Leon, J., Nonfodji, F., & Awanou, C. (2017). Dynamics of the Inter Tropical Front and Rainy Season Onset in Benin. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 24, 1-15. <https://doi.org/10.9734/CJAST/2017/36832>
- Dufumier, M. (2004). Agricultures et paysanneries des Tiers mondes. <https://doi.org/10.3917/kart.dufu.2004.01>
- Dumont R. (1962). L'Afrique Noire est mal partie. <https://doi.org/10.3406/geo.1963.16499>
- Etre conseiller agricole aujourd'hui*. (s. d.). Chambre D'agriculture France. <https://chambres-agriculture.fr/actualites/actualite/etre-conseiller-agricole-aujourd'hui>
- Expertise risque pays. (2018). Bénin. <https://www.cumabenin.fr/wp-content/uploads/2019/03/B%C3%A9nin-Expertise-risque-pays.pdf>
- FAO & ITPS. (2015). Status of the World's Soil Resources – Main Report. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6ec24d75-19bd-4f1f-b1c5-5becf50d0871/content>
- FAOSTAT. (s. d.). <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/OA>

- Floquet, A. (1993). Dynamique de l'intensification des exploitations au sud du Bénin et innovations endogènes - Un défi pour la recherche agronomique. Thèse de doctorat de la Faculté des Sciences Agronomiques. Stuttgart, l'Université de Hohenheim.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2018). The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050. FAO. <https://www.fao.org/global-perspectives-studies/food-agriculture-projections-to-2050/en/>
- Forsans, V. (2022). Les enjeux de l'enseignement de l'agroécologie au Bénin. Le Mans Université Master 2 Gestion des Territoires et Développement Local parcours Transitions Énergétiques et Développement. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjB8fWJh7SJAXqV6QEHbjmBusQFnoECBQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.reseau-far.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F11%2FFORSANS_enseignement_agroecologie_benin.pdf&usg=AOvVaw3DrbRgW4rT-QRvGNcHo23S&opi=89978449
- Francois, J.-L. (2023). Fertilisation des sols en Afrique : entre organique et minéral, un jeu d'équilibriste. <https://fondation-farm.org/fertilisation-sols-afrique-organique-mineral/>
- Gary-Toukara, D. (2015). A Reappraisal of the Expulsion of Illegal Immigrants from Nigeria in 1983. International Journal of Conflict and Violence, 9, 25-38. <https://doi.org/10.4119/UNIBI/IJCV.477>
- Gibigaye, M. (2013). « La crise alimentaire de 2008, une opportunité de relance des aménagements hydro agricoles des bas-fonds et de la production de riz dans la commune de Boukombé au Bénin », Revue de Géographie du Laboratoire Leïdi, n° 11, p. 134-146.
- GIZ. (2020). Catalogue de fiches techniques des mesures d'amélioration de la fertilité des sols. <https://www.inter-reseaux.org/ressource/%EF%81%B6-catalogue-de-fiches-techniques-des-mesures-damelioration-de-la-fertilite-des-sols/>
- Guingnido Gaye K.J. (1992). Croissance urbaine, migrations et population au Bénin. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjZm-mloeaJAXX0SaQEhdqXBSYQFnoECBkQAQ&url=https%3A%2F%2Fireda.ceped.org%2Finventaire%2Fressources%2Fguingnido-gaye-1992-etudes_cpd_05.pdf&usg=AOvVaw1AXiS22dPf3XIPdnnz2MFJ&opi=89978449
- Honfoga, B. (2013). Cotton institutions and perverse incentives for fertilizer traders in Benin. Journal of development and agricultural economics, 5, 19-34. <https://doi.org/10.5897/JDAE12.120>
- INSEE. (2017). Exploitations agricoles–Tableaux de l'économie française. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2569448?sommaire=2587886#consulter>

- Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique (INSAE). (2015). RGPH4 : Que retenir des effectifs de population en 2013 ? République du Bénin. <https://instad.bj/images/docs/insae-statistiques/demographiques/population/Resultats%20definitifs%20RGPH4.pdf>
- IRC-CIRAD-AFD. (2023). Enquête sur la dynamique et les contraintes d'adoption des Techniques Agro-Ecologiques (TAE), incluant les Activités génératrices de revenu (AGR).
- IRC-CIRAD-AFD. (2024). Memento de la transition agroécologique en zone cotonnière. https://www.boostae.net/fr/7_102/65d75bad2736c77b0f8ce5c4/MEMENTO%20DE%20LA%20TRANSITION%20AGROECOLOGIQUE%20EN%20ZONE%20COTONNIERE%20-%20projet%20Tazco%202.html
- Jouve, P. (2012). Dynamiques agraires, jachères et contextualisation des résultats. In A. Dia & R. Duponnois (Éds.), *La Grande Muraille Verte : Capitalisation des recherches et valorisation des savoirs locaux* (p. 495-505). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.3318>
- Kindemin, O. A., Balarabe, O., Kakpo, O. S., Aboudou, R., & Yabi, J. A. (2023). Farm management strategies in the cotton-growing areas of North Benin. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, 4(3-2), 506-523. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8063785>
- Le Meur P.Y. (2006). State making and the politics of the frontier in central Benin. *Development and Change*, 37(4), 871 -900. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.2006.00499.x>
- MAEP Bénin. (2021). Recensement national de l'agriculture Volume 2. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjUkbXCtsWJAxU7TKQEHfunNGQQFnoECBkQAQ&url=https%3A%2F%2Finstad.bj%2Fimages%2Fdocs%2Finsae-statistiques%2Fenquetes-recensements%2FRNA%2FResultats-Module-base%2FVOLUME%25202%2520%2520PRINCIPAUX%2520RESULTATS%2520DU%2520MODULE%2520DE%2520BASE.pdf&usg=AOvVaw1yR81-VjXJ5L5BGT4ayE1u&opi=89978449>
- Manière, L. (2013). Popular Unrest and the Press Campaign Against the Capitation Tax in Dahomey, 1929–1935. *Journal of Policy History*, 25(3), 385–403. doi:10.1017/S089803061300016X
- Mesplé-Somps, S., Robilliard, A.-S., Gräb, J., Cogneau, D., & Grimm, M. (2008). *Coton et pauvreté en Afrique de l'Ouest* : 01, 82.
- MINISTERE DE LA PROSPECTIVE DU DEVELOPPEMENT DE L'EVALUATION DES POLITIQUES PUBLIQUES ET DE LA COORDINATION DE L'ACTION GOUVERNEMENTALE (MPDEPP-CAG) (2009). EVALUATION DE LA POLITIQUE DE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR AGRICOLE AU BENIN. <https://evaluation.gouv.bj/uploads/RapportevaluationPolitiquedeveloppementsecteuragricole.pdf>

- MOREAU M. (2021). Dynamiques agricoles et enjeux fonciers dans la commune de Kétou, au sud-Bénin.
- Najib, D., Fei, C., Dilanchiev, A., & Romaric, S. (2022). Modeling the Impact of Cotton Production on Economic Development in Benin : A Technological Innovation Perspective. , 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.926350>
- Oldeman, L. R. (1991). Global Extent of Soil Degradation. In ISRIC Bi-Annual Report 1991-1992 (pp. 19-36). ISRIC. <https://edepot.wur.nl/299739>
- Otto, J., & Anderson, N. (1982). Slash-and-Burn Cultivation in the Highlands South: A Problem in Comparative Agricultural History. *Comparative Studies in Society and History*, 24, 131 - 147. <https://doi.org/10.1017/S0010417500009816>
- Ouede M.I., Hounzime S., Agbokou I., Alhassane A. & Yabi I. (2022). Caractéristiques Spatio – temporales de la Variabilité Climatique au Bénin (Afrique de L'ouest). *European Scientific Journal*, ESJ, 18 (30), 240. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p240>
- Promotion 4^{ème} LMD DE GRMA. (2012-2013). Etude des huit zones agroécologiques de Bénin. <https://www.fichier-pdf.fr/2014/06/07/135297918-les-8-zone-agroecologique-du-benin/>
- Rizzo, G., Migliore, G., Schifani, G., & Vecchio, R. (2024). Key factors influencing farmers' adoption of sustainable innovations: a systematic literature review and research agenda. *Organic Agriculture*, 14(1), 57-84.
- Saliou, I., Zannou, A., Aoudji, A., & Honlonkou, A. (2020). Drivers of Mechanization in Cotton Production in Benin, West Africa. *Agriculture*. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110549>
- Secrétariat Général du Ministre - Direction de la Statistique Agricole. (2017). Annuaire statistique des années 2015 et 2016. <https://apidsa.agriculture.gouv.bj/public/storage/uploads/4AjZy3xCkxWnISjVgXuAYBqfya3bUEaUNgnsCfQk.pdf>
- Sedlacek, C., Giguere, A., & Pjevac, P. (2020). Is Too Much Fertilizer a Problem?. , 8. <https://doi.org/10.3389/frym.2020.00063>
- Serpantié, G., & Ouattara, B. (2001). Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest.
- Shaji, H., Chandran, V., & Mathew, L. (2021). Organic fertilizers as a route to controlled release of nutrients. , 231-245. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819555-0.00013-3>
- Sounon, K.A., Ickowicz, A., Lesnoff, M., Messad, S., & Houinato, M.R. (2013). Production bovine dans le bassin de la Donga (nord Bénin) dans un contexte de changements multiples.

- Tapsoba, P., Aoudji, A., Kabore, M., Kestemont, M., Legay, C., & Achigan-Dako, E. (2020). Sociotechnical Context and Agroecological Transition for Smallholder Farms in Benin and Burkina Faso. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10091447>
- Taupin Margot (2023). QUELS ENJEUX POUR L'AGRICULTURE DU NORD BENIN FACE AUX DYNAMIQUES DE MOTOMECANISATION ? DIAGNOSTIC AGRAIRE DE L'ARRONDISSEMENT D'INA DANS LE DEPARTEMENT DU BORGOU. <https://agritrop.cirad.fr/606897/>
- Todote, V. A. L., Lyra, G. B., & Abreu, M. C. (2021). CLIMATOLOGICAL WATER BALANCE AND CLIMATE CLASSIFICATION OF THORNTHWAITE AND MATHER FOR BENIN, WEST AFRICA, IN 1970-2015 PERIOD. *Engenharia Na Agricultura*, 29, 291-302. <https://doi.org/10.13083/reveng.v29i1.12387>
- Tovihoudji, G., Diogo, R., Abiola, W., Akoha, F., & Godau, T. (2022). Profitability and agronomic potential of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under biochar-compost-based amendments in three agroecological zones of northern Benin. , 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1036133>
- Villette, A. (2009). Diagnostic agraire d'une petite région agricole du sud béninois.
- World Bank Open Data.* (s. d.). *World Bank Open Data.* <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NV.AGR.TOTL.ZS>

Axe 2b : Gestion de la fertilité des sols au Sénégal, cas d'étude du bassin arachidier et des rives du fleuve Sénégal.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	75
1 INFLUENCE DU BOULEVERSEMENT DU CADRE DE POLITIQUE AGRICOLE SUR LES SYSTEMES DE REPRODUCTION DE LA FERTILITE.....	76
1.1 De l'interventionnisme aux ajustements structurels.....	76
1.2 La période de libéralisation accélérée : vers un État régulateur.....	78
2 L'EVOLUTION DES SYSTEMES AGRAIRES DU BASSIN ARACHIDIER : D'UN EQUILIBRE TRADITIONNEL A UNE INTENSIFICATION CONTRAINTE.....	79
2.1 Présentation de la zone d'étude.....	79
2.2 Le système agraire traditionnel : un équilibre basé sur la jachère et l'intégration agriculture- élevage	80
2.2.1 Un renouvellement de la fertilité des sols assuré par des systèmes peu intensifs caractérisés par des rotations jachère-mil	80
2.2.2 Essor de l'arachide à vocation industrielle et intensification de l'utilisation des terres.....	82
2.3 Des facteurs socio-éco-environnementaux à l'origine des transformations de la seconde moitié du 20ème siècle	83
2.3.1 Modification des parcours traditionnels du bétail	83
2.3.2 Vers une intensification de l'agriculture	83
2.3.3 Le défi de la gestion de la matière organique	85

2.4	L'innovation agricole et la diversification des systèmes de production comme levier de renouvellement de la fertilité	86
2.4.1	Un usage des engrais minéraux limité et indifférencié.....	86
2.4.2	Vers un épuisement progressif des sols ?	87
2.4.3	Des stratégies d'adaptation diverses face à la dégradation des sols.....	90
3	ÉVOLUTION DE LA GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS DANS LA VALLEE DU FLEUVE SENEGAL : DE LA CRUE NATURELLE AUX AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES.....	96
3.1	Présentation de la zone d'étude	96
3.2	Un renouvellement de la fertilité des sols qui reposait en partie sur les crues du fleuve Sénégal..	97
3.2.1	Les crues du fleuve Sénégal, un pilier du renouvellement de la fertilité des sols	97
3.2.2	La vaine pâture, un complément indispensable aux crues du fleuve.....	98
3.3	Une modification des pratiques induites par les aménagements hydrauliques.....	100
3.3.1	Aménagements hydrauliques pour l'introduction de la culture irriguée afin d'assurer les rendements en riz.	100
3.3.2	Des aménagements qui participent à la salinisation des sols.....	102
3.3.3	Des équilibres de fertilité bouleversés encourageant l'usage des engrais minéraux.....	103
3.4	Stratégies et solutions pour lutter contre la dégradation des sols et les baisses de rendements	103
3.4.1	Lutter contre la salinisation	104
3.4.2	Adapter l'itinéraire technique et diversifier son système de production	104
3.4.3	Combiner pratiques innovantes et traditionnelles pour un renouvellement de la fertilité en temps de crise	105
	CONCLUSION	110
	BIBLIOGRAPHIE.....	111

INTRODUCTION

Cette partie a pour objectif d'analyser les différents systèmes de renouvellement de la fertilité des sols dans des zones spécifiques au Sénégal pour comprendre les mécanismes de reproduction de la fertilité à l'œuvre dans la mise en place des stratégies de conduite de la production. Il faut noter que ces stratégies ne peuvent pas être déployées de manière égale, car elles dépendent des conditions pédoclimatiques et environnementales ainsi que des dynamiques sociales, économiques et politiques. Ces différences entraînent une hétérogénéité des balances en nutriments minéraux et en matière organique au sein même des régions et sous-régions agricoles. Cette hétérogénéité doit être prise en compte dans les projets touchant à la restauration de la fertilité des sols agricoles permettant ainsi d'aller au-delà des balances moyennes établies à des échelles territoriales larges et englobant des groupes sociaux multiples (Ramisch, 2005).

Le Sénégal peut être subdivisé en plusieurs zones éco géographiques, en lien avec les systèmes agricoles prédominants, leur dynamique historique et la distribution des isohyètes (figure 1). Pour cette étude, nous avons fait le choix d'analyser les systèmes de reproduction de la fertilité dans le bassin arachidier et la vallée du fleuve Sénégal. Avant d'analyser ces deux zones d'étude, une partie introductive posera le cadre et l'évolution des politiques publiques agricoles et leurs effets sur les systèmes de reproduction de la fertilité des sols. Il s'agit en effet de montrer en quoi les dynamiques techniques et environnementales s'inscrivent dans les évolutions de l'action publique au Sénégal.

Cette étude se divisera en deux parties principales. La première partie examinera l'évolution des systèmes agraires du Bassin arachidier, en mettant en lumière le système traditionnel basé sur la jachère et l'intégration agriculture-élevage, ainsi que les transformations liées à l'essor de l'arachide et à l'intensification de l'utilisation des terres et comment l'innovation et la diversification des systèmes de production permettent le renouvellement de fertilité des sols. La seconde partie se concentrera sur les rives du fleuve Sénégal, où nous analyserons le renouvellement de la fertilité des sols grâce aux crues, les impacts des aménagements hydrauliques sur les pratiques agricoles et les stratégies qui seront mises en place pour lutter contre la dégradation des sols et les baisses de rendements.

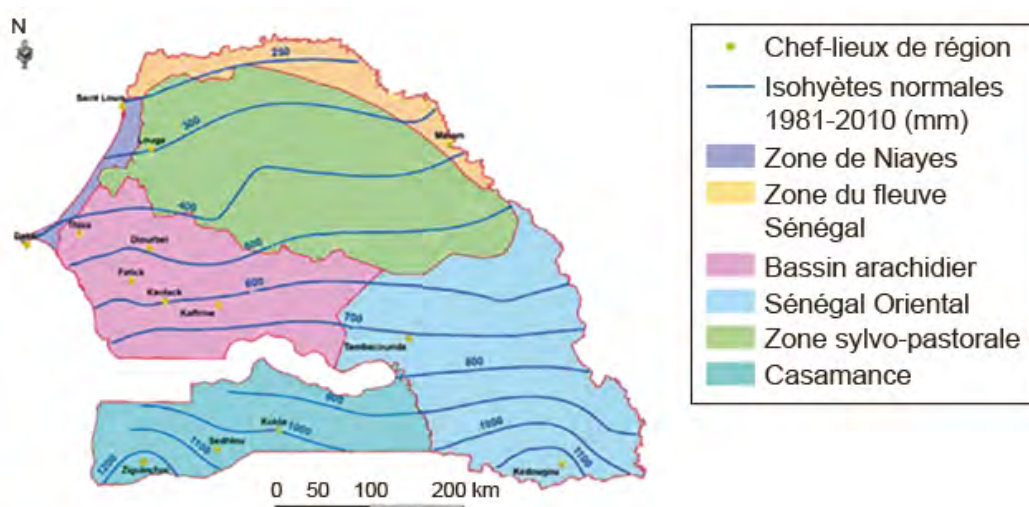


Figure 1 – Localisation des zones éco géographiques et variabilité annuelle des précipitations au cours des trois dernières décennies à l'échelle nationale (1981-2010). (Source : Chevallier et al., 2020)

1 INFLUENCE DU BOULEVERSEMENT DU CADRE DE POLITIQUE AGRICOLE SUR LES SYSTEMES DE REPRODUCTION DE LA FERTILITE

Le soutien à l'agriculture a fortement évolué dans les pays d'Afrique de l'Ouest depuis les années 1960, depuis l'interventionnisme étatique de la période post-indépendances, à la libéralisation économique de la période des ajustements structurels. La période actuelle se caractérise par un retour partiel de l'intervention des États, principalement au niveau de la subvention des facteurs de production. L'axe 3 de cette étude reviendra sur les dynamiques en cours dans le cas du Sénégal, depuis le début des années 2010. Il apparaît cependant essentiel de comprendre la trajectoire de l'action publique et en particulier le soutien accordé aux filières, au cours du 21^{ème} siècle au Sénégal pour saisir les changements techniques et agronomiques qui seront décrits dans les deux cas d'étude à suivre. En effet, les politiques agricoles ont eu un impact sur ces deux territoires d'étude, principalement *via* les filières arachide et riz irrigué. L'évolution du rôle de l'État sénégalais dans le soutien à la production agricole entre 1960 et 2000 peut être divisée en trois grandes périodes : la période post-indépendance marquée par un fort interventionnisme étatique (1960-1980), la période d'ajustement structurel et de désengagement progressif de l'État (1980-1994) et la période de libéralisation accélérée (1994-2000).

1.1 De l'interventionnisme aux ajustements structurels

Après l'indépendance en 1960, le Sénégal, sous la présidence de Léopold Sédar Senghor, adopte une politique agricole fortement interventionniste. L'État joue alors un rôle central dans tous les aspects de

la production agricole, de la fourniture d'intrants à la commercialisation des produits. L'État contrôle alors l'ensemble de la chaîne de valeur agricole. Il fixe les prix des intrants et des produits agricoles, fournit des semences et des engrais subventionnés, et assure la commercialisation des récoltes à travers ses sociétés. Cette période est marquée par la mise en place de structures étatiques d'encadrement du monde rural. Dans la vallée du fleuve Sénégal, la Société d'aménagement et d'exploitation des terres du delta (SAED), en plus de l'appui technique et économique à la filière, a coordonné la majeure partie des aménagements hydrauliques ainsi que l'attribution des terres. Dans le bassin arachidier, l'Office national de coopération et d'assistance pour le développement (ONCAD), créé en 1966 disposait du monopole sur le commerce de l'arachide et des engrais. C'est également le cas dans le delta. D'autres sociétés d'État sont également créées pour encadrer les différentes filières agricoles comme la SODEVA pour la vulgarisation agricole ou encore la SODEFITEX pour la culture du coton, etc. L'intervention de ces organismes était coordonnée avec d'autres institutions, en particulier les institutions de financement comme la Banque nationale de développement du Sénégal. Des politiques de prix garantis, héritées de l'époque coloniale, complétaient le dispositif, notamment pilotées par la Caisse de péréquation et de stabilisation des prix (CPSP).

Cette politique volontariste vise à moderniser l'agriculture sénégalaise et à accroître la production, notamment celle de l'arachide. Elle s'accompagne d'efforts pour diversifier les cultures, avec le développement du riz irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal et l'introduction de nouvelles cultures comme le coton. Cependant, malgré certains succès initiaux, ce modèle montre ses limites dès la fin des années 1970. La gestion étatique s'avère coûteuse et souvent inefficace. L'ONCAD accumule des déficits importants et le système de crédit agricole connaît des taux de remboursement très faibles. De plus, la dépendance excessive à la culture de l'arachide rend l'économie sénégalaise vulnérable aux fluctuations des cours mondiaux.

Face à ces difficultés et sous la pression des institutions financières internationales, le Sénégal s'engage à partir des années 1980 dans une politique d'ajustement structurel. Cette période, qui coïncide avec l'arrivée au pouvoir d'Abdou Diouf, inaugure une période de profond bouleversement de ce cadre administré et marque le début d'un désengagement progressif de l'État du secteur agricole. La Nouvelle politique agricole (NPA), lancée en 1984, vise à responsabiliser les producteurs et à réduire l'intervention de l'État dans le fonctionnement des filières. Plusieurs mesures sont mises en œuvre et notamment la dissolution de l'ONCAD en 1980 et la création de structures plus légères comme la SONAGRAINES pour la commercialisation de l'arachide, mais aussi la création de la Caisse nationale de crédit agricole du Sénégal (CNCAS) en 1984 pour remplacer la BNDS dans le financement du secteur agricole. De nouvelles politiques de prix sont mises en place. Le régime des prix des céréales est libéralisé avec la mise en place d'un système d'information sur les marchés visant à faciliter la transparence.

En revanche, le régime de prix des cultures de rente (arachide et coton) reste administré. Pour l'arachide, le Comité national interprofessionnel de l'arachide (CNIA) est mis en place, avec la CPSP

qui reste présente en soutien aux prix (Duteurtre et al., 2008). Les politiques d'approvisionnement en facteurs de production, marquées par un retrait soudain de l'État, sont en revanche fortement bouleversées. Les conditions d'accès au crédit deviennent plus restrictives, entraînant une forte baisse de l'utilisation d'engrais minéraux, et ainsi une mobilisation plus forte des réserves d'épargne personnelle. Le capital semencier se dégrade et le matériel agricole vieillit (Duteurtre et al., 2008). Dans le delta du fleuve Sénégal, l'État perd le contrôle sur la gestion du foncier et de l'eau (Garambois et al., 2019). Il s'agit d'une période au cours de laquelle l'État cherche à se recentrer sur des fonctions de régulation et d'appui, en voulant laisser plus de place aux acteurs privés et aux organisations paysannes. À l'instar du contexte du bassin arachidier, où diverses responsabilités, dont la négociation des prix et l'approvisionnement en engrais sont délégués aux organisations de producteurs, la gestion de l'eau et de l'approvisionnement en intrants est déléguée aux unions hydrauliques et Groupement d'intérêt économique (GIE). Cette période d'ajustements structurels reste marquée par des résultats mitigés. Si elle permet de réduire les dépenses publiques, elle s'accompagne aussi d'une baisse des investissements dans le secteur agricole et d'une diminution de l'encadrement des producteurs qui se révèlent fortement préjudiciables. En effet, la production agricole stagne, voire régresse dans certains cas et la pauvreté rurale s'accroît.

1.2 La période de libéralisation accélérée : vers un État régulateur

La dévaluation du franc CFA en 1994 marque un tournant dans la politique agricole sénégalaise. Elle s'accompagne d'une accélération des réformes de libéralisation, sous l'impulsion des bailleurs de fonds internationaux. Le Programme d'ajustement sectoriel agricole (PASA), lancé en 1995, vise ainsi approfondir la libéralisation du secteur agricole. Les principales mesures issues du PASA incluent notamment la suppression de la Caisse de péréquation et de stabilisation des prix (CPSP) en 1996, mettant fin au monopole étatique sur l'importation et l'exportation des produits agricoles, la libéralisation totale du commerce des céréales et des autres produits agricoles ainsi que la poursuite de la privatisation des entreprises parapubliques, bien que certaines comme la SONACOS (huile d'arachide) restent sous contrôle étatique. Ces mesures s'accompagnent aussi de la réduction drastique des subventions aux intrants agricoles et d'un encouragement à l'implication des organisations agricoles dans la gestion des filières agricoles.

La dévaluation et ces différentes mesures ont entraîné un fort renchérissement du prix des engrais et une baisse du taux d'intérêt sur le crédit agricole, ce qui a fragilisé de nombreux petits producteurs. La production arachidière, pilier traditionnel de l'agriculture sénégalaise, a ainsi connu des difficultés croissantes face à la concurrence internationale. La période des années 1990 est en effet marquée par la crise de l'arachide qui a conduit à une baisse des exportations et donc des revenus qui en étaient issus. Dans le delta du fleuve Sénégal, cette crise a entraîné une forte baisse du prix du riz, provoquant un « effet ciseaux » avec la hausse du prix des engrais. C'est à cette période que les importations de riz du pays ont marqué une forte augmentation (Garambois et al., 2019). Face à ces défis, l'État tente

de mettre en place de nouvelles formes de soutien à l'agriculture. Le Programme spécial de sécurité alimentaire (PSSA), lancé en 1995 en partenariat avec la FAO, vise à améliorer la sécurité alimentaire en soutenant la production de céréales et le maraîchage. Des efforts sont également faits pour développer le crédit rural et soutenir la diversification des cultures.

La période des années 2000 a marqué une nouvelle rupture, avec un retour partiel de l'État dans l'appui au développement agricole, principalement *via* des subventions. Les prix à la production restent peu encadrés. Le prix du riz au producteur est indexé sur le prix du marché mondial. Pour les productions maraîchères, mis à part dans le cadre de filières organisées comme la tomate industrielle, les prix sont aussi peu encadrés (Garambois et al., 2019). Dans le cas de l'arachide, la gestion des mécanismes de prix garanti et la coordination des actions de relance de la filière sont confiées au CNIA (Comité national interprofessionnel de l'arachide) depuis les années 1990. Le secteur privé intervient à plusieurs maillons des filières : commercialisation du riz, des intrants. La CNCAS reste cependant le principal organisme pourvoyeur de crédit au producteur. Des banques privées sénégalaises et étrangères sont également présentes, mais au niveau du financement de la commercialisation et des opérations des huiliers (Banque mondiale, 2015).

Ces différents changements dans la gouvernance des filières, particulièrement au moment des ajustements structurels, ont eu un fort impact sur les itinéraires techniques auparavant adaptés à la politique agricole administrée. L'achat des intrants (qui ne sont plus subventionnés, donc plus chers) doit se faire à la fin de la saison sèche, au moment où les trésoreries sont au plus bas. Ce changement de gouvernance a conduit à une importante décapitalisation par les exploitations familiales les moins nanties.

2 L'EVOLUTION DES SYSTEMES AGRAIRES DU BASSIN ARACHIDIER : D'UN EQUILIBRE TRADITIONNEL A UNE INTENSIFICATION CONTRAINTE

2.1 Présentation de la zone d'étude

Le bassin arachidier inclut une partie Sud et Nord (région de Louga, plus aride) ainsi que son extension vers l'Est, dans la région dite « des Terres-Neuves ». Les sols sont généralement de type ferrugineux tropical lessivé ou peu lessivé et se caractérisent par une texture fortement sableuse (90 %). Des sols sablo-argileux sont localisés dans les dépressions (Chevalier et al, 2020). Bien que les systèmes de cultures puissent varier selon les sous-régions, ces derniers sont en grande majorité pluviaux et sont basés sur des rotations céréales/légumineuses. Dans le nord du bassin arachidier, les systèmes agricoles reposent principalement sur des cultures de mil et d'arachide conduites en assolement réglé sous parc arboré (Adjamagbo et al., 2006). La culture de l'arachide prédomine dans le bassin. Longtemps culture de rente destinée à l'exportation, ses débouchés se sont petit à petit diversifiés. La

production d'arachide alimente aujourd'hui principalement le marché domestique. Selon les sous-régions, l'association agriculture-élevage y est également plus ou moins marquée.

2.2 Le système agraire traditionnel : un équilibre basé sur la jachère et l'intégration agriculture-élevage

2.2.1 Un renouvellement de la fertilité des sols assuré par des systèmes peu intensifs caractérisés par des rotations jachère-mil

Dans les années 1950, une friche de trois à dix ans pâturée succédait à trois années de culture de céréales (Garambois et al., 2018a). Le mil constituait le pivot du système de culture, tout comme la base de la ration alimentaire des familles agricoles (Masse et al., 2018). Plusieurs variétés de mil étaient cultivées, l'une précoce et l'autre plus tardive, dont les dates de semis, de germination et de récolte étaient complémentaires dans l'organisation du travail des ménages agricoles. Les cultures pluviales étaient complétées par des cultures comprenant du manioc, du maïs, de la patate douce et du maraîchage (Garambois et al., 2019).

D'après Lericollais (1970, 1972 et 1999) et Pélissier (1953), les stratégies de renouvellement de la fertilité dans cette zone reposaient, à cette époque, sur 3 mécanismes interdépendants et, au niveau des territoires, sur la complémentarité que ce soit au sein mêmes des espaces en culture, entre espaces cultivés et les parcs arborés et friches arbustives :

- Les jachères qui offrent le double avantage de laisser un an de repos aux champs tout en offrant du fourrage aux animaux qui pâturent la jachère restituant ainsi la matière organique sous forme de fumier, cela permet de stocker des minéraux et de les rendre disponibles pour la culture suivante (Gangneron, 2024).
- La vaine pâture : les animaux d'élevage empruntent les parcours pastoraux historiques et se nourrissent des résidus de culture, des arbres fourragers et aussi de certaines adventices. Ces troupeaux ainsi présents pendant une partie de l'année permettent un apport non négligeable en matière organique (Grillot, 2018).
- L'arbre champêtre : en particulier *Faidherbia albida*, de la famille des légumineuses, qui a la particularité d'être de contre-saison. Du fait de sa nature, il fixe l'azote atmosphérique le rendant biodisponible. Il produit son feuillage pendant la saison sèche et le perd pendant la saison des pluies, permettant ainsi de cultiver sous sa canopée sans qu'il y ait de concurrence pour la lumière (Rouspard et al., 2020). L'arbre fertilisant est aussi exploité pour le bois de chauffe. D'autres essences de la famille des légumineuses sont utilisées dans la zone, notamment pour l'alimentation animale : le *Pterocarpus erinaceus* et *Cordyla pinnata*.

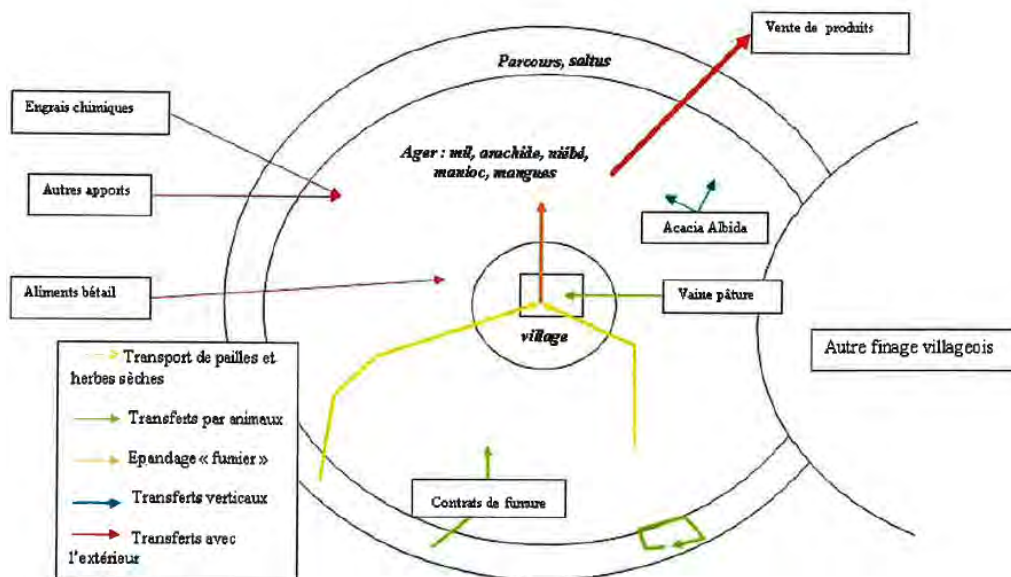


Figure 2 – Schéma de reproduction de la fertilité dans les années 2000, dans la communauté rurale de Malicounda (bassin arachidier) (source : Cogny, 2008)

Un arbre fertilisateur est un arbre dont l'activité enrichit la couche arable d'une terre, en améliore la texture et en favorisant la structuration. Les arbres fertilisateurs sont principalement issus de la famille des légumineuses et plus précisément de la sous-famille des Mimosaceae (Dupriez et De Leener, 1993). Selon cette même définition, l'arbre fertilisateur doit être dit « conviviale » ne rentrant pas en concurrence forte avec les espèces cultivées. Cependant ils existent des concurrences pour l'usage de ces arbres. En effet, selon l'Association pour la Promotion des Arbres Fertilisateurs (APAF), leur utilisation entre en concurrence avec d'autres usages traditionnels. L'un des principaux usages concurrents est le fourrage pour le bétail. Les arbres fertilisateurs constituent souvent une source importante d'alimentation pour les animaux, particulièrement pendant la saison sèche (d'octobre à juin). Cette fonction est essentielle dans le contexte sahélien où la disponibilité de fourrage pendant les périodes sèches représente un défi majeur pour l'élevage. Un autre usage concurrent significatif est l'utilisation de ces arbres comme source de bois de chauffe. L'APAF souligne que les arbres fertilisateurs permettent l'auto-alimentation des ménages agroforestiers en bois domestique. Cette utilisation revêt une importance particulière dans un contexte où la déforestation est un problème majeur, avec une régression exponentielle de la ressource forestière estimée à 40 000 hectares par an au Sénégal (FAO, 2021).

2.2.2 Essor de l'arachide à vocation industrielle et intensification de l'utilisation des terres

Au moment de l'essor de la culture de l'arachide à vocation industrielle, à partir de la période coloniale (fin 19^{ème} siècle) et plus particulièrement au cours des années postindépendance, les surfaces d'arachide sont venues s'ajouter à la sole vivrière, en mobilisant notamment des surfaces supplémentaires sur les savanes, auparavant non cultivées (Masse et al., 2018). Les assolements sont devenus triennaux en intégrant l'arachide à la sole cultivée. Selon les sous-régions du bassin arachidier, d'autres cultures étaient et restent présentes dans la sole, notamment le sorgho ou le maïs, ainsi que le manioc ou le niébé. La mise en culture de l'arachide et la diminution des périodes de jachère n'ont pas significativement impacté la production céréalière. En effet, les rendements en céréales sont demeurés constants, permettant de subvenir aux besoins alimentaires d'une population dont la densité oscillait entre 50 et 80 habitants par km² vers le milieu du 20^e siècle. Cette stabilité témoigne d'une certaine résilience du système agraire face aux changements introduits (Masse et al, 2018).

La stabilité des rendements céréaliers, malgré la diminution des périodes de jachère, peut s'expliquer par plusieurs facteurs.

Tout d'abord, le système de rotation entre céréales et légumineuses, caractéristique du bassin arachidier, a pu contribuer au maintien de la fertilité des sols. L'arachide, étant une légumineuse, fixe l'azote atmosphérique, ce qui bénéficie aux céréales cultivées en rotation (Lahbib, 1981). De plus, l'introduction de l'arachide comme culture de rente a probablement conduit à une intensification des pratiques agricoles, avec une meilleure gestion des rotations culturales et une utilisation plus efficace des ressources disponibles (Schilling, 1999). L'utilisation d'intrants, bien que limitée, a également joué un rôle. L'utilisation d'engrais minéraux pour la culture de l'arachide a pu avoir des effets résiduels bénéfiques pour les céréales cultivées en rotation (Bationo et al., 2007). Par ailleurs, la présence d'arbres dans les champs cultivés (parc arboré) a pu jouer un rôle important dans le maintien de la fertilité des sols, compensant partiellement la perte des jachères. L'adaptation des variétés cultivées est un autre facteur à considérer. L'introduction de variétés de céréales mieux adaptées aux conditions locales a pu contribuer à maintenir les rendements malgré la baisse de fertilité des sols. Enfin, les pratiques agricoles traditionnelles, telles que la vaine pâture et l'intégration de l'élevage, ont pu contribuer à maintenir un certain niveau de fertilité des sols malgré la réduction des jachères.

Cependant, il est important de noter que cette stabilité des rendements ne signifie pas nécessairement une durabilité à long terme du système. Les pratiques intensives et la réduction des jachères peuvent avoir des effets cumulatifs négatifs sur la fertilité des sols qui ne se manifestent qu'après plusieurs décennies. De plus, la pression démographique croissante et les changements climatiques pourraient mettre à l'épreuve la résilience de ce système agraire dans les années à venir.

2.3 Des facteurs socio-éco-environnementaux à l'origine des transformations de la seconde moitié du 20ème siècle

Après l'indépendance du Sénégal en 1960, le gouvernement a maintenu une politique agricole axée sur l'arachide, héritage de l'ère coloniale. Cette culture était devenue un pilier économique majeur du pays et la fourniture d'intrants à crédit et la mécanisation ont permis l'augmentation de la surface cultivée par actif et une intensification des systèmes de production. Cependant, l'expansion de la culture arachidière, combinée à la croissance démographique, a exercé une pression sur les terres agricoles.

2.3.1 Modification des parcours traditionnels du bétail

L'augmentation des surfaces cultivées a réduit l'espace disponible pour l'élevage. Cette diminution des zones de pâturage a contraint les éleveurs à élargir leurs parcours au-delà des limites villageoises, réduisant le temps de présence des troupeaux sur les terres agricoles et, par conséquent, l'apport en fumure organique. La mobilité du bétail dans la région a connu des évolutions notables ces dernières années, principalement en raison de deux facteurs. D'une part, les impacts du changement climatique ont réduit la disponibilité de fourrages, particulièrement dans la zone pastorale. Cela a conduit les troupeaux à descendre plus précocement et à séjourner plus longtemps dans la zone frontalière avec la Gambie et la région de Tambacounda. D'autre part, la crise sécuritaire au Sahel, particulièrement au Mali, a perturbé les mouvements traditionnels de transhumance du bétail. En conséquence, on observe une concentration accrue et prolongée des troupeaux dans le bassin arachidier. Cette situation engendre à la fois des opportunités et des défis. D'un côté, la présence prolongée des troupeaux peut favoriser le transfert de fertilité dans la zone, bénéficiant potentiellement à l'agriculture locale. Cependant, cette concentration accrue exerce une pression sur les ressources fourragères disponibles, intensifiant la compétition pour ces ressources limitées. D'autre part, cette situation génère des tensions significatives. Des conflits émergent entre agriculteurs et éleveurs en raison des dégâts causés aux cultures par le bétail. De plus, la pression sur les ressources pousse les troupeaux à pénétrer dans les forêts classées, ce qui menace la biodiversité et le couvert forestier de ces zones protégées.

2.3.2 Vers une intensification de l'agriculture

La loi sur le domaine national de 1964 a introduit le principe selon lequel la terre appartient à la nation et son usage à celui qui la cultive (Faye, J. 2008). Cette législation a eu pour effet imprévu de décourager la pratique de la jachère, les agriculteurs craignant de perdre leurs droits d'usage sur les terres laissées au repos. Parallèlement, la promotion de la mécanisation agricole a permis aux agriculteurs d'exploiter de plus grandes surfaces. Ces évolutions institutionnelles et techniques ont contribué à la réduction progressive, puis à la disparition de la jachère dans le système de rotation des cultures. (Masse et al, 2018).

Au cours de la seconde moitié du 20^e siècle, le Sénégal a donc fait face à un défi majeur : combler l'écart entre sa population en augmentation et ses ressources agricoles limitées, une situation exacerbée par la détérioration des conditions environnementales. Pour répondre à ce défi, deux stratégies principales ont été adoptées : l'expansion des surfaces cultivées et l'intensification de l'agriculture. L'introduction et la généralisation de la culture attelée ont joué un rôle crucial dans cette évolution. Cette mécanisation a permis d'accroître la production agricole de deux manières. D'abord, en rendant possible la mise en culture de sols hydromorphes, auparavant difficiles à exploiter manuellement, puis, en améliorant la productivité du travail, ce qui a contribué à l'augmentation des rendements céréaliers.

Cependant, pour maintenir la fertilité des sols face à la baisse des jachères et des apports de matière organique, l'utilisation des engrais minéraux, bien que promue comme solution pour augmenter les rendements, est restée marginale. Deux facteurs principaux expliquent ce faible recours aux fertilisants :

- Leur coût élevé, hors de portée pour de nombreux agriculteurs.
- Leur disponibilité limitée, particulièrement après la mise en œuvre des politiques d'ajustement structurel dans les années 1990 et le retrait progressif de l'État du secteur agricole.

Ainsi, malgré des avancées notables dans la mécanisation, l'agriculture sénégalaise a dû faire face à des contraintes persistantes, limitant son potentiel de croissance et sa capacité à répondre pleinement aux besoins alimentaires d'une population en expansion. (Masse et al, 2018).

Depuis les années 1990, les mécanismes de renouvellement de la fertilité des sols se sont donc fortement fragilisés sous l'effet de plusieurs dynamiques (Masse et al. 2018 ; Lericollais, 1999 ; Lericollais et Waniez, 1993) :

- Réduction des jachères et du temps de jachère dans une rotation mil/arachide en lieu et place de la sole triennale historique qui s'est accompagnée d'un poids croissant de la monoculture d'arachide. Il faut aussi noter que la pression foncière est forte dans cette région où les terres sont cultivées dans leur quasi-intégralité (ce qui occasionne de la déforestation). La nette réduction des jachères et la disparition de la rotation mil arachide ont aussi entraîné une dégradation des sols, ce qui a pu impliquer des migrations notamment vers le sud de la zone du bassin arachidier.
- La dynamique de la gestion des troupeaux au Sénégal est également un facteur qui a influencé le renouvellement de la fertilité des sols. Il ne se résume pas à une simple diminution. Au contraire, on observe plutôt une croissance régulière du cheptel national, estimé aujourd'hui à environ 17-18 millions de têtes, avec une augmentation annuelle de 5-6%. Cependant, la gestion des troupeaux a connu d'importantes modifications qui influencent la fertilité des sols. D'une part, la saturation de la vallée du fleuve Sénégal a entraîné un déplacement d'une partie des troupeaux de la zone pastorale (Djolo) vers le sud. Parallèlement, les agriculteurs de la

zone arachidière ont augmenté leur cheptel, notamment pour la traction animale. D'autre part, on constate une évolution dans la conduite des troupeaux. Les gros troupeaux appartenant aux cultivateurs transhumant désormais vers la zone pastorale en hivernage. En fin de saison des pluies, des troupeaux peuls descendent du nord, n'ayant plus accès aux zones de décrue de la vallée du fleuve Sénégal. Ces changements dans la mobilité et la gestion des troupeaux pourraient perturber le cycle traditionnel de transfert de fertilité entre les zones de pâturage (saltus) et les zones cultivées (ager). Les grands troupeaux transhumants occupent les espaces de pâturage restants sans nécessairement contribuer au maintien de la fertilité des terres cultivées par le biais du parcage nocturne, comme c'était le cas auparavant avec les troupeaux locaux.

- Réduction de la densité de *Faidherbia albida* sur les parcelles (Delaunay et *al.*, 2015), conjointement aux haies (Lericollais, 1999).

La fertilité des sols s'en est alors trouvée dégradée, car la quantité de nutriments exportés était plus importante que ce que le système était capable de régénérer (Masse et *al.*, 2018).

2.3.3 Le défi de la gestion de la matière organique

La gestion de la matière organique dans les sols sableux du contexte sahélien présente des défis importants. Ces sols sont souvent caractérisés par une faible teneur en matière organique, généralement inférieure à 1%, ce qui limite leur capacité de rétention d'eau et d'éléments nutritifs (Pieri, 1989). Cette situation est exacerbée par les conditions climatiques arides et semi-arides, qui favorisent une minéralisation rapide de la matière organique. En effet, les températures élevées et l'alternance entre saisons sèches et humides entraînent une décomposition accélérée de la matière organique, rendant son apport au sol moins durable (FAO, 2023).

De plus, la structure des sols sableux se caractérise par une forte porosité et une bonne aération, avec une faible CEC. Cette caractéristique, bien qu'avantageuse pour certains aspects agronomiques, favorise une activité microbienne intense. L'oxygène étant plus facilement disponible dans ces sols, les microorganismes aérobies responsables de la décomposition de la matière organique peuvent proliférer et agir plus efficacement (Leclerc, 2012).

Comme nous l'a confirmé Adama Tounkara (expert des systèmes de fertilité du bassin arachidier) lors de nos entretiens, le renouvellement de la matière organique ainsi que sa qualité sont aujourd'hui un enjeu clé dans ces systèmes agricoles.

Dans le contexte du bassin arachidier sénégalais, une analyse comparative entre les champs de case (CC) et les champs de brousse (CB) révèle des disparités significatives au niveau de la gestion de la MO. Les CC, bénéficiant de leur proximité avec les habitations, présentent une meilleure fertilité grâce à l'apport régulier de déchets ménagers riches en MO et à une diversité accrue de stratégies de renouvellement de la fertilité, notamment grâce à une concentration des troupeaux dans les CC et une

plus grande diversité dans la production végétale. En revanche, les CB, plus éloignés, souffrent d'une dégradation de leur performance, notamment due à la réduction de la vaine pâture sur ces parcelles et à l'exportation des résidus de culture pour le bétail. La qualité de la MO disponible pose un problème majeur. Le stockage inadéquat du fumier, exposé à l'air libre, entraîne une volatilisation importante de l'azote, pouvant atteindre 70% de pertes. En conséquence, le fumier n'apporte qu'une MO de qualité médiocre et pauvre en azote. Pour pallier cette situation, une approche combinant fumier organique et engrais minéraux est préconisée. La raréfaction de la jachère a conduit à la quasi-disparition de la vaine pâture, exacerbant le problème de disponibilité de la MO. Bien que des solutions biologiques existent sur le marché, leur coût élevé les rend inaccessibles pour la majorité des producteurs. Dans ce contexte, le Sénégal promeut l'utilisation de biofertilisants comme alternative au fumier de faible qualité. Ces amendements, qui améliorent la structure du sol et favorisent l'absorption des éléments minéraux, pourraient constituer une partie de la solution. Cependant, leur adoption est freinée par des problèmes de prix, de disponibilité et de fiabilité sur la qualité. Pour améliorer la qualité du fumier organique, le fumier composté apparaît comme une option viable. Cette technique permettrait d'optimiser les propriétés de la MO et de réduire les pertes d'éléments nutritifs. L'adoption de telles pratiques, couplée à une gestion intégrée de la fertilité des sols, s'avère prometteuse pour maintenir et améliorer la productivité agricole dans la région du bassin arachidier sénégalais.

2.4 L'innovation agricole et la diversification des systèmes de production comme levier de renouvellement de la fertilité

2.4.1 Un usage des engrais minéraux limité et indifférencié

Dans ces agrosystèmes, la fertilité des sols a fortement diminué et l'usage d'engrais minéraux - qui aurait dû permettre une compensation des prélèvements des cultures - reste relativement restreint, environ 15 kg de NPK par hectare (Pieri, 1989 ; Tounkara, 2022). En outre, comme l'a souligné Adama Tounkara, la cartographie pédologique du Sénégal présente des lacunes en termes d'actualisation. La carte de référence la plus récente remontant à la période des indépendances dans les années 1960. Cette obsolescence a entraîné des répercussions sur la formulation des engrais minéraux. En l'absence de données pédologiques à jour, les compositions d'engrais ont été principalement déterminées en fonction des cultures, négligeant les spécificités des sols.

Cette approche a conduit à l'élaboration de formulations NPK génériques, peu adaptées aux besoins réels des sols et des cultures, réduisant ainsi leur efficacité agronomique. L'utilisation de formules NPK standardisée. Ces formulations, bien qu'utiles pour certaines cultures, ne tiennent pas compte des variations pédologiques spécifiques à chaque région. Par exemple, l'engrais NPK 6-20-10 a été largement vulgarisé au Sénégal pour la culture de l'arachide, sans nécessairement prendre en compte les besoins spécifiques des sols locaux (Pieri, 1991).

Récemment, le projet Dundel Suuf a entrepris une initiative majeure visant à combler cette lacune en réalisant une nouvelle cartographie des sols du Sénégal. Elle permet désormais une formulation plus précise des engrais, prenant en compte non seulement les exigences spécifiques des cultures, mais également les caractéristiques pédologiques et les variations géographiques. Cette approche intégrée devrait conduire à une optimisation de l'utilisation des engrais, en adéquation avec les besoins réels des sols et des cultures dans les différentes zones agro-écologiques du pays.

De plus, l'accessibilité économique et logistique pour les producteurs ayant une faible trésorerie est un problème majeur. Ils n'ont pas accès aux engrais minéraux dont les prix peuvent fluctuer. Lorsqu'ils ne peuvent pas utiliser d'engrais minéraux pour produire des cultures qui en exigent des quantités significatives, les producteurs se reportent vers le mil, une culture moins exigeante que l'arachide en engrais, notamment en phosphate et potasse.

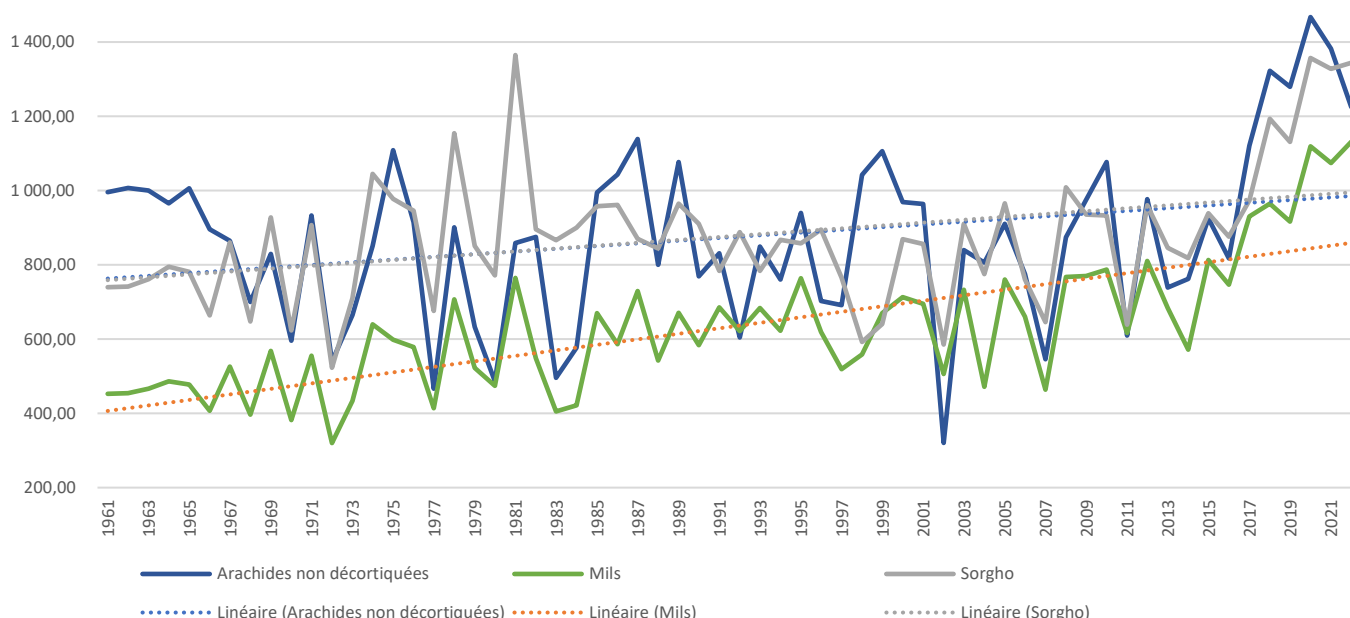
2.4.2 Vers un épuisement progressif des sols ?

Cultures	Kg/ha	Kg de nutriment / ha		
	Rendement moyen 2018-2019	N	P2O5	K2O
Arachide	1 336	1	5	2
Mil	965	17	1	1

Tableau 1 : Besoins en N, P et K de l'arachide et du mil en fonction des rendements. (Source : FARM d'après données Africa Fertilizers, 2019)

Le tableau 1 présente une comparaison des besoins nutritionnels du mil et de l'arachide. On constate que les exigences en azote du mil sont largement plus élevées que celles de l'arachide. Cette différence s'explique par la capacité de l'arachide, en tant que légumineuse, à fixer l'azote atmosphérique, contrairement au mil (Pieri, 1989). En revanche, les besoins du mil en potassium et en phosphore sont nettement inférieurs, représentant respectivement un cinquième et la moitié de ceux de l'arachide. Ces données éclairent la stratégie adoptée par les producteurs du bassin arachidier. En effet, ils disposent de plusieurs options endogènes pour renouveler les stocks d'azote, telles que l'intégration de légumineuses (en association, rotation ou comme fourrage issu des arbres), ou l'utilisation de fumier (Masse et al., 2018). Cependant, l'apport en phosphore (P2O5) et en potassium (K2O) est plus difficile à obtenir sans recourir aux engrais minéraux. Cette réalité agronomique pourrait expliquer la tendance des agriculteurs à privilégier progressivement la culture du mil au détriment de l'arachide. La culture du mil permet de maximiser l'utilisation des ressources azotées disponibles localement, tout en minimisant les besoins en intrants minéraux coûteux pour le phosphore et le potassium (Bationo et al., 2007). Cette évolution des pratiques culturelles reflète une adaptation des agriculteurs aux contraintes économiques

et agronomiques locales, en favorisant une culture (le mil) dont les besoins nutritionnels correspondent mieux aux ressources disponibles et aux capacités d'investissement des exploitations familiales du bassin arachidier sénégalais.



Graphique 1 : Évolution des rendements en kg/ha de l'arachide, du mil et du sorgho de 1961 à 2022 au Sénégal (source FARM d'après les données de FAOSTATS)

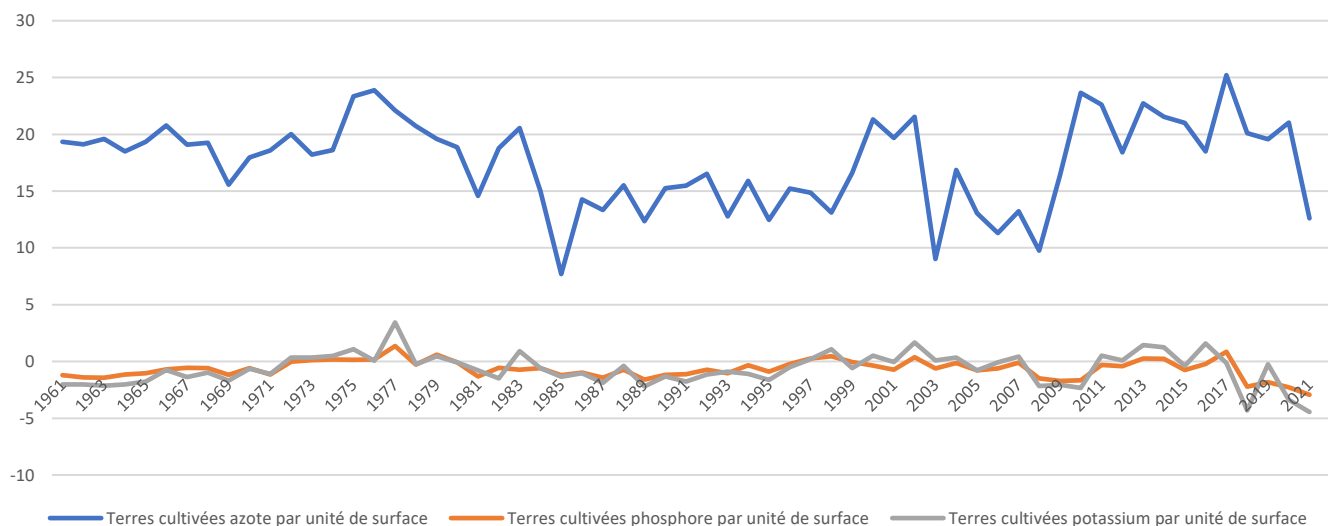
L'analyse des données de rendement pour l'arachide, le mil et le sorgho au Sénégal de 1961 à 2022 (voir graphique 1) révèle plusieurs tendances intéressantes. Pour les trois cultures, on observe une tendance générale à l'augmentation des rendements sur la période 1961-2022, bien que cette augmentation soit plus ou moins prononcée selon la culture.

Concernant l'arachide, le rendement moyen est passé d'environ 1000 kg/ha dans les années 1960 à plus de 1200 kg/ha dans les années 2020. On note une forte variabilité interannuelle, avec des pics de rendement dépassant 1400 kg/ha (par exemple en 2020) et des creux en dessous de 500 kg/ha (notamment en 2002). La tendance à la hausse est modérée, mais constante sur l'ensemble de la période.

Concernant le mil, le rendement moyen a fortement augmenté, passant d'environ 450 kg/ha dans les années 1960 à plus de 1000 kg/ha dans les années 2020. La progression est particulièrement marquée à partir des années 2000. On observe une réduction de la variabilité interannuelle dans les dernières années.

Concernant le Sorgho, le rendement moyen est passé d'environ 750 kg/ha dans les années 1960 à plus de 1300 kg/ha dans les années 2020. La tendance à la hausse est plus régulière que pour l'arachide, avec une accélération notable depuis 2015. On observe une forte variabilité interannuelle tout au long de la période.

Les trois cultures montrent une forte variabilité interannuelle, probablement due aux conditions climatiques et aux pratiques agricoles. Cette variabilité semble se réduire pour le mil et le sorgho dans les dernières années, mais reste importante pour l'arachide. En effet, on note des baisses significatives de rendement pour les trois cultures certaines années, notamment en 1972-1977 et 2002, probablement liées à des événements climatiques majeurs (sécheresses). Les rendements les plus élevés pour les trois cultures sont observés dans les années récentes (2017-2022). Cependant, la persistance d'une forte variabilité interannuelle souligne la vulnérabilité continue de ces cultures aux aléas climatiques et autres facteurs externes.



Graphique 2 : Bilan Nutritif de NPK (kg/ha) des sols du Sénégal (Source : FARM d'après les données de FAOSTAT)

À la lecture des bilans nutritifs des sols du Sénégal (voir graphique 2) on observe une variabilité interannuelle pour tous les nutriments, ce qui peut aussi refléter des variations dans les pratiques agricoles, les conditions climatiques ou les politiques publiques (qui seront analysées dans la troisième partie de cette étude). En comparant ces évolutions de bilans nutritifs aux rendements des 3 cultures présentées, nous pouvons tirer quelques conclusions :

On remarque qu'il y a un découplage entre l'évolution des bilans nutritifs et celle des rendements. Alors que les bilans nutritifs se dégradent ou stagnent, les rendements augmentent. Cela suggère que d'autres facteurs (autre que la fertilité des sols) ont contribué à l'amélioration des rendements. On remarquera également que les meilleurs rendements en arachide mil et Sorgho interviennent à partir

des années 2017 et que c'est sur cette même période que les bilans de P et K commencent à chuter de manière significative.

L'amélioration variétale, notamment pour l'arachide et le mil, a joué un rôle important dans l'évolution des rendements au Sénégal. Des efforts ont été déployés (à partir de 1961) pour développer des variétés plus résistantes et à haut rendement, adaptées aux conditions locales. Pour le mil, le programme d'amélioration au Sénégal a abouti à la création de variétés mieux adaptées aux conditions climatiques locales, notamment à la sécheresse (Fall et al., 2021). Concernant l'arachide, un programme de sélection récurrente a été mené de 1985 à 1998 dans le but de créer une population variétale à large base génétique (Clavel, 2007). Cette approche avait pour objectif d'élargir la diversité génétique disponible et d'améliorer les caractéristiques agronomiques des variétés d'arachides. À noter que le désengagement de l'état dans la filière arachide date des années 1980, la recherche variétale décrite s'est donc déroulée pendant une période de transition, où la filière était encore en partie sous contrôle étatique, mais en cours de libéralisation.

Outre l'amélioration variétale, plusieurs hypothèses pourraient expliquer ce phénomène apparemment contradictoire :

- L'adoption et l'expansion de la culture attelée, qui permettent d'accroître les rendements malgré une stabilité des stocks de nutriments dans le sol.
- L'utilisation, bien que restreinte, d'intrants et d'engrais minéraux.
- L'augmentation des surfaces cultivées, incluant de nouvelles parcelles aux réserves minérales plus importantes.

Malgré l'augmentation des rendements, l'analyse des stocks de nutriments révèle une tendance préoccupante. Bien que cette analyse ne permette pas une compréhension exhaustive des mécanismes en jeu, elle met en lumière un découplage entre la productivité et la santé des sols. Les pratiques agricoles innovantes semblent actuellement compenser la stagnation des stocks de nutriments. Cependant, sans un renouvellement progressif des éléments chimiques, l'épuisement des sols paraît inévitable à long terme. La hausse significative des rendements observée depuis 2017, contrastant avec la baisse marquée des stocks de nutriments, pourrait être un indicateur clé des tendances futures. Cette divergence souligne l'importance d'adopter des stratégies de gestion des sols plus durables pour maintenir la productivité agricole à long terme.

2.4.3 Des stratégies d'adaptation diverses face à la dégradation des sols

Aujourd'hui, les contraintes agronomiques et économiques semblent s'être intensifiées dans un contexte marqué par les changements climatiques et l'abandon ou la quasi-disparition des méthodes traditionnelles de renouvellement de la fertilité des sols (Toukara, 2022). Face à ce constat, la pérennité du système agricole nécessiterait l'adoption de nouvelles technologies (biostimulants, biofertilisants etc.). Comme le suggère Toukara (2022), ces innovations devraient viser à régénérer

les sols, entraînant ainsi une amélioration de la productivité agricole. Toutefois, peu de producteurs ont adopté des pratiques qui permettraient de régénérer la fertilité des sols.

Encadré n°1 : Quelles sont alors, les pratiques à mettre en place pour améliorer la fertilité des sols dans la zone du bassin arachidier (Interview de monsieur Tounkara ¹) :

Rotation et association de céréales et légumineuse (pour apporter les nutriments durant le cycle de production et pour les cultures suivantes par enfouissement) ;

- Améliorer le fumier organique grâce à du compostage ;
- Combiner fumure organique et fertilisation minérale ;
- Agroforesterie (notamment avec *Faidherbia albida* et autres arbustes) ;
- Parcage des animaux ;
- Travail du sol (avec un labour permettant l'enfouissement des résidus de cultures) ;
- Technique du microdosage des engrais. Apporter une faible quantité d'engrais (un bouchon de bouteille), à moins de 5 cm de la plante dans un trou de 5 cm de profondeur rebouché. Cette technique permet de limiter les pertes dues à l'épandage à la volée. Par exemple pour le mil on passe d'une dose recommandée de 150kg/ha de NPK, à 38kg/ha avec cette technique ;
- PPU (placement profond d'urée). Technique semblable à la précédente, mais avec de l'urée.

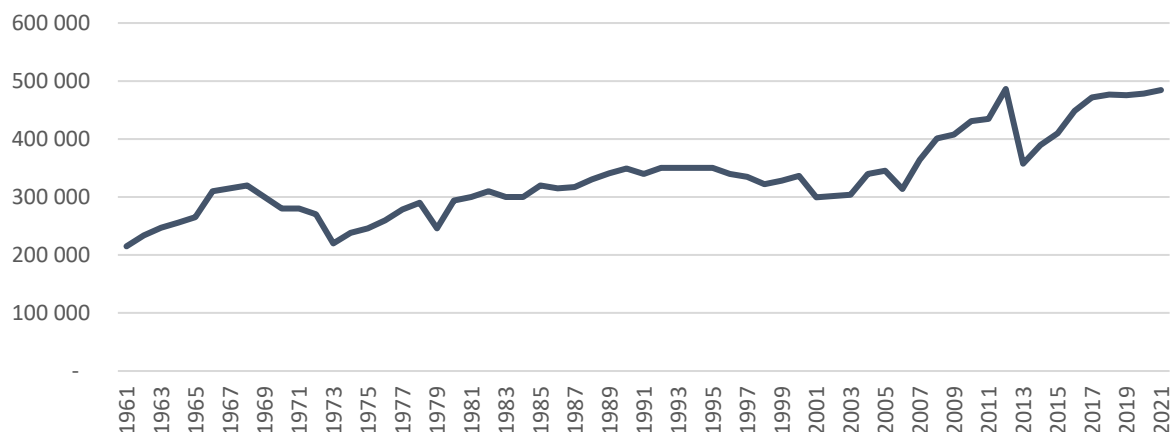
Ces deux dernières technologies permettent une économie non négligeable pour des résultats assez satisfaisants. Cependant ils existent plusieurs contraintes. Il faut impérativement une application de MO avant l'application de ces deux technologies afin d'assurer le stockage des minéraux dans le sol. Si elles sont efficaces, elles restent cependant très coûteuses en main d'œuvre ou en matériel agricole et sont pénibles dans leur réalisation. Actuellement, des machines permettant de réaliser le microdosage sont en développement dans le pays.

Au-delà des pratiques et des innovations technologiques, Maffray (2014) note que les activités non agricoles se développent en dehors de la période de culture. Elles permettent, à défaut d'avoir les moyens de lutter contre la dégradation des sols, de subvenir aux besoins des familles en diversifiant le système d'activités des populations de la zone. Elles concernent généralement les femmes et la vente de produits agricoles transformés notamment issus de l'arachide : huile, tourteaux pour l'alimentation animale, mais aussi le jus de bissap et autres produits à valeur ajoutée.

L'introduction de nouvelle culture et l'opportunité de modes de consommation nouveaux ont également permis une diversification du système de production, l'exemple de la pastèque dans le village de Sob

¹ Interview avec Monsieur Adama Tounkara sur le renouvellement de la fertilité des sols dans le bassin arachidier, réalisée le 01/08/2024 en visioconférence à Montrouge.

et l'augmentation de la consommation de viande en zone urbaine (voir graphique 3) offrant l'opportunité aux producteurs de développer la filière d'engraissement (embouchure bovine) (Masse et al, 2018).



Graphique 3 : Évolution de production de viande bovine au Sénégal (en tête de bétail) (Source : FARM d'après les données de FAOSTAT 2024)

Dans la revue « Niakhar : Mémoires et perspectives », (Audouin et al, 2018) est présentée une étude qui, grâce à des ateliers participatifs dans deux villages du bassin arachidier (Diohin et Barry Sine), identifie les voies d'amélioration de la fertilité des sols. Leur conclusion est la suivante :

L'analyse comparative des terroirs de Diohine et Barry Sine met en lumière deux approches distinctes de gestion agricole au Sénégal. Diohine maintient un système traditionnel collectif, où l'élevage joue un rôle central dans les transferts de fertilité. Cette méthode, bien qu'intégrant efficacement les cultures vivrières et l'élevage, accentue les disparités de fertilité entre les champs proches et éloignés des habitations. En revanche, Barry Sine a évolué vers un modèle plus intensif, abandonnant les structures d'élevage traditionnel au profit de la culture de l'arachide. L'exode rural a favorisé le développement de l'embouche, potentiellement à l'origine d'une nouvelle transition agraire. Cette activité apporte des avantages environnementaux et économiques, permettant une intensification des cultures et une meilleure répartition des intrants entre les différentes zones du terroir. Les habitants des deux villages proposent des améliorations de la fertilité des sols qui tendent vers le modèle de Barry Sine, privilégiant l'intensification par l'utilisation de matière organique et d'engrais minéraux. La pression démographique exclut l'augmentation des jachères, mais la restauration du parc arboré est envisagée pour améliorer

les flux verticaux de biomasse. En 2013, lors de ces ateliers, les villageois ont identifié les pistes d'amélioration de la fertilité des sols pour chaque terroir (Figure 4) :

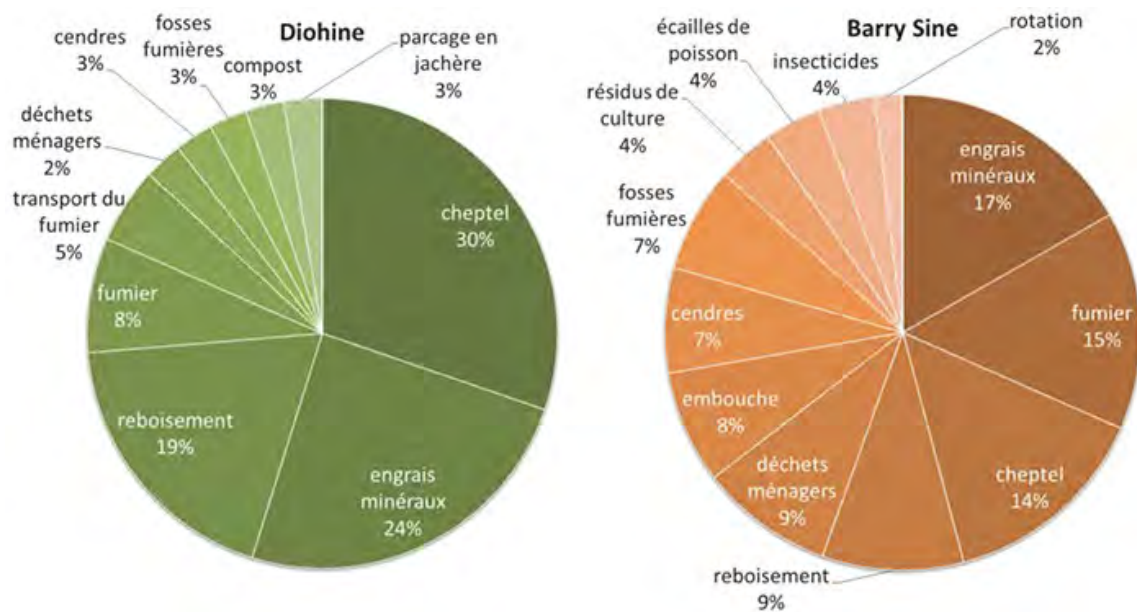


Figure 3 : Citation des voies d'amélioration de la fertilité des sols, par terroir villageois, aux ateliers de Diohine et Barry Sine en 2013 (source : Audouin et al 2018)

Malgré ces contraintes, plusieurs stratégies de maintien et de renouvellement de la fertilité des sols persistent dans les villages étudiés. Parmi ces pratiques, on peut citer :

- Le reboisement, qui contribue à la protection des sols et à l'amélioration de la structure du sol,
- L'élevage, qui joue un rôle dans la culture attelée et la production de fumier (qui permet d'apporter des nutriments essentiels aux cultures tout en améliorant la structure du sol),
- L'application d'engrais minéraux, qui complète les apports organiques pour répondre aux besoins nutritionnels des cultures.

Ces pratiques, combinant des approches traditionnelles et modernes, témoignent de l'adaptation des agriculteurs aux contraintes actuelles et de leurs efforts pour maintenir la productivité des sols dans un contexte de forte pression foncière.

• Conclusion bassin arachidier

Le bassin arachidier du Sénégal a connu une évolution significative de ses pratiques agricoles et de gestion de la fertilité des sols au cours du 20^e siècle. Initialement, le système reposait sur une rotation jachère-mil, complétée par la vaine pâture et la présence d'arbres champêtres comme le *Faidherbia albida*. Ces pratiques assuraient un renouvellement efficace de la fertilité des sols.

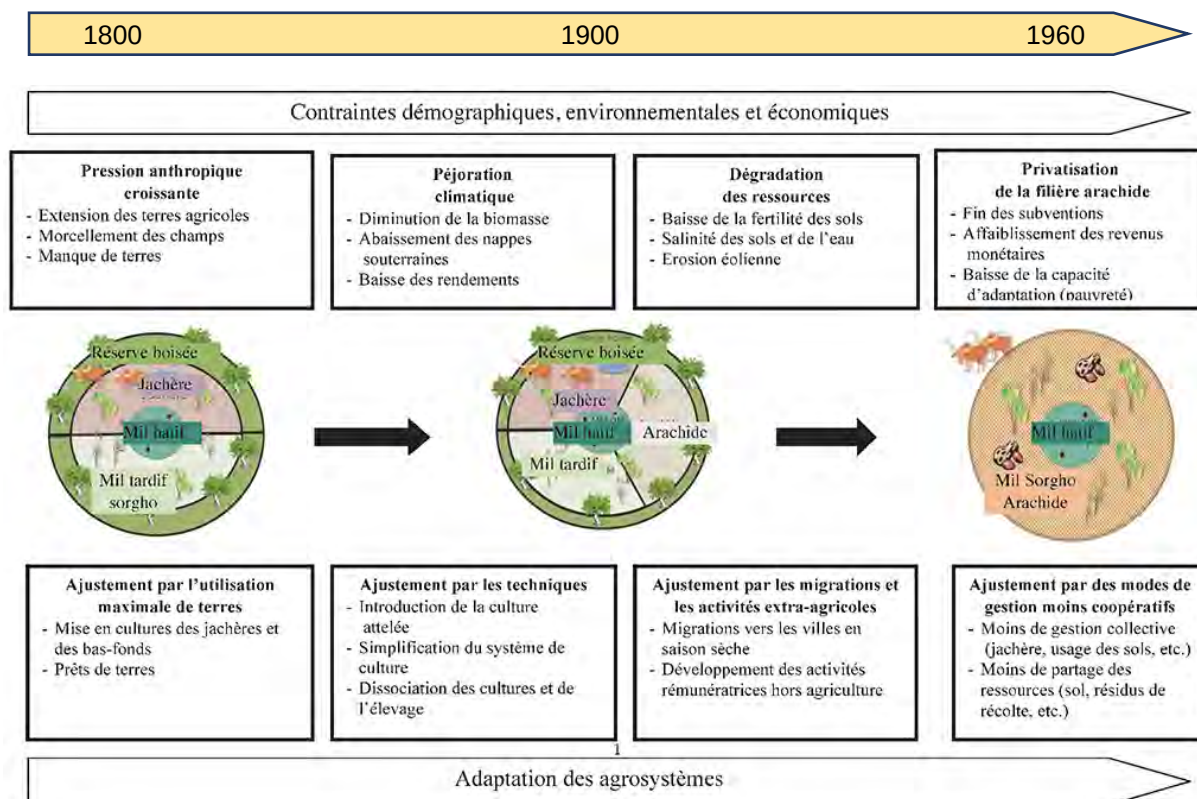


Figure 4 – Schéma de l'évolution des systèmes agro-sylvo-pastoraux dans le bassin arachidier (source : Masse et al 2018)

L'introduction de l'arachide comme culture de rente a modifié ce système, sans toutefois compromettre immédiatement la fertilité des sols. Cependant, la pression démographique croissante et les politiques agricoles ont conduit à l'expansion des surfaces cultivées au détriment des zones de pâture et de jachère. La mécanisation, notamment l'introduction de la culture attelée, a permis d'augmenter la production, mais a aussi contribué à la disparition des jachères. Les systèmes traditionnels de renouvellement de la fertilité ont été progressivement fragilisés. La réduction du temps de jachère, la raréfaction des ressources pastorales, et la diminution des transferts de fertilité par le bétail ont contribué à l'appauvrissement des sols.

Ces changements ont conduit à une situation où le renouvellement de la fertilité des sols est devenu un enjeu majeur pour la durabilité de l'agriculture dans la région. Or, l'utilisation d'engrais minéraux est restée limitée en raison de contraintes économiques et de disponibilité, particulièrement après les

politiques d'ajustement structurel des années 1990. De même, la gestion de la matière organique, particulièrement dans les champs éloignés des habitations, demeure un enjeu clé. Les solutions proposées incluent la promotion de biofertilisants et l'amélioration des pratiques de gestion de la matière organique, mais leur mise en œuvre reste limitée par des contraintes de coût et de disponibilité. La combinaison de fumure organique et d'engrais minéraux est considérée comme essentielle pour une meilleure gestion de la fertilité des parcelles.

Face à la difficulté d'adopter des pratiques à long terme, telles que l'agroforesterie ou la mise en jachère, et en raison des difficultés d'accès à des intrants, les populations du bassin arachidier ont su tirer parti des opportunités qui se présentaient pour répondre à leurs besoins. De plus, en raison du retrait de l'État dans son soutien à la filière arachide, une partie de la sole en arachide a opéré un retrait au profit du niébé. Les producteurs se sont tournés vers d'autres activités plus rémunératrices, dont principalement culture de pastèque et l'embouche animale pour générer des revenus supplémentaires et produire du fumier (Masse et al, 2018). Ces adaptations témoignent de leur résilience face aux contraintes environnementales et économiques, leur permettant de maintenir une certaine productivité agricole malgré les défis croissants.

3 ÉVOLUTION DE LA GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS DANS LA VALLEE DU FLEUVE SENEGAL : DE LA CRUE NATURELLE AUX AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES

3.1 Présentation de la zone d'étude

Le fleuve Sénégal, d'une longueur de 1 750 kilomètres, est un cours d'eau tropical d'Afrique de l'Ouest. Il prend sa source en Guinée à une altitude de 750 mètres, traverse le Mali puis la Mauritanie et le Sénégal et fait office de frontière entre ces deux derniers avant de se déverser dans l'océan Atlantique près de Saint-Louis. La vallée du fleuve Sénégal inclut le Delta, au nord de Saint-Louis, partie fortement aménagée, et sa partie plus amont. Les principales unités pédologiques sont constituées de sols hydromorphes (sol qui montre des marques physiques de saturation régulière en eau, généralement durant l'hiver) et halomorphes (affectés par la présence de sels) (Ndour, 2020). Dans le Delta, partie aval, les systèmes de culture reposent sur des aménagements hydrauliques de grande ampleur. Plus en amont, dans les zones non aménagées, les systèmes agricoles reposent encore sur la crue. La culture principale de la région est le riz irrigué qui a façonné les systèmes agraires depuis la période post-coloniale, associée à des périmètres maraîchers (tomate, aubergine, oignon, etc.). Les débouchés de ces cultures sont en partie industriels et destinés principalement au marché domestique. Le rôle d'encadrement de l'État a été très prégnant dans le pilotage des aménagements ainsi que dans le développement de la filière rizicole. Les ajustements structurels ont également entraîné un retrait de l'État, notamment en ce qui concerne la valorisation industrielle et le soutien aux prix. Cependant son rôle est encore aujourd'hui très fort en ce qui concerne l'approvisionnement en intrants et les systèmes

de crédit aux producteurs.

Selon les zones, l'élevage peut également être associé à l'agriculture. La vallée du fleuve Sénégal compte aujourd'hui près de 4 millions d'habitants, avec une population qui a presque triplé en 40 ans et fortement concentrée dans les villes intermédiaires. Près de 60% de la population a moins de 20 ans (GRDR, 2014).

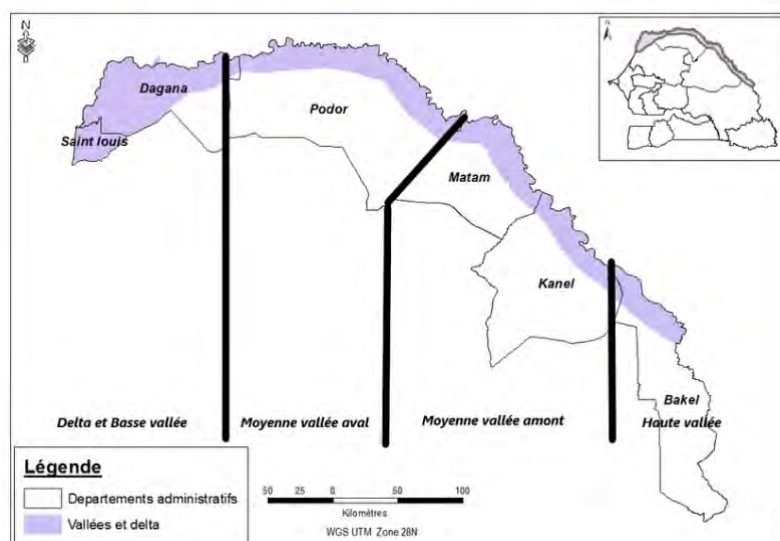


Figure 5 : Carte de la vallée du fleuve Sénégal. (Source : Mbaye, 2023)

3.2 Un renouvellement de la fertilité des sols qui reposait en partie sur les crues du fleuve Sénégal

Dans la vallée du fleuve Sénégal, les systèmes de culture reposaient, avant les aménagements hydrauliques qui ont progressivement débuté au cours des années 1950 et 1960, sur la crue du fleuve, l'association agriculture élevage et sur l'agriculture pluviale.

3.2.1 Les crues du fleuve Sénégal, un pilier du renouvellement de la fertilité des sols

L'exploitation agricole des plaines alluviales des grands fleuves d'Afrique subsaharienne s'appuie sur une tradition séculaire liée aux cycles d'inondation (Adams, 1993). Cette pratique, connue sous le nom d'agriculture de décrue, utilise l'humidité résiduelle des sols et les dépôts de limon, après le retrait des eaux pour la culture soit par semis direct, soit par repiquage. Ce système cultural se distingue par son caractère extensif, avec une faible densité de plantation et un usage minimal, voire inexistant, d'engrais.

L'apport régulier d'alluvions par les crues du fleuve permet de cultiver chaque année des zones inondées. Les cultures, comme le niébé et le mil, sont semées en juin et récoltées en septembre et octobre, fournissant ainsi une source de nourriture pour les familles jusqu'à la récolte des cultures de décrue, qui commence en février (Garambois et al., 2019).

Les alluvions déposées par la crue du fleuve sont principalement composées de sable et d'argile (dont l'illite et la montmorillonite), mais aussi des éléments minéraux qui participent à la fertilité des sols. Ils conviennent à la riziculture intensive (FAO, 2002).

La crue inonde vers la fin de la saison des pluies, la large plaine alluviale de la moyenne vallée, cultivée en saison sèche après le retrait des eaux. Les systèmes de production agricole de la vallée se sont construits autour de cette complémentarité dans l'espace et dans le temps : aux cultures et pâturages sous pluie dans les hautes terres du Jeeri, succédaient les cultures et pâturages de décrue dans les basses terres du Waalo (figure 6).

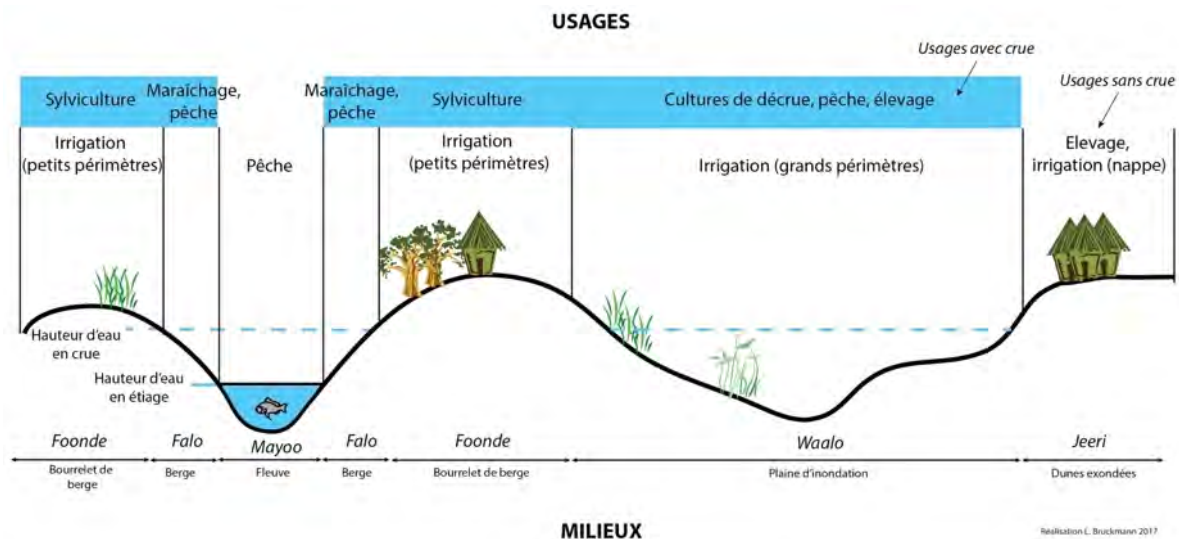


Figure 6 : Activités pratiquées dans la plaine inondable du fleuve Sénégal. Les ressources en eau (irrigation et crue) se combinent et accroissent les potentialités d'activités. (Source : Bruckmann, 2018)

La superficie cultivable varie considérablement d'une année à l'autre, dépendant de l'étendue et de la durée de l'inondation (Boutillier et al., 1962 ; Lericollais et Schmitz, 1984 ; Comas et Gómez MacPherson, 2002 ; Sidibé et al., 2016). Pour la période 1946-1971, la moyenne des surfaces inondées a été estimée à 312 000 hectares de part et d'autre du fleuve et celle des surfaces cultivées à 108 000 hectares, dont 65 500 hectares pour la rive sénégalaise (Lamagat, 1999). Dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, l'agriculture de décrue joue un rôle fondamental dans le système de production traditionnel (Boutillier et al., 1962). Son importance réside dans le fait que la récolte intervient en saison sèche, contribuant ainsi de manière significative à l'alimentation des populations et du bétail pendant la période critique de soudure.

Toutefois, cette pratique a connu des fluctuations importantes au fil du temps. Entre 1976 et 1993, la faiblesse des crues a considérablement réduit les surfaces exploitables en décrue, conduisant à l'aménagement de certaines zones pour l'agriculture irriguée. Malgré ces changements, depuis 1994, on observe une résurgence de l'agriculture de décrue lors des années où la crue du fleuve est suffisamment importante pour inonder la vallée (Le Roy, 2008 ; Bruckmann, 2016).

3.2.2 La vaine pâture, un complément indispensable aux crues du fleuve

Le système d'élevage de la région s'adapte aux changements saisonniers de végétation et de disponibilité en eau. En saison des pluies, les troupeaux pâturent sur les savanes dunaires près des campements temporaires. Après les récoltes, ils se déplacent vers les champs en jachère. Au fur et à mesure de la décrue, les animaux sont menés sur les zones auparavant inondées où une nouvelle végétation émerge. En fin de saison sèche, le fourrage des arbres des parcs boisés complète

l'alimentation si nécessaire. Ce système d'élevage basé sur le parcage nocturne des bêtes sur les parcelles qui seront mises en culture l'année suivante assure ainsi les transferts de fertilités. En association avec les crues du fleuve, il permet un renouvellement durable de la fertilité des sols (Garambois et al, 2019). Dans le Delta, l'augmentation forte des périmètres privés a également coupé de nombreux couloirs de passage des animaux rendant l'accès à l'eau beaucoup plus compliqué pour les troupeaux.

L'élevage dans le delta du fleuve Sénégal a cependant subi un déclin significatif au cours des dernières décennies, principalement en raison de la longue période de sécheresse qui a sévi de 1970 à 1990. Cette situation a contraint les agriculteurs et les éleveurs à réduire la taille de leurs troupeaux et à modifier les parcours de pâturage. Les aménagements hydrauliques ont également modifié l'utilisation des différentes zones agroécologiques, diminuant ainsi les espaces disponibles pour le pastoralisme (Cochet, 2019).

Pour faire face à ces défis d'alimentation du bétail, les agriculteurs se sont tournés vers leurs propres ressources fourragères, utilisant principalement les résidus de cultures et les jachères herbeuses pour nourrir leurs animaux.

Aujourd'hui, ceux qui possèdent encore de petits troupeaux, comme des petits ruminants ou occasionnellement des bovins, sont souvent ceux qui disposent de plus grandes surfaces agricoles et peuvent se permettre de laisser certaines terres en jachère. Ils privilégient généralement une seule campagne agricole par an, que ce soit pour le riz ou le maraîchage, suivie d'une période de repos des terres de quatre à six mois. Ce sont donc les agriculteurs les mieux dotés qui peuvent se permettre de mettre en place des jachères alors que c'est un élément essentiel du renouvellement de la fertilité des sols. Le parcage des animaux près des habitations permet également un transfert limité de fumure organique vers certaines cultures maraîchères, comme le piment. La majorité des apports en fertilité provient d'engrais minéraux, ce qui soulève des préoccupations quant à la disponibilité de matière organique dans les sols et à la dépendance croissante des agriculteurs aux intrants extérieurs (Cochet, 2019).

Les populations de la zone de la vallée du fleuve ont toujours été soumises aux aléas climatiques. La région du delta du fleuve Sénégal était caractérisée par une faible pluviométrie et une forte variabilité interannuelle des précipitations et des crues, même avant la sécheresse sahélienne des années 1970-1980 (Lericollais, 1974). Ces conditions rendaient l'agriculture pluviale peu fiable. Face à cet environnement imprévisible, les agriculteurs et éleveurs ont développé des stratégies diversifiées basées sur une combinaison de production et d'activités rendue possible grâce à l'exploitation des étages écologiques, tant dans l'organisation du calendrier cultural que dans la diversité des productions et le calendrier alimentaire (Garambois et al, 2019). Cependant, la série de déficits pluviométriques et hydrologiques extrêmes qui a frappé la moyenne et basse vallée du fleuve à partir des années 1970 a gravement compromis l'équilibre de l'agriculture locale.

3.3 Une modification des pratiques induites par les aménagements hydrauliques

Les aménagements hydrauliques dans la vallée du fleuve Sénégal ont modifié les pratiques agricoles locales. La construction de barrages et l'introduction de l'irrigation ont permis de passer d'une agriculture de décrue traditionnelle à une culture plus intensive, notamment du riz. Ce changement a influencé les systèmes de production et l'organisation des communautés riveraines.

3.3.1 Aménagements hydrauliques pour l'introduction de la culture irriguée afin d'assurer les rendements en riz.

Depuis les années 1930, la vallée du fleuve Sénégal a été le théâtre de nombreux projets d'aménagement hydraulique et agricole (figure 7). L'objectif était de combler le déficit rizicole national en développant de vastes zones irriguées dans le delta du fleuve (Lavigne Delville, 1991). Ce déficit a été aggravé par la sécheresse des années 1970 qui a entraîné une baisse significative de la productivité agricole des cultures pluviales traditionnelles (Sy, 2008).

En réponse à cette crise, les autorités ont encouragé la création de périmètres irrigués villageois (PIV) pour améliorer la sécurité alimentaire des populations locales (figure 7). Ces PIV sont alimentés grâce aux infrastructures hydrauliques. En outre, la construction de deux barrages majeurs a transformé le paysage agricole de la région, le barrage de Manantali (achevé en 1987, permettant de réguler le débit du fleuve) et le barrage anti-sel de Diama (construit en 1986, qui a pour objectif d'empêcher la remontée d'eau salée dans le fleuve).

Ces infrastructures ont augmenté la disponibilité en eau douce tout au long de l'année, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour l'expansion des périmètres irrigués dans la vallée du fleuve Sénégal (Charollais et Weber, 1994). Cependant, le passage d'une agriculture pluviale à une agriculture irriguée implique une modification du régime hydrique (variation des teneurs en eau dans les sols) et des équilibres chimiques ayant donc un impact sur la fertilité des sols (Schiess, 1995).

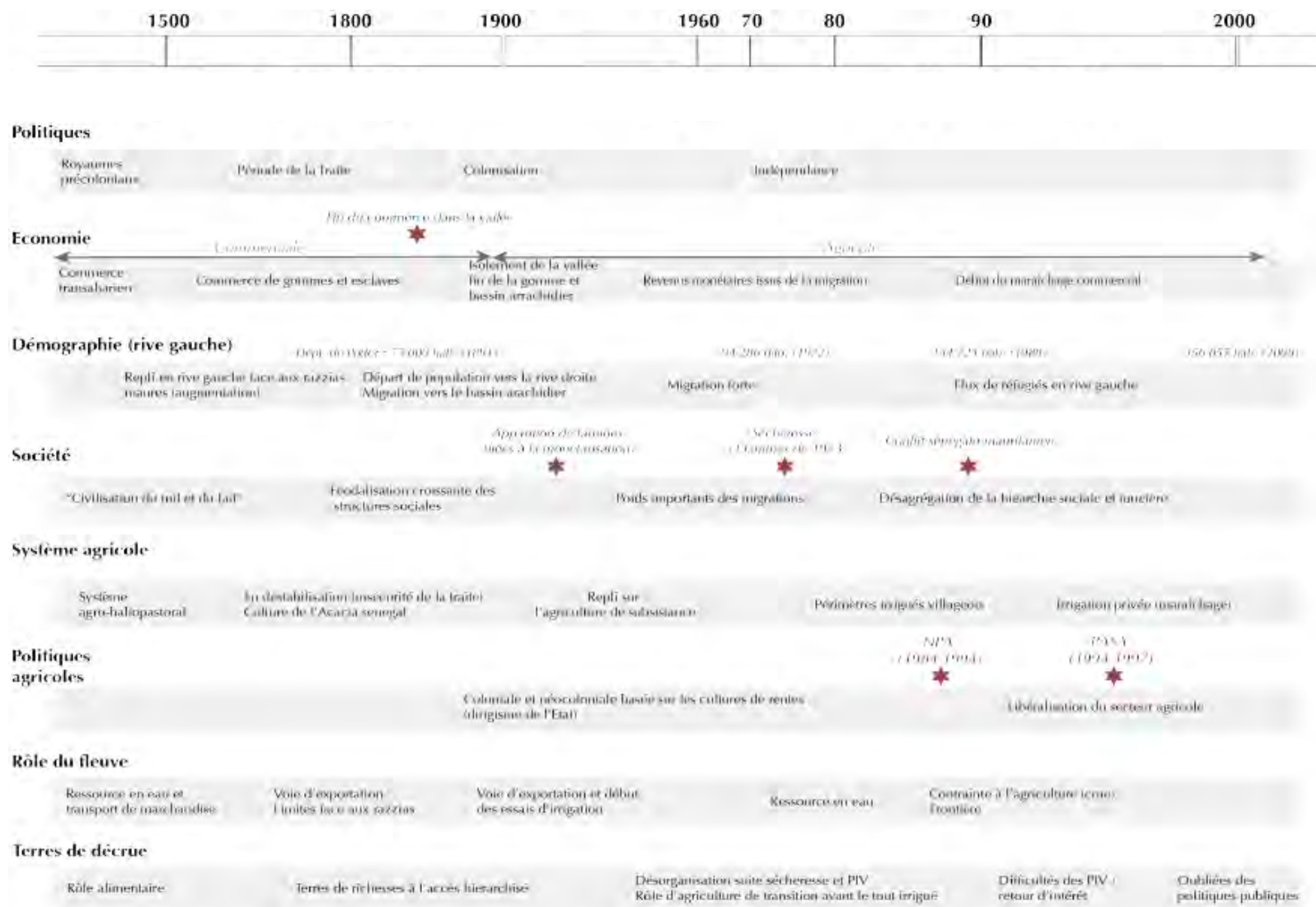


Figure 7 : Évolution du système socio-écologique de la moyenne vallée depuis 1500 (source : Bruckman, 2016)

3.3.2 Des aménagements qui participent à la salinisation des sols

L'introduction de l'irrigation intensive dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal a entraîné des changements significatifs dans la gestion de l'eau et des sols. Contrairement à l'eau de pluie, pauvre en minéraux, l'eau d'irrigation peut être fortement chargée en éléments dissous comme des sels minéraux et particulièrement en zone aride (Ndiaye, 2008).

Cette évolution de l'agriculture traditionnelle de décrue à l'agriculture irriguée a eu des répercussions environnementales. La modification du régime hydrique et de la composition chimique de l'eau a conduit à une dégradation des sols cultivés. Dans ce contexte, deux formes principales de dégradation des sols peuvent être identifiées :

- L'hydromorphie, résultant d'une saturation prolongée du sol en eau. Le passage d'engins mécaniques sur ces sols engorgés provoque un tassement physique pouvant asphyxier le système racinaire.
- La salinisation, due à l'accumulation de sels solubles dans le profil du sol. Ce phénomène est engendré par la présence de poches salines d'origine marine en profondeur, combinée à la remontée capillaire de l'eau des nappes sous l'effet d'une forte évaporation.

La mise en place d'infrastructures hydrauliques dans la vallée du fleuve Sénégal a modifié les pratiques agricoles traditionnelles. L'édification des barrages de Diama et de Manantali a eu pour conséquence une diminution de l'amplitude et de la régularité des crues naturelles (Adams, 1993). Ces crues saisonnières jouaient auparavant un rôle essentiel dans le cycle agricole local, notamment par l'apport de limons fertiles qui enrichissaient naturellement les sols cultivés. La promotion de l'irrigation à grande échelle, rendue possible par ces ouvrages hydrauliques, s'est ainsi faite au détriment des zones traditionnellement dédiées aux cultures de décrue, bouleversant les équilibres agroécologiques établis (Adams, 1993).

Le drainage insuffisant dans les zones irriguées contribue également à la salinisation des sols. En l'absence de systèmes de drainage appropriés, les sels présents dans l'eau d'irrigation s'accumulent dans le sol. Cette situation est exacerbée par la remontée de la nappe phréatique, qui peut amener des eaux chargées en sels vers la surface, aggravant ainsi le problème de salinisation. Un drainage inadéquat empêche le lessivage naturel des sels, ce qui est essentiel pour maintenir la qualité du sol (Boivin et al., 1995).

Les conséquences de cette accumulation de sels sont multiples. Elles incluent une diminution de la disponibilité en eau pour les plantes, une toxicité ionique pour certaines cultures (Boivin et al., 1995), ainsi qu'une réduction de l'activité biologique (Adams, 1993) impliquant une baisse de la fertilité.

3.3.3 Des équilibres de fertilité bouleversés encourageant l'usage des engrais minéraux

Les aménagements hydrauliques dans la vallée du fleuve Sénégal ont modifié les dynamiques traditionnelles de gestion des troupeaux et les cycles de transfert de fertilité entre élevage et agriculture. Avant ces aménagements, le système agro-pastoral reposait sur une complémentarité entre la décrue naturelle et le passage des animaux, assurant un renouvellement cyclique de la fertilité des sols. Les troupeaux pratiquaient la vaine pâture, consommant les résidus de culture laissés sur les parcelles, notamment les pailles de riz, contribuant ainsi au retour de matière organique dans les sols. Le développement de l'agriculture irriguée a perturbé ce cycle. L'expansion des cultures irriguées et la mise en défens des exploitations agricoles ont progressivement réduit les terres pâturables et restreint l'accès des animaux aux zones de pâturage, même hors périodes de croissance des cultures (Cochet, 2019). Les pratiques agricoles ont évolué vers la récolte des pailles de riz, pour la vente ou l'alimentation du bétail en stabulation. Cette évolution a entraîné une externalisation de la biomasse, réduisant l'apport de matière organique aux sols. On observe également une dissociation entre les activités d'élevage et de production végétale, rompant le lien traditionnel entre pâturage et fertilisation naturelle des terres cultivées.

La réduction des surfaces inondées par la décrue a diminué les apports naturels d'alluvions et de limon. Parallèlement, la baisse de la vaine pâture sur les terres cultivées et la réduction des jachères ont limité les apports organiques et minéraux. Ces facteurs combinés ont entraîné une diminution des stocks d'éléments minéraux dans les sols.

Face à cette situation, les autorités ont encouragé l'utilisation d'engrais minéraux de type NPK pour maintenir la fertilité des sols. Cependant, cette approche présente des inconvénients pour les producteurs, notamment le coût élevé de ces intrants et les difficultés d'approvisionnement (Garambois et al, 2018).

3.4 Stratégies et solutions pour lutter contre la dégradation des sols et les baisses de rendements

Les producteurs de riz des rives du fleuve Sénégal sont donc confrontés à des contraintes majeures liées à la fertilité des sols, qui impactent directement leur capacité à maintenir une production durable. En outre, la libéralisation économique du début des années 1980, dans le cadre des programmes d'ajustement structurel (Dahou, 2008), a entraîné une augmentation des coûts de production, en particulier en ce qui concerne intrants agricoles. Cela a exacerbé les inégalités entre les exploitants, avec des effets particulièrement marqués pour les producteurs les moins favorisés, incapables de se procurer des quantités suffisantes d'intrants se reportant donc sur des cultures moins exigeantes en capital, mais aussi moins rémunératrices (Garambois et al 2018).

3.4.1 Lutter contre la salinisation

Face à la problématique croissante de la salinisation des sols dans la vallée du fleuve Sénégal ainsi que le manque d'entretien du réseau hydraulique et de drainage, diverses stratégies d'adaptation ont été mises en œuvre : les institutions étatiques comme la SAED (**Société d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal**) et l'ISRA (**Institut sénégalais de recherches agricoles**) ont concentré leurs efforts sur le développement de cultivars plus tolérants au sel. En parallèle, l'amélioration des systèmes de drainage et l'application de techniques de lessivage sont préconisées pour éliminer les sels excédentaires des parcelles agricoles. La région du Sine-Saloum a connu des tentatives antérieures de lutte contre la salinité, notamment par la construction de digues anti-sel près de Kaolack. Cependant, le manque d'entretien a rendu ces infrastructures inefficaces avec le temps. Des approches plus naturelles ont également été adoptées localement. Par exemple, dans le village de Keur Bakary, des barrières végétales composées d'espèces halophytes comme *Melaleuca quinquenervia*, *Prosopis juliflora* et eucalyptus ont été implantées pour freiner la progression du sel. Enfin, des pratiques agronomiques traditionnelles, telles que l'épandage de fumier ou le parage du bétail sur les parcelles affectées, sont utilisées pour tenter de restaurer la fertilité des sols salinisés et les rendre à nouveau cultivables (UPA, 2017).

3.4.2 Adapter l'itinéraire technique et diversifier son système de production

Malgré une forte promotion étatique de la double culture de riz, rendue possible grâce aux aménagements hydrauliques et donc à la culture irriguée, les producteurs rencontrent des difficultés à mettre en œuvre cette pratique en raison de multiples contraintes. En cause, le manque de matériel adéquat, les retards dans l'obtention des crédits et le non-respect des itinéraires techniques recommandés.

Face à ces difficultés, on constate une évolution des pratiques culturales. La période principale de culture tend à se déplacer vers la contre-saison chaude. Ce choix stratégique s'explique par plusieurs facteurs : l'accès plus précoce au crédit, la réduction des risques d'inondation et une moindre présence d'oiseaux granivores. Cependant, cette transition vers la culture en contre-saison chaude n'est pas sans conséquence. Elle entraîne une augmentation significative des coûts énergétiques liés à l'irrigation, ce qui a un impact substantiel sur la rentabilité des exploitations agricoles.

La moyenne vallée connaît actuellement une dynamique d'intensification agricole via l'expansion des périmètres irrigués privés (PIP) et par l'essor du maraîchage. Les PIP sont devenus un axe de développement privilégié pour les ménages de la région. En effet, ils offrent la possibilité d'accroître la diversification des systèmes de production agricole tout en permettant une augmentation des surfaces cultivées. Cette évolution témoigne d'une volonté des agriculteurs locaux d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles et d'améliorer leurs revenus à travers une agriculture plus intensive et diversifiée (Bruckmann, 2016).

3.4.3 Combiner pratiques innovantes et traditionnelles pour un renouvellement de la fertilité en temps de crise

Comme illustré dans la présentation du cas du bassin arachidier, l'implication des parties prenantes (agriculteurs, agri-éleveurs, agri-pêcheurs) et des acteurs locaux du développement est essentielle pour identifier les leviers nécessaires au renouvellement de la fertilité des sols et les conditions favorables à leur adoption, tant agronomiques qu'économiques. Dans ce cadre, le projet Santé-Territoires, soutenu par le CIRAD, a accompagné en 2023 les populations du lac de Guiers, situé dans le haut delta du fleuve Sénégal, dans l'identification de leurs problématiques de production et des pistes d'adaptation. L'équipe d'animation a organisé une discussion plénière avec les participants, basée sur six contraintes majeures identifiées lors du pré-diagnostic, il s'agissait :

- Des nématodes,
- De la salinité des sols,
- De la baisse de fertilité des sols,
- Du faible accès à l'eau,
- Du mésusage des pesticides,
- De la diminution des captures de poissons.

Dans le cadre de leur atelier, les producteurs et accompagnateurs du CIRAD ont échangé sur le défi de la baisse de fertilité des sols. Ces discussions ont permis d'identifier des voies d'innovation pour améliorer la qualité des terres agricoles. Le tableau ci-dessous (tableau 2) illustre l'évolution des échanges au cours des différents ateliers ainsi que les solutions proposées par les participants :

	Voies d'innovation	Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	Option 5
Améliorer la fertilité du sol	Intégration d'arbres fixateurs d'azote	Kaad	Leucaena	Moringa	Acacia	
	Intégration d'arbres fruitiers	Manguier	Citron	Anacardier	Goyave	Sapotier
	Extension de la surface agricole	Mise en culture de nouvelles terres	Mise en commun des machines	Diversification des cultures	Contrat de location de terres pour	Mise en place de GIE pour demain
	Méthodes d'irrigation économes	Asperseurs	Tuyaux PVC (drainage souterrain)	Laser spray	Pompes solaires	Système californien
	Fertilisation organique	Engrais vert	Compost	Fumier	Déchets ménagers	
	Aménagement anti sel	Digues	Blocs flottants	Bassin de rétention de l'eau non saturé	Canalisations qui rejoignent le milieu du lac	
	Cultures halotolérantes	Riziculture avec lame d'eau	Arachide	Maïs		
	Paillage	Paillage de résidus	Pailles de riz	Pailles de typha	Paillage sur pépinière	Coques d'arachides
	Approvisionnement en matière organique	Ramassage de bouses de vache	Fumier de volaille	Contrat de parcage avec les éleveurs	Parcage rotatif	
	Biopesticides	Neem	Lasso	Cendres	Urines de vaches	
	Gestion efficace des nématodes	Culture de manioc	Culture de riz	Epandage cendres nématodes	Intégration de l'arachide dans la rotation	Crotalaire

Tableau 2 : Pour construire la boîte à innovations, les voies d'innovation ont été complétées avec 4 à 5 options lors du second jour d'atelier (source : Santé et territoires, compte rendu d'atelier et de mission, Dakar, octobre 2023)

L'atelier s'est déroulé sur plusieurs jours, durant lesquels les participants ont exploré les voies d'innovation et les options pour les mettre en œuvre. Le tableau ci-dessous présente la progression de la réflexion collective au fil des sessions. Les éléments en noir correspondent à celles identifiées lors de la première journée d'échanges, tandis que les éléments en rouge ont été ajoutés au fur et à mesure des discussions entre les participants et les accompagnateurs du CIRAD.

Cette représentation met en évidence non seulement les pistes d'innovation et leurs modalités de mise en œuvre, mais aussi l'évolution de la réflexion tout au long de cet atelier participatif. Elle illustre comment les échanges et l'expertise partagée ont enrichi et affiné les propositions initiales.

L'analyse des voies d'amélioration proposées lors des ateliers reflète les défis majeurs auxquels sont confrontés les producteurs de la zone du delta du fleuve Sénégal. Ces problématiques incluent la diminution des ressources forestières, la réduction des périodes de jachère, les difficultés d'approvisionnement en engrais (notamment organiques), la gestion de l'eau - qui est au cœur des enjeux de cette région - et le stress salin, qui impacte à la fois les cultures et la santé des sols.

Au fil des ateliers, on constate une évolution dans les options proposées pour chaque voie d'amélioration. Cette diversification des solutions permet aux producteurs de choisir les leviers les plus adaptés à leur situation spécifique, en tenant compte de leur contexte de production, de leur organisation et de leurs objectifs particuliers. Un aspect notable de cette démarche est que la majorité des solutions ont été suggérées par les participants eux-mêmes. Cette approche participative présente l'avantage de garantir une certaine faisabilité économique et logistique des pratiques proposées, car elles sont souvent déjà connues et parfois même mises en œuvre dans la région. Cette connaissance du terrain et des réalités locales par les producteurs contribue à l'identification de solutions pragmatiques et potentiellement plus durables.

L'apport de fertilisation organique et de matière organique, par exemple, est un enjeu crucial dans cette zone. Les participants ont pu proposer des méthodes innovantes d'obtention de ces ressources *via* les contrats de parcs, le parcage rotatif (pour les agro-éleveurs) et la fabrication de compost. De même, pour faire face à la baisse des ressources forestières, des pratiques d'agroforesterie ou de reboisement spécifiques à la région ont pu être discutées, notamment en introduisant des arbres fertilisants et des arbres fruitiers (permettant une diversification des revenus). Cette approche participative et évolutive dans l'identification des solutions permet non seulement de répondre aux défis actuels, mais aussi de s'adapter aux changements futurs, en s'appuyant sur l'expertise et l'expérience des acteurs locaux.

Cependant, l'analyse des voies d'amélioration ne devrait pas se limiter aux seuls aspects techniques et agronomiques. En effet, intégrer la dimension économique est fondamentale pour l'adoption de ces solutions par les producteurs et leur ancrage dans le marché.

Il est important de savoir si les producteurs peuvent effectivement tirer un bénéfice économique des solutions proposées. Par exemple, l'adoption de pratiques agroforestières ou la fabrication de compost impliquent des investissements en temps et en ressources. Il faudrait analyser si ces pratiques génèrent suffisamment de valeur ajoutée au niveau de la préservation des sols, pour justifier de tels investissements.

Les politiques publiques actuelles pourraient nécessiter des ajustements pour mieux accompagner ces transitions. Cela pourrait inclure :

- Des subventions pour l'achat d'intrants organiques et minéraux ou pour la mise en place de systèmes agroforestiers
- Des programmes de formation et d'accompagnement technique
- Des incitations fiscales pour les pratiques agricoles durables

Il serait également pertinent d'examiner comment les politiques commerciales peuvent soutenir ces nouvelles pratiques. Par exemple :

- Faciliter l'accès aux marchés pour les produits issus de pratiques durables
- Mettre en place des labels ou certifications pour valoriser ces produits
- Développer des filières de commercialisation adaptées aux produits agroforestiers
- Faciliter l'exportation de certains produits

Il est important de questionner la dimension économique que sous-tendent ces pistes de solutions. Quels retours sur investissement pour le producteur ? Quelle durabilité des pratiques innovantes sur les ressources en sol et en eau ? Quels rôle et implication de l'action publique dans cette transition ? En intégrant ces aspects économiques à l'analyse, on obtiendrait une vision plus complète et réaliste des perspectives d'adaptation pour les producteurs de la vallée du fleuve Sénégal. Cela permettrait également de mieux aligner les solutions techniques avec les réalités économiques et les besoins du marché, augmentant ainsi les chances d'adoption et de succès à long terme de ces pratiques durables.

Dans la troisième partie de cette étude nous nous efforcerons de comprendre le rôle des politiques publiques et leurs impacts sur la gestion et le renouvellement de la fertilité des sols dans le contexte sénégalais. Nous analyserons également la structuration des filières du marché des engrais en Afrique de l'Ouest pour comprendre leur impact sur les difficultés de régénération des sols dans la région.

- **Conclusion rives du fleuve Sénégal**

La vallée du fleuve Sénégal a connu une évolution marquée de ses pratiques agricoles suite à l'introduction d'aménagements hydrauliques et au développement de l'agriculture irriguée. Auparavant, la fertilité des sols était maintenue par les crues naturelles apportant des alluvions riches et par la vaine pâture des troupeaux, créant un équilibre agroécologique qui soutenait la production locale.

L'installation des barrages de Manantali et Diama a modifié ce système en altérant le régime des crues. Cette transformation a accru la dépendance à l'irrigation et aux intrants pour maintenir les rendements, notamment pour la riziculture. Ces changements ont affecté l'équilibre hydrique et chimique des sols, entraînant des problèmes de salinisation et de dégradation structurelle. Le drainage inadéquat dans les zones irriguées a aggravé ces difficultés, impactant la disponibilité en eau pour les plantes et l'activité biologique du sol.

L'expansion des cultures irriguées a également limité l'accès aux pâturages, perturbant les cycles de transfert de fertilité entre élevage et agriculture. Les pratiques ont évolué vers une utilisation accrue des résidus de culture pour la vente ou l'alimentation du bétail en stabulation, réduisant l'apport de matière organique aux sols.

Les engrais minéraux sont devenus indispensables pour maintenir la productivité, mais leur coût et leur accessibilité posent des défis, particulièrement pour les petits exploitants. Parallèlement, l'usage des engrais organiques a diminué avec la réduction des pratiques traditionnelles. Des initiatives locales émergent pour promouvoir l'utilisation d'engrais organiques produits localement et réintroduire des pratiques agroécologiques, incluant le recyclage des résidus de culture et l'utilisation de légumineuses.

Pour faire face à ces enjeux, l'implication des acteurs locaux dans la recherche de solutions adaptées est essentielle. Les producteurs doivent être intégrés dans les initiatives de régénération de la fertilité des sols, en considérant leurs contraintes spécifiques. La collaboration entre producteurs, chercheurs et décideurs peut favoriser le développement de pratiques innovantes alliant savoirs traditionnels et nouvelles technologies pour restaurer la santé des sols et pérenniser la production agricole dans la vallée du fleuve Sénégal. Toutefois, les seuls aspects techniques et agronomiques ne sont pas suffisants pour l'élaboration de voies d'amélioration du renouvellement de la fertilité des sols. Il est essentiel d'analyser les contraintes économiques et de marché et de questionner le rôle et l'implication de l'état dans ces transitions.

CONCLUSION

La vallée du fleuve Sénégal et le bassin arachidier illustrent deux dynamiques distinctes, mais interconnectées dans l'évolution de la gestion de la fertilité des sols au Sénégal. Historiquement, ces régions ont bénéficié de systèmes agraires traditionnels qui assuraient un équilibre durable entre agriculture et élevage.

Dans le bassin arachidier, cet équilibre reposait sur des rotations jachère-mil et l'intégration agriculture-élevage, permettant un renouvellement naturel de la fertilité des sols. Cependant, l'intensification agricole, motivée par l'essor de l'arachide à vocation industrielle, a conduit à une utilisation accrue des terres et à une réduction des périodes de jachère. Cette intensification a exercé une pression sur les ressources naturelles, rendant nécessaire l'adoption de pratiques agricoles plus résilientes.

Parallèlement, les rives du fleuve Sénégal ont vu leurs pratiques agricoles transformées par les aménagements hydrauliques visant à stabiliser les rendements rizicoles. Ces aménagements ont perturbé le système traditionnel basé sur les crues du fleuve et la vaine pâture, entraînant une dépendance accrue à l'irrigation et aux intrants agricoles. La salinisation des sols et la dégradation de leur structure sont devenues des enjeux majeurs, nécessitant des solutions innovantes pour restaurer la fertilité.

Dans les deux régions, le défi commun reste de concilier productivité agricole et renouvellement de la fertilité des sols. La croissance démographique et les changements climatiques exacerbent ces défis en augmentant la demande en terres cultivables tout en réduisant la disponibilité en ressources naturelles. Les pratiques agricoles intensives ont conduit à une érosion des savoirs traditionnels sur la gestion durable des sols. Cette situation a entraîné une dépendance accrue aux engrais minéraux, dont l'accès reste limité pour de nombreux producteurs en raison de leur coût élevé.

Pour faire face à ces défis, il est essentiel d'identifier des leviers d'action adaptés à chaque zone. Dans le bassin arachidier, cela pourrait inclure la réintroduction de pratiques agroécologiques telles que l'agroforesterie et le recyclage des résidus de culture pour améliorer la matière organique du sol. La diversification des cultures et l'intégration renforcée entre agriculture et élevage pourraient également contribuer à restaurer l'équilibre écologique. Dans la vallée du fleuve Sénégal, promouvoir l'utilisation d'engrais organiques produits localement et renforcer la gestion intégrée de l'eau sont des voies prometteuses pour restaurer la fertilité des sols tout en préservant les ressources hydriques. L'implication active des acteurs locaux dans ces processus est cruciale pour garantir que les solutions soient adaptées aux réalités socio-économiques et environnementales spécifiques.

En conclusion, la gestion de la fertilité des sols dans ces deux zones nécessite une approche intégrée qui combine savoirs traditionnels et innovations modernes et perspectives économiques. La collaboration entre producteurs, chercheurs et décideurs est essentielle pour développer des pratiques agricoles résilientes capables de répondre aux défis actuels tout en préservant les ressources naturelles.

BIBLIOGRAPHIE

- Adams, W. M. (1993). Indigenous use of wetlands and sustainable development in West Africa. *Geographical journal*, 209-218. <https://doi.org/10.2307/3451412>
- Adjamagbo, A., Delaunay, V., Lévi, P., & Ndiaye, O. (2006). Comment les ménages d'une zone rurale du Sénégal gèrent-ils leurs ressources ? *Études rurales*, (177), 69-90. <https://doi.org/10.4000/etudesrurales.8278>
- Audouin, É., Vayssières, J., Bourgoïn, J., & Masse, D. (2018). Chapitre 17. Identification de voies d'amélioration de la fertilité des sols par atelier participatif. In V. Delaunay, A. Desclaux, & C. Sokhna (Eds.), *Niakhar, mémoires et perspectives*. IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.31712>
- Banque mondiale, 2015, *Etude Diagnostique de la Chaîne de valeurs arachide au Sénégal. Proposition de réformes*. 87p
- Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa, B., & Kimetu, J. (2007). Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agricultural Systems*, 94(1), 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.08.011>
- Boivin, P., Brunet, D., Gascuel-Odoux, C., Zante, P., & Ndiaye, J. P. (1995). Les sols argileux de la région de Nianga-Podor : répartition, caractéristiques, aptitudes et risques de dégradation sous irrigation. In P. Boivin et al. (Eds.), *Nianga, Laboratoire de la Culture Irriguée : Atelier ORSTOM-ISRA, Saint-Louis 19–21 oct 1993* (pp. 67–81). ORSTOM. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/colloques2/010006477.pdf
- Boutillier, J. L., (1962). *La moyenne vallée du Sénégal:(étude socio-économique)*. Ministère de la coopération, INSEE servicé de coopération. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers13-03/38198.pdf
- Bruckmann, L. (2016). L'intégration des zones inondables dans la gestion de l'eau et le développement de l'irrigation d'une vallée fluviale sahélienne. Le cas des terres de décrue de la moyenne vallée du Sénégal (Doctoral dissertation, Université Paris Diderot (Paris 7) Sorbonne Paris Cité). <https://theses.hal.science/tel-01494483v2/document>
- Bruckmann, L. (2018). Crue et développement rural dans la vallée du Sénégal : entre marginalisation et résilience. *Belgeo*, (2). <https://doi.org/10.4000/belgeo.23158>
- Charollais, M., & Weber, V. (1994). Évolution des sols irrigués dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. *Sodisation et alcalinisation. Mémoire de fin d'études EPFL, Département de Génie Rural, IATE, Option Pédologie*, 46. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-06/010019584.pdf
- Chevallier, T., Razafimbelo, T. M., Chapuis-Lardy, L., & Brossard, M. (Eds.). (2020). *Carbone des sols en Afrique. Impacts des usages des sols et des pratiques agricoles*. Rome/Marseille FAO/IRD, 268p <https://doi.org/10.4060/cb0403fr>

- Clavel, D., Baradat, P., Khalfaoui, J. L., Drame, N. K., Diop, N., Diouf, O., & Zuily Fodil, Y. (2007). Adaptation à la sécheresse et création variétale : le cas de l'arachide en zone sahélienne : deuxième partie: une approche pluridisciplinaire pour la création variétale. https://agritrop.cirad.fr/543536/1/document_543536.pdf
- Cochet, H., Ducourtieux, O., & Garambois, N. (2019). *Systèmes agraires et changement climatique au Sud* (p. 282). Éditions Quae. <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/23968/1/1006167.pdf>
- Cogny C., 2008. Analyse-diagnostic du système agraire dans la communauté rurale de Malicounda, Sénégal. Mémoire de fin d'étude, UFR Agriculture comparée et Développement agricole. Paris : AgroParisTech, 74 p.
- Comas, J., & Gómez MacPherson, H. (2002). La culture du sorgho de décrue en Afrique de l'Ouest et du Centre. AECI/FAO.
- Dahou, T. (2008). Introduction : Les réformes de libéralisation agricole au Sénégal. *Liberalisation et politique agricole au Senegal Dakar and Paris, edited by Tarik Dahou*, 5-24. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/2022-07/010057607.pdf
- Delaunay, V., Deschamps-Cottin, M., Bertaudière, V., Vila, B., Oliveau, S., Dos Santos, S., ... & Lalou, R. (2009, September). Dynamique démographique et dynamique du parc agroforestier à Faidherbia albida (Del.) A. Chev. en pays Serer (Sob, Sénégal). In *XXVth International Population Conference*. <https://hal.science/hal-01140561/document>
- Dupriez, H., & Leener, P. D. (1993). Trees and multi-storied agricultural systems of Africa. 280-pp. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/19950616935>
- Duteurtre G. et Dieye P.N. (coord.), 2008 : « Les organisations interprofessionnelles agricoles au Sénégal : de nouveaux outils de régulation des marchés ? », Bureau d'analyses macro-économiques de l'Institut sénégalais de recherches agricoles (Isra-Bame), Dakar, 192 p. http://www.bameinfopol.info/IMG/pdf/Etude_BAME_Interprofessions_VF-3.pdf
- Fall, S. T., Kanfany, G., Diack, O., Serba, D. D., Diao, Y., Sy, O., ... & Kane, N. A. (2021) 18. Genetic Improvement of Pearl Millet in Senegal: Past, Present and Future Prospects. *Crop Adaptation and Improvement for Drought-Prone Environments*, 465. <https://agritrop.cirad.fr/604091/1/ID604091.pdf#page=488>
- FAO, 2002. Quatorzième Réunion du Sous-Comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres, Abomey, Bénin, 9-13 octobre 2000. <https://www.fao.org/4/y3948f/y3948f07.htm>
- FAO. 2021. *Évaluation des ressources forestières mondiales 2020 : Rapport principal*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9825fr>
- FAO. 2023. Technical guidelines on soils for nutrition – Sustainable soil management for nutrition-sensitive agriculture. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc5069en>.

- Faye, J. (2008). Land and decentralisation in Senegal (Vol. 149). IIED.
<https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/12550IIED.pdf>
- Gangneron, F., Pierre, C., Robert, É., Saqalli, M. et Codiat, J. (2024). La baisse de la fertilité des champs dans le bassin arachidier du Sénégal à l'aune de la cohésion sociale. *Mondes en développement*, n° 205(1), 93-114. <https://doi.org/10.3917/med.205.0093>.
- Garambois, N., El Ouaamari, S., Fert, M. et Radzik, L. (2018). Politique hydro-agricole et résilience de l'agriculture familiale Le cas du Delta du fleuve Sénégal. *Revue internationale des études du développement*, N° 236(4), 109-135. <https://doi.org/10.3917/ried.236.0109>.
- Garambois, N., El Ouaamari, S., Fert, M., Radzik, L., & Labetoulle, T. (2019). Chapitre 5 : Sécheresse, grande hydraulique et modèles de développement : delta du fleuve Sénégal. In *Systèmes agraires et changement climatique au Sud : les chemins de l'adaptation* (pp. 147-182). Quae. <https://www.academia.edu/download/88188503/21087.pdf#page=160>
- Garambois, N., Le Goff, U., & Thibaudeau, L. (2018a). Chapitre 1 : Sécheresse et ajustement structurel, une double adaptation : bassin arachidier sénégalais. In *Systèmes agraires et changement climatique au Sud : les chemins de l'adaptation* (pp. 23-52). Quae. <http://books.openedition.org/quae/21087>. ISBN : 9782759230273.
- GRDR. (2014). Atlas de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Retrieved from https://www.grdr.org/IMG/pdf/grd-_atlas_mvfs_80_pages_bd-3.pdf
- Grillot, M., Guerrin, F., Gaudou, B., Masse, D., & Vayssières, J. (2018). Multi-level analysis of nutrient cycling within agro-sylvo-pastoral landscapes in West Africa using an agent-based model. *Environmental Modelling & Software*, 107, 267-280. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.05.003>
- Lahbib, M., Sasson, A., & Renaut, J. (1981). Fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par des Légumineuses cultivées au Mali. *Cahiers ORSTOM. Série Biologie*, 43, 33-44.
- Lamagat, J.-P., Vauchel, P., & Guiguen, N. (1999). Programme d'optimisation de la gestion des réservoirs : phase 2 : tome 3. Mise en eau du lit majeur. Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS) ; Institut de Recherche pour le Développement (IRD).. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-06/010051292.pdf
- Lavigne Delville, P. (1991). La rizière et la valise: irrigation, migration et stratégies paysannes dans la vallée du fleuve Sénégal.
- Le Roy, X. (2008). Le sorgho de décrue dans la vallée du Sénégal. In E. Mollard & A. Walter (Eds.), *Agricultures singulières* (pp. 33–38). IRD. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010044503.pdf
- Leclerc, B. (2012). Rôles des matières organiques dans le sol. CRA PACA, Maison des Agriculteurs. https://paca.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/FAL_commun/publications/Provence-Alpes-Cote_d_Azur/agriculture_biologique/role_des_matières_organiques_2012.pdf

- Lericollais, A. (1970). La détérioration d'un terroir Sob, en pays Sérère (Sénégal). *Études rurales*, (37/39), 113-128. https://www.persee.fr/doc/rural_0014-2182_1970_num_37_1_1519
- Lericollais, A. (1972). Sob: étude géographique d'un terroir sérère (Sénégal) (No. 7). IRD Éditions.
- Lericollais, A. (1974). Peuplement et migration dans la vallée du fleuve Sénégal. *Cahiers ORSTOM»-Série Sciences Humaines*, XII, (2), 131. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers18-07/07467.pdf
- Lericollais, A. (1999). *Paysans sereer: dynamiques agraires et mobilités au Sénégal*. IRD Éditions. DOI : 10.4000/books.irdeditions.15828.
- Lericollais, A., & Schmitz, J. (1984). La calebasse et la houe. *Techniques et outils des cultures de décrue dans la vallée du Sénégal. Cahiers ORSTOM, série Sciences Humaines XX*, 427-452. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_4/sci_hum/19369.pdf
- Lericollais, A., & Waniez, P. (1993). Les terroirs africains : approche renouvelée par l'emploi d'un système d'information géographique. *Mappemonde*, 30(2), 31-36. https://www.persee.fr/doc/mappe_0764-3470_1993_num_30_2_1068
- Maffray, H. (2014). Étude des relations de genre intégrée dans l'évaluation des performances des unités d'exploitation : cas de la société sereer dans l'ancien bassin arachidier au Sénégal [Unpublished master's thesis]. ISTOM - École Supérieure d'Agro-Développement International.
- Masse, D., Lalou, R., Tine, C., Ba, M., & Vayssières, J. (2018). Chapitre 16 : Les trajectoires agricoles dans le Bassin Arachidier au Sénégal : éléments de réflexion à partir de l'observatoire de Niakhar. In *Niakhar : mémoires et perspectives* (pp. 311-332). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.31687>.
- Mbaye, M., Faye, E., Toure, M. A., & Ba, A. (2023). Identification des caractéristiques techniques des systèmes de culture et de stockage d'oignon (*Allium cepa* L.) de la vallée du fleuve Sénégal : Identification of technical characteristics of onion (*Allium cepa* L.) growing and storage system in Senegal river valley. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 17(5), 1832-1848. DOI: 10.4314/ijbcs.v17i5.5
- Ndiaye, B., Molénat, J., Ndoeye, S., Boivin, P., Cheverry, C. & Gascuel-Oudoux, C. (2008). Modélisation du transfert de l'eau et des sels dans les casiers rizicoles du Delta du fleuve Sénégal. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 21(3), 325–336. <https://doi.org/10.7202/018778ar>
- Ndour, Y. B., Sall, S. N., Loum, M., Diouf, A., Wélé, A., Ndiaye, O., Masse, D., & Chapuis-Lardy, L. (2020). Chapitre 8. Dynamique de stockage du carbone dans les sols du Sénégal. In T. Chevallier, T. M. Razafimbelo, L. Chapuis-Lardy, & M. Brossard (éds.), *Carbone des sols en Afrique* (1-). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.35002>
- Pélissier, P. (1953). Les paysans Sérères : Essai sur la formation d'un terroir du Sénégal. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 6(22), 105-127. <https://doi.org/10.3406/caoum.1953.1846>

- Pieri, C. (1989). *Fertilité des terres de savanes : Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara*. CIRAD-IRAT. <https://agritrop.cirad.fr/375686/>
- Pieri, C. (1991). Les bases agronomiques de l'amélioration et du maintien de la fertilité des terres de savanes au sud du Sahara. *Oléagineux*, 46(5), 211-222. <http://agritrop.cirad.fr/417522/1/ID417522.pdf>
- Ramisch J.J.(2005). Inequality, agro-pastoral exchanges and soil fertility gradients in southern Mali. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 105(1–2), 353–372 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.02.001>
- Roupsard O., Audebert A., Ndour A.P., Clermont-Dauphin C., Agbohessou Y., Sanou J....& Leroux L.(2020) How far does the tree affect the crop in agroforestry? New spatial analysis methods in a Faidherbia parkland. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 296(106928). <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106928>
- Santés et territoires, compte rendu d'atelier et de mission, Dakar, Co-conception d'idéotypes de systèmes de production innovants dans le Living Lab de Mbane octobre 2023
- Schiess, S., Boivin, P., Pury, D. P., & Vedy, J. C. (1995). Alcalinisation des sols irrigués dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal: Diagnostique par évaluation du stock de carbonates. *Travail pratique de diplôme, EPFL (école Polytechnique Fédérale de Lausanne) Département de Génie Rural IATE-Pédologie*.
- Schilling, R. (1999). Synthèse des acquis de la recherche arachidière au Sénégal : Application au développement (Documents de travail du CIRAD-CA, 2-99). CIRAD-CA. <https://agritrop.cirad.fr/300717/>
- Sidibé, S., Williams, T. O., & Kolavalli, S. (2016). Flood Recession Agriculture for Food Security in Northern Ghana: Literature Review on Extent, Challenges, and Opportunities. GSSP Working Paper 42. IFPRI.
- Sy, B. A. (2008). Milieux, sécheresse climatique et érosion éolienne: étude géomorphologique du Sahel sénégalais (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat d'État, Université Gaston Berger de Saint-Louis. Section de géographie, 429p).Thèse de Doctorat d'État ès lettres et Sciences humaines, Université Gaston Berger de Saint-Louis, 408 + XVIII p.
- Tounkara A., Sarr S.A.R.R.Ndiaye M.Senghor Y.Camara B.(2022) Renouvellement de la fertilité des sols dans les systèmes de culture à base de mil du Bassin Arachidier du Sénégal: Evolution et voies d'amélioration.**African & Mediterranean Agricultural Journal*,*137(139–161) <https://doi.org/10.34874/IMIST.PRSM/afirmed-i13736811>
- Tounkara A.Sarr S.A.R.R.Ngom C.A.B.Ndiaye N.Faye M.D.(2023) La microdose: une technologie de fertilisation pour une gestion durable des terres et d'amélioration des rendements maraîchers dans le Bassin Arachidier au Sénégal.**Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*,*11(1),59–63. https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes_IAPH2/article/view/1308/1710

UPA, 2017 Programme de coopération volontaire pour un entrepreneuriat agricole innovant et durable
SÉNÉGAL Portrait-diagnostic de la santé des sols agricoles mai à juillet 2017, réseau Agro Inov.
Affaires mondiales Canada.

Axe 3a : Cartographie des flux du marché des engrais en Afrique de l'Ouest de 1990 à 2022

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	118
1. L'AZOTE PILIER DE LA FERTILITE : ENTRE DEPENDANCE ET VOLONTE DE SOUVERAINETE	121
2. LE ROLE CROISSANT DES PHOSPHATES : UN ATOUT STRATEGIQUE EN PLEINE EMERGENCE	129
3. LA POTASSE : SYMBOLE DE LA DEPENDANCE DE L'AFRIQUE DE L'OUEST AUX IMPORTATIONS EXTERIEURES.....	137
CONCLUSION	145
BIBLIOGRAPHIE.....	147

INTRODUCTION

La CEDEAO (communauté économique des Etats d'Afrique de l'Ouest) a développé une stratégie régionale visant à améliorer l'accès et l'utilisation des engrais en Afrique de l'Ouest. Cette politique cherche à équilibrer l'offre et la demande d'intrants agricoles pour soutenir les agriculteurs de la région. Les objectifs principaux sont :

- Augmenter la disponibilité d'engrais adaptés aux conditions locales
- Assurer la distribution au bon moment dans le cycle agricole
- Promouvoir des formulations spécifiques aux différents sols et cultures

Cette approche vise à stimuler durablement la productivité agricole dans toute la région. En améliorant les rendements, la CEDEAO espère renforcer la sécurité alimentaire et nutritionnelle pour sa population en croissance. La stratégie s'inscrit dans le cadre plus large de la Politique agricole de la Communauté économique de l'Afrique de l'Ouest (ECOWAP) qui cherche à moderniser l'agriculture ouest-africaine. En ciblant les contraintes liées aux intrants, la CEDEAO s'attaque à un obstacle majeur à l'intensification agricole durable dans la région (Feed the future, 2022).

Carte 1 : Les 16 pays de l'Afrique de l'Ouest considérés dans cette étude (source : 123RF)



Afin de nourrir l'analyse et la mise en œuvre de cette stratégie, il nous semble important d'étudier l'évolution des flux d'engrais minéraux ainsi que la place de la région dans les échanges mondiaux. En présentant une cartographie de ces flux, nous cherchons à identifier les stratégies commerciales adoptées par certains pays de la zone, ainsi que les forces en présence, en tenant compte des opportunités propres à chacun. Ce travail permet aussi d'étudier les disparités entre les pays de la zone concernant leur autonomie en matière d'engrais afin d'évaluer les dépendances potentielles en engrais

des pays de la sous-région et d'explorer les possibilités futures d'une autonomie en éléments minéraux destinés à l'agriculture. Cette analyse vise à offrir une compréhension approfondie des dynamiques régionales et nationales qui influencent les flux d'engrais, tout en considérant les implications pour l'avenir de l'agriculture dans la région.

Pour cette partie, les flux d'éléments minéraux sont modélisés à l'aide de cartes. La zone étudiée est la sous-région d'Afrique de l'Ouest, comprenant 16 pays : Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Cap-Vert, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Libéria, Mali, Mauritanie, Niger, Nigeria, Sénégal, Sierra Leone et Togo.

- **Choix des données**

Dans un souci de précision, nous avons choisi de représenter les flux d'éléments minéraux "purs", plutôt que sous leur forme d'engrais commercialisés à partir de la base de données FaoSTat (2024). Ainsi, les données sont exprimées pour trois éléments essentiels et pour leur usage agricole : azote (N), phosphate (P), potasse (K).

Cette approche permet une analyse plus fine des flux réels de nutriments, indépendamment des formulations commerciales des engrais, offrant ainsi une perspective plus précise sur les cycles des éléments minéraux dans la région.

- **Méthodologie de représentation**

Pour une meilleure visualisation, les importations et exportations sont mises en perspective avec 7 grands ensembles géographiques créés spécifiquement pour cette étude. La composition détaillée de ces ensembles est fournie en annexe.

Ces cartes présentent pour chacun des éléments :

- Les importations de chaque pays de la sous-région ouest-africaine en provenance des ensembles prédéfinis, modélisées par des histogrammes à gauche des cartes.
- Les exportations de chaque pays de la sous-région ouest-africaine vers les ensembles prédéfinis modélisées par des flèches plus ou moins épaisses en fonction des volumes des flux.
- La consommation de chaque pays de la sous-région ouest-africaine, modélisée par un aplat de couleur de différente intensité en fonction des volumes consommés.

Dans un souci d'améliorer la lisibilité des cartes, les données de production d'éléments minéraux sont représentées sur des graphiques séparés. Cette approche permet au lecteur de se concentrer sur les flux d'engrais, qui constituent le thème principal de cette partie de l'étude

Cette analyse examine l'évolution des flux moyens annuels d'azote, de phosphore et de potassium entre l'Afrique de l'Ouest et le reste du monde sur une période de 30 ans, de 1990 à 2022. Les données sont présentées sous forme de cartes représentant trois décennies distinctes : 1990-2000, 2001-2011 et 2012-2022. Chaque carte illustre les flux moyens annuels, lissés sur une décennie.

En complément de ces cartes évolutives, nous comparerons le volume du marché ouest-africain des engrais par rapport au reste du monde en 2022. De plus, nous effectuerons un focus sur l'évolution des productions d'éléments minéraux dans chacun des pays de la sous-région (de 1961 à 2022) le détail étant disponible en annexe. Cette approche permettra d'observer les changements dans les flux d'engrais en Afrique de l'Ouest sur le temps long, tout en mettant en perspective la position du marché régional à l'échelle mondiale et les dynamiques de production au niveau national.

1 L'AZOTE PILIER DE LA FERTILITE : ENTRE DEPENDANCE ET VOLONTE DE SOUVERAINETE

Cette partie analyse les flux d'azote en Afrique de l'Ouest à partir de :

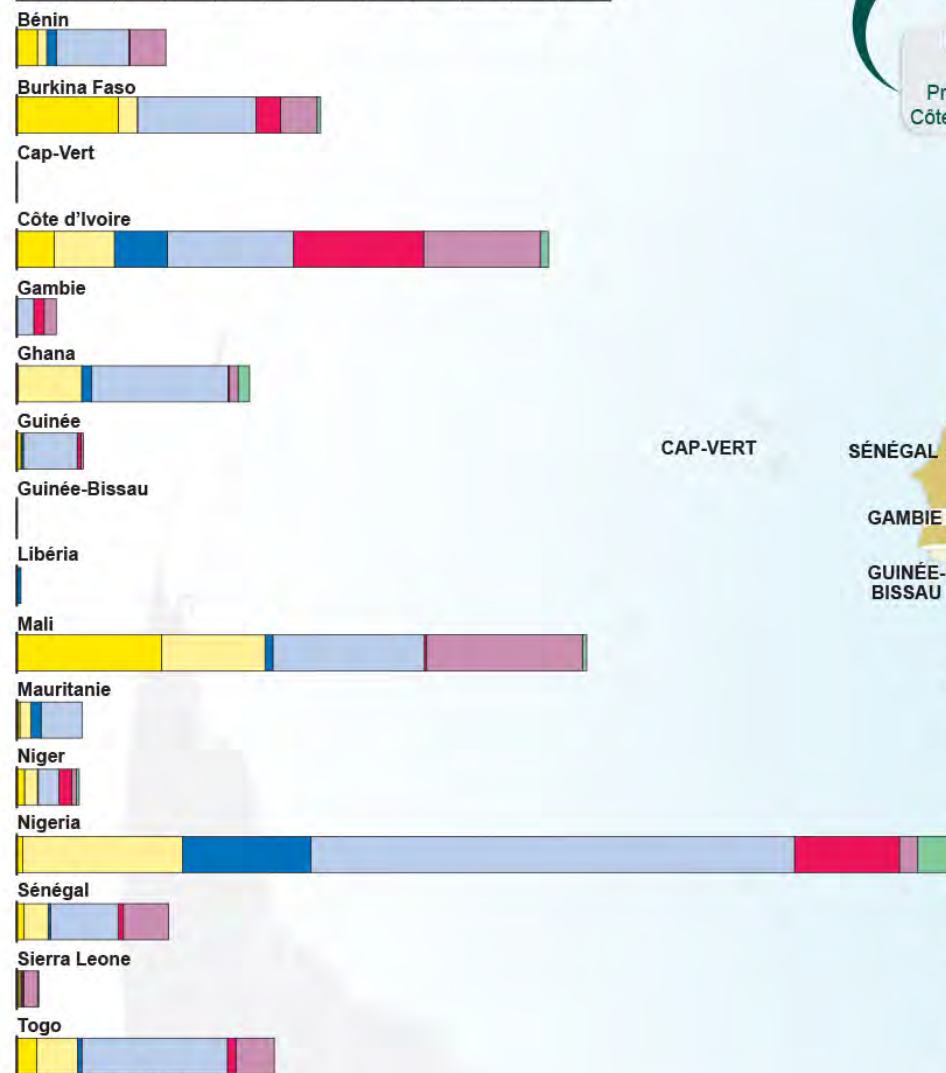
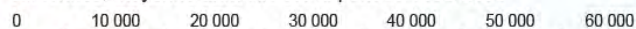
- Trois cartes illustrant les importations, exportations et consommation d'azote pour les périodes 1990-2000, 2001-2011 et 2012-2022.
- Un graphique montrant la production annuelle d'azote par pays ouest-africain de 1990 à 2022.
- 4 graphiques comparatifs situant l'Afrique de l'Ouest sur le marché international de l'azote.

L'Afrique de l'Ouest face au défi de l'azote : entre mastodonte nigérian et réexportations intra-régionales, quelle place de l'Europe ? (1990 - 2000)

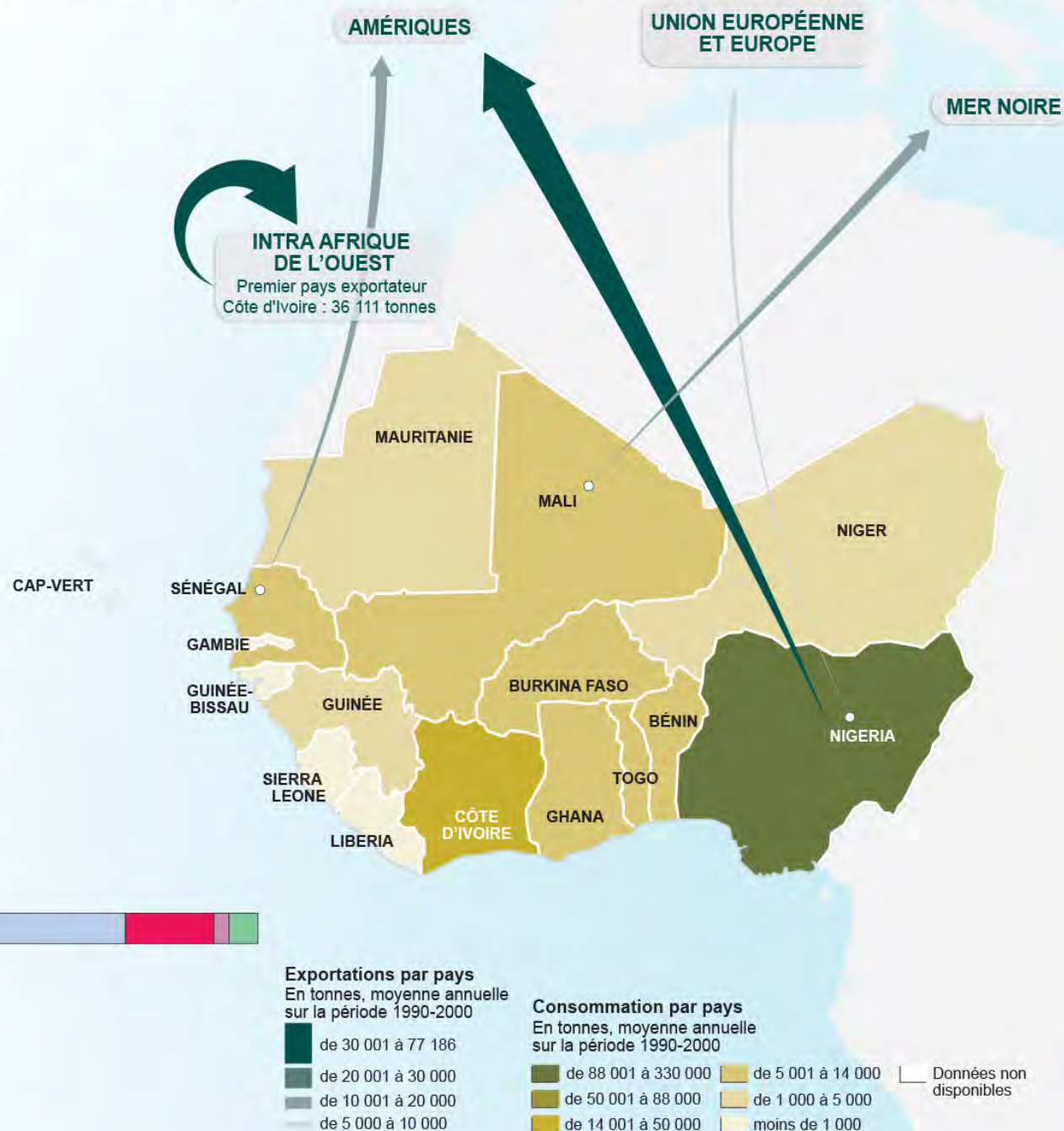
Importations d'azote des pays d'Afrique de l'Ouest
par zone de provenance



En tonnes, moyenne annuelle sur la période 1990-2000



Source: FaoStat, 2024

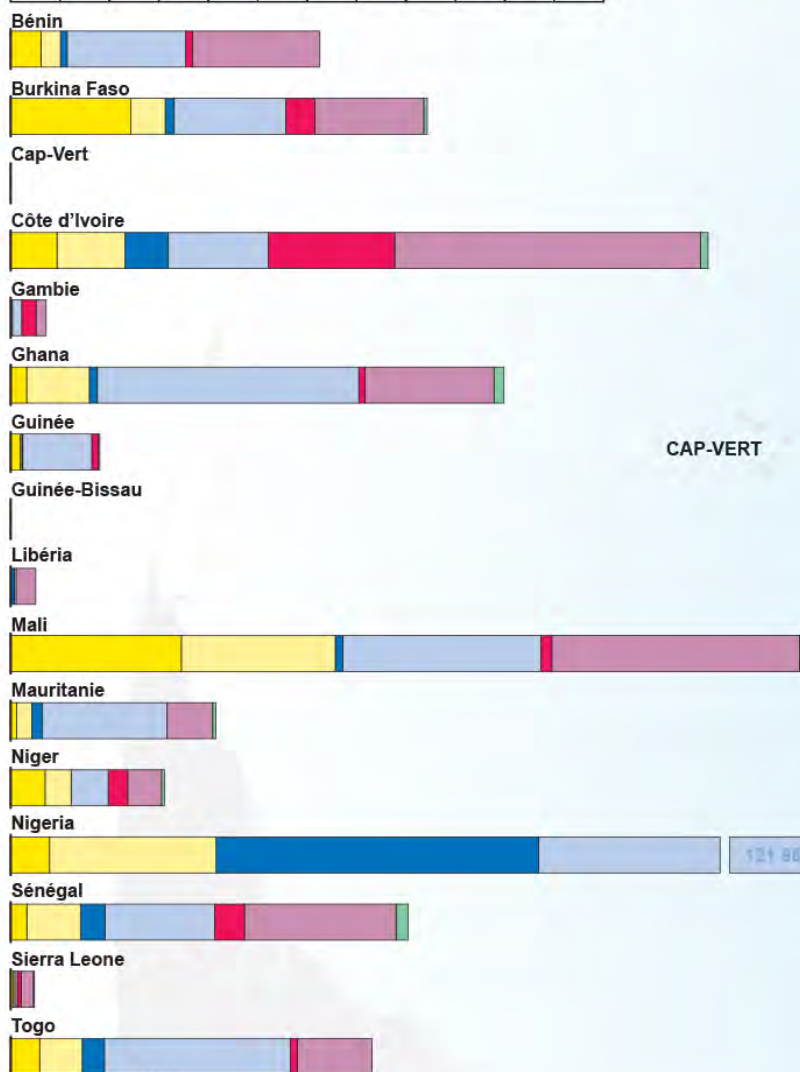
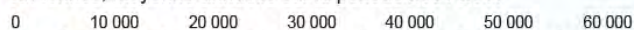


Face à l'intensification des flux : l'Afrique de l'Ouest peut-elle s'affranchir de sa dépendance croissante à l'azote européen et russe ? (2001-2011)

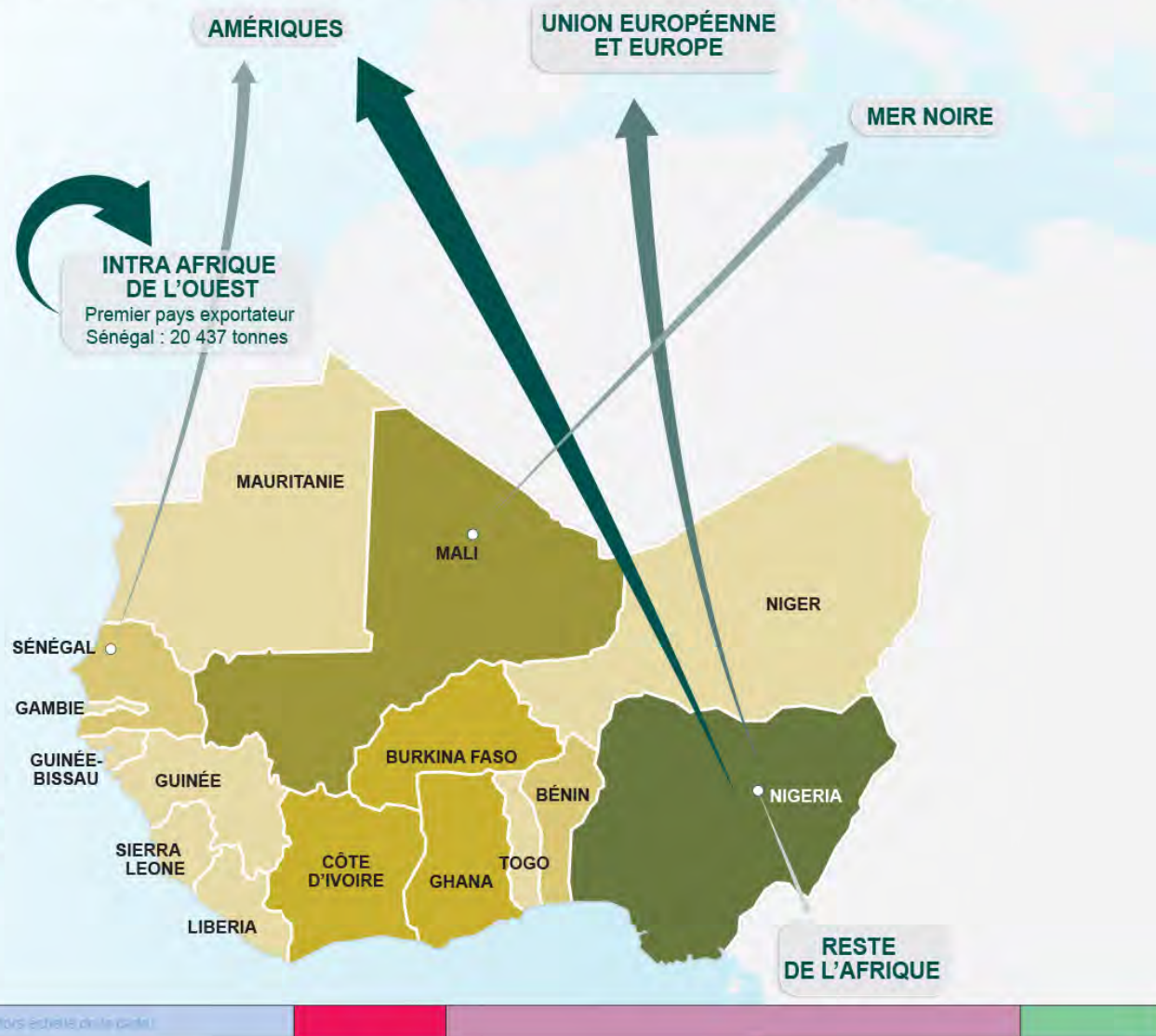
Importations d'azote des pays d'Afrique de l'Ouest
par zone de provenance



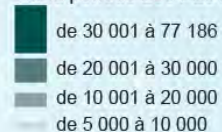
En tonnes, moyenne annuelle sur la période 2001-2011



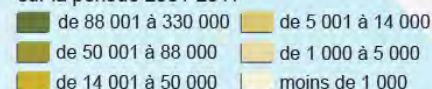
CAP-VERT



Exportations par pays
En tonnes, moyenne annuelle sur la période 2001-2011



Consommation par pays
En tonnes, moyenne annuelle sur la période 2001-2011



Données non disponibles

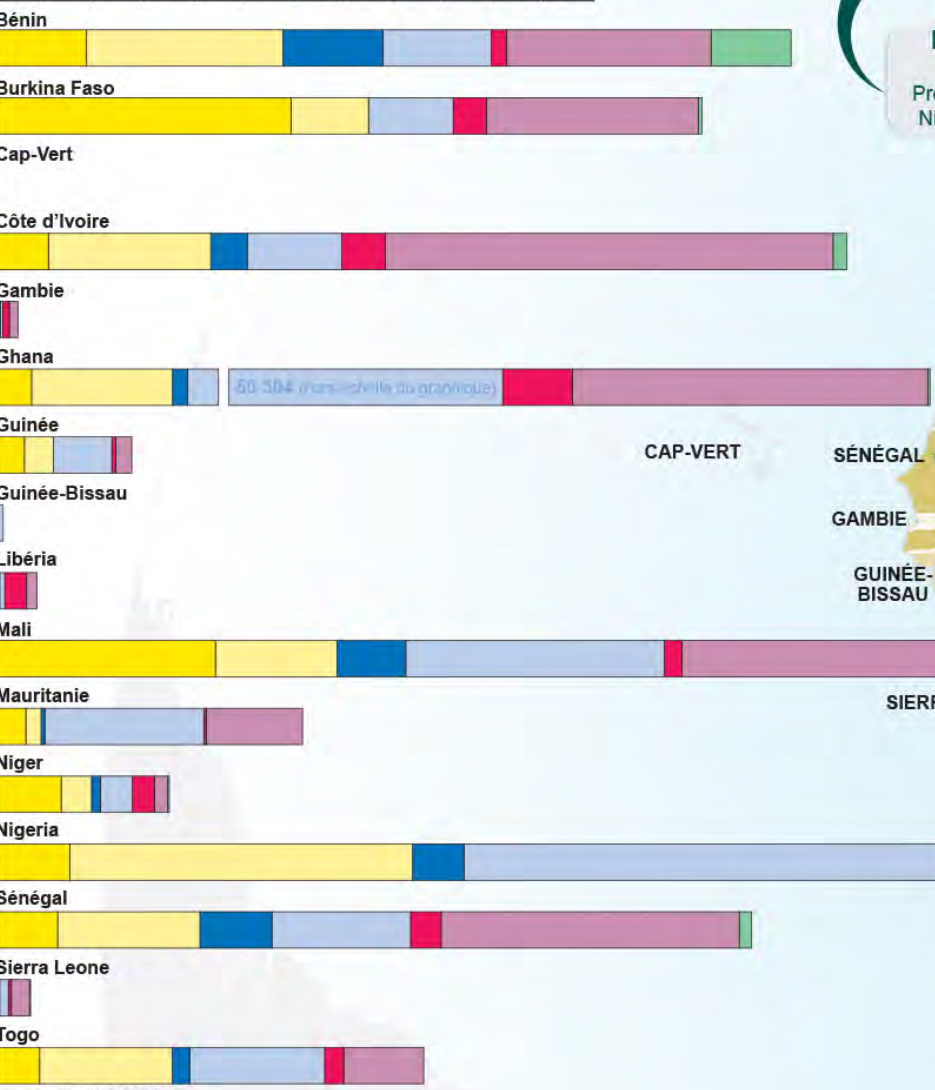
Source : FaoStat, 2024

Entre dynamisme du commerce et sécurisation de ses importations : quel avenir pour la souveraineté en azote de l'Afrique de l'Ouest ? (2012-2022)

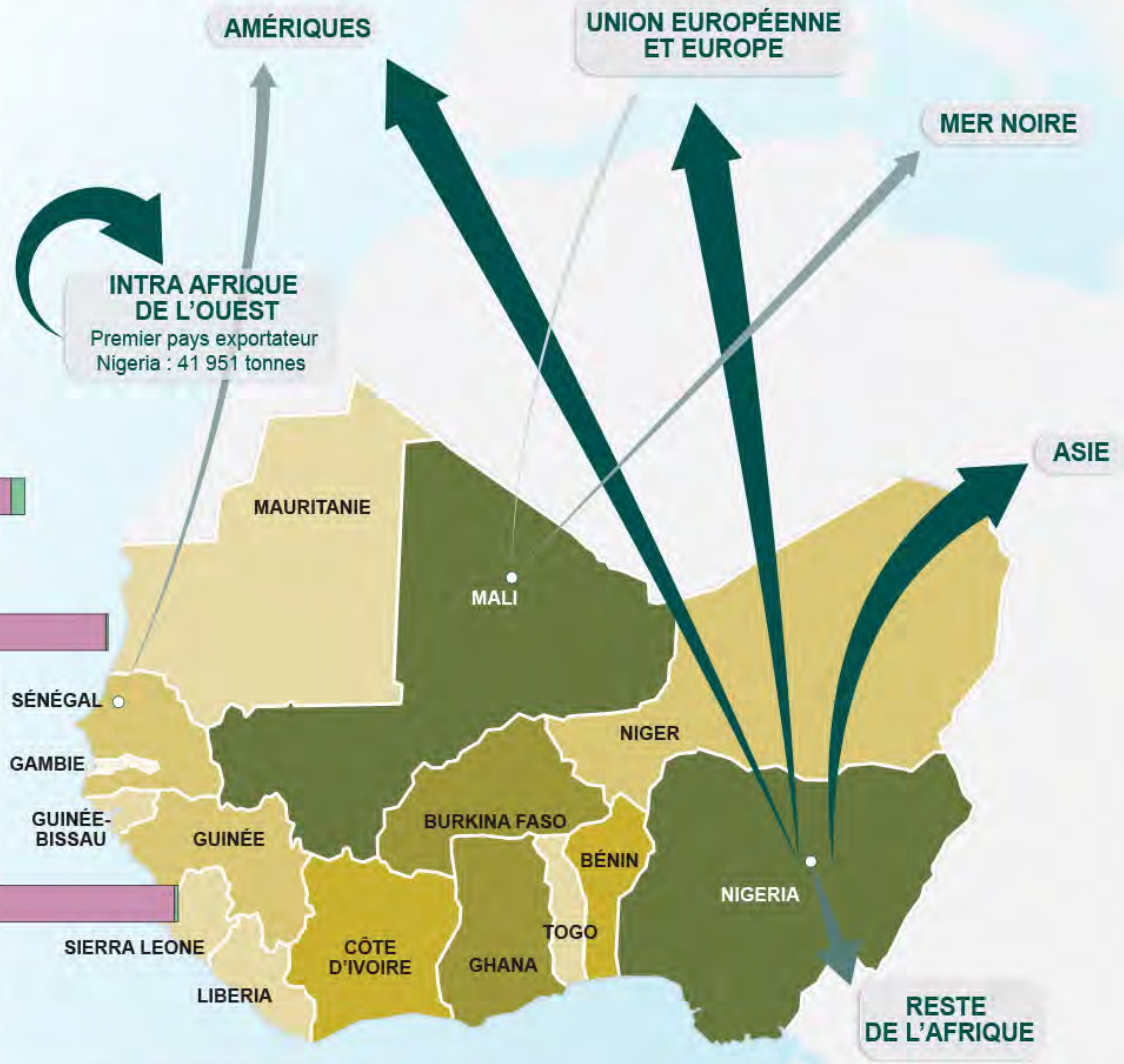
Importations d'azote des pays d'Afrique de l'Ouest
par zone de provenance



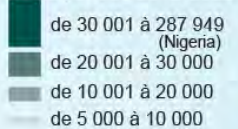
En tonnes, moyenne annuelle sur la période 2012-2022



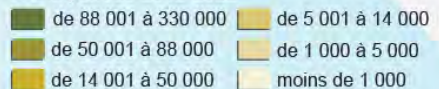
Source: FaoStat, 2024



Exportations par pays
En tonnes, moyenne annuelle
sur la période 2012-2022

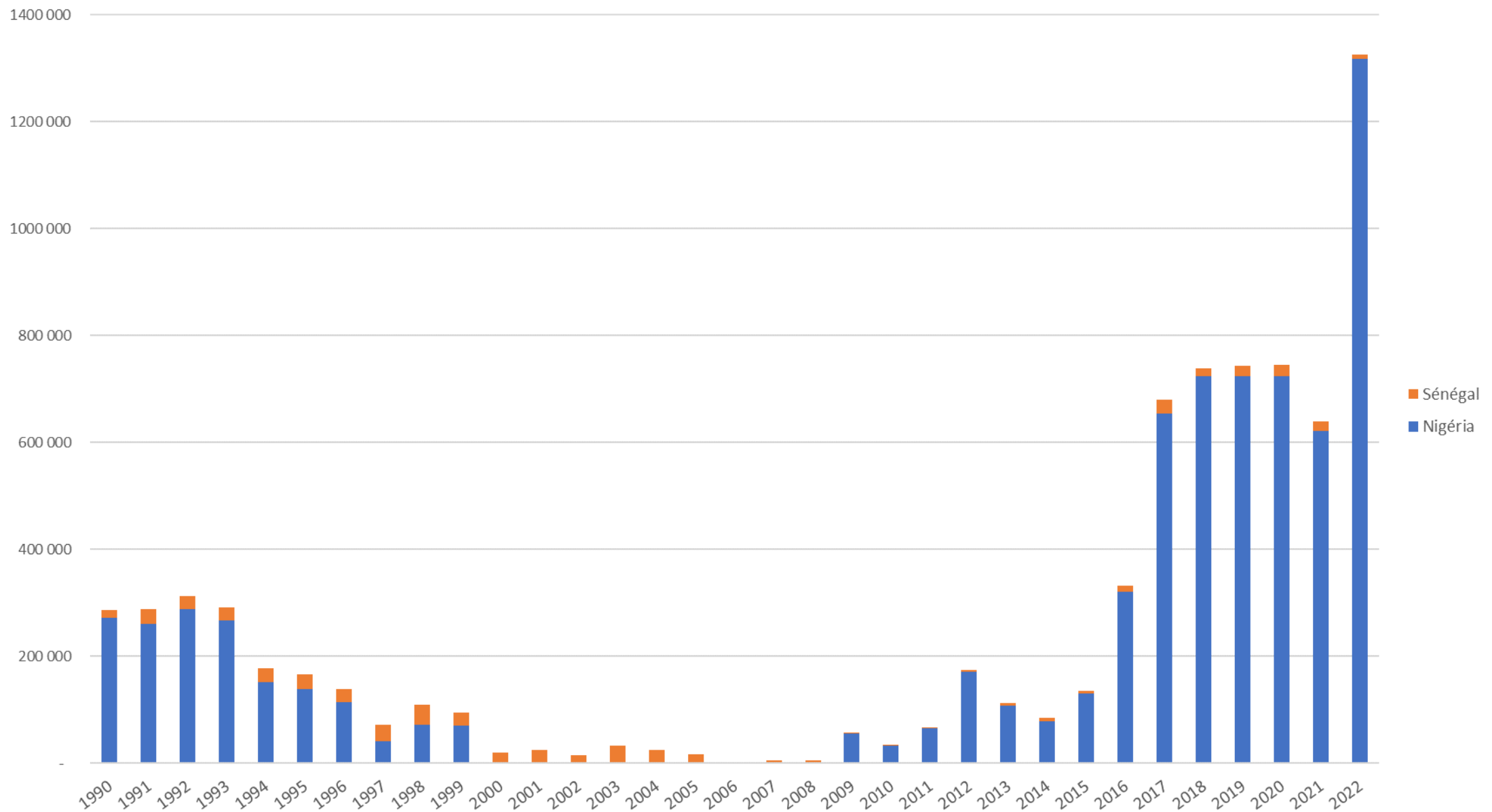


Consommation par pays
En tonnes, moyenne annuelle
sur la période 2012-2022

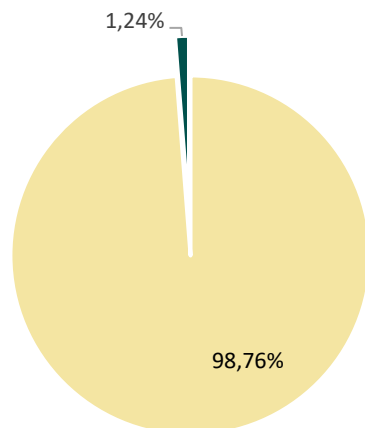


Données non disponibles



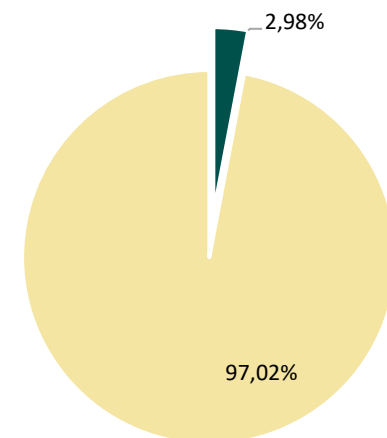


Graphique 1 : Une production annuelle d'azote en Afrique de l'Ouest concentrée dans deux pays, en tonnes (Source : FARM d'après FaoStat 2024)



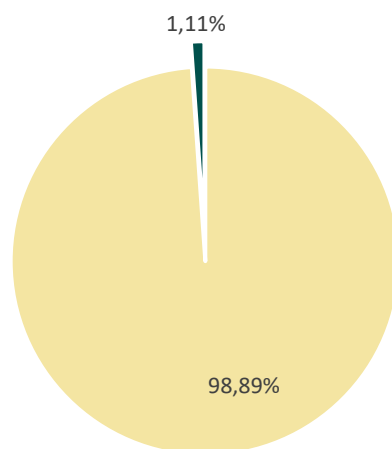
■ Reste du monde ■ Afrique de l'Ouest

Parts des importations d'azote d'Afrique de l'Ouest sur le marché international



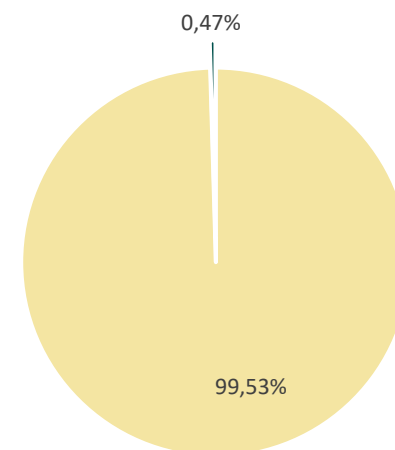
■ Afrique de l'Ouest ■ Reste du monde

Parts des exportations d'azote d'Afrique de l'Ouest sur le marché international



■ Reste du monde ■ Afrique de l'Ouest

Part de la production d'azote d'Afrique de l'Ouest



■ Monde ■ Afrique occidentale

Part de la consommation d'azote d'Afrique de l'Ouest

Graphique 2 : L'Afrique et l'azote dans le monde, 2022 (Source : FARM d'après les données de FaoStat 2024).

- **Interprétation des données**

La consommation d'azote en Afrique de l'Ouest a connu une augmentation constante depuis 1990, passant d'une moyenne annuelle de 253 279 tonnes par an à 677 306 tonnes dans la période 2012-2022. Cette croissance reflète une intensification des pratiques agricoles et une demande accrue en intrants azotés dans la région.

Les importations ont suivi une tendance similaire, augmentant de 345 016 tonnes par an dans les années 1990 à 815 015 tonnes dans la période 2012-2022. Cette hausse indique une dépendance croissante aux sources extérieures pour répondre aux besoins en azote de la région.

Les exportations ont également connu une croissance surtout dans la dernière décennie, passant de 129 843 tonnes par an dans les années 1990 à 585 805 tonnes dans la période 2012-2022. Cette augmentation suggère une amélioration des capacités de production et de distribution régionales ainsi qu'une intégration croissante sur le marché mondial de l'azote.

Malgré les augmentations importantes tant aux niveaux des importations que des exportations (graphique 2), l'Afrique de l'Ouest reste un acteur marginal à l'échelle internationale, représentant 1,2 % des importations mondiales d'azote et près de 3 % des exportations mondiales d'azote. Ces données soulignent à la fois les progrès réalisés par la région en termes de production et d'exportation, tout en indiquant le potentiel de développement futur dans ce secteur stratégique pour l'agriculture et l'industrie.

L'analyse des flux d'azote en Afrique de l'Ouest révèle une évolution significative des partenariats commerciaux au fil du temps. Dans la période initiale (1990-2000), l'Europe occupait une position dominante, représentant 43% des importations totales de la sous-région. Les cinq principaux pays importateurs d'Afrique de l'Ouest avaient l'Europe comme partenaire principal. On pourrait penser que cette relation commerciale serait liée à l'héritage post-colonial mais, sur les 1,6 millions de tonnes importées durant cette période, la France et la Grande-Bretagne ne contribuaient qu'à hauteur de 106 665 tonnes, soit seulement 6,6 %. En revanche, l'Albanie fournissant près de 20% des importations d'azote de l'Afrique de l'Ouest en provenance d'Europe. Cette répartition suggère que les opportunités de marché, plutôt que les liens historiques, dictaient la configuration des échanges.

La période suivante a vu une intensification notable des flux d'exportation, bien que la position de l'Afrique de l'Ouest sur le marché mondial soit restée relativement modeste. Les trois principaux exportateurs - Nigeria, Sénégal et Côte d'Ivoire - ont maintenu leur position, tandis que d'autres pays ont commencé à participer aux exportations, quoique dans une moindre mesure. Parallèlement, les importations ont connu une augmentation substantielle, marquée par un changement progressif de partenaires. L'Europe a vu son importance diminuer au profit de la Russie, qui est devenue un fournisseur majeur.

La période la plus récente semble indiquer un rééquilibrage des sources d'importation. L'azote russe a pris une place prépondérante, réduisant la part de l'azote européen. Néanmoins, cette évolution pourrait être interprétée comme une stratégie de diversification des partenaires commerciaux, visant à réduire les risques d'approvisionnement. Cette tendance soulève des questions sur les motivations sous-

jaçentes de ces changements et sur les implications à long terme pour la sécurité alimentaire et l'autonomie agricole de la région.

La production d'azote en Afrique de l'Ouest, quant à elle, s'est concentrée principalement autour de deux acteurs : le Nigeria et le Sénégal. Cette situation a été marquée par des variations significatives au fil du temps, révélant une répartition inégale des capacités de production dans la région. Un aspect surprenant de cette dynamique est l'interruption apparente de la production d'azote au Nigeria entre 2000 et 2008. Cette période a vu le Sénégal devenir le seul producteur régional, malgré une production relativement modeste.

L'absence de production d'azote au Nigeria entre 2000 et 2008 pourrait être expliquée par plusieurs facteurs. D'abord, la situation politique et sécuritaire dans le delta du Niger a eu un impact significatif sur l'industrie pétrolière, qui est étroitement liée à la production d'azote. Les conflits et les attaques visant les infrastructures pétrolières ont pu entraîner des interruptions de production, affectant également les usines d'engrais (Pérouse de Montclos, 2003). En outre, des problèmes de gouvernance et de gestion des ressources ont également pu jouer un rôle. Le Nigeria a souvent été confronté à des défis liés à la corruption et à une gestion inefficace des infrastructures, ce qui a pu entraver la capacité du pays à maintenir une production stable d'azote. Enfin, des fluctuations sur le marché mondial des engrais et des changements dans les politiques agricoles ont pu également limiter la production d'azote pendant cette période.

Ces tendances mettent en évidence plusieurs points clés :

- Une intensification générale de l'utilisation d'azote dans l'agriculture ouest-africaine, probablement liée à la croissance démographique et à la nécessité d'augmenter la productivité agricole.
- Une dépendance accrue aux importations, malgré l'augmentation des exportations (qui jusqu'à la dernière période 2012-2022 étaient majoritairement destinées au marché ouest-africain), ce qui soulève des questions sur la sécurité alimentaire et la vulnérabilité aux fluctuations du marché mondial.
- Une concentration persistante de la production dans quelques pays, ce qui crée des disparités régionales et des défis pour l'autosuffisance en azote.
- Une évolution des relations commerciales, avec une diversification des sources d'importation et des marchés d'exportation, notamment une réorientation partielle des flux commerciaux de l'Europe vers la région de la mer Noire.
- Un renforcement du commerce intrarégional, bien que celui-ci reste relativement limité par rapport aux échanges avec l'extérieur de la région. Jusqu'en 2011 la zone Afrique de l'ouest est le premier destinataire des exportations de l'Afrique de l'Ouest. Le Sénégal et la Côte d'Ivoire se positionnant comme premiers ré-exportateurs de la zone.
- Les conflits intrarégionaux et l'instabilité politique et financière ont un impact sur les capacités de production des principaux pays producteurs d'azote, dépendant en grande partie du secteur énergétique.

Bien que les données analysées ne nous permettent pas de visualiser directement les répercussions du conflit russo-ukrainien, nous pouvons pourtant nous interroger sur son impact concernant les importations croissantes d'azote en provenance de Russie vers l'Afrique de l'Ouest. Le conflit a probablement entraîné plusieurs conséquences significatives sur l'approvisionnement en azote des pays ouest-africains depuis 2022 :

- Une augmentation des prix : la guerre a entraîné une flambée des prix des engrais sur le marché mondial, rendant leur achat plus difficile pour les pays africains
- Des difficultés logistiques : les perturbations dans les chaînes d'approvisionnement et le transport maritime ont compliqué l'acheminement des engrais de la Russie vers l'Afrique de l'Ouest
- Une réduction de l'offre : l'interruption des exportations russes a limité la disponibilité des engrais azotés sur le marché international

Ces facteurs combinés ont vraisemblablement restreint l'accès des agriculteurs ouest-africains aux engrais azotés, ce qui pourrait entraîner des répercussions sur la productivité agricole et la sécurité alimentaire de la région (Telos, 2022).

Ces observations soutiennent la nécessité pour les pays d'Afrique de l'Ouest de développer des stratégies coordonnées pour améliorer leur production d'azote, de réduire leur dépendance aux importations et de renforcer la coopération régionale dans ce domaine crucial pour leur sécurité alimentaire et leur développement agricole.

2 LE ROLE CROISSANT DES PHOSPHATES : UN ATOUT STRATEGIQUE EN PLEINE EMERGENCE

Cette partie analyse les flux des phosphates en Afrique de l'Ouest à partir de ;

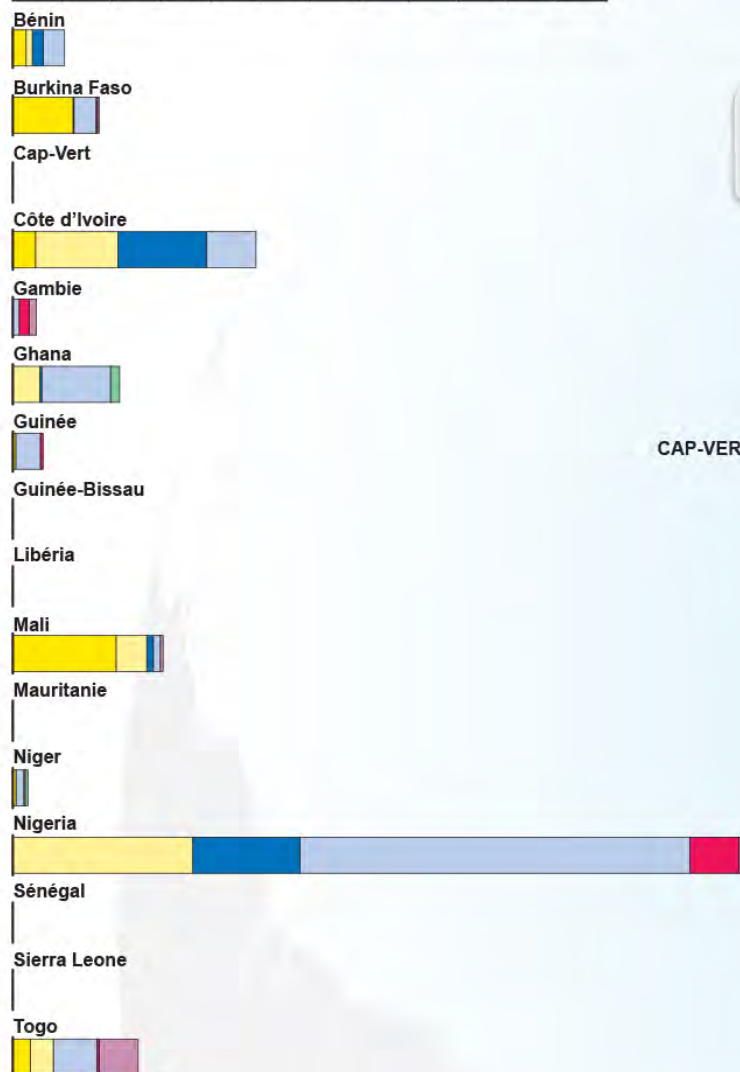
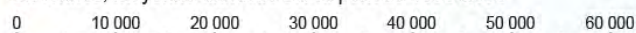
- Trois cartes illustrant les importations, exportations et consommation de phosphate pour les périodes 1990-2000, 2001-2011 et 2012-2022.
- Un graphique montrant la production annuelle de phosphate par pays ouest-africain de 1990 à 2022.
- 4 graphiques comparatifs situant l'Afrique de l'Ouest sur le marché international des phosphates.

Le potentiel inexploité des phosphates en Afrique de l'Ouest : un déséquilibre entre ressources et consommation (1990-2000)

Importations de phosphate des pays d'Afrique de l'Ouest
par zone de provenance



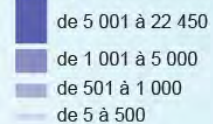
En tonnes, moyenne annuelle sur la période 1990-2000



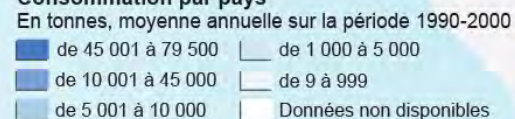
Source: FaoStat, 2024



Exportations par pays
En tonnes, moyenne annuelle
sur la période 1990-2000



Consommation par pays

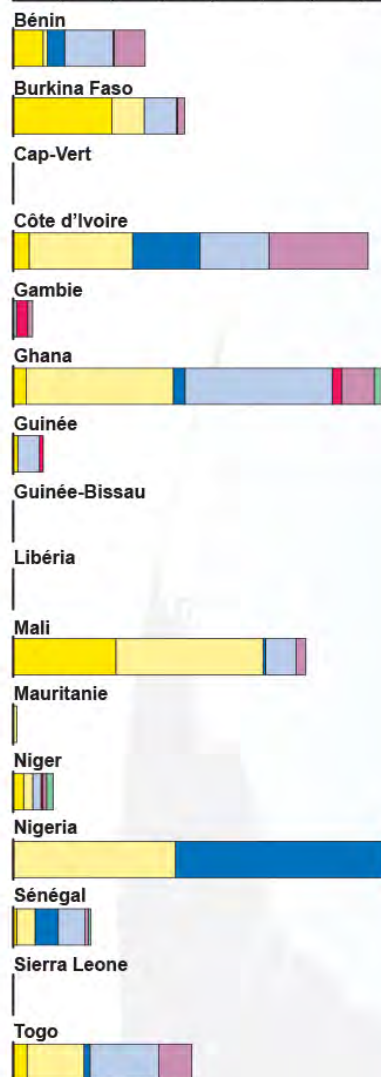
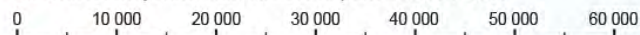


L'Afrique de l'Ouest face aux mutations des flux de phosphate : le Sénégal au coeur des dynamiques de marché (2001-2011)

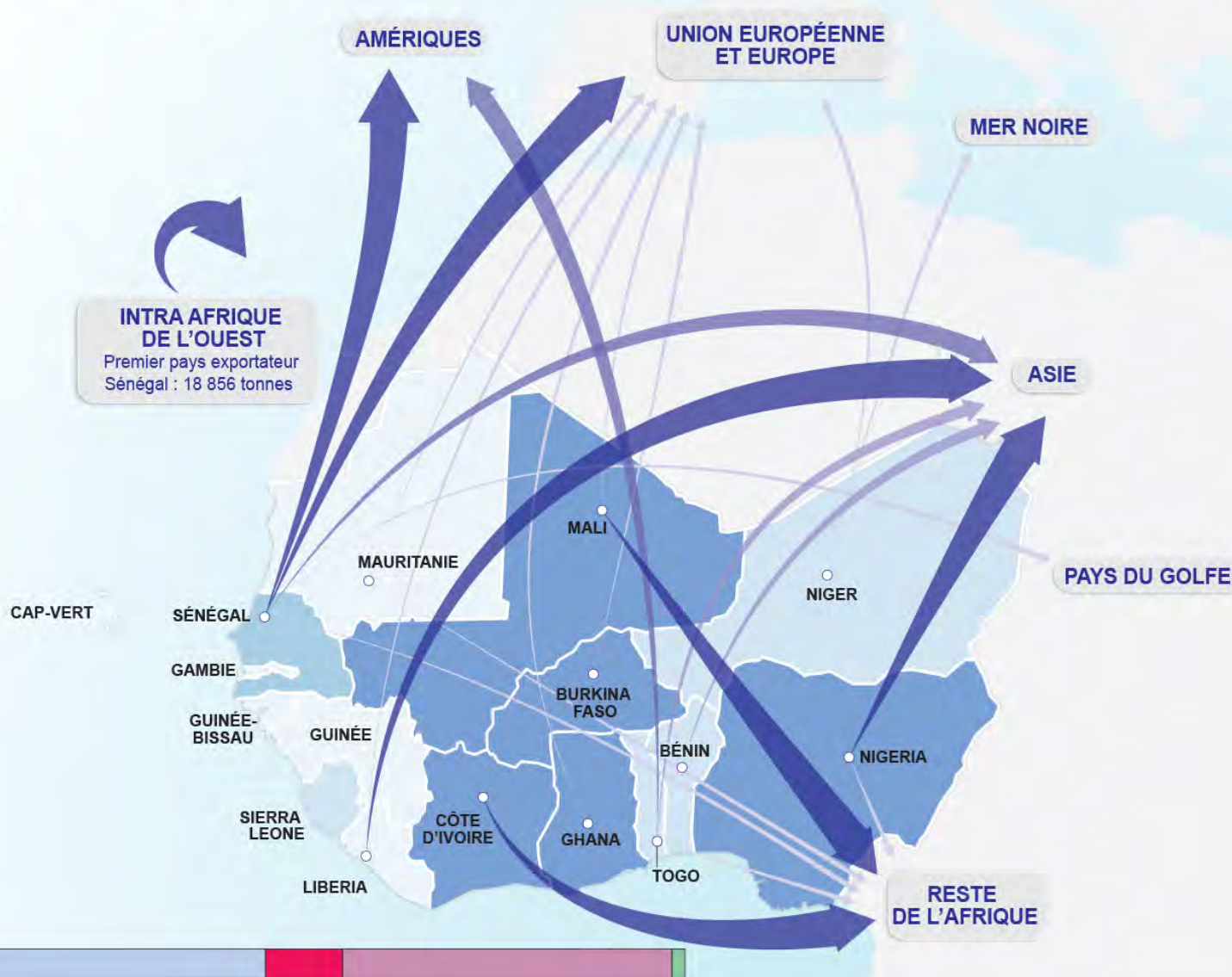
Importations de phosphate des pays d'Afrique de l'Ouest
par zone de provenance



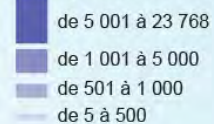
En tonnes, moyenne annuelle sur la période 2001-2011



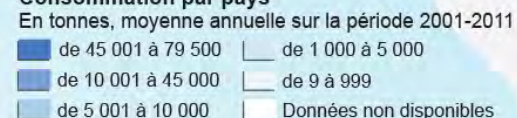
Source: FaoStat, 2024



Exportations par pays
En tonnes, moyenne annuelle
sur la période 2001-2011



Consommation par pays

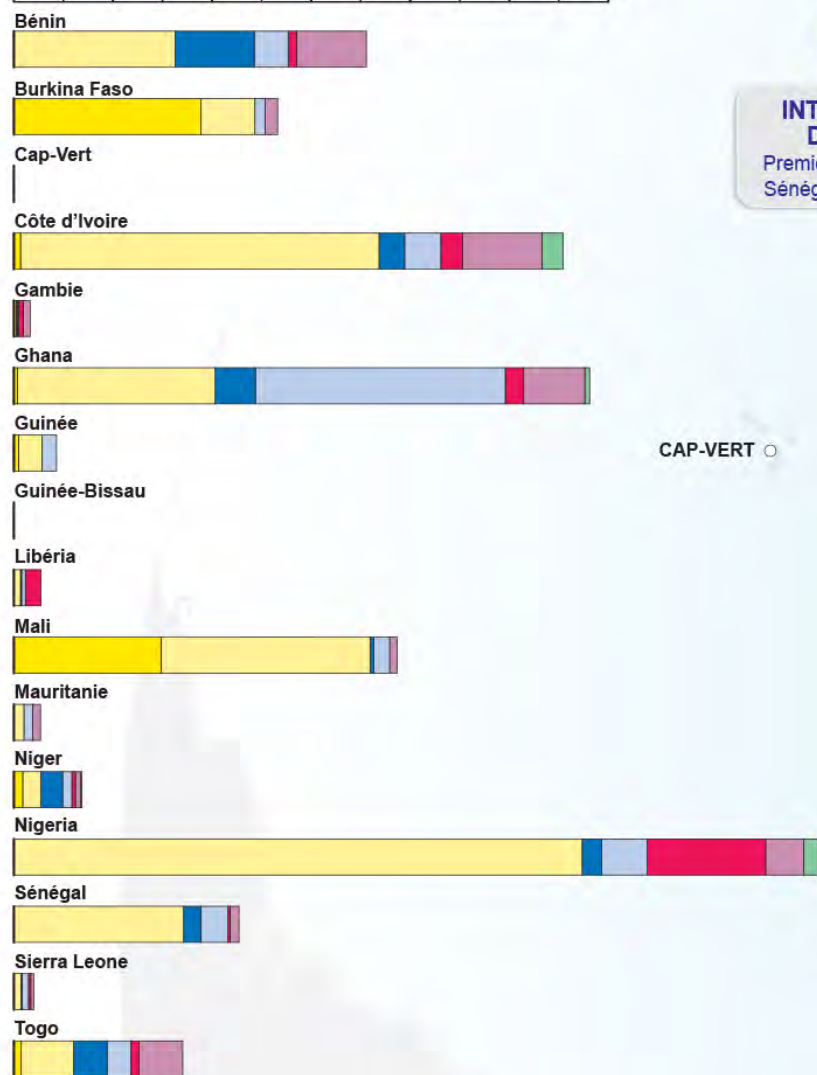
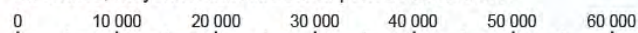


Complexification des flux et de la consommation de phosphate en Afrique de l'Ouest, vers une nouvelle coopération africaine ? (2012-2022)

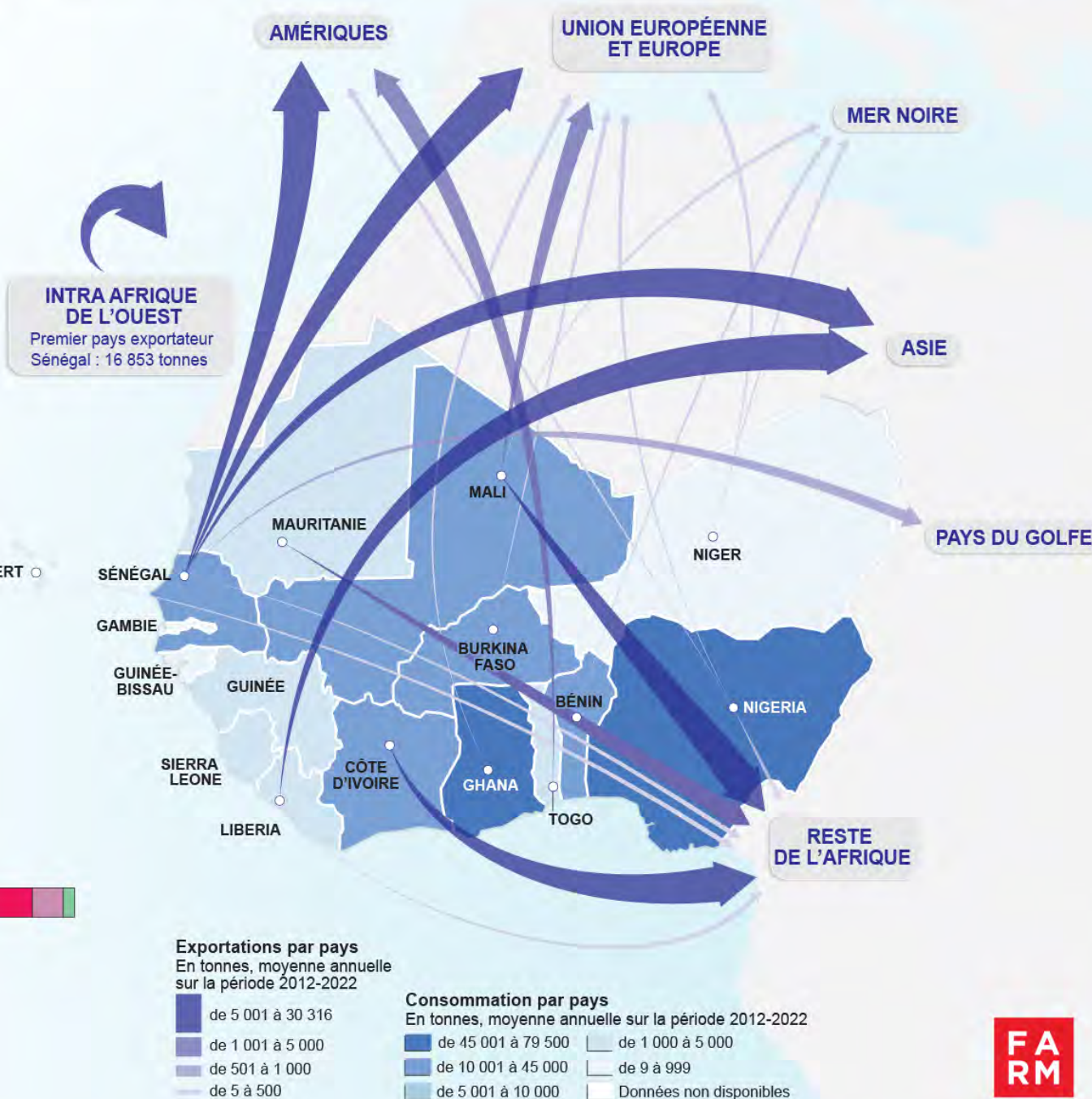
Importations de phosphate des pays d'Afrique de l'Ouest
par zone de provenance

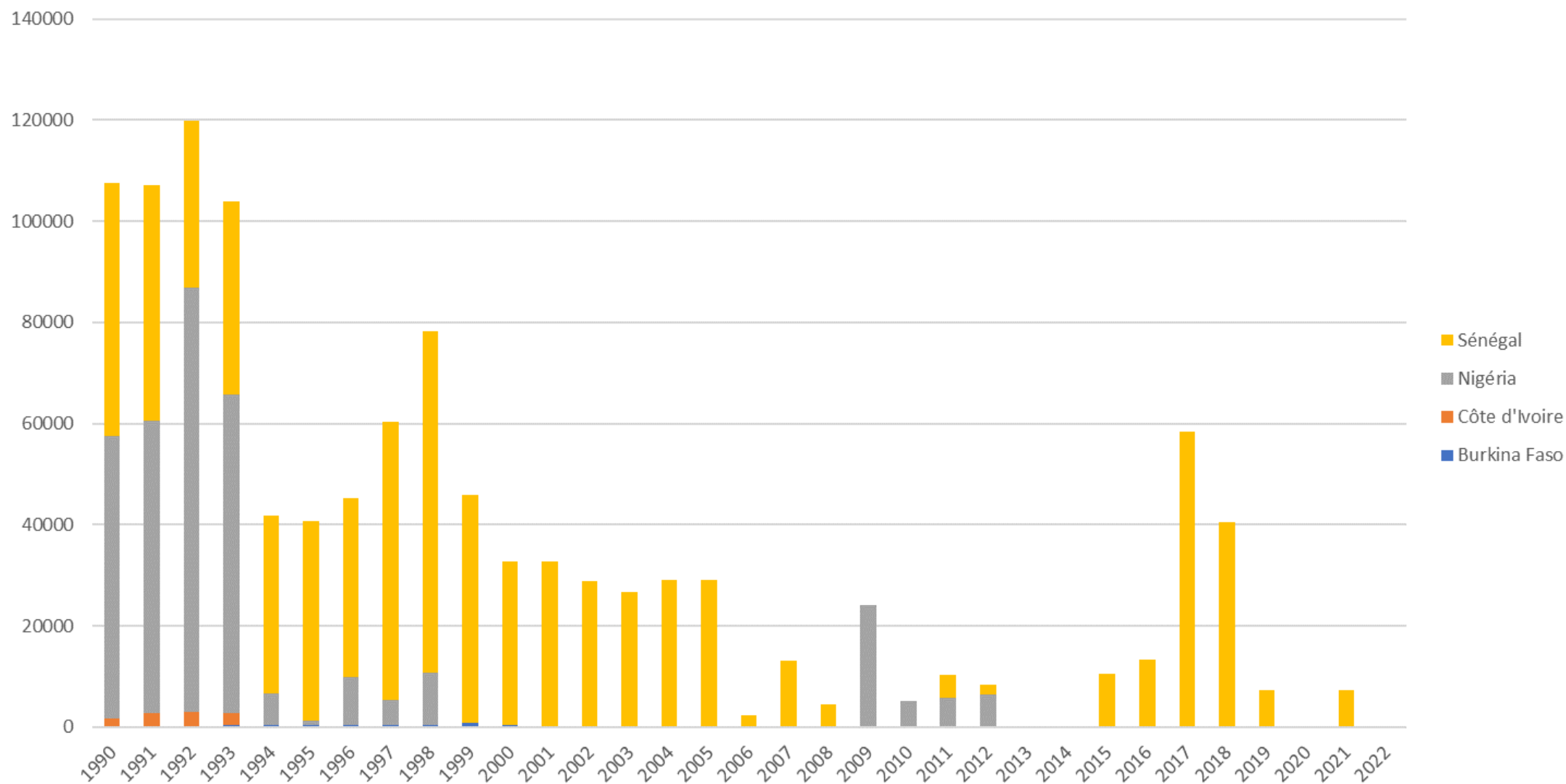


En tonnes, moyenne annuelle sur la période 2012-2022

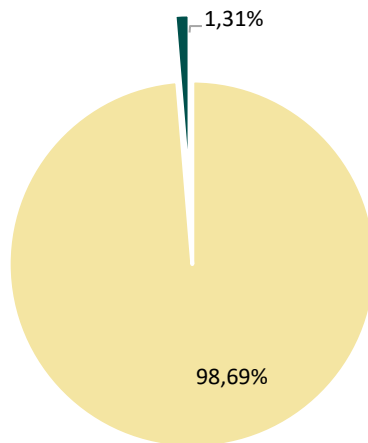


Source: FaoStat, 2024



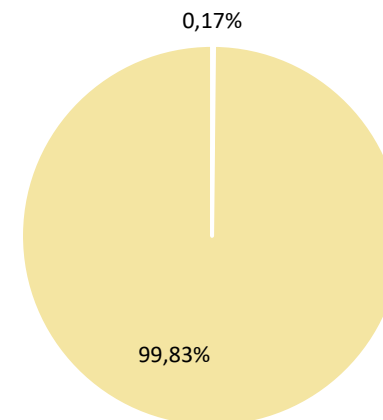


Graphique 3 : Une production annuelle de phosphate en Afrique de l'Ouest concentrée sur 4 pays, en tonnes. (Source : FARM d'après les données de FaoStat 2024)



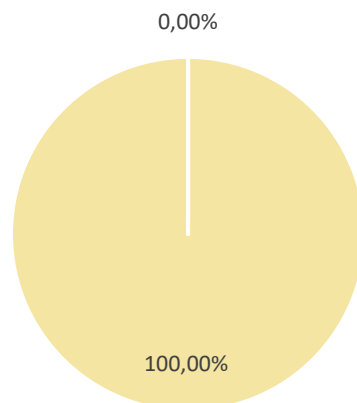
■ Reste du monde ■ Afrique de l'Ouest

Parts des importations de phosphates d'Afrique de l'Ouest sur le marché international



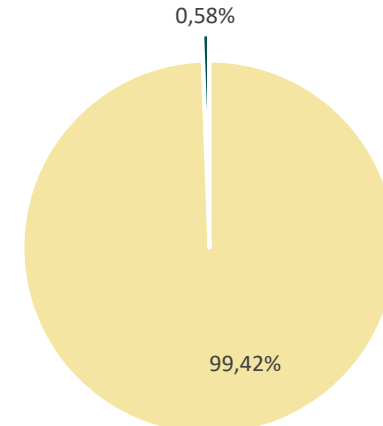
■ Afrique de l'Ouest ■ Reste du monde

Parts des exportations de phosphates d'Afrique de l'Ouest sur le marché international



■ Reste du monde ■ Afrique de l'Ouest

Part de la production de phosphates d'Afrique de l'Ouest



■ Reste du monde ■ Afrique de l'Ouest

Part de la consommation de phosphates d'Afrique de l'Ouest

Graphique 4 : L'Afrique et l'azote dans le monde, 2022 (Source : FARM d'après les données de FaoStat 2024).

- **Interprétation des données**

L'analyse de l'évolution des importations, de la consommation, des exportations et de la production de phosphates en Afrique de l'Ouest de 1990 à 2022 révèle des tendances complexes et des changements significatifs dans le secteur. On observe une augmentation générale des importations et des exportations au fil des décennies, tandis que la production a connu une baisse drastique, notamment entre 1990 et 2011.

La consommation, quant à elle, a fluctué, avec une baisse entre 1990-2000 et 2001-2011, suivie d'une augmentation significative sur la période 2012-2022. Cette évolution suggère un changement dans le rôle des pays d'Afrique de l'Ouest sur le marché des phosphates. Alors que certains pays comme le Sénégal et le Togo possèdent des réserves significatives, leur production n'a pas suivi la même trajectoire que leurs exportations. Cela pourrait indiquer une stratégie axée sur l'exportation plutôt que sur la consommation interne, malgré les besoins agricoles de la région. Le Nigeria se démarque comme un acteur majeur, passant du statut de grand producteur dans les années 1990 à celui de principal importateur et consommateur dans les décennies suivantes. Cette transition reflète probablement des changements dans sa politique agricole et industrielle. On peut identifier plusieurs stratégies potentielles parmi les pays de la région :

- Une stratégie d'exportation, notamment pour le Sénégal, qui maintient des niveaux élevés d'exportation (vers les Amériques) malgré une consommation interne relativement faible.
- Une stratégie de réexportation, où certains pays comme le Mali importent des quantités importantes de phosphates pour les réexporter ensuite, agissant comme des plateformes commerciales intrarégionales.
- Une stratégie de développement agricole, illustrée par l'augmentation de la consommation dans des pays comme le Ghana et la Côte d'Ivoire, qui pourrait refléter des efforts pour intensifier la production agricole.
- Une stratégie de diversification des sources d'approvisionnement, avec un changement clair au début des années 2000, faisant passer l'Europe à une position de partenaire secondaire, au profit du reste de l'Afrique et particulièrement du Maroc.
- Une stratégie d'exportation importante de certains pays hors Afrique de l'Ouest, notamment le Maroc qui, en développant sa filière et grâce à ses réserves importantes, devient le premier partenaire de l'Afrique de l'Ouest à partir des années 2000 quant aux importations de phosphates.

Depuis les années 1990, le Maroc qui détient environ 70% des réserves mondiales de phosphates, a développé une stratégie ambitieuse pour accroître sa production et ses exportations de phosphates, avec un accent particulier porté sur les pays d'Afrique et sur l'Afrique de l'Ouest (Danino-Perraud, 2021). L'Office chérifien des phosphates (OCP), a mis en œuvre un vaste programme d'investissement. Entre 2006 et 2016, l'OCP est passé de 28 à 45 millions de tonnes de phosphates extraits, et de 3,6 à près de 12 millions de tonnes d'engrais produits. (Le Bec. 2016, 14 mars).

L'OCP a adopté une approche proactive pour développer ses marchés en Afrique. En 2016, le groupe a lancé *OCP Africa*, une filiale dédiée au développement de ses activités sur le continent. Cette initiative

visait à multiplier par cinq les ventes du groupe en Afrique subsaharienne d'ici 2025. L'Afrique est devenue le principal débouché des exportations de l'OCP, représentant 26 % des expéditions en valeur au premier semestre 2024. En Afrique de l'Ouest, OCP a particulièrement intensifié ses efforts. Le groupe a mis en place des programmes spécifiques comme *Agribooster*, lancé en 2015, qui vise à créer un écosystème pour faciliter l'accès aux intrants (Wagner, 2018, 17 avril).

Pour consolider sa position de leader mondial, l'OCP prévoit de continuer à investir massivement dans les années à venir. Un plan d'investissement de 14 milliards de dollars est prévu pour la période 2025-2027 (Agence Ecofin, 2024). L'OCP cherche à établir des partenariats avec divers pays africains. Par exemple, en 2024, le groupe a entamé des discussions pour coopérer avec le Mali dans le secteur agricole. Cette approche collaborative s'inscrit dans la stratégie plus large d'OCP de devenir un "catalyseur" du développement agricole en Afrique (Assocle, 2024).

L'analyse des données de production de phosphate en Afrique de l'Ouest révèle plusieurs tendances :

- On observe une diminution significative de la production de phosphates dans la région au fil du temps (malgré un pic en 2017-2018 pour le Sénégal à 60 000 tonnes). La production totale est passée de 119 956 tonnes en 1992 à des niveaux très bas, dans les années récentes.
- Au début des années 1990, quatre pays (Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Nigeria et Sénégal) produisaient des phosphates. Cependant, vers la fin de la période étudiée, la plupart ont cessé leur production.
- Le Sénégal a été le producteur le plus constant et le plus important tout au long de la période, bien que sa production ait également diminué au fil du temps.
- La production de chaque pays montre des fluctuations significatives d'une année à l'autre, suggérant une instabilité dans le secteur.

Les raisons possibles de l'arrêt de la production dans certains pays peuvent inclure :

- Un épuisement des ressources : les gisements de phosphates peuvent s'être épuisés ou être devenus économiquement non viables à exploiter.
- Une détérioration des conditions de marché : la baisse des prix mondiaux des phosphates ou l'augmentation des coûts d'extraction peuvent avoir rendu la production non rentable.
- Des problématiques infrastructurelles : le manque d'investissement dans les infrastructures nécessaires à l'extraction et au transport peut avoir entravé la production.
- Les instabilités politiques : des changements de régime ou des conflits peuvent avoir perturbé les opérations minières.
- Une concurrence internationale accrue : l'émergence de producteurs plus compétitifs sur le marché mondial peut avoir marginalisé ces pays.
- Des changements de politiques : des modifications dans les politiques gouvernementales concernant l'exploitation minière ou l'environnement peuvent avoir affecté la production.

La participation de l'Afrique de l'Ouest au marché des engrais phosphatés reste très faible par rapport aux standards mondiaux (voir graphique 4). Cela souligne le potentiel inexploité de la région en termes de production et d'utilisation d'engrais pour améliorer la productivité agricole. Cette situation paradoxale,

où l'Afrique de l'Ouest possède d'importantes réserves de phosphates (2,8% des réserves mondiales pour le Sénégal et le Togo (FAO, 2004)) mais reste en retard en termes de consommation, questionne sur les capacités de production et d'exploitation des réserves minières. L'Afrique de l'Ouest devrait viser à développer la production locale, à améliorer l'accès aux engrais pour les agriculteurs, et à promouvoir une utilisation plus efficace des phosphates dans l'agriculture régionale.

3 LA POTASSE : SYMBOLE DE LA DEPENDANCE DE L'AFRIQUE DE L'OUEST AUX IMPORTATIONS EXTERIEURES

Cette partie présentera une analyse des flux de potasse en Afrique de l'Ouest, à partir des cartes et infographies suivantes :

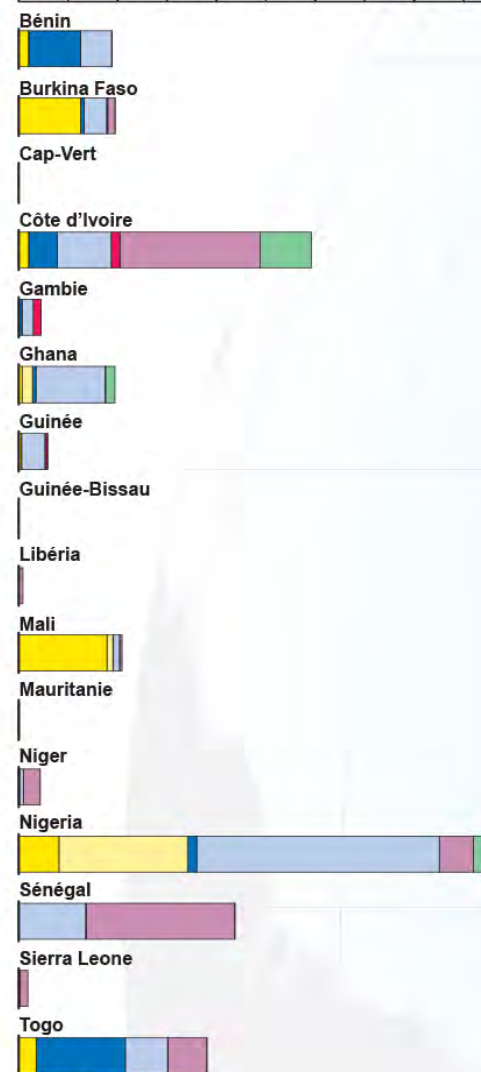
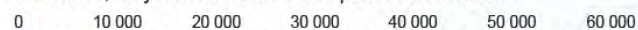
- Trois cartes illustrant les importations, exportations et consommation de potasse pour les périodes 1990-2000, 2001-2011 et 2012-2022.
- Un graphique montrant la production annuelle de potasse par pays ouest-africain de 1990 à 2022.
- 4 graphiques comparatifs situant l'Afrique de l'Ouest sur le marché international de la potasse.

Flux et déséquilibres de la potasse en Afrique de l'Ouest : entre dépendance extérieure et commerce intra-régional (1990-2000)

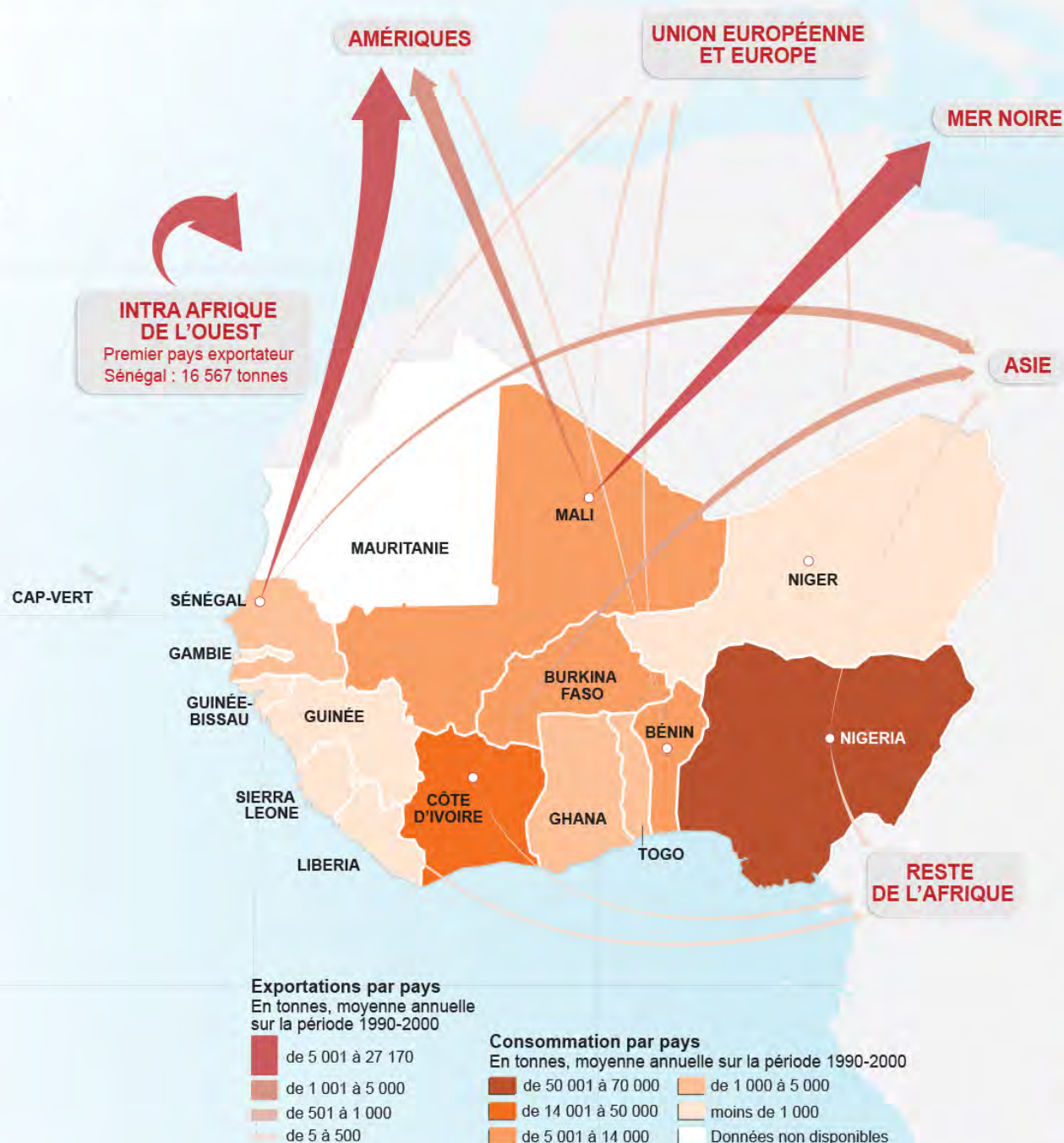
Importations de potasse des pays d'Afrique de l'Ouest
par zone de provenance



En tonnes, moyenne annuelle sur la période 1990-2000



Source: FaoStat, 2024

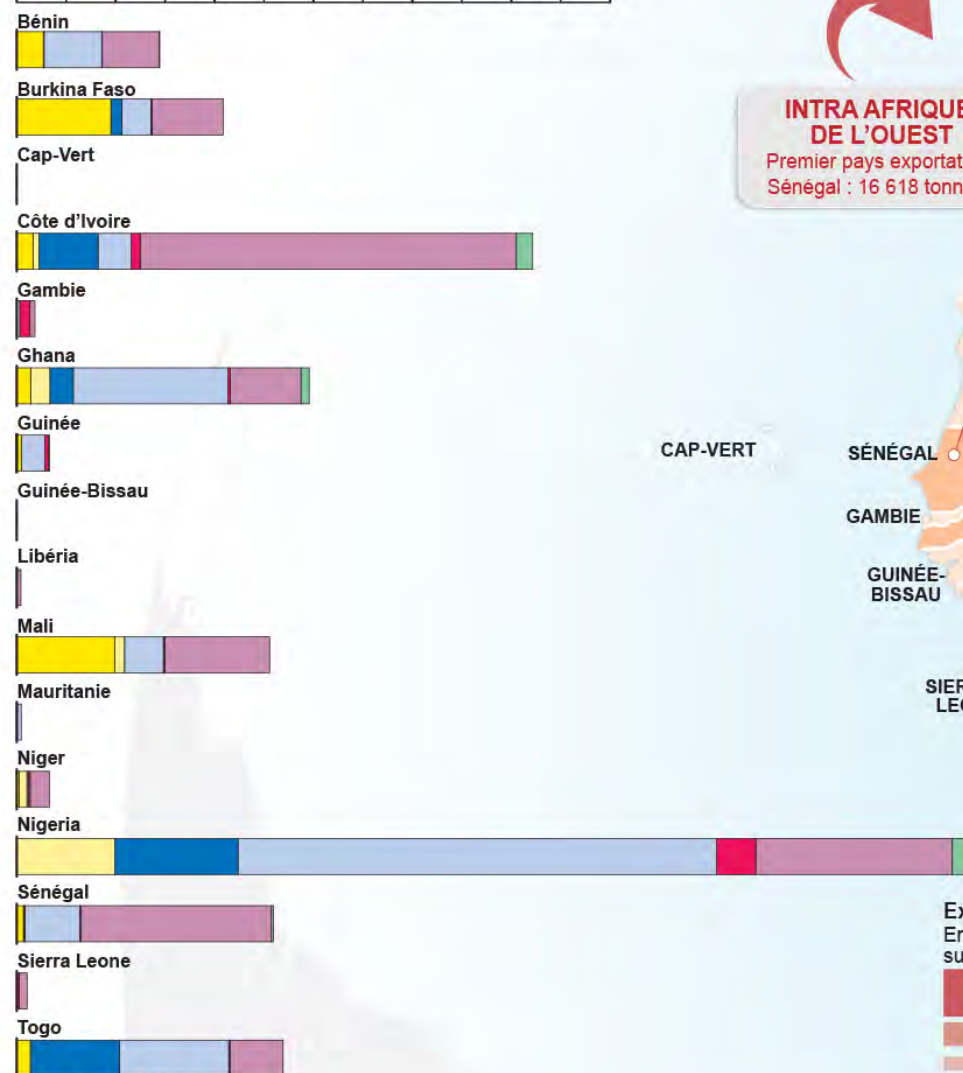
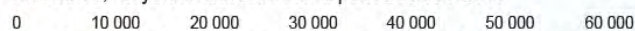


Entre intensification des flux de potasse et émergence des importations russes : la dépendance grandissante de l'Afrique de l'Ouest aux marchés extérieurs (2001-2011)

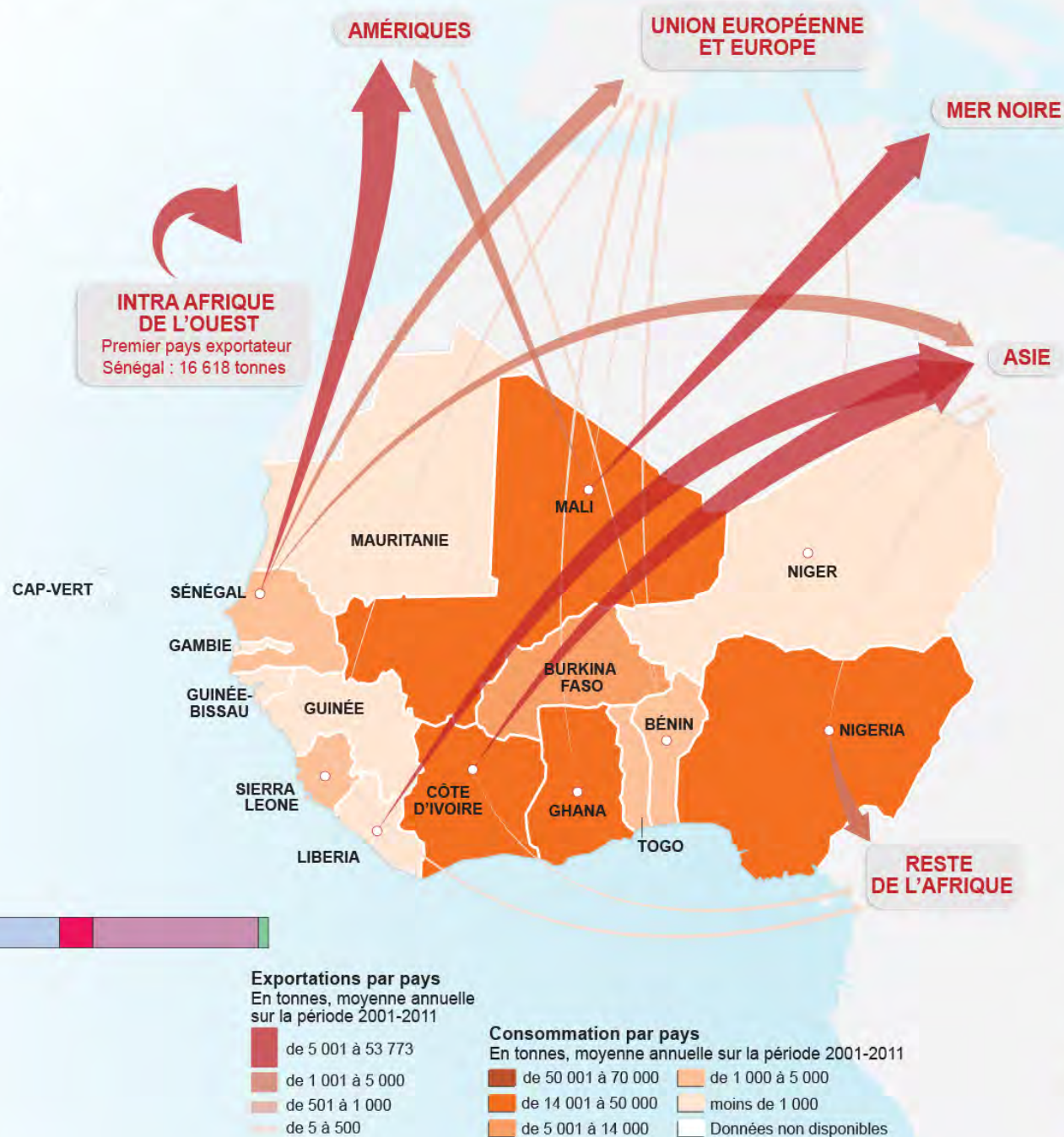
Importations de potasse des pays d'Afrique de l'Ouest
par zone de provenance



En tonnes, moyenne annuelle sur la période 2001-2011



Source: FaoStat, 2024



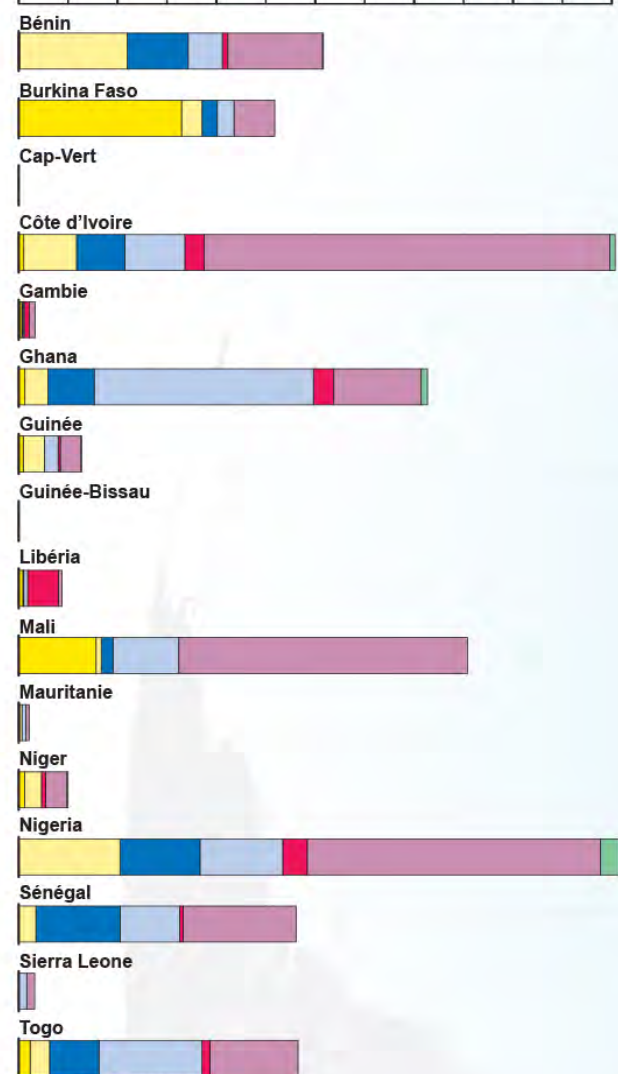
La potasse en Afrique de l'Ouest : entre dépendance extérieure croissante et dynamiques commerciales régionales (2012-2022)

Importations de potasse des pays d'Afrique de l'Ouest
par zone de provenance

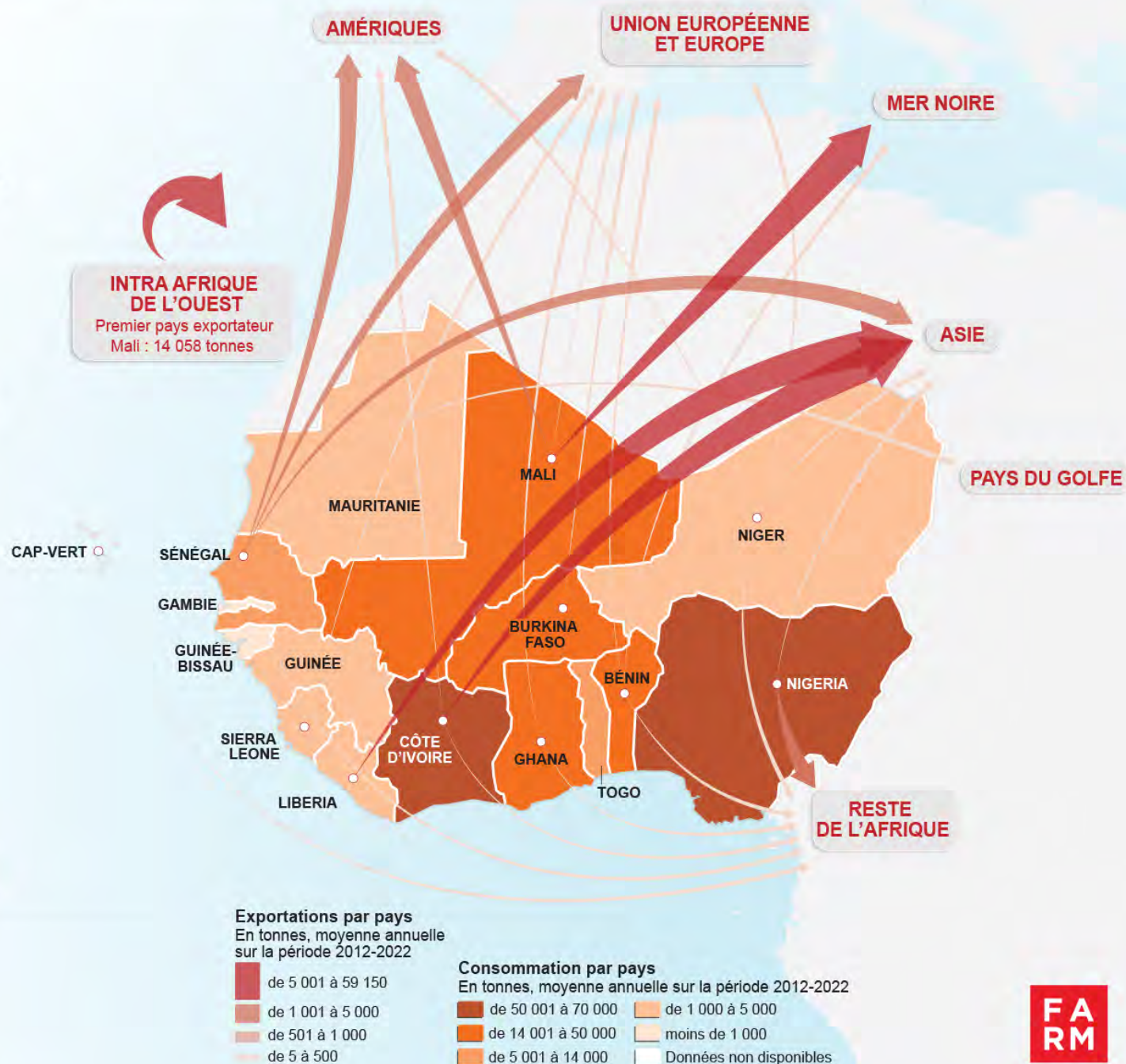


En tonnes, moyenne annuelle sur la période 2012-2022

0 10 000 20 000 30 000 40 000 50 000 60 000



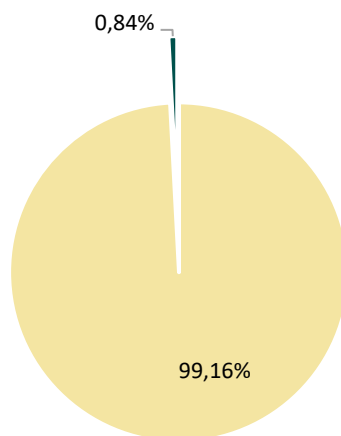
Source: FaoStat, 2024



Nous n'aborderons pas ici les aspects de production de potasse car aucun pays d'Afrique de l'Ouest ne produit actuellement de potasse :

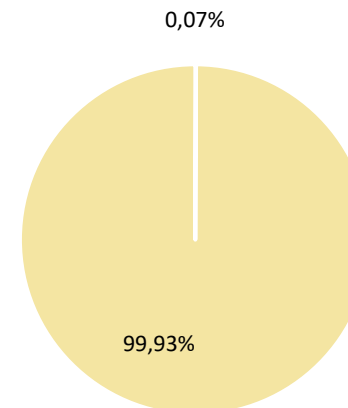
Pays	Estimations des réserves de gaz naturel (trillion de mètres cubes)	Phosphore (en milliers de tonnes)	Gisements de potasse
Cluster 2 – Région CEDEAO			
Sénégal	Aucun	50 000	Aucun
Ghana	165	Aucun	Aucun
Togo	Aucun	30 000	Aucun
Nigeria	5246	Aucun	Aucun
Côte d'Ivoire	28,32	Aucun	Aucun
Burkina Faso	Aucun	60 000	Aucun
Mali	Aucun	12 000	Aucun
Benin	1,133	Aucun	Aucun

Tableau 1 : Estimation des réserves de matières premières d'engrais en Afrique (source : Promotion de la production, du commerce transfrontalier et la consommation des engrais en Afrique, Union Africaine, MAFDE, Nations Unies, 2019).



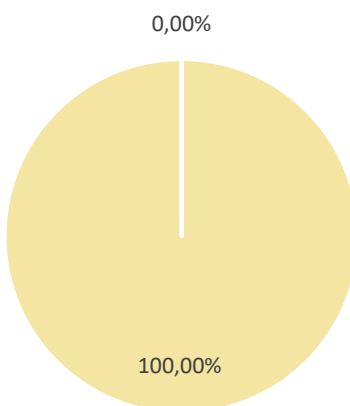
■ Reste du monde ■ Afrique de l'Ouest

Parts des importations de potasse d'Afrique de l'Ouest sur le marché international



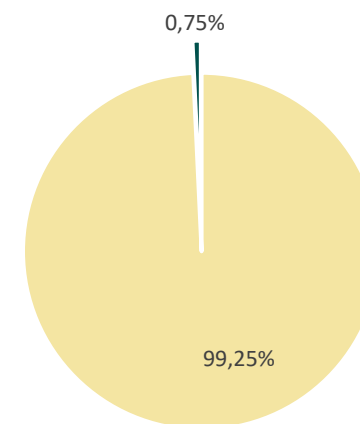
■ Afrique de l'Ouest ■ Reste du monde

Parts des exportations de potasse d'Afrique de l'Ouest sur le marché international



■ Reste du monde ■ Afrique de l'Ouest

Parts de la production de potasse d'Afrique de l'Ouest



■ Reste du monde ■ Afrique de l'Ouest

Parts de la consommation de potasse d'Afrique de l'Ouest

Graphique 4 : L'Afrique et l'azote dans le monde, 2022 (Source : FARM d'après les données de FaoStat 2024).

- **Interprétation des données**

La consommation de potasse a considérablement augmenté en Afrique de l'Ouest, passant d'une moyenne annuelle de près de 110 000 tonnes en 1990-2000 à plus de 250 000 tonnes en 2012-2022. Compte tenu du fait que la potasse est utilisée en très grande majorité pour la production d'engrais, cette hausse de 130% reflète une intensification des pratiques agricoles et une prise de conscience accrue de l'importance de la potasse dans la fertilisation des sols.

L'Afrique de l'Ouest est totalement dépendante des importations pour satisfaire sa demande en potasse. Les importations annuelles moyennes ont plus que doublé entre 1990 et 2022. Cette dépendance expose la région aux fluctuations des prix internationaux et souligne la nécessité de développer des sources d'approvisionnement plus stables. On observe une diversification des sources d'importation au fil du temps, avec une importance croissante de la région de la mer Noire et une réduction sur la dernière période des importations venant de l'Europe. Cette diversification pourrait être une stratégie pour sécuriser l'approvisionnement.

Les exportations ont connu des fluctuations importantes, avec une augmentation notable entre 1990-2000 et 2001-2011, suivie d'une légère baisse sur la période 2012-2022. Le profil des principaux exportateurs a également évolué, avec l'émergence de nouveaux acteurs comme le Libéria. On peut supposer que les pays de la zone ouest africaine, de la décennie 2001-2011 à 2012-2022 ont privilégié la consommation à l'exportation.

Aucun pays d'Afrique de l'Ouest ne produit actuellement de potasse, ce qui accentue la dépendance aux importations et limite la capacité de la région à contrôler son approvisionnement en engrais. On observe des écarts importants entre les pays en termes de consommation et de commerce de potasse. Le Nigéria, la Côte d'Ivoire et le Ghana sont devenus les principaux consommateurs, tandis que le Sénégal, la Côte d'Ivoire et plus tard le Mali jouent un rôle important dans les réexportations régionales. Malgré la dépendance aux importations, on constate un commerce intrarégional significatif, suggérant une certaine redistribution des ressources au sein de l'Afrique de l'Ouest.

Grandes tendances :

- Sénégal, Mali et Côte d'Ivoire sont les re-exportateurs de la sous-région vers l'Afrique de l'Ouest
- L'absence totale de production de potasse en Afrique de l'Ouest accentue la dépendance de la région aux exportations extérieures.
- Au fur et à mesure des périodes, la Russie s'affirme comme premier partenaire commercial de la région pour l'importation de potasse au détriment de l'Europe, représentant 68 % des importations depuis la région de la mer Noire.

La zone de la mer Noire, à la veille du conflit russo-ukrainien, représentait 43 % des importations de potasse en Afrique de l'Ouest. Cette situation met en lumière la vulnérabilité de la région face aux perturbations géopolitiques. Bien que les données présentées ne permettent pas une analyse directe des répercussions du conflit, on peut anticiper plusieurs conséquences potentielles :

- La dépendance envers un nombre limité de fournisseurs de potasse, contrairement à l'azote, expose la région à un risque accru de pénurie. La Russie et la Biélorussie concentrent 35 % de la production mondiale de potasse en 2020 (Commission européenne, 2022).
- Les perturbations dans la région de la mer Noire et les sanctions imposées à la Russie et à la Biélorussie ont entraîné une hausse des prix des engrais, aggravant les problèmes de sécurité alimentaire et les tensions budgétaires dans de nombreux pays importateurs (Commission européenne, 2022) (FARM & AFDI, 2023).
- Une diminution de l'accès aux engrais potassiques affecte négativement les rendements agricoles dans la région ouest-africaine.
- Cette situation montre l'importance de diversifier les sources d'approvisionnement en potasse pour renforcer la résilience de la région.

La forte dépendance de l'Afrique de l'Ouest aux importations de potasse en provenance de la zone de la mer Noire limite la capacité de résilience des pays de la zone face aux chocs géopolitiques. Cette situation appelle à une réflexion stratégique sur la sécurisation des approvisionnements en engrais et le développement de solutions alternatives pour soutenir l'agriculture régionale.

En conclusion, la période 1990-2022 a été marquée par une intensification de l'utilisation de la potasse en Afrique de l'Ouest, reflétant les efforts pour moderniser l'agriculture et améliorer la productivité. Cependant, l'absence de production locale et la dépendance croissante aux importations posent des défis en termes de sécurité alimentaire et de vulnérabilité aux marchés internationaux. Le développement de stratégies pour réduire cette dépendance, notamment par une gestion plus efficace des importations et de la distribution, apparaît comme un enjeu crucial pour l'avenir agricole de la région.

CONCLUSION

L'étude des flux d'engrais en Afrique de l'Ouest de 1990 à 2022 met en lumière des dynamiques complexes influencées par plusieurs facteurs économiques, politiques et géopolitiques. Durant cette période, la région a connu une augmentation notable de la consommation et des importations d'engrais, reflétant une intensification des pratiques agricoles et une reconnaissance accrue de l'importance de la fertilisation pour maintenir la fertilité des sols, en témoigne le sommet de Nairobi de 2024, bien que la zone reste un acteur extrêmement minoritaire de ces marchés.

- **Dépendance aux importations, diversification des sources et apparition de nouveaux acteurs**

La dépendance aux importations d'engrais, en particulier pour l'azote et la potasse, s'est accentuée au fil des décennies. L'Europe a d'abord été le partenaire privilégié avant de laisser place progressivement à la Russie. Cette situation expose les pays ouest-africains aux fluctuations des prix internationaux. Cependant, on observe une diversification progressive des sources d'approvisionnement concernant notamment les importations d'azote. Cette diversification peut être interprétée comme une stratégie visant à réduire les risques liés à la dépendance à un seul fournisseur. De plus, le Maroc, détenteur de 70 % des réserves mondiales de phosphate, s'impose comme un acteur majeur du marché des engrais en Afrique de l'Ouest. Sa position stratégique et ses ambitions de développement en font un partenaire incontournable pour la région dans les années à venir.

- **Émergence du commerce intrarégional**

Le commerce intrarégional d'engrais en Afrique de l'Ouest s'est également développé, avec certains pays comme le Sénégal et la Côte d'Ivoire jouant un rôle central de plaque tournante (importation et réexportation intrarégionale) de l'azote. Bien que ce commerce soit en croissance, il reste limité par rapport aux importations extérieures. Les échanges intrarégionaux sont souvent influencés par des oligopoles dominés par quelques pays (notamment le Nigéria et le Sénégal, les deux seuls pays ayant une production significative de phosphate et d'azote) et potentiellement soumis à des stratégies de spéculation.

- **Inégalités et disparités régionales**

Des inégalités importantes persistent entre les pays de la région en termes de consommation, d'importation et d'exportation d'engrais. Le Nigeria, la Côte d'Ivoire et le Ghana se distinguent comme les principaux consommateurs et importateurs, tandis que le Mali et le Sénégal jouent un rôle croissant dans les réexportations intrarégionales de phosphates. Cette situation met en lumière une Afrique de l'Ouest à plusieurs vitesses en matière de consommation et de commerce d'engrais.

- **Production locale et enjeux de souveraineté**

L'instabilité de la production d'azote et de phosphates et l'absence de ressource potassique en Afrique de l'Ouest accentue la dépendance de la sous-région aux importations. La production locale est concentrée principalement autour du Nigeria et du Sénégal, mais elle est marquée par des variations

significatives au fil du temps. Bien que le Maroc détienne un quasi-monopole sur les réserves mondiales de phosphates, des pays comme le Togo, le Sénégal et le Burkina Faso possèdent également des réserves. Si les coûts de transformation ne s'avèrent pas prohibitifs et que ces produits puissent être compétitifs sur le marché international, de telles réserves pourraient offrir à ces pays une opportunité d'accroître leur souveraineté en matière de production de phosphates.

- **Impact des conflits et de l'instabilité**

Les conflits intrarégionaux et l'instabilité politique ont indiscutablement un impact fort sur les potentialités de production des principaux pays producteurs d'engrais. Le cas du Nigeria illustre comment les troubles dans le delta du Niger ont pu affecter l'industrie pétrolière et par extension, la production d'engrais azotés. La situation actuelle de tensions géopolitiques internes dans la zone fait peser de fortes incertitudes sur de potentielles synergies en termes de production et de commerce d'engrais.

- **Enjeux du blending et stratégies commerciales**

Un autre aspect à considérer est le rôle du *blending* dans les flux d'engrais. Le *blending* est un processus de formulation d'engrais qui consiste à mélanger différents éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium) pour créer des engrais composés NPK adaptés aux besoins spécifiques des cultures et des sols. Les pays peuvent importer des formulations spécifiques même s'ils produisent certains composants localement, entraînant ainsi des importations sous forme mélangée et des exportations sous forme brute. Cette dynamique complexifie l'analyse des flux et montre l'importance de comprendre les stratégies de formulation et de mélange des engrais dans chaque pays.

- **Quelques questions prospectives**

- Comment les pays ouest-africains peuvent-ils développer leur capacité de production d'engrais de manière durable face aux instabilités politiques ?
- Quel impact le conflit russo-ukrainien aura-t-il à long terme sur les flux d'engrais vers l'Afrique de l'Ouest ?
- Comment optimiser le commerce intrarégional et valoriser les réserves minières pour réduire la dépendance aux importations extérieures et limiter les situations de monopole ?
- Quelles politiques agricoles pourraient favoriser une utilisation plus efficace et durable des engrais et ainsi atteindre les recommandations du sommet de Nairobi d'ici 2034 ?
- Quel rôle du Maroc dans la production et l'exportation de phosphates pour la sous-région Ouest-Africaine ? Quelles relations diplomatiques et commerciales à venir ?

L'évolution des flux d'engrais en Afrique de l'Ouest témoigne d'une région en transition, cherchant à moderniser son agriculture tout en faisant face à des défis importants en termes d'approvisionnement et de gestion durable des ressources. Le développement de stratégies pour réduire la dépendance aux importations apparaît comme un enjeu essentiel pour l'avenir agricole de la région.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence Ecofin. (2024, 28 octobre). Maroc : le Groupe OCP injectera 14 milliards \$ dans ses activités d'ici à 2027. Agence Ecofin
- Assocle, S. (2024, 3 octobre). Le Mali veut coopérer avec OCP Africa dans le secteur agricole. Agence Ecofin
- Commission Européenne. (2022, 24 août). *Crise ukrainienne : Analyses de la Commission Européenne sur titane, potasse, gaz rares et coke*. Système d'information sur les matières premières. <https://www.mineralinfo.fr/fr/actualite/actualite/crise-ukrainienne-analyses-de-commission-europeenne-sur-titane-potasse-gaz>
- Danino-Perraud, R. (2021). Phosphates et agriculture : de la géologie à la géopolitique. Dans S. Abis & M. Brun (dir.), *Le Déméter 2021* (p. 95-113). IRIS éditions. <https://doi.org/10.3917/iris.abis.2021.01.0097>
- FAO, 2004, Utilisation des phosphates naturels pour une agriculture durable, bulletin FAO engrais et nutrition végétale 13, Chapitre 2, <https://www.fao.org/4/y5053f/y5053f00.htm#Contents>
- Fondation FARM & AFDI. (2023). *Hausse des prix et crises géopolitiques : quelle résilience pour les agricultures africaines face aux chocs ?* <https://fondation-farm.org/etude-hausse-prix-agricultures-africaines/>
- Le Bec. (2016, 14 mars). Le groupe OCP revoit sa stratégie en Afrique subsaharienne. Jeune Afrique, <https://www.jeuneafrique.com/mag/307568/economie-entreprises/groupe-ocp-revoit-strategie-afrique-subsaharienne/>
- Pérouse de Montclos, M.-A. (2003). Pétrole et sécurité privée au Nigeria : un complexe multiforme à l'épreuve du "syndrome de Monaco". *Cultures & Conflits*, 52, 117-138. <https://doi.org/10.4000/conflits.983>
- Telos. (2022, 1er mars). *La guerre en Ukraine et la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest*. Telos. <https://www.telos-eu.com/fr/economie/la-guerre-en-ukraine-et-la-securite-alimentaire-en.html>
- Union Africaine, MAFDE, & Nations Unies. (2019). *Promotion de la production, du commerce transfrontalier et la consommation des engrais en Afrique*.
- Wagner. (2018, 17 avril). Engrais : OCP, quelle stratégie en Afrique ? Jeune Afrique <https://www.jeuneafrique.com/mag/549143/economie-entreprises/engrais-ocp-quelle-strategie-en-afrique/>

Axe 3b :

Les politiques publiques pour la fertilité des sols au Sénégal : entre priorité à la fertilisation et volonté timide de transition agroécologique

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	151
1 LA FERTILISATION, UN PILIER ESSENTIEL DE L'ENTRETIEN DE LA FERTILITE DES SOLS AU SENEGAL.....	152
1.1 Les types de fertilisation au Sénégal.....	152
1.2 Un pays producteur, acheteur et exportateur d'engrais	152
1.3 Des déficits en nutriments pour les principales cultures qui compromettent l'atteinte des objectifs de rendements.....	155
2 SUBVENTION AUX ENGRAIS : UN OUTIL DE POLITIQUES PUBLIQUES EN EVOLUTION	163
2.1 Cadre stratégique des politiques publiques en matière de fertilisation.....	163
2.2 Le soutien financier public pour les intrants : unique forme d'aide directe aux producteurs sénégalais	165
2.2.1 Montants et fonctionnement du système de subventions	165
2.2.2 Une chaîne de distribution des engrais subventionnés organisée sous appel d'offre.....	170
2.3 Des politiques de subvention qui évoluent vers les engrais organiques.....	171
2.3.1 Un soutien croissant aux engrais organiques	171
2.3.2 Le défi de la mise en œuvre	173
2.4 Des politiques de subventions aux engrais aux effets limités et insuffisamment évalués	174
3 DE LA FERTILISATION A LA GESTION DE LA FERTILITE : COMBINER ENGRAIS MINERAUX ET PRATIQUES AGROECOLOGIQUES	176
3.1 Les pratiques agroécologiques : un vecteur de fertilité des sols.....	176
3.2 ...dont la mise en œuvre soulève des défis d'ordre techniques, agronomiques et socio-économiques	179
3.3 Le Sénégal un pionnier encore timide de l'agroécologie en Afrique de l'Ouest et dépendants de financements extérieurs	180



CONCLUSION	183
BIBLIOGRAPHIE.....	184
ANNEXES.....	192

INTRODUCTION

L'agriculture constitue un pilier important de l'économie sénégalaise, occupant environ 22 % des emplois et représentant plus de 15 % du produit intérieur brut (PIB) national en 2022 (Banque Mondiale, 2024). C'est également la source principale de subsistance pour des millions de Sénégalais, en particulier dans les zones rurales. Toutefois, le potentiel agricole du pays est largement tributaire de la qualité des sols, dont la fertilité conditionne la productivité des cultures.

Le Sénégal fait face à des défis de plus en plus pressants en matière de dégradation des sols, une problématique qui s'est intensifiée ces dernières décennies sous l'effet conjugué de plusieurs facteurs. Parmi eux, l'érosion des sols, l'épuisement des nutriments et le changement climatique occupent une place prépondérante. Ces phénomènes contribuent à la perte progressive de la capacité productive des sols, compromettant à terme la sécurité alimentaire du pays.

Face à ces défis, les pouvoirs publics au Sénégal ont principalement orienté leurs interventions pour le développement agricole vers la fertilisation des sols, à travers des politiques de subventions aux engrais. Cette approche, bien que bénéfique à court terme pour augmenter les rendements agricoles et répondre aux besoins alimentaires, ignore en partie les autres dimensions essentielles de la fertilité des sols (voir partie 1), notamment sa dimension physique (structure et capacité de rétention d'eau) et biologique (contenu organique et activité microbienne). En se concentrant principalement sur la fertilisation, ces politiques risquent de négliger d'autres leviers d'action tout aussi déterminants, comme la promotion de pratiques agroécologiques. Ainsi, les politiques publiques actuelles au Sénégal, historiquement axées sur la fertilisation, répondent-elles suffisamment aux défis liés à la fertilité des sols au Sénégal ? Plus spécifiquement, ces politiques sont-elles en mesure de freiner la dégradation des sols tout en améliorant leur qualité sur le long terme, ou nécessitent-elles une réorientation vers une approche plus holistique intégrant les autres dimensions de la fertilité des sols ?

Pour répondre à cette question, nous dresserons un état des lieux des pratiques actuelles de fertilisation au Sénégal, en examinant les différents types de fertilisants utilisés, les niveaux de consommation d'engrais, ainsi que les besoins en nutriments des principales cultures. Ensuite, nous analyserons les politiques de subventions aux engrais mises en œuvre par le gouvernement et les récentes évolutions visant à encourager l'utilisation des fertilisants organiques. Enfin, nous proposerons une réflexion sur l'usage des pratiques agroécologiques dans le maintien et la restauration de la fertilité des sols tout en étudiant l'implication de la société civile et du gouvernement dans la promotion de ces pratiques au Sénégal.

1 LA FERTILISATION, UN PILIER ESSENTIEL DE L'ENTRETIEN DE LA FERTILITE DES SOLS AU SENEGAL

1.1 Les types de fertilisation au Sénégal

Au Sénégal, le déficit important en matière organique² et les carences de certains éléments nutritifs des sols limitent considérablement les rendements agricoles, rendant nécessaires des apports complémentaires en nutriments essentiels tels que l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) (ISRA et al., 2022). Ces nutriments sont apportés principalement par deux types de fertilisants : les engrais d'origine organique et les engrais minéraux.

Selon le rapport de l'Enquête agricole annuelle (EAA) 2022, le fumier est l'engrais organique le plus répandu au Sénégal, utilisé par plus de 90 % des producteurs agricoles, suivi du compost (12 %). À l'échelle nationale, les engrais organiques sont appliqués sur 43 % des parcelles, avec de fortes disparités régionales. Dans les régions de Thiès, Fatick, Dakar et Kaolack, plus de 60 % des parcelles bénéficient d'apports en engrais organiques. En revanche, dans les régions du Sud, telles que Kédougou ou Sédhiou, cette proportion est inférieure à 20 % (DAPSA, 2022). Toutefois, l'utilisation des engrais organiques est particulièrement concentrée sur les cultures maraîchères, où près de 60 % des parcelles reçoivent des apports organiques, suivies par les cultures d'arachide (38 %) et les cultures céréalières (28 %).

En ce qui concerne les engrais minéraux, un peu plus du tiers des producteurs agricoles (35 %) les utiliserait au niveau national. Les taux d'utilisation atteignent plus de 50 % dans certaines régions du bassin arachidier et de la vallée du fleuve Sénégal (voir section précédente), notamment à Kaolack, Kaffrine et Saint-Louis (DAPSA, 2022). Les engrais minéraux les plus répandus sont les formulations NPK et l'urée, particulièrement utilisées pour la culture du riz irrigué.

1.2 Un pays producteur, acheteur et exportateur d'engrais

A la différence du Bénin traité dans cette étude, le Sénégal est un pays producteur de matières premières pour les engrais minéraux avec trois principales usines. Toutefois, seul Indorama/ICS qui a investi dans un complexe industriel intégré exploitant du phosphate produit des engrais prêts à l'emploi.

Aussi en 2022, 14 500 tonnes d'ammoniac, 4 150 tonnes d'urée et 15 000 tonnes de MOP³ ont été importés. MOP et NPK sont ainsi commercialisés pour le marché sénégalais et les marchés sous-régionaux.

² Le rapport « Feed The Future Engrais Sénégal Dundël Suuf - DUNDËL SUUF – Nourrir les Sols » montre que le Sénégal se caractérise par des sols pauvres en matière organique, avec des teneurs faibles et inférieures à 2 % sur la quasi-totalité du territoire.

³ MOP – Muriate de potassium

Tableau 1 : fabricants d'engrais minéraux au Sénégal

	USINE DE FABRICATION	PRODUITS FABRIQUES	LOCALISATION	VOLUME EN 2022	CONTACT
1	SOCIÉTÉ MINIÈRE DE LA VALLÉE DU FLEUVE (SOMIVA) – depuis 2008	Phosphate Rock	Matam	2 437 145 tonnes DE PHOSPHATE en 2022	Edouard Diagne Operations Manager ediagne@somiva-sn.com +221 77 540 88 28
2	SOCIETE D'ETUDES ET DE REALISATION DES PHOSPHATES (SERPM) – depuis 2007	Phosphate Rock	Dakar		Malick Sow General Manager malickksoww@gmail.com +221 775422654
3	INDUSTRIES CHIMIQUES DU SENEGAL (INDORAMA-ICS) – depuis 1976	Phosphate Rock, Phosphoric acid, DAP, NPK, GYPSUM	Dakar		Abdoulaye Dieye Responsable des ventes d'engrais Abdoulaye.Dieye@indora ma.com +221776446467
3	INDUSTRIES CHIMIQUES DU SENEGAL (INDORAMA-ICS) – depuis 1976	Le phosphate est transformé en acide phosphorique, pour produire du DAP, du MAP et des NPK (en mélange avec de l'ammoniac, de l'urée et du MOP importés).	Dakar	3 116 tonnes de DAP 89 003 tonnes de NPK En 2022	

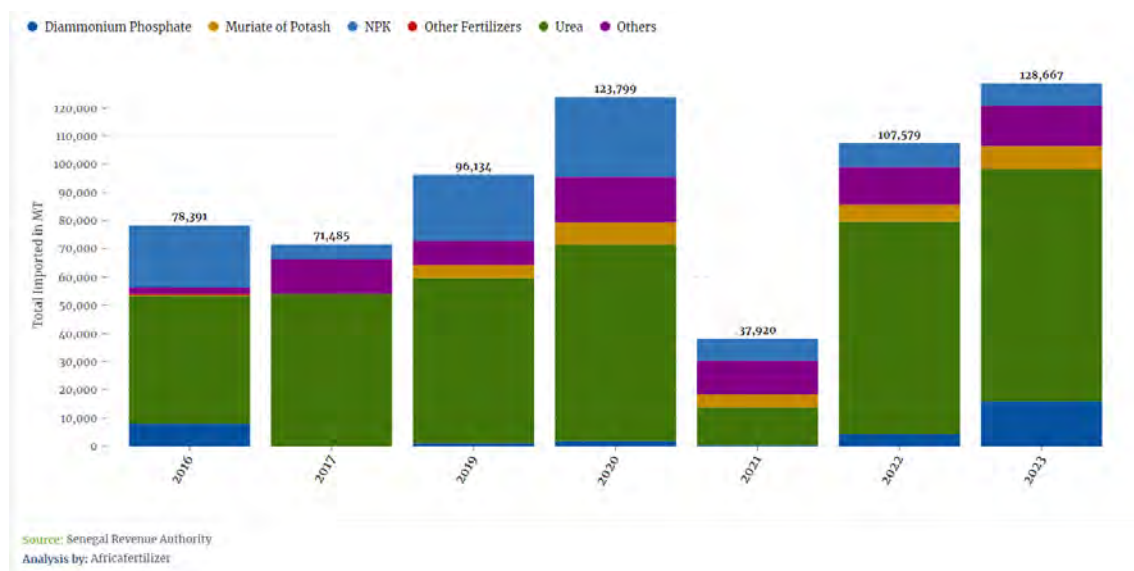
Source : AfricaFertilizer, Association Ouest Africaine des engrais (2024)

Comme il existe une production locale significative de phosphate, le Sénégal importe principalement des engrais non phosphatés, y compris l'urée et le MOP, qui sont utilisés pour fabriquer différents types d'engrais NPK. Le graphique suivant présente l'évolution des importations d'engrais au Sénégal. L'année 2021 est une année que l'on peut caractériser de très anormale, les importations d'engrais au Sénégal ont connu une baisse de 61% en 2021 par rapport à 2020 avant de repartir à la hausse en

2022. Plusieurs raisons internes et externes expliquent cette dynamique. La période 2021-2022 a été marquée par des perturbations mondiales liées tout d'abord à la pandémie de COVID-19 puis aux tensions géopolitiques, notamment l'invasion de l'Ukraine par la Russie. Ces événements ont affecté les chaînes d'approvisionnement et les prix des engrais à l'échelle mondiale. L'augmentation des prix sur les marchés internationaux, avant l'invasion de l'Ukraine par la Russie, a rendu les engrais moins accessibles pour les importateurs sénégalais. De plus, le retard dans les notifications de la subvention des engrais (mai-juin) avec des prix qui étaient en dessous du marché mondial a contribué à la faiblesse des importations. Ce décalage a créé une incertitude pour les importateurs, les incitant à réduire leurs commandes. En 2022, le gouvernement sénégalais a décidé de réajuster le prix de l'urée (de 550.000 FCFA/tonne à 750.000 FCFA/tonne) en s'alignant sur les prix du marché international. Cette décision a stimulé les importations en 2022, contrairement à la situation de 2021 où les prix subventionnés étaient en dessous du marché mondial. Globalement, la période 2021-2022

Comme l'indique les cartes développées dans cette étude, les engrais importés provenaient majoritairement de Russie ce qui a profondément évolué en 2022 du fait de la crise russo-ukrainienne. Les provenances sont devenues diverses (Nigéria, Suisse et autres pays). En plus des matières premières, des formules prêtes à l'emploi sont aussi importées, majoritairement du Maroc. Environ 28 000 tonnes de NPK ont été importées en 2020 contre 7 800 tonnes en 2023. Toutefois depuis 2021, les volumes d'engrais prêts à l'emploi vendus localement augmentent, passant de 65 000 t en 2021, à 89 000 t en 2022. Et en 2023/2024, le gouvernement sénégalais aurait demandé que les engrais soient achetés au niveau d'Indorama/ICS (soit 75 000 t d'après un acheteur).

Figure 1 : Importations d'engrais au Sénégal (source : IFDC)



Le Sénégal a annoncé en 2024 la construction d'une usine de production d'urée, ce qui pourrait compléter l'arsenal de production d'engrais à la fois pour le pays et la sous-région⁴.

⁴ <https://www.agenceecofin.com/agro-industrie/2002-116343-senegal-le-gouvernement-veut-construire-une-usine-d-engrais-de-pres-de-1-milliard-a-ndayane>

Le Sénégal est aussi un pays exportateur de phosphate (486 545 t en 2022) et d'engrais minéraux prêts à l'emploi. Toutefois, les volumes exportés de NPK et DAP ont baissé entre 2021 et 2022 (de 129 532 t à 27 225 t). Ces changements proviennent de deux phénomènes : les soucis politiques au Mali, le plus gros marché du Sénégal jusqu'alors et le changement stratégique d'ICS de vendre sur le marché local.

1.3 Des déficits en nutriments pour les principales cultures qui compromettent l'atteinte des objectifs de rendements

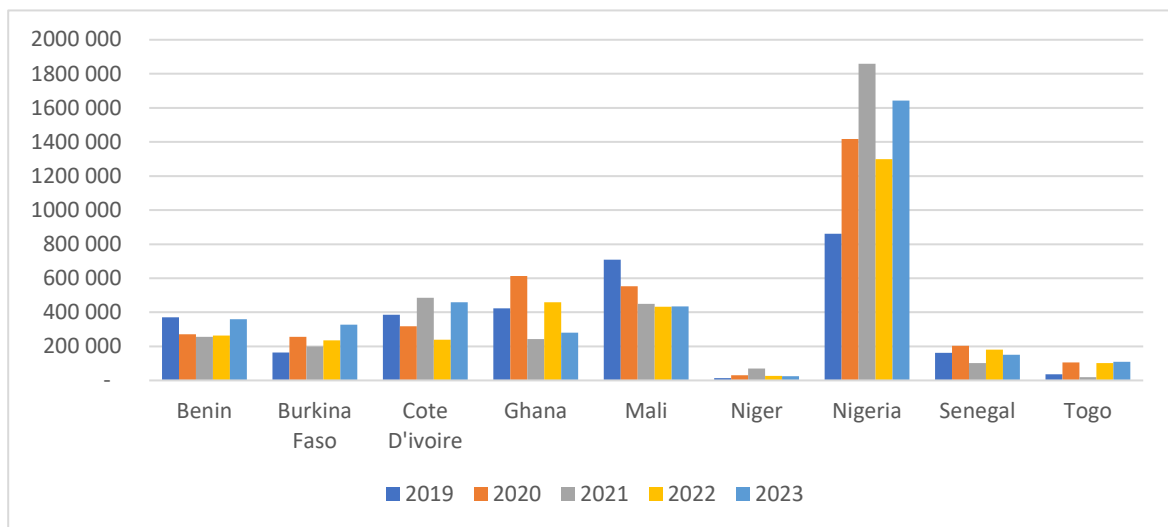
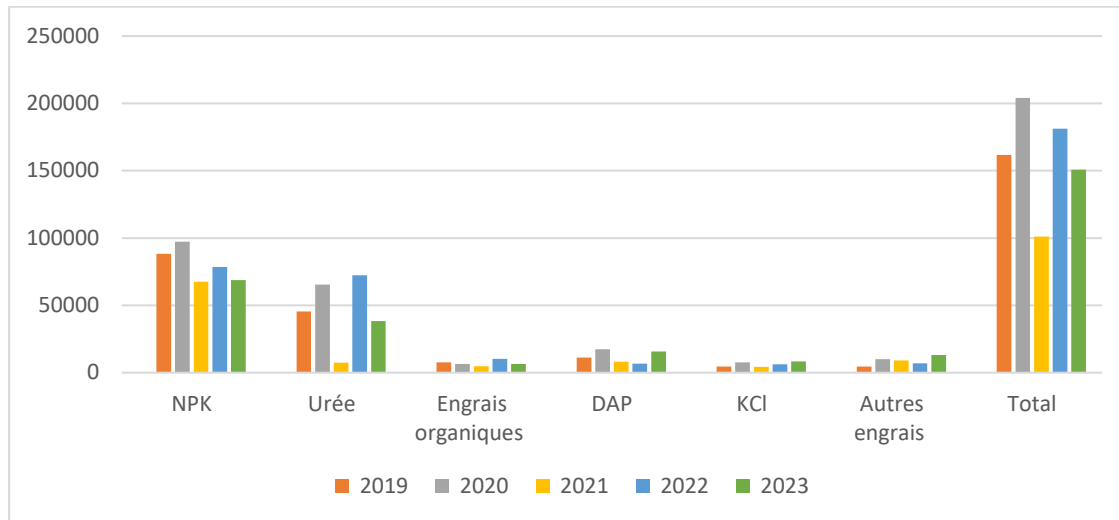


Figure 2 : Évolution de la consommation apparente en engrais des pays d'Afrique de l'Ouest, 2019-2023. Source : FARM, d'après les données du Fertilizer Technical Working Groups (FTWG), 2024.

Au cours des cinq dernières années, la consommation d'engrais au Sénégal a connu une évolution en dents de scie, influencée par la conjoncture internationale marquée par la pandémie de Covid-19 et la guerre en Ukraine. La consommation apparente d'engrais en moyenne sur cinq ans (2017-2021) est de 167 409 tonnes par an. Elle est passée d'environ 162 000 tonnes en 2019 à 151 000 tonnes en 2023, atteignant son niveau le plus bas en 2021 avec 101 153 tonnes et un pic en 2020 avec 204 010 tonnes (voir graphique 1). La baisse de 50 % entre 2020 et 2021 s'explique par la hausse des prix et par la préférence des fournisseurs internationaux d'engrais pour des marchés sécurisés. Les acheteurs ont fait état lors de nos échanges d'une difficulté pour les grands fournisseurs de vendre au Sénégal en répondant aux appels d'offres pour des questions de garantie de paiement.

Ces niveaux de consommation placent le Sénégal parmi les plus faibles consommateurs d'engrais en Afrique de l'Ouest en volume, juste devant le Niger et le Togo.

Figure 3 : Évolution de la consommation apparente par type d'engrais au Sénégal, 2019-2023



Source : FARM, d'après les données du Fertilizer Technical Working Groups (FTWG), 2024.

Bien que les engrais organiques soient largement utilisés dans les pratiques de fertilisation au Sénégal, leur consommation reste très marginale en termes de volume, du moins dans les données rassemblées qui n'intègrent certainement pas l'usage d'engrais produits à la ferme ou n'étant pas issus du circuit commercial. Sur la période 2019-2023, les engrais organiques représentent moins de 5 % du volume total des engrais consommés, soit environ 36 000 tonnes. Les engrais NPK constituent environ la moitié des consommations d'engrais, suivis par l'urée qui représente 29 %, avec des volumes respectifs de 400 558 tonnes et 228 792 tonnes sur la même période.

Deux entreprises produisent localement du compost organique, l'une des entreprises ayant investi dans une usine de mélange ce qui permet de formuler différentes catégories d'engrais. Quelques 7 700 tonnes ont été produites en 2022 au Sénégal.

Tableau 2 : Principales entreprises de production de compost organique au Sénégal

	USINE de FABRICATION	Produits fabriqués	Localisation	VOLUME EN 2022	Contact
1	ELEPHANT VERT SENEAL – depuis 2019	Produits organiques	Dakar	7.725 d'engrais organiques en 2022	Christophe Berthevas – DG christophe.berthevas@elephant-vert.com +221 784830491
2	BIOTOSS/SEDAB – depuis 2017	Produits organiques	Dakar		Moulaye Kande – DG moulayekande59@yahoo.fr +221 77 644 95 89

A noter la présence de « Biotech », une entreprise se revendiquant également formulateur de solutions organiques.

Cette faible utilisation en engrais organique pourrait changer, c'est du moins la volonté d'Eléphant Vert. En effet l'entreprise ambitionne d'augmenter la production d'engrais organique pour fournir la région Afrique de l'Ouest. En 2023 la filiale sénégalaise du groupe suisse a produit 15 000 tonnes d'engrais organiques principalement à base de fiente de volailles et de déchets végétaux dont 7000 tonnes ont été subventionnées à 80 %. Selon les dirigeants de la filiale sénégalaise, depuis l'usine de Thiès Eléphant Vert commercialise auprès des grandes entreprises légumières d'exportation mais aussi auprès des petits producteurs. Pour ces derniers ils précisent que le conseil agricole est essentiel non seulement pour utiliser efficacement les solutions qu'ils proposent mais aussi pour les convaincre du bien-fondé de l'utilisation d'engrais organiques.

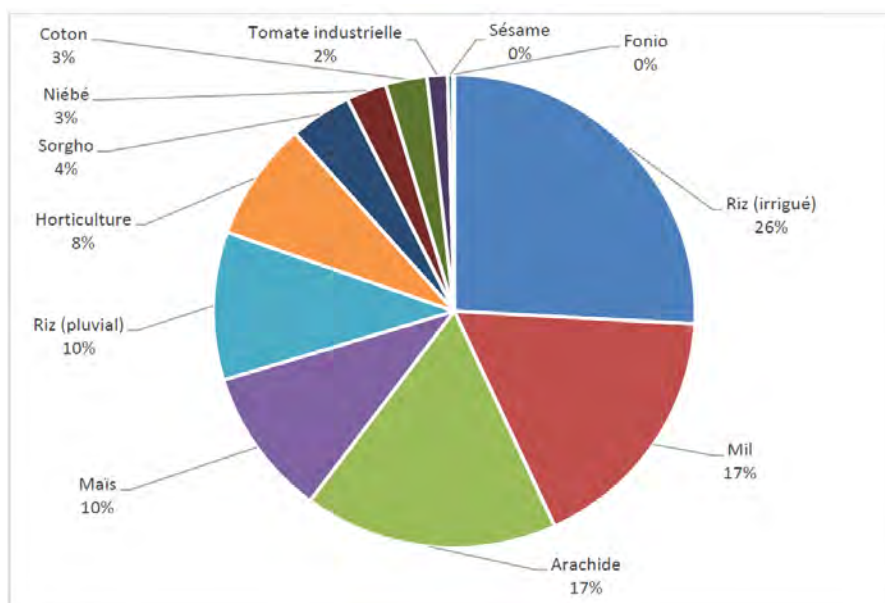
Encadré : Eléphant Vert en Afrique de l'Ouest, le cas du Mali

Le groupe Eléphant Vert se développe en Europe et en Afrique où 40 % du chiffre d'affaires est réalisé. Pour un responsable du cluster Afrique de l'Ouest, il est nécessaire de structurer la production de fertilisants organiques en Afrique de l'Ouest. Selon lui, il faudrait investir dans un outil à proximité des zones de production, à la fois pour collecter les déchets végétaux ou animaux et être proche des zones de consommation des engrais. Le rayon d'intervention ne peut être supérieur à 100 km autour de la zone de production des engrais pour éviter d'augmenter le prix de cession des engrais par le transport. La taille des structures pouvant traiter ces volumes doit aussi être suffisamment importante pour être durable économiquement. Des structures produisant au moins 15 000 tonnes annuelles d'engrais organiques seraient rentables selon le responsable de l'entreprise. Pour Eléphant Vert, ces engrais sont disponibles en permanence, produits avec des matières premières locales, mais pour lesquels il est nécessaire d'anticiper la production puisque celle-ci nécessite 6 mois de préparation. De plus, l'entreprise proposerait des engrais près de 4 fois moins chers que des engrais minéraux, tout du moins au Mali.

Eléphant Vert a décidé de s'inscrire dans les chaînes de valeur comme c'est le cas au Mali où 2 usines (bientôt 3 supplémentaires grâce à une subvention de USAID), valorisent 5 M€ de déchets (végétaux comme les déchets de karité, sésame ou cajou et animaux comme les fientes et bouses) qui n'étaient pas valorisés auparavant. Comme les agriculteurs ne peuvent financer leur engrais, Eléphant vert a conclu des contrats en proposant des packages de production (semences, intrants organiques) et achète ensuite les produits de la récolte qui sont revendus ainsi que les déchets/coproduits. 3 000 contrats ont été passés avec les producteurs de coton et de maïs au Mali en 2024 ; ils devraient se situer autour de 10 000 en 2025. Les ambitions du groupe se poursuivent notamment au Bénin ou encore avec des perspectives au Ghana ou en Afrique centrale.

Les consommations d'engrais sont principalement consacrées aux cultures du riz (tant irrigué que pluvial), du mil, de l'arachide, du maïs et des cultures horticoles. Ensemble, ces cultures ont représenté près de 90 % des consommations d'engrais entre 2015 et 2018, le riz à lui seul représentant plus d'un tiers (36 %) de la consommation totale d'engrais (Africa Fertilizer, 2019). Ces cultures représentaient plus de 80 % des superficies pour environ 53 % de la production agricole sur la même période.

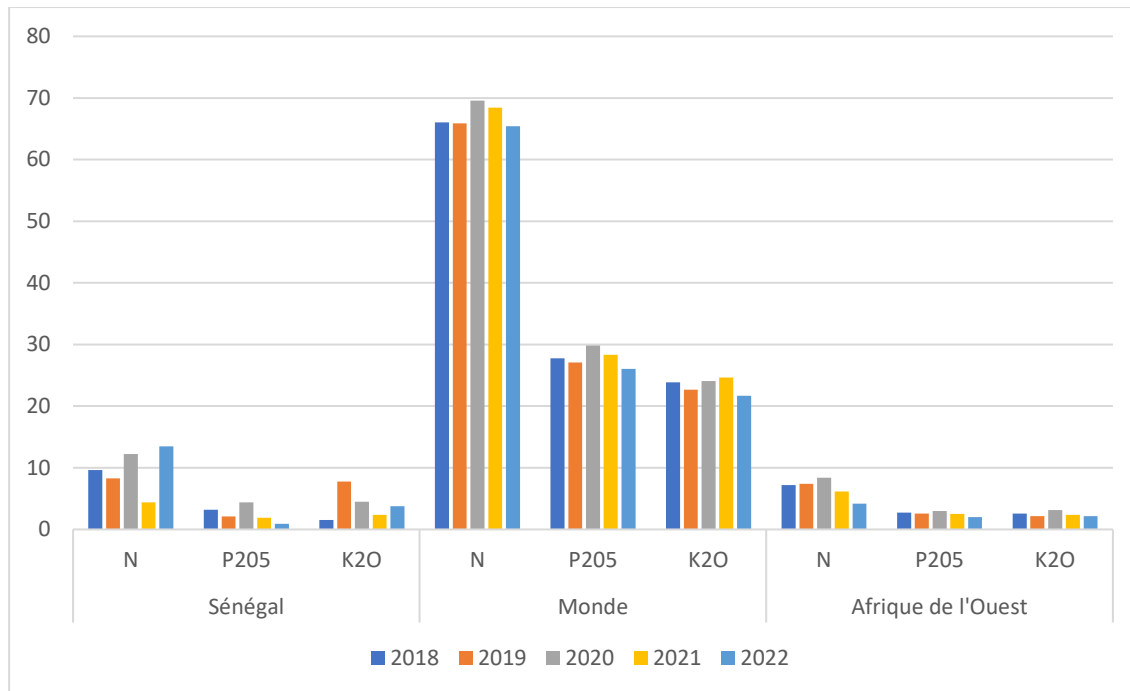
Figure 4 : Répartition de la consommation d'engrais par culture (moyenne de 2015 à 2018)



Source : Compilation des données d'enquête Africafertilizer.org, 2019

Comme déjà soulignée, l'utilisation d'engrais, qu'ils soient organiques ou minéraux, a pour objectif d'apporter les nutriments nécessaires au développement des plantes. Selon les données FAO au Sénégal, l'azote (N) est le principal nutriment fourni par la fertilisation, avec une consommation moyenne entre 2019 et 2023 de 10 kg/ha. Ce niveau de consommation est supérieur à la moyenne régionale (7 kg/ha), mais reste largement inférieur à la moyenne mondiale, qui est d'environ 67 kg/ha. Le potassium (K_2O) est le second nutriment consommé, à hauteur d'environ 5 kg/ha, soit deux fois plus que la moyenne régionale, mais cinq fois moins que la moyenne mondiale. Le phosphore (P_2O_5) complète le trio des nutriments apportés par la fertilisation, avec une consommation de moins de 3 kg/ha, un niveau similaire à la moyenne régionale et douze fois inférieur à la consommation moyenne mondiale. La figure suivante illustre ces différences de consommation tant sur le plan régional que mondial.

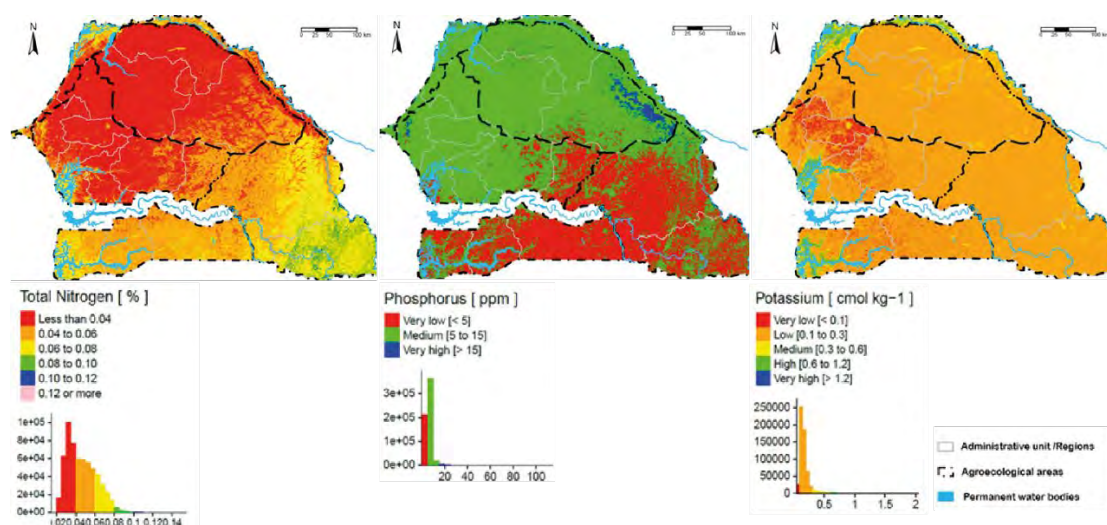
Figure 5 : Évolution de la consommation en nutriment N, P2O5 et K2O en kg/ha du Sénégal par rapport à l'Afrique de l'Ouest et le reste du monde, 2018-2022



Source : FARM d'après FAOSTAT, 2024

Les différences de consommation et d'application des nutriments au Sénégal pourraient être liées à la disponibilité relative des trois éléments dans les sols, suggérant des besoins plus importants en azote et en potassium par rapport au phosphore. Une étude menée dans le cadre du projet « Feed The Future Engrais Sénégal Dundël Suuf – Nourrir les Sols » a cartographié les carences en éléments nutritifs des sols du Sénégal pour mieux caractériser les besoins en engrais. Les résultats révèlent une faible teneur en azote, avec une moyenne de 0,2 % sur l'ensemble du territoire. Les teneurs en phosphore sont faibles dans une partie du centre et du sud du pays (valeurs essentiellement inférieures à 5 ppm), tandis que des teneurs en potassium élevées ne sont observées que dans les zones de la vallée du fleuve Sénégal et les régions estuariennes, avec des valeurs atteignant 0,6 cmol kg⁻¹ (ISRA et al., 2022).

Figure 6 : Cartographie des teneurs en azote, phosphore et potassium au Sénégal



Source : Consolidé par FARM à partir du rapport « Feed The Future Engrais Sénégal Dundël Suuf - DUNDËL SUUF – Nourrir les Sols », (ISRA et al, 2022).

Cependant, les niveaux moyens de consommation en nutriment varient considérablement selon les cultures. Par exemple pour la saison 2018/19, l'arachide consomme en moyenne 1 kg d'azote/ha, tandis que la tomate industrielle et le riz irrigué consomment respectivement 90 kg/ha et 319 kg/ha d'azote. Le tableau suivant présente en détail les niveaux de consommation en nutriments des principales cultures au Sénégal sur la période 2015-2019.

Tableau 3 : Consommation en nutriments des principales cultures

Culture	Kg/ha				Kg nutriment/ha											
	Rendement moyen				N				P2O5				K2O			
	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
Arachide	925	818	1126	1336	1	2	2	1	5	6	6	5	2	3	3	2
Niébé	508	540	580	600	1	2	2	1	5	6	6	5	2	3	3	2
Sésame	506	500	541	550	1	2	2	1	5	6	6	5	2	3	3	2
Mil	813	696	947	965	8	14	18	17	1	1	1	1	1	1	1	1
Sorgho	939	606	1021	1193	8	14	18	17	1	1	1	1	1	1	1	1
Fonio	726	790	818	814	8	14	18	17	1	1	1	1	1	1	1	1
Maïs	1525	1577	1828	1936	16	21	25	26	10	9	8	10	10	9	8	10
Horticulture					73	69	73	77	12	12	17	12	24	24	35	31
Tomate Industrielle					117	141	98	90	299	359	249	230	390	469	325	300
Riz pluviale					16	21	25	26	10	9	8	10	10	9	8	10
Riz irrigué					202	406	324	319	124	114	106	133				
Coton					41	44	42	37	49	53	49	46	29	32	30	28

Source : FARM d'après données Africa Fertilizers, 2019

Le tableau révèle une forte variabilité des consommations en nutriments des principales cultures au Sénégal. Ce constat, bien qu'intéressant, ne permet pas de déterminer si les besoins en nutriments de ces cultures sont couverts par les apports ni si les objectifs de rendement sont atteints. Afin de mieux caractériser ces besoins en tenant compte des niveaux initiaux de fertilité des sols et des variations régionales à travers le pays, une cartographie des besoins en éléments nutritifs du sol au Sénégal a été réalisée par différentes institutions sénégalaises. Elle offre une vue d'ensemble détaillée des besoins

en fertilisation des principales cultures au Sénégal, en mettant l'accent sur les spécificités régionales et les objectifs de rendement (ISRA et al., 2022).

Il en ressort une carence généralisée en azote, nécessitant des besoins substantiels, notamment pour des cultures céréalières comme le riz (214 kg N /ha), le maïs (220 kg N /ha), et le Sorgho (166 kg N /ha). Ces besoins en azote ne sont pleinement couverts que pour la culture du riz irrigué, avec un apport de 319 kg N /ha sur la période 2018/19 (Africa Fertilizers, 2019). En revanche, le maïs et le sorgho présentent des déficits en azote importants, de l'ordre de 194 kg N/ha pour le maïs et 143 kg N/ha pour le sorgho. Les autres cultures affichent également des déficits en azote, bien que moins prononcés que ceux du maïs et du sorgho. Le potassium est également un nutriment critique, surtout dans certaines régions comme la Casamance et le bassin arachidier. Quant au phosphore, les besoins sont plus modérés, bien que certaines zones du sud du pays nécessitent des apports significatifs pour certaines cultures.

Ces déficits en nutriments compromettent l'atteinte des objectifs fixés en termes de rendement. Par exemple, les objectifs de 2,5 t/ha pour l'arachide et de 6 t/ha pour le maïs sont encore éloignés des rendements obtenus en 2018/2019, qui n'étaient que de 1,3 t/ha et 2 t/ha respectivement (Africa Fertilizer, 2019). Il est donc impératif de combler les déficits en nutriments, notamment en azote, pour augmenter les rendements. Ainsi pour agir sur la fertilité des sols et améliorer la productivité agricole, les politiques publiques encouragent depuis plus de deux décennies, l'utilisation d'engrais, notamment à travers des programmes de subventions, afin de combler les déficits nutritionnels des sols. Cette stratégie vise notamment à répondre en priorité aux objectifs de sécurité et de souveraineté alimentaires du pays.

Tableau 4 : Besoins estimés en nutriment des principales cultures au Sénégal

Cultures	Objectifs de production	Besoins estimés en nutriments		
	Rendements	N	P2O5	K2O
Arachide	2,5 t/ha	Entre 6 et 12 kg/ha dans les zones sylvopastorales et du bassin arachidier	7,5 kg/ ha pour haute Casamance surtout) et Sénégal oriental. Pas d'apports nécessaires pour le reste du pays	Pas d'apports nécessaires
Riz	8 t/ha	214 kg/ha	93 à 54 kg /ha. Pas d'apports nécessaires dans les régions de Thiès et Matam	76,25 à 245 kg de K2O/ha, notamment dans le bassin arachidier et en Casamance
Tomate	40 t/ha	131 kg/ha	11,25 kg/ha max dans les zones Nord et Centre ; et 22,5 à 30 kg/ha pour les parties orientales et Sud pays	Entre 51,5 et 103 kg/ha dans le bassin arachidier et la Casamance ; et 51, 5 kg/ha maximum sur le reste du pays
Maïs	6 t/ha	220 kg/ha	Entre 21,5 et 71 kg/ha, un apport max dans les zones du bassin arachidier, Casamance, sylvopastoral et du Sénégal oriental. Pas d'apports nécessaires dans les régions de Thiès et de Matam	Entre 120 et 180 kg/ha dans le bassin arachidier, la zone des Niayes et la Casamance ; et 60 kg/ha max dans les parties Nord et Est du pays.
Oignon	30 t/ha	138 kg/ha	Entre 15 et 30 kg/ha dans la vallée du fleuve Sénégal, la zone des Niayes et le bassin arachidier ; Et entre 30 et 45 kg/ha dans le Sénégal oriental et la Casamance	Entre 48,75 et 98,5 kg/ha dans le bassin arachidier et la Casamance ; et 48,75 kg/ha max pour le reste du pays
Sorgho	5 t/ha	166 kg/ha	Entre 168 et 321 kg/ha	Entre 42 kg/ha et 84 kg/ha dans le bassin arachidier et la Casamance ; et 42 kg/ha maximum pour le reste du pays

Source : FARM à partir du rapport « Feed The Future Engrais Sénégal Dundël Suuf - DUNDËL SUUF – Nourrir les Sols », (ISRA et al, 2022).

2 SUBVENTION AUX ENGRAIS : UN OUTIL DE POLITIQUES PUBLIQUES EN EVOLUTION

2.1 Cadre stratégique des politiques publiques en matière de fertilisation

Encadré : Stratégie continentale d'utilisation des engrais, avec les déclarations d'Abuja en 2006, puis de Nairobi en 2024

Au niveau continental, des initiatives telles que le Programme détaillé de développement de l'agriculture africaine (PDDAA), sous l'égide de l'Union africaine, ont été marquées par la signature des déclarations de Maputo en 2003 et de Malabo en 2014. Ces stratégies accordent une importance particulière à la fertilité des sols en encourageant l'utilisation d'engrais. L'Union africaine reconnaît que, depuis le début du XX^e siècle, l'Afrique a connu un déclin généralisé de la qualité de ses sols agricoles — aussi bien en termes de fertilité que de santé des sols — un phénomène qui perdure et affecte négativement la capacité de production agricole et la sécurité alimentaire du continent (African Union, 2024). En réponse à cette situation, en 2006, les chefs d'État et de gouvernement de l'Union africaine ont adopté la Déclaration d'Abuja sur les engrais pour la révolution verte en Afrique. Cette stratégie continentale visait à inverser la tendance inquiétante de la faible productivité des sols africains en mettant l'accent sur le rôle des engrais pour stimuler la croissance agricole nécessaire à la sécurité alimentaire et au développement rural. L'objectif principal était d'augmenter l'utilisation d'engrais de 8 kg (éléments nutritifs) par hectare à 50 kg (éléments nutritifs) par hectare en dix ans, et de créer un Mécanisme africain de financement des engrais (MAFE). Ce mécanisme devait fournir le financement nécessaire pour stimuler l'utilisation d'engrais en Afrique et atteindre l'objectif fixé par la Déclaration d'Abuja (African Union, 2006).

Cependant, une décennie et demie plus tard, la consommation d'engrais en Afrique n'a que légèrement augmenté, atteignant environ 18 kg/ha en 2021. Par conséquent, le déclin généralisé de la qualité des sols à l'échelle du continent se poursuit. Reconnaisant ces défis persistants, les chefs d'État ont adopté un nouveau plan d'action décennal avec des engagements visant à intensifier les efforts en matière de fertilisation et de gestion durable des sols avec la récente déclaration de Nairobi en mai 2024. Parmi ces engagements figure la volonté de tripler la production et la distribution nationale d'engrais organiques et inorganiques de qualité certifiée d'ici à 2034, ainsi que d'inverser la dégradation des terres en restaurant la santé des sols sur au moins 30 % des sols dégradés au cours de la même période (African Union, 2024).

Au Sénégal, les politiques et stratégies agricoles ont constamment visé à positionner l'agriculture comme un secteur clé du développement économique. Après une longue période de libéralisation et de désengagement de l'État du secteur agricole, due aux politiques d'ajustement structurel du début des années 1980, le début des années 2000 a marqué un retour de la volonté des politiques publiques de se réinvestir dans l'agriculture. Cette réorientation stratégique s'est traduite par la mise en place de programmes articulés à l'échelle nationale et continentale visant à faire du secteur agricole le principal levier permettant d'éliminer la faim, de réduire la pauvreté de moitié et de tripler le commerce intra-africain des produits agricoles d'ici 2025. Ces différents programmes couvrent divers volets dont l'augmentation de la production agricole par l'accroissement des rendements et l'utilisation d'engrais.

Au début des années 2000, en réponse aux crises alimentaires mondiales de 2007-2008 et 2011, le Sénégal a réintroduit les subventions pour les intrants agricoles, notamment à travers des programmes comme la Grande offensive agricole pour la nourriture et l'abondance (GOANA). Cette nouvelle orientation a entraîné une augmentation significative des montants alloués aux subventions, passant de plus de 60 millions à un pic d'environ 203 millions de dollars américains en 2012. Cette période a également marqué la fin du monopole des Industries chimiques du Sénégal (ICS) sur le marché des engrais, ouvrant la voie à d'autres fournisseurs privés (IPAR, 2015).

À partir de 2014, le Sénégal a renforcé son soutien aux intrants agricoles dans le cadre du Programme Sénégal émergent (PSE), notamment à travers le Programme de relance et d'accélération de la cadence de l'agriculture Sénégalaise (PRACAS). Ce programme, aligné sur la Loi d'orientation agro-sylvo-pastorale (LOASP) et le Programme national d'investissement agricole (PNIA), constitue le cadre stratégique pour le développement agricole à moyen terme, en se concentrant sur les filières porteuses et en tirant les leçons des stratégies précédentes. Le PRACAS, axé sur l'intensification de la production agricole, repose sur quatre piliers principaux (MAER, 2014) :

- le Programme de reconstitution du capital semencier
- le Programme engrais
- le Programme de production et protection intégrée des cultures
- le Programme de renouvellement et de renforcement du parc de matériel agricole.

Le programme national de subvention d'engrais, doté d'un budget conséquent, cible toutes les filières agricoles avec une priorité sur les principales cultures (arachide, riz, mil, sorgho, maïs, niébé) et une subvention partielle portant sur 50 000 à 80 000 tonnes d'engrais par an (MAER, 2014).

Une seconde phase du PRACAS était initialement prévue pour la période 2018-2022. Cependant, les impacts de la pandémie de COVID-19 et de la guerre en Ukraine, marqués par l'indisponibilité et la flambée des prix des engrais minéraux, ont conduit le gouvernement sénégalais à réévaluer sa stratégie dans le cadre de son plan de relance économique post-pandémique. Cette réorientation stratégique, axée sur la souveraineté alimentaire et l'agroécologie, a abouti à l'élaboration du Programme agricole pour la souveraineté alimentaire durable (2021-2025), qui constitue désormais le nouveau cadre stratégique pour l'agriculture sénégalaise (Fall et al., 2023). Le PASAD, dans son programme de subventions aux intrants, vise non seulement à améliorer l'accès des producteurs aux engrais minéraux, mais aussi à promouvoir la production et la distribution de biofertilisants. Cette approche intégrée a pour

objectif de renforcer durablement la fertilité des sols, de répondre aux défis actuels et de soutenir les ambitions du pays en matière de sécurité et de souveraineté alimentaires.

En mai 2024, le nouveau gouvernement du Sénégal poursuit cette dynamique en annonçant une augmentation budgétaire de 20 % pour soutenir les programmes d'intrants pour la campagne agricole 2024/2025. Outre cette mesure, le gouvernement prévoit de transformer le programme de subvention aux intrants en instaurant un identifiant unique ou une carte d'identité pour chaque producteur bénéficiaire et chaque opérateur fournisseur d'intrants agricoles⁵. Cette mesure sera accompagnée de la mise en place d'une plateforme de gestion et de suivi en temps réel, dont l'objectif est d'assurer une traçabilité complète des subventions, depuis la définition des objectifs de campagne jusqu'à la mise à disposition des intrants aux producteurs, en passant par les notifications aux fournisseurs.

2.2 Le soutien financier public pour les intrants : unique forme d'aide directe aux producteurs sénégalais

2.2.1 Montants et fonctionnement du système de subventions

Le Sénégal figure parmi les pays d'Afrique subsaharienne qui soutiennent le plus leur agriculture. Il fait partie des pays ayant atteint l'objectif de Maputo, qui consiste à consacrer au moins 10 % des dépenses budgétaires à l'agriculture. Les données de l'Observatoire mondial des soutiens publics à l'agriculture⁶ de la Fondation FARM montrent sur la période 2018-2020, un niveau de dépenses publiques allouées à l'agriculture représentant en moyenne 11 % du budget total de l'État. Ces dépenses agricoles se décomposent en transferts budgétaires aux producteurs, en transferts aux consommateurs pour l'accès aux produits de base et en dépenses pour la fourniture de services collectifs destinés au développement du secteur agricole. Les transferts destinés aux producteurs représentent une part relativement modeste des dépenses publiques agricoles, constituant moins de 20 % du total (voir figure ci-après). La majeure partie des dépenses (70 %) est consacrée à la fourniture de services collectifs, qui sont des investissements indirects dans l'agriculture, mais non moins essentiels pour son développement.

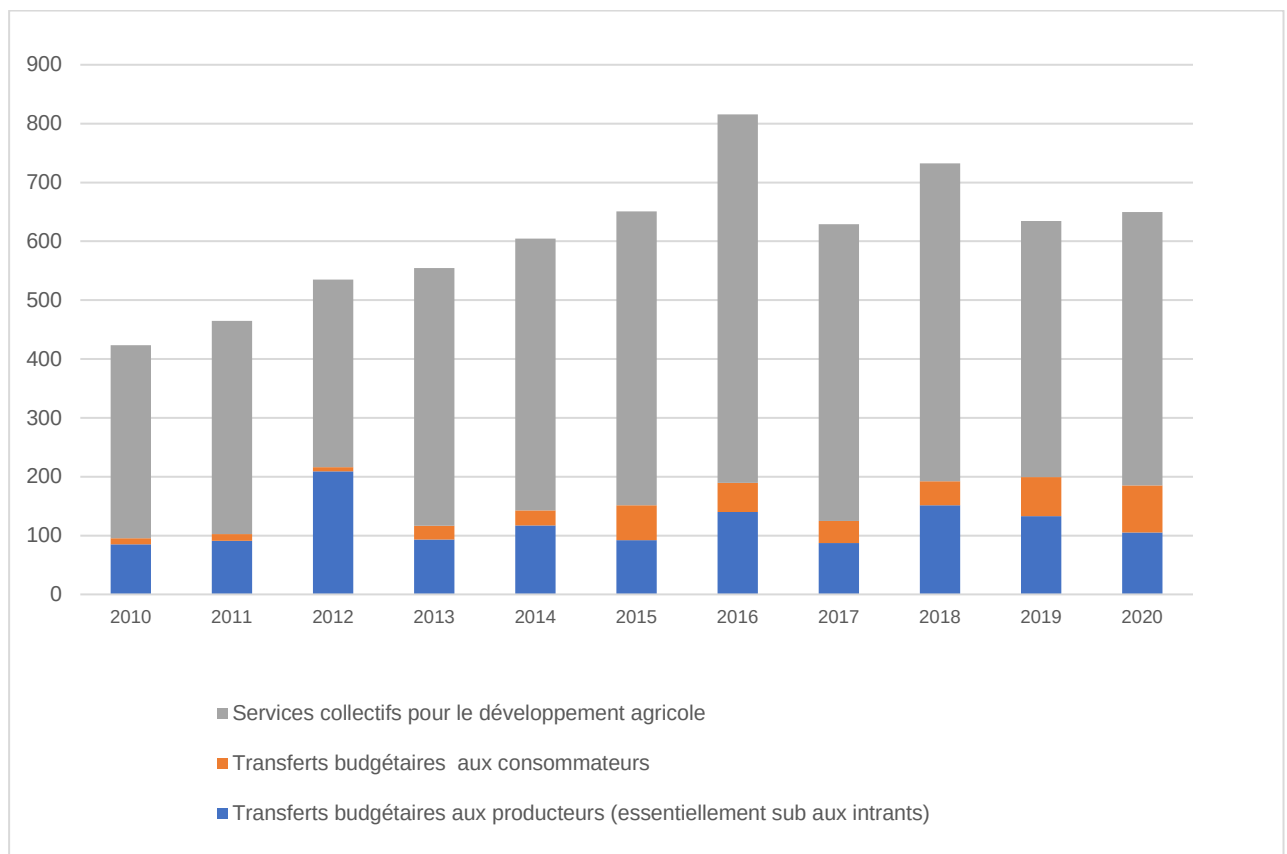
Les soutiens consacrés aux intrants agricoles, incluant les engrais, les semences et les produits phytosanitaires, sont comptabilisés dans les transferts budgétaires aux producteurs. Ces subventions constituent la quasi-totalité des transferts budgétaires aux producteurs agricoles au Sénégal. Ils sont répartis entre les subventions aux engrais (40 %), aux semences (40 %), au matériel agricole (5 %), le reste est utilisé pour subventionner les produits phytosanitaires et les programmes dits « spéciaux » (Ricome et al., 2024). Ainsi la part des subventions aux engrais dans le soutien total est de 8 %.

⁵ [Conseil interministériel consacré à la campagne de production agricole 2024](#)

⁶ [Observatoire mondial des soutiens publics à l'agriculture et à l'alimentation](#)

Il est important de noter que depuis quelques années, le montant alloué au soutien aux intrants, dont les engrais, est en hausse. Entre la campagne 2024-2025 et la campagne 2023-2024, ce budget augmente de 20 %. La part du budget dévolu au soutien aux engrais est donc elle aussi en hausse, passant de 25 millions € en 2021 à 72 millions en 2024. Néanmoins, ces dépenses demeurent faibles au regard des enjeux de hausse de la productivité et d'accès aux engrais pour les producteurs.

Figure 7 : Évolution des soutiens publics à l'agriculture au Sénégal, en millions de \$



Source : FARM d'après données MAFAP

Le soutien aux engrais concerne principalement les engrais minéraux et est mis en œuvre en plusieurs étapes. Chaque année, le ministère de l'Agriculture et de l'équipement rural (MAER) établit d'abord des quotas d'engrais et de semences pour chaque région, en se basant sur les objectifs de production régionaux, les prévisions des superficies cultivées et les doses d'engrais recommandées pour atteindre les rendements ciblés pour chaque culture (Ricome et al. 2024). Ensuite il procède à la sélection des fournisseurs d'intrants via des appels d'offres publics, aboutissant à la désignation de cinq importateurs

privés chargés de l'approvisionnement en engrais à l'échelle nationale (IPAR, 2015). Les quantités d'engrais subventionnées sont réparties au niveau régional, puis au niveau de chaque communauté rurale. En parallèle sont nommés chaque année les membres d'un comité national chargé de superviser, coordonner et assurer la transparence des opérations de transport et de distribution des intrants agricoles à travers le pays. Ce comité est composé de représentants des autorités administratives, de la société civile et des organisations de producteurs (OP). Des comités similaires sont mis en place à chaque niveau administratif : régional, départemental et local.

Au niveau local, ces comités, appelés commissions de cession, sont responsables de la réception et de la distribution des intrants aux points de distribution centralisés, du contrôle de la qualité des produits ainsi que de la rédaction d'un rapport d'exécution. Ce rapport sert de preuve de livraison des intrants, permettant aux fournisseurs d'être rémunérés au taux de subvention applicable (50 % au moment de la réalisation des travaux sur le terrain). Ainsi, les producteurs reçoivent jusqu'à trois sacs de 50 kg d'engrais chacun (IPAR, 2015; Ricome et al., 2024).

Pour bénéficier des prix subventionnés, les agriculteurs (ou grossistes) achètent les engrais au niveau des dépôts prévus dans les appels d'offre grâce à des bons (obtenus auprès de la Banque agricole). Ces opérations sont surveillées comme l'indique la circulaire du ministère de l'Agriculture fixant le prix de cessions aux agriculteurs et précisant que « les forces de défense et de sécurité assisteront à toutes les opérations de mise en place et de cession des engrais minéraux ». Ces contremarques correspondent à la partie financée par les producteurs (entre 39 et 50 % en 2024-2025 du cout de cession établi par l'Etat).

Les producteurs doivent financer environ 50 % du coût de cession pour les engrais subventionnés. L'agriculteur finance lui-même sa contrepartie par ses fonds propres ou s'il trouve un financement, ce qui chez les plus petits producteurs est difficile du fait de leur solvabilité limitée. Le distributeur reçoit donc la partie non subventionnée *via* le producteur/grossiste, la partie subventionnée par l'Etat est à récupérer dans un second temps au niveau des instances gouvernementales

Bien que le programme soit théoriquement conçu comme un dispositif universel accessible à tous les producteurs, la disponibilité limitée des intrants conduit à une sélection *de facto* des agriculteurs bénéficiaires par les comités locaux (IPAR, 2015; Ricome et al., 2024). En effet selon IPAR (2015), le ciblage des bénéficiaires des subventions manque souvent de transparence. Les listes établies par les comités locaux incluent des personnalités politiques, des chefs religieux et des hauts fonctionnaires désignés comme gros producteurs, dont les dotations ne sont pas toujours destinées aux exploitations agricoles. Ce problème est fréquemment soulevé par les agriculteurs dans les commissions locales.

Les engrais subventionnés dominent donc le marché des engrais, représentant entre 75 % et 80 % des engrais consommés selon l'année. Le reste concerne le circuit de distribution privé non subventionné. Les engrais subventionnés fournissent du DAP, de l'urée et divers types de NPK pour les cultures de rente (arachides), les céréales (sésame, sorgho, fonio, maïs et riz), les légumes et les fruits, et d'autres cultures vivrières telles que le niébé. Les engrais pour le coton ne sont pas subventionnés au Sénégal.

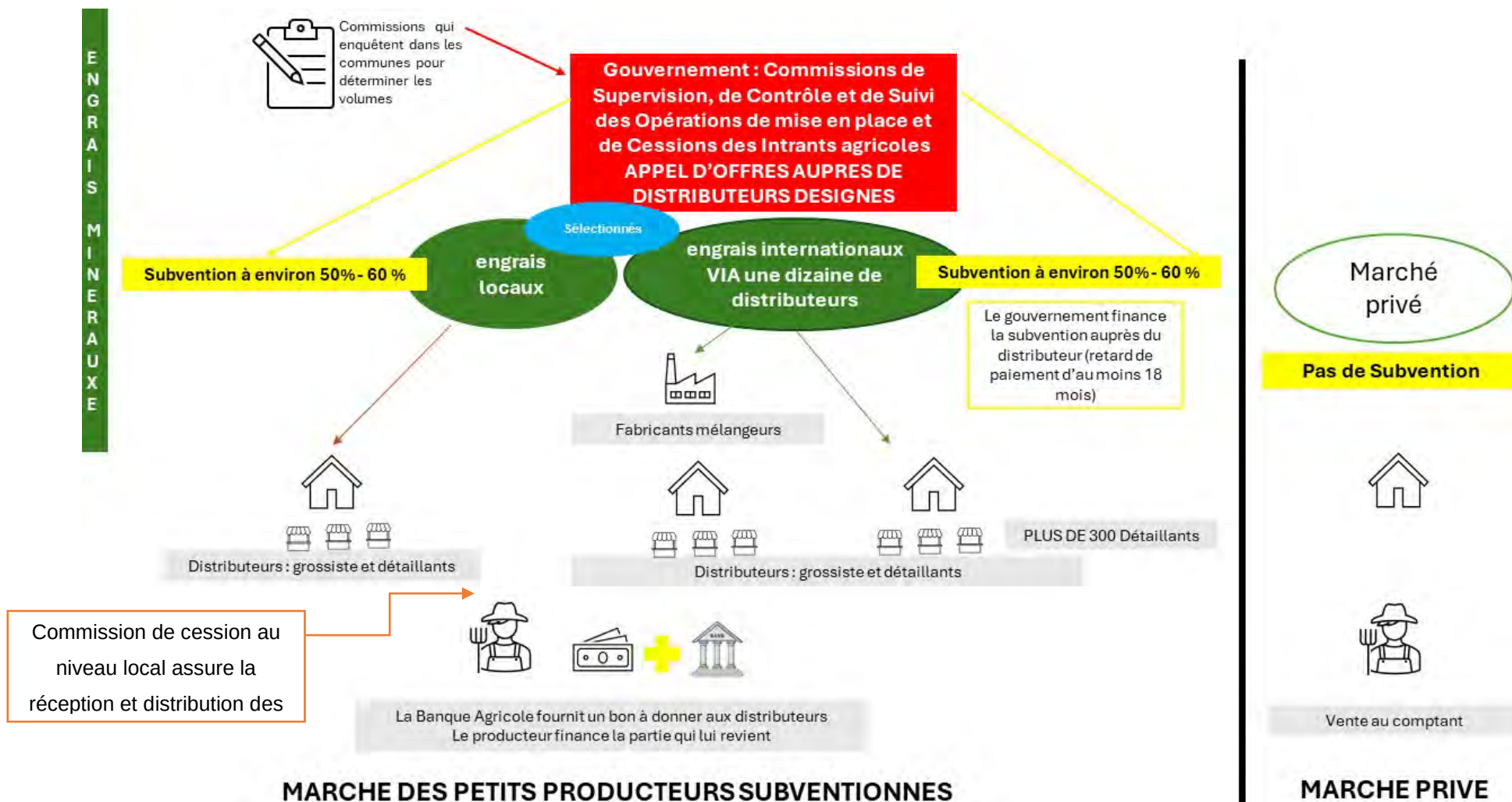
Selon les formules adaptées aux cultures, la subvention varie pour les producteurs : 61 % pour le riz, 53 % pour le maïs, 57 % pour l'arachide, 47 % pour la tomate industriel et 51 % pour le mil et le sorgho. Et ce pourcentage varie selon les années (cf. en annexe 4 les subventions prévues pour la campagne à venir 2024-2025).

La volonté affichée du gouvernement est une mise à disposition des engrais pour les petits producteurs ayant moins de 5 ha. Pour la campagne 2021-22, 145 798 tonnes d'engrais minéraux ont été acquises par les petits producteurs soient près de 80 % de la quantité totale d'engrais subventionnés. Pour les distributeurs attributaires (mentionnés sur les appels d'offre), la question est de faire parvenir les engrais au niveau des entrepôts mentionnés également dans les appels d'offre. Les distributeurs fournissent les engrais subventionnés, tandis que les comités locaux de cession sont responsables de leur répartition finale aux agriculteurs bénéficiaires. Ces distributeurs encaissent la partie financée par le producteur et attendent parfois 1 à 2 années le financement de la partie provenant de l'Etat.

Le gouvernement peut subventionner également les engrais organiques à hauteur de 80 % ce qui a été le cas en 2022-2023. Mamadou Dieng, DG de Biotech, un fabricant d'engrais solide et liquide (non référencé par IFDC) ayant vendu des engrais subventionnés peine à récupérer depuis 2 années la partie subventionnée par l'Etat.

Toutefois, bien que les subventions aux engrais représentent la majeure partie du soutien aux producteurs, il est important de reconnaître que ce niveau de soutien demeure insuffisant au regard des niveaux de consommation actuels, des besoins réels et des coûts parfois élevés associés aux engrais. En effet, les subventions aux intrants (incluant engrais, semences et autres aides) représentent moins de 5 % de la valeur de la production agricole au Sénégal. Cela contraste avec d'autres pays, où l'agriculture est moins confrontée à des problèmes de fertilité des sols. Dans certains pays à revenu élevé, par exemple, les aides aux producteurs atteignent 14 % de la valeur de la production agricole.

Figure 8 : Schéma de synthèse de la distribution des engrais minéraux au Sénégal



2.2.2 Une chaîne de distribution des engrais subventionnés organisée sous appel d'offre

La distribution des engrais minéraux suit différents circuits selon l'origine des engrais lorsqu'ils proviennent de l'international ou qu'ils sont produits nationalement. Pour les engrais venant de l'international, l'importateur commercialise directement à des grossistes ou détaillants ou bien passe par un fabricant/mélangeur qui commercialisera avec le même circuit. Dans le cas des engrais fabriqués localement ils sont commercialisés à des grossistes et directement à des consommateurs ou via des détaillants. Une étude IFDC/USAID dénombrait en 2020 plus de 300 entreprises de distribution. Les interviews effectuées pour l'étude indiquent que sur le terrain les sites de livraison des engrais subventionnés sont parfois très simples et même parfois en bord de route. On indique également un grand nombre d'intermédiaires ce qui joue sur le prix final payé par les producteurs.

Une contractualisation était en place entre les producteurs d'arachide et les transformateurs lorsque la culture d'arachide était largement transformée au Sénégal. Le transformateur fournissait les intrants à crédit qui étaient remboursés à la livraison de l'arachide chez le tritrateur. Cependant, selon un responsable de Copeol, ce dispositif est aujourd'hui difficile à mettre en œuvre car les petits producteurs ne sont pas suffisamment solvables et qu'il n'est plus possible de proposer de l'intrant à crédit.

Encadré : Spécificités des cultures légumières et du maraîchage

Le Sénégal a la particularité d'avoir une production maraîchère et légumière de contre saison dynamique. Le Sénégal occupe ainsi la seconde place en Afrique subsaharienne pour l'export des légumes vers l'Union européenne et le Royaume Uni après le Kenya avec 16 % du marché selon le COLEAD. Sur le secteur des légumes, exportés ou non, on trouve non seulement de grandes structures dans le Nord du pays près du fleuve Sénégal ou dans la zone des Niayes et Rufisque mais aussi tout un tissu de maraîchers enclins à utiliser des semences hybrides et à utiliser des programmes de production incluant des fertilisants adaptés au maraîchage. C'est le marché sur lequel Albisia, la filiale sénégalaise de Savana, se concentre depuis 7 ans au Sénégal. Ils commercialisent 29 solutions de fertilisants et biostimulants. Ils souhaitent réduire les intermédiaires grâce à leurs relais en se rapprochant des zones de production et en proposant des itinéraires techniques adaptés. La structure dispose d'un service de conseil.

2.3 Des politiques de subvention qui évoluent vers les engrais organiques

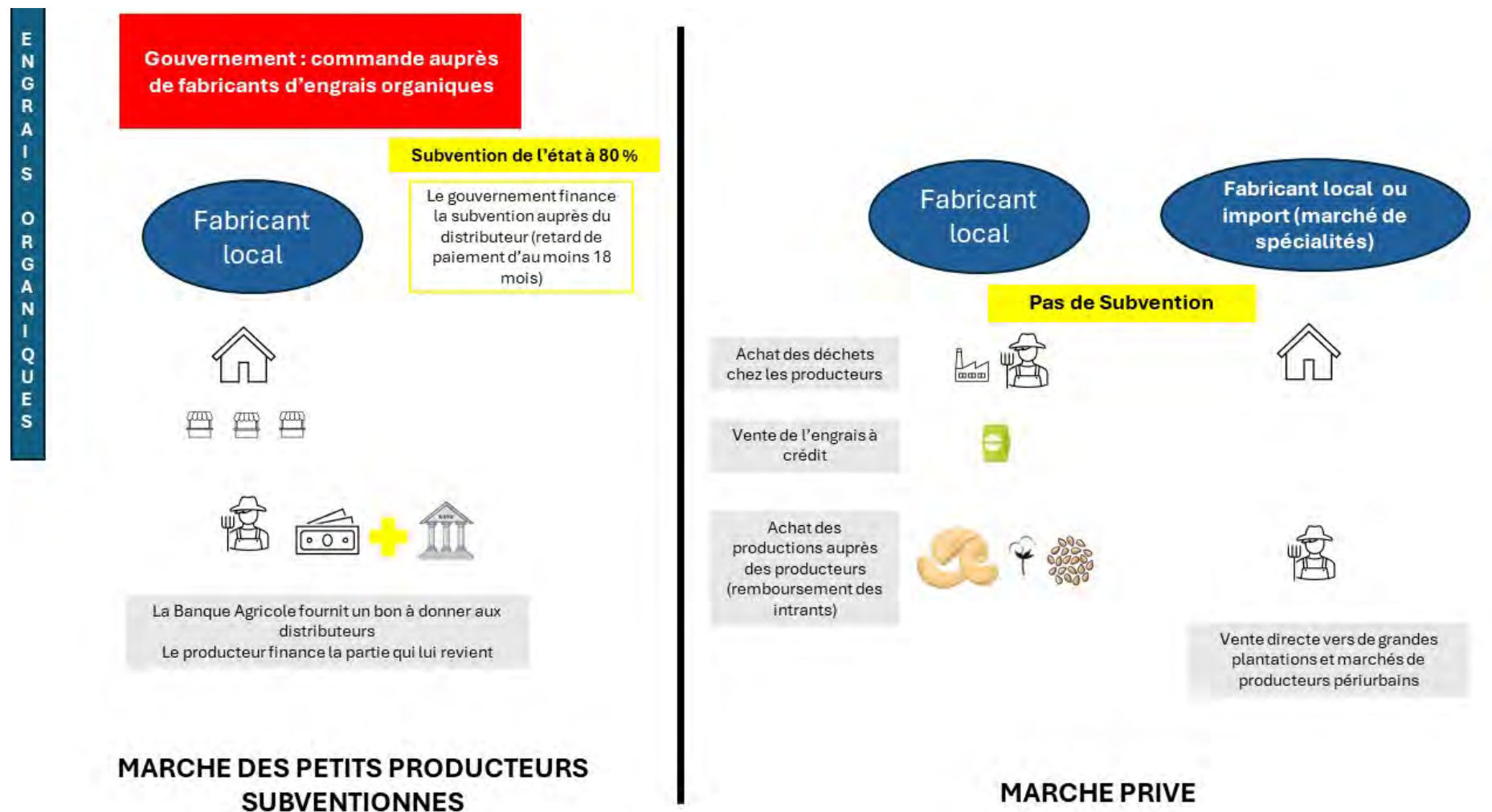
2.3.1 Un soutien croissant aux engrais organiques

Au Sénégal, la politique de subvention aux engrais a connu une évolution majeure ces dernières années. Cette évolution est une réponse directe à la flambée des prix des engrais chimiques, exacerbée par la pandémie de Covid-19 et le conflit en Ukraine. Elle s'inscrit dans une stratégie plus large visant à intégrer les enjeux environnementaux au sein du Plan Sénégal émergent (PSE), désormais appelé PSE Vert. Parmi les objectifs définis pour le secteur agricole figurent la réduction de 30 % de l'utilisation d'intrants chimiques et l'augmentation des bio-intrants d'ici 2035 ainsi que la couverture de 30 % des surfaces agricoles par des pratiques agroécologiques d'ici 2030 (Milhorange et al., 2022). Historiquement, les subventions aux engrais au Sénégal ont été largement dominées par les intrants minéraux (voir *infra*). Bien qu'ils bénéficient encore de la majorité des budgets alloués, depuis 2021, le gouvernement sénégalais a amorcé une réorientation partielle de ces subventions, en augmentant progressivement la part consacrée aux engrais organiques.

En 2021, 10 % du budget de subvention des engrais ont été consacrés aux fertilisants organiques, avec pour objectif de doubler cette proportion pour la campagne agricole 2023/2024. La subvention des engrais organiques couvre entre 80 et 90 % du prix total de ces intrants, rendant leur coût plus abordable pour les agriculteurs (Freyer et al., 2024).

Malgré cette avancée, les subventions pour les engrais organiques demeurent marginales par rapport à celles destinées aux engrais chimiques, qui continuent de dominer les allocations budgétaires avec 80 % des subventions totales. En 2021, les engrais organiques ne représentaient que 2,17 % des quantités d'engrais subventionnés (Milhorange et al., 2022).

Figure 9 : Schéma de synthèse de la distribution des engrais organiques au Sénégal



2.3.2 Le défi de la mise en œuvre

Cette politique de subvention rencontre de nombreux défis dans sa mise en œuvre (Milhorange et al., 2022, 2024). L'un des principaux obstacles est le retard des paiements des subventions aux producteurs d'engrais organiques, qui peut varier de 12 à 24 mois. Cette situation exerce une pression financière considérable sur les producteurs et distributeurs d'engrais organiques, qui doivent préfinancer les coûts de production et de transport sans certitude quant à la rapidité des remboursements. Cette contrainte limite leur capacité à développer leurs activités et à répondre à la demande croissante des agriculteurs pour des biofertilisants.

Un autre défi majeur réside dans le manque de régulation standardisée dans le secteur des engrais organiques. L'absence de normes claires a favorisé l'émergence d'entreprises parfois peu expérimentées, risquant à terme de compromettre la crédibilité de l'industrie des engrais organiques (Freyer et al., 2024). Cette situation pourrait ralentir l'adoption des engrais organiques, les agriculteurs restant méfiants face à des produits dont la qualité n'est pas garantie.

Le ciblage des bénéficiaires et la distribution des engrais organiques posent également des problèmes. Au Sénégal, la distribution des engrais organiques est concentrée dans certaines zones géographiques spécifiques, comme les Niayes (zone de maraîchage), contrairement à celle des engrais minéraux. En raison de la disponibilité limitée des stocks, la distribution des engrais organiques se fait souvent de manière pilote, avec un ciblage favorisant les producteurs déjà engagés dans des pratiques agroécologiques (Milhorange et al., 2024). Ce ciblage, suscite des critiques quant à son équité, certains observateurs dénonçant une « politisation excessive » du processus, où certains acteurs et régions bénéficient disproportionnellement des aides (Milhorange et al., 2024). Les services déconcentrés de l'État assurent la gestion de la distribution des engrais, en établissant les quotas et en hiérarchisant les bénéficiaires. Cependant, ce système manque de transparence et de suivi comme celui des engrais chimiques, ce qui compromet son efficacité et limite l'accès des agriculteurs les plus nécessiteux aux subventions (Milhorange et al., 2024). Par exemple, en 2021, seulement 50 % des régions du Sénégal ont reçu des engrais organiques solides, reflétant une couverture géographique inégale (DyTAES, 2023).

La politique de subvention des engrais organiques au Sénégal représente une avancée importante vers une agriculture plus durable, elle nécessite des ajustements significatifs pour surmonter les défis actuels. Les agriculteurs sont encore majoritairement attachés aux engrais minéraux, en raison de leur longue expérience avec ces produits et de la crainte de voir leurs rendements chuter en cas de passage aux engrais organiques. Il est donc essentiel de mener des actions de sensibilisation et de formation auprès des producteurs pour les encourager à bénéficier des subventions tout en améliorant la disponibilité et la fiabilité des intrants organiques. Des initiatives locales, telles que les programmes de formation à Fatick et Tivaouane, montrent que l'engagement communautaire et l'éducation sont des leviers essentiels pour favoriser une transition vers des pratiques agricoles durables (Milhorange et al., 2024).

2.4 Des politiques de subventions aux engrais aux effets limités et insuffisamment évalués

Les subventions aux intrants agricoles, telles que les engrais et les semences, sont conçues pour réduire les coûts supportés par les producteurs, incitant ainsi à une utilisation accrue de ces intrants et, par conséquent, à une augmentation des rendements agricoles. Cependant, les résultats positifs ne sont pas toujours garantis. Comme le souligne Synth (2008), les politiques de subventions aux semences et aux engrais ont souvent été décevantes dans les pays en développement.

Au Sénégal, les politiques de subvention des intrants agricoles, en particulier des engrais, ont montré une efficacité controversée en raison de résultats mitigés et d'un manque d'évaluations approfondies. En effet, très peu d'études ont été consacrées à l'évaluation des impacts des programmes de subventions aux engrais au Sénégal (Ricome et al., 2024). Le rapport annuel de 2015 de l'Initiative prospective agricole et rurale (IPAR) sur l'état de l'agriculture et du monde rural au Sénégal indique que, bien que les subventions aux engrais aient partiellement contribué à l'amélioration de la productivité agricole, cette amélioration reste insuffisante. Le rapport souligne que la subvention n'est pas un « discriminant significatif en termes de productivité, quel que soit le niveau de couverture du prix de l'engrais ». Il est également noté l'absence d'évaluations rigoureuses des politiques de subventions aux intrants, malgré l'existence de structures compétentes telles que la Direction de l'analyse, de la prévision et des statistiques agricoles (DAPSA). De plus, la subvention aux engrais n'encourage pas forcément la recherche d'efficacité. Accordée principalement sur des critères sociaux, elle n'est pas conditionnée aux résultats agricoles obtenus par les bénéficiaires, ce qui pourrait ne pas inciter à optimiser les rendements pour assurer son renouvellement la campagne suivante (IPAR, 2015).

En outre, l'inefficacité des subventions aux engrais au Sénégal peut être attribuée à plusieurs autres facteurs. Parmi ceux-ci figurent une insuffisance des ressources budgétaires, un ciblage inefficace des bénéficiaires, le manque d'accès à l'information pour les agriculteurs et une intégration insuffisante avec les autres politiques agricoles (IPAR, 2015; Ricome et al., 2020; Seck, 2017). De plus, Ricome (2020) indique que l'inefficacité peut résulter d'un décalage entre la distribution des subventions et les besoins ou pratiques réels des agriculteurs.

Le gouvernement sénégalais prévoit de moderniser le système de distribution des intrants subventionnés selon des annonces par le Premier ministre Ousmane Sonko en mai 2024. Le gouvernement envisage de numériser le système de distribution des intrants pour assurer une meilleure traçabilité des subventions agricoles avec l'instauration d'un identifiant pour chaque producteur bénéficiaire de la subvention, la mise en place d'une plateforme de gestion et de suivi en temps réel, la création d'une cellule logistique militaire pour contribuer à la distribution des intrants agricoles. Si ces annonces indiquent une volonté de moderniser et d'améliorer la transparence du système de distribution des engrais subventionnés au Sénégal, elles ne sont pas encore alignées avec les bonnes pratiques promues par les organisations régionales (CEDEAO) ou les partenaires techniques et financiers

(Druilhe & Barreiro-Hurlé, 2012). En effet, au sein de la CEDEAO, IFDC avec le soutien de USAID ont proposé une série de 13 recommandations pour concevoir et mettre en œuvre des programmes de subventions aux engrais efficaces (IFDC, 2020). Ces principes incluent des mesures relatives à l'instauration d'un cadre réglementaire permettant une concurrence loyale, la promotion de solutions axées sur le marché et la participation du secteur privé, la transparence ainsi que le ciblage. Dans le cas des mesures permettant d'améliorer le ciblage, le système de bon – ou *voucher* en anglais (au Niger ainsi qu'au Nigéria par exemple⁷ – (Kiger & Adodo, 2010)) ou d'autres outils de technologie et d'information (système de porte-monnaie électronique au Togo) sont promus pour atteindre les cibles de manière transparente et efficace.

Malgré les efforts du gouvernement sénégalais pour améliorer la fertilité des sols par le biais des subventions aux engrais, les résultats demeurent mitigés. Les subventions aux engrais, à elles seules, ne semblent pas suffire à relever les défis complexes liés à la fertilité des sols au Sénégal. Il convient donc d'explorer des stratégies complémentaires pour renforcer la productivité agricole de manière durable, comme la promotion de l'intensification agroécologique qui inclut une utilisation raisonnée de la fertilisation minérale (Gérard *et al*, 2020), et de pouvoir caractériser les politiques publiques qui les soutiennent.

⁷ Le Nigeria a adopté une approche de subvention directe à travers le Growth Enhancement Support Scheme (GESS), qui utilise un système de bons électroniques pour distribuer des engrais subventionnés directement aux agriculteurs. Ce système vise à réduire la corruption et à améliorer l'efficacité de la distribution

3 DE LA FERTILISATION A LA GESTION DE LA FERTILITE : COMBINER ENGRAIS MINERAUX ET PRATIQUES AGROECOLOGIQUES

3.1 Les pratiques agroécologiques : un vecteur de fertilité des sols...

L'agroécologie⁸ est définie comme une science, un ensemble de pratiques et un mouvement social. Dans cette étude, nous nous intéressons aux approches agronomiques et techniques qui mettent l'accent sur l'utilisation des ressources naturelles et des processus écologiques pour améliorer la production tout en maintenant la santé des écosystèmes.

Les pratiques agricoles utilisées dans le cadre de l'agroécologie ont divers impacts sur les sols, affectant leur fertilité. En effet, les stratégies de gestion des sols, de diversification des systèmes de culture et de conservation des sols génèrent un ensemble de pratiques qui influencent les dimensions de la fertilité des sols, physique, chimique, biologique et économique.

Ces pratiques sont d'autant plus importantes que les sols au Sénégal sont fortement dégradés en raison notamment de l'érosion et de la salinisation (voir infra). Cette dégradation des sols affecte principalement la production de riz, de millet et de maïs, qui représentent ensemble 45 % des terres cultivées. Le coût annuel de cette dégradation est estimé à 103 millions de dollars américains, soit 2 % du PIB du pays (Sow et al., 2016). Le changement d'utilisation et de couverture des sols, en raison des modifications comme la déforestation ou la conversion des terres naturelles en zones agricoles ou urbaines, représente un coût économique encore plus important, estimé à environ 390 millions €, soit 4 % du PIB. Cet état de dégradation des sols, qui affecte leur fertilité et engendre des coûts économiques significatifs, souligne l'importance des pratiques agroécologiques pour restaurer et maintenir la fertilité des sols. Ce constat met en évidence que la stratégie basée uniquement sur la fertilisation par des engrais minéraux est insuffisante bien que nécessaire pour relever les défis de la fertilité des sols au Sénégal.

Les pratiques agroécologiques influencent de manière significative les différentes dimensions de la fertilité des sols (voir axe 1 de cette étude). Ces pratiques sont multiples et nous proposons avec le graphique suivant une synthèse de l'impact des pratiques agroécologiques sur la fertilité à partir de la bibliographie disponible. Ce graphique de synthèse n'inclut pas l'utilisation d'engrais minéraux mais se concentre sur les autres pratiques agroécologiques. Comme développé dans l'axe 1 de cette étude, les engrais minéraux contribuent à la fertilité des sols, en particulier la fertilité chimique. Il est en effet nécessaire d'adopter une gestion intégrée de la fertilité visant à maximiser le recyclage des nutriments

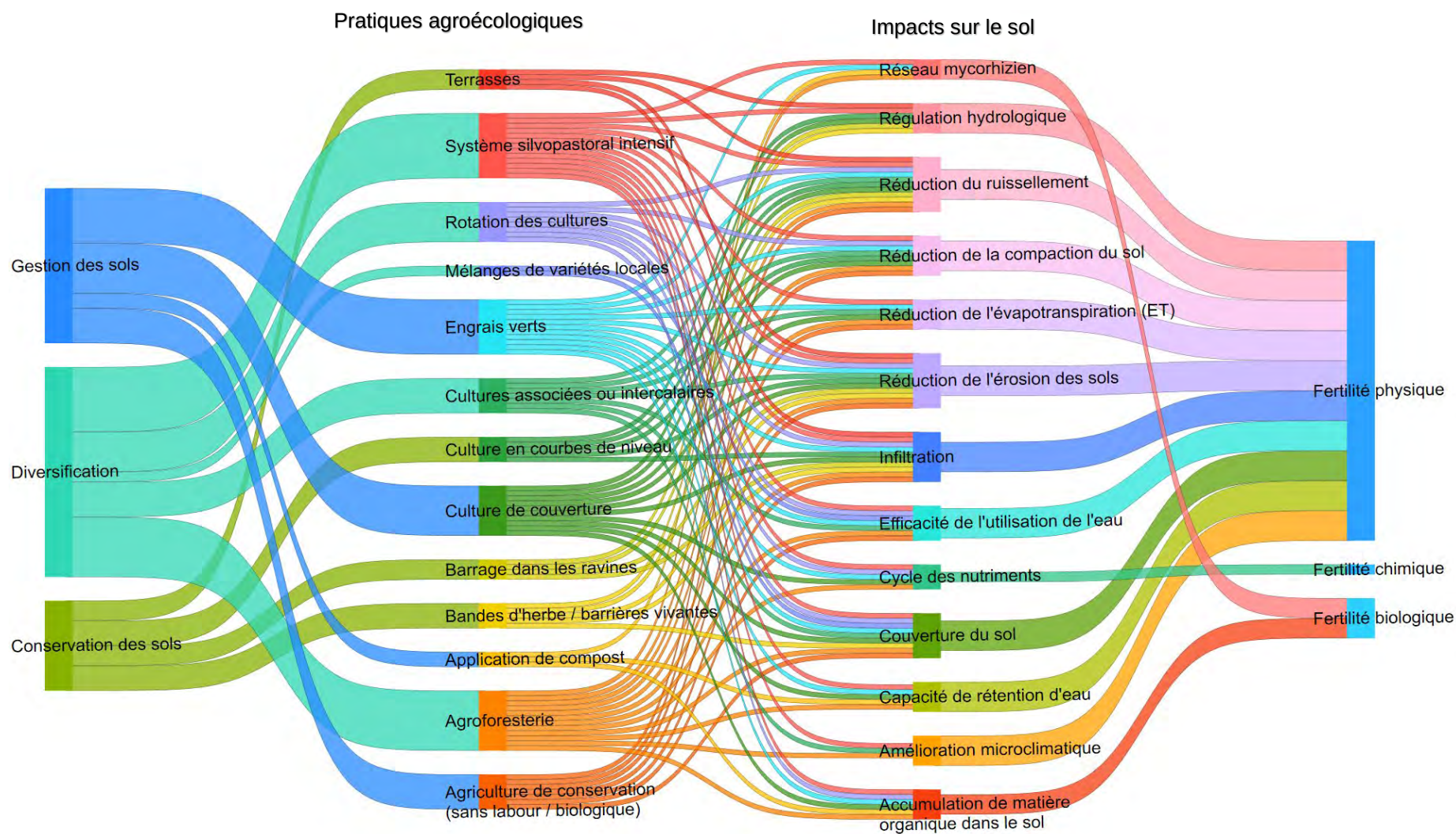
⁸ Pour une définition précise, se référer aux 13 principes de l'agroécologie présentés par le Panel d'experts de haut niveau à la sécurité alimentaire (HLPE) dans son rapport de 2019.

par voie organique associant le recours raisonné à des ressources extérieures au milieu (engrais organique) pour compenser les prélèvements de nutriments pour augmenter la fertilité du milieu.

La fertilité physique est la plus influencée par les pratiques agroécologiques qui réduisent l'érosion des sols, améliorent l'infiltration et augmentent la rétention d'eau. Cet aspect des pratiques agroécologiques sur la fertilité est particulièrement important au Sénégal, où les sols sont fortement exposés à la dégradation en raison de l'aridité, des conditions climatiques et des pratiques agricoles. Dans ce contexte sahélien, la capacité du sol à retenir l'eau et à résister à l'érosion devient cruciale pour la durabilité des systèmes agricoles. Certains épisodes climatiques extrêmes (précipitations irrégulières et les périodes de sécheresse), parfois prolongés entraînent souvent une perte de matière organique et une compaction des sols, rendant encore plus nécessaire l'adoption de pratiques agroécologiques qui améliorent la fertilité physique des sols.

Figure 10 : Pratiques agroécologiques et leurs impacts sur la fertilité physique, chimique et biologique des sols

Source : FARM à partir des informations de la Table 2 dans Altieri et al. (2015)



3.2 ...dont la mise en œuvre soulève des défis d'ordre techniques, agronomiques et socio-économiques

Un des obstacles les plus importants est l'accès à la matière organique compte tenu du déficit considérable en matière organique, tant dans les sols (*in situ*) que pour l'apport extérieur (*ex situ*). Différentes techniques sont promues comme le compostage, l'amendement organique à partir de résidus de culture comme les coques d'arachide. Les études montrent qu'il est très difficile de rassembler cette matière première (UPA, 2017) et que la concurrence pour l'utilisation des résidus de culture et d'autres sources potentielles de matière organique constitue un autre obstacle. Ces matériaux sont souvent utilisés pour l'alimentation du bétail ou comme combustible, ce qui réduit leur disponibilité pour l'amélioration de la fertilité des sols. Cette compétition pour les ressources organiques limite les possibilités de mise en œuvre de certaines pratiques agroécologiques comme le paillage ou l'incorporation des résidus de culture.

L'accès à la matière organique est aussi rendu difficile par une faible disponibilité foncière. L'accès au foncier et sa sécurisation représentent également un frein important à l'adoption de pratiques agroécologiques. La précarité foncière des familles agricoles peut dissuader les investissements à long terme nécessaires pour améliorer la fertilité des sols. Les ressources des villes pourraient être mobilisées mais cela demande une logistique dédiée et coûteuse à mettre en place.

Ensuite, la disponibilité limitée de main-d'œuvre constitue un autre obstacle significatif. De nombreuses pratiques agroécologiques, telles que la construction de diguettes, la mise en place de haies ou le compostage, nécessitent un travail manuel intensif. Ce besoin en main-d'œuvre peut être difficile à satisfaire, surtout dans un contexte où de nombreuses familles agricoles peinent à subvenir à leurs besoins grâce à la seule production agricole et doivent souvent recourir à des activités extra-agricoles. Dans ces contextes, rémunérer une main d'œuvre supplémentaire apparaît difficile d'autant plus que la question des vocations agricoles parmi la jeunesse est aussi un enjeu au Sénégal et en Afrique de l'Ouest.

En outre, la priorité pour les producteurs les plus vulnérables est d'assurer la sécurité alimentaire en produisant plus. Pour ces producteurs, l'utilisation plus importante des engrais ou des pesticides est la solution pour produire plus. Les pratiques conventionnelles, soutenues par les politiques publiques, sont donc, à court terme plus attrayante (Inter-Réseaux, 2014). Le manque de connaissances techniques et de formation des agriculteurs sur les méthodes de production et d'utilisation efficace de la matière organique représente un défi supplémentaire. Bien que des efforts de formation aient été réalisés, touchant par exemple 50 relais communautaires dans les communes de NDiob et Latmingué⁹, l'extension de ces connaissances à l'échelle nationale reste un défi. La diffusion des savoirs sur des pratiques telles que le compostage, le phosphatage de fond, le reboisement ou l'usage d'arbres fertilisants nécessite des ressources et une coordination importantes entre les différents acteurs. Dans

⁹ Projet mené par la FAO entre 2018 et 2021 « approche communautaire de gestion durable de la fertilité organique des sols au Sénégal pour renforcer la résilience aux changements climatiques »

le cas de la plantation d'arbres fertilisants, le temps de croissance des arbres est aussi un obstacle pour les producteurs.

Les défis liés à la commercialisation des produits issus de l'agroécologie peuvent décourager les agriculteurs d'adopter ces pratiques. Les marchés pour les produits agroécologiques ne sont pas toujours bien développés ou accessibles, ce qui peut limiter la rentabilité économique de ces approches à court terme.

Pour surmonter ces obstacles, une approche holistique et intégrée est nécessaire. Cela implique non seulement l'adoption de techniques agricoles adaptées, mais aussi une transformation des politiques publiques, des systèmes de soutien aux agriculteurs et des méthodes de diffusion des connaissances. Le succès de la transition vers des pratiques agroécologiques au Sénégal dépendra de la capacité à intégrer les savoirs locaux, à renforcer les capacités des agriculteurs et à aligner les politiques agricoles sur les principes de l'agroécologie, tout en tenant compte des réalités socio-économiques et environnementales spécifiques au pays. Le Sénégal dispose cependant d'atouts importants pour faire avancer sur le plan politique l'adoption de ces pratiques, notamment une société civile fortement engagée qui tente d'influencer l'action publique.

3.3 Le Sénégal un pionnier encore timide de l'agroécologie en Afrique de l'Ouest et dépendants de financements extérieurs

Au Sénégal, les pratiques agroécologiques ne sont pas une nouveauté. Depuis plus de quarante ans, le pays a vu se développer de nombreuses initiatives en faveur de l'agroécologie, portées principalement par la société civile, les agences internationales et, dans une moindre mesure, l'État. Ces efforts ont conduit à des expérimentations de pratiques agroécologiques, à l'élaboration de cadres réglementaires et à la mise en œuvre de divers plans et programmes favorisant le développement de l'agroécologie (Milhorange et al., 2022). Les premières initiatives se sont concentrées sur l'agriculture biologique à la fin des années 1980, avec des ONG telles que ENDA-Pronat et l'Association sénégalaise pour la promotion de l'agriculture biologique et biodynamique (ASPAB). Cette dynamique s'est poursuivie avec la création du Mouvement sénégalais de l'agriculture biologique à la fin des années 1990, déclenchant un processus de réglementation qui a conduit à l'établissement du Conseil sénégalais pour l'agriculture biologique (Boillat et al., 2021; Milhorange et al., 2022). Cette dynamique s'est poursuivie dans les années 2000 jusqu'en 2008 lorsque ENDA-Pronat, AGRECOL Afrique et l'ASPAB ont créé la Fédération nationale de l'agriculture biologique (FENAB), facilitant ainsi la mise en place d'une Plateforme nationale d'agriculture écologique et biologique en 2014 (Milhorange et al., 2022).

En 2015, le Sénégal a accueilli le premier symposium sur l'agroécologie de la FAO en Afrique subsaharienne. À la suite de cet événement, la Task Force Multi-Acteurs pour la Promotion de l'Agroécologie au Sénégal (TaFAé) a été créée, avec pour ambition de réfléchir et d'agir collectivement pour promouvoir l'agroécologie dans le pays. Cette plateforme vise à favoriser le partage de

connaissances et d'expériences, à renforcer les synergies et à encourager de nouvelles collaborations entre les acteurs de l'agroécologie au Sénégal (DyTAES, 2020; Milhorange et al., 2022). Cette dynamique s'est accélérée avec une mise à l'échelle régionale, notamment grâce à la création en 2018 de l'Alliance pour l'Agroécologie en Afrique de l'Ouest (3AO). Cette alliance vise à renforcer les synergies entre différents organismes et niveaux d'action pour promouvoir l'agroécologie dans la sous-région.

Toutefois, l'année 2019 marque un tournant majeur avec la prise en compte de l'agroécologie dans les stratégies politiques. L'agroécologie est désormais intégrée dans les agendas politiques nationaux. La transition agroécologique constitue l'une des cinq initiatives majeures du Plan d'Action Prioritaire de la deuxième phase du Plan Sénégal Émergent (2019-2024), renommé PSE Vert. À la suite de cette décision politique, les différentes organisations, plateformes et réseaux engagés dans l'agroécologie au Sénégal se sont fédérés au sein d'une alliance unique pour mener une action de dialogue politique d'envergure nationale. Il s'agit de la Dynamique pour la Transition Agroécologique au Sénégal (DyTAES), qui regroupe un réseau d'organisations de producteurs, de consommateurs, de femmes rurales, d'ONG, d'institutions de recherche, de réseaux de la société civile, de réseaux d'élus locaux et d'entreprises. Leur objectif est de promouvoir la transition agroécologique au Sénégal par le plaidoyer, la sensibilisation, le partage d'expériences et l'accompagnement des territoires en transition (DyTAES, 2020). Ces différents mouvements ont joué un rôle important dans l'inscription de l'agroécologie dans les considérations des politiques. La mise en place de subventions pour les engrais organiques démontre la volonté des pouvoirs publics d'accompagner la transition agroécologique au Sénégal. Cependant, Milhorange et al. (2022) souligne que la reconnaissance de l'agroécologie comme un pilier des systèmes alimentaires durables dans les documents de politiques publiques reste toujours partielle, notamment en raison du fonctionnement des institutions et de l'action publique au Sénégal.

L'implication de l'État dans la promotion de l'agroécologie passe principalement par des institutions comme la Direction de la protection des végétaux (DPV) au sein du ministère de l'Agriculture, qui est chargée de coordonner les initiatives agroécologiques. Bien que des programmes, tels que le Programme d'appui à la transition agroécologique en Afrique de l'Ouest (PATAE), reconnaissent formellement l'agroécologie, leur efficacité est limitée. Ils dépendent largement des financements d'ONG et d'organisations internationales, comme l'Agence française de développement pour le PATAE. Cette dépendance vis-à-vis de financements fragmentés complique les efforts de suivi, car des allocations budgétaires spécifiques à l'agroécologie sont absentes des plans budgétaires sectoriels. Cela soulève des questions sur l'engagement de l'État à mettre en œuvre ces initiatives. Comme l'a déclaré le point focal de la Direction dans une interview pour le projet FAIR en septembre 2021 : « l'État doit disposer d'une instance pour l'agroécologie avec un budget pour faire ce travail au quotidien, pour promouvoir la synergie entre les projets. Nous dépendons des projets et des programmes. Mais il n'y a pas de durabilité. (...) L'État a des lignes budgétaires pour les intrants, les statistiques, les campagnes agricoles... mais pas pour l'agroécologie » (Milhorange et al., 2022).

La création d'un point focal national constitue une reconnaissance cruciale d'un problème pressant, signalant une potentielle évolution vers une ou plusieurs structures *ad hoc* au sein du gouvernement.

Cependant, l'efficacité de ce point focal est limitée par l'absence de soutien politique et de financement, ce qui restreint sa capacité à apporter des changements significatifs au sein des agendas sectoriels et ministériels. Ces défis institutionnels posent des obstacles importants à l'intégration de l'agroécologie dans les politiques publiques, mettant en lumière l'interaction complexe entre la volonté politique, l'allocation des ressources et la priorisation d'agendas concurrents.

L'agroécologie au Sénégal mobilise une diversité d'acteurs, chacun jouant un rôle essentiel dans le développement et la mise en œuvre des pratiques agroécologiques. Ces acteurs incluent les organisations et syndicats de producteurs, les organisations non gouvernementales (ONG), les institutions de recherche (ISRA, Université de Dakar et de Saint Louis), ainsi que les organisations internationales ou de coopération (Afd, CIRAD, IRD, Agrisud International, etc.).

En plus des acteurs de la recherche, du plaidoyer et de la pratique s'ajoutent les acteurs du financement. L'agroécologie au Sénégal est principalement soutenue par des bailleurs de fonds internationaux, des ONG et des partenariats transnationaux, qui jouent un rôle essentiel dans la promotion de ces pratiques. Cependant, cette dépendance aux financements extérieurs crée des dynamiques complexes d'autonomie et de responsabilisation pour les agriculteurs locaux. Le financement provient largement de programmes de coopération internationale, notamment européens et nord-américains, fournissant des ressources financières et techniques cruciales (Boillat et al., 2021). Les ONG occupent une place centrale en tant qu'intermédiaires, distribuant les fonds internationaux à des projets locaux. Cependant, cette situation renforce leur autonomie au détriment des syndicats d'agriculteurs, qui restent en marge des réseaux de financement. Le mouvement agroécologique bénéficie également du soutien de coalitions de plaidoyer, formées d'acteurs locaux et internationaux, qui assurent une transition agroécologique en s'appuyant sur des financements transnationaux (Boillat et al., 2021; Bottazzi & Boillat, 2021). Toutefois, cette dépendance financière crée un "projectorat" où les organisations paysannes ont une autonomie politique et financière limitée, et les différents agendas des bailleurs de fonds peuvent parfois se chevaucher ou se contredire. En conséquence, les ONG ont souvent plus de pouvoir que les syndicats agricoles, ce qui peut freiner le développement de l'agroécologie locale en limitant le rôle central des organisations paysannes (Boillat et al., 2021; Bottazzi & Boillat, 2021).

CONCLUSION

L'analyse des politiques publiques liées à la fertilité des sols au Sénégal ont montré qu'elles sont axées majoritairement sur la fertilisation à travers les subventions aux engrais. Le prix et la subvention demeurent des facteurs clés de l'équation de la production pour répondre aux marchés nationaux. Alors que 75 % des engrais minéraux sont subventionnés, il apparaît cependant important de ne pas enfermer les producteurs dans une dépendance de leur modèles économiques à ces subventions si celles-ci venaient à diminuer.

Ces subventions visent principalement l'accroissement des rendements agricoles qui demeurent, en fonction des cultures, encore faibles au Sénégal. Si cette politique demeure une condition nécessaire pour maintenir le stock de nutriments dans les sols, elle ne suffit pas à elle seule pour garantir la durabilité des systèmes de production, notamment pour contrer la dégradation physique, chimique et biologique des sols, qui se manifeste par l'érosion, la perte de matière organique et le déséquilibre des nutriments, menaces accentuées par le changement climatique.

Face à cette situation, la combinaison de la fertilisation minérale avec des pratiques agroécologiques apparaît essentielle pour une gestion durable et équilibrée des sols. Ces pratiques, comme l'agroforesterie, la rotation des cultures, la gestion organique des sols et la conservation de l'eau, contribuent à une fertilité globale en améliorant la structure physique des sols, en favorisant la biodiversité microbienne et en enrichissant naturellement le sol en nutriments. Au Sénégal le déploiement de ces pratiques est en cours, il est soutenu par des dynamiques fortes de la société civile et des partenaires techniques et financiers qui appuient des politiques publiques de plus en plus volontaristes. En témoignent les initiatives comme le Plan Sénégal émergent vert (PSE Vert) et les subventions aux engrais organiques qui sont des signaux encourageants mais encore insuffisants pour soutenir cette transition.

Bien que la production et la commercialisation des engrais organiques demeurent faible, l'engagement d'acteurs privés est un signe positif, en particulier lorsqu'ils insèrent leur production dans les territoires en proximité avec les producteurs. Une augmentation de la subvention des engrais organiques déjà effective pourrait permettre une plus grande utilisation tout comme une incitation à la production. Mais le développement de ce marché fait face à un important défi, à savoir la disponibilité en matière organique (déchets animaux ou végétaux). Le développement du marché des engrais organiques implique aussi d'investir dans du foncier et dans un outil de transformation locale, de créer des chaînes de valeurs déchets/package de production/achat de récolte et revente tout en créant un système de contrôle de la qualité des engrais organiques. Tout un secteur doit se structurer avec l'accompagnement de l'Etat.

Enfin, le déploiement des pratiques agroécologiques en complément de la fertilisation minérale est limité par des défis institutionnels, agronomiques et techniques (disponibilité de matière organique, en main d'œuvre, accès au foncier, aux financements, coordination des acteurs, etc.).

BIBLIOGRAPHIE

- Africa Fertilizer. (2019). ETUDE SUR L ' UTILISATION DES ENGRAIS PAR PRODUIT ET PAR CULTURE AU SENEGAL PERIODE 2015-2018 Edition 2019 Rapport final.
- African Union. (2006). ABUJA DECLARATION ON FERTILIZER FOR THE AFRICAN GREEN REVOLUTION. In Africa (Issue JUNE).
- African Union. (2024). SOMMET AFRICAIN SUR LES ENGRAIS ET LA SANTÉ DES SOLS 7 - 9 mai 2024 NAIROBI (KENYA).
- AFSA. (2016). Agroecology: Our Land Is Our Life.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Banque Mondiale. (2024). World Development Indicators. <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=SN>
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2009). Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28(3), 139–163. <https://doi.org/10.1080/07352680902776507>
- Boillat, S., Belmin, R., & Bottazzi, P. (2021). The agroecological transition in Senegal: transnational links and uneven empowerment. *Agriculture and Human Values*, 39(1), 281–300. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10247-5>
- Bottazzi, P., & Boillat, S. (2021). Political agroecology in senegal: Historicity and repertoires of collective actions of an emerging social movement. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su13116352>
- Boureima, S., Ibrahim, M., Ibrahim, D., & Lawali, S. (2019). Les pratiques paysannes de regeneration naturelle assistee des arbustes favorisent le developpement des champignons mycorrhiziens arbusculaires. *Agronomie Africaine*, 31(2), 147–158. <https://0-search.ebscohost.com.ujlink.uj.ac.za/login.aspx?direct=true&db=awn&AN=aga-190367&site=ehost-live&scope=site>
- Bunch, R. (2012). Restoring the soil : A Guide for Using Green Manure/Cover Crops to Improve the Food Security of Smallholder Farmers. In Canadian Foodgrains Bank.
- DAPSA. (2022). Rapport de l ' Enquête Agricole Annuelle. Republique Du Senegal.
- Dieng, M., Mbow, C., Skole, D. L., & Ba, B. (2023). Sustainable land management policy to address land degradation: linking old forest management practices in Senegal with new REDD+ requirements. *Frontiers in Environmental Science*, 11(June), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1088726>
- DyTAES. (2020). Contribution aux politiques nationales pour une transition agroécologique au Sénégal.

- DyTAES. (2023). Policy Brief Réduction de la dépendance aux intrants chimiques (Vol. 1, Issue September).
- Druilhe, Z., Barreiro-Hurlé, J. (2012). Fertilizer subsidies in sub-Saharan Africa. ESA Working Paper N°12-04, FAO.
- Fabio, L., Biovision, Darmaun, M., Bernoux, M., Mpheshea, M., & FAO. (2020). The potential of agroecology to build climate-resilient livelihoods and food systems. In THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS AND BIOVISION FOUNDATION FOR ECOLOGICAL DEVELOPMENT ROME. <https://doi.org/10.4060/cb0438en>
- Fall, C. S., Faye, N. F., Kasse, M., Diakhate, F. B., Sirdey, N., Bame, I., Moisa, C., Marivoet, W., Hema, A., Khoudia, N., Seye, L., Thiao, I. P., Hadji, E., Thiam, M., Bocoum, D. B. A., Gueye, F. G., Badiane, A., Thioye, Y. I., Gueye, M. T., ... Ba, M. (2023). Rapport Inventaire. Les Systèmes Alimentaires au Sénégal. Dakar (Sénégal) : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles/Bureau d'Analyses Macro-Economiques (ISRA/BAME). https://www.bameinfopol.info/IMG/pdf/rapport_inventaire_les_systemes_alimentaires_au_senegal_6_nov_2023_final.pdf
- Freyer, B., Ellssel, P., Nyakanda, F., & Saussure, S. (2024). Exploring the off-farm production, marketing and use of organic and biofertilisers in Africa: A scoping study. Report to the European Commission. DeSIRA-LIFT European Union, April.
- Gerard, F., Affholder, F., Mane, N.F., Sall, M. (2020) Impact de différentes politiques publiques sur l'intensification agroécologique et les inégalités de revenu dans le Bassin arachidier du Sénégal. Papiers de recherche N°149. Agence française de développement.
- Giller, K. E., Beare, M. H., Lavelle, P., Izac, A. M. N., & Swift, M. J. (1997). Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology*, 6(1), 3–16. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(96\)00149-7](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(96)00149-7)
- IFDC. (2020). Principes clés pour des programmes de subventions intelligentes des engrais, Rapport pour la CEDEAO.
- Inter-réseaux. (2014). Regards croisés : quels obstacles à l'agroécologie ? Grain de Sel, N°63-66.
- IPAR. (2015). Subventions des intrants agricoles au Sénégal : Controverses et Réalités. In Rapport Agriculture au Sénégal.
- ISRA, INP, & CSE. (2022). Analyse et cartographie des besoins en éléments nutritifs du sol pour une meilleure formulation des besoins en engrais au Sénégal. In Projet Feed The Future Engrais Sénégal Dundël Suuf - DUNDËL SUUF – Nourrir les Sols Analyse.
- Kassam, A. H., Mkomwa, S., & Friedrich, T. (2017). Conservation Agriculture for Africa : Building Resilient Farming Systems in a Changing Climate.
- Kiger, B., Adodo, K. (2010). Getting fertilizer into farmers' hand. Grain de Sel, N° 51, pp 31-31.

- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., & Niggli, U. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694–1697. <https://doi.org/10.1126/science.1071148>
- MAER. (2014). Programme d'accélération de la cadence de l'agriculture sénégalaise (PRACAS). Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural - MAER, 1(1), 108. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/sen145874.pdf>
- Milhorance, C., Camara, A., Sourisseau, J.-M., Piraux, M., Mane, C. A., Sirdey, N., Belmin, R., Ka, D.-Y., Sall, M., & Sall, M. C. A. (2022). L'intégration de l'agroécologie dans les politiques publiques du Sénégal. 55. https://www.bameinfopol.info/IMG/pdf/rapport_politiques_publiques_webvf-2.pdf%0Ahttps://www.bameinfopol.info/IMG/pdf/rapport_politiques_publiques_webvf.pdf
- Milhorance, C., Piraux, M., Ka, D., Mane, C. A., & Sourisseau, J. (2024). Territorialisation de l' action publique en faveur de l' agroécologie au Sénégal : les cas de Fatick et Tivaouane.
- Pierre, C., Rajot, J. L., Bonneval, P., Raynal, P., Faye, I., Fall, D., & Tine, A. (2024). Nutrients and carbon losses due to wind erosion in Sahelian Senegal. 0–1.
- Porcuna-Ferrer, A., Calvet-Mir, L., Faye, N. F., Klappoth, B., Reyes-García, V., & Labeyrie, V. (2024). Drought-tolerant indigenous crop decline in the face of climate change: A political agroecology account from south-eastern Senegal. *Journal of Rural Studies*, 105(January), 103163. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103163>
- Qadir, M., & Schubert, S. (2002). Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. *Land Degradation and Development*, 13(4), 275–294. <https://doi.org/10.1002/ldr.504>
- Ricome, A., Barreiro-Hurle, J., & Sadibou Fall, C. (2024). Government fertilizer subsidies, input use, and income: The case of Senegal. *Food Policy*, 124(March), 102623. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2024.102623>
- Ricome, A., Kamel, L., & Gomez-y-Paloma, S. (2020). Subvention des intrants agricoles au Sénégal: Analyse comparative de trois modes d'interventions à l'aide d'un modèle de ménage agricole. In JRC Science For Policy Report.
- Schoeneberger, M. M. (2009). Agroforestry: Working trees for sequestering carbon on agricultural lands. *Agroforestry Systems*, 75(1), 27–37. <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9123-8>
- Seck, A. (2017). Fertiliser subsidy and agricultural productivity in Senegal. *World Economy*, 40(9), 1989–2006. <https://doi.org/10.1111/twec.12487>
- Smith, J. E. (2009). Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition). *Soil Science Society of America Journal*, 73(2), 694–694. <https://doi.org/10.2136/sssaj2008.0015br>
- Sow, S., Ephraim, N., Stefan, M., & Edward, K. (2016). Cost, Drivers and Action Against Land Degradation in Senegal. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3>
- UPA. (2017). Portrait-diagnostic de la santé des sols agricoles au Sénégal. Réseau Agro-Innove (Canada).

CONCLUSION GENERALE

Cette étude a permis d'identifier et de comprendre les grands enjeux du renouvellement de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest avec des cas d'étude au Sénégal et au Bénin. Il est important de souligner que notre approche s'est principalement concentrée sur la fertilité évaluée à travers les rendements, étant donné l'enjeu majeur de produire davantage pour répondre à l'impératif de souveraineté alimentaire sur un territoire aux capacités foncières limitées et aux terres dégradées.

La fertilité du sol est une notion multifactorielle. Longtemps considéré comme simple support, le sol fait aujourd'hui l'objet d'une attention particulière. Les analyses autour du sol se développent en prenant en compte de multiples dimensions et en l'intégrant dans un contexte socio-éco-agronomique spécifique englobant l'ensemble de ses fonctions productrices. La capacité d'un sol à fournir aux plantes les conditions optimales pour leur croissance, c'est-à-dire la fertilité d'un sol, s'analyse au travers de cinq piliers : la fertilité biologique, chimique, physique, organique et économique.

Aujourd'hui, de nombreuses pratiques agricoles ne permettent plus le renouvellement de la fertilité des sols, les besoins en nutriments étant déséquilibrés par rapport aux apports. L'augmentation démographique en Afrique de l'Ouest a entraîné une réduction du temps de jachère, ce qui a conduit à une diminution des transferts de fertilité entre l'agriculture et l'élevage, ainsi qu'à une pression foncière accrue. Cette situation, combinée au changement climatique affectant des sols de nature fragile, sensibles aux érosions éolienne et hydrique ainsi qu'à un accès difficile à la matière organique (MO), a résulté en une dégradation globale des différents aspects des sols. Ces sols dégradés voient la concentration en microorganismes se réduire, ne permettant pas une dégradation efficace des éléments du sol, vitale pour la croissance des plantes. De plus, l'épuisement des éléments nutritifs des sols en raison de récoltes répétées ou du surpâturage sans apport suffisant d'engrais ou d'amendements organiques contribue à cette détérioration. En conséquence, les sols deviennent moins productifs, affectant la capacité à répondre aux besoins nutritionnels d'une population en augmentation et à participer au développement économique de la région.

Fertilisation minérale et organique sont complémentaires. Pour agir sur toutes les composantes de la fertilité des sols et afin de ne pas en épuiser les ressources, il est important de développer une fertilisation organo-minérale. La fertilisation organique favorise l'efficacité des engrais minéraux ainsi que la résilience aux aléas climatiques et permet également le stockage du carbone dans le sol. La juste combinaison des deux sources de fertilité, selon les sols et les climats, est indispensable pour une transition agroécologique préservant les capacités à produire.

Il est nécessaire de penser le renouvellement de la fertilité des sols à l'échelle des terroirs pour considérer les transferts de fertilité au-delà du système d'exploitation. Travailler sur le renouvellement de la fertilité des sols nécessite de l'inscrire dans les composantes du système agricole en prenant en compte les contextes socioéconomiques. Les politiques publiques et les stratégies des acteurs doivent prendre en compte ses spécificités pour une gestion optimale de la fertilité des sols. Pourtant, les transferts de matière organique et d'éléments nutritifs via l'élevage présentent également des limites

(concurrence pour l'usage des résidus de cultures, difficulté de transport des effluents d'élevage sur les champs de brousse, fumier de mauvaise qualité dû aux conditions de stockage, etc.). Il est donc nécessaire d'explorer la mobilisation de biomasse non-conventionnelle comme source alternative de fertilité (déchets organiques urbains ou de l'industrie agroalimentaire, algues ou autres biomasse aquatiques, etc.).

Dans cette étude, nous avons analysé trois zones agricoles, ces analyses nous permettent de dégager des enseignements clés, valables pour l'ensemble de la sous-région :

Le travail sur la zone cotonnière au nord du Bénin a montré que les contraintes socio-économiques ont un impact sur la fertilité des sols et son renouvellement. La difficulté d'accès au foncier, aux crédits, à la mécanisation, à la formation, limite le passage à l'échelle de pratiques et de solutions permettant un renouvellement efficace de la fertilité des sols. Il est nécessaire d'agir à différents niveaux pour favoriser l'émergence d'initiatives locales.

Les producteurs font preuve de résilience et adaptent leurs productions en fonction des opportunités de marché, ce qui peut être profitable à la fertilité des sols. Face à la difficulté d'adopter des pratiques à long terme, telles que l'agroforesterie ou la mise en jachère, et en raison des difficultés d'accès aux intrants, les populations du bassin arachidier au Sénégal ont tiré parti des opportunités qui se présentaient pour répondre à leurs besoins. Les producteurs se sont tournés vers d'autres activités plus rémunératrices, comme la culture de pastèque et l'embouche animale. Ces activités ont permis d'assurer des activités génératrices de revenus supplémentaires mais aussi de diminuer le caractère intensif de l'agriculture ce qui peut amorcer une régénération progressive de la fertilité des sols.

Pour un problème donné, il existe une combinaison de solutions détenues par différents acteurs, qui doivent pouvoir collaborer. Dans le cas des rives du fleuve Sénégal, pour répondre à la pression démographique et pour stabiliser les rendements en riz, l'Etat a entrepris la construction de grands aménagements hydrauliques et agricoles. Pourtant, les résultats techniques et économiques de ces aménagements n'ont pas été à la hauteur des attentes. L'étude des stratégies de renouvellement de la fertilité dans la vallée du fleuve Sénégal nous apprend que, pour dépasser la surspécialisation et les approches unilatérales, il faut pouvoir assurer une collaboration étroite entre producteurs, chercheurs et décideurs, combinant savoirs traditionnels, innovations modernes et mise à l'échelle.

Les seuls aspects techniques et agronomiques ne suffisent pas pour élaborer des voies d'amélioration du renouvellement de la fertilité des sols. Il est essentiel d'analyser les contraintes économiques et de marché et de questionner le rôle et l'implication de l'action publique dans ces transitions.

L'Afrique de l'Ouest est dépendante de ses importations d'azote, de phosphate et de potasse et est soumise aux fluctuations des marchés internationaux. Les pays d'Afrique de l'Ouest possèdent une faible capacité de production d'azote et de phosphate et aucune ressource de potasse. La sous-région, bien qu'elle soit un acteur très faible du marché des engrais aujourd'hui, est dépendante de plusieurs acteurs clés qui sont en position quasi hégémonique sur le marché : la Russie sur l'azote et la potasse, et le Maroc pour son approvisionnement en phosphate. Cependant, on observe depuis peu

le développement de stratégies de diversification des approvisionnements qui pourraient montrer une intention forte de réduire les risques de marché et de volatilité des prix auxquels sont exposés les agricultures ouest-africaines.

L'industrie productrice d'engrais est encore faible en Afrique de l'Ouest. Les instabilités politiques et les difficultés tant techniques que financières pour l'exploitation des ressources de la sous-région ne favorisent pas l'émergence d'un secteur industriel stable pour la production d'engrais. Cette situation ne facilite pas la collaboration des secteurs agricole et industriel. Pour pouvoir atteindre les recommandations du sommet de Nairobi visant à doubler la consommation par hectare de NPK, il faut pouvoir miser à la fois sur le renforcement de la production locale et sur la coopération régionale. Pour autant, cela nécessitera des politiques publiques volontaristes et un fort investissement compte tenu de l'avantage compétitif de grands producteurs comme la Russie ou le Maroc, capables d'importantes économies d'échelle.

Passage de la fertilisation à la fertilité des sols. Actuellement, les politiques publiques en Afrique de l'Ouest se concentrent principalement sur la fertilisation par le biais de subventions aux engrais minéraux, visant à augmenter les rendements agricoles. Bien que cette approche soit une condition nécessaire, elle ne répond que partiellement aux besoins de productivité et présente des limites en termes de durabilité et de santé des sols. D'autres stratégies émergent comme au Sénégal autour de subventions aux intrants organiques, mais elles peinent encore à se déployer complètement.

Promouvoir des pratiques agroécologiques est un complément essentiel à la fertilisation organo-minérale pour une gestion durable des sols. Ces pratiques, telles que l'agroforesterie et la rotation des cultures, améliorent la structure physique des sols et favorisent la biodiversité microbienne. Cependant, ces pratiques, promues par la société civile et soutenues par les partenaires techniques et financiers, sont encore insuffisamment institutionnalisées et ne bénéficient pas d'un soutien adéquat.

Les subventions aux engrais, minéraux ou organiques, comme dans le cas du Sénégal, peuvent à certaines conditions jouer un rôle clé. Le ciblage des bénéficiaires et leur accompagnement pour une utilisation raisonnée couplée avec des pratiques agroécologiques ainsi que le renforcement du contrôle qualité et de la transparence dans les programmes de subvention sont des actions clés. De plus, le développement du marché des engrais organiques présente des opportunités pour la valorisation des co-produits locaux dans une logique d'économie circulaire mais nécessite la structuration et l'organisation du secteur ainsi que la normalisation par la puissance publique.

Pour répondre aux enjeux de sécurité et de souveraineté alimentaire, de résilience et de durabilité, il est essentiel que les politiques publiques évoluent vers une approche plus globale de la fertilité des sols. Cela implique de renforcer la stratégie de fertilisation en synergie avec les pratiques agroécologiques, tout en intégrant ces stratégies dans un cadre politique cohérent. Cette transition nécessite des ressources budgétaires dédiées et une meilleure coordination entre les acteurs institutionnels, les organisations de la société civile, les organisations de producteurs et les communautés locales.

Recommandations :

- Adopter une approche intégrée en renforçant les connaissances et les capacités des acteurs

Pour une gestion durable des sols agricoles, il est essentiel de combiner des pratiques adaptées aux conditions locales tout en intégrant les dimensions environnementales, économiques, sociales et de gouvernance. La formation des agriculteurs aux techniques de gestion durable des sols est centrale, en mettant l'accent sur la compréhension des caractéristiques des sols locaux.

Cette approche doit s'accompagner d'efforts d'innovation et de recherche pour développer des technologies adaptées, en encourageant la recherche sur les pratiques spécifiques adaptées à la région ouest-africaine et en engageant les communautés locales.

- Développer des politiques et un soutien institutionnel qui favorisent les pratiques agricoles durables en créant un environnement positif de marché pour le développement des filières

La mise en place de politiques agricoles et environnementales favorables à la gestion durable des sols est un élément fondamental pour assurer la santé à long terme des terres cultivées. Ces politiques doivent s'accompagner d'efforts pour améliorer l'accès des agriculteurs aux intrants nécessaires et favoriser l'accès aux marchés pour leurs productions. Il est également important d'encourager la diversification culturale, l'enfouissement des résidus de culture et la rotation avec des légumineuses, pratiques qui contribuent à maintenir la fertilité des sols et à réduire la dépendance aux engrais chimiques. Parallèlement, la promotion de l'utilisation de matière organique et d'engrais verts joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la structure du sol et de sa capacité à retenir l'eau et les nutriments. L'action publique ne doit pas omettre de donner une place significative à l'élevage qui peut jouer un rôle important dans la gestion durable de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest (apport de matière organique, recyclage des éléments nutritifs, diversification des revenus, etc.).

- Anticiper les effets du changement climatique

Le changement climatique aura plusieurs effets significatifs sur la gestion de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest, notamment en raison de la hausse des températures et des changements dans les régimes pluviométriques, risquant d'accélérer la dégradation des sols et la perte de matière organique. Les agriculteurs devront intégrer des stratégies d'adaptation au changement climatique dans la gestion des sols via la promotion de pratiques qui augmentent la résilience des sols face aux conditions climatiques extrêmes. La gestion de l'eau pour maintenir la fertilité des sols sera particulièrement importante.

Questions prospectives :

- Favoriser la production locale d'engrais, c'est également favoriser une industrie émettrice de GES, comment concilier cet aspect avec les objectifs de neutralité carbone que se fixent les bailleurs de fonds nationaux et internationaux mais aussi les Etats ?
- Comment satisfaire les besoins en potasse et en phosphates dans les systèmes agroécologiques ouest africains, étant donné que ces éléments sont principalement issus de

ressources fossiles et qu'il existe peu d'alternatives aux engrais minéraux pour les apporter, contrairement à l'azote qui peut être fourni par diverses pratiques agroécologiques ? Quelles stratégies adopter lorsque ces nutriments deviennent un facteur limitant pour la production agricole ?

- Dans un contexte de complexification croissante de la production agricole et d'intensification des savoirs, quel rôle doit-on donner au conseil agricole et technique, quelle considération est faite de la santé des sols dans l'accompagnement des agriculteurs ?

ANNEXES

Annexe 1

Comment se passe une campagne de cession d'engrais au Sénégal - Cas de 2022-2023

Pour la campagne 2022-2023, les commissions installées dans les Communes ont indiqués des besoins de 171 265 tonnes d'engrais minéraux et de 105 337,5 litres d'engrais liquide 9 051 tonnes d'engrais solide pour les engrais organiques.

D'après le ministère de l'Agriculture¹⁰, au 1^{er} mars 2023, les cessions globales ont été de 120 709 tonnes soit un taux de réalisation de 70,48 % par rapport aux prévisions. (Cette situation a pu évoluer avec la campagne de contre-saison chaude de riz et horticole qui était en cours). En plus de ces quantités, le Sénégal a reçu un don d'engrais de l'OCP portant sur 10 000 tonnes de DAP et 5 000 tonnes de TSP. En mars 2023, les volumes subventionnés cédés étaient :

Spécifications	Objectif	Cession	Taux de cession
6.20.10	40 220	39 433,25	98,04 %
15.10.10	11 000	8 680	78,91 %
15.15.15	22 000	23 678	107,65%
DAP	4 000	1 640	41%
10.10.20	17 148	2 823	22,58 %
9.23.30	2 500	2 500	100%
Urée	72 719	41 949	57, 69%
Engrais organique solide	9 051	1740	16%
Engrais organique liquide	105 337,5	100 650	95%

¹⁰ Ministère de l'agriculture et de l'équipement rural et de la souveraineté alimentaire – Plan agricole 2023-2024 – Mars 2023.

Définition des grands ensembles

Afrique de l'Ouest

Bénin
Burkina Faso
Cabo Verde
Côte d'Ivoire
Gambie
Ghana
Guinée
Guinée-Bissau
Libéria
Mali
Mauritanie
Niger
Nigéria
Sénégal
Sierra Leone
Togo

Amériques

Antigua-et-Barbuda
Antilles néerlandaises (ex)
Argentine
Bahamas
Barbade
Belize
Bolivie (État plurinational de)
Brésil
Canada
Chili
Chine - RAS de Hong-Kong
Colombie
Costa Rica
Cuba
Curaçao
Dominique
El Salvador
Équateur
États-Unis d'Amérique
Guatemala
Honduras
Îles Caïmans
Îles Falkland (Malvinas)
Îles mineures éloignées des États-Unis
Îles Turques-et-Caïques
Mexique
Nicaragua
Panama
Paraguay
Pérou
République dominicaine
Sainte-Hélène, Ascension et Tristan da Cunha
Sainte-Lucie
Saint-Vincent-et-les Grenadines
Suriname

Trinité-et-Tobago
Uruguay
Venezuela (République bolivarienne du)

Asie

Afghanistan
Australie
Azerbaïdjan
Bangladesh
Bhoutan
Chine - RAS de Macao
Chine, continentale
Chine, Taiwan Province de
Fidji
Îles Marshall
Inde
Indonésie
Japon
Kazakhstan
Kirghizistan
Malaisie
Maurice
Myanmar
Nauru
Népal
Nioué
Nouvelle-Zélande
Ouzbékistan
Pakistan
Papouasie-Nouvelle-Guinée
Philippines
République de Corée
République démocratique populaire lao
République populaire démocratique de Corée
Singapour
Sri Lanka
Thaïlande
Timor-Leste
Viet Nam

Mer Noire

Bélarus
Fédération de Russie
Iran (République islamique d')
Turquie
Ukraine

Pays du Golfe

Arabie saoudite
Bahreïn
Brunéi Darussalam
Émirats arabes unis
Israël
Jordanie
Koweït
Liban
Oman
République arabe syrienne
Yémen

Reste de l'Afrique

Afrique du Sud
Algérie
Angola
Botswana
Cameroun
Congo
Djibouti
Égypte
Eswatini
Éthiopie
Gabon
Guinée équatoriale
Kenya
Libye
Madagascar
Malawi
Maroc
Mozambique
Namibie
Ouganda
République centrafricaine
République démocratique du Congo
République-Unie de Tanzanie
Rwanda
Sao Tomé-et-Principe
Sierra Leone
Somalie
Soudan
Soudan (ex)
Tchad
Tunisie
Zambie
Zimbabwe

UE/Europe

Albanie
Allemagne
Andorre
Arménie
Autriche
Belgique
Bosnie-Herzégovine
Bulgarie
Chypre
Croatie
Danemark
Espagne
Estonie
Finlande
France
Géorgie
Gibraltar
Grèce
Groenland
Hongrie
Île Bouvet
Île Norfolk
Îles Féroé
Irlande
Islande
Italie

Lettonie
Lituanie
Luxembourg
Macédoine du Nord
Malte
Monténégro
Norvège
Nouvelle-Calédonie
Pays-Bas (Royaume des)
Pologne
Portugal
Roumanie
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord
Serbie
Serbie-et-Monténégro
Slovaquie
Slovénie
Suède
Suisse
Tchéquie

Données de consommation (en tonnes) :

Moyennes annuelles [Azote]			
CONSOMMATION (N)	1990-2000	2001-2011	2012-2022
Bénin	13 035,09	5 771,00	31 597,68
Burkina Faso	12 658,36	25 223,18	50 729,63
Cabo Verde	46,36	22,09	156,31
Côte d'Ivoire	34 581,82	24 052,18	42 585,19
Gambie	531,73	1 365,00	408,27
Ghana	6 484,82	15 915,18	60 972,86
Guinée	1 344,27	2 267,00	6 796,75
Guinée-Bissau	218,00	1 695,33	3 715,00
Libéria	9,09	1 206,33	4 741,77
Mali	13 746,27	51 143,59	89 262,84
Mauritanie	3 351,18	1 519,76	2 918,57
Niger	1 997,18	3 398,09	8 549,82
Nigéria	149 354,55	152 949,36	329 441,74
Sénégal	9 925,45	13 692,09	29 853,15
Sierra Leone	598,18	2 958,70	7 585,03
Togo	6 397,36	4 473,75	7 992,26

Moyennes annuelles [Phosphates]			
CONSOMMATION (P)	1990-2000	2001-2011	2012-2022
Bénin	9 078,00	3 473,00	16 661,95
Burkina Faso	10 049,64	11 916,09	22 462,14
Cabo Verde	N/C	N/C	22,34
Côte d'Ivoire	14 745,45	16 671,36	39 697,75
Gambie	300,00	587,36	256,15
Ghana	2 826,82	12 370,27	46 938,54
Guinée	802,82	565,55	4 474,67
Guinée-Bissau	194,00	646,53	844,88
Libéria	9,09	458,26	1 915,68
Mali	10 479,00	16 172,81	28 431,94
Mauritanie	272,73	456,35	1 181,99
Niger	977,45	1 443,91	731,95
Nigéria	65 867,27	39 070,73	79 364,92
Sénégal	8 763,64	6 159,73	13 341,88
Sierra Leone	561,82	1 146,57	2 932,13
Togo	4 706,36	2 304,90	4 406,63
Total	129 634,09	113 443,42	263 665,55

Moyennes annuelles [Potasse]			
CONSOMMATION (K)	1990-2000	2001-2011	2012-2022
Bénin	5 859,09	2 399,18	15 884,50
Burkina Faso	6 871,45	11 061,73	22 555,60
Cabo Verde	2,00	N/C	28,30
Côte d'Ivoire	14 845,45	26 874,18	50 581,49
Gambie	190,91	538,64	241,87
Ghana	3 166,55	27 564,18	41 495,97
Guinée	581,55	544,00	3 822,94
Guinée-Bissau	175,82	795,21	787,69
Libéria	9,09	541,32	1 781,82
Mali	7 151,73	18 771,56	20 596,28
Mauritanie	N/C	571,46	1 099,20
Niger	728,55	784,09	1 329,04
Nigéria	61 067,27	38 813,73	69 901,13
Sénégal	4 727,27	4 317,45	12 736,28
Sierra Leone	552,73	1 350,12	2 754,64
Togo	3 559,55	3 819,63	6 259,25
Total	109 489,00	138 746,48	251 856,02

Données d'importations Azote (en tonnes) :

Moyennes annuelles sur la période 1990-2000								
IMPORTATIONS (N)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	2 088,27	962,15	145,37	3 606,93	43,57	942,65	7 322,86	15 111,80
Burkina Faso	10 259,09	54,48	2 490,27	3 673,14	368,01	1 922,15	11 951,02	30 718,16
Cabo Verde	0,07	0,46	3,32	-	0,07	1,73	23,44	29,09
Côte d'Ivoire	3 817,93	5 385,09	13 216,92	11 851,06	833,84	6 094,63	12 794,88	53 994,35
Gambie	2,44	29,86	1 043,03	1 231,90	0,68	-	1 721,78	4 029,69
Ghana	154,04	1 007,69	147,13	869,01	1 179,77	6 438,79	13 847,92	23 644,35
Guinée	429,91	187,84	368,93	262,34	0,71	67,32	5 600,31	6 917,36
Guinée-Bissau	-	-	-	-	0,03	-	33,23	33,26
Libéria	11,30	342,25	38,02	0,10	2,07	-	113,03	506,76
Mali	14 708,45	798,16	229,18	15 825,97	436,73	10 505,44	15 378,06	57 882,00
Mauritanie	229,31	1 105,50	0,31	3,65	10,77	1 246,53	4 549,08	7 145,15
Niger	739,99	81,91	1 304,43	503,44	277,27	1 321,94	2 106,46	6 335,44
Nigéria	613,96	13 060,47	10 663,49	1 865,64	3 470,50	16 225,27	49 117,91	95 017,24
Sénégal	755,95	230,57	541,03	4 652,26	13,42	2 465,38	6 959,52	15 618,13
Sierra Leone	150,25	-	166,71	1 253,51	114,30	144,76	80,37	1 909,90
Togo	1 970,91	444,67	860,33	3 903,97	20,22	4 143,26	14 780,33	26 123,69
Total général	35 931,86	23 691,10	31 218,46	49 502,93	6 771,96	51 519,85	146 380,18	345 016,36

Moyennes annuelles sur la période 2001-2011								
IMPORTATIONS (N)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	3 069,68	676,63	679,24	12 910,18	43,57	1 967,66	11 986,01	31 332,96
Burkina Faso	12 227,50	905,34	2 967,74	11 062,08	368,39	3 490,49	11 347,36	42 368,91
Cabo Verde	0,05	0,20	12,18	-	0,10	1,73	134,47	148,73
Côte d'Ivoire	4 674,36	4 374,45	12 757,45	30 852,06	772,00	6 855,87	10 076,65	70 362,85
Gambie	145,53	28,52	1 453,25	1 022,34	2,78	12,21	927,79	3 592,42
Ghana	1 569,03	808,92	628,24	13 101,11	1 011,17	6 371,43	26 550,55	50 040,45
Guinée	988,31	100,61	656,60	167,59	5,11	144,57	7 048,72	9 111,50
Guinée-Bissau	9,85	-	25,82	-	0,03	-	62,89	98,58
Libéria	49,07	366,00	55,80	2 020,59	2,44	-	175,17	2 669,07
Mali	17 325,03	770,86	1 123,10	25 124,77	324,78	15 626,73	20 088,17	80 383,44
Mauritanie	604,06	1 096,64	15,05	4 611,08	302,57	1 530,21	12 633,15	20 792,76
Niger	3 328,25	19,18	1 881,20	3 270,47	277,46	2 519,72	3 578,25	14 874,53
Nigéria	3 949,48	32 728,27	16 585,41	62 763,04	15 786,04	16 917,53	121 860,37	270 590,14
Sénégal	1 635,03	2 472,13	3 022,14	15 332,27	1 234,91	5 433,25	11 096,16	40 225,89
Sierra Leone	280,61	-	423,68	1 253,54	110,47	147,74	241,76	2 457,81
Togo	2 899,84	2 246,03	727,35	7 561,62	23,26	4 333,35	18 921,78	36 713,23
Total général	52 755,68	46 593,77	43 014,24	191 052,74	20 265,10	65 352,48	256 729,24	675 763,25

Moyennes annuelles sur la période 2012-2022								
IMPORTATIONS (N)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	9 185,53	9 950,87	1 541,94	20 352,90	7 960,92	19 550,35	10 811,09	79 353,60
Burkina Faso	29 612,59	10,40	3 332,46	21 178,10	359,20	7 744,85	8 445,69	70 683,30
Cabo Verde	0,06	0,16	0,12	0,18	0,16	1,85	163,17	165,70
Côte d'Ivoire	5 425,72	3 664,05	4 371,98	44 969,77	1 354,51	16 313,49	9 516,44	85 615,97
Gambie	500,67	111,66	683,19	908,93	4,70	0,37	268,63	2 478,15
Ghana	3 747,44	1 537,36	7 035,23	35 869,98	233,04	14 239,31	50 303,89	112 966,25
Guinée	2 942,13	14,43	371,12	1 580,56	1,24	2 848,54	5 731,41	13 489,44
Guinée-Bissau	77,94	-	113,19	-	0,01	-	842,83	1 033,96
Libéria	211,51	312,61	2 185,34	1 049,59	1,41	61,63	517,27	4 339,35
Mali	22 192,48	6 897,46	1 777,21	31 585,74	369,30	12 215,60	25 951,74	100 989,53
Mauritanie	3 150,02	368,90	263,92	9 629,37	26,04	1 532,45	15 922,85	30 893,55
Niger	6 692,61	890,05	2 215,11	1 315,14	163,90	3 044,79	3 215,09	17 536,68
Nigéria	7 558,15	5 195,87	25 101,81	49 489,63	1 994,37	34 358,91	48 698,74	172 397,48
Sénégal	6 352,00	7 230,67	3 076,43	29 934,14	1 251,46	14 287,57	13 934,72	76 067,00
Sierra Leone	65,92	110,69	312,58	1 870,48	101,08	423,32	891,88	3 775,96
Togo	4 548,98	1 778,04	1 905,36	8 061,99	19,75	13 356,44	13 558,63	43 229,20
Total général	102 263,74	38 073,23	54 287,00	257 796,49	13 841,09	139 979,47	208 774,07	815 015,10

Données d'importations Phosphate (en tonnes) :

Moyennes annuelles sur la période 1990-2000								
IMPORTATION (P)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	1 408,28	1 184,32	-	-	43,39	660,94	2 232,51	5 529,44
Burkina Faso	6 228,57	108,44	136,66	176,80	7,41	18,29	2 280,18	8 956,35
Cabo Verde	-	0,46	1,06	-	-	-	7,34	8,87
Côte d'Ivoire	2 288,55	8 934,13	0,65	25,09	0,36	8 328,15	5 023,52	24 600,45
Gambie	1,00	34,98	1 033,90	717,15	-	0,65	640,36	2 428,04
Ghana	-	172,35	56,71	-	932,16	2 743,35	6 945,27	10 849,84
Guinée	250,91	2,20	280,17	8,63	-	43,28	2 553,14	3 138,34
Guinée-Bissau	-	-	-	-	-	-	1,31	1,31
Libéria	-	16,23	93,21	-	-	80,50	10,73	200,66
Mali	10 434,28	669,86	30,19	281,05	5,25	3 094,61	700,01	15 215,25
Mauritanie	9,23	-	4,80	-	-	-	93,24	107,27
Niger	317,28	-	46,40	134,20	277,23	42,78	796,77	1 614,66
Nigéria	141,91	10 829,60	4 937,16	392,76	0,01	18 095,97	39 262,91	73 660,32
Sénégal	3,60	26,14	0,34	31,36	5,51	144,51	52,36	263,82
Sierra Leone	0,35	-	166,70	8,40	42,20	161,40	4,94	383,99
Togo	1 751,39	47,73	210,21	3 903,97	-	2 300,00	4 366,22	12 579,52
Total général	22 835,37	22 026,42	6 998,15	5 679,41	1 313,51	35 714,45	64 970,82	159 538,14

Moyennes annuelles sur la période 2001-2011								
IMPORTATION (P)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	2 994,82	1 729,15	117,97	3 096,23	43,40	428,06	4 866,87	13 276,51
Burkina Faso	9 963,26	39,08	113,52	693,26	0,12	3 264,24	3 277,86	17 351,35
Cabo Verde	-	0,17	3,90	-	-	-	42,99	47,06
Côte d'Ivoire	1 591,31	6 761,94	10,15	9 934,55	15,54	10 361,61	6 883,45	35 558,56
Gambie	41,77	34,98	1 158,86	507,59	-	11,10	333,62	2 087,92
Ghana	1 310,43	1 174,82	933,06	3 262,87	745,80	14 718,11	14 733,49	36 878,57
Guinée	487,84	6,53	403,22	-	-	34,84	2 277,91	3 210,35
Guinée-Bissau	3,01	-	8,01	-	-	-	6,55	17,57
Libéria	21,35	69,41	104,15	1,91	0,02	88,86	75,33	361,03
Mali	10 364,12	265,85	76,64	975,47	3,10	14 865,99	3 083,74	29 634,92
Mauritanie	41,07	-	2,86	-	-	497,61	127,11	668,65
Niger	1 090,55	17,54	205,58	384,88	717,57	967,30	872,97	4 256,38
Nigéria	5,95	21 191,22	8 992,03	38 472,62	1 536,21	16 275,18	57 420,52	143 893,72
Sénégal	337,46	2 330,22	35,50	326,15	290,12	1 857,19	2 679,76	7 856,40
Sierra Leone	5,72	-	231,48	8,43	41,61	163,68	61,65	512,57
Togo	1 345,92	603,36	85,71	3 324,71	-	5 758,79	6 942,80	18 061,30
Total général	29 604,59	34 224,28	12 482,63	60 988,67	3 393,49	69 292,57	103 686,62	313 672,85

Moyennes annuelles sur la période 2012-2022								
IMPORTATION (P)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	74,45	7 975,53	837,97	7 036,49	23,61	16 236,69	3 419,69	35 604,45
Burkina Faso	18 982,35	0,45	23,74	1 287,34	-	5 459,44	1 023,62	26 776,94
Cabo Verde	-	0,01	0,09	-	-	-	24,49	24,59
Côte d'Ivoire	671,91	2 597,35	2 196,28	8 057,99	2 143,88	36 358,94	3 665,95	55 692,30
Gambie	254,08	116,25	521,72	719,70	3,31	3,87	116,80	1 735,73
Ghana	354,73	4 085,78	1 860,57	6 211,17	488,91	20 056,08	25 333,68	58 390,91
Guinée	484,18	12,11	193,72	0,82	0,81	2 420,69	1 502,03	4 614,35
Guinée-Bissau	12,74	-	25,43	-	-	-	2,43	40,60
Libéria	72,06	108,84	1 573,70	6,87	0,02	661,79	383,05	2 806,34
Mali	14 917,91	378,85	93,12	766,96	-	21 208,58	1 602,49	38 967,91
Mauritanie	18,76	0,60	5,00	807,97	0,91	1 032,21	914,29	2 779,75
Niger	915,68	2 259,15	368,80	515,38	163,82	1 857,10	957,65	7 037,58
Nigéria	4,82	1 958,45	11 977,63	3 854,06	1 393,94	57 491,62	4 639,21	81 319,73
Sénégal	59,12	1 762,70	218,84	887,82	29,63	17 133,76	2 720,26	22 812,12
Sierra Leone	24,02	101,50	243,07	328,99	26,41	759,74	684,48	2 168,22
Togo	745,29	3 389,65	851,81	4 430,83	0,00	5 305,09	2 407,65	17 130,32
Total général	37 592,12	24 747,23	20 991,50	34 912,40	4 275,25	185 985,59	49 397,76	357 901,84

Données d'importations Potasse (en tonnes) :

Moyennes annuelles sur la période 1990-2000								
IMPORTATIONS (K)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	991,79	5 263,03	0,16	-	62,71	40,68	3 138,27	9 496,64
Burkina Faso	6 272,89	369,29	120,95	721,21	34,99	0,01	2 277,60	9 796,93
Cabo Verde	-	0,46	1,11	-	-	-	24,39	25,96
Côte d'Ivoire	996,66	2 907,42	870,05	14 189,41	5 182,91	0,45	5 456,15	29 603,06
Gambie	1,02	30,85	1 030,62	717,15	-	-	315,47	2 095,10
Ghana	385,78	348,06	6,50	57,86	950,37	1 002,71	6 992,46	9 743,74
Guinée	252,40	2,20	233,49	32,40	12,60	31,40	2 369,14	2 933,64
Guinée-Bissau	-	-	-	-	-	-	1,31	1,31
Libéria	0,69	3,97	30,41	334,50	-	-	2,37	371,95
Mali	8 948,88	63,02	20,50	247,07	5,25	612,45	606,30	10 503,47
Mauritanie	-	-	4,80	-	-	-	107,32	112,12
Niger	49,40	0,03	31,19	1 670,25	6,60	10,35	387,85	2 155,66
Nigéria	4 069,98	928,05	15,93	3 452,33	970,54	13 006,05	24 538,29	46 981,18
Sénégal	8,88	0,60	50,81	15 043,44	39,62	0,02	6 751,04	21 894,42
Sierra Leone	-	-	168,02	808,80	42,20	52,70	19,92	1 091,64
Togo	1 758,18	9 035,13	61,89	3 903,97	-	-	4 269,14	19 028,31
Total général	23 736,54	18 952,12	2 646,43	41 178,39	7 307,80	14 756,82	57 257,02	165 835,13

Moyennes annuelles sur la période 2001-2011								
IMPORTATIONS (K)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	2 690,34	-	49,08	5 751,28	67,89	77,07	5 827,04	14 462,70
Burkina Faso	9 512,88	1 086,63	115,74	7 212,79	0,50	11,13	2 968,16	20 907,83
Cabo Verde	-	0,17	3,90	-	-	-	37,40	41,47
Côte d'Ivoire	1 661,67	5 980,36	896,49	38 029,73	1 654,87	575,80	3 363,51	52 162,43
Gambie	43,57	30,87	1 029,74	507,59	0,02	7,79	271,22	1 890,80
Ghana	1 408,84	2 364,06	252,54	7 120,23	846,97	1 942,53	15 634,60	29 569,77
Guinée	460,81	4,58	379,63	32,40	27,05	35,39	2 346,32	3 286,19
Guinée-Bissau	2,56	-	8,01	33,21	-	-	6,60	50,38
Libéria	15,68	14,31	34,79	332,11	0,25	-	108,48	505,61
Mali	9 920,87	20,64	142,20	10 608,97	3,52	973,90	3 902,99	25 573,09
Mauritanie	14,35	-	3,06	5,63	4,73	25,80	291,82	345,40
Niger	254,67	17,67	171,97	1 935,66	6,64	771,53	137,94	3 296,08
Nigéria	24,40	12 435,18	3 937,36	19 852,87	1 206,24	9 907,49	48 347,39	95 710,94
Sénégal	667,38	63,79	95,02	19 277,37	217,19	101,67	5 539,51	25 961,93
Sierra Leone	3,76	-	237,11	808,83	41,61	52,70	72,99	1 217,00
Togo	1 379,22	9 072,13	117,64	5 404,25	-	-	11 074,47	27 047,71
Total général	28 061,01	31 090,39	7 474,30	116 912,92	4 077,48	14 482,79	99 930,45	302 029,34

Moyennes annuelles sur la période 2012-2022								
IMPORTATIONS (K)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	73,75	6 163,46	566,47	9 559,73	103,52	10 907,25	3 456,26	30 830,43
Burkina Faso	16 471,96	1 535,22	35,90	4 122,04	19,68	2 082,98	1 689,85	25 957,63
Cabo Verde	-	0,01	0,00	-	-	-	17,14	17,15
Côte d'Ivoire	511,28	4 886,11	1 939,80	40 918,16	545,61	5 317,04	6 038,30	60 156,30
Gambie	217,89	117,83	514,96	594,16	0,01	2,35	128,96	1 576,17
Ghana	634,05	4 714,16	2 083,55	8 903,77	638,95	2 348,45	22 318,23	41 641,16
Guinée	459,05	7,64	226,53	2 079,96	66,29	2 140,17	1 377,43	6 357,07
Guinée-Bissau	10,63	-	24,07	-	-	-	5,37	40,07
Libéria	416,85	98,01	3 104,51	392,51	0,02	0,77	381,44	4 394,10
Mali	7 824,34	1 178,61	29,14	29 199,56	-	526,18	6 657,53	45 415,37
Mauritanie	28,85	-	6,87	344,57	15,24	235,06	396,00	1 026,58
Niger	553,35	2,20	383,47	1 974,57	111,32	1 549,39	57,12	4 631,43
Nigéria	6,02	8 105,47	2 471,40	29 682,36	1 882,84	10 239,73	8 364,01	60 751,82
Sénégal	70,28	8 456,42	356,40	11 334,23	196,23	1 719,49	5 958,34	28 091,39
Sierra Leone	7,78	110,08	162,76	668,86	26,41	114,09	718,77	1 808,76
Togo	1 147,01	5 001,45	797,12	8 919,31	0,00	1 971,05	10 424,67	28 260,61
Total général	28 433,08	40 376,68	12 702,94	148 693,81	3 606,12	39 154,01	67 989,43	340 956,06

Données d'exportations Azote (en tonnes) :

Moyennes annuelles sur la période 1990-2000								
EXPORTATION (N)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	3,37	19,64	-	-	-	-	5,86	28,87
Burkina Faso	4 108,31	-	-	-	-	-	20,29	4 128,59
Côte d'Ivoire	36 111,46	52,58	-	-	-	204,92	3,87	36 372,82
Gambie	35,98	-	6,27	-	1,67	-	-	43,93
Ghana	686,95	1,79	-	-	-	366,60	44,12	1 099,46
Guinée	-	0,02	-	-	-	-	0,29	0,31
Libéria	945,00	-	-	-	-	0,03	-	945,03
Mali	99,08	44,38	-	14 351,99	-	4 044,73	413,68	18 953,86
Niger	353,58	-	161,44	-	-	0,03	16,02	531,08
Nigéria	1 326,37	20 759,83	723,68	-	-	2 696,08	5 319,31	30 825,27
Sénégal	19 881,84	12 382,28	1 090,14	-	-	1 301,11	1 145,32	35 800,69
Togo	1 108,01	-	-	-	-	0,27	5,18	1 113,46
Total général	64 659,96	33 260,51	1 981,54	14 351,99	1,67	8 613,77	6 973,94	129 843,37

Moyennes annuelles sur la période 2001-2011								
EXPORTATION (N)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	1 238,80	-	381,27	-	-	-	-	1 620,08
Burkina Faso	1 024,95	0,18	0,08	-	0,01	-	45,78	1 071,00
Cabo Verde	-	-	14,95	-	-	-	0,01	14,95
Côte d'Ivoire	15 579,71	50,13	22,47	-	374,23	65,02	4,35	16 095,90
Gambie	67,49	-	-	-	-	0,73	-	68,22
Ghana	3 091,47	0,98	1,03	0,82	0,97	346,85	85,83	3 527,95
Guinée	3,11	0,80	-	-	-	4,03	5,46	13,40
Guinée-Bissau	1,54	-	-	-	-	-	-	1,54
Libéria	902,05	0,02	2 352,07	-	-	0,03	35,05	3 289,22
Mali	4 019,08	44,39	206,58	14 351,99	-	4 067,84	476,76	23 166,65
Mauritanie	9,10	-	-	-	-	255,31	0,00	264,42
Niger	169,31	9,87	236,01	15,27	-	26,55	90,99	548,01
Nigéria	6 711,88	35 596,64	768,91	-	-	5 736,65	25 319,69	74 133,76
Sénégal	20 437,27	12 890,39	2 819,97	-	-	534,12	2 865,11	39 546,87
Sierra Leone	-	-	0,28	-	-	-	3,42	3,70
Togo	6 186,81	-	-	32,84	-	20,35	6,03	6 246,02
Total général	59 442,57	48 593,40	6 803,62	14 400,92	375,20	11 057,49	28 938,49	169 611,69

Moyennes annuelles sur la période 2012-2022								
EXPORTATION (N)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	685,37	0,00	-	6,82	2,00	0,00	0,02	694,21
Burkina Faso	3 309,80	-	-	-	-	-	324,25	3 634,04
Cabo Verde	-	0,01	381,82	-	-	7,09	-	388,92
Côte d'Ivoire	11 551,28	8,36	17,27	-	-	188,11	7,94	11 772,96
Gambie	0,25	-	-	-	-	-	0,00	0,25
Ghana	9 393,91	0,01	0,04	24,33	0,39	339,12	186,06	9 943,86
Guinée	10,72	0,30	0,00	-	-	22,16	0,01	33,20
Libéria	85,92	-	1 370,53	0,60	-	34,91	-	1 491,95
Mali	17 023,25	308,93	4,49	13 313,14	-	2 674,34	7 757,54	41 081,68
Mauritanie	26,58	0,34	-	-	-	1 559,59	0,00	1 586,51
Niger	766,00	25,05	200,32	-	-	28,63	20,81	1 040,80
Nigéria	41 950,74	287 949,45	33 219,01	1 275,12	-	25 002,48	77 186,39	466 583,19
Sénégal	13 809,40	12 673,90	2 715,95	-	474,00	1 289,96	3 737,25	34 700,47
Sierra Leone	0,00	0,00	0,87	-	-	3,93	1,64	6,45
Togo	12 839,94	-	-	-	-	0,57	6,35	12 846,86
Total général	111 453,15	300 966,37	37 910,32	14 620,00	476,40	31 150,88	89 228,25	585 805,36

Données d'exportations Phosphate (en tonnes) :

Moyennes annuelles sur la période 1990-2000							
EXPORTATIONS (P)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	2,11	19,64	-	-	-	5,86	27,61
Burkina Faso	85,85	-	-	-	-	-	85,85
Côte d'Ivoire	14 311,83	-	-	-	5 315,11	-	19 626,94
Gambie	19,16	-	-	-	-	-	19,16
Ghana	0,13	-	-	-	-	0,01	0,14
Libéria	945,00	-	-	-	-	-	945,00
Mali	60,07	-	-	-	17 797,57	18,75	17 876,39
Niger	134,13	-	0,00	-	-	15,39	149,53
Nigéria	0,04	-	3 421,01	-	0,06	-	3 421,11
Sénégal	21 732,01	22 449,84	2 421,28	949,88	785,44	6 623,51	54 961,96
Togo	43,63	1 502,03	-	-	-	0,21	1 545,87
Total général	37 333,96	23 971,51	5 842,29	949,88	23 898,17	6 663,74	98 659,55

Moyennes annuelles sur la période 2001-2011								
EXPORTATIONS (P)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	842,80	-	974,36	-	-	-	-	1 817,17
Burkina Faso	142,99	-	-	-	-	-	14,93	157,92
Cabo Verde	-	0,03	-	-	-	-	-	0,03
Côte d'Ivoire	11 267,01	-	-	-	-	4 848,57	-	16 115,58
Ghana	375,40	0,00	0,12	0,82	0,97	1,83	29,74	408,89
Guinée	1,27	-	-	-	-	0,03	-	1,30
Libéria	902,05	-	3 184,05	-	-	-	89,57	4 175,67
Mali	3 684,60	-	-	-	-	17 797,57	79,58	21 561,75
Mauritanie	-	-	-	-	-	163,39	137,88	301,27
Niger	75,01	-	75,09	15,27	-	1,15	15,39	181,92
Nigéria	837,59	0,01	3 236,44	-	-	12,92	-	4 086,95
Sénégal	18 856,00	23 768,13	2 988,00	-	950,24	489,89	6 744,59	53 796,84
Sierra Leone	-	-	0,28	-	-	-	0,61	0,89
Togo	2 676,64	1 992,69	778,18	-	-	19,89	0,05	5 467,45
Total général	39 661,35	25 760,86	11 236,53	16,09	951,21	23 335,24	7 112,33	108 073,62

Moyennes annuelles sur la période 2012-2022								
EXPORTATIONS (P)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	140,00	-	-	6,82	-	0,02	-	146,84
Burkina Faso	138,60	-	-	-	-	-	-	138,60
Cabo Verde	-	0,04	-	-	-	7,09	-	7,13
Côte d'Ivoire	7 671,58	0,00	-	-	-	1 303,20	0,00	8 974,79
Gambie	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01
Ghana	919,85	0,01	-	-	-	0,05	168,40	1 088,31
Guinée	0,54	-	-	-	-	1,04	-	1,57
Libéria	85,91	-	3 502,46	0,60	-	5,90	-	3 594,87
Mali	14 579,32	-	2,52	117,63	-	6 035,68	1 411,66	22 146,81
Mauritanie	41,78	0,34	-	-	-	1 005,91	-	1 048,04
Niger	74,77	-	5,98	-	-	3,58	12,21	96,54
Nigéria	348,12	259,93	-	-	-	5,76	177,83	791,63
Sénégal	16 853,16	30 315,81	5 208,41	-	602,62	78,97	13 340,40	66 399,37
Sierra Leone	0,20	-	-	-	-	-	-	0,20
Togo	2 769,28	3 219,36	0,02	-	-	0,04	-	5 988,70
Total général	43 623,11	33 795,48	8 719,38	125,05	602,62	8 447,25	15 110,51	110 423,40

Données d'exportations Potasse (en tonnes) :

Moyennes annuelles sur la période 1990-2000							
EXPORTATIONS (K)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	2,93	19,64	-	-	-	5,86	28,43
Burkina Faso	1,57	-	-	-	-	0,01	1,58
Cabo Verde	-	-	-	-	-	0,02	0,02
Côte d'Ivoire	14 076,96	2,92	890,19	-	248,02	-	15 218,10
Gambie	17,89	-	-	-	-	-	17,89
Ghana	0,16	-	-	-	0,05	0,80	1,01
Libéria	945,00	-	-	-	-	-	945,00
Mali	60,00	4 819,50	-	27 169,80	-	408,75	32 458,05
Niger	61,47	0,16	-	-	3,85	15,39	80,87
Nigéria	0,85	-	10,67	-	200,42	0,05	212,00
Sénégal	16 567,29	7 454,96	234,41	-	41,65	412,36	24 710,67
Togo	43,63	-	-	-	-	-	43,63
Total général	31 777,74	12 297,18	1 135,28	27 169,80	493,99	843,25	73 717,23

Moyennes annuelles sur la période 2001-2011								
EXPORTATIONS (K)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	848,41	-	-	-	-	-	-	848,41
Burkina Faso	153,91	0,02	-	-	0,02	-	4,33	158,28
Cabo Verde	-	0,03	-	-	-	-	-	0,03
Côte d'Ivoire	11 790,97	8,53	16 634,18	-	-	48,87	0,43	28 482,97
Gambie	0,02	-	-	-	-	-	-	0,02
Ghana	365,53	-	-	0,82	-	0,57	30,12	397,04
Guinée	4,63	-	-	-	-	-	-	4,63
Libéria	902,05	-	53 772,65	-	-	-	-	54 674,69
Mali	4 078,70	4 819,50	-	27 169,80	-	-	469,58	36 537,58
Mauritanie	-	-	-	-	-	3,39	0,00	3,40
Niger	68,77	8,91	72,32	-	-	5,00	15,39	170,39
Nigéria	110,81	-	29,35	-	-	1 253,45	1,48	1 395,09
Sénégal	16 618,44	7 305,62	2 711,95	-	-	55,12	2 468,73	29 159,86
Sierra Leone	-	-	0,28	-	-	-	31,82	32,09
Togo	1 333,66	-	-	-	-	1,71	-	1 335,37
Total général	36 275,88	12 142,61	73 220,72	27 170,62	0,02	1 368,12	3 021,88	153 199,85

Moyennes annuelles sur la période 2012-2022								
EXPORTATIONS (K)	Afrique de l'Ouest	Amériques	Asie	Mer Noire	Pays du Golfe	Reste de l'Afrique	UE/Europe	Total général
Bénin	33,52	0,01	-	6,82	-	11,14	0,06	51,54
Burkina Faso	197,36	-	-	-	-	-	190,91	388,28
Cabo Verde	-	-	-	-	-	7,09	-	7,09
Côte d'Ivoire	8 338,00	15,32	16 060,53	-	-	436,29	0,01	24 850,15
Ghana	706,35	0,43	-	-	-	92,52	169,93	969,23
Guinée	0,09	-	0,00	-	-	1,04	-	1,13
Libéria	85,95	-	59 149,91	0,60	-	5,90	-	59 242,36
Mali	14 057,74	2 409,75	-	10 114,35	-	1,16	139,29	26 722,29
Mauritanie	24,78	0,34	-	-	-	602,33	-	627,45
Niger	139,88	10,50	6,97	-	-	6,21	12,21	175,76
Nigéria	876,14	-	-	-	-	2 450,94	0,07	3 327,15
Sénégal	7 965,31	3 701,00	1 113,66	-	473,09	35,72	642,67	13 931,46
Togo	3 424,23	-	0,02	-	-	-	-	3 424,25
Total général	35 849,36	6 137,35	76 331,09	10 121,77	473,09	3 650,33	1 155,15	133 718,14

Données de production Azote (en tonnes) :

	Bénin	Burkina Faso	Cabo Verde	Côte d'Ivoire	Gambie	Ghana	Guinée	Guinée-Bissau	Libéria	Mali	Mauritanie	Niger	Nigéria	Sénégal	Sierra Leone	Togo	Total général
1967														1 004			1 004
1968														2 530			2 530
1969														1 806			1 806
1970				1 800										4 290			6 090
1971				2 103										7 100			9 203
1972				5 925										8 716			14 641
1973				4 941										8 768			13 709
1974				5 965										5 000			10 965
1975				4 500										8 700			13 200
1976				4 400										9 000			13 400
1977				4 700										9 742			14 442
1978				5 000										9 344			14 344
1979				4 100										5 000			9 100
1980				6 117										6 200			12 317
1981				2 000										5 200			7 200
1982				2 500										2 900			5 400
1983				1 500										3 500			5 000
1984				2 300										10 000			12 300
1985				2 000										17 000			19 000
1986				2 000									27 600	13 700			43 300
1987				1 600									103 700	16 000			121 300
1988													268 000	13 500			281 500
1989													266 500	10 100			276 600
1990													271 600	14 900			286 500
1991													260 600	26 807			287 407
1992													287 200	25 000			312 200
1993													267 000	24 000			291 000
1994													151 400	25 900			177 300
1995													138 000	28 700			166 700
1996													114 300	24 800			139 100
1997													41 200	30 400			71 600
1998													71 000	38 800			109 800
1999													70 000	24 500			94 500
2000														19 400			19 400
2001														25 200			25 200
2002	-	-			-					-			-	15 000			15 000
2003	-	-			-					-			-	32 028			32 028
2004	-	-			-					-			-	24 893		-	24 893
2005	-	-			-					-			-	15 856		-	15 856
2006	-	-			-					-				2 599		-	2 599
2007	-	-			-					-				5 903		-	5 903
2008	-	-			-					-				4 812			4 812
2009	-	-			-					-			54 743	1 470			56 213
2010	-	-			-					-			31 998	2 292			34 290
2011	-	-			-					-			65 940	12			65 952
2012	-	-			-					-			170 159	4 325			174 484
2013	-	-			-	-	-			-			108 000	5 216		-	113 216
2014	-	-			-	-	-			-			78 200	6 909		-	85 109
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	129 605	4 932	-	-	134 537
2016	-	-	-		-	-	-			-			319 700	11 385		-	331 085
2017	-	-	-	-	-	-	-			-		-	653 350	26 959		-	680 309
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	724 300	14 146	-	-	738 446
2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	724 300	18 930	-	-	743 230
2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	724 300	20 224	-	-	744 524
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	620 504	18 320	-	-	638 824
2022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 317 151	8 825	-	-	1 325 976
Total général	-	-	-	63 451	-	-	-	-	-	-	-	-	8 060 349	732 544	-	-	8 856 344

Données de production Phosphate (en tonnes) :

	Bénin	Burkina Faso	Cabo Verde	Côte d'Ivoire	Gambie	Ghana	Guinée	Guinée-Bissau	Libéria	Mali	Mauritanie	Niger	Nigéria	Sénégal	Sierra Leone	Togo	Total général
1967														3 236,00			3 236,00
1968														8 422,00			8 422,00
1969														12 257,00			12 257,00
1970														17 314,00			17 314,00
1971				3 400,00										18 550,00			21 950,00
1972				4 777,00										21 975,00			26 752,00
1973				6 440,00										20 400,00			26 840,00
1974				7 447,00										23 300,00			30 747,00
1975				1 500,00									1 000,00	20 000,00			22 500,00
1976				800,00									3 000,00	21 000,00			24 800,00
1977				1 500,00									4 100,00	20 213,00			25 813,00
1978				2 000,00									3 900,00	28 400,00			34 300,00
1979				3 000,00									5 700,00	28 000,00			36 700,00
1980				2 700,00									5 200,00	25 000,00			32 900,00
1981				2 700,00									9 500,00	25 000,00			37 200,00
1982				3 300,00									7 000,00	16 100,00			26 400,00
1983				2 000,00									4 200,00	15 600,00			21 800,00
1984				3 100,00									5 000,00	29 500,00			37 600,00
1985				2 600,00									5 000,00	37 400,00			45 000,00
1986				2 700,00									700,00	30 000,00			33 400,00
1987				900,00									25 100,00	35 000,00			61 000,00
1988				1 500,00									48 000,00	34 000,00			83 500,00
1989				2 500,00									52 000,00	27 450,00			81 950,00
1990		116,00		1 500,00									56 000,00	50 040,00			107 656,00
1991		162,00		2 500,00									58 000,00	46 400,00			107 062,00
1992		256,00		2 700,00									84 000,00	33 000,00			119 956,00
1993		300,00		2 500,00									63 000,00	38 000,00			103 800,00
1994		300,00											6 300,00	35 200,00			41 800,00
1995		300,00											900,00	39 500,00			40 700,00
1996		300,00											9 500,00	35 400,00			45 200,00
1997		300,00											5 000,00	55 000,00			60 300,00
1998		300,00											10 500,00	67 500,00			78 300,00
1999		900,00												45 000,00			45 900,00
2000		383,00												32 400,00			32 783,00
2001														32 700,00			32 700,00
2002	-	-			-					-			-	28 800,00			28 800,00
2003	-	-			-					-			-	26 800,00			26 800,00
2004	-	-			-					-			-	29 000,00			29 000,00
2005	-	-			-					-			-	29 100,00			29 100,00
2006	-	-			-					-				2 300,00			2 300,00
2007	-	-			-					-				13 100,00			13 100,00
2008	-	-			-					-				4 400,00			4 400,00
2009	-	-			-					-			24 108,00	-			24 108,00
2010	-	-			-					-			5 100,00	-			5 100,00
2011	-	-			-					-			5 738,00	4 600,00			10 338,00
2012	-	-			-					-			6 376,00	2 000,00			8 376,00
2013	-	-			-	-	-			-			-	-			-
2014	-	-			-	-	-	-		-			-	-			-
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 600,00	-		10 600,00
2016	-	-	-	-	-	-	-	-		-			-	-			-
2017	-	-	-	-	-	-	-	-		-		-	-	-			-
2018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total général	-	3 617,00	-	64 064,00	-	-	-	-	-	-	-	-	513 922,00	1 178 957,00	-	-	1 760 560,00



Fondation
pour l'agriculture
et la ruralité
dans le monde
RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE



Fondation
pour l'agriculture
et la ruralité
dans le monde

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE

12 place des Etats Unis
Bâtiment Aqua A
92120 Montrouge

contact@fondation-farm.org

<https://fondation-farm.org/>

A usage interne. Ne pas diffuser.