

# Régénération naturelle assistée au Niger: l'état des connaissances

Tougiani Abasse, Moussa Massaoudou, Habou Rabiou, Soumana Idrissa & Dan Guimbo Iro



## Remerciements

Les auteurs souhaitent exprimer leur sincère gratitude à Chris Reij pour l'inspiration et le soutien qu'il a apporté à cette étude depuis son lancement jusqu'à son achèvement. Ils remercient également Bob Winterbottom, Gray Tappan, Mike McGahuey et Nick Pasiecznik pour leurs commentaires sur les versions antérieures et la révision du manuscrit final.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme Working Landscape de Tropenbos International, financé par le ministère des Affaires étrangères des Pays-Bas. Les opinions et les points de vue exprimés dans ce rapport relèvent de la seule responsabilité des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les opinions et les points de vue de Tropenbos International ou du Ministère des Affaires Etrangères des Pays-Bas.

**Citation:** Abasse T, Massaoudou M, Rabiou H, Idrissa S, Dan Guimbo I, 2023. Régénération naturelle assistée au Niger: l'état des connaissances. Tropenbos International, Ede, Pays Bas.

**Copyright:** © 2023. Tropenbos International

Le texte peut être reproduit à des fins non commerciales, en citant la source.

**DOI:** 10.55515/GHFR2702

**ISBN:** 978-90-5113-155-0

**Mise en page:** Andy Smith + Denise Bell (info@smithplusbell.com)

**Photo de couverture:** Jeune parc agroforestier dense dominé *Faidherbia albida* juste après une bonne récolte de millet. Photo: Chris Reij

Tougiani Abasse, Directeur de Recherche en Agroforesterie Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), Niamey, Niger

Moussa Massaoudou, Maître de Recherche en Changement Climatique, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

Habou Rabiou, Maître de Conférences en Ecologie Végétale Université de Diffa, Niger

Soumana Idrissa, Maître de Recherche en Aménagement des Parcours, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), Niamey, Niger

Dan Guimbo Iro, Maître de Conférences en Restauration des Terres, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Auteur correspondant: abasse.tougiani@gmail.com



### Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture (CRESA)

Université Abdou Moumouni  
BP 10960 Niamey  
Niger  
+227 20 73 39 42  
cresany@refer.ne  
www.uam.edu.ne



### Tropenbos International

Horaplantsoen 12  
6717LT Ede  
the Netherlands  
tropenbos@tropenbos.org  
www.tropenbos.org



# Régénération naturelle assistée au Niger: l'état des connaissances

Tougiani Abasse, Moussa Massaoudou, Habou Rabiou, Soumana Idrissa & Dan Guimbo Iro

2023



Des chèvres dans un paysage agroforestier dominé par *Faidherbia albida* (Région de Zinder). Même après la récolte ils sont attachés et ne pâturent pas incontrôlé.

# Sommaire

<b>Résumé</b> .....	1
<b>1. Introduction</b> .....	3
1.1 Contexte .....	3
1.2 Qu'est-ce que la régénération naturelle assistée ? .....	4
1.3 L'origine de la RNA .....	5
<b>2. Les défis du reverdissement au Niger</b> .....	7
2.1 Croissance démographique et écosystèmes .....	7
2.2 Augmentation du cheptel .....	7
2.3 Effets de la variabilité climatique .....	9
2.4 Faible gouvernance locale .....	10
2.5 Défis institutionnels .....	11
<b>3. L'échelle et la dynamique de la RNA</b> .....	12
3.1 Evolution du couvert végétal dans le centre-sud du Niger .....	12
3.2 Caractérisation de la structure de la végétation ligneuse .....	16
3.3 Augmentation de la pluviométrie ou changement dans la gestion humaine ? .....	18
<b>4. Impacts socio-économiques</b> .....	20
4.1 Sur les rendements agricoles et la sécurité alimentaire .....	20
4.2 Sur la pauvreté rurale .....	23
4.3 Sur les femmes .....	24
4.4 Sur le développement de la chaîne de valeur .....	27
4.5 Sur l'alimentation animale .....	28
4.6 Coûts et avantages de la RNA .....	28
<b>5. Impacts biophysiques</b> .....	31
5.1 Sur la biodiversité .....	31
5.2 Sur les caractéristiques démographiques des plantes ligneuses .....	32
5.3 Sur la production de litière .....	32
5.4 Sur la fertilité des sols .....	34
<b>6. RNA et adaptation au changement climatique</b> .....	37
6.1 RNA et l'adaptation des espèces ligneuses .....	37
6.2 Adaptation basée sur la régénération naturelle .....	37
6.3 RNA et la résilience des communautés .....	39
6.4 Atténuation des effets du changement climatique .....	41
6.5 RNA et la séquestration du carbone .....	42
6.6 Carbone organique du sol .....	43
<b>7. Les changements de politique forestière favorisent la RNA</b> .....	45
7.1 Dynamique de gouvernance et gestion des arbres .....	45
7.2 Évolution de la politique forestière .....	45
7.3 Interventions visant à développer la RNA .....	48
<b>8. Conclusions et recommandations</b> .....	49
<b>9. Références</b> .....	52



Un paysan dans la Région de Zinder a récolté les feuilles du ficus pour ses neuf moutons. Avant l'émergence de la RNA il n'avait pas du bétail.

## Résumé

Face à la dégradation de l'environnement et à la forte pression foncière, les agriculteurs des zones densément peuplées, et notamment du centre-sud du Niger, ont intensifié leurs systèmes de production agricole. Ils l'ont fait en augmentant le nombre d'arbres et d'arbustes dans leurs champs, créant ainsi de nouveaux parcs agroforestiers dont l'échelle dans les régions de Zinder, Maradi et Tahoua est d'environ 5 millions d'hectares (Cotillon et al., 2021).

Ce reverdissement n'est pas basé sur la plantation d'arbres. Depuis le milieu des années 1980, les agriculteurs protègent et gèrent la régénération naturelle des arbres et des arbustes sur leurs terres cultivées. De nombreuses études montrent que la régénération naturelle gérée par les agriculteurs a permis d'augmenter les rendements des cultures de 31 à 350 kg/ha et d'assurer la sécurité alimentaire des familles, même pendant les années de sécheresse. Mais les rendements céréaliers restent faibles et ne suffiront pas à nourrir une population en croissance rapide.

Les études montrent également que, grâce à la vente de bois de chauffe et de bois de service, la RNA augmente les revenus de toutes les catégories sociales, même les plus vulnérables (hommes, femmes et jeunes). La taille des arbres dans les champs a par ailleurs réduit les distances parcourues par les femmes pour collecter le bois de chauffage. La RNA a également augmenté la disponibilité de fourrage pour les agriculteurs et les agropasteurs, les ménages pratiquant la RNA récoltant 30 à 45 kg de fourrage par jour. Les économistes n'ont pas encore été en mesure d'exprimer les multiples impacts en termes monétaires, mais les études sur les coûts et les avantages de la RNA indiquent toutes qu'il est économiquement rationnel d'investir des ressources dans cette pratique (4.6). Les coûts sont modestes (pas d'équipement et peu de travail) et les bénéfices sont importants. En conséquence, la couverture arborée a été maintenue sans incitations externes (par exemple, nourriture ou argent contre travail), un résultat qui distingue la RNA des projets de plantation d'arbres à grande échelle où la gestion par les agriculteurs s'est terminée lorsque les incitations externes ont pris fin.

Les paysages agroforestiers sont créés à grande échelle grâce aux décisions prises par quelques centaines de milliers d'agriculteurs. Une étude comparant les densités d'arbres dans les régions du centre-sud a révélé que sur 2 % de la superficie, les densités ont légèrement diminué entre 2005 et 2014, mais que sur 23 %, elles ont augmenté de manière significative au cours de la même période (Cotillon et al., 2021). L'augmentation du nombre d'arbres et d'arbustes par hectare a permis d'accroître la production de litière. Cela améliore la structure du sol et permet de stocker de plus grandes quantités d'eau. L'ajout de litière contribue également à améliorer la fertilité du sol. Plusieurs études ont montré que les arbres peuvent améliorer de manière significative la fertilité chimique des sols et créer des conditions propices permettant une plus grande intensification grâce à une utilisation judicieuse des engrais minéraux. Certaines espèces, qui dominent souvent la régénération, comme *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis* et *Combretum glutinosum*, ont un impact positif sur la teneur en éléments chimiques (carbone, azote et phosphore disponible).

Il n'existe pas encore de données suffisantes sur la quantité de carbone séquestrée par la biomasse aérienne des parcs agroforestiers au Niger, mais il s'agit certainement d'au moins 30 millions de tonnes (5 millions d'hectares multipliés par une moyenne de 6 tonnes par hectare). Il existe des données sur les stocks de carbone dans la partie aérienne des arbres pour certaines espèces (tableau 8), mais pas sur la quantité

de carbone dans les systèmes racinaires, qui, dans les zones semi-arides, peut être aussi importante que le stock aérien

La RNA a permis aux communautés villageoises de mieux s'adapter au changement climatique et de renforcer leur résilience. Par exemple, même si les récoltes sont mauvaises, les agriculteurs peuvent couper certains arbres et les vendre au marché comme bois de chauffage ou bois de service, ce qui leur permet d'acheter des céréales. La RNA a également un impact positif sur le rendement des cultures, même les années où les précipitations sont faibles. Une étude a montré qu'en 2011 (année de sécheresse), le département de Kantché (région de Zinder) a produit un excédent céréalier de près de 13 000 tonnes. Ce département se caractérise par une forte densité de population (plus de 100 personnes par hectare), mais aussi par une forte densité d'arbres.

Depuis la fin des années 1980, les agriculteurs ont commencé à percevoir qu'ils avaient un droit sur les arbres de leurs propres exploitations. Cette perception a conduit à une participation accrue des communautés locales à la gestion de leurs ressources naturelles, qui a été renforcée par la politique de décentralisation de l'État. Ainsi, la politique forestière est passée d'une gestion exclusive des arbres par l'État (1960-1980) à un décret présidentiel publié le 30 juillet 2020, qui reconnaît que les arbres plantés ou régénérés appartiennent au producteur. Cela permettra d'encourager les agriculteurs à investir plus volontairement dans les arbres de leurs champs et d'améliorer les perspectives d'avenir des jeunes.

# 1. Introduction

## 1.1 Contexte

Le Niger est le troisième plus grand pays enclavé d'Afrique de l'Ouest avec un taux de croissance démographique annuel de 3,9% (Charbit et Becker, 2022), doublant en moins de 20 ans (CILSS, 2016). L'agriculture est la principale activité économique, employant plus de 80% de la population. Ce secteur représente plus de 23% du PIB (INS, 2019). L'agriculture est essentiellement pluviale, dominée par les céréales (mil, sorgho) et quelques cultures de rente (arachide, niébé).

Les ressources naturelles qui constituent la base de la production agro-sylvo-pastorale subissent une dégradation intense sous l'effet des facteurs climatiques et anthropiques (Rognon, 2007; Bagnian et al. 2014). En effet, cette partie du Sahel a connu une série de sécheresses et de crises alimentaires (Ozer et al., 2010; Zakari et al., 2016; Tahirou et al., 2019) qui sont le résultat d'une combinaison de facteurs dont les plus importants sont les tendances vers un climat plus sec et une forte croissance démographique. La forte pression démographique a éliminé la possibilité de laisser les champs en jachère pour restaurer leur fertilité, et pendant des décennies, la politique de modernisation agricole s'est concentrée sur les variétés améliorées et l'utilisation d'intrants sans reconnaître le rôle fondamental de l'agroforesterie (Mamoudou, 2010; Karimou Barké et al., 2015; Reij et Winterbottom, 2015). La combinaison de ces facteurs a inévitablement conduit à la modification des équilibres écologiques et à la dégradation des terres (Tappan et McGahuey, 2007; Ambouta et al., 2009; Herrmann et Tappan, 2013).

Ces contraintes climatiques et anthropiques ont conduit à une baisse considérable des rendements des cultures en raison de la diminution de la fertilité des sols due à la perte du couvert végétal et de la couche arable. Le vent au début de la saison des pluies enterre les jeunes cultures et limite la germination des graines, d'où la nécessité de réensemencer ou de replanter les champs des agriculteurs, ce qui perturbe le calendrier des cultures (PPILDA, 2005). Sans la protection des arbres, les cultures sont exposées aux effets de l'érosion. Les agriculteurs ont dû réensemencer trois, quatre et parfois cinq fois la même année pour pouvoir produire (Rinaudo, 2007).

La croissance démographique rapide observée au cours des dernières décennies n'a pas suivi le rythme des rendements agricoles au Niger (FAO, 2003). Cette situation a conduit à l'expansion de l'agriculture sur les terres marginales (Hamidou et al., 2014; Badji et al., 2015; Zakari et al., 2016) et à l'augmentation de la pression sur les terres par le surpâturage et la déforestation (Dutordoir, 2006; Bationo et al., 2012; Karimou Barké et al., 2015). En effet, on assiste aujourd'hui à une baisse généralisée de la fertilité des sols (Ambouta et al., 1998), à la disparition des jachères et à la surexploitation des ressources ligneuses (FAO, 2003; Ozer et al., 2010). Ainsi, l'agriculture évolue dans un contexte de faible productivité due à la pauvreté des sols et à un climat très défavorable, notamment l'insuffisance et la mauvaise répartition spatio-temporelle des précipitations (Zakari et al., 2016).

Au Niger, avec le coût élevé des engrais et la disparition progressive des jachères, les agriculteurs ont remis en cause certaines pratiques qui minent le potentiel productif du milieu, comme l'élimination radicale des ligneux avant le début de la saison sèche. Cette pratique est de plus en plus remplacée par la préservation et la régénération encouragée des arbres et arbustes, qui se fait systématiquement dans les champs (Adam et al., 2006; Danguimbo, 2011). Cette pratique de la régénération naturelle assistée (RNA) a été introduite au Niger par le Projet de Développement Intégré de Maradi. À partir de 1984, ce projet

a encouragé les agriculteurs à protéger et à gérer la régénération naturelle des arbres et des arbustes au lieu de défricher leurs champs. Les agriculteurs ont rapidement compris les multiples impacts de cette technique simple et efficace, qui a été adoptée au fil des ans par des centaines de milliers d'agriculteurs. Le processus d'adoption a été largement spontané. L'un des grands avantages de cette technique est qu'elle ne nécessite pas l'achat d'intrants et qu'elle produit des résultats relativement rapidement (Reij et al., 2009; Lawali et al., 2018). Les agriculteurs augmentent la densité des arbres et des arbustes dans leurs champs, en particulier dans les zones à forte densité de population, soutenant l'observation "plus de gens, plus d'arbres".

## 1.2 Qu'est-ce que la régénération naturelle assistée ?

La RNA est une pratique agroforestière qui consiste à protéger et à gérer les repousses naturelles (pousses) produites par les souches d'arbres et d'arbustes dans les champs. Il s'agit d'une méthode de reproduction spontanée des plantes, soit par semences, soit par voie végétative à partir des pousses des souches. Les agriculteurs sélectionnent et protègent délibérément des plantes ligneuses pendant le défrichage et la préparation des champs à des fins diverses.



Figure 1. RNA à haute densité dans le sud de Zinder, dominée par *Faidherbia albida*. Les petits exploitants agricoles déterminent les densités d'arbres sur leurs champs qui leur conviennent. Ils souhaitent souvent des densités élevées de *Faidherbia albida* en raison de son impact positif sur la fertilité des sols et de l'utilisation de ses gousses et de ses feuilles comme fourrage. Photo: Chris Reij

La RNA est basée sur l'entretien et la protection des souches existantes (Rinaudo, 2010; Tougiani, et al., 2009). C'est une innovation appropriée par les agriculteurs qui répond aux prismes de l'agriculture climato-intelligente au Sahel, notamment celui de l'adaptation et de l'atténuation du changement climatique (Weston et al., 2015; Ado et al., 2019). La RNA a permis de reverdir environ 5 millions d'hectares dans le centre-sud du Niger (Reij et al., 2009; Bagnian et al., 2013). Reij et al. (2009) indiquent que les agriculteurs des régions de Maradi et de Zinder ont ajouté environ 200 millions d'arbres

à leurs systèmes de production. Étant donné que de nombreux agriculteurs ont continué à augmenter le nombre d'arbres dans leurs champs et que la RNA a été adoptée en dehors du centre-sud du Niger, il est clair que le nombre d'arbres sur les terres cultivées a augmenté, mais il est difficile de faire une estimation fiable. Ces arbres offrent aux populations locales la possibilité d'exploiter les produits forestiers ligneux (bois de feu, bois de service et bois d'œuvre) et les produits forestiers non ligneux (feuilles, fruits, écorces et produits transformés). Ces produits sont utilisés dans l'alimentation humaine et animale, dans la pharmacopée, mais aussi comme outils agricoles et ustensiles ménagers (Reij et al., 2015; Belem et al., 2017; Lawali et al., 2018). Elle a également contribué à l'amélioration de la production céréalière (Haglund et al., 2011). Reij et al. (2009) estiment que la RNA a augmenté les rendements de 100 kg/ha en moyenne sur une superficie de 5 millions d'hectares (voir également les sections 3 et 4).

Pour rendre la production durable sur des terres exploitées pendant des périodes de plus en plus longues, la protection des arbres dans les champs est une option idéale en raison des services écosystémiques qu'elle fournit (Larwanou et al., 2010; Baggian et al., 2014; Bayala et al., 2014).

La RNA est l'une des pratiques les plus prometteuses pour restaurer la capacité productive des terres dans la région sahélienne, améliorer la sécurité alimentaire et la résilience des populations face aux aléas climatiques. L'objectif global de cette étude est de capitaliser les impacts socio-économiques et biophysiques de la RNA. Depuis 2009 notamment, les chercheurs nigériens ont produit un certain nombre de thèses et autres publications scientifiques sur les impacts de la RNA, qui ne sont pas toujours accessibles et donc peu connus. Le rapport "State and Trends in Adaptation Report 2022" du Global Center on Adaptation note que la RNA est pratiquée par les agriculteurs du Sahel, mais que ses impacts ne sont pas encore confirmés par la recherche. Il est important de combler cette lacune. Ce rapport est un pas dans cette direction.

### 1.3 L'origine de la RNA

Dans les années 1980, les méthodes forestières occidentales conventionnelles ont été appliquées au Sahel. La pratique courante consistait à créer des pépinières pour produire des plants d'espèces d'arbres exotiques qui étaient plantés pour lutter contre la désertification. Au Niger, le reboisement s'est surtout fait avec des espèces exotiques (*Eucalyptus spp.* et *Azadirachta indica*) au détriment des arbres et arbustes locaux considérés comme des broussailles "inutiles". Des semis ont également été plantés dans des champs contenant des souches vivantes d'espèces locales.

Il s'agit là d'un énorme oubli ou d'un malentendu. En effet, ces souches vivantes représentent une vaste "forêt cachée", qui n'attend qu'un peu d'encouragement pour se développer et offrir de multiples avantages à peu de frais, voire gratuitement. Ces souches peuvent produire 10 tiges ou plus chacune. Lors de la préparation traditionnelle des champs, les agriculteurs traitaient ces tiges comme des mauvaises herbes, les coupant et les brûlant avant de planter leurs cultures vivrières. Dans le cadre de ce système de gestion, les tiges dépassaient rarement 1,5 mètre de hauteur avant d'être à nouveau coupées. Le résultat net était un paysage stérile avec peu d'arbres adultes restants. Chaque année, des pousses éparses poussaient, mais elles n'étaient pas autorisées à atteindre leur taille maximale en raison de la pratique courante de la culture sur brûlis. Par conséquent, les fonctionnaires forestiers n'ont pas reconnu que ces arbustes étaient en fait des arbres abattus ayant la capacité de se régénérer. Pour l'observateur occasionnel, la terre semblait se transformer en désert, et les observateurs ont conclu que la plantation d'arbres était nécessaire pour la restaurer.

En 1983, pour la première fois, l'agronome australien Tony Rinaudo a vu ce qui était là depuis toujours : non pas des arbustes insignifiants du désert, mais une "forêt d'arbres tombés", dont les souches repoussaient (Rinaudo, 2010). La découverte de cette forêt cachée a modifié l'approche du reboisement au Niger. La régénération naturelle assistée (RNA) est la régénération systématique de cette "forêt

cachée". Les souches d'arbres souhaitées sont sélectionnées. Pour chaque souche, une décision est prise quant au nombre de tiges qui seront sélectionnées pour être conservées. Les tiges les plus hautes et les plus droites sont sélectionnées et les branches latérales sont enlevées jusqu'à la moitié de la hauteur de la tige. Les tiges restantes sont ensuite coupées.

Un premier projet de promotion de la RNA a démarré en 1983, dans le département de Maradi. Vingt ans plus tard, la RNA était déjà pratiquée sous une forme ou une autre à travers le Niger. La pratique de la RNA peut accélérer la recolonisation des espèces d'intérêt sur le terrain (Larwanou et al. 2006; Tougiani et al., 2009). Cette technique agroforestière consiste à protéger et à gérer les repousses naturelles des terres agricoles. Ces repousses naturelles sont produites par les souches d'arbres et d'arbustes dans les champs, mais aussi par la germination des graines d'arbres et d'arbustes stockées dans la couche arable. La RNA consiste à "laisser une à trois pousses de différents arbres et arbustes poursuivre leur croissance pendant le défrichage (en saison sèche ou au début de la saison des pluies). Les tiges les plus hautes et les plus droites sont sélectionnées et les branches latérales sont enlevées jusqu'à environ la moitié de la hauteur de la tige. Les tiges restantes sont ensuite coupées.

D'autres auteurs parlent de RNA "lorsque les agriculteurs protègent et gèrent activement la repousse dans leurs champs pour (re)créer une végétation ligneuse. Il s'agit généralement d'espèces locales ayant une valeur économique". La RNA consiste donc à "ne pas déraciner, brûler ou couper les arbustes lors de la préparation des champs pour la culture et lors du désherbage ; mais aussi à gérer les repousses des souches des plantes ligneuses protégées" (Bonkano, 2005). Selon les différentes définitions, le terme a évolué, mais l'accent reste mis sur l'augmentation du nombre d'arbres dans les paysages agraires.



Figure 2. Sélection de tiges de *Guiera senegalensis* lors d'une formation aux techniques de la RNA.  
Photo: Chris Reij.

## 2. Les défis du reverdissement au Niger

Le reverdissement et la restauration de la capacité productive des terres au Niger sont confrontés à des défis majeurs: (i) la croissance démographique, (ii) l'augmentation du cheptel, (iii) le changement climatique, (iv) la faible gouvernance locale des ressources naturelles, (v) les interactions entre les défis des écosystèmes, et (vi) les défis institutionnels de la restauration des terres au Niger.

### 2.1 Croissance démographique et écosystèmes

Dans les régions de Maradi et de Zinder, entre 1977 et 2012, la population est passée respectivement de 950 000 à 3 400 000 habitants et de 1 002 000 à 3 540 000 habitants (INS, 2015). Cela montre que la population de ces deux régions a augmenté de 350% en 35 ans. Les projections démographiques de 2017 prévoient un quasi-triplement de la population du Niger d'ici 2045 (INS, 2018).

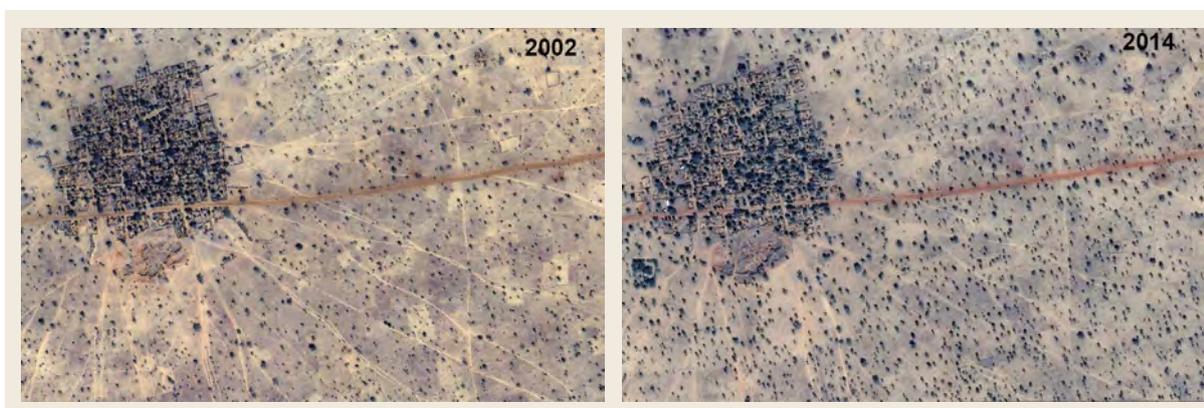
Cette forte augmentation de la population se traduit par des besoins accrus en nourriture et en services sociaux de base (éducation, santé, eau). En outre, l'accès aux ressources naturelles deviendra encore plus difficile et les conflits entre acteurs risquent d'augmenter. L'augmentation des densités de population humaine s'accompagne d'une augmentation des besoins en bois pour l'énergie et les services. Ces pressions auraient pu conduire à une réduction du nombre d'arbres et de la capacité de régénération naturelle. Cependant, au cours des 30 dernières années, on a assisté à une augmentation de la couverture et de la densité des arbres. Nous avons assisté à un processus "plus de gens, plus d'arbres", alors que la perception commune est qu'une forte augmentation de la population se traduit presque automatiquement par une dégradation des ressources naturelles. Ce n'est pas le cas dans le centre-sud du Niger, ni dans d'autres régions semi-arides et subhumides d'Afrique (Pasiiecznik et Reij, 2020).

Comment expliquer ce processus de reverdissement à grande échelle dans le centre-sud du Niger? Il semble que face à la crise de l'agriculture (baisse de la fertilité des sols et des rendements) et de l'environnement (disparition de la végétation naturelle et forte érosion) dans les années 1970 et 1980, les agriculteurs n'ont eu d'autre choix que d'intensifier l'agriculture ou d'abandonner leurs villages. L'augmentation du nombre d'arbres et d'arbustes sur les terres cultivées leur a permis de résoudre plusieurs problèmes à la fois : maintenir et améliorer la fertilité des sols, protéger les cultures du vent et du soleil et faire pousser du bois sur leurs champs.

La croissance démographique se poursuivra dans les années à venir, mais les agriculteurs continueront-ils à augmenter le nombre d'arbres dans leurs champs (densification), et augmenteront-ils le nombre d'espèces (diversification) ? Notre hypothèse est que les agriculteurs continueront à augmenter la densité des arbres dans leurs champs, car cela leur permettra d'intensifier leur système de production par l'intégration de l'agriculture, de la sylviculture et de l'élevage. Il est certain que la pression démographique accélérera l'utilisation compétitive de l'espace, accentuant encore une multi-utilisation des ressources naturelles déjà sous pression par les effets du changement climatique.

### 2.2 Augmentation du cheptel

L'élevage local et les troupeaux transhumants constituent une pression supplémentaire sur les ressources naturelles (eau, pâturages et terres) déjà mises à rude épreuve par la croissance démographique (extension



Figures 3 et 4. Comparaison d'images satellite du village de Mazanya (31 km au sud-est de Matameye, Zinder) prises en 2002 et 2014, avec beaucoup plus d'arbres dans les champs. Source: DigitalGlobe

des champs de culture, surexploitation des terres agricoles et des ressources forestières) et les effets du climat. En effet, le cheptel ne cesse d'augmenter dans toutes les régions du Niger (tableau 1). Un diagnostic a révélé que le bilan fourrager herbacé au niveau régional est encore déficitaire (INS, 2018), même si la dispersion des graines de plantes par les animaux et l'augmentation de l'utilisation de la fumure organique dans les champs sont en progression, favorisant la régénération des plantes. La présence prolongée du bétail dans une zone déjà fragilisée par les activités humaines conduit au surpâturage.

La baisse des précipitations a accentué le déficit de production de fourrage et réduit les points d'eau naturels pour le bétail. Les arbres et arbustes fourragers sont taillés par les éleveurs pour compenser les déficits fourragers. Cela permet aux animaux de traverser les périodes de déficit fourrager sans perte de poids considérable. L'augmentation de la densité des arbres dans le paysage améliore la disponibilité du fourrage. Plusieurs études ont montré l'importance des fourrages ligneux en période de crise pastorale et de déficit fourrager (Bognounou et al., 2009). En saison sèche, par exemple, les peuplements ligneux apportent aux bovins, ovins et caprins les compléments protéiques et vitaminiques indispensables à leur survie. Les éleveurs mettent le feuillage à la disposition de leur bétail en émondant ou en coupant les grosses branches et les cimes, ce qui endommage gravement les arbres. Ainsi, l'augmentation de la densité des arbres permet de compenser les déficits fourragers en période de crise pastorale.

**Tableau 1. Évolution du cheptel au Niger, 2013-2017 (en milliers d'unités de bétail)**

Bétail	2013	2014	2015	2016	2017
Bovins	10,133	11,377	12,059	12,783	13,551
Ovins	10,734	11,108	11,496	11,899	12,316
Caprins	14,310	14,884	15,479	16,098	16,742
Camélins	1,698	1,720	1,743	1,765	1,788
Equins	240	243	246	248	251
Asins	1,697	1,731	1,766	1,801	1,837

Source: INS, 2018



Figure 5. La croissance de l'élevage exerce une pression sur les ressources naturelles. Photo: Chris Reij

### 2.3 Effets de la variabilité climatique

Les précipitations au Niger déterminent quatre zones bioclimatiques principales le long d'un gradient décroissant du sud au nord.

– La zone soudanienne (> 600 mm de précipitations annuelles moyennes) représente un peu moins de 1% du pays. Elle présente une végétation de savane plus ou moins dégradée. C'est la zone de culture pluviale par excellence.

– La zone sahélo-soudanienne (300-600 mm de précipitations annuelles moyennes) couvre environ 22% du pays. La végétation est une steppe arborée avec des formations édaphiques de l'ouest du Niger (brousse tigrée, brousse morcelée). L'agriculture pluviale est très répandue et les producteurs ruraux la combinent avec l'élevage domestique de petits ruminants.

- La zone sahélo-saharienne a une pluviométrie annuelle comprise entre 100 et 300 mm; elle représente environ 12% du territoire et présente une végétation steppique épineuse très clairsemée.
- La zone saharienne représente 65% du territoire national et reçoit à peine 100 mm; l'agriculture n'est possible que dans les oasis, pratiquée intensivement autour du maraîchage et de la culture du palmier dattier.

La variabilité du climat se manifeste par des irrégularités spatiales et temporelles des précipitations. Au cours des dernières décennies, on a assisté à une perturbation des régimes pluviométriques et à une baisse significative des totaux annuels de précipitations (figure 2). Le Sahel a connu la période de déficit pluviométrique la plus importante dans les années 1973-1974 et 1984-1985. Cette diminution des précipitations a eu des conséquences sur les écosystèmes, notamment une réduction du couvert végétal, une baisse de la nappe phréatique et une diminution des rendements agricoles et fourragers. Elle a provoqué des crises humanitaires et des mouvements migratoires. Elle a également généré une abondante littérature scientifique, ainsi que des programmes internationaux de lutte contre la désertification (Veron et al., 2006). Depuis les années 1990, sans retour aux conditions antérieures, les précipitations moyennes annuelles sont devenues plus abondantes (Nicholson, 2005). Dans le même temps, la végétation sahélienne s'est développée, notamment après les années humides de 1994 et 1999, au point que l'on a pu parler d'un "reverdissement" du Sahel, même si celui-ci semble très inégalement réparti dans l'espace, comme le montre l'analyse de l'évolution du NDVI. La question de savoir si ce reverdissement du Sahel s'explique par une augmentation des précipitations depuis les années 1990 est abordée dans d'autres parties de ce rapport.

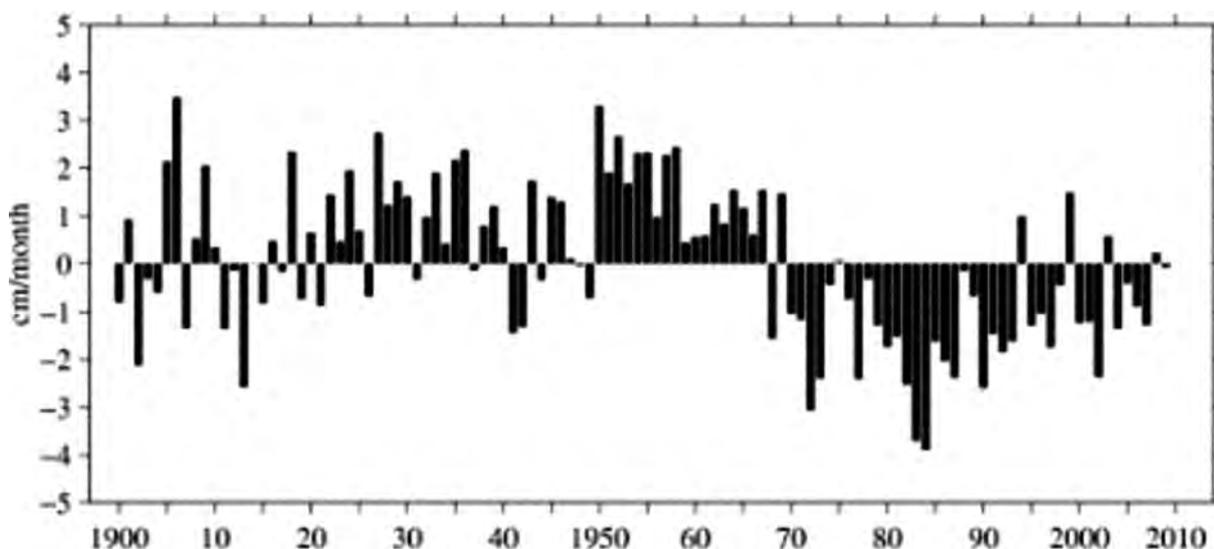


Figure 6. Écarts par rapport à la moyenne des précipitations cumulées de la saison des pluies au Sahel depuis le début du 20e siècle (Emeterio et al., 2013).

### 2.4 Faible gouvernance locale

Depuis le milieu des années 1980, la politique du Niger a été de donner aux communautés la pleine responsabilité et l'autonomie dans la gestion des ressources naturelles. Cependant, le transfert de compétences du niveau central au niveau local n'a pas encore été achevé pour permettre aux municipalités

d'assumer la pleine responsabilité de la gestion des ressources foncières. Il en résulte des conflits d'autorité entre les communes et le pouvoir administratif représenté par les services techniques et les responsables locaux dans la gestion des ressources naturelles. Cela limite l'implication des communes dans les actions de restauration et de gestion de l'espace. Les cadres de concertation tels que les commissions foncières (COFO) mis en place au niveau local ne peuvent fonctionner sans l'appui de partenaires extérieurs, ce qui limite leur fonctionnalité et la portée de leurs actions sur le terrain. Ces faiblesses et contraintes constituent des obstacles à la bonne mise en œuvre des actions de restauration et de gestion des ressources naturelles.

### 2.5 Défis institutionnels

Le processus de reverdissement a commencé au milieu des années 1980, avant l'augmentation des précipitations, dans un contexte économique et politique très difficile. Cependant, au fil des années, le Niger a développé un environnement politique favorable avec des structures décentralisées qui devraient assurer la mise en œuvre d'initiatives visant à restaurer la capacité de production des terres. Cependant, il existe des défis à relever, notamment (i) la faible prise en compte de l'expérience et du savoir-faire local, (ii) l'insuffisance de coordination entre les acteurs impliqués dans la gestion durable des ressources naturelles, (iii) la faible connaissance des instruments juridiques en vigueur dans le pays et de leur application, et (iv) le manque d'entretien et de propriété des terres restaurées par les bénéficiaires, ce qui pose un problème de pérennité.

Le problème de la durabilité ne se pose pas pour deux techniques simples. Les fosses de plantation ou "tassa" qui sont utilisées pour restaurer les terres dénudées avec une croûte dure. Cette technique a été introduite dans le département d'Illéla (Tahoua) à la fin des années 1980 et a été adoptée souvent spontanément par des agriculteurs individuels, ce qui a permis de restaurer des dizaines de milliers d'hectares dans la région de Tahoua et ailleurs (Hassane et Reij, 2021). La RNA est la deuxième technique que les agriculteurs se sont appropriée depuis les années 1980, et sa diffusion a permis une transformation du paysage à l'échelle de millions d'hectares, ce qui est unique en Afrique. Les sections suivantes passent en revue les multiples impacts du reverdissement à l'échelle des systèmes de production agricole. Cette revue est basée sur des publications scientifiques (thèses, masters, articles dans des revues scientifiques, rapports publiés par des chercheurs dans le cadre de leur appui à des projets de développement) et sur l'analyse de séries temporelles d'images satellitaires, qui ont permis de suivre l'évolution des densités d'arbres sur de longues périodes.

## 3. L'échelle et la dynamique de la RNA

Dans cette section, nous présentons l'échelle de la RNA, qui a été déterminée par des analyses d'images satellitaires à haute résolution au cours de la période 2004-2009 et à nouveau en 2017. Les résultats des analyses ont été accompagnés de plusieurs visites sur le terrain afin de les vérifier. Une analyse chronologique des images satellite a permis de répondre à la question de savoir si les agriculteurs ont continué à maintenir les densités d'arbres observées au début des années 2000. La conclusion est claire : les agriculteurs ont continué à maintenir les densités d'arbres et, dans de nombreux cas, les ont augmentées de manière significative. Il ne fait aucun doute que l'adoption massive de la RNA par des centaines de milliers d'agriculteurs individuels dans la région du centre-sud a entraîné une transformation du paysage.

### 3.1 Evolution du couvert végétal dans le centre-sud du Niger

Au Niger, des études récentes sur la RNA montrent des résultats surprenants en termes de reverdissement (Rinaudo, 2007; Tougiani et al., 2009; Cotillon et al. 2021). Dans plusieurs régions densément peuplées du pays, les agriculteurs protègent et gèrent la régénération naturelle des arbres et arbustes sur leurs exploitations. Ce processus, initié depuis le milieu des années 1980 au Niger, a permis la reconstitution de la végétation sur environ 5 millions d'hectares de terres agricoles, entraînant une transformation de l'environnement.

#### Un processus de densification du parc agroforestier dans le centre-sud du Niger

Les études présentent souvent les densités d'arbres dans quelques villages au cours d'une année donnée, mais quelle est l'évolution du nombre d'arbres dans les villages sur une période plus longue? Quelques études ont été réalisées à partir de l'analyse de séries temporelles d'images satellite à haute résolution.

Les petits points noirs sur ces photos sont des arbres. Il est clair que le nombre d'arbres en 1975 a diminué, ce qui n'est pas surprenant, car la période de 1950 à 1968 a été caractérisée par de bonnes précipitations. Les années 1970 ont été marquées par une forte réduction des précipitations et une dégradation rapide de la végétation. L'image de 2005 montre un nombre beaucoup plus élevé d'arbres. À en juger par la taille des villages, il est évident que la population a fortement augmenté. Des centaines d'images de la région confirment cette tendance.

En 2008, des scientifiques du Centre EROS de l'U.S. Geological Survey ont mis au point une technique pratique pour cartographier la densité des arbres au Sahel à l'aide d'images satellite à haute résolution (Reij et al., 2009; Cotillon et Mathis, 2016). La figure 8 illustre différentes densités d'arbres, qui varient de paysages ouverts avec des arbres isolés à des champs avec une couverture végétale dense (15% à 25%).

La figure 9 montre que 66,6 % des terres cultivées dans les régions de Maradi et de Zinder sont arborées (4,2 millions d'hectares), dont 32 % dans des paysages ouverts avec des arbres isolés, 23,3 % avec un faible couvert végétal, 11% avec un couvert moyen et 0,3 % avec un couvert élevé. En moyenne, les densités sont les plus élevées dans le sud de la région de Zinder.

Il est important de noter ici qu'un champ avec 40 ou même 100 jeunes arbres présente une faible couverture végétale, mais si les agriculteurs continuent à les protéger et à les gérer, ils développeront une

couverture de densité moyenne. Les champs avec de nombreux jeunes arbres n'ont pas l'air impressionnant, mais ce sont les parcs agroforestiers de l'avenir.

Pour étudier la dynamique de la RNA dans le centre-sud du Niger, l'USGS a utilisé la même méthodologie pour estimer les densités d'arbres qu'en 2005 (Figure 10). Sur 73,3% des terres cultivées, il n'y a pas de changement dans les densités entre 2005 et 2014. Sur environ 23,1 %, on observe des augmentations significatives des densités d'arbres, en particulier dans les départements de Magaria, Matameye et Mirriah, dans le sud de Zinder. Moins de 2 % des terres cultivées présentent une diminution insignifiante des densités d'arbres (Cotillon et al., 2021).

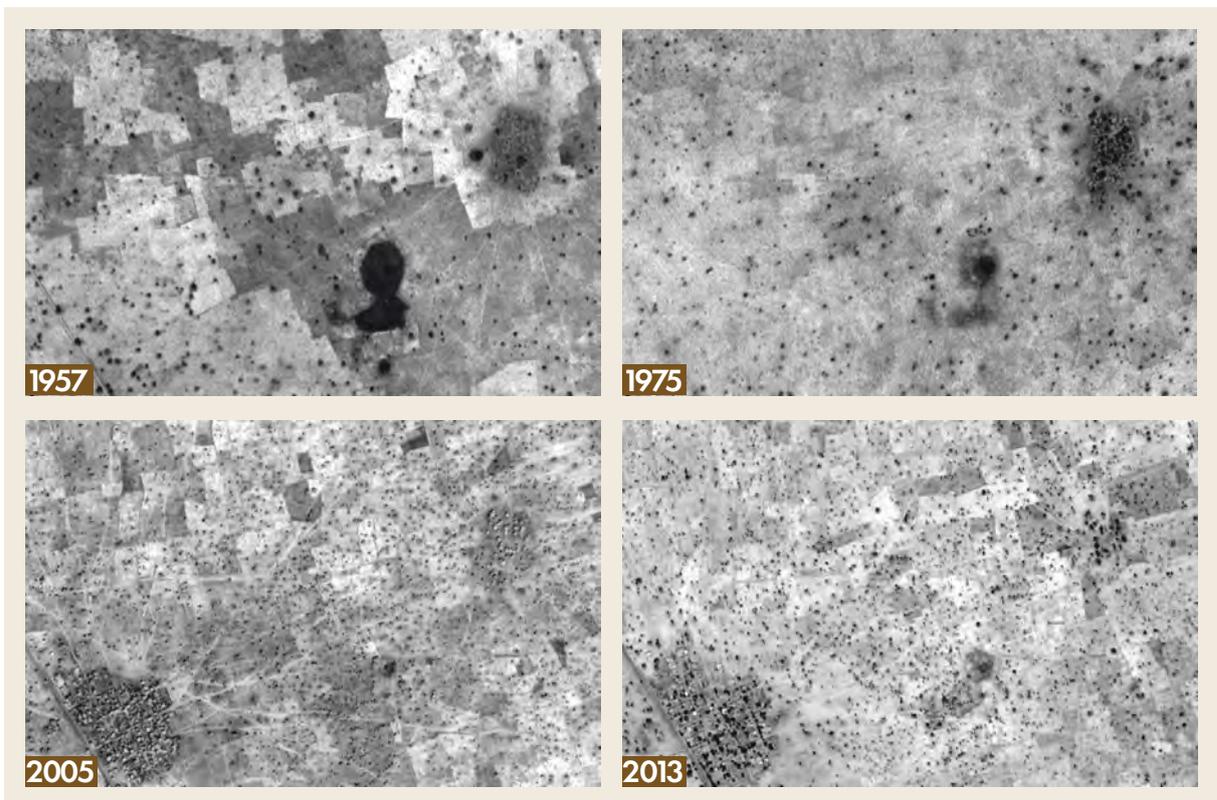


Figure 7. Le même village du sud de Zinder en 1957, 1975 et 2005 respectivement. Source: Reij et al. 2009. Image 2013 credit Gray Tappan.



Figure 8. Images satellite à haute résolution montrant différentes densités d'arbres dans des parcelles de 10 hectares. Source: Cotillon et al., 2021

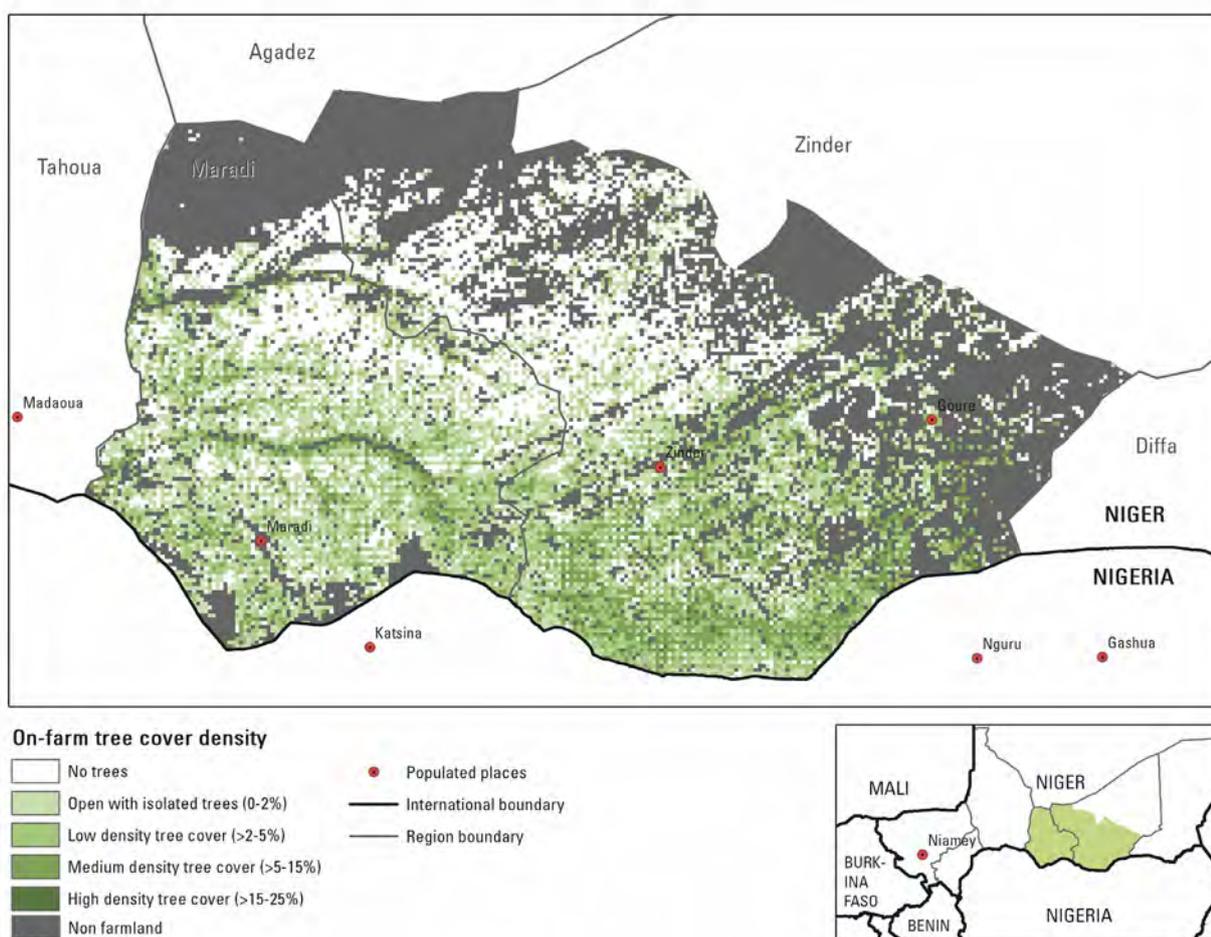


Figure 9. Couverture arborée sur les terres cultivées dans le centre-sud du Niger à une résolution de 2 km. Source : carte produite par l'US Geological Survey; publiée dans Cotillon et al, 2021.

Les images à haute résolution des figures 11 et 12 (et des figures 3 et 4) montrent des exemples de l'augmentation des densités d'arbres dans le sud de Zinder entre 2002 et 2014. Les images sont prises pendant la saison sèche et montrent des densités assez élevées également à proximité du village. Bien que la population ait augmenté dans les deux cas, le nombre d'arbres a également augmenté au cours de la même période (Cotillon et al., 2021). Cela illustre l'affirmation "plus de gens, plus d'arbres".

La plupart des nouveaux parcs agroforestiers construits par les agriculteurs restent stables, et sur près d'un quart de la superficie (environ 1 million d'hectares), les agriculteurs ont continué à augmenter la densité des parcs agroforestiers. Les quelques cas de diminution semblent être principalement dus à l'absence de comités de gestion ou à des conflits au niveau des villages.

Dans l'ensemble, l'expansion de la pratique de la RNA est le résultat de la prise de conscience et de la volonté des gens de protéger et de gérer les espèces ligneuses pour les bénéfices de la pratique et pour leur bien-être (Zounon, 2021). La transformation à grande échelle du paysage dans le centre-sud du Niger est en grande partie le résultat de l'adoption spontanée de la RNA par les agriculteurs qui ont vu ses multiples impacts. Cependant, il existe des interventions d'organisations non gouvernementales

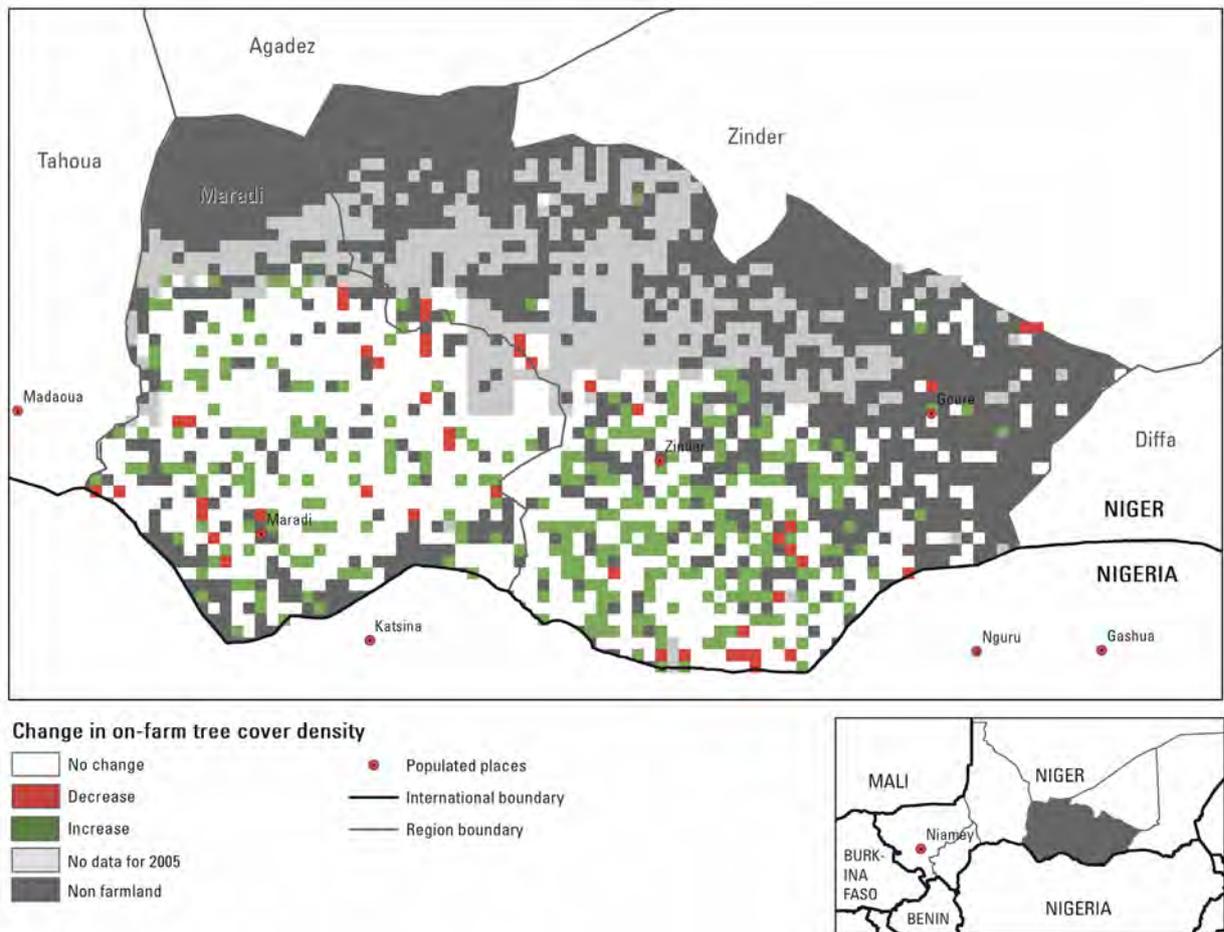
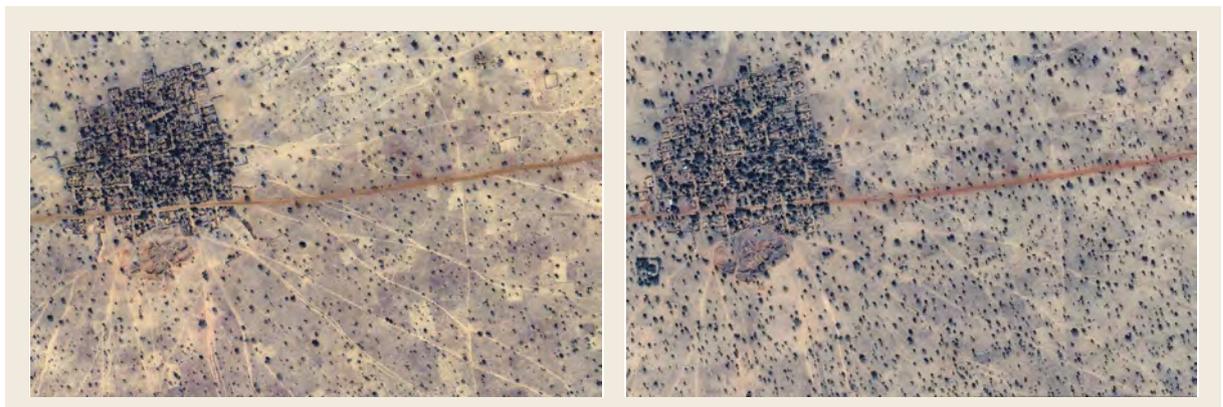


Figure 10. Évolution de la densité des arbres sur les terres cultivées entre 2005 et 2014 dans les régions du sud de Maradi et de Zinder à l'aide d'une grille d'échantillonnage de 2 km et d'images satellitaires à haute résolution. Carte produite par l'U.S. Geological Survey, publiée dans Cotillon et al., 2021.



Figures 11 et 12. Comparaison d'images satellitaires sur une période de 12 ans, qui montrent le cas typique d'une augmentation de la densité des arbres dans des zones où elle était faible. Notez également la croissance du village et l'étroit corridor pour le bétail dans les parties gauche et inférieure des deux images. Ce village est situé à 23 km au sud de Matameye. Dates des images : à gauche - 7 mars 2002 ; et à droite - 13 janvier 2014. Source : DigitalGlobe.

(ONG) et des projets soutenus par des services environnementaux, qui ont promu la RNA et ainsi soutenu le processus de sa diffusion (Baggnian et al., 2013).

L'adoption de la RNA est liée au niveau d'éducation des chefs de ménage. Marou et al. (2002) avaient déjà indiqué que l'éducation des ménages est un facteur déterminant dans l'adoption de cette pratique. L'adoption progressive de cette technique par les agriculteurs a conduit à un rétablissement spectaculaire de la végétation dans la région et ce processus se poursuit (Reij et Winterbottom, 2015).

Examinons maintenant la structure des nouveaux parcs agroforestiers. Les résultats de l'étude montrent des variations dans la composition de la végétation ligneuse.

### 3.2 Caractérisation de la structure de la végétation ligneuse

La composition et la structure de la végétation ligneuse varient considérablement d'une localité à l'autre en fonction des facteurs environnementaux et des perturbations anthropiques (Ouédraogo, 2006). Zounon (2021) a révélé, suite à des recherches dans la région de Maradi, 21 espèces regroupées en 12 familles dans la zone sahéenne centrale, 35 espèces réparties en 17 familles dans la zone sahélo-soudanienne et enfin 24 espèces réparties en 14 familles dans la zone nord-soudanienne. Les familles les plus dominantes sont les *Capparaceae* et les *Combretaceae* dans tous les sites. Baggnian et al. (2014) ont trouvé une flore juvénile contenant 38 espèces ligneuses appartenant à 22 familles sur les sites de Dan Saga (Maradi), Elgueza, Daré, Zedrawa et Ara Sofoua (Zinder).

*Guiera senegalensis* et *Combretum glutinosum* ont une capacité de drageonnage relativement bonne et ce mode de reproduction asexuée peut expliquer la structure démographique des populations juvéniles (Baggnian et al., 2014). Chaque espèce végétale est répartie en fonction de sa propre tolérance aux multitudes de facteurs qui composent son environnement (Tremblay et al., 2002). La sélection des espèces par les agriculteurs est guidée par leur capacité de régénération et leur utilité en termes d'usages et de fourniture de services (Akpo et al., 2003). Ouédraogo (2006) précise que dans un environnement modifié par l'homme, caractérisé par un système d'utilisation extensive des terres, l'avenir de certaines espèces dépend des types d'entretien ou de protection. Baggnian et al (2014) ont montré que dans la région de Zinder, *Faidherbia albida* est la seule espèce ayant une assez bonne capacité de régénération. Cette espèce est protégée et épargnée de toute forme d'exploitation anarchique car elle présente certaines qualités aux yeux de la population. Les rôles de certaines espèces dans la restauration de l'équilibre écologique et de la vie sociale et économique leur confèrent un privilège de préservation délibérée (Abdoulaye et Ibro, 2006).

Le potentiel de régénération des plantes ligneuses repose principalement sur le taux de survie des plantules pendant leur phase de développement. La structure démographique des juvéniles révèle trois (3) phases principales (Ouédraogo et al., 2009). Dans la première phase, il y a un établissement et un bon développement des juvéniles qui se fait dans la classe [0-0,5 m]. La deuxième phase, la plus critique, est caractérisée par un très faible taux de survie des populations qui se produit lors de la transition de la strate [0-0,5 m] à la strate [0,5-1 m]. La troisième phase de la dynamique est caractérisée par la stabilisation du taux de survie entre la strate [0,5-1 m] et les strates supérieures. Les processus de régénération des arbres peuvent être influencés par des facteurs tels que le mode de dispersion, la viabilité, la dormance et la prédation des graines, le stress hydrique, la structure du sol, la température, les attaques d'insectes et le pâturage qui peuvent retarder la transition du stade juvénile au stade arbustif (Bationo et al., 2001).

La densité moyenne des arbres diffère d'un village à l'autre. En effet, des densités assez faibles sont observées dans le village de Kirou-Haoussa (40 arbres/ha), à Zedrawa (32 arbres/ha) et à Daré (57 arbres/ha). Ces densités moyennes sont inférieures à celles obtenues par ROSELT dans le département

d'Aguié (80 plants/ha). Les champs des agriculteurs très vulnérables (29 pieds/ha) et des moyennement vulnérables (42 pieds/ha) ont moins d'arbres que ceux des moins vulnérables (59 pieds/ha) et des extrêmement vulnérables (50 pieds/ha). Il est intéressant de noter que les agriculteurs extrêmement vulnérables ont des densités relativement élevées.

La densité des arbres varie également en fonction de la distance du champ par rapport au village. Ainsi, les champs de case (plus proches du village) sont caractérisés par la présence de très vieux arbres avec une faible densité, alors que dans les champs plus éloignés (jusqu'à 1000 m du village), il y a une forte densité de jeunes arbres. Une étude réalisée à Magaria dans deux (2) zones villageoises d'Ara Sofoua et de Ganaoua, recense les espèces ligneuses et montre cette diversité biologique (Adamou, 2009). En effet, 68 espèces ligneuses ont été identifiées dans la zone d'Ara Sofoua et 40 espèces ligneuses dans la zone de Gaounawa (tableau 2).

Ces différentes espèces sont réparties en nombre croissant au fur et à mesure que l'on s'éloigne des maisons (des champs de case aux champs éloignés). Dans l'Ara Sofoua, le nombre d'arbres inventoriés varie de 206 arbres/ha (15 espèces) dans les champs de case à 445 arbres/ha (27 espèces) dans les champs de moyenne distance et 685 arbres/ha (34 espèces) dans les champs de distance. Les espèces les plus fréquentes dans le terroir sont: *Faidherbia albida*, (33%) *Piliostigma reticulatum*, (24%) *Hyphaene thebaïca* et secondairement *Annona senegalensis*, *Phoenix dactylifera*, *Prosopis africana* et *Guiera senegalensis*. Dans la zone de Gaounawa, il y a 373 plantes/ha (16 espèces) dans les champs de case, 266 plantes/ha (12 espèces) dans les champs de moyenne distance et 428 plantes/ha (39 espèces) dans les champs éloignés. Les espèces prédominantes sont: *Faidherbia albida*, *Annona senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis* et *Hyphaene thebaïca*. La densité de *Faidherbia albida* dans cette zone est de 136 plantes/ha. Les principales espèces ligneuses les plus utilisées par les agriculteurs sont également celles qui présentent une bonne régénération naturelle.

**Tableau 2. Densité moyenne des ligneux et espèces dominantes selon les villages dans trois zones**

Villages	Densité moyenne des plantes ligneuses (tiges/ha)				Espèces dominantes, par ordre décroissant de dominance
	1st halo	2nd halo	3rd halo	Densité totale	
Dan Saga	50	68	103	74	<i>Combretum glutinosum</i> , <i>Piliostigma reticulatum</i> , <i>Guiera senegalensis</i> , <i>Faidherbia albida</i>
Dogarawa	55	78	113	82	<i>Combretum glutinosum</i> , <i>Piliostigma reticulatum</i> , <i>Guiera senegalensis</i> , <i>Faidherbia albida</i>
Elguéza	33	72	73	60	<i>Hyphaene thebaïca</i> , <i>Prosopis africana</i> , <i>Piliostigma reticulatum</i> , <i>Faidherbia albida</i>
Yadagamo	42	91	99	78	<i>Prosopis africana</i> , <i>Piliostigma reticulatum</i> , <i>Faidherbia albida</i>
Gaounawa	233	222	458	304	<i>Faidherbia albida</i> , <i>Annona senegalensis</i> , <i>Piliostigma reticulatum</i>
Ara Sofoua	206	445	428	360	<i>Faidherbia albida</i> , <i>Piliostigma reticulatum</i> , <i>Hyphaene thebaïca</i>

Source: Adamou, 2009

Le tableau ci-dessus suscite deux observations. Tout d'abord, il est intéressant de constater que la densité moyenne des arbres à Dan Saga, considéré comme le village phare de la RNA, était plus faible en 2009 que la densité moyenne dans les cinq autres villages du tableau. Deuxièmement, il est remarquable que la densité des arbres augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne du village, c'est-à-dire dans les champs éloignés. Il est remarquable que les agriculteurs investissent dans l'intensification de l'agriculture dans les champs les plus éloignés. Les chercheurs de l'ORSTOM (aujourd'hui IRD) ont toujours constaté que les agriculteurs intensifiaient surtout les champs proches de leur domicile et que l'agriculture devenait plus extensive lorsqu'on s'éloignait du village. Dan Saga avait une densité moyenne de 74 arbres/hectare en 2009, mais Rabiou et al. (2020) rapportent une densité moyenne de 153 arbres/hectare dans ce village seulement 10 ans plus tard. Le phénomène de protection et de gestion de la régénération naturelle est plus ancien dans les villages de la région de Zinder, où la législation coutumière à Damagaram interdisait l'abattage d'un arbre *Faidherbia albida* sous peine de décapitation.

L'analyse des images satellitaires combinée aux nombreuses visites de terrain ne laisse aucun doute sur le fait que les agriculteurs du centre-sud du Niger ont investi dans la RNA et que leurs décisions individuelles ont produit une transformation du paysage. Quelle était leur motivation? Dans les années 1970 et 1980, les agriculteurs se sont retrouvés au pied du mur à cause d'années de sécheresse, de rendements très faibles, de sols appauvris et de la disparition de la végétation naturelle. Cette situation a également rendu la vie difficile aux femmes qui devaient marcher 2 à 3 heures par jour pour ramasser du bois de chauffage. Les agriculteurs devaient agir ou quitter le village. L'augmentation du nombre d'arbres dans leurs champs a permis de résoudre plusieurs problèmes: l'intensification de l'agriculture sans achat d'intrants, le maintien et l'augmentation de la fertilité des sols, l'adaptation au changement climatique et l'augmentation de la disponibilité du bois de chauffage.

### 3.3 Augmentation des précipitations ou changement dans la gestion humaine?

Le reverdissement est-il lié à un retour des pluies depuis les années 1990 ou existe-t-il d'autres explications? Il est probable qu'une augmentation des précipitations facilite un processus de reverdissement, mais ce processus a commencé dans le centre-sud du Niger au milieu des années 1980, avant le retour des pluies. Les figures 13 et 14 font partie d'un transect de 57 km réalisé au milieu des années 2000, commençant à 19 km au nord de la frontière entre le Niger et le Nigeria, dans le sud de



Figure 13 (à gauche). Village du sud de Zinder au milieu des années 2000, à 8,5 km au nord de la frontière avec le Nigeria. Figure 14 (droite). Une zone presque dépourvue d'arbres à 4 km au sud de la frontière entre le Niger et le Nigeria au milieu des années 2000. Images courtoisie: Gray Tappan

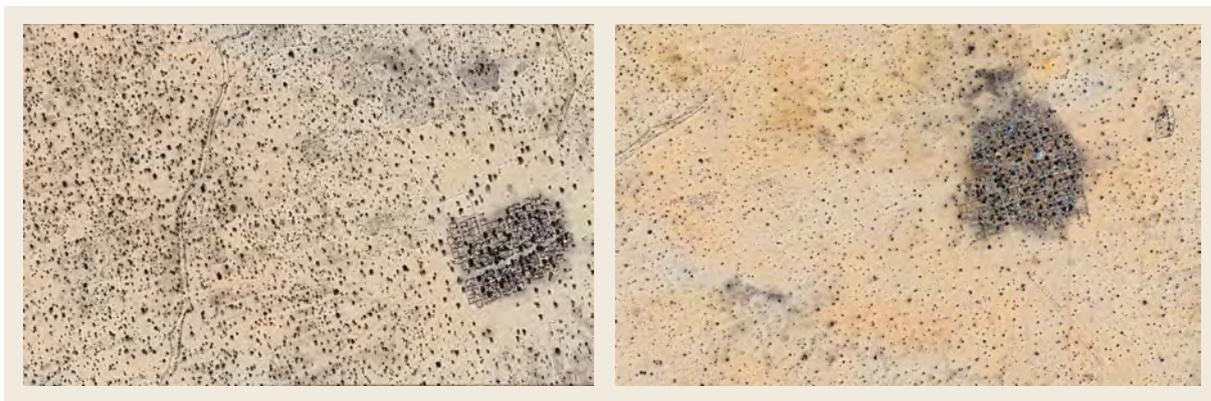


Figure 15 (gauche). Un village du sud de Zinder en janvier 2022, à 1,5 km au nord de la frontière avec le Nigeria. Figure 16 (droite). Un village au Nigeria en janvier 2022, à 1 km au sud de la frontière entre le Niger et le Nigeria. Images courtoisie: Gray Tappan

Zinder, et se terminant à 37 km au sud de la frontière. Les figures 15 et 16 montrent deux villages de part et d'autre de la frontière entre le Niger et le Nigeria en janvier 2022. Ces 4 photos montrent qu'il existe de fortes différences dans les densités d'arbres de part et d'autre de la frontière.

Si les précipitations sont un facteur déterminant dans le reverdissement, le nord du Nigeria devrait avoir à peu près la même densité d'arbres que le sud du Niger. Les Hausa vivent de part et d'autre de la frontière, avec la même densité de population et les mêmes types de sol. Au fur et à mesure que l'on progresse vers le sud de la frontière, les précipitations augmentent légèrement. La conclusion n'est pas que la pluviométrie ne joue pas un rôle dans le processus de reverdissement, mais que la gestion humaine des arbres est un facteur plus déterminant. Comment expliquer les faibles densités d'arbres dans le nord du Nigeria? Il n'y a pas encore eu d'études pour l'expliquer, mais notre hypothèse est que les agriculteurs de cette région ne se sentent pas propriétaires des arbres de leurs champs, ce qui est une condition pour qu'ils investissent dans les arbres.

## 4. Impacts socio-économiques

La pratique de la RNA s'est rapidement développée, en particulier dans les zones densément peuplées des régions de Maradi et de Zinder. Dans les années 1980, les populations de ces zones étaient confrontées à une crise alimentaire causée par la baisse de la fertilité des sols et à une crise énergétique, car les formations naturelles avaient presque disparu et les femmes devaient marcher 2 à 3 heures par jour pour collecter du combustible pour leur cuisine. L'agriculture devait être intensifiée et la solution consistait à augmenter le nombre d'arbres dans les champs. Pour eux, la RNA était une solution pratique et bon marché, qui ne nécessitait pas l'achat d'intrants. Dans cette section, nous examinons certains des impacts socio-économiques de la RNA, notamment son impact sur les rendements agricoles et la sécurité alimentaire, la pauvreté rurale, les femmes, la production de bois, le développement de la chaîne de valeur et son impact sur la pauvreté rurale. La dernière partie de cette section traite des coûts et des avantages de la RNA.

### 4.1 Sur les rendements agricoles et la sécurité alimentaire

Si les rendements augmentent, il y aura une amélioration de la sécurité alimentaire et une diminution de la pauvreté rurale. Reij et al. (2009) ont estimé que la RNA a augmenté les rendements céréaliers de 100 kg/ha en moyenne. Pour une superficie de 5 millions d'hectares de RNA, cela signifierait une production supplémentaire de 500 000 tonnes de céréales, ce qui permettrait de nourrir 2,5 millions de personnes. L'estimation d'une augmentation de 100 kg/ha en moyenne était-elle réaliste? Les données de recherche indiquent que cette estimation est plutôt basse. Les augmentations de rendement varient de 120 à 200 kg/ha pour les RNA de plus de 6 ans, mais dépendent des espèces, de leur âge et de la densité des arbres à l'hectare. Malgré l'impact positif de la RNA sur les rendements agricoles, il est clair que les rendements agricoles au Niger avec la RNA et surtout sans la RNA sont trop faibles pour assurer la sécurité alimentaire d'une population en croissance rapide.

**L'impact de la RNA sur les rendements agricoles dépendra principalement de l'impact des arbres sur la fertilité des sols.** Les recherches menées dans différentes localités sur l'utilisation des espèces ligneuses dans les champs montrent que *Faidherbia albida* et *Hyphaene thebaica* (Moussa, 1996; Dan Lamso et al. 2015), *Borassus aethiopum* (Kadadé, 1999) et *Acacia senegal* (Abdou et al., 2013) répondent aux préoccupations des agriculteurs pour améliorer la fertilité des sols et la production agricole. Pour mieux comprendre les interactions entre les arbustes et les sols, Dan Lamso et al. (2015) ont mené des recherches sur l'effet des touffes de *Guiera senegalensis* sur la fertilité des sols dans les terroirs villageois de Maradi. Les résultats mettent en évidence une amélioration significative des paramètres physico-chimiques des sols situés à proximité des touffes de *Guiera senegalensis*.

**Le maintien et l'augmentation des espèces arborées dans les champs permettent de contrecarrer la baisse de la fertilité des sols.** Selon Giffard (1964), un peuplement de *Faidherbia albida* d'une densité de 50 arbres/ha produirait 75 kg d'azote, 12 kg de phosphore, 13 kg de potassium, 20 kg de soufre, 25 kg de magnésium et 120 kg de calcium par an. En effet, des études menées dans la région de Dosso confirment que la masse foliaire annuelle au sol de *Faidherbia albida* de 40 à 50 arbres par hectare produit 100 kg d'azote, 18 kg de calcium, 20 kg de manganèse et 2 kg de potassium (Yamba, 1993). Ceci confère à *Faidherbia albida* un pouvoir fertilisant et une grande capacité à fixer l'azote. 40% à 100% des agriculteurs interrogés ont rapporté une amélioration quantitative et qualitative de la production

agricole grâce à la fertilité des sols par la RNA (Larwanou et al., 2006). Yamba et Sambo (2012) ont constaté que les agriculteurs augmentent le nombre d'arbres principalement pour maintenir et améliorer la fertilité de leurs sols.

**L'augmentation des rendements agricoles dépendra bien sûr des espèces d'arbres, de leur densité et de leur âge.** Boubé (2009) a constaté une augmentation des rendements de mil dans la région de Maradi de:

- 32 à 165 kg/ha pour les RNA de moins de 3 ans.
- 59 à 221 kg/ha pour les RNA de 3 à 6 ans.
- 120 à 209 kg/ha pour les RNA de plus de 6 ans.

Cette augmentation substantielle des rendements en grains de mil s'explique par l'apport de matière organique des arbres par la décomposition de la litière, et par les bénéfices de l'association des ligneux aux cultures, créant un microclimat favorable au développement des cultures. D'autres recherches (Adam et al., 2006) mettent également en évidence une augmentation des rendements en grains de mil de 30 à 220 kg/ha selon l'âge de la RNA. C'est surtout sous un parc à *Faidherbia albida* que les rendements de mil atteignent des valeurs de 690 kg/ha, par rapport aux parcelles témoins qui n'enregistrent que des rendements moyens de 350 kg/ha. Il faut noter ici que le *Faidherbia albida* domine la RNA dans le sud de Zinder sur des centaines de milliers d'hectares. Le *Faidherbia albida* n'a pas de feuilles en saison des pluies, ce qui favorise l'agriculture. En saison sèche, l'arbre est vert, ce qui crée des aires de repos appropriées pour les animaux qui cherchent à se protéger de la chaleur, et les feuilles qui tombent contribuent à fertiliser le sol.



Figure 17. *Faidherbia albida* fixe l'azote de l'air sur ses racines, ce qui améliore la fertilité du sol et augmente le rendement des cultures. Photo: Chris Reij

La présence d'arbustes dans les parcelles augmente l'humidité du sol autour des souches, de sorte que les cultures associées peuvent mieux résister au stress hydrique au cours de leurs différents stades de développement et achever leur cycle de maturité. Des études ont montré qu'un déficit hydrique au cours du cycle, en particulier pendant la période de montaison, affecte le nombre d'épis et la fertilité des épis (De Rouw, 2000; Ali Dib et al., 1992). Cependant, il a été établi par Dick et al. (2009) que les arbustes tels que *Guiera senegalensis* et *Piliostigma reticulatum* ont un effet positif sur la disponibilité de l'eau (à travers le redistribution hydraulique) pour les cultures et pour la conservation de l'eau, une matière précieuse dans cet environnement semi-aride.

Loupe (1991) signale des tendances plus élevées de l'évaporation du sol dans les parcelles nues par rapport aux parcelles RNA. Ce résultat est conforme à la perception des agriculteurs selon laquelle la RNA a des effets agroécologiques positifs à la fois sur la protection et la gestion de la fertilité du sol et sur le comportement des cultures. Cela s'explique par le fait que la biomasse végétale laissée sur et dans le sol au moment du défrichement a un effet sur le rendement du mil. Une étude de Yelemou et al. (2007) sur la perception de *Piliostigma reticulatum* par les agriculteurs a révélé que 98% des personnes interrogées ont noté une croissance végétative meilleure et plus rapide lorsque la culture était paillée avec des feuilles de *Piliostigma reticulatum*.

Dans les peuplements plurispécifiques, certaines observations de terrain montrent que *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum* et *Piliostigma reticulatum* ont un effet positif sur les cultures de mil. Ainsi, les rendements sont meilleurs sur les champs bénéficiant de la présence des ligneux, ce qui permet des rendements de mil variant de 100 à 370 kg/ha, alors que ceux des champs témoins sans arbres sont de l'ordre de 50 à 270 kg/ha.

L'amélioration de la fertilité et des propriétés physiques du sol liée à la présence d'arbres a pour conséquence l'augmentation des rendements des cultures. La présence et la gestion des arbustes dans les champs permettent une amélioration notable du rendement de la céréale associée (Kizito et al., 2006; Abasse et al., 2013; Dossa et al., 2013; Binam et al., 2015).

L'augmentation de la production accroît la résilience des agriculteurs en matière de stratégies d'adaptation. Andres et al. (2015) ont mis en évidence l'impact de la RNA sur la résilience des ménages dans un terroir villageois (Dargué), commune rurale de Chadakori dans le département de Guidan Roumdji. L'évaluation des rendements agricoles a été basée sur des carrés de rendement de 100 m<sup>2</sup> dans des parcelles RNA et des parcelles de contrôle, appuyée par des enquêtes qualitatives sur la production agricole familiale. L'augmentation des rendements agricoles a été de 200 kg/ha.

La combinaison de la régénération naturelle assistée, de la fumure organique et de l'engrais minéral NPK a permis d'obtenir les rendements les plus élevés en grains et en paille de mil dans la zone sahélo-soudanienne (464 ± 214 kg/ha pour les grains et 2126 ± 1193 kg/ha pour la paille) (Zounon et al., 2020).

La RNA a un impact positif sur les rendements agricoles, mais qu'en est-il lors d'une année de sécheresse? En 2011, le Niger a enregistré un déficit céréalier important dû à la sécheresse. Yamba et Sambo (2012) ont mené une étude dans deux départements de la région de Zinder (Kantché et Mirriah) avec de très fortes densités de population, mais aussi avec de fortes densités de RNA. L'une des conclusions est que ces départements ont produit un excédent céréalier en 2011. Le département de Kantché a même enregistré un excédent de près de 13 000 tonnes.

Il est reconnu que la RNA augmente de manière significative les rendements des cultures. Cependant, même avec la RNA, les rendements céréaliers sont généralement trop faibles pour nourrir une population qui croît au rythme de 3,9% par an.

## 4.2 Sur la pauvreté rurale

Avec la pratique de la RNA, la production agro-sylvo-pastorale s'est améliorée ainsi que la disponibilité des ressources alimentaires. Les études montrent que la RNA est pratiquée par toutes les catégories sociales sans distinction de sexe. Une étude intitulée "Régénération naturelle assistée (RNA): un outil d'adaptation et de résilience des ménages ruraux à Aguié, Niger", menée par Lawali et al. (2018), a montré que la RNA offre aux populations locales la possibilité de produire et d'exploiter des ressources ligneuses (bois de feu et bois de service) et des produits non ligneux (feuilles, fruits, écorces et produits transformés). Ces produits sont utilisés à des fins diverses telles que l'alimentation humaine, l'alimentation animale, la pharmacopée traditionnelle, les outils agricoles et les ustensiles domestiques. Bien que majoritairement autoconsommés, ces produits sont également une source de revenus substantiels qui contribuent à l'amélioration des conditions de vie des populations.

Lawali et al. (2018) ont mené leur étude dans 5 villages et ont enquêté auprès de 99 chefs de ménage. Ils ont défini quatre groupes de producteurs :

- Les faiblement vulnérables (FV): agriculteurs qui disposent d'un stock alimentaire pouvant couvrir toute l'année et qui capitalisent plus de 10 ha de terres agricoles. Ils disposent d'un cheptel important et d'une charge familiale de plus de 10 personnes.
- Les modérément vulnérables (MV): leur disponibilité alimentaire ne dépasse pas 9 à 10 mois, leur superficie est comprise entre 5 et 10 ha et ils possèdent 1 à 2 gros bovins et une charge relativement moyenne de 8 personnes.



Figure 18. Vente de bois de chauffage par des agriculteurs individuels dans un parc agroforestier dominé par *Faidherbia albida* dans le sud de Zinder. Photo: Chris Reij

– Les très vulnérables (VV): ces producteurs ont à peine 6 mois de consommation compte tenu de leur charge familiale. Ils n'ont pas de gros bétail, mais quelques petits ruminants.

– Les extrêmement vulnérables (EV): leur production ne couvre pas plus d'un mois de consommation et ils ont accès à de petites parcelles (un hectare ou moins) par héritage ou location. Ils ne possèdent pas d'animaux et s'adonnent généralement à la vente de paille et au salariat agricole pour assurer la survie de leur famille (Lawali et al., 2018: 77-78).

Lawali et al. (2018) rapportent que la vente de bois de feu de la RNA rapporte aux 99 producteurs enquêtés 375 (0,57 €) ± 50 FCFA par ménage, mais ce revenu journalier moyen varie selon les villages. Il est intéressant de noter que les revenus journaliers sont beaucoup plus élevés à Dan Saga que dans les autres villages. Dan Saga a une longue histoire avec la RNA et le village a un marché du bois qui fonctionne depuis plus de 10 ans. A Dan Saga, le revenu journalier provenant de la vente de bois de chauffe est de 7075 FCFA (10,8 €) pour les moins vulnérables, 12 500 CFA (19 €) pour les moyennement vulnérables, 2925 FCFA (4,5 €) et 1675 FCFA (2,5 €) pour les extrêmement vulnérables. Ces données montrent que même les habitants de Dan Saga considérés comme extrêmement vulnérables tirent de la vente de bois de feu un revenu journalier supérieur au seuil de pauvreté de 2 €/jour.

Une autre constatation est qu'un ménage dirigé par un homme peut disposer en moyenne de 450 ± 75 FCFA alors qu'un ménage dirigé par une femme ne peut disposer que de 250 ± 75 FCFA par jour pour la vente de bois de feu provenant de la RNA. Les moins vulnérables sont les détenteurs de plus grandes superficies dans cette zone. Par conséquent, ils exploitent plus de bois. Les plus vulnérables, par contre, ne possèdent que des parcelles dont la production de bois dépasse à peine leur autoconsommation.

La conclusion semble justifiée que tant les agriculteurs riches que pauvres sont en mesure de répondre aux besoins en bois de chauffage de leurs familles et même de gagner des revenus monétaires grâce à la vente des produits de la RNA.

Reij et al. (2009) ont estimé que les agriculteurs du centre-sud du Niger ont ajouté 200 millions d'arbres aux parcs agroforestiers. Si un seul arbre ne produirait qu'une valeur de 0,5 €/an sous forme de bois de chauffage, de fourrage et d'impact sur les rendements agricoles, la valeur de la production annuelle des arbres représente 100 millions d'euros, qui reviennent directement aux agriculteurs, soit en espèces, soit en nature sous forme de produits agricoles. Cela dépend bien sûr de l'espèce et de son âge, mais il est clair que la valeur économique et financière de la RNA dans le centre-sud du Niger est énorme.

### 4.3 Sur les femmes

Le ramassage du bois est généralement effectué par les femmes pour l'autoconsommation. La pratique de la RNA a contribué à alléger les tâches domestiques des femmes. La distance moyenne parcourue par les femmes pour se procurer du bois de feu a considérablement diminué avec l'expansion de la RNA (Larwanou et al., 2012). Il s'agit d'une amélioration considérable pour les femmes, d'autant plus que le recul de la brousse les obligeait parfois à effectuer de longs trajets pour se procurer du bois de chauffe. Il leur fallait 2 à 3 heures par jour pour ramasser du bois. Aujourd'hui, les femmes ramassent souvent le bois de chauffage dans les champs familiaux. Les femmes d'Ara Sofoua parcourent une distance moyenne de 1,75 ± 0,46 km et celles de Gaounawa une distance de 3,02 ± 0,8 km (Larwanou et al., 2012).

Dans les villages réputés pour leur pratique de la RNA, l'exploitation, la transformation et la commercialisation des produits de la RNA ont renforcé l'autonomie des femmes. En effet, plusieurs groupes de femmes organisés sous forme de coopératives assurent la transformation et la vente de produits tels que des huiles, des savons, des jus et des biscuits à partir de diverses espèces issues de la RNA. C'est le

**Tableau 3. Distance (km) parcourue pour la collecte du bois à Ara Sofoua et Gaounawa (commune de Magaria, région de Zinder).**

	Classes (km)				Moyenne (km)
	1.00-1.75	1.75-2.50	2.50-3.25	>3.3.25	
Ara Sofoua	1.00-1.75	1.75-2.50	2.50-3.25	>3.3.25	1.75 ± 0.46
Proportion (%) de producteurs	53.4	27.5	18.9	0.2	
Gaounawa	2-3	3-4	4-5	>5	3.02 ± 0.80
Proportion (%) de producteurs	38.6	46.5	9.6	5.3	

Source: Larwanou et al., 2012

cas par exemple des groupements féminins de Dan Saga et de Kéjil (Lawali et al., 2018; Massaoudou et al., 2020) dont l'activité principale est la transformation des fruits de *Balanites aegyptiaca* en huile et en savon, et des fruits de *Ziziphus mauritana* en biscuits (akouri en langue haoussa). Dans la région de Dan Saga, les produits forestiers non ligneux de la RNA sont commercialisés par toutes les catégories sociales. Ces produits comprennent les feuilles, les fruits et les sous-produits tels que les cordes, les nattes, les camionnettes, les paniers fabriqués à partir de feuilles d'*Hyphaene thebaica*, etc. Les enquêtes menées



Figure 19. Les distances parcourues par les femmes pour ramasser du bois de chauffage ont diminué dans les zones RNA. Photo: Chris Reij



Figure 20. Une femme du groupe Dan Saga vend du savon fabriqué à partir de *Balanites aegyptiaca*.  
Photo: Chris Reij

par Lawali et al. (2018) sur certains sous-produits (huile, savon et miel) montrent que la transformation est pratiquée par les femmes. La régénération naturelle assistée (RNA) a également permis aux femmes d'être plus ou moins autonomes pendant une certaine période de l'année vis-à-vis des hommes en effectuant des dépenses notamment l'achat d'ustensiles utilisés lors des différentes cérémonies familiales (Berti et Dramé, 2008).

Dans la grappe de Dan Saga, l'huile et le savon produits procurent aux femmes un revenu moyen de 86 500 FCFA/an (132 €), soit 62 500 FCFA pour l'huile et 24 000 FCFA pour le savon. Les revenus de cette activité sont soit partagés entre les femmes membres du groupement, soit utilisés pour l'engraissement de petits ruminants pour le groupement. Par exemple, une femme membre du groupement a déclaré avoir acheté deux chèvres avec les revenus de la vente du savon et de l'huile.

#### 4.4 Sur le développement de la chaîne de valeur

La RNA apparaît désormais comme une source de revenus pour les ménages. Les études menées par le FIDA dans sa zone d'intervention à Maradi permettent de mieux comprendre le rôle économique joué par l'exploitation des produits forestiers ligneux et non ligneux de la RNA pour favoriser le développement d'activités génératrices de revenus pour les populations, y compris les femmes et les jeunes; 50% des exploitations estiment que plus d'un quart de leurs revenus provient des produits forestiers non ligneux (PFNL).

Plusieurs produits ont été cités dans la littérature comme sources de revenus pour les populations. Il s'agit notamment des huiles et savons fabriqués à partir des amandes de *Balanites aegyptiaca*, des biscuits fabriqués à partir des fruits de *Ziziphus mauritiana*, *Hyphaene thebaica*, etc. Dans le cadre d'un partenariat scientifique avec le FIDA, une étude sur les impacts socio-économiques de la RNA a été menée dans un village de la région de Maradi. Cette étude a révélé les revenus monétaires annuels générés par la RNA dans quatre terroirs villageois de la région de Maradi (Hamissou, 2005): 81 €/ha/an pour la biomasse et 63 €/ha pour le bois et 183 €/ha pour la production vivrière, ce qui équivaut à 800 kg de céréales à raison de 0,23 €/kg.

Des études menées par Amadou et al. (2005) dans le département d'Aguié dans 7 villages du groupement de Dan Saga et dans 10 villages de la zone de Goulbi à Maradi ont révélé que la production annuelle de miel était respectivement de 928 et 1988 litres, avec des valeurs marchandes estimées à 928 000 FCFA (1417 €) et 1 988 000 FCFA (3035 €), soit une moyenne de 1 000 FCFA (1,52 €) par litre.

On observe une spécialisation progressive et une division par sexe dans la vente des produits non ligneux. En général, les femmes sont plus intéressées par la vente des fruits et des feuilles, et dans une certaine mesure du savon et de l'huile artisanale qui en est tirée, tandis que les hommes préfèrent commercialiser le miel, plus rentable. Dans tous les cas, la vente de produits non ligneux a favorisé l'émergence d'activités génératrices de revenus, surtout chez les femmes, et devient ainsi un outil efficace dans la lutte contre la vulnérabilité, qui a un visage féminin.

La vente de bois de service et de sous-produits du bois est une activité masculine. A ce titre, la commercialisation des outils agricoles intéresse généralement les couches sociales les plus vulnérables, qui trouvent ainsi un moyen d'alléger leur pauvreté. Il est donc facile de comprendre pourquoi les agriculteurs sont particulièrement intéressés par la vente de bois de service et de sous-produits du bois (Moussa, 2007). En réalité, la valeur ajoutée est en partie due au prix élevé du bois de service, sans parler du fait que la filière est contrôlée et verrouillée par quelques opérateurs. La demande d'outils agricoles sur le marché reste élevée pendant la saison hivernale, ce qui contribue à une augmentation significative du revenu des ménages.

Les travaux de Lawali et al. (2018) ont déjà été cités dans la section sur la RNA et la pauvreté rurale. Cette étude a montré les revenus que différentes catégories de ménages tirent de la vente de bois de service et de bois de chauffe.

### 4.5 Sur l'alimentation des animaux

Les animaux sont nourris pendant toute la saison des pluies avec du fourrage aérien. Les feuilles et les brindilles de la RNA sont le seul moyen de nourrir les animaux en stabulation. Pendant la saison sèche, le fourrage ligneux est utilisé pour compléter l'alimentation des animaux. La disponibilité en fourrage est augmentée grâce à la RNA, contribuant ainsi au développement de l'élevage des petits ruminants, notamment au profit de groupes très vulnérables comme les femmes (Larwanou et al., 2006). Un rapport du PASADEM (2015) souligne l'amélioration de la disponibilité en fourrage pour les ménages adoptants, avec 30-45 kg de fourrage frais par jour dans les zones de Maigirgui et Tessaoua.

L'impact de la pratique de la RNA sur la production fourragère est particulièrement important en période de soudure (Ibrahim, 2007). Selon cette étude, les espèces fourragères les plus concernées par la régénération naturelle sont *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum* et *Combretum glutinosum*.

Une étude de Rabiou (2009) dans le département d'Aguilé (région de Maradi) décrit une réduction voire une disparition de la transhumance dans la zone et une tendance à la mise en pâture des animaux du fait de la disponibilité de fourrage avec la RNA. Hassane et Reij (2021) ont fait le même constat dans le village de Batodi (Département d'Illéla, région de Tahoua).

La biodiversité ligneuse de la RNA utilisée en production animale montre un nombre de familles et d'espèces citées par les enquêtés allant de 10 à 13 selon les zones, tandis que l'abondance des espèces varie de 17 à 33. Les résultats montrent que l'utilisation des espèces de la RNA en élevage est liée à la réussite de la pratique de la RNA et à la vocation du système d'élevage (Zounon, 2021). La RNA permet de compenser le déficit fourragère causé par la perte des espaces pastoraux.

Plusieurs auteurs ont montré l'importance des fourrages ligneux dans l'alimentation des animaux pendant la saison des pluies, mais aussi pendant la saison sèche, période pendant laquelle les graminées sont réduites à l'état de paille et ont une quantité de matière azotée digestible qui tend vers zéro. Cette insuffisance quantitative ou qualitative des herbacées est en partie compensée par les ligneux dont la valeur azotée est plus élevée (Djimtoloum, 1997).

### 4.6 Coûts et avantages de la RNA

Le projet de recherche "Economics of Land Degradation" (ELD, 2019) a réalisé une analyse des coûts et bénéfices de la RNA dans le village de Malam Kaka dans le département de Dakoro (région de Maradi). La situation de ce village n'est pas tout à fait représentative des villages avec RNA dans le centre-sud du Niger. La densité de population de ce village est faible (24 habitants/km<sup>2</sup>) et la RNA y a été introduite assez récemment (en 2013). La majorité des villages avec RNA dans le centre-sud du Niger ont des densités de population beaucoup plus élevées (100+ personnes/km<sup>2</sup>) et une plus longue histoire de RNA. Notre hypothèse est que les coûts et les bénéfices de la RNA dans ces villages seront plus élevés qu'à Malam Kaka.

Pour un investissement de moins de 7676 FCFA (11,7 €), la RNA à Malam Kaka rapporte une valeur actuelle nette (VAN) économique et financière de plus de 300%, supérieure à son coût d'opportunité de 10% (ELD, 2019:9). La VAN est calculée comme la somme des bénéfices nets actualisés, dans ce cas sur une période de 20 ans. Le taux d'actualisation utilisé est de 10%. Ce taux reflète le fait que les bénéfices obtenus aujourd'hui ont plus de valeur que ceux obtenus dans le futur.



Figure 21. Petits ruminants nourris avec du fourrage aérien pendant la saison sèche. Photo: Chris Reij

Dans la situation sans RNA, il y a une densité de 14 arbres/ha (53% de *Faidherbia albida* et 14% de *Sclerocarya birrea*) et les rendements diminuent de 1%/an en raison des mauvaises pratiques agricoles qui épuisent continuellement le sol (ELD, 2019:34). À Malam Kaka, la densité des arbres atteint 61 /ha. Les espèces les plus dominantes sont *Faidherbia albida* (28%), *Sclerocarya birrea* (28%), *Piliostigma reticulatum* (17%) et *Hyphaene thebaica* (11%). Dans la situation avec RNA, les rendements du sorgho, du mil et du niébé ont augmenté respectivement de 12%, 7% et 3% par rapport à la situation sans RNA. Par la suite, ils augmentent de 1% chaque année pendant toute la durée du projet (ELD, 2019: 37).

La valeur actuelle nette à 10% sur une période de 20 ans est positive (505 587 FCFA/ha = 772 €/ha). Cela montre que la RNA est une pratique financièrement viable pour les agriculteurs et que leur préférence pour le présent n'est pas un obstacle à l'action (ELD, 2019: 40).

D'autres études sur les coûts et les avantages de la RNA (Tahirou et Ibro, 2006) montrent également qu'il est économiquement et financièrement intéressant pour les agriculteurs d'investir dans la RNA. Les investissements dans le petit matériel sont faibles (environ 11 €). Le temps de travail nécessaire à l'entretien des arbres et arbustes est estimé à 2 jours/an/ha. Ce chiffre ne semble pas prendre en compte le temps nécessaire (individuellement et/ou collectivement) à la protection du nouveau capital arboré contre les coupes abusives/les vols d'arbres. Mais il est vrai que le temps nécessaire à la protection et à la gestion des arbres est modeste.

Les centaines de milliers d'agriculteurs du centre-sud du Niger et d'ailleurs n'investissent pas volontairement dans les arbres pour leur beauté, mais ils sont motivés par les multiples avantages que les arbres produisent dans leurs systèmes agricoles.

## 5. Impacts biophysiques

Selon Bationo et al. (2018), l'agroforesterie constitue le fondement qui soutient la base productive de la terre dans les zones arides et semi-arides. La RNA conduit à la construction de nouveaux parcs agroforestiers. Ce chapitre traite d'abord de l'impact de la RNA sur la biodiversité, évalue la structure de la végétation ligneuse et analyse le rôle des arbres produisant de la litière. Cette matière organique contribue à améliorer la structure du sol et à augmenter sa capacité de rétention d'eau, et a un impact positif sur la fertilité du sol.

### 5.1 Sur la biodiversité

Au début des années 1980, à l'exception de quelques espèces d'oiseaux, la faune sauvage était rarement observée. Avant l'introduction de la régénération naturelle gérée par les agriculteurs, il n'y avait pas de prédateurs naturels des ravageurs, en raison de l'absence d'habitats appropriés. Aujourd'hui, en appliquant la méthode de régénération naturelle, les agriculteurs dépendent moins des intrants artificiels pour la protection des cultures, car les ravageurs peuvent être contrôlés naturellement (Abasse et Toudou, 2020). Avec la restauration de la couverture végétale et la réhabilitation des arbres, la faune est revenue dans la zone. Les prédateurs tels que les oiseaux et les lézards, ainsi que certains insectes, ont trouvé dans les arbres des abris et des espaces de reproduction. Les oiseaux insectivores sont plus nombreux dans les parcs agroforestiers, ce qui contribue aussi directement aux rendements des cultures en réduisant les populations de ravageurs (Abasse et Toudou, 2020). Cela l'emporte sur l'inconvénient perçu selon lequel les oiseaux mangeraient les récoltes. Parallèlement à l'augmentation de la faune, des espèces végétales rares ont également commencé à faire leur retour dans la région.

Les campagnes de reboisement conventionnelles se sont longtemps concentrées sur des plantations monospécifiques d'espèces exotiques (*Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia holosericea*, *Acacia coleii*, *Azadirachta indica*, *Prosopis juliflora*, etc.) qui poussent rapidement pour compenser la disparition de nombreuses espèces locales et l'érosion spécifique qui en découle. La promotion de la RNA permet, dans une large mesure, de compenser l'érosion floristique de plusieurs milieux. Avec la RNA, il y a une amélioration significative de la biodiversité à partir d'espèces locales adaptées aux conditions du milieu et qui ont eu tendance à disparaître en raison des fortes pressions d'exploitation qu'elles ont subies.

Des champs ou parcs agroforestiers monospécifiques (*Faidherbia albida* parklands) ou composés de 2 ou 3 espèces sont devenus des sanctuaires de la biodiversité végétale. Par exemple, dans le village de Dan Saga et Aguié et El Guéza (région de Maradi), il y avait peu d'arbres en termes de densité et peu d'espèces en termes de diversité dans les années 1980, mais aujourd'hui, les parcs agroforestiers comptent au moins une trentaine d'espèces, sans compter le retour des espèces herbacées et des micro-organismes. Actuellement, les villageois réintroduisent des espèces disparues dans les années 1970 et 1980 (Zarafi, 2002; Larwanou et Saadou, 2005). Sur les sites RNA, la densité des arbres peut atteindre 153 arbres par hectare à Dan Saga, contrairement aux sites non RNA où la densité ne dépasse pas 40 arbres/ha (Baggnian et al., 2019; Rabiou et al., 2020).

## 5.2 Sur les caractéristiques démographiques des plantes ligneuses

Les sites RNA se caractérisent par une plus grande hétérogénéité en termes de distribution et de répartition spatiale. Dans les champs de la RNA, les arbres ont des tailles différentes, c'est-à-dire qu'il y a de jeunes arbres et des individus matures. En revanche, dans les champs sans RNA, les arbres ont tendance à avoir de gros diamètres. Cette dominance des grands arbres n'est qu'une conséquence de l'absence de RNA. Les sites sans RNA sont souvent caractérisés par une forte densité de jeunes arbres, qui sont systématiquement enlevés chaque année. En revanche, les sites avec RNA sont généralement caractérisés par des densités élevées. Cette densité est la conséquence non seulement de la pratique de la RNA mais aussi d'autres facteurs tels que la fourniture d'engrais organiques, le contrat d'engrais et les plantations d'enrichissement. Cette hétérogénéité peut expliquer la perception plus ou moins différente de l'intérêt de la population à pratiquer la RNA. Pour certains, la plus forte densité d'arbres dans les champs peut être un facteur de réduction des rendements grâce à l'ombre créée par les arbres. Pour d'autres agriculteurs, la densité élevée est un facteur d'augmentation des rendements grâce au maintien de l'humidité du sol au profit des cultures et à la dissémination de la matière organique du sol.

Le tableau 4 ci-dessous indique la densité moyenne des arbres sur un certain nombre de sites de la RNA. Il est intéressant de noter que le nombre d'arbres dans les sites du Sahel Nord est plus élevé que dans le Sahel Nud et le Nord Soudan, alors que la pluviométrie dans le Sahel Nord est plus faible.

**Tableau 4. Densité des arbres dans certains sites RNA à Maradi et Zinder**

Sites	Zones agroécologiques	Densité (arbres/ha)	Source
Guidan Ara Mijinyawa	Nord Sahel	107	Mamane, 2017
El Guïeza	Nord Sahel	109	Baggnian <i>et al.</i> , 2013
Dan Saga	Nord Sahel	151	Baggnian <i>et al.</i> , 2013
Zedrawa	Sud Sahel	79	Baggnian <i>et al.</i> , 2013
Oumba	Nord Sudanian	60	Sabiou, 2019
Sarkin Yamma	Nord Sudanian	63	Sabiou, 2019
Ara Sofoua	Nord Sudanian	65	Baggnian <i>et al.</i> , 2013

## 5.3 Sur la production de litière

Le maintien ou l'augmentation de la quantité de matière organique dans le sol améliore sa fertilité et permet un meilleur stockage de l'eau. Il est donc important de voir si l'augmentation du nombre d'arbres dans les systèmes de production agricole accroît la production de litière = matière organique et en quelles quantités.

C'est surtout dans les zones densément peuplées des régions de Maradi et de Zinder qu'un processus de "verdissement" ou de "revégétalisation" par la RNA est en cours (Baggnian *et al.*, 2013). Ce dernier contribue à l'amélioration de la fertilité des sols et de la production agricole (Larwanou *et al.*, 2006; Bationo *et al.*,

2018). La RNA joue ce rôle par son apport de litière qui enrichit le sol en bioéléments contenus dans ces organes dont la plus grande composante est la feuille. Plusieurs études ont quantifié la production de litière des espèces présentes sur les sites de la RNA et ont révélé que la production de litière varie en fonction des espèces, de la taille des arbres et arbustes, de leur densité, des conditions écologiques et des saisons de l'année.

Zounon (2021) a étudié la production de litière des trois principales espèces dans les sites RNA de la région de Maradi. Il s'agit de *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis* et *Combretum glutinosum*. L'analyse de la productivité de la litière montre que les espèces les plus productives sont *Piliostigma reticulatum* et *Combretum glutinosum*. Un plant de *Combretum glutinosum* produit jusqu'à  $11,3 \pm 7,4$  kg de feuillage par an, alors qu'un plant de *Piliostigma reticulatum* peut produire jusqu'à  $9,4 \pm 5,7$  kg de feuillage par an. Compte tenu de la forte densité de ces espèces dans les écosystèmes de la région de Maradi, elles peuvent produire en moyenne  $169 \pm 53$  et  $158 \pm 36$  kg de litière respectivement pour *Piliostigma reticulatum* et *Combretum glutinosum*.

La production moyenne maximale de litière est de  $14,2 \pm 10,5$  kg/arbre pour *Combretum glutinosum* et de  $10,9 \pm 6,3$  kg/arbre pour *Piliostigma reticulatum* sur une surface de houppier de 57 m<sup>2</sup> chacun. *Guiera senegalensis* a atteint une production maximale de  $2,1 \pm 1,4$  kg/arbre pour une surface de houppier de 28 m<sup>2</sup>. Zomboudre (2009) a trouvé que *Faidherbia albida* produisait 7,8 kg de litière par arbre et par an sur une surface moyenne de canopée de 194 m<sup>2</sup>.

L'analyse de la densité de régénération dans les sites RNA de la région de Maradi montre que l'espèce qui se distingue remarquablement est *Guiera senegalensis*. Cette dernière est une pionnière qui a fait l'objet de plusieurs études. Il s'agit notamment des travaux de Issoufou et al. (2013) et de Douma et al. (2012). Selon ces auteurs, *Guiera senegalensis* est une *Combretaceae* semi-pérenne dont la dominance s'est accrue avec la pression agricole dans la bande soudano-sahélienne où elle joue un rôle socio-économique et agroforestier important. Les souches et les jeunes pousses de *Guiera senegalensis* sont les premières à coloniser les champs dès la première année de jachère. *Guiera senegalensis* est l'espèce la plus représentée parmi les jeunes plants. Selon Douma et al. (2012), le défrichage se fait sans dessouchage et la reconstitution de la végétation ligneuse se fait à partir des souches et des racines qui sont une source de rejets et de drageons. Ces auteurs ajoutent que c'est la forte capacité de reproduction des *Combretaceae* (forte aptitude à la multiplication végétative) qui pourrait être à l'origine de leur forte présence dans toutes les zones RNA de la région de Maradi.

L'analyse de la corrélation entre les structures des classes de diamètre et la productivité foliaire a montré que la production de litière est plus importante dans la classe de diamètre moyen pour *Combretum glutinosum* et *Guiera senegalensis*. Pour *Piliostigma reticulatum*, la production de litière la plus élevée est obtenue dans les classes individuelles. Pour les trois espèces, la production de litière est plus élevée dans la zone sahélo-soudanienne que dans les autres zones. Cela peut être dû à la physiologie de l'espèce, aux périodes de collecte et peut-être aux caractéristiques édaphiques de la zone (Goma-Tchimbakala et al., 2005).

Le tableau 5 montre que la RNA produit de la matière organique qui contribue à maintenir la fertilité du sol. Bien entendu, il existe des sites RNA avec des densités d'arbres beaucoup plus élevées. Enfin, il faut noter ici que la matière organique favorise également la vie biologique dans le sol. Elle attire, par exemple, les termites qui creusent des galeries dans le sol, ce qui augmente leur capacité de stockage de l'eau, et les termites remontent les éléments fertilisants du sous-sol, les rendant disponibles pour les racines des cultures.

Tableau 5. Distribution des espèces dominantes dans les sites RNA et leur biomasse

Espèces dominantes	Densité arbres/ha)	Densité de régénération (plantes/ha)	Biomasse moyenne par plante (kg)	Biomasse par espèce (kg/ha)
<i>Piliostigma reticulatum</i>	18.0 ± 9.4 <sup>b</sup>	31.3 ± 21.0 <sup>b</sup>	9.4 ± 5.7 <sup>b</sup>	169.2 ± 53.5 <sup>a</sup>
<i>Combretum glutinosum</i>	14.0 ± 5.2 <sup>a</sup>	153.3 ± 120.3 <sup>a</sup>	11.3 ± 7.4 <sup>a</sup>	158.2 ± 36.4 <sup>a</sup>
<i>Guiera senegalensis</i>	14.1 ± 5.5 <sup>a</sup>	589.8 ± 475.1 <sup>c</sup>	2.3 ± 1.2 <sup>c</sup>	32.2 ± 6.5 <sup>b</sup>
Valeur P	0.026	<0.001 *	<0.001 *	<0.001 *

Figure 22. La litière produite par un parc dominé par *Combretum glutinosum*. Photo: Chris Reij

#### 5.4 Sur la fertilité des sols

Les agriculteurs investissent dans les arbres principalement pour maintenir ou améliorer la fertilité de leurs sols et ils sont très conscients de l'impact de certaines espèces sur la fertilité, ce qui est confirmé par de nombreuses études (Mansour et al., 2013; Camara et al., 2017; Dan Lamso et al. 2015a, 2015b; Zounon et al., 2020; Traoré, 2012; Bodo et al., 2019). Les résultats ont montré que la pratique de la RNA améliore la teneur en engrais chimiques, l'activité biologique et la structure du sol. Les travaux de

Zounon (2021) ont révélé que les sols sous *Combretum glutinosum*, *Piliostigma reticulatum* et *Guiera senegalensis* dominant les sites de RNA dans la région de Maradi ont des teneurs en C (%), N (%), TP (ppm), K (meq/100g) et C/N plus élevées que les sols en dehors de la canopée. La teneur plus élevée en carbone devrait augmenter l'efficacité de l'utilisation des nutriments et de l'humidité. Les mêmes observations ont été faites par Mansour et al. (2013) sur *Acacia senegal* et Camara et al. (2017) sur *Guiera senegalensis*. La décomposition suivie de la minéralisation de la biomasse de ces espèces s'accompagne généralement d'un enrichissement en nutriments pour les cultures. Ces résultats sont en accord avec ceux de Traoré (2012) qui rapporte que les teneurs en matière organique et en azote sont plus élevées dans les sols sous couvert arboré qu'à l'extérieur. Des résultats similaires sont également obtenus par Mansour et al. (2013) et Camara et al. (2017) qui rapportent que les sols sous couvert arboré sont plus fertiles que les sols hors couvert pour *Acacia senegal* et *Guiera senegalensis*, respectivement.

Les travaux de Dan Lamso et al. (2015) ont montré que les buissons de *Guiera senegalensis* améliorent significativement la fertilité des sols et les propriétés physiques des sols situés à proximité des buissons. Aussi, des études récentes de Boureima et al. (2019) ont montré que la RNA favorise l'installation et le développement de l'activité symbiotique mycorhizienne dans les champs cultivés. L'étude a montré que la fréquence de mycorhization était plus élevée dans les champs RNA âgés de plus de 10 ans et plus faible dans les champs plus jeunes. Les résultats ont également montré que les racines de *Combretum glutinosum* sont fortement associées à des champignons mycorhiziens à arbuscules. De par ses fonctions au sein du système, l'arbre agit comme un réservoir de propagules qui peuvent s'associer aux espèces cultivées et ainsi améliorer leur rendement.

Les travaux de Zounon (2021) ont montré que la présence d'animaux sous la canopée des arbres contribue également à l'enrichissement en nutriments. Les animaux viennent brouter directement sous les arbres ou se reposer à l'ombre et laissent leurs fèces. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Bodo et al. (2019) qui ont constaté que la présence d'arbres crée une hétérogénéité positive au sein des parcelles agricoles en zone sahélienne, favorable à la production végétale.

L'analyse des impacts de trois espèces dominantes de RNA dans la région de Maradi sur la fertilité des sols montre que l'influence de ces espèces diffère selon que l'on se trouve dans la zone nord moins arrosée (sahélienne) ou dans la zone sud plus arrosée (nord soudanienne). En effet, la teneur en certains éléments augmente dans la zone sahélienne. Il s'agit de carbone (C), azote (N) et potassium (K) dans la zone sous arborée et de N dans la zone non arborée de *Combretum glutinosum*. Pour *Guiera senegalensis*, cette augmentation le long du gradient est observée pour les teneurs en N et phosphore total (PT) dans le sol sous couvert. Pour *Piliostigma reticulatum*, c'est seulement K qui augmente de la zone sahélienne à la zone nord-soudanienne. Cette variation peut être due à la variation des conditions environnementales et climatiques, mais aussi aux pratiques agricoles qui peuvent varier d'une zone à l'autre. Les zones sahélienne et sahélo-soudanienne sont les zones par excellence de la culture du souchet, qui est traditionnellement exploitée en perturbant la couche superficielle du sol, l'exposant ainsi à l'érosion.

Le tableau 6 montre que les niveaux de carbone (C (%)) et de potassium (K (meq/100g)) du sol sont plus élevés sous les couronnes des arbres qu'à l'extérieur de celles-ci. Cela suggère que l'augmentation de la densité des arbres est toujours suivie d'une amélioration de la fertilité du sol. Une étude de Dan Lamso et al. (2022) a montré que la RNA est une pratique efficace de gestion de la fertilité pour les sols ferrugineux tropicaux cultivés au Niger. Les teneurs en matière organique sont respectivement 2,6, 3,8 et 4,2 fois plus élevées sous le couvert de *Piliostigma reticulatum*, *Combretum glutinosum* et *Scleocarya birrea* qu'en dehors du couvert de ces espèces. De plus, la teneur en phosphore assimilable, souvent très faible dans les sols ferrugineux tropicaux cultivés au Niger, est respectivement 2,5, 1,2 et 2,1 fois

Tableau 6. Eléments chimiques de la fertilité du sol entre les zones sous et hors *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis* et *Piliostigma reticulatum* dans la zone sahélo-soudanienne.

	Sous le couvert des arbres	En dehors du couvert des arbres	Probabilité
<i>Combretum glutinosum</i>			
C (%)	0,4±0,018a	0,3±0,11a	0,091
N (%)	0,04±0,008a	0,02±0,01a	0,078
PT (ppm)	16,8±2,7a	20,4±5,3a	0,217
K (méq/100g)	0,098±0,03a	0,102±0,016a	0,802
C/N	10,29±1,6a	10,684±1,042a	0,675
<i>Guiera senegalensis</i>			
C (%)	0,43±0,02a	0,318±0,075b	0,009
N (%)	0,03±0,006a	0,034±0,011a	0,733
PT (ppm)	18,02±4,2a	20,42±3,29a	0,347
K (méq/100g)	0,1±0,011a	0,096±0,017a	0,521
C/N	12,4±0,65a	10,024±1,511b	0,012
<i>Piliostigma reticulatum</i>			
C (%)	0,444±0,082a	0,248±0,062b	0,003
N (%)	0,038±0,008a	0,026±0,006b	0,028
PT (ppm)	25,23±6,58a	20,42±5,38a	0,242
K (méq/100g)	0,142±0,033a	0,112±0,018a	0,110
C/N	11,198±0,758a	9,916±1,008a	0,053

Les mêmes lettres dans une ligne signifient qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes, des lettres différentes signifient qu'il y a une différence significative entre les moyennes" au seuil de 5%.

plus élevée dans le sol sous couvert que dans le sol hors couvert de ces trois espèces. Ainsi, la RNA améliore la fertilité chimique des sols ferrugineux tropicaux cultivés par l'apport de matière organique et d'éléments minéraux par la litière et le piégeage des particules transportées par le vent.

Les données permettent de tirer la conclusion que la présence d'arbres dans les terres agricoles améliore significativement la fertilité chimique des sols et augmente les teneurs en matière organique.

## 6. RNA et adaptation au changement climatique

L'agriculture au Niger (et ailleurs en Afrique) doit s'adapter à des précipitations plus irrégulières et plus extrêmes et à des températures plus élevées. Comment réduire les effets négatifs du changement climatique et maintenir, voire améliorer, les rendements agricoles ? Pour y parvenir, il est important de créer des systèmes de production plus complexes qui intègrent l'agriculture, l'élevage et la sylviculture. Il est intéressant de noter que c'est exactement ce que les agriculteurs du centre-sud du Niger font à grande échelle depuis le milieu des années 1980. Dans d'autres régions (par exemple Tahoua), l'accent a été mis sur l'introduction de techniques de collecte de l'eau pour restaurer les terres gravement dégradées. Comme nous l'avons déjà vu dans la section 3, la RNA a permis d'augmenter les rendements agricoles et d'améliorer la sécurité alimentaire pour les centaines de milliers de familles qui ont investi dans ce projet.

Dans cette étude, deux niveaux d'adaptation seront abordés: (i) l'adaptation au sein des espèces forestières basées sur la RNA; et (ii) l'adaptation de la communauté suite à l'adoption de la RNA. Ce chapitre abordera également des thèmes importants tels que la RNA et la séquestration du carbone dans la biomasse et le carbone organique du sol. Si les agriculteurs du centre-sud du Niger séquestrent de grandes quantités de carbone, ils rendent service à la communauté internationale dans la lutte contre le changement climatique. Le dernier thème abordé dans cette section concerne la question de savoir si le reverdissement au Niger est le résultat d'une augmentation des précipitations ou d'un changement dans la gestion humaine de la végétation.

### 6.1 RNA et l'adaptation des espèces ligneuses

Dans les régions de Maradi et de Zinder, les peuplements ligneux des champs de RNA sont le plus souvent dominés par *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis*, *Faidherbia albida* et *Prosopis africana* (Baggnian et al., 2014; Moussa et al., 2015; Mamane, 2017; Maâzou, 2019). Selon ces auteurs, la contribution spécifique de chaque espèce est très variable, pouvant aller jusqu'à plus de 50% du peuplement arboré total. Le tableau 7 présente la contribution spécifique des espèces dominantes de la RNA en fonction des zones agroécologiques. Dans ce tableau, seules les espèces ayant une contribution de 10 % ou plus sont incluses pour rendre le tableau plus synthétique. On retrouve une dizaine d'espèces dans les trois zones agroécologiques. La composition variée des espèces renforce l'adaptation des parcs agroforestiers puisque chaque espèce a sa propre valeur intrinsèque pour répondre à la variabilité climatique (Moussa et al., 2021). Bien que l'adaptation soit une question dynamique, en raison de l'absence de suivi des parcelles permanentes, le tableau 7 donne une indication du statut des espèces sur la base des données disponibles.

### 6.2 Adaptation basée sur la régénération naturelle

La régénération est un paramètre important pour l'adaptation des écosystèmes forestiers au changement climatique et aux pressions anthropiques. Sous l'action combinée des pressions anthropiques et climatiques, certaines espèces, par exemple *Parkia biglobosa* (caroube) et *Hyphaene thebaica*, disparaissent en raison de leur incapacité à résister aux différents stress. La population du village de Dan Mairo (région de Maradi) a identifié 22 espèces qui ont disparu dans leur zone (Moussa et al., 2016). La capacité des espèces ligneuses à résister dans des conditions stressantes pourrait constituer

Tableau 7. Contribution spécifique de certaines espèces dominantes de la RNA en fonction des zones agroécologiques

Espèces dominantes	Contribution spécifique (%)	Site	Zone agroécologique	Source
<i>Acacia tortilis</i>	22	Adouna	Nord Sahel	Mamane, 2017
<i>Annona senegalensis</i>	15	Ara Sofoua	Sud Sahel	Bagnian et al. 2013
	23	Zedrawa	Sud Sahel	Bagnian et al. 2013
	22	Daré	Sud Sahel	Bagnian et al. 2013
<i>Balanites aegyptiaca</i>	68	Mai Guero	Nord Soudan	Moussa et al., 2020
	30	Adouna	Nord Sahel	Mamane, 2017
<i>Bauhinia rufescens</i>	21	Adouna	Nord Sahel	Mamane, 2017
<i>Combretum glutinosum</i>	12	Sarkin Yamma	Nord Soudan	Sabiou, 2019
	10	Dan Saga	Nord Sahel	Bagnian et al. 2013
<i>Faidherbia albida</i>	56	Dan Mairo	Nord Sahel	Moussa et al. 2015
	12	Guidan Sori	Sud Sahel	Maazou, 2019
	24	Adouna	Nord Sahel	Mamane, 2017
	46	Droum	Sud Sahel	Mamane, 2017
	22	Ara Sofoua	Sud Sahel	Bagnian et al. 2013
	28	Zedrawa	Sud Sahel	Bagnian et al. 2013
	22	Daré	Sud Sahel	Bagnian et al. 2013
	30	El Guïeza	Sud Sahel	Bagnian et al. 2013
	11	Dan Saga	Nord Sahel	Bagnian et al. 2013
<i>Guiera senegalensis</i>	17	Sarkin Yamma	Nord Soudan	Sabiou, 2019
	57	Guidan ara Mijinyawa	Nord Sahel	Mamane, 2017
<i>Hyphaene thebaica</i>	14	Droum	Sud Sahel	Mamane, 2017
<i>Piliostigma reticulatum</i>	54	Sarkin Yamma	Nord Soudan	Sabiou, 2019
	27	Guidan ara Mijinyawa	Nord Sahel	Mamane, 2017
	10	Droum	Sud Sahel	Mamane, 2017
	29	Guidan Sori	Sud Sahel	Maazou, 2019
	16	Ara Sofoua	Sud Sahel	Bagnian et al. 2013
	18	El Guïeza	Sud Sahel	Bagnian et al., 2013
<i>Prosopis africana</i>	52	Sarkin Yamma	Sud Sahel	Moussa et al. 2015
	12	Zedrawa	Sud Sahel	Bagnian et al., 2013
	12	El Guïeza	Sud Sahel	Bagnian et al., 2013
<i>Ziziphus mauritiana</i>	54	Birnin Lallé	Nord Sahel	Moussa et al., 2020

un rempart. L'adaptation peut également être facilitée par la plantation d'arbres ou toute autre action d'entretien des jeunes pousses. La RNA est une pratique qui favorise la multiplication de la régénération active (graines) et surtout passive (végétative) des arbres sur le terrain. Dans les zones où la pratique de la RNA est très développée, toutes les espèces ont la capacité de se régénérer à des degrés divers. Il est important de souligner que les espèces de la RNA comme *Faidherbia albida* se propagent également par des gousses très nutritives qui sont facilement consommées par le bétail qui, à son tour, scarifie et dissémine les graines.

Moussa et al. (2016) ont classé les espèces ligneuses en fonction de l'abondance de leur âge mesurée à l'aide de l'indice de valeur d'importance (IVI), et les juvéniles en types de résilience dans les parcs agroforestiers.

(i) Espèces à IVI élevé et à forte régénération (*Prosopis africana*, *Piliostigma reticulatum*, *Faidherbia albida* et *Combretum glutinosum*). Ces espèces se caractérisent par un nombre considérable d'individus, ce qui leur permet de se propager par les graines, et un taux de régénération élevé. Elles sont les plus résilientes car elles assurent la succession par les jeunes pousses et la dissémination par les graines.

(ii) Espèces à faible IVI et forte régénération (*Guiera senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, *Bauhinia rufescens*, *Maerua crassifolia*, *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Albizia chevalieri* et *Hyphaene thebaica*). Cette catégorie d'espèces est moins résistante que la première. Les arbres adultes sont peu représentés, alors que la régénération est élevée dans les parcs. Ceci est dû au fait que ces espèces sont soit régulièrement coupées, soit ont peu de grands arbres.

(iii) Espèces à très faible IVI et sans régénération (*Tamarindus indica*, *Acacia nilotica*, *Adansonia digitata*, *Boscia salicifolia*, *Sterculia setigera* et *Dyospiros mespiliformis*). Il s'agit d'espèces très rares dans les parcs en raison de leurs exigences écologiques et pratiques en matière de gestion.

(iv) Espèces avec régénération mais sans arbres matures (*Securidaca longepedunculata*, *Entada africana*, *Cassia singueana*, *Terminalia avicennioides*, *Feretia apodanthera*, *Combretum micranthum*, *Commiphora africana*, *Ficus platyphylla* et *Calotropis procera*). Ces mêmes observations ont été faites par Baggian et al. (2014). Cela serait lié au mode de gestion des producteurs et surtout aux exigences de l'espèce. La tolérance à la coupe est également un facteur fondamental dans le rejet des espèces (Baggian et al., 2013).

### 6.3 RNA et la résilience des communautés

En investissant dans des arbres sur leurs champs, les agriculteurs des régions de Zinder et de Maradi au Niger ont créé des systèmes de production plus complexes (intégration de l'agriculture, de l'élevage et de la sylviculture) qui sont plus productifs (impacts sur les rendements des cultures et les produits ligneux et non ligneux) et plus durables (augmentation des impacts dans le temps), qui contribuent à une réduction de la pauvreté rurale (chapitre 4.2), et qui réduisent la vulnérabilité aux années de sécheresse et augmentent la biodiversité.

La RNA aide les communautés à s'adapter au changement climatique en (i) améliorant la production agricole même pendant les années de sécheresse, (ii) augmentant les revenus et (iii) renforçant le capital social.

#### Amélioration de la production agricole même pendant les années de sécheresse

Les agriculteurs signalent un changement important dans la disponibilité de la nourriture, en particulier pour le mil et le sorgho. Une augmentation du rendement des semences a été observée. Cela se traduit par une meilleure sécurité alimentaire au niveau familial, même les années où les précipitations sont faibles.

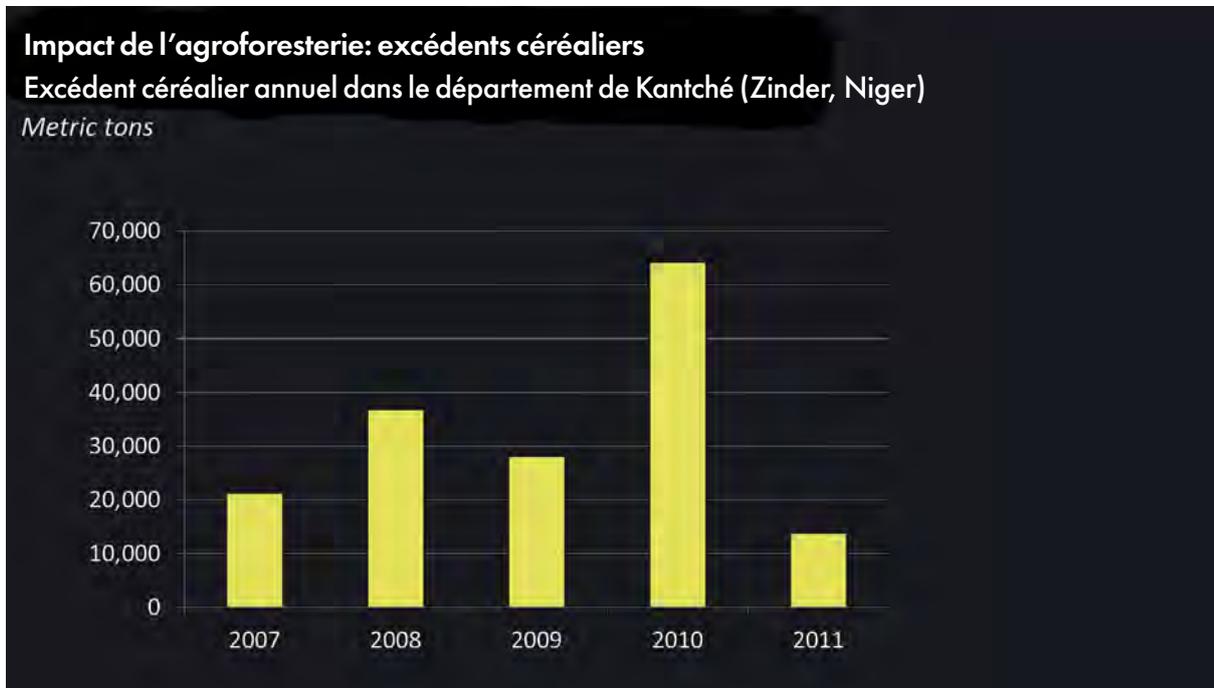


Figure 23. Évolution des excédents céréaliers dans le département de Kantché caractérisé par une population dense et des densités d'arbres élevées (Yamba et Sambo, 2012).

Comme mentionné précédemment, Yamba et Sambo (2012) ont mené une étude dans deux départements densément peuplés (Kantché et Mirriah) avec de fortes densités d'arbres dans le sud de Zinder pour voir les impacts de la sécheresse de 2011 sur la production agricole. Ils ont utilisé les données du projet de systèmes d'alerte précoce en cas de famine de l'USAID, qui ont montré que le district de Kantché a produit un excédent de semences de près de 13 000 tonnes en 2011. De 2007 à 2010, l'excédent était encore plus important. Le fait d'avoir produit un excédent ne garantit évidemment pas qu'aucune famille n'a souffert en 2011-2012, mais la situation aurait été pire sans un excédent au niveau du département. Les enquêtes de Yamba et Sambo (2012) ont montré que 58% des chefs de ménage (hommes) déclarent investir dans la RNA pour améliorer la fertilité des sols, ce qui a un impact positif sur les rendements agricoles.

### Augmentation des revenus

La sécurité alimentaire dépend non seulement de la production agricole, mais aussi de la vente des produits forestiers ligneux et non ligneux. Dans la zone d'Aguié, la vente des produits de la RNA a généré un revenu annuel de 19 793 291 FCFA (30 172 €), soit 199 932 (305 €) ± 33 624 FCFA (51 €) par ménage, ce qui réduit la pauvreté rurale et augmente le niveau de couverture alimentaire des ménages, car ce revenu permet aux ménages d'acheter des aliments au marché en cas de besoin. Une étude de Bagnian (2010), affirme que l'action des arbres augmente la durée du stock de production agricole de 5 à 7 mois en moyenne, ce qui contribue significativement à la stabilité alimentaire.

Plusieurs études (Sitou et al., 2018; Ado et al., 2019) ont rapporté que la RNA pourrait être une stratégie de lutte contre l'insécurité alimentaire à travers la vente et la commercialisation des produits ligneux. Une étude menée par la Direction Régionale de l'Environnement de Maradi, rapportée par Yamba (2017), soutient que les femmes qui pratiquent la RNA ont fait les déclarations suivantes: "j'arrive à satisfaire

pleinement les besoins de ma famille et je préfère travailler dans ce secteur que de travailler même au niveau de la fonction publique". Une autre considère également que "le secteur est très porteur dans nos zones, il nous met à l'abri de l'insécurité alimentaire et de la pauvreté". Sitou et al. (2018) soulignent également que les cérémonies accaparent 42% des revenus, les moyens de production 23% (entretien des maisons, des champs et des moyens de transport) et l'alimentation humaine et l'habillement consomment 26%.

### Renforcement du capital social

La gestion de la RNA s'accompagne souvent d'une meilleure concertation et organisation au sein des villages afin de bien gérer le nouveau capital arboré. Le village de Dan Saga (région de Maradi) est souvent cité en exemple (Pye-Smith, 2013). Ce village dispose d'un comité de protection et de gestion des arbres. Ce comité composé de représentants d'hommes, de femmes et d'éleveurs sédentaires veille à l'application des règles de gestion adoptées par le village, mais aussi au bon fonctionnement du marché rural du bois. Parallèlement, ce comité a pris l'initiative de créer une banque de semences d'arbres et d'arbustes de leur zone et le comité a créé une banque de céréales pour couvrir les années déficitaires.

### 6.4 Atténuation des effets du du changement climatique

La RNA a un rôle majeur à jouer dans l'atténuation des risques environnementaux. Elle est reconnue comme une approche efficace pour une diversité de services environnementaux et pour minimiser les

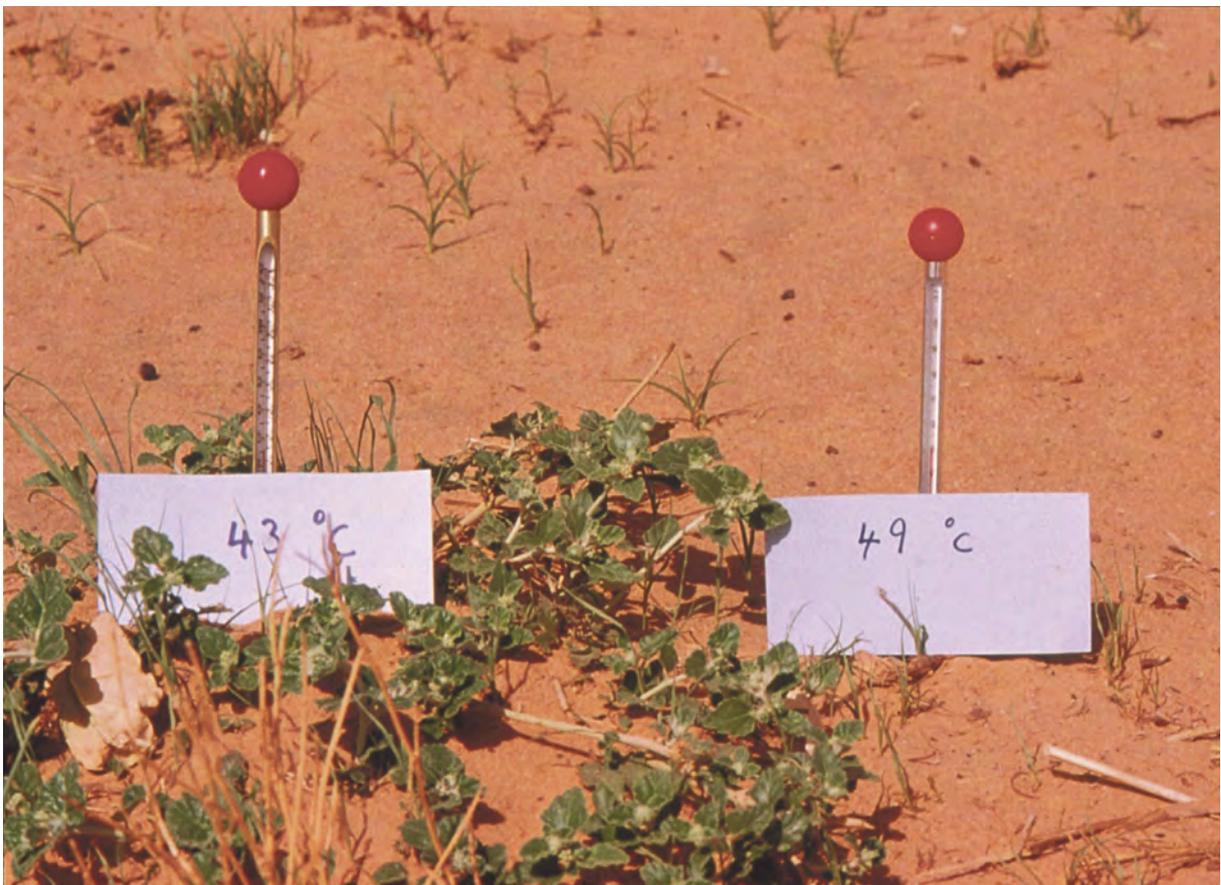


Figure 24. La végétation réduit la température du sol. Photo: Tony Rinaudo

risques associés à la variabilité et au changement climatique pour la production et les populations. En effet, la RNA a un fort potentiel de diversification et d'augmentation de la densité des arbres dans le paysage (Larwanou et al. 2006; Bagnian et al., 2014). L'augmentation du nombre d'arbres dans le paysage influence considérablement l'interception des précipitations, l'évapotranspiration, l'infiltration de l'eau et la recharge des nappes phréatiques. Elle limite les variations extrêmes de température, contribuant ainsi à l'atténuation des vagues de chaleur.

La figure 22 montre que même quelques feuilles contribuent à réduire la température de surface du sol de 6°C. Sous les couronnes d'arbres, cette réduction est encore plus importante. Tout le monde le sait, mais on manque de chiffres sur les impacts du reverdissement dans le centre-sud du Niger, par exemple sur la pluviométrie et le microclimat. De nombreux agriculteurs sont convaincus que "plus d'arbres, plus de pluie" et les études semblent le confirmer.

### 6.5 RNA et la séquestration du carbone

Au fil des ans, les agriculteurs du centre-sud du Niger ont ajouté au moins 200 millions d'arbres et d'arbustes à leurs systèmes de production. Ces arbres séquestrent d'importantes quantités de carbone, mais très peu d'études au Niger ont tenté de calculer la quantité de carbone séquestrée par les nouveaux parcs agroforestiers. Reij et Winterbottom (2015) estiment que ces parcs agroforestiers au Niger séquestrent entre 1,6 et 10 t/ha dans leur biomasse. Cette quantité dépend bien sûr des espèces, de leur âge et de la densité des arbres. Les quantités séquestrées dans leurs systèmes racinaires pourraient être égales aux quantités séquestrées dans la biomasse. Si les arbres sur un hectare séquestrent en moyenne 6 tonnes de carbone dans leur partie aérienne, cela représente déjà 30 millions de tonnes (Reij et Garrity, 2016). Selon Tappan (communication personnelle), l'ancienne forêt-parc à *Faidherbia albida* dans le bassin arachidier sénégalais séquestre jusqu'à 20 t/ha dans les peuplements les plus denses.

La séquestration du carbone est définie comme le processus consistant à retirer le carbone de l'atmosphère et à le déposer dans un réservoir. Elle implique le transfert du carbone atmosphérique, en particulier du CO<sub>2</sub>, et son stockage en toute sécurité dans des réservoirs à longue durée de vie. Cinq réservoirs de carbone ont été définis dans un écosystème forestier. Il s'agit du carbone provenant de la partie aérienne des arbres, des racines, du sol, de la litière et du bois mort. Dans cette revue, nous aborderons le carbone végétal et, dans une large mesure, le carbone du sol, malgré les limites des données disponibles (Moussa, 2016 ; Moussa et Larwanou, 2018). Dans les parcs agroforestiers, le carbone séquestré est variable selon les espèces et leur environnement (Weber et al., 2017; Moussa et Larwanou, 2018). Dans les agroécosystèmes de la région de Maradi, sous les parcs à *Prosopis africana* au sud du Sahel, avec une densité de 33 arbres/ha (Moussa et al., 2015), cette espèce a séquestré 5110 kg/ha. De même pour *Faidherbia albida* qui a séquestré 4220 kg/ha avec une densité de 17 arbres/ha dans un parc agroforestier au nord du Sahel (Moussa et al., 2015; Moussa et Larwanou, 2018). Le tableau 8 présente les résultats d'études sur les stocks de carbone aériens de certaines espèces agroforestières. L'analyse de ce tableau montre une capacité de séquestration du carbone liée à l'espèce et à la densité des arbres. Cependant, en favorisant la densité et la diversité des arbres dans les champs, la RNA contribue à la séquestration du carbone et au coût de l'atténuation des effets du changement climatique. Toutefois, les stocks de carbone souterrains ne sont pas évalués dans cette étude.

La connaissance de la croissance annuelle des arbres est nécessaire pour toute estimation du carbone forestier. Comme pour le stock de carbone, les connaissances sur l'accroissement annuel des essences de la RNA sont limitées. Les quelques données existantes concernent quelques Combretaceae et des espèces souvent dominantes dans les parcs. L'analyse du tableau 16 suivant montre la variation de l'accroissement annuel et de l'accumulation de carbone. Les données de croissance présentées dans ce

tableau sont des données standardisées, c'est-à-dire générées après extraction de la croissance non climatique. Il s'agit d'une approche utilisée en dendrochronologie pour rechercher le niveau de corrélation entre la croissance cambiale des arbres et les données pluviométriques (Moussa et al., 2021). Saidou (2021) a montré que les paysages revégétalisés par des actions de gestion durable des terres ont un effet atténuant sur le changement et la variabilité climatiques. L'accent a été mis sur la composante ligneuse afin de mettre en évidence le potentiel de séquestration du carbone dans les paysages des sites de Dan Saga et de Tabofatt. Ce potentiel est nettement plus élevé dans le paysage de Dan Saga (6040 tCO<sub>2</sub>/ha) que dans le cas de Tabofatt (4590 tCO<sub>2</sub>/ha). Dans les deux cas, l'incertitude des résultats est inférieure à la valeur seuil de 10 %.

**Tableau 8. Stocks de carbone dans la partie aérienne des arbres dans les parcs de *Faidherbia albida*, *Prosopis africana* et *Balanites aegyptiaca***

Système agroforestier	Localités	Diamètre (cm)	Densité (arbres /ha)	Carbone (kg.ha)	Source
<i>F. albida</i> parkland	Dan Mairo	5.73-65.92	17	3400	Moussa and Larwanou, 2018
<i>P. africana</i> parkland	Sarkin Yamma	5.73-44.58	33	5085	Moussa and Larwanou, 2018
<i>B. aegyptiaca</i> parkland	Torodi	-	45	6850	Adamou et al. 2020
<i>B. aegyptiaca</i> parkland	Sansani Haoussa	-	75	14660	Adamou et al 2020
<i>B. aegyptiaca</i> parkland	Tamou	-	56	6710	Adamou et al. 2020

Les chiffres de Moussa et Larwanou (2018) sont basés sur des densités de 20 arbres/hectare et leur calcul du carbone séquestré est basé sur la mesure du carbone dans le tronc, les branches et les feuilles des arbres.

**Tableau 9. Croissance annuelle du diamètre des arbres et accumulation de carbone dans la partie aérienne de certaines essences de la RNA**

Espèces	Croissance annuelle du diamètre (mm)	Concentration de carbone	Unités	Source
<i>Combretum glutinosum</i>	3,3	286	kg/m <sup>3</sup>	Weber et al., 2017
<i>Combretum micranthum</i>	2,7	321	kg/m <sup>3</sup>	Weber et al., 2017
<i>Combretum nigricans</i>	3,2	307	kg/m <sup>3</sup>	Weber et al. 2017
<i>Guiera senegalensis</i>	3,2	294	kg/m <sup>3</sup>	Weber et al., 2017
<i>Piliostigma reticulatum</i>	3	238	kg/m <sup>3</sup>	Weber et al., 2017
<i>Prosopis africana</i>	2,01	7,84	kg/tree/yr	Moussa et al., 2020
<i>Faidherbia albida</i>	2,1	10,71	kg/tree/yr	Moussa et al., 2020

**Tableau 10. Quelques indications sur les niveaux de carbone organique du sol sous la canopée des espèces ligneuses de la RNA**

Système agroforestier	Localités	Diamètre moyen des arbres (cm)	Profondeur du sol sous le couvert végétal (cm)	Carbone organique (%)	Source
<i>B. aegyptiaca</i>	Kourtché	9,46	0 - 20	0,117	Boubacar <i>et al.</i> , 2019
<i>B. aegyptiaca</i>	Kourtché	9,46	20 - 40	0,111	Boubacar <i>et al.</i> , 2019
<i>A. senegalensis</i>	Korto	24,34	0- 30	0,09	Diallo <i>et al.</i> , 2021
<i>B. aegyptiaca</i>	Korto	116,67	0- 30	0,18	Diallo <i>et al.</i> , 2021
<i>G. senegalensis</i>	Korto	3,97	0- 30	0,11	Diallo <i>et al.</i> , 2021
<i>P. reticulatum</i>	Korto	22,34	0- 30	0,12	Diallo <i>et al.</i> , 2021
<i>F. albida</i>	N'Dounga	146,67	0 -15	0,273	Kho <i>et al.</i> ,2001
<i>F. albida</i>	N'Dounga	146,67	15 - 40	0,146	Kho <i>et al.</i> ,2001
<i>F. albida</i>	N'Dounga	146,67	40 - 90	0,104	Kho <i>et al.</i> ,2001

## 6.6 Carbone organique du sol

Les agriculteurs s'efforcent de maintenir et d'améliorer la fertilité du sol dans leurs champs. La RNA et de nombreuses autres pratiques y contribuent. L'un des avantages de la RNA est la distribution aléatoire du carbone dans les champs. Le carbone du sol est un sous-produit du besoin inévitable d'améliorer les rendements des cultures à l'échelle mondiale tout en réduisant le taux d'enrichissement de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (Lal, 2004). Cependant, au Niger, très peu d'études sont consacrées à la quantification et à la dynamique du carbone organique du sol dans les parcs agroforestiers (Reij et Garrity, 2016). Les quelques résultats qui ont été trouvés se concentrent sur les niveaux de carbone du sol sous l'influence des couronnes des arbres. La teneur en carbone varie de 0,11% à 0,27% (tableau 10). On constate que la teneur en carbone est la plus élevée sous les houppiers de *Faidherbia albida*. Dans une étude de Bayala *et al.* (2020) au Sahel, y compris au Niger, le taux de carbone sous RNA est le plus élevé dans la couche superficielle du sol sous les arbres RNA.

Dans une méta-analyse, Bayala *et al.* (2018) ont constaté que les pratiques agroforestières, y compris les cultures en couloir, les jachères améliorées, le paillage et les parcs, augmentent le CO<sub>2</sub> par rapport aux parcelles sans arbres utilisées comme témoins. Les pratiques qui augmentent le CO<sub>2</sub> contribuent à réintroduire des fonctions écologiques dans les systèmes de production en raison des divers services écosystémiques de soutien associés aux arbres.

## 7. Les changements de politique forestière favorisant la RNA

Après avoir analysé les impacts socio-économiques et biophysiques de la RNA, ce chapitre examine le contexte politique qui a entravé ou stimulé l'adoption et la diffusion de la RNA au Niger. L'émergence de la RNA a été facilitée par une politique qui a débuté en 1984 lorsque le gouvernement et ses partenaires ont décidé de confier davantage de responsabilités en matière de gestion des ressources naturelles à la population. Au fil des ans, la politique forestière et la législation nigérienne ont connu des changements qui ont été influencés par la pratique de la RNA. Cela nous montre que la pratique précède la politique. Les changements politiques et législatifs sont ancrés dans les réalisations sur le terrain.

### 7.1 Dynamique de gouvernance et gestion des arbres

Avant 1985, tous les arbres appartenaient à l'Etat. Il s'agissait d'un héritage de la période coloniale, reflété dans le code forestier de 1974. Mais depuis la fin des années 1980, les agriculteurs ont commencé à percevoir qu'ils avaient un droit sur les arbres de leurs propres exploitations. Ce changement a été catalysé par un débat national organisé à Maradi en 1984 sur les moyens de lutter contre la désertification. Cette perception a conduit à une participation accrue des communautés locales à la gestion de leurs ressources naturelles. La propriété de fait des arbres ne signifiait cependant pas que les agriculteurs pouvaient librement gérer ou couper les arbres sur leurs fermes comme ils le souhaitaient. Ils avaient toujours besoin de l'autorisation du département des forêts pour récolter "leurs" arbres, ou même pour les élaguer. Ce n'est qu'en 2004 que le code forestier a établi les droits des communautés sur leurs propres arbres, qu'elles peuvent gérer et exploiter avec l'approbation et l'appui technique du service forestier.

Pour répondre aux défis posés par la forte croissance démographique et la dépendance excessive des populations rurales vis-à-vis des ressources naturelles, plusieurs programmes et projets d'appui au développement rural et à la gestion des ressources naturelles ont été mis en œuvre au Niger. Ces interventions ont permis de capitaliser des expériences et des acquis importants en matière de protection et de restauration de l'environnement en général et de gestion durable des terres en particulier. Cependant, la législation défavorable sur la propriété foncière et les droits d'usage des arbres a été citée comme un obstacle à la mise en œuvre effective de la RNA (Rinaudo, 2011). Compte tenu des efforts déployés par les populations locales pour restaurer leurs écosystèmes, plusieurs études ont mis en évidence la nécessité d'adopter de nouvelles dispositions juridiques pour permettre une gestion durable de ces ressources. Une disposition légale permettant l'appropriation réelle et effective des arbres hors forêt à la personne qui la protège était une solution incontournable pour assurer la durabilité de ces ressources ligneuses (Adamou, 2016).

### 7.2 Evolution de la politique forestière

L'évolution de la politique forestière nationale peut être résumée en trois grandes séquences:

*La période précoloniale* a été marquée par une gestion communautaire sous l'égide des chefs de terre et des maîtres de brousse et plus généralement sous l'autorité des chefs traditionnels. Il y avait un équilibre entre la pression (qui était faible) et la quantité de ressources forestières disponibles.

La période coloniale est également marquée par l'adoption du décret du 4 juillet 1935 fixant le régime forestier en Afrique de l'Ouest. L'autorité coloniale adopte alors une politique de conservation des ressources forestières (classement des forêts, réserves et parcs ; gestion de l'exploitation ; délivrance des permis de coupe) et la mise en place d'une administration forestière chargée de la police des forêts. La politique de conservation promue durant cette période a permis de classer environ 600 000 ha de forêts en parcs naturels, aires protégées et forêts classées.

La période post-coloniale a connu plusieurs évolutions majeures dans la gestion des ressources forestières:

– De 1960 à 1980, la gestion des forêts était exclusivement réservée à l'État, soit par la vente de permis de production, soit par le contrôle de la forêt par l'État.

– A partir des années 1980, face aux résultats mitigés de l'approche autoritaire et protectionniste, des réflexions ont été menées en vue d'une gestion plus globale et intégrée des ressources forestières en l'orientant vers les principaux bénéficiaires (1984 du débat national sur la lutte contre la désertification ; approche "foresterie villageoise", puis approche "marchés ruraux du bois").

Durant cette période, les efforts de reboisement à grande échelle se sont poursuivis, mais sans pouvoir répondre adéquatement au défi de la perte du couvert forestier, de plus en plus confronté aux effets du changement climatique et aux pressions démographiques. Ainsi, en plus des opérations classiques de plantation, d'autres technologies telles que la régénération naturelle assistée (RNA) sont apparues dans les pratiques paysannes, d'abord dans les régions de Zinder, Maradi et Dosso, et progressivement dans d'autres régions telles que Tahoua. Dans le même temps, les bailleurs de fonds (par exemple le Fonds International pour le Développement Agricole) ont également commencé à reconnaître et à soutenir la RNA. La volonté de responsabiliser les populations et de diversifier les techniques est clairement reflétée dans les différents documents de politique ou de programmation adoptés par l'Etat ces dernières années, qui constituent des cadres de référence pour la mise en œuvre des actions de gestion des ressources forestières.

La Politique Nationale de l'Environnement et du Développement Durable a été adoptée par décret N°2016-522/PRN/ME/DD du 28 septembre 2016 et a pour vision de "Promouvoir une gestion soutenue des ressources naturelles tout en développant la résilience des populations aux risques naturels afin d'assurer une sécurité alimentaire et nutritionnelle durable pour les générations actuelles et futures".

### **Loi 2004-040 du 8 juin 2004 portant régime forestier au Niger**

L'un des points forts de cette loi est l'inclusion des ressources des parcs agroforestiers dans le patrimoine forestier, ce qui donne une base légale à la sécurisation et à la gestion de cette importante catégorie de ressources forestières, qui se développe dans le pays. Pour la première fois, la loi forestière nigérienne reconnaît aux collectivités locales le droit de s'approprier leur propre patrimoine forestier, qu'elles peuvent gérer librement, avec l'appui de l'administration forestière. La vieille idée que les arbres dans les champs des paysans ne sont pas leur propriété est révolue.

Une réponse institutionnelle a été trouvée qui consiste à changer le statut de l'arbre. En effet, les changements dans le code forestier nigérien en 2004 ont créé un environnement plus favorable à la pratique de la RNA. Botoni et al. (2010) affirment qu'une fois que les agriculteurs ont pris conscience qu'ils avaient le droit de gérer leurs arbres, de les élaguer, de les tailler et même de les éclaircir sans encourir d'amende de la part des services forestiers, cela les a encouragés à protéger les repousses d'arbres dans leurs champs.

Dans ce contexte, il convient également de mentionner les efforts du CILSS et du Club du Sahel qui, depuis la fin des années 1980, se sont efforcés de promouvoir la décentralisation de la gestion des ressources

naturelles au Sahel. L'organisation d'une réunion régionale à Ségou (Mali) en 1989 sur la gestion des terroirs villageois au Sahel a été un événement marquant. Il s'agissait de la première conférence au Sahel réunissant des décideurs politiques, des représentants des bailleurs de fonds et des représentants des organisations paysannes. Un ouvrage important a servi de base à la conférence: "Le Sahel en Lutte contre la Désertification : leçons d'expériences" (Rochette, 1989).

Il convient de mentionner les efforts déployés par les projets financés par le FIDA dans la région de Maradi pour créer et renforcer les organisations villageoises chargées de la protection et de la gestion des arbres sur leurs territoires. Il s'agit de la mise en place des Comités de Gestion de la Régénération et des Espaces Sylvicoles (CG/RN/ESP) qui ont un rôle de sensibilisation à la pratique de la RNA et de sécurisation de l'important potentiel ligneux créé par la RNA: suivi des arbres régénérés afin qu'ils ne soient pas coupés abusivement par des fraudeurs. Le rôle de ces comités a permis une diffusion rapide de la technique et une régénération importante des arbres dans les champs. La promotion de la RNA ne se limite pas à la promotion d'une technique simple et reproductible (capital arbre), mais nécessite également le développement d'organisations villageoises (capital social).

#### Décret présidentiel du 30 juillet 2020

L'adoption du décret N°2020- 602/PRN/MESUDD du 30 juillet 2020 réglementant la pratique de la régénération naturelle assistée au Niger (RNFM) a constitué une avancée majeure dans la gouvernance des ressources naturelles. Cette dernière fait l'objet d'un plaidoyer des acteurs de la société civile depuis



Figure 25. Réunion du comité de gestion de la régénération du village de Dan Saga. Photo: Chris Reij

un atelier national sur l'agroforesterie en 2013 et surtout depuis 2018-2019. L'étude de base réalisée sur les "Lois et politiques sur la RNA et les pratiques d'utilisation durable des terres" a servi de base à des recommandations à l'État du Niger. Ce décret marque la reconnaissance officielle par l'État du Niger de l'importance de cette pratique, de la nécessité de la généraliser, d'en assurer la durabilité et de faire bénéficier les praticiens de leurs efforts. La loi stipule que les arbres plantés ou régénérés appartiennent désormais au producteur. Cette réglementation comble une lacune de longue date dans le cadre juridique. Les producteurs ne doivent pas craindre que d'autres coupent et prennent leurs arbres. Il confère au propriétaire d'un champ le "droit exclusif d'exploiter le bois vert issu de l'agroforesterie sur son champ". En outre, les propriétaires fonciers sont désormais encouragés à créer légalement des "comités villageois de suivi des arbres" et sont pleinement soutenus dans cette tâche par les services de vulgarisation technique du ministère de l'environnement, qui sont chargés de suivre les progrès de la RNA à l'échelle nationale.

### 7.3 Interventions visant à développer la RNA

Compte tenu de l'ampleur de la dégradation des terres qui affecte les terres cultivées et tous les écosystèmes, le gouvernement du Niger s'est engagé à investir davantage dans les activités de restauration. Pour cette raison, le pays a exprimé son adhésion à l'initiative de restauration des paysages forestiers africains (AFR100) qui vise à restaurer 100 millions d'hectares d'ici 2030. Cette adhésion se traduit par la signature d'une lettre d'engagement pour la restauration de 3,2 millions d'hectares de terres dégradées sur la période 2015-2029. Pour y parvenir, le Niger prévoit de promouvoir davantage l'agroforesterie, y compris la régénération naturelle assistée. Ainsi, dans le plan d'investissement du Cadre stratégique de gestion durable, il est prévu de mettre en œuvre la régénération naturelle assistée sur 1 100 000 ha sur la période 2015-2029. Dans le cadre du plan d'investissement de l'initiative "3N", l'objectif était de restaurer 350 000 ha à l'aide de la régénération naturelle assistée sur la période 2016-2021 et, selon les rapports, 495 000 ha ont été restaurés.

Le premier projet de promotion de la RNA financé par le FIDA a couvert 65 villages dans le département d'Aguié de 2006 à 2010, avec une superficie estimée à près de 13 000 ha de terres cultivées en régénération. En outre, 65 comités de suivi ont été mis en place et formés dans les 65 villages (PPILDA, 2013). Il existe un fort potentiel de reproduction du succès des activités du PPILDA. Le succès de la RNA dans le PPILDA provient notamment d'une forte implication des bénéficiaires grâce aux approches participatives et à l'auto-ciblage, ainsi que de l'accessibilité des activités pour les plus pauvres: des actions nécessitant des investissements à la portée de tous, et dont l'intérêt devient rapidement évident (PPILDA, 2013).

Depuis 2013, le projet a réussi à démultiplier l'extension de la RNA grâce à la signature de six conventions avec des ONG spécialisées qui, en association avec un Groupement d'Appui-Conseil Agricole Paysan (GACAP) à Dan Saga, ont poursuivi la promotion de la RNA sur 82 000 ha, au bénéfice de 41 000 petits exploitants agricoles, dont 53% d'hommes, 21% de femmes et 23% de jeunes hommes et femmes (PASADEM, 2015). En octobre 2020, le Programme de développement de l'agriculture familiale (ProDAF), qui opère dans les régions de Maradi, Zinder, Tahoua et Diffa, avait restauré 188 000 ha à l'aide de la régénération naturelle assistée.

Il existe d'autres projets qui ont promu la RNA, mais les investissements réalisés par ces projets sur une période de 30 à 40 ans, du milieu des années 1980 à 2021, sont bien inférieurs à 200 millions d'euros. L'échelle de la RNA dans le centre-sud du Niger est de 5 millions d'hectares. Selon Tappan (communication personnelle), pour l'ensemble du Niger, la superficie de la RNA est d'environ 6 millions d'hectares, ce qui représente environ 50% de la superficie cultivée.

## 8. Conclusions et recommandations

Les agriculteurs du centre-sud du Niger ont intensifié leurs systèmes de production agricole en augmentant le nombre d'arbres et d'arbustes dans leurs champs. Ils ne l'ont pas fait en plantant, mais en protégeant et en gérant la régénération naturelle des arbres et des arbustes. Depuis le milieu des années 1980, des centaines de milliers de petits exploitants agricoles des régions densément peuplées du centre-sud du Niger ont commencé à pratiquer la régénération naturelle assistée (RNA) et ont ainsi créé de nouveaux paysages agroforestiers à grande échelle.

La transformation du paysage sur des millions d'hectares dans cette région du Niger est le résultat d'une combinaison de facteurs. Ceux-ci découlent d'une crise de l'agriculture (fertilité des sols faible et décroissante ; faibles rendements des cultures) et de l'environnement, qui a mis les agriculteurs dans une position difficile, constatant qu'ils devaient faire quelque chose de différent. Ils ont commencé à percevoir la RNA comme une technique simple et efficace qui ne les oblige pas à investir de l'argent dans l'achat d'intrants. Un investissement modeste en travail produit assez rapidement des bénéfices multiples (par exemple, augmentation des rendements des cultures, de la quantité de fourrage pour le bétail et de la disponibilité en bois de chauffage). Plusieurs projets ont encouragé la RNA et ont également créé et renforcé les organisations villageoises chargées de gérer ce nouveau capital arboré. En outre, la politique gouvernementale confie de plus en plus la responsabilité de la gestion des ressources naturelles aux agriculteurs et reconnaît que ces derniers ont un droit exclusif sur les arbres de leurs champs.

Les centaines de milliers de petits exploitants qui investissent dans la RNA n'ont pas été payés par des projets pour le faire. Ils ont volontairement décidé d'investir dans la protection et la gestion des espèces ligneuses qui poussent sur leurs terres agricoles. Ils ont été motivés par les multiples avantages produits par la RNA.

L'augmentation de la pluviométrie certaines années depuis les années 1990 a eu un impact favorable sur la régénération du couvert végétal, mais cela ne suffit pas à expliquer le reverdissement massif ; des changements profonds dans la gestion des arbres ont été le facteur le plus décisif. Face à la crise agricole des années 1970 et 1980, la population n'avait pas le choix : intensifier l'agriculture ou abandonner ses terres. L'impossibilité de nourrir leurs familles et la grave pénurie de bois de chauffage ont incité les agriculteurs à augmenter le nombre d'arbres dans leurs champs. Cela a permis de réduire l'érosion éolienne et d'éviter de devoir ressemer les cultures.

Les agriculteurs ont augmenté le nombre d'arbres dans les exploitations afin d'améliorer la fertilité des sols. C'est pourquoi ils recherchent des densités élevées de *Faidherbia albida*, une espèce qui fixe l'azote. D'autres espèces locales et communes ayant un impact perçu sur la fertilité des sols (par exemple *Piliostigma reticulatum*) sont également protégées et gérées. De nombreuses espèces ligneuses produisent également du fourrage pour le bétail. L'augmentation du nombre d'arbres dans les exploitations agricoles a conduit à une intégration plus forte des cultures, des arbres et du bétail. Ces systèmes de production plus complexes ont renforcé la résilience des agriculteurs au changement climatique.

L'ampleur de la transformation du paysage au Niger est unique, mais il reste encore beaucoup à faire pour densifier et diversifier les nouveaux paysages agroforestiers. Il s'agit d'une nécessité urgente pour intensifier

l'agriculture de manière durable afin de nourrir une population en croissance rapide et d'améliorer les perspectives d'avenir des jeunes. Il y a cependant des limites à l'expansion de la RNA au Niger. Les observations sur le terrain montrent que la RNA est surtout pratiquée dans les zones à forte densité de population (plus de 50 habitants par km<sup>2</sup>) et non dans les zones moins peuplées.

Les recherches rapportées dans cette revue ont montré que les rendements des cultures ont augmenté de 30 à 350 kg/ha en fonction de l'espèce, de l'âge et de la densité des arbres. Cela contribue à améliorer la sécurité alimentaire des familles, mais les rendements moyens restent faibles: 400-700 kg/ha pour le mil et le sorgho. Compte tenu des taux de croissance démographique annuels de 3 à 4 %, il est urgent de poursuivre le processus d'intensification des systèmes de production agricole. L'agroforesterie est une pratique fondamentale dans les régions semi-arides et subhumides, qui contribue au maintien et à l'amélioration de la matière organique du sol. Cela crée des conditions favorables à l'ajout de petites quantités d'engrais minéraux, qui contribueront à augmenter les rendements des cultures.

L'expansion de la RNA est le résultat d'une prise de conscience et d'une volonté manifeste des petits exploitants agricoles en ce qui concerne la protection et la gestion des espèces ligneuses. L'adoption est fortement liée à la densité de la population (plus de gens, plus d'arbres), au type de sol (sols sablonneux) et au niveau d'éducation du chef de famille.

La RNA est pratiquée par toutes les catégories sociales, quel que soit le sexe. En outre, les pauvres et même les extrêmement pauvres tirent des revenus importants de la RNA grâce à la vente de bois de chauffage et d'autres produits de l'arbre. Les femmes bénéficient de la RNA parce qu'elle augmente la disponibilité du combustible, ce qui réduit les distances qu'elles doivent parcourir pour le collecter. Elle permet également d'augmenter les produits forestiers non ligneux qui contribuent à améliorer la nutrition de la famille et les possibilités de commercialisation.

Les agriculteurs protègent et gèrent les arbres et les arbustes qui ont un impact positif sur la fertilité des sols (par exemple *Faidherbia albida*, *Piliostigma reticulatum*) ou les espèces qui produisent du bois de chauffage de qualité (*Combretum glutinosum*), du fourrage (*Faidherbia albida*, *Acacia spp.*) ou des fruits (*Adansonia digitata*, *Bauhinia aegyptiaca*). Les résultats ont montré que *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis* et *Piliostigma reticulatum* colonisent les agroécosystèmes basés sur la RNA, en particulier sur les sols sablonneux, en raison de leur adaptabilité aux conditions climatiques, mais aussi des services écosystémiques qu'ils offrent.

Des études montrent que l'investissement des agriculteurs dans la RNA est rentable d'un point de vue économique et financier. Les impacts multiples et la perception des agriculteurs qu'ils sont propriétaires des arbres dans leurs champs ont stimulé la diffusion rapide de cette technique. Le fait que la présence d'arbres dans les champs ne diminue pas le rendement des cultures, mais contribue à l'augmenter, a également été un facteur décisif.

L'introduction de la RNA s'est souvent accompagnée de la création d'organisations villageoises pour la protection et la gestion des arbres. Ces organisations ont adopté des règlements communautaires contre la coupe et le vol d'arbres, et ce nouveau capital social contribue à assurer la durabilité du nouveau capital arboré. Les nouveaux parcs agroforestiers augmentent la résistance des systèmes de production agricole aux années de sécheresse et séquestrent d'importantes quantités de carbone.

Il est nécessaire de poursuivre la diffusion de la RNA au Niger et de renforcer les organisations villageoises pour la protection et la gestion des paysages agroforestiers. Plusieurs projets au Niger font la promotion de la RNA, mais celle-ci se propage également de bouche à oreille, de paysan à paysan. L'étendue de la RNA au Niger est maintenant d'environ 6 millions d'hectares (environ 50% de la surface cultivée du

pays). L'analyse des images satellitaires combinée aux visites de terrain permettra un meilleur suivi de l'ampleur et de la dynamique de la RNA.

Plus d'une centaine d'études ont été examinées (thèses de doctorat ou de maîtrise, articles de revues scientifiques, rapports de recherche) et tous les études confirment que la RNA a de multiples impacts positifs. Cependant, elles ont presque toutes été réalisées au cours d'une seule année. Il est nécessaire de mener des études dans les mêmes villages sur de plus longues périodes.

## Références

- Abasse, T., C. Guero, T. Rinaudo. 2009. Community mobilization for improved livelihoods through tree crop management in Niger. *Geoforum* 74:377–389.
- Abasse, T., A.Yaye, A.H. Zakari, I.A. Assoumane, T. Adam. 2013. Influence des parcs agroforestiers à *Piliostigma reticulatum* sur l'infestation des plants de mil par les insectes floricoles et *Coniesta ignefusalis* (Hmps) (Lépidoptère: Pyralidae) dans la zone d'Aguié au Niger. *Journal of Applied Biosciences* 66:5140–5146.
- Abasse, T., T. Adam. 2020. Diversity of Farmer-Managed Natural Woody species and Food Security in North-Western Part of Niger. Springer Nature Switzerland.
- Abdou, M.M., Z. Alzouma Mayaki, A. Kadri, J.-MK. Ambouta, J.-M. Karimou, N. Dan Lamso. 2013. Effet de l'arbre *Acacia senegal* sur la fertilité des sols de gomméraires au Niger. *International Journal of Biological Chemical Sciences* 7(6):2328-2337.
- Adam, T., C. Reij, T. Abdoulaye, M. Larwanou, G. Tappan, B. Yamba. 2006. Impacts des investissements dans la gestion des ressources naturelles (GRB) au Niger. Rapport de synthèse. Étude sahéenne, Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture (CRESA), Niamey, Niger. 54pp.
- Adam, T., T. Abasse, C. Reij. 2020. Large-scale greening in Niger: lessons for policy and practice. *ETFRN News* 60: 93-100.
- Adamou, M. 2009. Impacts de la régénération naturelle assistée sur la biodiversité végétale dans les terroirs villageois de ARA Safoua et Gaounawa dans le département de Magaria (Zinder). Mémoire de la Faculté d'Agronomie, Université de Niamey. 74pp.
- Ado, A.M., P. Savadogo, A.K.M.K. Pervez, G.T. Mudimo. 2019. Farmers' perceptions and adaptation strategies to climate risks and their determinants: insights from a farming community of Aguié district in Niger. *GeoJournal* 85: 1075–1095.
- Akpo, L.E., M. Banoin, M. Grouzis. 2003. Effet de l'arbre sur la production et la qualité fourragères de la végétation herbacée: Bilan pastoral en milieu sahéen. *Méd. Vét.* 154(10):619-628.
- Amadou, N., B.Ali. 2005. Etude préliminaire de la filière apicole dans le département d'Aguié : cas de la grappe de Dan Saga et de la zone de Goulbi. Mémoire d'ingénieur de techniques agricoles, Université Abdou Moumouni de Niamey. 48pp.
- Ambouta, J.-M.K, D. Ibrahim, S. Bara. 2009. Statut mycorhizien de dix espèces ligneuses prélevées sur des dunes menaçant d'ensablement des cuvettes dans le département de Gouré (Niger). *Géographie-Ecologie-Tropicales* 33:107–114.
- Ambouta J.-M.K, I. Amadou, I. Souley. 1998. Gestion de la fertilité et évolution des sols de Gakudi (Maradi, Niger). *Cahiers Agricultures* 7:395-400.
- Andres, L., S. Bodé, L. Dambo, M. Populin, G. Chaibou, M.M. Moustapha, S. Laminou, B. Yamba, P. Lebailly. 2015. La résilience des ménages face aux changements climatiques dans la région de Maradi au Niger: le cas de la Régénération Naturelle Assistée. Université Abdou Moumouni de Niamey, Université de Liège, Gembloux Agro Bio Tech, Belgium.
- Badji, M., D. Sanogo, C. Dy, L.E. Akpo. 2015. La Régénération Naturelle Assistée (RNA) comme un moyen de reverdir le bassin arachidier au Sénégal : cas du terroir de Khatre Sy. *International Journal Biological and Chemical Sciences* 9(1):234–245.

- Baggnian, I, M.M. Adamou, T. Adam, A. Mahamane. 2013. Impact des modes de gestion de la Régénération Naturelle Assistée des ligneux (RNA) sur la résilience des écosystèmes dans le centresud du Niger. *Journal of Applied Biosciences* 71:5742– 5752.
- Baggnian, I, T. Adam, M.M. Adamou, I. Chaibou, A. Mahamane. 2014. Structure et dynamique de la végétation ligneuse juvénile issue de la régénération naturelle assistée (RNA) dans le Centre- Sud du Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 8(2):649-665.
- Baggnian, I, I. Abdou, T.B.J. Batiéno, I.R. Abdourahmane, T. Adam, A. Mahamane. 2019. Contribution des comités villageois de gestion de la régénération naturelle assistée des ligneux (RNA) au processus de reverdissement dans la région de Maradi au Niger. *Afrique Science* 15(1):262–273.
- Bationo, A., D. Ngaradoum, S. Youl, F. Lompo, J. Opoku Fenin (eds.). 2018. Improving the profitability, sustainability and efficiency of nutrients through site specific fertilizer recommendations in West Africa agro-ecosystems. Springer International Publishing.
- Bationo, B.A., A. Kalinganire, J. Bayala. 2012. Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semiarides de l'Afrique de l'Ouest : Aperçu de quelques systèmes candidats. ICRAF Technical Manual No. 17. Nairobi, World Agroforestry Centre.
- Bayala, J, J. Sanou, Z. Teklehaimanot, A. Kalinganire, S. Ouédraogo. 2014. Parklands for buffering climate risk and sustaining agricultural production in the Sahel of West Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 6:28–34.
- Bayala J., A. Kalinganire, G.W. Sileshi, J.E. Tondoh. 2018. Soil organic carbon and nitrogen in agroforestry systems in Sub-Saharan Africa: a review. In: Bationo, *et al.*: 51–61.
- Bayala, J., J.H. Sanou, R. Bazie, R. Coe, A. Kalinganire, F.L. Sinclair. 2020. Regenerated trees in farmers' fields increase soil carbon across the Sahel. *Agroforestry Systems* 94: 401–415.
- Belem, M., J. Yameogo, S. Ouedraogo, M. Nabaloum. 2017. Étude ethnobotanique de *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam (Capparaceae) dans le Département de Banh, Province du Loroum, au Nord du Burkina Faso ; *Journal of Animal and Plant Sciences* 34(1):5390-5403
- Berti, F, Y. Dramé. 2008. Les enjeux socioéconomiques autour de l'agroforesterie villageoise à Aguié (Niger). *Tropicultura* 26(3): 141-149.
- Binam, J.N., F. Place, A. Kalinganire, S. Hamade, M. Boureima, Abasse, T., J. Dakouo, B. Mounkoro, S. Diaminatou, M. Badji, M. Diop, A.B. Babou, E. Haglund. 2015. Effects of farmer managed natural regeneration on livelihoods in semi-arid West Africa. *Environmental and Economic Policy Studies* 17:543–575.
- Bodo Seyni, B., X. Morvan, O. Malam Issa, D. Tidjani Adamou, J.-M. Ambouta Karimou, B. Marin, M. Ponthieu, G. Fronteau. 2019. Connaissance locale de la variabilité de surface du sol et des contraintes associées pour la production du niébé en zone sahélienne du Niger. *Etude et Gestion des Sols* 26:65-79.
- Bonkano B.H. 2005. Etude de la régénération naturelle dans les champs cultivés: cas du village de Dan Gamdji. Mémoire de fin d'étude/Ingénieur des Techniques Agricoles, Université Abdou Moumouni de Niamey. 65pp.
- Botoni, E., M. Larwanou, C. Reij. 2010. La régénération naturelle assistée (RNA) : une opportunité pour reverdir le Sahel et réduire la vulnérabilité des populations rurales. CILSS: 151–162.
- Boubacar, I., S. Idrissa, B. Yacouba, A.J.M. Karimou. 2019. Effet de *Balanites aegyptiaca* sur le niveau de fertilité chimique d'un sol de terrasse du fleuve Niger. *Journal of Applied Biosciences* 137: 13940- 13950.
- Boubé, R. 2009. Impact de la Régénération Naturelle Assistée des ligneux sur la production du mil et du niébé dans le département d'Aguié: cas du terroir villageois de Guidan Bakoye. MSc thesis, Faculté d'Agronomie. Université de Niamey. 39pp.

- Boureima, S., M. Ibrahim, D. Ibrahim, S. Lawali. 2019. Les pratiques paysannes de régénération naturelle assistée favorisent le développement des champignons mycorhiziens arbusculaires. *Agronomie Africaine* 31 (2): 1 – 14.
- Charbit, Y., S. Becker. 2022. Une catastrophe démographique est-elle inéluctable au Niger? ID4D le média du développement durable Agence Française de Développement (AFD). 5pp.
- CILSS. 2016. Les paysages de l'Afrique de l'Ouest: une fenêtre sur un monde en pleine évolution. Comité Permanent Inter-états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel.
- Cotillon, S., M. Mathis. 2016. Tree cover mapping tool—documentation and user manual (ver. 1.0, March 2016): U.S. Geological Survey Open-File Report 2016–1067, 11 pp.
- Cotillon, S., G. Tappan, C. Reij. 2021. Land use change and climate smart agriculture in the Sahel. In: Villalon, L.A. (ed.) *The Oxford Handbook of the African Sahel*, Oxford University Press, pp209-230.
- Dan Guimbo, I., M. Barage et S. Douma. 2012. Etudes préliminaires sur l'utilisation alimentaire des plantes spontanées dans les zones périphériques du parc W du Niger. *International Journal of Biological Chemical Sciences* 6(6):4007-4017.
- Dan Lamso, N., Y. Guero, A. Tankari Dan-Badjo, L. Rabah, B.B. Andre, D. Patrice, A.D. Tidjani, N. Ado Maman, J-M.K. Ambouta. 2015a. Effet des touffes de *Guiera senegalensis* sur la production du mil dans la région de Maradi (Niger). *Revue des BioRessources* 5(2):1-13.
- Dan Lamso N., Y. Guero, A. Tankari Dan-Badjo, L. Rabah, B. B. Andre, D. Patrice, A.D. Tidjani, N. Ado Maman, J-M. K. Ambouta. 2015b. Effet des touffes de *Hyphaene thebaica (Mart)* sur la production du mil dans la région de Maradi (Niger). *International Journal of Biological Chemical Sciences* 9(5):2477.
- Dan Lamso, N., A.M. Nassirou, G. Yadiji. 2022. Assisted Natural Regeneration (RNA): an efficient practice for soil fertility management of cultivated tropical ferruginous soils in Niger. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 36(2):609-618.
- De Rouw, A. 2000. Rendements élevés et rendements sûrs: deux objectifs des agriculteurs Sahéliens au Niger, In: Floret, C., R. Pontanier (eds.). *La Jachère en Afrique Tropicale. Rôles, Aménagement, Alternatives*: 120–126. John Libbey Eurotext.
- Diallo, M.B., P.B.I. Akponikpe, T. Abasse, D. Fatondji, E.K. Agbossou. 2021. Combined effect of trees and soil fertility management practices on millet yields in the Sahel. *Agroforestry Systems* 95:717–730.
- Dick, R.P., M. Sène, M. Diack, M. Kouma, A. Badiane, N.A.S. Samba, I. Diédhiou, A. Lufafa, E. Dossa, F. Kizito, S. Diédhiou, J. Noller, M. Dragila. 2009. The native shrubs *Piliostigma reticulatum* and *Guiera senegalensis*: the unrecognized potential to remediate degraded soils and optimize productivity of sahelian agroecosystems. International Colloquium for the Great Green Wall of Africa, 11 - 12 February 2009. UNDP, World Bank, and Ministry of the Environment, Senegal.
- Dossa, E.L., I. Diédhiou, M. Kouma, M. Sène, A.N. Badiane, S.A.N. Samba, K.B. Assigbetse, S. Sall, A. Lufafa, F. Kizito, R.P. Dick, J. Saxena. 2013. Crop productivity and nutrient dynamics in a shrubbased farming system of the Sahel. *Agronomy Journal* 105:1237-1246.
- Douma, S., I. Soumana, A. Mahamane, A. Ichaou, J-M.K. Ambouta, M. Saadou. 2011. Restauration de plages nues d'une brousse tachetée au Niger. *Afrique Science* 7(1):77–92.
- ELD. 2019. Evaluation économique des pratiques de gestion durable des terres à Maradi, Niger. Rapport. *The Economics of Land Degradation*. 54pp.
- Emeterio, J.L.S., F. Alexandre, J. Andrieu, A. Génin, C. Mering. 2013. Changements socio-environnementaux et dynamiques des paysages ruraux le long du gradient bioclimatique nord-sud dans le sud-ouest du Niger (régions de Tillabery et de Dossa). *VertigO* 3(3).

- Giffard, P.L. 1964. Les possibilités de reboisement en *Acacia albida* au Sénégal. *Bois et Forêts des Tropiques* 95:21-33.
- Goma-Tchimbakala, J., M. Ndongou-Hockemba, A.Kokolo, A.N.S. Mboussou-Kimbangou. 2005. Variations des apports de litière et d'éléments minéraux dans les plantations de limba (*Terminalia superba*) au Congo. *Tropicultura* 23(1):53-59.
- Hamidou, Z., S. Mahamane, N.H. Bismarck, B.V. Bado, F. Lompo, A. Bationo. 2014. Effet de la combinaison des fumures organo-minérales et de la rotation niébé-mil sur la nutrition azotée et les rendements du mil au sahel. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 8(4):1620-1632.
- Hamissou, A.N. 2005. Etude de faisabilité technique, économique et organisationnelle d'un marché de bois issu de la régénération naturelle dans la grappe de Dan Saga à Aguié au Niger. Mémoire de fin d'Etudes, Protection de l'Environnement et Amélioration des Systèmes Agraires Sahéliens. Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture (CRESA).
- Haglund, E., J. Ndjeunga, L. Snook, D. Pasternak. 2011. Dry land tree management for improved household livelihoods: farmer managed natural regeneration in Niger. *Journal of Environmental Management* 92:1696-1705.
- Hassane, A., C. Reij. 2020. Post-project impacts of restoring degraded land in Tahoua, Niger. *ETFRN News* 60:35-42.
- Herrmann, S.M., G. Tappan. 2013. Vegetation impoverishment despite greening: A case study from central Senegal. *Journal of Arid Environments* 90:55-66.
- Institut National de la Statistique (INS). 2015. Rapport d'activités de l'INS. 27pp.
- Institut National de la Statistique (INS). 2018. Enquete sur la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire des ménages au Niger. Rapport final. 108pp.
- Institut National de la Statistique (INS). 2019. Annuaire Statistique 2013-2018. Edition 2018, Ministère du Plan, de l'Aménagement du Territoire et du Développement Communautaire, République du Niger. 245pp.
- Issoufou, H.B-A, S. Delzon, J-P. Laurent, M. Saâdou, A. Mahamane, B. Cappelaere, J. Demarty, M. Oï, S. Rambal, J. Seghier. 2013. Change in water loss regulation after canopy clearcut of a dominant shrub in Sahelian agrosystems, *Guiera senegalensis* J. F. Gmel. *Trees* 27:1011 - 1022.
- Kadadé, A. 1999. Système de production et gestion de la fertilité des sols dans la rônieraie de Gaya : cas de terroir de Bana. Mémoire de fin d'étude, CRESA, Niamey, 68pp.
- Karimou Barké, M., K.J-M. Ambouta, A.D. Tidjani. 2015. Cartographie des potentialités agricoles et forestières de la région Maradi. In: Maradi Kwalliya international workshop/colloque: La coexistence intercommunautaire et la construction de la paix dans l'Histoire de la région de Maradi. 14- 16 December 2015, Maradi, Niger.
- Kho, R.M., B. Yacouba, M. Yayé, B. Katkore, A. Moussa, A. Iktam, A. Mayaki. 2001. Separating the effects of trees on crops: The case of *Faidherbia albida* and millet in Niger. *Agroforestry Systems* 52:219-238.
- Kizito, F., M. Dragila, M. Sène, A. Lufafa, R.P. Dick, I. Diédhiou, E. Dossa, M. Khouma, S. Ndiaye, A. Badiane. 2006. Seasonal soil water variation and root patterns among two semi-arid shrubs coexisting with pearl millet in Senegal, West Africa. *Journal of Arid Environments* 67:436-455.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304: 1623-1627.
- Larwanou, M., M. Saadou. 2005. Biodiversity of ligneous species in semi-arid to arid zones of southwestern Niger according to anthropogenic and natural factors. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105:267-271.
- Larwanou, M., M. Saadou. 2012. Impacts des activités de restauration des terres sur la végétation au Niger. *Journal des Sciences de l'Environnement* 1(1):1-15.

Larwanou, M., I. Oumarou, I. Laura Snook, I. Danguimbo, O. Eyog-Matig. 2010. Pratiques sylvicoles et culturales dans les parcs agroforestiers suivant un gradient pluviométrique nord-sud dans la région de Maradi au Niger. *Tropicultura* 28:115-122.

Larwanou, M., M. Abdoulaye, C. Reij. 2006. Etude de la régénération naturelle assistée dans la région de Zinder (Niger). Une première exploration d'un phénomène spectaculaire. USAID/EGAT. 48pp.

Lawali, S., A. Diouf, B. Morou, K. Abdou Kona, L. Saidou, C. Guero, A. Mahamane. 2018. Régénération naturelle assistée (RNA): outil d'adaptation et résilience des ménages ruraux d'Aguié au Niger. *International Journal of Biological Chemical Sciences* 12(1):75-89.

Loupe, D. 1991. *Guiera senegalensis*, espèce agroforestière? *Bois et Forêts des Tropiques* 228:41-57.

Maazou, M.H. 2019. Caractérisation de la végétation ligneuse issue de la régénération naturelle assistée (RNA) et Évaluation de son effet combiné aux fertilisants sur la culture associée mil-nièbe dans la commune de Guidan Sori. Masters thesis, Université de Diffa, Niger. 76pp.

Malam Boukar, A.K., A.D. Tidjani, B. Yamba, P. Lebailly. 2016. Performance et circuit de commercialisation des principaux produits agricoles des cuvettes oasiennes du département de Gouré (Niger). *International Journal of Biological Chemical Sciences* 10(5):2202-2214.

Mamane, A. 2017. Dynamique des peuplements ligneux dans les agrosystèmes au centre Sud du Niger: cas des régions de Maradi, Tahoua et Zinder. Masters thesis, Université Dan Dicko Dankoulodo, Maradi, Niger. 66pp.

Mamoudou, A.T. 2010. Evaluation du milieu d'utilisation des technologies développées par l'ICRISAT: cas de Sadoré, dans le département de say au Niger. Masters thesis, Université Abdou Moumouni, Niamey. 50pp.

Mansour, A.M., A.M. Zoubeirou, A. Kadri, J-M.K. Ambouta, N. Dan Lamso. 2013. Effet de l'arbre *Acacia senegal* sur la fertilité des sols de gomméraires au Niger. *International Journal of Biological Chemical Sciences* 7 (6):2328-2387.

Moussa, H. 1997. Germination du palmier doum (*Hyphaene thebaica Mart*) et analyse de son interaction avec le mil (*Pennisetum glaucum*) en zone semi-aride au Niger. Thesis, Laval University, Québec, Canada. 181 pp.

Moussa, I. 2007. Impact de la régénération naturelle assistée (RNA) des ligneux sur la minimisation des risques environnementaux : cas de départements d'Aguié et Magaria (Niger). Mémoire de Master, Université Abdou Moumouni. 55pp.

Moussa, M., L. Mahamane, M. Saadou. 2015. Caractérisation des peuplements ligneux des parcs à *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. et à *Prosopis africana* (Guill., Perrot et Rich.) Taub. du centre-sud Nigérien. *Journal of Applied Biosciences* 94:8890–8906.

Moussa, M., L. Mahamane, K. Saley, M. Saadou. 2016. Resilience to stress of woody species in *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. and *Prosopis africana* (Guill., Perrot and Rich.) Taub. parklands in the Sahelian Niger. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 8(3):107-124.

Moussa, M., L. Mahamane. 2018. Allometric models for estimating aboveground biomass and carbon in *Faidherbia albida* and *Prosopis africana* under agroforestry parklands in drylands of Niger. *Journal of Forestry Research* 29: 1703–1717.

Moussa, M., T. Abasse, I.K. Abdou, L. Mahamane. 2019. Applying an indirect method for estimating and modelling the aboveground biomass and carbon for wood energy in the arid ecosystems of Aïr Tenéré of Niger. *Journal of Ecology and the Natural Environment* 11 (9): 115-126.

Moussa M., T. Abasse, H. Rabiou, A. Aboubacar. L. Mahamane. 2020. Analysis of the fruit value chain of two priority food woody species of central southern Niger, West Africa. *Open Journal of Forestry* 10:277-292.

- Moussa M., L. Mahamane. A. Gebrekirstos, T. Abasse. 2020. Wood anatomy and response to climate variability of *Faidherbia albida* and *Prosopis africana* using dendrochronology in the Sahelian agroforestry parklands. In: Dagar J.C., S.R. Gupta, D. Teketay (eds.). *Agroforestry for Degraded Landscapes*. Springer, Singapore.
- Nicholson, S.E. 2005. On the question of the "recovery" of the rains in the West African Sahel. *Journal of Arid Environments* 63:615-641.
- Ouédraogo A., A. Thiombiano, K. Hahn-Hadjali, S. Guinko S. 2006. Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso. *Sécheresse* 17(4):485-91.
- Ozer, P., Y.C. Hountondji, A.J. Niang, S. Karimoune, M.O. Laminou, M. Salmon. 2010. Désertification au Sahel : Historique et perspectives. *Bulletin de la Société Géographique de Liège* 54:69-84.
- PASADEM. 2015. Rapport d'achèvement de Projet d'Appui à la Sécurité Alimentaire et au Développement dans la Région de Maradi. Rapport principal et appendices 78pp.
- Pasiecznik, N., C. Reij (eds.). 2020. Restoring African Drylands. *ETFRN News* 60. 266pp.
- Pasiecznik, N., C. Reij (eds.). 2021. Restauration des terres arides de l'Afrique. *ETFRN News* 60. 292pp.
- PPILDA. 2005. Note sur les techniques de Régénération Naturelle Assistée et de protection des terres agricoles dans la zone d'intervention du PPILDA. Projet de Promotion de l'Initiative Locale pour le Développement à Aguié (PPILDA). Report. 10 pp.
- Pye-Smith, C. 2013. The quiet revolution: how Niger's farmers are re-greening the parklands of the Sahel. ICRAF Trees for Change no. 12. Nairobi: World Agroforestry Centre.
- Rabiou, H., M. Moussa, T. Abasse, A. Mahamane, L. Mahamane, P. van Damme. 2020. Structure et régénération des peuplements naturels de *Balanites aegyptiaca* (L.) et *Ziziphus mauritiana* suivant un gradient écologique dans la région de Maradi au Niger. *Afrika Focus* 33 (1):83-104.
- Reij, C., G. Tappan, M. Smale. 2009. Agroenvironmental transformation in the Sahel: Another kind of "Green Revolution." *IFPRI Discussion Paper* 00914. International Food Policy Research Institute, Washington DC.
- Reij, C., D. Garrity. 2016. Scaling up farmer-managed natural regeneration in Africa to restore degraded landscapes. *Biotropica* 48 (6):834-843.
- Reij, C., R. Winterbottom. 2015. Scaling up greening: six steps to success. A practical approach to forest and landscape restoration. World Resources Institute, Washington DC.
- Reij, C., N. Pasiecznik, S. Mahamoudou, H. Kassa, R. Winterbottom, J. Livingstone. 2021. Les succès de la restauration des terres arides au Sahel et dans la Grande Corne de l'Afrique montrent comment élargir l'échelle et l'impact. *ETFRN News* 60: 1-28.
- Rinaudo, T. 2007. The development of farmer managed natural regeneration. *LEISA Magazine* 23(2):32-34.
- Rinaudo, T. 2010. Une brève histoire de la régénération naturelle assistée: l'expérience du Niger. Vision mondiale et SIM. ECHO Note technique. Fort Myers, USA. 27pp.
- Rochette, R.M. 1989. Le Sahel en Lutte contre la Désertification: Leçons d'Expériences. Comité Inter -Etats de Lutte Contre la Sécheresse au Sahel. Programme Allemand/CILSS. Verlag Josef Margraf. 573 pp.
- Sabiou, Y. 2019. Évaluation des effets de combinaison des fertilisants sur le rendement de mil (*Pennisetum glaucum*) dans les champs à Régénération Naturelle Assistée (RNA) de la commune de Sarkin Yamma. Masters thesis. Université de Diffa, Niger. 77pp.
- Saidou, S. 2021. Etude des potentiels d'adaptabilité et de reproductibilité de bonnes pratiques d'utilisation et de gestion des terres en zones fortement anthropisées dans un contexte de changement et variabilité climatique au Sahel: Cas des expériences des Communes d'Aguié et d'Ibohamane au Niger. PhD thesis. Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger. 175pp.

- Tahirou, H., M.M. Abdou, S. Lawali, A. Diouf, S. Idrissa, M. Moussa, M.Z. Alzouma. 2019. Variables agro-écologiques indicatrices de performance dans l'évaluation de la vulnérabilité alimentaire et nutritionnelle. *Journal of Humanities and Social Science* 24(8):10–21.
- Tahirou A., G. Ibro. 2006. Analyse des impacts socioéconomiques des investissements dans la gestion des ressources naturelles. Etude de cas dans les régions de Maradi, Tahoua et Tillabéry au Niger. Etude Sahélienne Niger. CRESA, Niamey et Vrije Universiteit Amsterdam. 57pp.
- Tappan, G., M. McGahuey. 2007. Tracking environmental dynamics and agricultural intensification in southern Mali. *Agricultural Systems* 94:38–51.
- Weber, J.C., C.S. Montes, A. Kalinganire, T. Abasse, L. Mahamane. 2015. Genetic variation and clines in growth and survival of *Prosopis africana* from Burkina Faso and Niger: comparing results and conclusions from a nursery test and a long-term field test in Niger. *Euphytica* 205(3):809–821.
- Weber, J.C., C. Sotelo Montes, T. Abasse, C.R. Sanquetta, D.A. Silva, S. Mayer, G.I.B. Muniz, R.A. Gracia. 2017. Variation in growth, wood density and carbon concentration in five tree and shrub species in Niger. *New Forests* 204: 10.
- Weston, P., R. Hong, C. Kaboré, C.A. Kull. 2015. Farmer-managed natural regeneration enhances rural livelihoods in dryland West Africa. *Environmental Management* 55:1402–1417.
- Yamba, B. 1993. Ressources ligneuses et problème d'aménagement forestier dans la zone agricole du Niger. Université Michel de Montaigne Bordeaux III. Tome 1. 391 pp.
- Yamba B., M. Sambo. 2012. La régénération naturelle assistée et la sécurité alimentaire des ménages de 5 terroirs des départements de Kantché et Mirriah (Région de Zinder). FIDA/IFAD, Niamey, Niger.
- Yamba, B. 2017. Echelle et impact de la Régénération Naturelle Assistée au Niger. Rapport technique. 69p. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable.
- Yelemou, B., B.A. Bationo, G. Yameogo, J.M. Millogo, J. Rasolodimby. 2007. Gestion traditionnelle et usages de *Piliostigma reticulatum* sur le Plateau Central du Burkina Faso. *Bois et Forêts des Tropiques* 291 :55–66.
- Zakari, A.H., B. Mahamadou et T. Adam . 2016. Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique: défis et perspectives. *International Journal of Biological Chemical Sciences* 10(3): 1262-1272.
- Zarafi, M., T. Abasse, M. Bokar, A. Niang, C.O. Traoré. 2002. Analyse de l'adoption de la régénération naturelle assistée dans la région de Maradi au Niger. 2ème atelier régional sur les aspects socio-économiques de l'agroforesterie au Sahel, Bamako 4-6 March 2002. CERRA (Maradi), INRAN (Niamey), ICRAF (Bamako).
- Zounon, F.C.S. 2021. Perceptions paysannes de la pratique de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) et optimisation de ses effets sur la productivité agricole suivant un gradient agro-écologique au centre-sud du Niger. PhD thesis, Université Abdou Moumouni, Niger. 180pp.
- Zounon, F.C.S., T. Abasse, M. Moussa, H. Rabiou, B. Vincent, D. Tidjani, A. Karimou. 2020. Effet de la combinaison régénération naturelle assistée (RNA) et microdose d'engrais sur la production du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br) dans les zones agro-écologiques du centre-sud du Niger. *European Scientific Journal* 16(6):317-338.



**Centre Régional d'Enseignement  
Spécialisé en Agriculture (CRESA)**

Université Abdou-Moumouni  
BP 10960 Niamey  
Niger  
+227 20 73 39 42  
cresany@refer.ne  
www.uam.edu.ne



**Tropenbos International**

Horaplantsoen 12  
6717LT Ede  
the Netherlands  
tropenbos@tropenbos.org  
www.tropenbos.org