



[Des innovations agroécologiques dans un contexte climatique changeant en Afrique]



Niger (CARI, 2007)



Valentine Debray

Sommaire

Liste des abréviations	3
Liste des illustrations	4
Introduction	5
Méthodologie	7
Partie 1: Effets attendus du changement climatique sur l'agriculture dans les quatre zones d'étude	11
1.1) Quelles tendances majeures en Afrique ?	11
1.1.1 Evolutions des températures observées et attendues en Afrique	11
1.1.2 Evolutions du régime pluviométrique observées et attendues en Afrique	12
1.2) Quelles conséquences pour l'agriculture?	12
1.2.1 Effets des évolutions des températures sur l'agriculture	13
1.2.2 Effets de l'évolution des régimes pluviométriques sur l'agriculture	15
1.3) Quels enjeux du changement climatique pour l'agriculture dans les quatre zones d'étude ? 17	
1.3.1 Dans la zone aride	17
1.3.1 Dans la zone subaride	19
1.3.3 Dans la zone subhumide.....	23
1.3.4 Dans la zone tropicale humide	25
Partie 2: Pratiques agroécologiques d'adaptation au changement climatique	29
2.1) Quelques définitions utiles.....	29
2.1.1 Adaptation, résilience et agroécologie.....	29
2.1.2 Quelle pertinence de l'agroécologie pour l'adaptation au changement climatique?	29
2.1.3 L'agriculture paysanne	30
2.1.4 L'innovation dans les systèmes agricoles.....	30
2.2) Stratégies d'adaptation agroécologiques dans les quatre zones d'étude.....	31
2.2.1 Caractérisation de systèmes agricoles pertinents à étudier.....	31
2.2.2 Les systèmes oasiens des régions arides	33
2.2.3 Différents niveaux d'intégration culture-élevage en Afrique subaride et subhumide	38
2.2.4 Les systèmes agropastoraux des régions subarides	39
2.2.5 Les systèmes polyculture-élevage des régions subhumides	46
2.2.6 Les systèmes agroforestiers des régions tropicales humides.....	53
Partie 3: Exemples de combinaisons de pratiques agroécologiques pour accroître la résilience des systèmes agricoles	62
3.1) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone aride : dans les oasis mauritaniennes 62	

3.2) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone subaride : dans la région de Niayes, Sénégal.....	63
3.3) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone subaride : dans le Sud de Madagascar	64
3.4) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone subaride/subhumide : au Burkina Faso	65
3.5) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone subhumide : dans la région des plateaux, au Togo.....	67
3.6) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone subhumide : dans le Nord de la Côte d'Ivoire	68
3.7) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone tropicale humide : dans le pays Bamiléké, Ouest du Cameroun.....	69
3.8) Facteurs clés de l'adoption de pratiques par les paysans.....	70
Conclusion	71
Bibliographie	73
Table des annexes	80
Annexes	80

Liste des abréviations

ACF	Action Contre la Faim
ACP	Pays Africain, des Caraïbes et du Pacifique
AMCEN	Conférence ministérielle africaine sur l'environnement
ARFA	Association pour la Recherche et la Formation en Agroécologie
AVSF	Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières
CARE	ONG de solidarité internationale
CARI	Centre d'Actions et de Réalisations Internationales
CCD	Commission Climat et Développement, de Coordination Sud
CCFD	Comité Catholique contre la Faim et pour le Développement
CFSI	Comité Français de Solidarité Internationale
CNULD	Convention des Nations Unies pour la Lutte contre la Désertification (UNCCD)
COP	Conférence Des Parties
CSFD	Comité Scientifique Français de lutte contre la Désertification
CUMA	Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
FIDA	Fonds International de Développement Agricole
FTS	Fertilizer Tree Species (Espèces d'Arbres Fertilisants)
GIEC (IPCC)	Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat (Intergovernmental Panel on Climate Change)
GRET	Groupe de Recherches et d'Echanges Technologiques
GTD	Groupe de Travail Désertification
IRAM	Institut de Recherches et d'Applications des Méthodes de développement
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
PIB	Produit Intérieur Brut
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PROMMATA	Association pour la PROMotion d'un Machinisme Moderne Agricole à Traction Animale
RAC	Réseau D'action Climat
RADDO	Réseau Associatif de Développement Durable des Oasis
RHK	Réseau des Horticulteurs de Kayes, Mali
SRI	Système de Riziculture Intensive
UNEP	United Nations Environment Programme (programme des Nations Unies pour l'environnement)
UNFCCC	Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique
URD	Groupe Urgence Réhabilitation Développement

Liste des illustrations

Figure 1 - Schéma récapitulatif de la méthodologie	8
Figure 2 – Délimitation des 4 zones d'étude	9
Figure 3 – Evolution de la température annuelle moyenne en Afrique, 1901-2012.....	11
Figure 4 – Evolution de la pluviométrie annuelle moyenne en Afrique, 1951-2012.....	12
Figure 5 – Evolution attendue de la production céréalière en Afrique entre 2000 et 2080	14
Figure 6 – Zone climatique aride.....	17
Figure 7 – Zone climatique subaride.....	20
Figure 8 – Zone climatique subhumide	23
Figure 9 – Zone climatique tropicale humide.....	25
Figure 10 – Principaux systèmes agricoles en Afrique Sub-Saharienne	32
Figure 11 – Une oasis marocaine	33
Figure 12 - Analyse par échelle des innovations agroécologiques dans les systèmes oasiens.....	35
Figure 14 - Enjeux pour les paysans des oasis et pratiques agroécologiques.....	37
Figure 14 – Niveaux d'intégration culture-élevage	39
Figure 15 – Système agropastoral au Niger.....	39
Figure 16 - Analyse par échelle des innovations agroécologiques dans les systèmes agropastoraux ..	43
Figure 17 - Enjeux pour les agropasteurs et pratiques agroécologiques	45
Figure 18 – Système mixte au Togo	47
Figure 19 - Analyse par échelle des innovations agroécologiques dans les systèmes de polyculture- élevage	50
Figure 20 - Enjeux pour les paysans avec des systèmes de polyculture-élevage et pratiques agroécologiques.....	52
Figure 21 – Utilisation du sol dans la region du lac Alaotra, Madagascar.....	54
Figure 22 - Analyse par échelle des innovations agroécologiques dans les systèmes agroforestiers ..	57
Figure 23 - Enjeux pour les paysans avec des systèmes agroforestiers et pratiques agroécologiques	59
Figure 24 – Système d'irrigation californien	62
Figure 25 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques dans des oasis de Mauritanie....	63
Figure 26 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques au Sénégal.....	64
Figure 27 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques dans le Sud de Madagascar.....	65
Figure 28 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques au Burkina Faso	66
Figure 29 - <i>Cajanus Cajan</i> , Togo.....	67
Figure 30 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques au Togo.....	67
Figure 31 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques en Côte d'Ivoire	68
Figure 32 – Exemple d'association de cultures au pays Bamiléké, Ouest Cameroun	69
Figure 33– Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques à l'Ouest du Cameroun	69
Tableau 1 - Description des climats de Köppen	9
Tableau 2 - Principaux enjeux du changement climatique pour les paysans des zones arides d'Afrique	19
Tableau 3 – principaux enjeux du changement climatique pour les paysans des zones subarides d'Afrique.....	22
Tableau 4 – Principaux enjeux du changement climatique pour les paysans des zones subhumides d'Afrique.....	24
Tableau 5 – Principaux enjeux du changement climatique pour les paysans des zones tropicales humides d'Afrique	27

Introduction

Une élévation des températures moyennes et de la variabilité pluviométrique sont attendues dans de nombreuses régions du monde selon les scénarios de changement climatique. Ces évolutions sont souvent associées à des événements climatiques extrêmes plus fréquents. De tels changements ont et auront des effets négatifs sur l'agriculture et la sécurité alimentaire. En effet, l'irrégularité des saisons de culture, les vagues de chaleur ou le manque d'eau perturbent les cycles de croissance des plantes et la production animale, limitant la disponibilité des aliments pour les populations humaines. Cette évolution du climat est largement accélérée par les émissions de gaz à effet de serre issues des activités humaines. Le changement climatique devrait donc être atténué par la réduction de ces émissions et l'augmentation de la séquestration de ces gaz. Cependant, même si l'on mettait en place des mesures d'atténuation, ce qui n'apparaît pas comme une priorité pour la majorité des pays pour le moment, le changement climatique aurait quand même des conséquences significatives pour les activités agricoles. Par conséquent, pour maintenir et améliorer la sécurité alimentaire, des stratégies d'adaptation doivent être élaborées. Les populations africaines font partie des plus vulnérables face au changement climatique, du fait de leurs situations géographiques et économiques. Dans certaines régions du continent, où la variabilité climatique actuelle limite déjà la production agricole, le changement climatique pourrait l'inhiber complètement en l'absence de mesures pour adapter les systèmes agraires existants aux nouveaux contextes. Les paysans, qui représentent 70 à 80% des agriculteurs en Afrique, seront très certainement les plus vulnérables face au changement climatique. Il est donc urgent de trouver des solutions pour maintenir la production agricole sur tout le continent et améliorer les conditions de travail. Les paysans ont développé des systèmes agraires en constante adaptation à la variabilité climatique. Les pratiques agroécologiques qu'ils mettent en place représentent un potentiel majeur pour faire face aux enjeux de gestion durable des ressources naturelles et de la croissance démographique. Les ONG locales et internationales qui travaillent pour le maintien et le développement de l'agriculture paysanne en Afrique et ailleurs doivent s'intéresser à ces techniques traditionnelles et émergentes. Les paysans ont de meilleure chance d'accepter et de s'approprier des innovations si elles viennent des personnes qui en ont réellement besoin. Il est donc nécessaire de recenser les pratiques des paysans et d'étudier leur pertinence dans des contextes divers pour l'adaptation au changement climatique.

Des études portent sur l'adaptation au changement climatique, tandis que d'autres soulignent le potentiel de l'agroécologie pour une production agricole durable. Cependant, le lien entre ces deux thèmes n'a pas été étudié en détails. Cette étude vise à lier changement climatique, adaptation et agroécologie, en répondant aux questions suivantes :

- Quels changements climatiques sont observés et attendus dans différentes zones climatiques d'Afrique ?
- Comment ces évolutions influencent-elles déjà et affecteront-elles les systèmes agraires en Afrique ?
- Comment les pratiques agroécologiques mises en place par les paysans contribuent-elles à leur adaptation au changement climatique ?
- Dans quelle mesure l'agroécologie est-elle pertinente pour faire face aux enjeux du changement climatique et de la sécurité alimentaire ?

L'étude est géographiquement limitée à quatre zones climatiques majeures d'Afrique : aride, subaride, subhumide et tropicale humide. Premièrement, les tendances majeures du changement climatique et leurs effets concrets sur les systèmes agricoles dans chacune des quatre zones sont identifiées. Ensuite, la deuxième partie caractérise un système agricole

réfèrent pour chacune des zones avant de présenter les pratiques agroécologiques recensées dans ces systèmes qui contribuent l'adaptation au changement climatique. La troisième partie regroupe des exemples de combinaisons de pratiques agroécologiques qui contribuent à renforcer la résilience des systèmes agricoles paysans face aux effets du changement climatique. Enfin, dans la dernière partie de l'étude, le potentiel de telles pratiques pour l'adaptation au changement climatique est évalué, pour conclure sur la pertinence de l'agroécologie pour faire face au changement climatique.

Méthodologie

Comment l'étude a-t-elle été menée ?

Caractérisation des principales tendances du changement climatique

En premier lieu, une étude bibliographique (publications scientifiques dont rapports du GIEC et bibliographie fournie par les partenaires ONG) a été réalisée pour caractériser les changements climatiques observés et attendus dans les quatre zones d'étude et les impacts sur l'agriculture en Afrique. En parallèle, des discussions avec deux chercheurs de l'IRD ont permis de renforcer ces informations. Les résultats de cette caractérisation ont été revus par plusieurs personnes incluant des acteurs d'ONG, des chercheurs de l'IRD et des professeurs d'agroécologie.

Identification et présentation de systèmes agricoles pertinents à étudier

Dans la deuxième partie, des systèmes agricoles référents ont été identifiés par les deux et caractérisés. Un système agricole a été choisi pour chacune des quatre zones, selon deux critères : leur représentativité des activités agricoles dans la zone, et leur lien avec les principes agroécologiques. Le choix de ces systèmes a été discuté avec les différents partenaires ONG travaillant en Afrique¹, pour être finalement validé. Ensuite, une revue bibliographique et des discussions avec des experts ont permis de caractériser ces systèmes référents.

Recensement de pratiques agroécologiques dans les systèmes référents

Des interviews ont été menées avec 16 personnes de 11 ONG françaises qui mènent des projets en agroécologie en Afrique. Pour chaque zone, au moins une personne a été interviewée, afin d'obtenir des informations sur les quatre zones (voir guide d'entretien en Annexe 2). Les entretiens ont été menés en face à face, au téléphone ou sur Skype. Les notes en résultant ont ensuite été retranscrites, avant d'être organisées en grilles de lecture regroupant les principaux éléments.

A partir des grilles de lecture et de l'information fournie par la bibliographie, un tableau Excel a été rempli, recensant toutes les pratiques agroécologiques mentionnées. Ces résultats ont été triés selon les différentes zones d'étude et présentés dans des tableaux plus synthétiques (voir Annexes 4 à 7). L'information recueillie spécifiquement sur les systèmes référents a ensuite été organisées en graphiques et « mind maps » pour être analysées (en partie 2).

Evolution de la méthodologie

Initialement, un des objectifs de l'étude était de présenter une pratique agroécologique en détails à chacune des échelles (parcelle, exploitation, territoire) pour chaque système référent. Il est apparu au cours des entretiens avec les partenaires, qu'il serait plus pertinent de suivre une approche plus systémique. Au lieu d'une pratique par échelle, l'étude s'est alors centrée sur des exemples de combinaisons de pratiques agroécologiques mises en place par les paysans et qui contribuent à accroître la résilience de leurs systèmes face au changement climatique. De nouveaux entretiens ont alors été menés avec 6 experts d'ONG africaines de différents pays (voir guide d'entretien en Annexe 3).

La méthodologie de l'étude est résumée en [Figure 1](#):

¹ Voir liste des enquêtés en Annexe 9

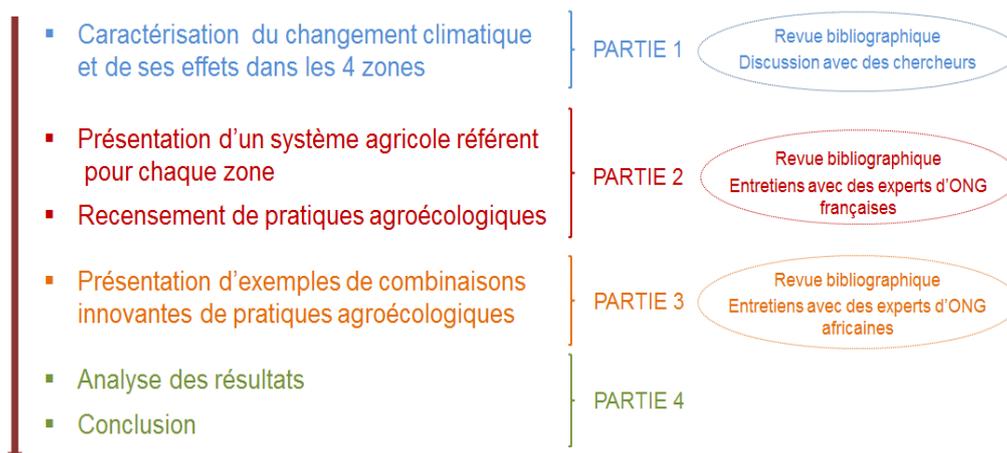


Figure 1 - Schéma récapitulatif de la méthodologie

Limites de l'étude

Cette étude est loin d'être exhaustive. En effet, afin de donner une vision globale des innovations agroécologiques dans les quatre zones d'étude, principalement des experts d'ONG françaises menant des actions dans les différentes régions africaines ont été interviewés. Même si quelques ONG locales ont aussi été sollicitées, le sujet pourrait être approfondi directement avec les paysans africains. En outre, s'intéresser uniquement à des systèmes agricoles référents laisse de côté d'autres systèmes qui sont peut-être aussi importants. De plus, l'information disponible était plus restreinte pour les zones les plus humides, du fait que les enquêtés travaillent généralement plus dans les zones plus arides où les effets du changement climatique sont déjà plus clairement identifiés.

Justification et caractérisation des quatre zones d'étude

Pourquoi ces quatre zones ?

Le changement climatique variant largement d'une région à l'autre, ses impacts doivent être considérés à l'échelle régionale. Le continent africain a été divisé selon la classification climatique de Köppen-Geiger (présentée en Annexe 1). Le climat du continent est contrôlé par des interactions maritimes et terrestres complexes, qui génèrent des climats variés des tropiques humides au Sahara aride. Quatre zones ont été sélectionnées, à l'intérieur desquelles les conditions climatiques sont relativement homogènes. Selon la carte de Köppen-Geiger, les climats dominants en Afrique sont le climat Aride B (57.2%) (en rouge et orange sur la carte), suivi du climat Tropical A (31.0%) (en bleus clair et foncé sur la carte) (Peel et al., 2007). Nous avons choisi des régions qui sont soumises soit au climat aride, soit au climat tropical, afin qu'elles soient suffisamment représentatives de l'hétérogénéité du continent africain. De plus, nous nous concentrons sur des régions où le changement climatique va très certainement impacter significativement les systèmes agricoles et les populations locales. En effet, des changements moins brutaux sont attendus dans les zones équatoriales et côtières (Christensen et al., 2007), qui ne sont pas étudiées ici (en gris sur la carte).

1st	2nd	3rd	Description
A	f	- Rainforest	Zone 4
	m	- Monsoon	
	w	- Savannah	Zone 3
B	W	- Arid	Zone 1
	S	- Desert	
	h	- Steppe	Zone 2
k	- Hot		
C		- Cold	
		Temperate	
	s	- Dry Summer	
	w	- Dry Winter	
	f	- Without dry season	
D	a	- Hot Summer	
	b	- Warm Summer	
	c	- Cold Summer	
		Cold	
E	s	- Dry Summer	
	w	- Dry Winter	
	f	- Without dry season	
	a	- Hot Summer	
	b	- Warm Summer	
E	c	- Cold Summer	
	d	- Very Cold Winter	
		Polar	
T		- Tundra	
F		- Frost	

Tableau 1 - Description des climats de Köppen (Source: Peel M. C., Finlayson B.L., MCMAGON T.A, Hydrology and Earth System Sciences Discussions Vol.11, n°5, 2007, p.1638. 2007)

Identification et présentation des 4 zones

Le Tableau 1 résume les différents types de climats. Les climats tempérés et froids n'ont pas été sélectionnés comme ils sont peu représentatifs des climats africains. Nous étudierons les zones climatiques suivantes, qui sont mises en évidence en Tableau 1 et délimitées en Figure 2:

Zone 1: Aride

(tropical sec) qui correspond au Désert (climats BWh et BWk).

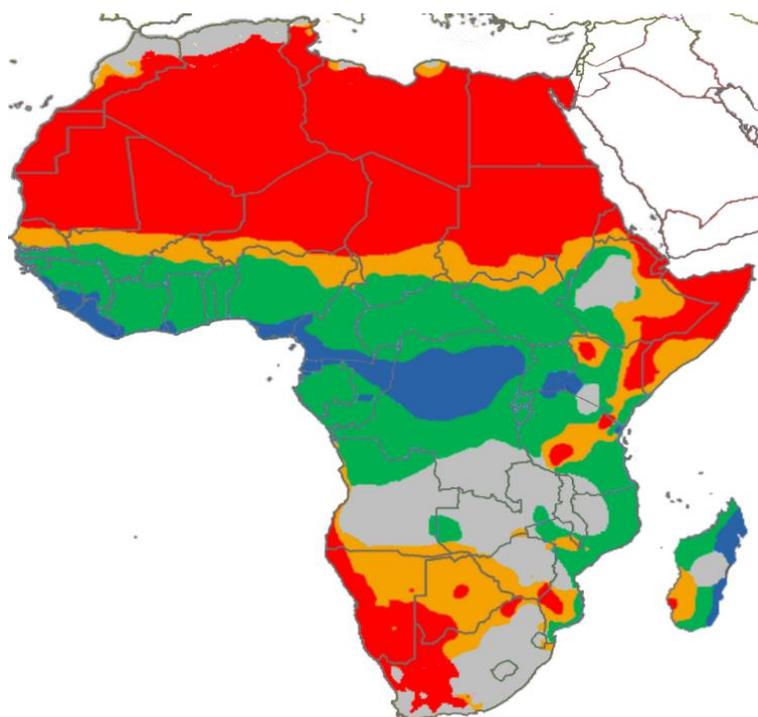
Zone 2: Subaride

qui correspond à la steppe chaude "Hot Steppe" (climat BSh²).

Zone 3: Subhumide(ou tropical humide et sec), qui correspond à la Savane "Savannah" (climat Aw).

Zone 4: Tropicale humide

qui correspond à la forêt tropicale "Rainforest" (climat Af) et Mousson "Monsoon" (climat Am).



Légende

- Zone 1: Aride
- Zone 2: Subaride
- Zone 3: Subhumide
- Zone 4: Tropicale humide
- Zones non considérées dans l'étude

Figure 2 – Délimitation des 4 zones d'étude (adapté de: Peel M. C., Finlayson B.L., MCMAGON T.A, Hydrology and Earth System Sciences Discussions Vol.11, n°5, 2007, p.1638. 2007)

La zone aride est caractérisée par un climat sec. Les régions « arides » peuvent être définies comme des régions avec un déficit pluviométrique structurel (World Bank, 2013). Ce type de climat implique de faibles précipitations et/ou concentrées dans de courtes périodes entre de longues périodes sans pluie. Ces régions reçoivent globalement moins de 50 mm de pluie par

² Au sein du climat BS, nous avons choisi d'étudier uniquement BSh (steppe chaude), et pas BSk (steppe froide).

an, avec un déficit pluviométrique durant au moins 8 mois. Les précipitations représentent moins de la moitié de l'évapotranspiration potentielle. De plus, l'amplitude thermique est importante entre le jour et la nuit (jusqu'à 50°C de différence). Pendant la journée, la température moyenne est comprise entre 20 et 25°C et peut aller jusqu'à 49°C. Les déserts chauds et secs sont soumis à des températures élevées pendant l'automne et l'été et très élevées au cours de l'été. Ces régions abritent une végétation rare : principalement des arbustes et des arbres bas adaptés au climat (International Sustainability Council, 2013).

La zone subaride est limitrophe des zones désertiques, avec des conditions climatiques similaires à celles des déserts. Elle reçoit 250 à 500 mm de pluie par an. La saison sèche dure la majeure partie de l'année, suivie par une courte saison plus humide. Les régions subarides sont aussi caractérisées par des extrêmes saisonniers : la température moyenne du mois le plus chaud dépasse les 29°C tandis que celle du mois le plus froid descend à 16°C. La végétation se compose principalement d'herbes courtes, procurant du fourrage aux animaux.

La zone subhumide se trouve entre la forêt tropicale et le biome désert. Son climat est caractérisé par deux saisons distinctes : une longue saison sèche (hiver), suivie d'une saison très humide (été) pouvant durer jusqu'à 6 mois. La mousson débute en mai, avec en moyenne 380 à 650 mm de pluie pendant cette période. La distribution des pluies est inégale : le climat est plus humide vers les forêts tropicales et plus sec vers les déserts. Ces conditions d'humidité et de chaleur favorisent la croissance d'une végétation herbacée dense, avec quelques arbustes et des arbres isolés, qui offrent du fourrage aux animaux.

La zone tropicale humide est caractérisée par la pluie qu'elle reçoit toute l'année, avec une moyenne de 1250 à 6000 mm, tombant principalement pendant l'été. Les précipitations sont très variables d'un mois à l'autre, avec des sécheresses hivernales dans certaines régions. De plus, certaines zones sont sujettes aux tempêtes et cyclones tropicaux liés aux précipitations importantes. La température moyenne varie entre 20 à 34°C, avec des maximales pendant l'été et des minimales pendant l'hiver qui dure 2 à 4 mois. Ce climat favorise une végétation dense (International Sustainability Council, 2013).

Partie 1: Effets attendus du changement climatique sur l'agriculture dans les quatre zones d'étude

1.1) Quelles tendances majeures en Afrique ?

Une partie de l'énergie accumulée dans les océans est ensuite redistribuée sur la surface terrestre, entraînant une augmentation globale des températures. Les scientifiques du Groupement Intergouvernemental d'Experts sur le Climat (GIEC) modélisent ces changements climatiques pour déterminer des scénarios pour le futur. Le scénario le plus optimiste, appelé « scénario à faibles émissions », qui considère une réduction des émissions de gaz à effet de serre, estime que les températures globales devraient augmenter de 1 à 2°C en Afrique, en comparaison avec les températures moyennes du 20^{ème} siècle, pour se stabiliser d'ici 2100. Un scénario pessimiste, considérant des émissions importantes, prédit une élévation des températures de 3.5 à 5°C d'ici 2100 ; réchauffement qui devrait s'accroître dans les décennies suivantes si les émissions continuent d'augmenter (Masson-Delmotte, 2015). Cette élévation des températures devrait être particulièrement rapide en Afrique. Elle devrait concerner la majorité du continent africain d'ici la fin du 21^{ème} siècle, avec des changements plus importants dans les régions arides au Nord et au Sud, et des évolutions relativement moins importantes en Afrique centrale (IPCC, 2014).

Le réchauffement influence le régime pluviométrique : le volume et la répartition des précipitations dans le temps et l'espace, impliquant souvent des événements extrêmes. Les changements climatiques majeurs en Afrique qui vont très certainement affecter l'agriculture concernent les températures et les précipitations.

1.1.1 Evolutions des températures observées et attendues en Afrique

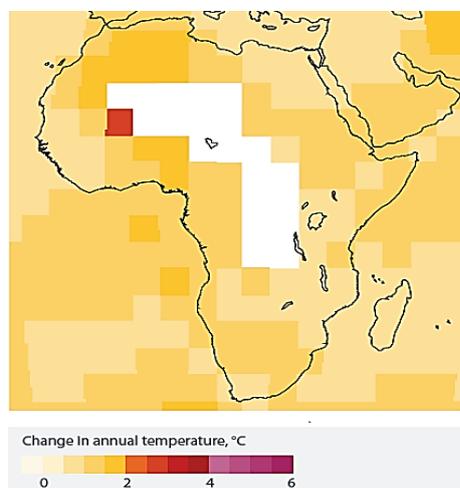


Figure 3 – Evolution de la température annuelle moyenne en Afrique, 1901-2012 (Source: IPCC, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2014, pp.64-65)

Comme le montre la **Figure 3**, la température moyenne annuelle a vraisemblablement augmenté lors du dernier siècle dans la majorité du continent africain, avec une élévation plus rapide des températures minimales que des maximales (IPCC, 2014). Entre 1906 et 2006, Denhez (2007) estime que les températures moyennes ont globalement augmenté de 1.4°C en Afrique.

D'ici 2050, une élévation de 1.5 à 3°C des températures moyennes est attendue, et devrait se poursuivre au-delà. Même si les données historiques manquent pour déterminer des tendances dans de larges zones du continent (zones blanches sur la carte), les températures moyennes devraient augmenter plus vite (66% de chance) dans les régions subtropicales plus sèches que dans les tropiques humides (IPCC, 2014).

En parallèle du réchauffement global, on attend des vagues de chaleur inhabituelles et sans précédent, avec une fréquence accrue durant l'été (World Bank, 2013).

1.1.2 Evolutions du régime pluviométrique observées et attendues en Afrique

Les données disponibles montrent que les régimes pluviométriques évoluent en Afrique, comme on peut le voir sur la **Figure 4**. Le régime pluviométrique varie fortement selon le lieu et le temps, et est donc plus difficile à évaluer que les évolutions de températures. D'un côté, le volume de précipitations a diminué dans certaines zones, principalement en Afrique de l'Ouest et le Nord de Madagascar, où une diminution annuelle moyenne d'environ 25 à 50 mm a été observée entre 1951 et 2010 (Christensen et al., 2007). D'un autre côté, la pluviométrie annuelle moyenne a globalement augmenté chaque décennie dans des régions du Sud et de l'Est de l'Afrique dans la même période (Christensen et al., 2007). Cependant, le régime pluviométrique est très variable en Afrique de l'Est selon le temps et l'espace. De plus, la plupart des régions africaines manquent de données significatives (zones blanches sur la carte) pour tirer des conclusions sur les tendances pluviométriques du siècle dernier (IPCC, 2014). En outre, dans les 30 à 60 dernières années, des événements pluviométriques extrêmes, comme les sécheresses et les pluies violentes, ont été plus fréquemment relevés en Afrique de l'Est (Christensen et al., 2007).

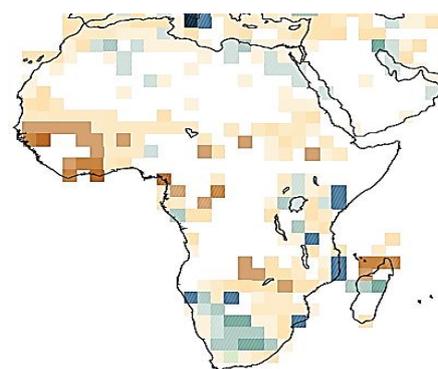


Figure 4 – Evolution de la pluviométrie annuelle moyenne en Afrique, 1951-2012 (Source: IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science. Summary for Policymakers, 2014, p.8)

On estime que la majorité des sub-tropiques vont s'assécher tandis qu'il y aura une augmentation, ou peu de changement des précipitations dans les tropiques (Christensen et al., 2007). On s'attend donc à une expansion des régions arides.

De plus, la pluie sera très certainement plus épisodique et brutale sur tout le continent (Denhez, 2007). En effet, la fréquence des événements extrêmes devraient augmenter : des sécheresses plus fréquentes en Afrique centrale et du Sud ; un risque plus important d'inondations dans la Corne de l'Afrique et une partie de l'Afrique de l'Est (World Bank, 2013).

Globalement, les températures moyennes augmentent en Afrique, et devraient atteindre jusqu'à 3°C d'élévation d'ici 2050. En outre, le régime pluviométrique devient de plus en plus imprévisible, avec une variabilité accrue dans le temps et l'espace. Selon les régions, des événements extrêmes comme les vagues de chaleur, les sécheresses, les pluies violentes et les inondations, devraient aussi devenir plus fréquents et intenses.

1.2) Quelles conséquences pour l'agriculture?

Le 5^{ème} rapport du GIEC (2014) apporte de nombreuses indications du changement climatique dans les décennies récentes qui affecte déjà les systèmes naturels et humains sur tous les continents. Même sous les scénarios les plus optimistes, le changement climatique impactera la sécurité alimentaire, la disponibilité de l'eau, les moyens d'existence et la santé humaine en Afrique. En effet, de nombreux africains dépendent économiquement de secteurs primaires comme l'agriculture, qui est souvent considérée comme l'activité humaine la plus dépendante du climat (Sultan, 2008). Or, cette activité emploie presque 70% de la population dans la majorité des pays africain. Le secteur agricole représente en moyenne 21% du PIB en Afrique, avec une contribution de 10 à 70% selon les pays (Boko et al., 2007). Les évolutions attendues de la pluviométrie, de la température et de la fréquence et l'intensité des événements extrêmes devraient avoir des effets directs et indirects sur l'aridité, les rendements des cultures

et les systèmes d'élevage (World Bank, 2013), mais aussi sur des facteurs socio-économiques : la raréfaction des ressources accentue le risque de conflits.

Les aliments de base en Afrique sont le manioc, le riz, le soja, le blé, le maïs, le mil et le sorgho (Adesina, 2010, cité dans World Bank 2013). En Afrique sub-saharienne³, 97% de la surface cultivée est utilisée en agriculture pluviale et localisée dans les régions subarides, comme les zones tropicales ne sont pas adéquates. De nombreux pays africains n'ont pas de systèmes d'irrigation efficaces (Boko et al., 2007). L'élevage est aussi très important en Afrique, avec une concentration dans les zones subarides et subhumides, à cause de la présence de maladie et la faible digestibilité de l'herbe dans les environnements tropicaux. Les systèmes agricoles sont ainsi très dépendants de la pluie et donc vulnérables aux changements de précipitations et aux sécheresses. Hormis les enjeux du changement climatique, les paysans africains doivent aussi faire face à des contraintes telles que la faible fertilité des sols, les ravageurs, les maladies des cultures et des animaux, et un accès restreint aux intrants et aux semences améliorées (Boko et al., 2007). Les changements et les aléas climatiques aggravent la situation déjà contraignante, menaçant les moyens de subsistance des populations (World Bank, 2013).

1.2.1 Effets des évolutions des températures sur l'agriculture

Les facteurs de l'évolution des températures

Le réchauffement pourrait contribuer à la perte ou la dégradation de terres arables. Une élévation de la température moyenne stimule **le processus de respiration**. Uniquement quand l'eau est suffisamment disponible, la photosynthèse augmente aussi. Ce phénomène implique un risque de perte de carbone dans les sols des zones sèches quand la température augmente (Ciais et al., 2013), ce qui affecte la fertilité du sol. De plus, Mueller et al. (2012, cité dans World Bank 2013) souligne que le rendement potentiel des terres arables est souvent plus élevé que celui atteint, à cause de divers facteurs dont la disponibilité de l'eau. Ces facteurs limitants pourraient être renforcés par les changements climatiques.

L'élévation de la température pourrait aussi impacter directement les cultures, comme leur croissance est étroitement liée à des facteurs environnementaux. Quand la pluie manque et la température augmente, le sol se dessèche et **la température de surface augmente** (World Bank, 2013), ce qui peut avoir différents effets sur les cultures. Premièrement, ce réchauffement peut favoriser **le développement de champignons** qui tuent les jeunes plants si les conditions restent relativement humides. Deuxièmement, le GIEC (2017) rappelle que certaines des principales cultures en Afrique sont très sensibles aux changements de températures. Luo (2011, cité dans World Bank 2013) explique que les cultures comme le maïs, le blé et le sorgho ont **une sensibilité élevée à des seuils de températures importants** et les rendements diminuent significativement quand ces seuils sont dépassés. Par exemple, pour chaque jour du cycle de croissance passé à une température supérieure à 30°C, le rendement du maïs diminue de 1% en comparaison à des conditions optimales sans sécheresse (World Bank, 2013). Le taux de photosynthèse, qui est un facteur clé de la croissance et du rendement, du blé et du riz est à un maximum à 20-32°C. Le réchauffement local pourrait aussi provoquer **une augmentation de l'évapotranspiration potentielle**. Pour survivre sous des conditions plus chaudes, les cultures auront à libérer plus de chaleur sous la forme de l'évapotranspiration. Dans les régions subhumides et plus arides, l'humidité est le principal facteur limitant de la durée de la saison de culture. Le réchauffement **réduirait donc la saison de culture**, provoquant une **baisse de rendement des cultures** et un **risque accru de**

³ Partie du continent africain en dessous du Sahara

mauvaise récolte (World Bank, 2013). En outre, la température, la disponibilité de l'eau et la concentration en CO₂ pourrait limiter la quantité et la qualité des pâturages, en influençant leur composition spécifique. Dans des régions recevant plus de pluie, la présence d'eau permet cependant de limiter le réchauffement de surface.

Conséquences pour la production agricole

Une augmentation de 2 à 3°C des températures moyennes devrait globalement stimuler la production agricole sur la planète ; mais sa distribution sera plus inégale. La répartition des régions productrices de céréales sera modifiée par le changement climatique, accentuant les inégalités actuelles. Les pays les plus chauds devront faire face à des pertes grandissantes de terres arables et un accès de plus en plus restreint à l'eau. D'ici aux années 2080, la proportion de terres arides et subarides devrait augmenter de 5 à 8% en Afrique (IPCC, 2014).

La perte de terres arables sera certainement accompagnée d'une réduction des rendements de cultures. Même une élévation modérée de 1 à 2°C

devrait affecter négativement les rendements des principales céréales, et un réchauffement plus poussé aurait des effets de plus en plus négatifs (World Bank, 2013), même si le degré de perte sera variable selon les régions (IPCC, 2014). La **Figure 5** présente l'évolution attendue de la production céréalière entre 2000 et 2080 en Afrique. On observe que les zones subarides seront certainement les plus affectées, avec une diminution de plus de 50% au Sahel (zones rouges sur la carte). Au contraire, la production céréalière devrait être stimulée dans les zones tropicales humides et certaines régions subhumides (zones vertes sur la carte).

En outre, la chaleur et les sécheresses impactent les animaux. Le changement climatique régional est considéré comme la principale menace à la viabilité économique des systèmes alimentaires pastoraux. La chaleur extrême et le stress hydrique pourrait altérer la nutrition des animaux, leur croissance, leur reproduction, et leur production ; et accroître leur mortalité. L'élevage pourrait aussi être affecté par le développement des maladies stimulé par le réchauffement. De plus, la dégradation des pâturages pourrait restreindre la disponibilité des nutriments pour les animaux et donc limiter la quantité et la qualité de la production. Cependant, les grandes exploitations seraient plus vulnérables au réchauffement que les petites car elles reposent sur des espèces comme les bovins qui sont moins résistants. Les petits paysans élèvent généralement des espèces comme les chèvres qui sont plus tolérantes aux températures élevées. Néanmoins, les deux types d'exploitations sont considérées vulnérables aux évolutions de la pluviométrie (World Bank, 2013).

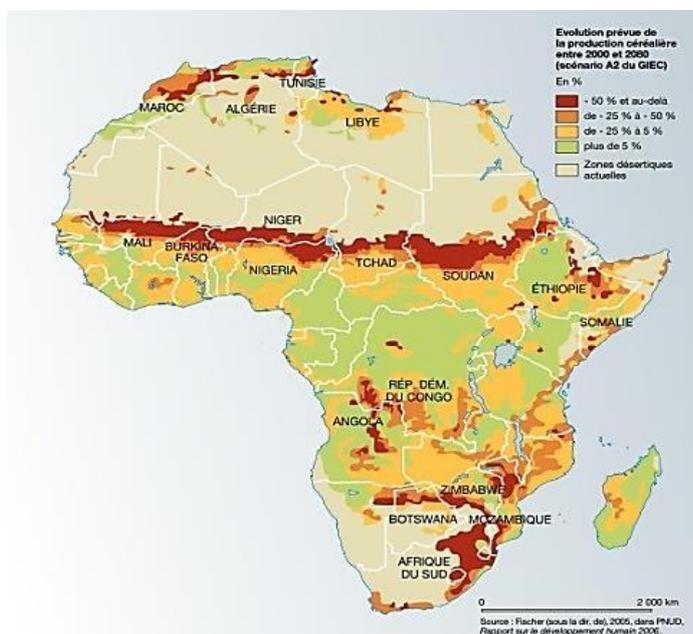


Figure 5 – Evolution attendue de la production céréalière en Afrique entre 2000 et 2080 (PNUD, Rapport mondial sur le développement humain, 2005)

Facteurs et conséquences des températures extrêmes

Hormis le réchauffement global, les évènements extrêmes affecteront aussi l'agriculture en Afrique même si leurs conséquences n'ont pas été clairement identifiées à ce jour. Les vagues de chaleur, qui devraient affecter une proportion grandissante du continent, impacteront négativement les systèmes de production agricole (World Bank, 2013). Schellnhuber et al. (2013) souligne leur impact sur la couverture végétale et la menace d'extinction qu'elles représentent pour des espèces végétales variées. De plus, Patz et al. (2008, cité dans World Bank 2013) explique que les extrêmes climatiques peuvent modifier l'écologie des pathogènes, même si peu de recherche a été menée sur le sujet. Plus le réchauffement sera important, plus les effets seront négatifs sur la production agricole (World Bank, 2013).

1.2.2 Effets de l'évolution des régimes pluviométriques sur l'agriculture

Facteurs de l'évolution du régime pluviométrique

Dans les régions où la moyenne pluviométrique devrait diminuer, les sources d'eau seront de plus en plus restreintes. La qualité du sol est un autre facteur majeur de l'évolution des zones agricoles. Dans les régions soumises à l'aridité, la couche de sol fertile s'amincira. De plus, le régime pluviométrique influence la qualité et la quantité des plantes dans les pâturages, comme leur croissance dépend de la disponibilité de l'eau. Si l'eau manque, seules les espèces les plus compétitives, qui ne sont pas nécessairement les plus nutritives, pourront survivre. En outre, l'imprédictibilité grandissante de la pluviométrie influence la saison des pluies (dates de début et de fin, durée, quantité de pluie).

Conséquences pour la production agricole

Le régime des précipitations pourrait affecter indirectement les systèmes agricoles. L'évolution de la pluviométrie pourrait exacerber les inégalités existantes quant à la disponibilité de l'eau entre les régions (World Bank, 2013) et accentuer l'isolement des aquifères de certaines zones de productions, limitant la production végétale et animale.

Les changements de pluviométrie pourraient aussi avoir des impacts négatifs directs sur la production agricole. En effet, une aridité accrue affectera les rendements des cultures, qui devraient diminuer à mesure que la saison de culture se raccourcit (Denhez, 2007).

En outre, la variabilité pluviométrique a des implications directes et indirectes pour l'élevage. Elle influence différents facteurs de la production animale, dont la quantité et qualité des aliments et la surface de pâturage disponible. Barbier et al. (2009, cité dans World Bank 2013) observent que la distribution temporelle de la pluie importe plus pour les pasteurs que la quantité totale de précipitations. Cependant, une augmentation de la pluviométrie peut mener à une évolution des pâturages vers la forêt ; au développement de vecteurs de maladies ; et à la conversion des éleveurs vers la production végétale (Boko et al., 2007). Le stress hydrique peut aussi directement affaiblir les animaux, en particulier car la consommation d'eau augmente avec l'élévation des températures.

Facteurs et conséquences des précipitations extrêmes

La durabilité et la qualité des terres arables dépendent de l'intensité et de la fréquence d'évènements climatiques comme les sécheresses et les pluies violentes, qui altèrent la qualité du sol (Denhez, 2007). De plus, les plantes pourrissent à cause des pluies violentes et sont attaquées par les parasites favorisés par de telles conditions climatiques.

Dans de nombreuses régions africaines, le changement climatique n'est pas complètement compris (Boko et al., 2007) et ses impacts locaux ne peuvent pas être simulés. Des processus comme la pluie, l'évaporation et l'infiltration ne sont pas bien représentés. Or ce sont les phénomènes qui ont les impacts écologiques et sociétaux les plus importants car ils affectent les climats locaux, à l'échelle de l'agriculture (Sultan, 2008). De plus, il existe des incertitudes sur les projections climatiques, la réponse de différentes cultures aux changements de conditions climatiques, et sur la combinaison de modèles climatiques et de simulation de cultures qui reposent sur des échelles temporelles et spatiales différentes. Les modèles climatiques sont généralement cohérents sur le réchauffement en Afrique alors que les projections sur les précipitations sont moins certaines (Boko et al., 2007).

En outre, même si le changement climatique devrait affecter l'agriculture surtout de manière négative en Afrique, Müller et al. (2011, cité dans World Bank 2013) suggèrent qu'il pourrait aussi avoir une influence positive, selon le type d'exploitation et de culture et si des mesures d'adaptation sont prises. Par exemple, des cultures pourraient répondre positivement à une augmentation de la concentration en CO₂ atmosphérique qui stimulerait la photosynthèse et l'efficacité de l'utilisation de l'eau, et donc la production de grain. Cependant, des cultures majeures comme le maïs, le sorgho et le mil ne sont pas très sensibles à cette concentration, et l'ampleur de ces effets reste incertaine.

Une part importante de la population des pays africain dépend de la production agricole (végétale et animale) comme moyen de subsistance et pour leur sécurité alimentaire. Cette situation les rend extrêmement vulnérables aux effets du changement climatique. En effet, les systèmes pluviaux des paysans africains sont particulièrement sensibles à la pluviométrie. L'accroissement de la variabilité pluviométrique devrait restreindre encore plus l'accès à la ressource en eau ; raccourcir la saison de culture ; impacter la fertilité des sols ; et altérer la qualité et la quantité des pâturages disponibles. Ces facteurs limiteraient la productivité animale et végétale. En outre, le réchauffement menace la production agricole. Il contribue à la dégradation des sols et à la perte de terres arables ; à la réduction de la productivité animale et végétale ; à l'altération des couvertures végétales ; et au développement des ravageurs et des maladies. Les rendements de l'agriculture pluviale pourraient diminuer de 50% dans certains pays d'ici 2020 ; et le revenu net des cultures de 90% d'ici 2100 (Somorin et al., 2010).

La part relative de la température et des précipitations dans les effets du changement climatique sur l'agriculture varie selon les régions. Elle est difficile à évaluer comme ces facteurs sont étroitement liés et interagissent. La modification des rendements dans les zones arides pourrait être due principalement aux changements de pluviométrie, alors qu'elle est plus dépendante des températures dans les zones équatoriales et tempérées (World Bank, 2013).

De plus, des événements extrêmes (sécheresses, vagues de chaleur, pluies violentes, inondations...) pourraient avoir des conséquences significatives qui sont pour le moment incertaines (Rötter et al., 2011, cité dans World Bank 2013).

Le changement climatique devrait donc affecter l'agriculture en réduisant les surfaces disponibles pour la culture et le pâturage ; en diminuant la durée de la saison de culture et le potentiel de rendement ; et en limitant la productivité animale. Il est donc urgent d'identifier et de mettre en place des solutions afin de maintenir et d'améliorer la sécurité alimentaire des populations africaines vulnérables et de prévenir l'extension des conflits.

Dans la section suivante, les effets du changement climatique sur l'agriculture dans chacune des quatre zones d'étude sont étudiés plus en détails. Ces quatre zones présentent une grande diversité de systèmes agricoles, dépendants de facteurs variés comme le climat, l'environnement et la culture des populations. Cette étude se concentre sur l'agriculture rurale plutôt que sur la production péri-urbaine. De plus, nous nous intéresserons aux stratégies des paysans, qui représentent la grande majorité des agriculteurs en Afrique.

1.3) Quels enjeux du changement climatique pour l'agriculture dans les quatre zones d'étude ?

1.3.1 Dans la zone aride

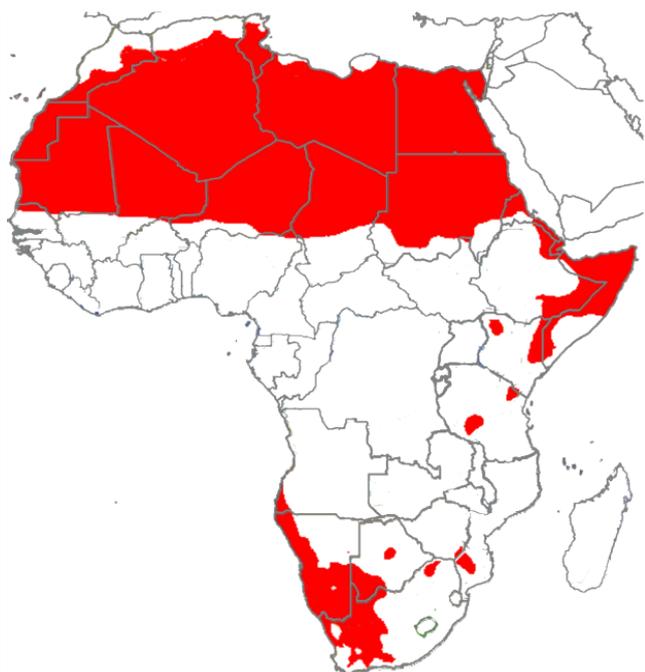


Figure 6 – Zone climatique aride

L'agriculture en Afrique aride

Les régions arides dépendent de la saison humide pour l'approvisionnement en eau. Les températures élevées et les sols secs, qui absorbent plus d'humidité, accentuent ce phénomène. De plus, la production agricole est sujette à des contraintes majeures comme la faible fertilité des sols, due à un taux restreint de matière organique, et la présence d'adventices et de ravageurs. L'agriculture est principalement vivrière, avec des céréales et des légumineuses dans des systèmes pluviaux ou basés sur des systèmes d'irrigation spécifiques. Ils produisent aussi des racines, des fibres, des fruits et des légumes en plus petites quantités. L'élevage est restreint par la faible disponibilité des pâturages (Wellington, 2007).

Changements climatiques en Afrique aride

Dans la zone aride, le climat devient plus sec et plus chaud en moyenne au cours de l'année. Selon le scénario le plus pessimiste, des associations locales s'attendent à une diminution de 50% de la pluviométrie au Maroc et en Algérie d'ici 2060 (Cheneval et Michel-Queirel, 2012). En outre, les événements climatiques extrêmes comme les sécheresses, les vagues de chaleur et les inondations devraient se multiplier (Kabat et al., 2002 cité dans World Bank 2013). Le nombre de jours de vagues de chaleur par an devrait augmenter au cours du 21^{ème} siècle (IPCC, 2014). Dans la Corne de l'Afrique et en Afrique du Nord Est, les modèles climatiques globaux prévoient une augmentation de la pluviométrie alors que les modèles régionaux prédisent des conditions plus sèches. Si les précipitations venaient à augmenter, elles seraient concentrées dans des périodes de pluies violentes au lieu d'être réparties sur l'année, accentuant le risque d'inondation (Schellnhuber, 2013).

Effets sur les ressources en eau

Les ressources en eau seront affectées par ces évolutions climatiques. Globalement dans cette zone, la surface arable diminuera à mesure que les zones arides et désertiques s'étendront (Cheneval et Michel-Queirel, 2012). Les conditions plus sèches accentueront le manque d'eau

et limiteront davantage l'accès à l'eau pour les paysans alors que les besoins en eau des cultures augmenteront du fait de l'élévation des températures. Il y aura donc une augmentation globale du besoin d'irrigation, alors que l'incertitude de la pluviométrie et du débit des rivières s'accroissent. Les zones de production sont de plus en plus isolées des aquifères. En Egypte, environ 85% de la ressource en eau annuelle totale est consommée par l'agriculture, qui contribue à environ 20% du PIB (Boko et al., 2007). Dans ce pays, plus de 70% de la surface cultivée dépend de systèmes d'irrigation de surface peu efficaces qui génèrent des pertes importantes, des rendements limités et des problèmes d'engorgement et de salinité. Les pratiques agricoles non durables impactent la qualité de l'eau, qui peut à terme affecter les sols irrigués et les cultures.

Effets sur les sols et les paysages

Le changement climatique devrait exacerber les effets de facteurs anthropiques (déforestation, feux, érosion...etc.) sur la qualité du sol. L'évapotranspiration, stimulée par des températures élevées et une faible pluviométrie, limite les ressources en eau du sol qui se dessèchent et devient de plus en plus sensible à l'érosion. De plus, la fréquence accrue des événements extrêmes comme les pluies violentes à la suite de périodes sèches devraient accentuer l'érosion. Une évaporation plus importante augmente aussi la salinité du sol. Le réchauffement pourrait en outre être responsable d'une perte de fertilité du sol, en stimulant le processus de décomposition qui peut générer des pertes de matière organique. L'agriculture dans la zone aride sera donc affectée par la dégradation accélérée des sols.

Implications pour l'agriculture

Des associations locales s'attendent à un impact négatif du changement climatique sur les rendements des cultures de base d'ici 2020. Les besoins hydriques des cultures irriguées augmenteront avec la hausse de température. Les céréales ont différentes capacités d'adaptation, selon leur résistance aux températures élevées et à une disponibilité restreinte de l'eau. Selon ces associations locales, leurs rendements globaux pourraient diminuer de 5.7 à 14% en Algérie et de 10 à 50% au Maroc. En Egypte, le riz, dont le type de photosynthèse ne supporte pas une élévation rapide et importante de la température, devrait voir ses rendements diminuer, à moins que les paysans n'adaptent sa culture et choisissent des variétés plus adaptées. Le maïs sera aussi impacté par la fréquence des sécheresses. Le blé, qui peut croître sous des climats variés, devrait être moins touché, à moins que l'élévation de la température moyenne ne dépasse les 4°C (Denhez, 2007). Le changement climatique affectera aussi les rendements des légumineuses. Des experts locaux projettent que de petites et moyennes exploitations irriguées vont se convertir à des systèmes pluviaux à mesure que la disponibilité de l'eau diminue. En outre, les changements de climat pourraient favoriser l'émergence de ravageurs et de maladies des cultures et des animaux qui n'existaient pas auparavant dans les zones arides.

Influence sur la sécurité alimentaire

Le changement climatique pourrait exacerber les problèmes socio-économiques. Au Maghreb, des associations locales prédisent que la dégradation des ressources naturelles et la diminution des rendements agricoles provoqueront une diminution importante de l'offre céréalière d'ici 2050. De plus, le réchauffement limitera la capacité de stockage. Le GIEC (2007) estime que d'ici 2100, certaines régions du Sahara seront les plus vulnérables, avec des pertes agricoles de l'ordre de 2 à 7% du PIB. En outre, les prix instables des denrées alimentaires les rendent moins accessibles aux populations vulnérables. Les changements climatiques menacent donc la sécurité alimentaire dans les zones arides. De plus, la sécheresse en Somalie a accentué les

conflits et l'insécurité. Elle a mené au déplacement de nombreux somaliens dans le pays et vers l'Éthiopie et le Kenya (USAID, 2012 et McMichael, 2012, cité dans World Bank 2013).

L'agriculture de subsistance des régions arides africaines est menacée par les changements climatiques majeurs suivants : une élévation des températures annuelles moyennes ; une réduction de la pluviométrie annuelle moyenne ; une variabilité spatiale et temporelle accrue des précipitations ; des sécheresses plus fréquentes et plus longues ; des vagues de chaleurs plus fréquentes et plus intenses ; des inondations plus fréquentes et plus intenses. Ces évolutions engendrent des enjeux majeurs pour les paysans, qui sont résumés dans la [Tableau 2](#).

Tableau 2 - Principaux enjeux du changement climatique pour les paysans des zones arides d'Afrique

Facteur affecté	Impacts sur les ressources naturelles et les moyens de production	Enjeux pour les paysans
Paysage	Extension des zones de désert	Perte de terres arables
Eau	Diminution de la quantité d'eau disponible Incertitude accrue de la disponibilité spatiale et temporelle de l'eau Faible efficacité des systèmes d'irrigation de surface Augmentation des besoins en eau des cultures et des animaux	Approvisionnement insuffisant en eau
Sol	Augmentation de la salinité du sol Accentuation de l'évapotranspiration Perte de matière organique	Diminution de la fertilité des sols
Plantes	Sensibilité des cultures à la chaleur Destruction due aux inondations et aux vagues de chaleur Développement des ravageurs et maladies Limitation de la capacité de stockage des produits	Pertes de cultures Diminution des rendements des cultures Réduction de la durée de vie des produits
Sécurité alimentaire	Réduction des surfaces arables et des rendements des cultures Instabilité des prix des denrées alimentaires Accentuation des conflits et de l'insécurité	Réduction de l'offre céréalière Accès plus incertain aux aliments Migrations de travailleurs

1.3.1 Dans la zone subaride

L'agriculture en Afrique subaride

Dans les régions subarides, la steppe est souvent convertie en surface cultivée et en pâturage. La culture pluviale est la principale source d'aliment et de revenu, pour une population qui augmente. La production agricole est particulièrement dépendante aux facteurs suivants de la pluviométrie : date de début de la saison des pluies, répartition de la pluie pendant la saison humide et quantité annuelle de précipitations. Le type de culture cultivé est lié aux précipitations annuelles moyennes. Dans les régions les plus sèches, on trouve principalement des céréales et des troupeaux, avec des systèmes transhumants. Dans certaines régions subarides,

l'élevage est le principal moyen de subsistance. Au Botswana par exemple, plus de 40% des résidents en dépendent. Dans les zones plus humides, des cultures de rente comme le coton peuvent aussi être cultivées.



Figure 7 – Zone climatique subaride

Changements climatiques en Afrique subaride

Un réchauffement global et une réduction de la pluviométrie annuelle ont été observés dans les régions subarides africaines depuis les années 1960. En Afrique de l'Ouest et au Sahel, le nombre de jours et nuits froids ont diminué tandis que le nombre de jours et nuits chauds ont augmenté entre 1961 et 2000. De plus, des taux importants d'élévation des températures sont attendus dans les zones subarides d'Afrique du Sud, du Botswana et de Namibie (IPCC, 2014). Au Sahel, la pluviométrie annuelle moyenne aurait diminué de 20% depuis les années 1960 (Sultan, 2008). Cette diminution a sérieusement impacté le débit des principaux cours d'eau et le remplissage des points d'eau pour l'agriculture. De plus,

des sécheresses sévères ont affecté le Sahel, la Corne de l'Afrique et le Sud du continent dans les années 1960 (Christensen et al., 2007). Cependant, une augmentation relative de la pluviométrie a été observée dans le Sahel central au cours des dernières décennies, concentrée dans de courtes périodes (LOCEAN et al., 2015). En effet, les modèles régionaux suggèrent une augmentation du nombre de jours de pluie extrême en Afrique de l'Ouest et au Sahel en mai et juillet (IPCC, 2014).

Effets sur les ressources en eau

Le changement climatique va accentuer le stress hydrique existant. La bande Est-Ouest du Sénégal au Soudan, qui sépare le Sahara sec de l'Afrique centrale humide, est qualifiée de zone particulièrement instable à propos de la disponibilité de l'eau (Boko et al., 2007). Les changements climatiques limiteront l'accès à l'eau d'irrigation et réduiront la productivité agricole, en particulier pour les paysans et pasteurs au capital minime. En outre, la variabilité grandissante de la pluviométrie constitue un enjeu majeur pour les paysans qui dépendent de la saison humide pour la culture et la transhumance. En effet, semer au tout début de la mousson génère des rendements plus élevés et plus stables (Sultan, 2008). Les paysans doivent aussi tenir compte des impacts que les périodes sèches peuvent avoir durant les phases critiques du développement de la plante lors de l'élaboration de leur calendrier cultural (Sultan, 2008). La variabilité accrue de la pluviométrie complique la planification.

Effets sur les sols et les paysages

L'évaporation accrue peut provoquer une salinisation et une perte de matière organique, deux phénomènes qui altèrent la fertilité du sol. En outre, les steppes sont parfois sur-pâturées, quand il y a plus d'animaux que la terre ne peut supporter, ce qui dégrade le sol (International Sustainability Council, 2013).

Implications pour l'agriculture

Les évènements climatiques extrêmes affectent la production agricole. Par exemple, au Sahel, les sécheresses et inondations récurrentes des années 1990 et 2000 ont souvent détruit des cultures et posé des problèmes de sécurité alimentaire (IPCC, 2014). Les inondations combinées à l'élévation des températures peuvent favoriser l'émergence de ravageurs et maladies des cultures et des animaux qui n'existaient pas dans ces régions auparavant. En outre, Schellnhuber (2013) soutient qu'un réchauffement de 1.5°C d'ici 2030 pourrait limiter sérieusement la capacité de production du sorgho au Sahel de l'Ouest et au Sud de l'Afrique. De plus, une diminution de 20% de la densité d'arbres au Sahel de l'Ouest a été observée depuis les années 1950, liée à des changements de température et la variabilité pluviométrique (World Bank 2013).

De plus, les changements climatiques impliquent une évolution des systèmes agricoles. Selon la Banque mondiale (2013), les systèmes mixtes cultures-élevage du Sahel et d'Afrique de l'Ouest font partie des plus vulnérables aux changements climatiques. Dans le Sud de l'Afrique, des paysans abandonnent leurs systèmes mixtes pour des systèmes d'élevage pur à cause de la variabilité accrue des pluies et de la réduction des saisons de culture. Dans certaines zones des surfaces mixtes pluviales pourraient évoluer vers des pâturages, avec une perte de surface cultivée. Ces conversions impliquent en outre un risque de manque d'aliment pour l'élevage en périodes sèches (Thornton et al., 2009). En effet, Djoudi et al. (2011, cité dans World Bank 2013) soulignent la dépendance importante des systèmes pastoraux de zones sèches aux ressources naturelles comme le pâturage, le fourrage, les produits forestiers et l'eau, qui sont affectées par le changement climatique.

L'élevage est donc aussi affecté par le changement climatique dans les zones subarides. Premièrement, les sécheresses peuvent impacter les troupeaux, comme ce fut le cas en 1984 dans le delta intérieur du fleuve Niger où plus de 80% des bovins ont été perdus. Aussi au Sud de l'Éthiopie, entre 1995 et 1997, les sécheresses récurrentes ont causé des pertes d'environ 50% des bovins et 40% des moutons et chèvres. Ces évolutions peuvent accentuer la vulnérabilité des populations qui dépendent de l'élevage (Thornton et al. 2009, cité dans World Bank 2013). Deuxièmement, la surface des pâturages diminue dans certaines régions à mesure que la surface des terres inondées se réduit, limitant la transhumance (Sultan, 2008). Au Sénégal, une diminution du taux de charge optimal a été observée, ce qui peut entraîner une baisse de revenus pour les éleveurs. Les sécheresses impactent aussi la diversité et la productivité de la végétation, limitant le fourrage disponible.

Influence sur la sécurité alimentaire

Roncoli et al. (2001, cité dans World Bank 2013) expliquent que le risque climatique et la rareté relative des ressources naturelles entraînent une précarité des moyens de subsistance dans des régions comme le Sahel. De plus, l'influence du changement climatique sur les activités humaines peut entraîner des conflits sociaux. Des populations sont forcées d'abandonner des activités qu'elles ont pratiquées depuis des siècles, ce qui peut provoquer des conflits familiaux. En outre, la compétition accrue pour les terres fertiles crée des conflits territoriaux (Sultan, 2008). Aussi, Faures et Santini (2008, cité dans World Bank 2013) soulignent que la pauvreté relative limite la capacité d'adaptation des populations locales, accentuant leur vulnérabilité, en particulier dans les zones pastorales et agropastorales. Ces zones incluent des parties du Sahel et de l'Angola, de Namibie, du Botswana, du Zimbabwe, de Zambie, du Kenya, et de Somalie.

La culture pluviale et l'élevage, qui sont les principales sources d'aliments et de revenus des populations d'Afrique subaride, sont menacés par les principaux changements climatiques suivants: une élévation des températures annuelles moyennes ; une variabilité spatiale et temporelle accrue de la pluviométrie ; des sécheresses plus fréquentes et plus longues ; des sécheresses intercalaires plus fréquentes ; et des inondations plus fréquentes et plus intenses. Ces évolutions génèrent des enjeux majeurs pour les paysans des zones subarides, qui sont résumés dans le [Tableau 3](#).

Tableau 3 – principaux enjeux du changement climatique pour les paysans des zones subarides d'Afrique

Facteurs affectés	Impacts sur les ressources naturelles et les moyens de production	Enjeux pour les paysans
Paysage	Evolution des systèmes mixtes cultures-élevage vers des systèmes d'élevage pur	Pertes de terres arables
Eau	Diminution de la quantité d'eau disponible Incertitude accrue de la disponibilité spatiale et temporelle de l'eau	Approvisionnement insuffisant en eau Difficulté à prévoir le calendrier cultural
Sol	Augmentation de la salinité du sol Accentuation de l'évapotranspiration Perte de matière organique Surpâturage	Diminution de la fertilité des sols
Plantes	Sensibilité des cultures aux sécheresses et inondations Destruction par les inondations	Diminution des rendements des cultures Pertes de cultures
Animaux	Diminution de la diversité et de la productivité de la végétation des pâturages Diminution du taux de charge optimal Développement des parasites et maladies	Pénurie d'aliment pour l'élevage Diminution de la productivité animale Pertes d'animaux
Sécurité alimentaire	Abandon d'activités traditionnelles Compétition pour les terres fertiles Augmentation de la rareté des ressources naturelles	Conflits sociaux Conflits territoriaux Moyens de subsistance plus précaires

1.3.3 Dans la zone subhumide



Figure 8 – Zone climatique subhumide

Les zones subhumides sont soumises à une grande variabilité des températures et des précipitations, qui pourrait être accentuée par le changement climatique. Par exemple, en Côte d'Ivoire, on observe une variation des dates de début et de fin de la saison des pluies. La quantité annuelle de précipitations a diminué depuis les années 1970, avec une baisse générale de 4.6% par an dans les années 1980, et les saisons humides se sont raccourcies. Une fréquence accrue des tempêtes, pluies violentes et inondations a aussi été observée. De plus, la température journalière maximale moyenne du mois le plus chaud devrait augmenter de 2.5°C maximum d'ici 2050.

Effets sur les ressources en eau

La variabilité grandissante de la pluviométrie perturbe le calendrier agricole, accentuant le risque pour les paysans. En outre, la diminution de la pluviométrie annuelle moyenne devrait impacter la plupart des paysans du fait de la dépendance de leurs pratiques agricoles à la quantité et la répartition saisonnière de la pluie (Comoé et al., 2013). En effet, l'UNCCD (2009) prévoit une réduction de l'humidité du sol avec une augmentation du stress hydrique pour les plantes.

Effets sur les sols et les paysages

Selon Schellnhuber et al. (2013), les évolutions prévues des écosystèmes africains pourraient mener à une diminution de la surface de savanes herbacées. Lorsque le réchauffement global atteindra les 3°C, les savanes devraient diminuer d'environ un quart par rapport à la surface actuelle. De plus, une concentration en CO₂ plus importante devrait favoriser une transformation des prairies en forêts. Les arbres peuvent concurrencer les herbes non tolérantes à l'ombre dans les savanes, intensifiant la perte de pâturage. En outre, de larges zones de savanes agrandissent le désert du Sahara chaque année à cause du surpâturage et de pratiques agricoles non durables (International Sustainability Council, 2013).

Implications pour l'agriculture

La réduction des surfaces de pâturage restreindra la disponibilité du fourrage pour les animaux, affectant les moyens de subsistance des populations. En parallèle, la croissance des plantes

L'agriculture en Afrique subhumide

Les conditions de chaleur et d'humidité des régions subhumides permettent une production hautement diversifiée de végétaux et d'animaux. Les savanes sont généralement pâturées par des bovins et des chèvres. L'agriculture pluviale paysanne fait aussi partie des principaux moyens de subsistance ; principalement des cultures vivrières, même si dans certaines régions les cultures de rentes comme le café et le coton sont bien représentées. Les paysans cultivent principalement le maïs, le mil, le sorgho, le manioc, l'igname, l'arachide, le niébé et des légumineuses fourragères. Les systèmes mixtes culture pluviale-élevage sont aussi prédominants (UNCCD, 2009).

Changements climatiques en Afrique subhumide

Les zones subhumides sont soumises à une

sera limitée par la variabilité pluviométrique, impactant les rendements. Des sécheresses intercalaires⁴ plus fréquentes peuvent aussi sérieusement impacter la production. Les inondations entraînent des pertes d'animaux et de cultures. En 2000, au Mozambique, les inondations et les cyclones ont détruit un tiers de la totalité des cultures (Fleshman 2007, cité dans World Bank 2013). De telles pertes peuvent impacter le PIB. Par exemple, entre 1997 et 2000, le Kenya a dû faire face à des pertes annuelles de 10 à 16% du PIB dues aux inondations. En outre, une humidité plus importante favorise le développement de maladies. Les ravageurs, maladies et adventices devraient ainsi évoluer, impliquant des changements de pratiques pour les paysans.

Influence sur la sécurité alimentaire

Les populations sont exposées aux événements climatiques extrêmes. Par exemple, au Mozambique, les inondations dans la vallée du fleuve Zambezi ont entraîné le déplacement de 90 000 personnes en 2008, dont certaines de manière permanente. En outre, les impacts négatifs sur la santé des animaux peuvent directement affecter la sécurité alimentaire et économique pour les populations qui dépendent de la consommation ou la vente des animaux et leurs produits.

La diversité des productions végétales et animales en Afrique subhumide est menacée par les changements climatiques, et donc les populations qui dépendent de ces activités. Les tendances majeures de ces évolutions climatiques sont : une augmentation des températures moyennes annuelles ; un raccourcissement des saisons des pluies ; une variabilité spatiale et temporelle accrue de la pluviométrie ; des cyclones plus fréquents et plus intenses ; des pluies violentes plus fréquentes et plus intenses ; des inondations plus fréquentes et plus intenses ; et des sécheresses intercalaires plus fréquentes. Ces changements génèrent des enjeux majeurs pour les paysans, qui sont résumés dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Principaux enjeux du changement climatique pour les paysans des zones subhumides d’Afrique

Facteurs affectés	Impacts sur les ressources naturelles et les moyens de production	Enjeux pour les paysans
Paysage	Evolution des prairies en forêts Evolution des prairies en déserts Sensibilité des plantes herbacées aux températures élevées	Perte de pâturages
Eau	Incertitude accrue de la disponibilité spatiale et temporelle de l'eau Diminution de l'humidité du sol Raccourcissement de la saison humide Réduction de l'infiltration de l'eau dans le sol	Approvisionnement insuffisant en eau Difficulté à prévoir le calendrier cultural
Sol	Surpâturage	Diminution de la fertilité des sols

⁴ Sécheresse intercalaire: par exemple 15 jours de sécheresse inattendue pendant la saison humide

Plantes	Développement de ravageurs et maladies Développement d'adventices Sensibilité des cultures aux sécheresses intercalaires Sensibilité des cultures aux inondations et aux cyclones	Diminution des rendements des cultures Pertes de cultures
Animaux	Diminution de la diversité et de la productivité de la végétation des pâturages de savanes Développement de parasites et maladies Sensibilité des animaux aux inondations et cyclones	Pénurie d'aliments pour l'élevage Diminution de la productivité animale Pertes d'animaux
Sécurité alimentaire	Destructions dues aux évènements extrêmes Compétition pour la terre Mauvaise santé animale Extension de l'agrobusiness	Déplacement de populations Sécurités alimentaire et économique menacées

1.3.4 Dans la zone tropicale humide



Figure 9 – Zone climatique tropicale humide

L'agriculture en Afrique tropicale humide

Dans les zones tropicales humides, les conditions climatiques favorisent une végétation dense. La production alimentaire est basée sur les forêts. Le riz pluvial est souvent l'une des cultures de base (International Sustainability Council, 2013).

Changements climatiques en Afrique tropicale humide

La littérature sur l'évolution climatique en Afrique tropicale humide et ses conséquences pour l'agriculture est plus restreinte que pour les autres zones étudiées. Les températures moyennes augmentent globalement tandis que la durée des vagues de chaleur s'allonge. Selon la Banque mondiale (2013), aucune tendance sur le long terme n'a été observée dans les zones tropicales

humides concernant la pluviométrie, même si on estime que les précipitations moyennes annuelles devraient diminuer dans les forêts tropicales (Boko et al., 2007). Au Nord Congo par exemple, les précipitations ont diminué d'environ 3% entre 1960 et 1998 (Somorin et al., 2010).

La pluie devrait se concentrer dans des saisons humides plus courtes, tandis que les périodes de sécheresse s'allongent. En Sierra Leone par exemple, des périodes prolongées de jours secs ont été observés même pendant les saisons humides. En outre, les températures plus élevées et l'humidité de l'air provoquent des pluies extrêmes (Ministry of environment, water and forests of Madagascar, 2006). En effet, les pluies violentes deviendront plus intenses et plus fréquentes à mesure que les températures globales augmentent (Pachauri et al., 2014). De plus, la fréquence des cyclones a doublé au cours des 15 dernières années en comparaison avec les 15 années précédentes dans les zones tropicales humides de Madagascar (expert d'ONG).

Effets sur les ressources en eau

Paeth et al. (2008) prévoient un réchauffement de surface qui affaiblirait le cycle hydrologique dans la majorité de l'Afrique tropicale. La disponibilité de l'eau serait inégalement répartie sur l'année.

Effets sur les sols et les paysages

Paeth et al. (2008) soulignent l'influence de la couverture du sol sur le climat en Afrique tropicale. Ils estiment que les sécheresses de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle en Afrique tropicale ont été au moins en partie la conséquence de l'évolution de la couverture du sol vers moins de végétation. Il est donc primordial de protéger cette couverture dans ces régions, afin de limiter le dessèchement. De plus, maintenir un couvert végétal pourrait limiter les impacts des pluies violentes et des cyclones sur la fertilité des sols.

Implications pour l'agriculture

Les vagues de chaleur plus longues et les sécheresses intercalaires en saison humide pourraient accentuer le stress thermique des cultures et des animaux. Les sécheresses saisonnières perturbent le calendrier cultural des systèmes pluviaux (Ministry of environment of the Democratic Republic of Congo, 2006). Cependant, des plantes tropicales comme le maïs, le sorgho, le mil ou la canne à sucre devraient pouvoir s'adapter. En effet, Denhez (2007) explique que le réchauffement devrait être favorable aux plantes appréciant les climats chauds. Gerardeaux et al. (2012) estiment aussi que la croissance du riz devrait être favorisée par l'augmentation de la température et de la concentration en CO₂ à Madagascar, même si la durabilité des systèmes de riz pluvial est menacée par la diminution des pluies. En Afrique de l'Ouest, des pluies violentes sans précédent ont été observées, perturbant les pratiques agricoles tout en favorisant les adventices. Ces extrêmes pluviométriques, ainsi que les cyclones, causent aussi des pertes de cultures (Jalloh et al., 2013).

Influence sur la sécurité alimentaire

Les événements extrêmes comme les pluies violentes causent des destructions d'infrastructures, ce qui affecte le stockage et la distribution des aliments, donc la sécurité alimentaire.

Les systèmes agricoles pluviaux et basés sur la forêt d'Afrique tropicale humide sont menacés par les tendances majeures du changement climatique suivantes : une augmentation des températures moyennes ; un raccourcissement de la saison des pluies, des cyclones plus fréquents et plus intenses ; des pluies violentes plus fréquentes et plus intenses ; des sécheresses temporaires plus fréquentes et plus longues pendant la saison humide ; et des vagues de chaleurs plus longues. Ces évolutions engendrent des enjeux importants pour les paysans, qui sont résumés dans le [Tableau 5](#).

Tableau 5 – Principaux enjeux du changement climatique pour les paysans des zones tropicales humides d’Afrique

Facteurs affectés	Impacts sur les ressources naturelles et les moyens de production	Enjeux pour les paysans
Paysage	Réduction de la couverture végétale	Réchauffement de la surface et réduction de l’humidité du sol
Eau	Incertitude accrue de la disponibilité spatiale et temporelle de l’eau Raccourcissement des saisons des pluies Diminution de la quantité d’eau disponible	Difficulté à prévoir le calendrier cultural Approvisionnement insuffisant en eau
Sol	Dégradation par les pluies violentes et les cyclones Réduction de la couverture végétale Augmentation de l’érosion des sols	Diminution de la fertilité des sols
Plantes	Sensibilité des cultures aux sécheresses intercalaires Réchauffement de surface Développement des maladies Développement des adventices Sensibilité des cultures aux vagues de chaleur Destruction par cyclones Destruction des infrastructures de stockage par les évènements extrêmes	Diminution des rendements des cultures Pertes de cultures Diminution de la durée de vie des produits
Animaux	Sensibilité des animaux aux sécheresses intercalaires et vagues de chaleur Développement des maladies	Diminution de la productivité animale
Sécurité alimentaire	Destruction des infrastructures par les évènements extrêmes	Accès plus restreint aux marchés

Globalement, les températures augmentent et les régimes pluviométriques deviennent de plus en plus imprévisibles en Afrique, avec des disparités régionales. De plus, des événements climatiques extrêmes divers se multiplient dans de nombreuses régions. Les effets du changement climatique vont très vraisemblablement restreindre la production agricole et l'accès aux aliments dans de nombreux pays africains, dont les populations continuent de croître. La vulnérabilité du secteur agricole est accentuée par des enjeux existants du développement comme la pauvreté, les aspects institutionnels et de gouvernance, un accès limité au capital, la dégradation des écosystèmes et des désastres et conflits complexes. Les paysans seront les plus affectés alors qu'ils contribuent pour près de 90% de la production agricole en Afrique.

Même si la société mondiale arrêta aujourd'hui d'émettre des gaz à effet de serre, le réchauffement serait de toute façon inévitable dans les prochaines décennies (IPCC, 2014). Il est donc urgent de trouver des solutions pour réduire la vulnérabilité des paysans. Si des changements au niveau institutionnel sont difficiles à obtenir, on devrait pouvoir agir à l'échelle des pratiques agricoles⁵. D'un côté, le secteur agricole contribue pour 14% des émissions de gaz à effet de serre (Branca et al., 2013). D'un autre côté, l'agriculture présente un potentiel majeur d'atténuation. En effet, des pratiques améliorées de gestion des cultures et de l'élevage pourraient respectivement permettre une réduction des émissions de CO₂ et de CH₄ et N₂O. En outre, la séquestration du carbone peut être stimulée grâce aux techniques de l'agriculture de conservation, de l'agroforesterie, de gestion améliorée des pâturages et de restauration de terres dégradées. L'adoption de pratiques agricoles durables pourrait donc jouer un rôle majeur dans l'atténuation du changement climatique.

Les paysans mettent en place des techniques agricoles qui conviennent à l'environnement dans lequel ils produisent. En effet, ils ont développé des pratiques qui permettent de subvenir aux besoins des cultures et des animaux selon la disponibilité des ressources naturelles dans des régions variées présentant une grande diversité de climats, de types de sols et de végétation. En réponse aux effets directs et indirects du changement climatique sur la production agricole, les paysans peuvent adapter leurs systèmes afin de continuer à produire des aliments et assurer la sécurité alimentaire. Certains imaginent des pratiques innovantes ou améliorent des techniques traditionnelles pour répondre aux nouvelles conditions climatiques. Parmi la diversité des stratégies d'adaptation paysannes, nous avons choisi de nous concentrer sur les stratégies agroécologiques. La deuxième partie de l'étude présente donc des pratiques d'adaptation basées sur l'agroécologie.

⁵ Le terme "pratique" regroupe les systèmes techniques et organisationnels mis en place par les paysans à différentes échelles: la parcelle, l'exploitation et le territoire.

Partie 2: Pratiques agroécologiques d'adaptation au changement climatique

2.1) Quelques définitions utiles

2.1.1 Adaptation, résilience et agroécologie

Le GIEC définit l'**adaptation** comme le "processus d'ajustement au climat actuel ou attendu et ses effets, afin de modérer leurs impacts ou d'exploiter leurs opportunités" (IPCC 2007, p.452). A mesure que les tendances climatiques évoluent, il est de plus en plus important de mettre en place des mesures d'adaptation pour gérer et réduire les risques liées à ces évolutions pour l'agriculture et pour construire la résilience. C'est la seule option efficace pour que des sociétés puissent faire face aux conséquences inévitables du changement climatique que l'atténuation ne peut pas limiter (IPCC, 2014).

Un agroécosystème peut être résilient par lui-même, si nous laissons les interactions entre ses composants avoir lieu sans les perturber (expert d'ONG). La **résilience** est définie par le GIEC (2012) comme « la capacité d'un système et ses composants à anticiper, absorber, s'accommoder ou se remettre des effets d'un aléa de manière rapide et efficace, notamment en assurant la préservation, la restauration ou l'amélioration de sa structure de base et ses fonctions essentielles ».

L'**agroécologie** est basée sur l'application de concepts et principes écologiques à la production agricole pour optimiser les agroécosystèmes en valorisant les ressources locales avec une dépendance moindre aux intrants externes. Elle vise à maintenir ou imiter les équilibres naturels tout en replaçant l'agriculteur au cœur du processus de production. La gestion des agroécosystèmes est basée sur les savoirs traditionnels, grâce à une approche participative. Selon Pretty (1995, cité dans Altieri 2002), les principes de base de l'agroécologie sont les suivants :

- améliorer le recyclage de la biomasse et optimiser la disponibilité des nutriments et l'équilibre des flux de nutriments ;
- assurer des conditions de sol favorables à la croissance des plantes (gestion de la matière organique, couverture du sol, amélioration de l'activité biologique du sol) ;
- minimiser les pertes d'énergie solaire, d'air et d'eau ;
- promouvoir la diversification génétique des espèces dans le temps et l'espace ;
- valoriser les interactions biologiques favorables.

L'agroécologie inclue aussi des principes sociaux et économiques :

- l'organisation sociale et la transmission des savoirs traditionnels
- la garantie d'un revenu décent aux agriculteurs et leurs familles

L'approche agroécologique est donc multidimensionnelle et peut être appliquée à différentes échelles : la parcelle, l'exploitation et le territoire, tout en gardant à l'esprit une vision holistique.

2.1.2 Quelle pertinence de l'agroécologie pour l'adaptation au changement climatique?

Les pratiques agroécologiques présentent un grand potentiel car elles permettent l'adaptation de la production agricole aux nouveaux contextes climatiques, augmentant la résilience des exploitations familiales. En effet, elles sont en harmonie avec les conditions locales de l'agroécosystème dans lequel elles sont mises en place.

De plus, les conditions générales de mise en œuvre de pratiques agroécologiques peuvent correspondre aux environnements des paysans africains. En effet, elle repose sur un faible capital et une force de travail importante. Cette force de travail est souvent disponible dans les petites fermes gérées par des familles, tandis que le capital est généralement très restreint. Il paraît donc faisable pour les paysans africain de mettre en place des innovations agroécologiques durables. En outre, nombre d'entre eux utilisent déjà ce type de pratiques. La diversification des productions, qui est une des bases de l'agroécologie, leur permet de répartir les risques entre différentes cultures, dans le temps et l'espace. Cette stratégie assure l'approvisionnement en aliment et/ou un revenu en cas de mauvaise récolte d'une culture. Des températures plus élevées pourraient permettre plusieurs cycles de cultures, plus courts, dans la même année (World Bank, 2013). Les rotations de cultures tireraient donc avantage des conditions climatiques nouvelles. La diversification pourrait permettre de compenser pour les pertes potentielles engendrées par le changement climatique. Le développement de telles techniques serait favorisé par les savoirs traditionnels existants sur les pratiques agricoles durables. L'agroécologie apparaît donc comme une approche réaliste pour l'adaptation au changement climatique.

2.1.3 L'agriculture paysanne

En Afrique, la majorité des exploitations est gérée par des familles. Nous nous concentrerons donc sur les systèmes paysans, qui sont promus par les organisations internationales pour le développement et la lutte contre la pauvreté. L'agriculture paysanne se base sur une vision à long terme, incluant une gestion du risque environnemental visant à réduire la vulnérabilité des fermes aux chocs possibles et à assurer une production minimale malgré les contraintes climatiques. Les paysans aspirent donc à préserver l'environnement naturel tout en utilisant ses fonctions. Premièrement, ils cultivent des espèces ayant des caractéristiques et des besoins agronomiques différents. Cette biodiversité constitue une barrière naturelle contre le parasitisme et les adventices. Les paysans contribuent aussi à la préservation du paysage, en maintenant des haies, des zones non cultivées, etc. Une taille raisonnable des troupeaux préserve les prairies et les pâturages ligneux qui agissent en puits de carbone. De plus, les paysans intègrent les productions végétales et animales, pour maintenir, et parfois améliorer, la fertilité des sols. Deuxièmement, les systèmes paysans sont basés sur une utilisation très restreinte de produits chimiques, limitant l'impact sur les ressources en eau. Enfin, les systèmes paysans sont généralement bien intégrés dans l'économie locale, ce qui renforce les systèmes alimentaires locaux. Tous ces mécanismes contribuent à la séquestration du carbone atmosphérique et à la limitation des émissions de gaz à effet de serre, tout en favorisant l'adaptation de l'agriculture paysanne (Confédération paysanne, 2015).

2.1.4 L'innovation dans les systèmes agricoles

L'innovation en agriculture peut faire partie des stratégies d'adaptation. L'**innovation** est définie comme l'application de ressources et de résultats technologiques, institutionnels et humains, à la production, générant de nouvelles pratiques, de nouveaux produits et marchés, de nouvelles institutions et organisations à l'efficacité améliorée (Poole, 2006). Les sources d'innovation sont multiples : elles émergent parmi les agriculteurs, ou émanent d'organismes de recherche ou d'organisation de développement. Dans tous les cas, tous ces acteurs doivent combiner leurs efforts, dans un processus collectif et interactif, pour consolider le concept initial ; pour l'adapter à la diversité des environnements et des exploitations ; et pour déterminer sa validité (Meynard and Casabianca, 2011). Les conditions requises pour l'innovation doivent

être vérifiées, ainsi que ses effets économiques, sociaux et environnementaux dans la diversité des situations rencontrées.

Selon la Banque mondiale (2006), les innovations consistent généralement en de nombreuses petites améliorations dans un processus d'amélioration continu, plutôt qu'en des améliorations radicales. Ces améliorations progressives localisées peuvent être difficile à détecter. De plus, les transformations peuvent être considérées comme innovantes ou pas selon le point de vue. Une pratique peut être innovante dans un contexte donné, alors qu'elle est mise en place depuis longtemps dans un autre.

Les améliorations générales dans les techniques agricoles sont essentielles pour une amélioration des rendements à court et long termes, particulièrement dans un monde qui change rapidement. L'innovation peut contribuer à l'anticipation et l'adaptation et apparait comme un moyen de rester compétitif ou même de survivre. Elle implique divers changements de pratiques qui se développent dans les communautés paysannes (Vall et al., 2014).

2.2) Stratégies d'adaptation agroécologiques dans les quatre zones d'étude

Nous étudions les innovations basées sur des principes agroécologiques qui sont déjà mises en place par les paysans dans leur stratégie adaptative. Les pratiques présentées ne sont pas nécessairement mise en place spécifiquement pour faire face aux effets du changement climatique, mais elles contribuent toute à améliorer la résilience des systèmes agricoles face à ces évolutions. Nous donnons un aperçu des innovations agroécologiques dans chacun des systèmes référents, à différentes échelles : la parcelle, l'exploitation et le territoire⁶. En outre, un lexique des pratiques agroécologiques se trouve en Annexe 8. Comme présenté dans la partie 1, les principes agroécologiques sont basés principalement sur la gestion du paysage, de l'eau, de la fertilité du sol, des plantes et semences, et des animaux. Les pratiques recensées lors des entretiens et dans la littérature seront donc classées selon ces composants de l'agroécosystème. De plus, des stratégies de valorisation de la production garantissant un revenu décent aux paysans, et d'organisation sociale et transmission de savoirs seront brièvement présentées.

2.2.1 Caractérisation de systèmes agricoles pertinents à étudier⁷

Comme mentionné précédemment, un système agricole référent a été identifié pour chacune des zones. Ce sont des systèmes suffisamment larges pour englober une diversité de situations. Ces systèmes agricoles n'incluent pas seulement la production à l'échelle de l'exploitation, mais un cadre plus large (transformation, commercialisation...etc.). La FAO (2001) définit un système agricole comme « une population de systèmes d'exploitations individuels comparables en termes de ressources de bases, de structure d'entreprise, de moyens d'existence et de contraintes des ménages, et pour lesquels il serait approprié d'appliquer des stratégies et des interventions de développement analogues ». Les systèmes référents ont été choisis selon deux critères : leur représentativité et leur caractère agroécologique.

Comme le montre la **Figure 10**, dans la zone aride, une végétation éparse domine (numéro 13 sur la carte). C'est pourquoi des systèmes sophistiqués ont été développés pour s'adapter

⁶ Territoire: une zone particulière utilisée pour ou associée à une activité ou un individu (Houghton Mifflin Harcour, 2014)

⁷ Les références seront présentées comme suit :

- Information provenant de la littérature : (Auteur, année)
- Information provenant des entretiens : (expert d'ONG)

aux conditions climatiques difficiles : les systèmes oasiens, qui ont été sélectionnés pour la zone aride.

Dans la zone subaride, la carte montre qu'on trouve principalement des systèmes agropastoraux mil/sorgho et des systèmes mixtes céréales/racines (numéros 11 et 8). Il apparaît donc pertinent d'étudier les systèmes agropastoraux pour cette zone.

Dans la zone subhumide, on observe une prédominance des systèmes racines, systèmes maïs mixte, systèmes céréales/racines mixtes et systèmes basés sur la forêt (numéros 8, 9, 7 et 3). Compte tenu de l'importance de l'élevage pour les ménages, l'étude portera sur les systèmes mixtes cultures-élevage pour cette zone.

Enfin, dans les régions au climat tropical humide, les cultures ligneuses, les systèmes basés sur les forêts et les systèmes riziculture/cultures ligneuses dominant (numéros 2, 3 et 4). Nous étudierons donc les systèmes agroforestiers pour la zone tropicale humide.

Major Farming Systems Sub-Saharan Africa Map 1

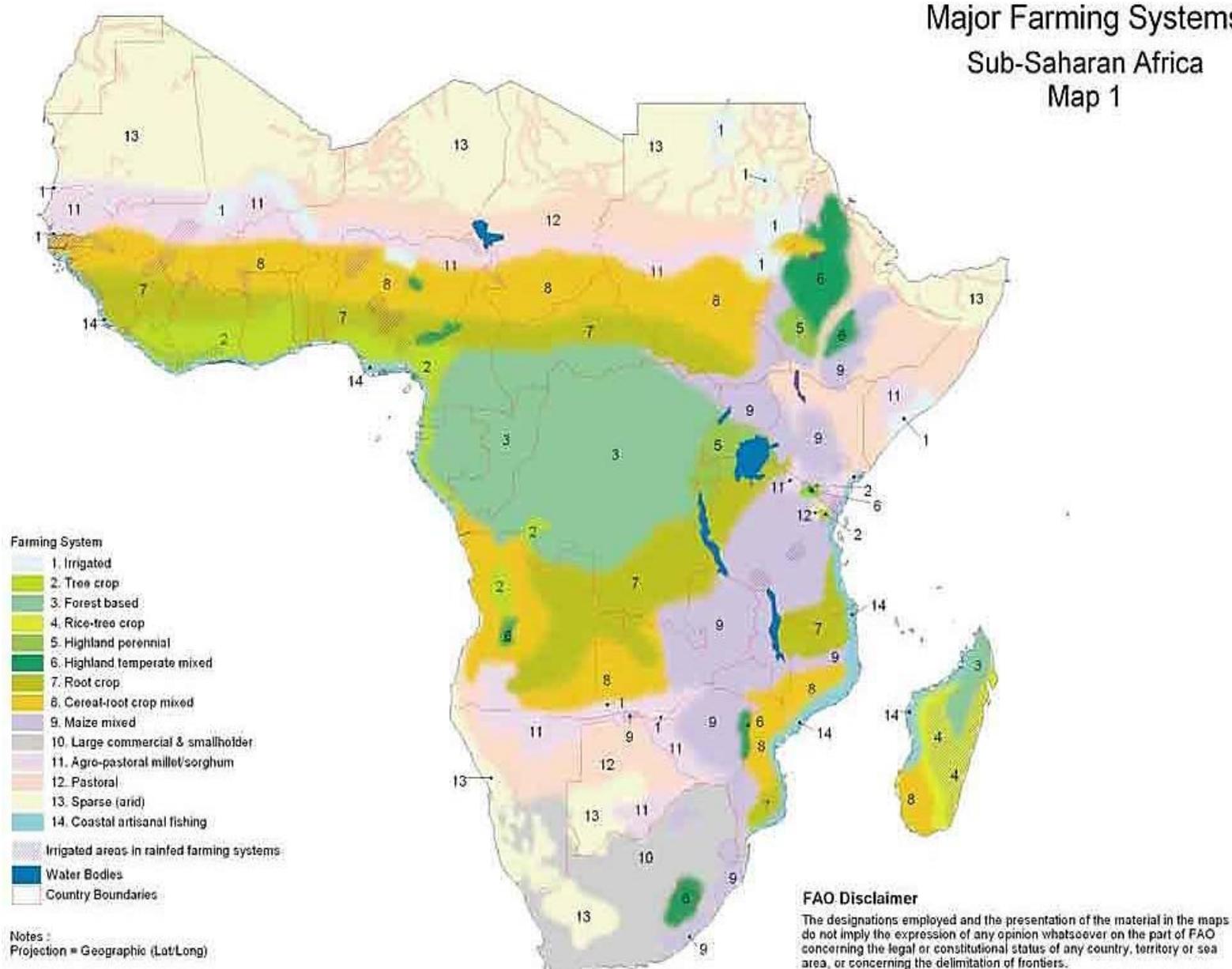


Figure 10 – Principaux systèmes agricoles en Afrique Sub-Saharienne

(Source: FAO, Farming systems and poverty: improving farmers' livelihoods in a changing world, FAO, 2001, p.31)

2.2.2 Les systèmes oasiens des régions arides

Qu'est-ce qui caractérise un système oasien?

Les oasis sont des « îlots de prospérité » dans un environnement aride, qui peuvent abriter des agroécosystèmes intensifiés. Ce sont des lieux de sédentarisation et d'activités économiques et socio-culturelles intenses, dont on estime qu'elles font vivre 10 millions de personnes (Deygout et Treboux, 2012).

En Afrique, on trouve des oasis dans la région Saharienne, où elles se sont développées avec le commerce caravanier. Leur système de culture reste relativement traditionnel.

Un design spécifique en plusieurs strates crée "l'effet oasis", un microclimat basé sur la réduction de la température autour d'une source isolée d'humidité au milieu d'une zone aride. L'humidité, la chaleur et la lumière permettent d'optimiser l'utilisation de l'espace dans un environnement à l'amplitude thermique importante où les sols fertiles et l'eau sont rares. En effet, les oasis abritent une



Figure 11 – Une oasis marocaine
(Source: CARI, 2006)

biodiversité adaptée aux contraintes climatiques spécifiques et constituent donc un réservoir majeur de diversité génétique locale. La production agricole diversifiée est répartie en différentes strates:

- La strate arborée : des palmiers dattiers dont les palmes filtrent la lumière
- La strate arbustive : principalement des vignes et des arbres fruitiers (grenadiers, abricotiers...etc.)
- La strate herbacée : céréales, luzerne, légumes, plantes médicinales et aromatiques

Le cœur de l'oasis abrite une culture intensive irriguée, basée sur des systèmes spécifiques d'irrigation par submersion qui n'utilise pas d'énergie fossile et dépendent de l'eau disponible sous les arbres. Un élevage extensif est pratiqué sur les larges zones pastorales entourant la palmeraie. Les oasis constituent un relais pour les éleveurs nomades et semi-nomades des zones arides. Les animaux contribuent à la gestion de la fertilité des sols tout en bénéficiant de la production fourragère oasienne (Cheneval and Michel-Queirel, 2012). Une culture additionnelle de décrue peut être réalisée dans certaines zones, même si elle est très imprévisible (Deygout et Treboux, 2012).

Les oasis procurent une variété d'aliments, dont des céréales, des légumineuses, des produits laitiers et des protéines animales, qui contribuent à la sécurité alimentaire et à la qualité nutritionnelle de l'alimentation des populations locales.

Pourquoi étudier les systèmes oasiens?

Quelle résilience des systèmes oasiens face au changement climatique ?

Dans les zones arides, les changements climatiques accentuent le manque d'eau et la dégradation des sols et affectent les rendements agricoles. Les oasis ont un grand potentiel pour faire face à ces défis. Ils représentent de réels modèles d'adaptation à des conditions climatiques difficiles, avec des caractéristiques de flexibilité pour faire face aux chocs

climatiques. En effet, les paysans oasiens ont été capables de s'adapter en réponse aux sécheresses des années 1970 et 1980, qui ont impacté la production agricole et causé des pertes d'animaux. Les oasis ont montré leur résilience à travers différentes mesures adaptatives, dont la réduction du nombre de strates cultivées, la vente d'animaux et la multiplication des puits.

Quelle représentativité des systèmes oasiens?

Les oasis constituent l'agroécosystème qui abrite le plus de personnes (expert d'ONG) et occupant la majorité de la surface agricole utile des zones arides (Cheneval and Michel-Queirel, 2012). On observe un intérêt grandissant des gouvernements et organisations internationales pour ces systèmes agricoles.

Dans quelle mesure les systèmes oasiens sont-ils agroécologiques?

Les systèmes oasiens reposent sur des principes agroécologiques: les différentes strates optimisent l'utilisation des surfaces tout en valorisant les interactions bénéfiques entre les plantes ; l'intégration cultures-élevage favorise leurs interactions. La diversification de la production, qui inclue des arbres, des arbustes et des herbacées, renforce leur résilience. Par exemple, si la production céréalière, qui est plus sensible aux changements de climat, échoue, d'autres productions comme les fruits peuvent compenser. Cette diversité permet aussi la production de fourrage pour les animaux, compensant relativement pour le manque de pâturages.

Quels avantages les oasis présentent-elles?

Grâce à une utilisation optimisée du sol et des ressources en eau, et des productions adaptées à l'environnement, la culture en oasis procure des rendements élevés. De plus, ces systèmes agricoles visent à préserver les moyens de production et accroître la résilience. En effet, le système oasien est conçu pour être capable d'absorber les chocs brutaux et retrouver un équilibre rapidement. Ces caractéristiques sont principalement dues à son fonctionnement, son organisation familiale et son environnement. Les Hommes ont dû innover, adapter et gérer durablement les ressources, afin de produire plus avec moins de ressources et assurer la survie en zones arides. En outre, le design sophistiqué des oasis permet une diversification de la production et des risques. De tels systèmes agricoles constituent aussi une source d'emplois. La diversité des produits donnent accès à un marché potentiel plus large. Les activités annexes comme la transformation ou la commercialisation sont souvent limitées ou délocalisées alors qu'elles pourraient être développées et profiter aux populations locales.

Quels facteurs socio-économiques menacent les oasis ?

Premièrement, les eaux souterraines sont surexploitées à cause de la multiplication incontrôlée des stations de pompage. Deuxièmement, l'entretien des oasis est limité par les migrations liées au changement climatique. Des travailleurs partaient, restreignant la main-d'œuvre disponible. Ce phénomène, associé au manque d'organisation et de professionnalisation des producteurs contribue à la dégradation de l'entretien des oasis et à leur productivité. En outre, aujourd'hui les revenus des paysans dépendent principalement de leur pluriactivité ou de fonds transférés par les migrants. Ce système n'est pas durable économiquement car il repose sur des apports financiers externes. De plus, les connaissances et les savoir-faire disparaissent progressivement, au lieu d'être transmis aux nouvelles générations. Enfin, les modes de production s'individualisent, avec l'émergence de larges palmeraies modernes contrôlées par des investisseurs externes. De telles exploitations représentent une concurrence déloyale pour les systèmes paysans.

Des innovations agroécologiques pour l'adaptation des systèmes oasiens au changement climatique

Le **Tableau 2** présente les principaux enjeux du changement climatique pour les paysans d'Afrique aride. Ces évolutions menacent les systèmes oasiens. Des pratiques agroécologiques, mentionnées dans les entretiens et la littérature, peuvent contribuer à y faire face. Elles sont présentées en Annexe 4. Ces pratiques sont classées selon les composants de l'agroécosystème identifiés précédemment : le paysage (vert foncé), l'eau (bleu), le sol (vert clair), les plantes et semences (orange) et les animaux (jaune).

Ces pratiques agroécologiques sont ensuite classées selon l'échelle à laquelle elles sont mises en place, en **Figure 12**. La détermination des échelles est subjective et pourrait varier selon le point de vue.

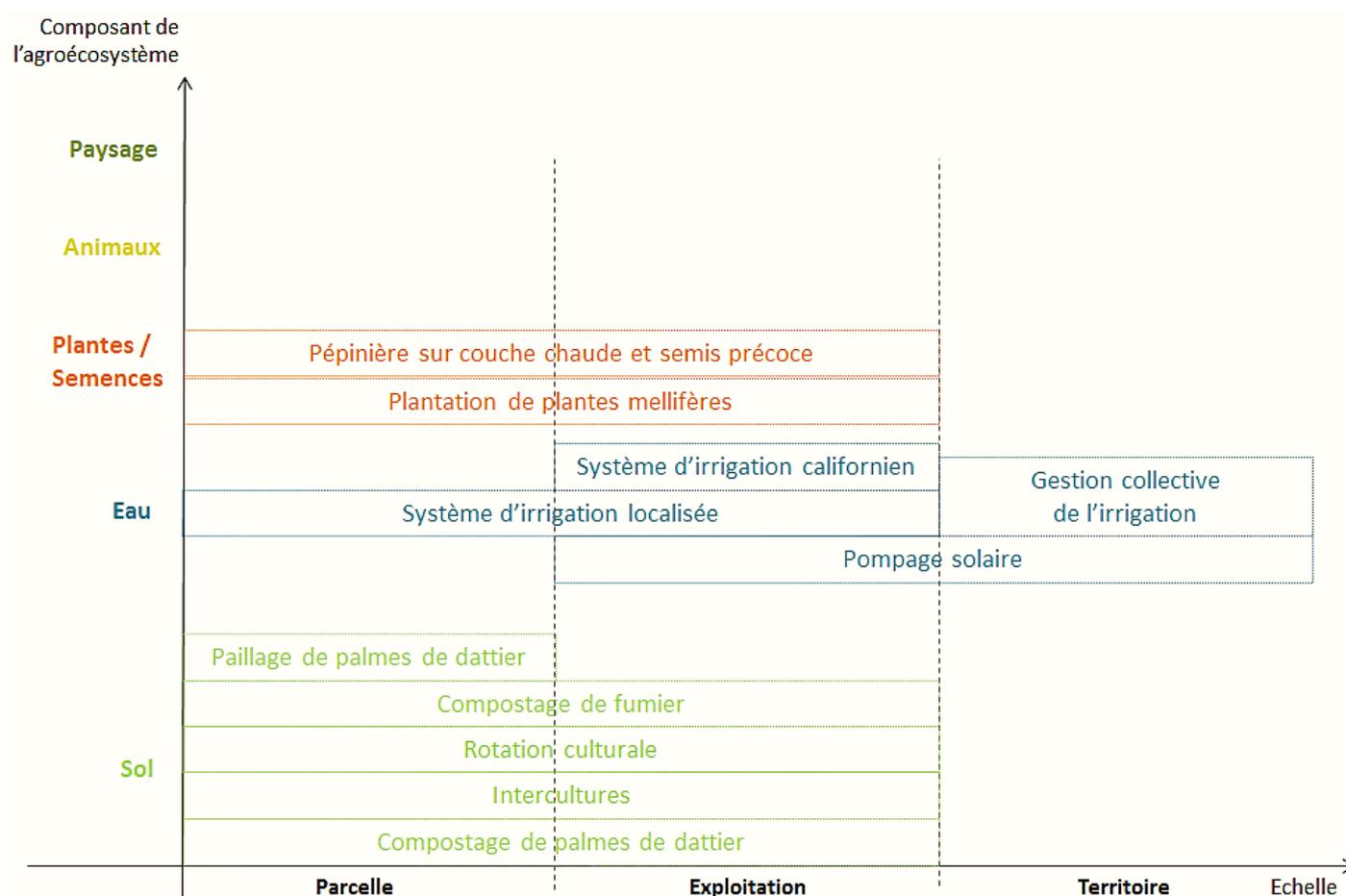


Figure 12 - Analyse par échelle des innovations agroécologiques dans les systèmes oasiens

La **Figure 12** montre que des innovations agroécologiques ont été recensées aux trois échelles (parcelle, exploitation, territoire) pour les systèmes oasiens. Cependant, ces pratiques semblent être mises en place principalement à l'échelle de l'exploitation (47% des pratiques recensées) et de la parcelle (42%). Les paysans se concentrent sur les interactions ayant lieu dans leurs oasis plus que sur celles avec l'environnement extérieur. Les paysans renforcent donc leurs systèmes en stimulant ces échanges.

Par rapport aux composants de l'agroécosystème, on observe que ces innovations se concentrent principalement sur le sol (46% des pratiques recensées) et l'eau (35%). Elles

semblent concernner directement la gestion des ressources pour l'alimentation des plantes. Elles visent à diversifier les modes de fertilisation du sol et à améliorer l'utilisation de l'eau. Même si aucune pratique de gestion de l'élevage n'a été recensée dans cette étude, elles pourraient tout de même avoir une importance majeure pour les paysans des zones arides.

Stratégies recensées d'organisation collective et de valorisation de la production

Dans la zone d'étude, les paysans des oasis mettent aussi en place des stratégies pour valoriser leur production. Ils se réunissent pour la transformation et la commercialisation de leurs produits : ils créent des **unités de transformation** et des **coopératives**. Certains paysans valorisent leur production grâce à des **circuits courts de commercialisation** comme la vente directe ou les foires. Une autre stratégie est la **labellisation** : certains paysans produisent du henné biologique, d'autres des dates Demeter. Ces pratiques à l'échelle organisationnelle sont incorporées dans la Figure 13, car on peut les considérer comme des innovations agroécologiques qui contribuent à l'adaptation au changement climatique. En effet, les améliorations collectives sont cruciales pour la résilience des paysans aux chocs climatiques.

La **Figure 13** fait le lien entre les enjeux du changement climatique (identifiés dans la partie 1) pour les systèmes oasiens et les pratiques agroécologiques recensées. On observe que pour chacun des enjeux majeurs du changement climatique, il existe au moins une pratique agroécologique qui y répond.

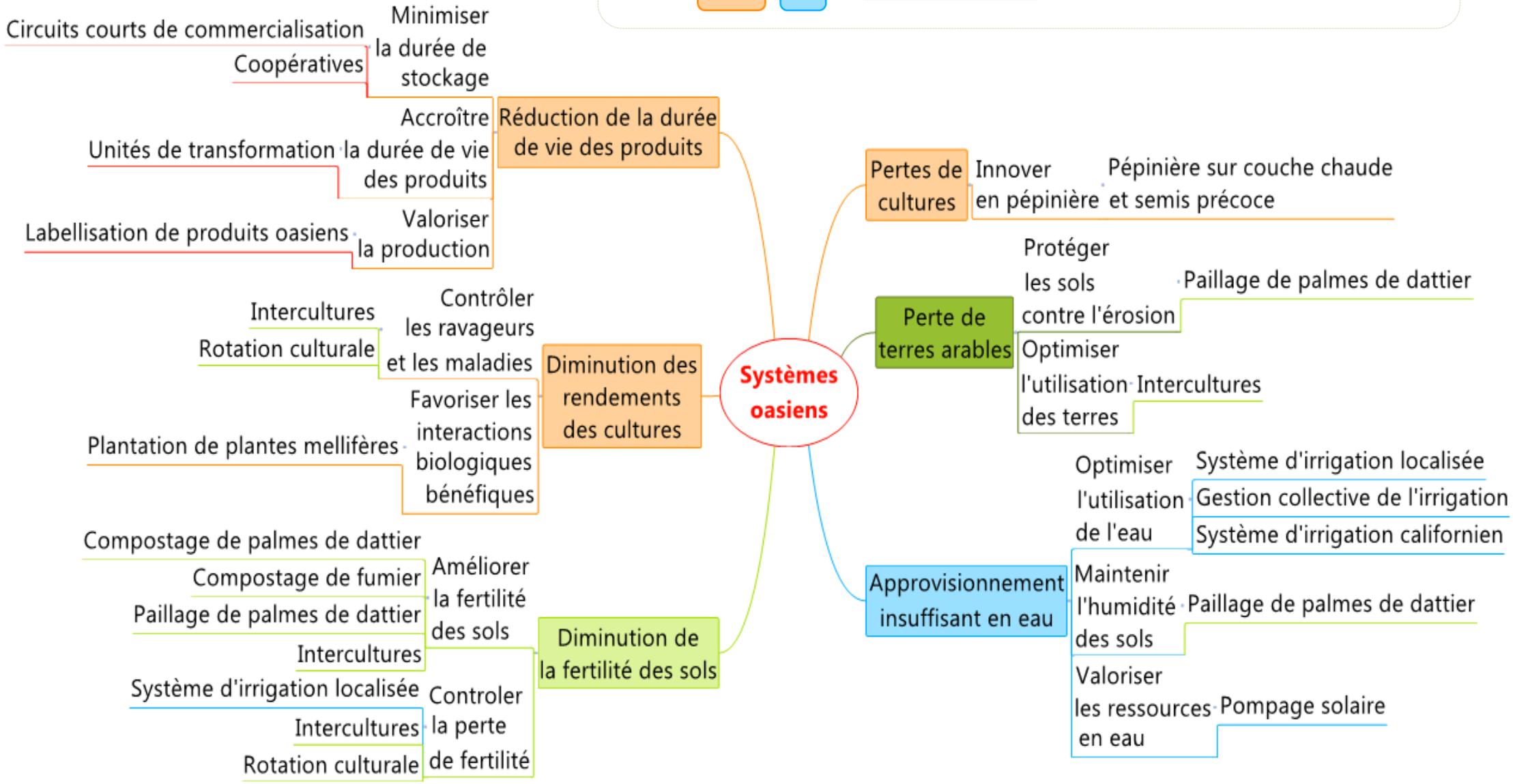
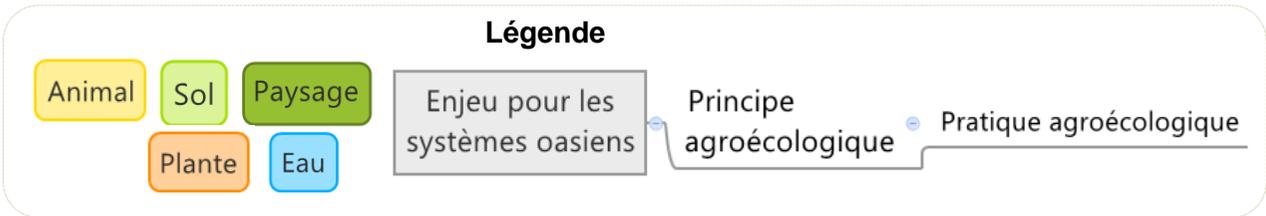


Figure 13 - Enjeux pour les paysans des oasis et pratiques agroécologiques

Analyse des stratégies d'adaptation paysannes au changement climatique

Les innovations agroécologiques recensées contribuent à renforcer les systèmes oasiens. Les techniques d'irrigation plus efficaces (système d'irrigation localisée, système d'irrigation californien, gestion collective de l'irrigation), les pratiques durables de pompage (pompage solaire) et la maintenance de l'humidité du sol (paillage de palmes de dattier) peuvent permettre de mieux valoriser les faibles ressources en eau disponibles. De plus, des pratiques qui améliorent la fertilité du sol (compostage de palmes de dattier, compostage de fumier, interculture comme l'association blé-luzerne, rotation culturale) et le protègent de l'érosion (paillage de palmes de dattier, système d'irrigation localisée, rotation culturale) sont mises en place afin de contrôler la perte de fertilité. En outre, les paysans modifient leurs pratiques de gestion des cultures pour l'adapter aux conditions nouvelles de fertilité des sols et d'approvisionnement en eau. Ils améliorent les conditions de semis (pépinière sur couche chaude et semis précoce) et favorisent les interactions bénéfiques entre les plantes et les insectes (intercultures, plantation de plantes mellifères). Enfin, l'organisation collective des paysans (circuits courts de commercialisation, coopératives, unités de transformation, labellisation de produits oasiens) leur permet de mieux valoriser leur production tout en garantissant la sécurité alimentaire des populations locales. Les stratégies paysannes répondent aux enjeux majeurs de perte de fertilité des sols et de diminution de l'approvisionnement en eau. Les stratégies paysannes répondent donc aux enjeux majeurs de perte de fertilité des sols et de raréfaction de la ressource en eau.

Les systèmes oasiens doivent faire face à des enjeux majeurs d'approvisionnement en eau et de fertilité des sols, qui sont accentués par le changement climatique. Ces systèmes présentent des caractéristiques de flexibilité qui doivent permettre leur adaptation à des conditions de plus en plus restrictives. Les innovations agroécologiques recensées contribuent à renforcer ces caractéristiques. Des systèmes d'irrigation et de maintien de l'humidité valorisent les rares ressources en eau disponibles. De plus, des pratiques fertilisant le sol et le protégeant contre l'érosion sont mises en place afin de contrer la perte accélérée de fertilité. En complément, les paysans modifient leurs pratiques de gestion des cultures pour s'adapter aux nouvelles conditions. Enfin, une organisation collective des agriculteurs doit leur permettre de mieux valoriser leur production tout en assurant la sécurité alimentaire des populations locales.

Les systèmes oasiens présentent donc des perspectives d'adaptation au changement climatique basée sur des principes agroécologiques.

2.2.3 Différents niveaux d'intégration culture-élevage en Afrique subaride et subhumide

En Afrique, l'élevage est primordial au niveau social, économique et environnemental. Il permet de valoriser des prairies qui représentent 78% de la surface agricole totale sur le continent (Vall et al., 2014) et contribuent significativement à la sécurité alimentaire, à la réduction de la pauvreté et à la création d'emplois. Le petit élevage valorise les fourrages non consommables par les Hommes et les espaces marginaux, pour produire des aliments de qualité et éviter la dégradation des ressources naturelles (Rivera et al., 2012).

En Afrique, l'élevage dépend de l'approvisionnement en aliments de la végétation spontanée et cultivée. La mobilité des troupeaux est donc liée à la répartition spatiale de la végétation,

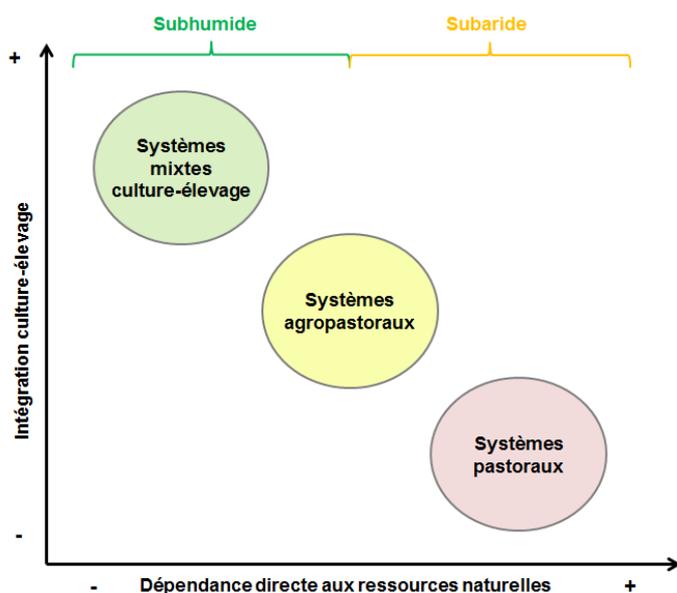


Figure 14 – Niveaux d’intégration culture-élevage (adapté de INRA, 2014)

associent mobilité et productions végétales : les systèmes agropastoraux. Nous nous concentrerons sur les systèmes agropastoraux des zones subarides afin d’étudier l’intégration entre les cultures et l’élevage qui est un principe de base de l’agroécologie. Dans les zones subhumides, nous étudierons les systèmes de polyculture-élevage.

2.2.4 Les systèmes agropastoraux des régions subarides

Qu’est-ce qui caractérise un système agropastoral ?

Une diversité de systèmes agropastoraux

Il existe une grande variété de systèmes agropastoraux, avec des niveaux divers de mobilité, des tailles de troupeaux variables et des surfaces cultivées plus ou moins importantes. En Afrique, on les trouve principalement dans des régions à faibles densités de populations. La mobilité des troupeaux est une condition nécessaire à la viabilité du système car elle permet l’accès à des ressources en eau et en pâturages dont la répartition



Figure 15 – Système agropastoral au Niger (Source: CARI, spatiale varie au cours de l’année. Les éleveurs ont aussi parfois accès à des terres cultivées, grâce à leurs familles ou à des accords avec des cultivateurs. Il peut donc être très intéressant pour les agropasteurs de travailler à l’échelle territoriale.

D'Aquino et al. (1995) soulignent l'émergence de systèmes combinant les cultures et l'élevage. Dans des régions qui ont été historiquement dédiées à la culture, les ressources ont souvent été surexploitées, menant à des pertes de rendements. En réponse, les paysans diversifient généralement leur production en introduisant des animaux. Les animaux procurent des aliments pour l'autoconsommation, un revenu supplémentaire, de la matière organique et représentent une force de traction, mais ils ont aussi diverses fonctions sociales. Dans les systèmes agropastoraux, le troupeau est un patrimoine et une sécurité matérielle ainsi qu'un symbole de succès (Dicko et al., 2006).

Dicko et al. (2006) présentent une classification des systèmes agropastoraux au Sahel. Ils distinguent les associations cultures sèches-élevage (avec mil/niébé ou mil/arachide) ; les associations cultures irriguées-élevage (avec riz pluvial ou irrigué) ; et les systèmes agrosylvopastoraux. Le système mil/niébé se trouve principalement au Sud du Mali, au Sud-Est du Burkina Faso, au Niger et au Nord Nigeria. On trouve le système mil/arachide surtout au Nord Sénégal et presque partout en Gambie. Les systèmes agropastoraux liés à l'irrigation et les cultures pluviales sont mis en place autour des fleuves Niger et Sénégal et du lac Tchad. Enfin, les systèmes agrosylvopastoraux basés sur *Acacia Senegal* sont répandus surtout au Soudan (Dicko et al., 2006).

Comment l'élevage est-il géré dans les systèmes agropastoraux ?

Les troupeaux agropastoraux sont relativement petits comparés à ceux des systèmes transhumants, et composés principalement de moutons, chèvres et bovins de races locales avec des productivités variables. Le lait est le principal produit animal au Sahel, en particulier le lait de bovin, même si les paysans n'ont pas toujours accès aux marchés pour valoriser leur production (expert d'ONG). Cependant, l'élevage caprin s'est rapidement étendu après les sécheresses au Sahel, grâce à leur aptitude à exploiter des terres dégradées, leur cycle de reproduction court et le fait que les paysans peuvent facilement en acquérir (Dicko et al., 2006).

Les troupeaux sont la propriété individuelle d'une famille ou collective, et sont souvent gérées par un berger employé. Le berger se charge de la gestion quotidienne des bovins tandis que les femmes s'occupent généralement des petits ruminants.

L'élevage peut être géré par la transhumance ou de façon plus sédentaire (vaine pâture, divagation, autour d'un piquet ou en stabulation permanente). La transhumance se fait principalement avec les bovins. Elle est planifiée et accompagnée uniquement par le berger, tandis que les animaux laitiers restent au lieu permanent. Durant la saison humide, les troupeaux transhument vers les zones les plus sèches, afin de laisser disponibles les terres cultivables. Cet itinéraire permet d'exploiter des pâturages de qualité sans parasites. Puis, au début de la saison sèche, les troupeaux retournent à l'endroit permanent. Pour les petits ruminants, le système est plus sédentaire. Pendant la saison humide, les troupeaux sont soit menés sur des jachères par un berger, soit attaché à un piquet sur les terres familiales. Au cours de la saison sèche, on favorise le système de divagation (Dicko et al., 2006).

Pourquoi étudier les systèmes agropastoraux?

Quelle résilience des systèmes agropastoraux face au changement climatique ?

En général, le changement climatique impacte plus sévèrement l'élevage dans ces régions soumises à des températures élevées et présentant de faibles niveaux de développement (Rivera, 2012). Le réchauffement déstabilise le régime pluviométrique, qui perturbe à son tour la production de biomasse primaire et le remplissage des réservoirs d'eau. L'incertitude grandissante quant à la disponibilité de l'eau affecte la productivité

végétale et animale et influence la mobilité des troupeaux. Les éleveurs sont forcés de retourner plus tôt dans les zones cultivées. Ce phénomène entraîne une surexploitation des pâturages dans certaines zones, alors qu'ils sont sous-exploités dans d'autres, provoquant une dégradation des terres (expert d'ONG). En outre, la disponibilité des terres arables diminue. Le réchauffement restreint la surface adaptée à la culture et les pluies violentes érodent le sol. Ces évolutions affectent aussi la disponibilité des aliments pour les animaux, en causant des pertes de rendements. L'élevage est aussi impacté par les pluies violentes qui favorisent la propagation des maladies (expert d'ONG). En outre, les années successives de sécheresse extrême déciment les troupeaux et empêchent leur reconstitution. Les événements extrêmes plus fréquents peuvent aussi détruire les infrastructures agricoles (Rivera, 2012).

La crise environnementale provoquée par la sécheresse en 1972-1973 a affecté l'élevage de différentes manières: dégradation des itinéraires, pertes d'animaux, migrations de populations vers les zones subhumides. Cependant, les paysans ont été capables de reconstruire leurs systèmes. De plus, cet événement a mené à la reconnaissance internationale de la vulnérabilité de cette région et de la nécessité d'agir pour restaurer ses fonctions de productions et éviter les catastrophes futures (Dicko et al., 2006). Les systèmes agropastoraux présentent une certaine résilience au changement climatique. Leur mobilité permet d'optimiser l'utilisation de l'espace selon les contraintes climatiques (expert d'ONG). L'hétérogénéité des régions subarides, généralement perçue comme un désavantage productif, est en fait la base de la mobilité qui représente l'utilisation optimale de ces écosystèmes (Wezel, 2014). De plus, les différents types de production permettent de diversifier les risques. Ces systèmes incluent aussi souvent une variété d'espèces, dont les besoins et les cycles de croissance diffèrent dans le temps, contribuant à leur flexibilité. Ils reposent généralement sur la conservation de races locales d'animaux qui sont résistantes aux régimes pauvres et au manque d'eau. En outre, en cas de crise économique ou environnementale, les éleveurs peuvent vendre leurs animaux pour assurer leur sécurité alimentaire. Enfin, les agropasteurs font souvent preuve d'une grande capacité de négociation qui leur permet dans une certaine mesure de profiter des opportunités pour faire paître leurs animaux tout en créant des alliances qui renforcent leurs systèmes (expert d'ONG). Cependant, la résilience des systèmes agropastoraux est parfois insuffisante et les paysans sont contraints de vendre du capital qu'ils devraient garder (expert d'ONG).

Quelle représentativité des systèmes agropastoraux?

Les systèmes agropastoraux sont représentatifs des activités paysannes dans les zones subarides et concernent une part importante de la population (expert d'ONG). Ils constituent la principale richesse de ces régions et ont une importante valeur sociale. Même si les paysans des régions subarides ne peuvent pas toujours avoir des animaux, de nombreuses familles dépendent des systèmes agropastoraux pour l'alimentation, les produits animaux, le revenu ou l'assurance contre la perte de cultures. Dans la zone subaride de Madagascar par exemple, les zébus sont traditionnellement intégrés dans les systèmes agricoles pour le transport et l'apport de fumier (expert d'ONG).

Dans quelle mesure les systèmes agropastoraux sont-ils agroécologiques?

Les systèmes agropastoraux reposent sur des principes agroécologiques dont le transfert de fertilité des animaux aux champs (quand le nombre d'animaux est suffisant) ; l'utilisation de ressources locales et leur gestion collective ; la faible dépendance aux intrants extérieurs ; et la préservation de zones sensibles. Ils sont basés sur les savoir-faire traditionnels et la transmission des connaissances entre les paysans (expert d'ONG).

Quels avantages les systèmes agropastoraux présentent-ils?

Les systèmes agropastoraux peuvent apporter des réponses aux enjeux du changement climatique. L'intégration culture-élevage permet de valoriser leurs interactions. Les animaux apportent du fumier qui contribue à la fertilisation des cultures et donc à l'amélioration des rendements. Une quantité plus importante de cultures (fourrage, sous-produits et résidus) améliore l'alimentation des animaux, qui en retour apportent plus de matière organique et une force de traction pour la culture et le transport. Cette intégration permet le maintien de la production végétale qui est affectée par le changement climatique, tout en assurant une autre production en cas de mauvaise récolte. En outre, l'élevage valorise les terres marginales sur lesquelles la culture n'est pas possible et les résidus. Il génère aussi des emplois durant la saison sèche, quand les cultures demandent peu de travail. Dicko et al. (2006) expliquent que la durabilité de l'élevage au Sahel dépendra de cette intégration entre les cultures et les animaux. De plus, la croissance démographique et l'urbanisation stimulent la demande en produits animaux et la création de marchés locaux.

Quelles limites aux systèmes agropastoraux ?

Les systèmes agropastoraux peuvent générer une compétition pour l'allocation des ressources entre les cultures et l'élevage. En effet, le travail agricole durant la saison humide risque de limiter la gestion de l'élevage pendant cette période. Les animaux sont parfois laissés sur des terres disponibles qui sont dégradées par le surpâturage. De plus, les petits ruminants n'apportent généralement pas assez de fumier pour la fertilisation des cultures.

Quels facteurs socio-économiques menacent les systèmes agropastoraux ?

La mobilité des troupeaux est restreinte par l'expansion des cultures et la dégradation des parcours. Cette situation génère souvent des conflits liés à la disponibilité des terres et de l'eau, mais aussi à la divagation des animaux dans les champs. La mobilité réduite des troupeaux entraîne une pénurie d'aliments dans des périodes où elle n'existait pas auparavant.

Des innovations agroécologiques pour l'adaptation des systèmes agropastoraux au changement climatique

Le **Tableau 3** présente les enjeux majeurs pour les paysans d'Afrique subaride. Ces évolutions menacent les systèmes agropastoraux. Pour y faire face, les paysans mettent en place des pratiques agroécologiques qui ont été mentionnées lors des entretiens et dans la littérature et sont présentés en détails en Annexe 5.

Ces pratiques agroécologiques ont ensuite été classées selon l'échelle à laquelle elles sont mises en place, comme le montre la **Figure 16**.

Composant de l'agroécosystème		Scale			
		Parcelle	Exploitation	Territoire	
Paysage			Haies brise vent		
			Supplément de son de mil	Aménagement des parcours de pâturage	
			Production de foin	Contrats de pâture	
			Traitement du foin à l'urée	Parcs à <i>Faidherbia</i>	
	Animaux			Introduction de l'apiculture	Pâturage tournant
				Introduction de volaille	Sélection de races rustiques
				Supplément minéral	Pâturage organisé
				Introduction de petits ruminants	
				Bourgoutière	
	Plantes / Semences			Plantes fourragères ligneuses	
		Enrobage des semences et semis en sec		Bourse d'échange de semences paysannes	
Eau				Maillage des points d'eau	
				Gestion concertée des ressources en eau	
Sol		Compostage de résidus de mil	Introduction de la luzerne		
		Traction asine			
		Association mil-niébé		Mise en défens	
			Cheptels réduits		
			Jachère		

Figure 16 - Analyse par échelle des innovations agroécologiques dans les systèmes agropastoraux

La Figure 16 montre que des innovations agroécologiques ont été recensées aux trois échelles dans les systèmes agropastoraux, même si elles semblent se concentrer sur l'échelle territoriale (41% des pratiques recensées) et de l'exploitation (38%). Ces résultats semblent en accord avec le fait que les paysans doivent organiser leurs pratiques au niveau de leur exploitation et du territoire pour planifier les déplacements des animaux et les cultures.

A propos des différents composants de l'agroécosystème, on observe que la majorité des pratiques recensées concernent la gestion des animaux (56% des pratiques recensées). Les paysans compensent le manque de fourrage par la production d'aliments alternatifs, l'exploitation de nouvelles ressources et une organisation plus efficace de la transhumance. De plus, la gestion de la fertilité apparaît comme une autre priorité des paysans, à travers la mise en place de pratiques de fertilisation et de protection contre l'érosion (26%). Dans une moindre mesure, des pratiques concernent la gestion de l'eau (7%) et des plantes (7%).

Stratégies recensées d'organisation collective et de valorisation de la production

En Afrique subaride, les paysans mettent aussi en place des stratégies pour valoriser leur production. Certains participent à des **circuits courts de commercialisation** qui leur permettent d'obtenir de meilleurs prix tout en se rapprochant de leurs clients. Les

producteurs laitiers peuvent bénéficier de **systèmes de collecte du lait** pour s'assurer un débouché et améliorer leur revenu. Certains producteurs de viande se rassemblent pour **développer le secteur**, afin d'améliorer leurs modes de production et stimuler leur revenu tout en rencontrant les autres éleveurs. Ces innovations sont incluses dans la **Figure 17** comme elles contribuent à l'adaptation des paysans au changement climatique.

La **Figure 17** fait le lien entre les enjeux identifiés du changement climatique pour les systèmes agropastoraux des zones subarides (partie 1) et les innovations agroécologiques recensées. Il apparaît que pour chacun des enjeux, au moins une pratique recensée contribue à y répondre.

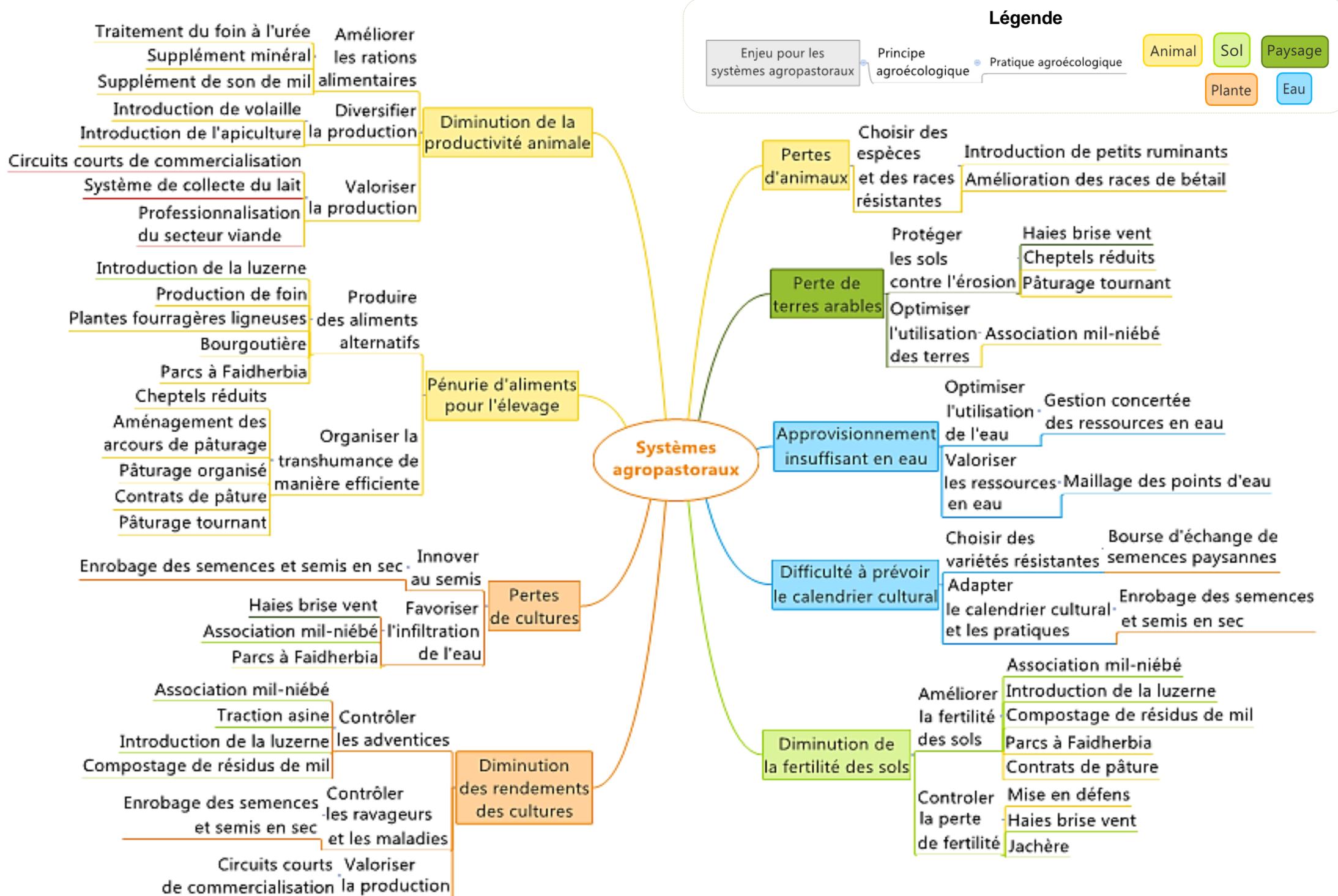


Figure 17 - Enjeux pour les agropasteurs et pratiques agroécologiques

Analyse des stratégies d'adaptation paysannes au changement climatique

Les innovations agroécologiques recensées contribuent à renforcer les systèmes agropastoraux. Les paysans gèrent la variabilité de l'approvisionnement en eau à travers différentes stratégies : ils optimisent collectivement l'utilisation de l'eau disponible (gestion concertée des ressources en eau, maillage des points d'eau) ; ils cultivent des variétés et des races animales plus résistantes (bourse d'échange de semences paysans, sélection de races rustiques) ; ils adaptent leur pratiques culturales (enrobage des semences et semis en sec) ; et ils diversifient les risques (association mil-niébé, introduction de petits ruminants, introduction de volaille, introduction de l'apiculture). En outre, les paysans essaient de limiter la perte de surfaces arables et leur qualité en contrôlant la perte de fertilité des sols (mise en défens, haies brise vent, jachère) et en améliorant la fertilisation (association mil-niébé, introduction de la luzerne, compostage de résidus de mil, parcs à *Faidherbia*, contrats de pâture). Ils compensent aussi la baisse de disponibilité des fourrages en améliorant les rations alimentaires (traitement du foin à l'urée, supplément minéral, supplément de son de mil) ; en produisant des aliments alternatifs (introduction de la luzerne, parcs à *Faidherbia*, production de foin, ressources fourragères ligneuses, Bourgoutière) ; et en organisant collectivement la transhumance de manière plus efficiente (cheptels réduits, aménagement des parcours de pâturage, pâturage organisé, contrats de pâture, pâturage tournant). Enfin, les paysans s'organisent collectivement pour valoriser leur production (circuits courts de commercialisation, systèmes de collecte du lait, développement du secteur viande), ce qui peut contribuer à compenser les pertes dues au changement climatique.

Dans les régions subarides, les agropasteurs doivent faire face à l'incertitude de la disponibilité de l'eau dans le temps et l'espace et à une réduction de la surface et la qualité des terres cultivables. L'évolution du régime pluviométrique influe sur la végétation disponible pour l'alimentation des troupeaux. Les innovations agroécologiques recensées contribuent à renforcer la flexibilité de ces systèmes. En réponse aux effets du changement climatique, certains paysans travaillent collectivement pour optimiser la gestion des ressources en eau. Ils adaptent aussi leurs pratiques pour pallier au manque d'eau et pour améliorer la fertilité de leurs sols. De plus, les paysans compensent la raréfaction de la végétation spontanée par la production d'aliments alternatifs et une gestion améliorée de la transhumance. Ils s'adaptent à la diminution de la productivité animale en valorisant mieux leur production et en la diversifiant. Les systèmes agropastoraux présentent donc des perspectives d'adaptation au changement climatique basée sur des principes agroécologiques.

2.2.5 Les systèmes polyculture-élevage des régions subhumides

Qu'est-ce qui caractérise un système de polyculture-élevage?

Une diversité de systèmes polyculture-élevage

Les principaux systèmes agricoles des zones subhumides identifiées par la FAO (Cf. Figure 10) incluent tous des animaux, à différents niveaux. Dans les systèmes mixtes cultures racines et maïs, l'élevage est bien intégré, alors qu'il est plus anecdotique dans les systèmes mixtes céréales/racines et les systèmes basés sur la forêt. Les systèmes basés sur des cultures racines, qui s'étendent de la Sierra Leone au Cameroun, représentent environ 16% de la surface cultivée et 11% de la population agricole d'Afrique sub-Saharienne, et regroupaient environ 17 millions de bovins en 2001 (FAO). Les systèmes mixtes à base maïs incluent aussi principalement des bovins, avec une intégration forte des

productions végétales et animales : les animaux aident au travail agricole et apportent du fertilisant, tandis que les cultures leur procurent des aliments. Même si la densité d'animaux est plus élevée que dans tout autre système agricole de ces régions, la plupart des agriculteurs ne peuvent pas se permettre d'élever beaucoup d'animaux. En outre, dans les régions où la tripanosomiase limite l'élevage bovin, les paysans introduisent généralement de petits ruminants. Dans ces systèmes agricoles, l'intégration entre les cultures à l'élevage est limitée par la quantité restreinte de fumier apportée par les moutons et chèvres.

Comment les cultures et l'élevage sont-ils gérés dans les systèmes polyculture-élevage?

Les paysans mettent en place différents types de stratégies. Certains alternent entre cultures et pâturage sur les mêmes parcelles ; certains utilisent presque exclusivement les cultures qu'ils produisent et leurs sous-produits pour nourrir les animaux ; d'autres font pâturer les troupeaux sous des plantations ; et certaines stratégies reposent sur la combinaison de plusieurs de ces techniques.



Figure 18 – Système mixte au Togo (AVSF, 2013)

Dans les zones non saturées, les systèmes agricoles sont souvent basés sur la technique de défriche-brûlis, en rotation avec une période de jachère à durée variable pour l'usage pastoral. Ces systèmes reposent sur une disponibilité importante de l'espace qui permet une période de repos de 10 à 30 ans pour la restauration de la fertilité du sol. A mesure que la compétition pour les terres s'accroît, ces systèmes peuvent être remplacés par d'autres systèmes avec une intégration plus étroite des cultures et de l'élevage.

Dans certaines régions où l'espace est plus saturé, les paysans intègrent les cultures et l'élevage pour la fertilisation et l'alimentation des animaux. Ils nourrissent les animaux avec les cultures qu'ils produisent et leurs sous-produits et améliorent la fertilité du sol grâce au fumier.

Les systèmes polyculture-élevage peuvent aussi être basés sur des plantes pérennes ou des arbres. Dans des régions où les plantations sont presque exclusives, l'agriculture de subsistance est en déficit et les protéines animales peuvent intéresser les populations. L'association entre l'élevage et les plantations est diverse, selon la nature de la plante cultivée et son mode de production. Par exemple, au Sud du Bénin, au Cameroun, en Côte d'Ivoire et au Togo, on trouve des petits ruminants et quelques bovins dans des palmeraies. Le pâturage des animaux sous les plantations valorise la couverture herbacée. Les animaux nettoient la terre et contribuent à réduire les coûts d'entretien tandis que l'apport de matière organique favorise l'activité biologique du sol qui est souvent affaiblie par l'utilisation de pesticides chimiques. Cette fertilisation est complétée avec du compost issu des feuilles des ligneux.

Dans des zones forestières plus humides, l'élevage est limité par la densité de la végétation qui restreint le mouvement des animaux et favorise le développement de parasites et

maladies. On trouve quand même quelques petits ruminants, là où l'ouverture de la végétation le permet, qui procurent un revenu supplémentaire aux paysans.

Pourquoi étudier les systèmes de polyculture-élevage?

Quelle résilience des systèmes polyculture-élevage face au changement climatique ?

Ces systèmes sont toujours très dépendant des ressources naturelles. Les évolutions climatiques pourraient accentuer la variabilité des températures et des précipitations. Les saisons humides seraient généralement plus courtes et des pluies violentes et cyclones plus fréquents. Ces phénomènes impliquent une instabilité de la production et une volatilité des prix des aliments. Les paysans perçoivent les changements de date de début et de fin de la saison des pluies, même si la direction de cette évolution n'est pas identifiée (expert d'ONG). Les systèmes polyculture-élevage seront affectés à différents niveaux: les inondations favorisent les parasites, maladies et certaines adventices ; les cyclones détruisent les cultures et affaiblissent les animaux. En outre, une élévation de la température et de la concentration en CO₂ pourraient réduire les surfaces de pâturage.

Cependant, ces systèmes présentent une certaine résilience. Leur nature implique une diversification de la production et une complémentarité économique qui accroît leur flexibilité face aux chocs climatiques. Si un type de production échoue, un autre peut compenser et assurer une sécurité alimentaire minimale. Ces systèmes mixtes pourraient donc améliorer la capacité des paysans à faire face aux événements extrêmes (expert d'ONG).

Quelle représentativité des systèmes polyculture-élevage?

Comme présenté dans la première partie de l'étude, les zones subhumides sont caractérisées par la prévalence de savanes herbacées avec des communautés pastorales et des paysans pratiquant une agriculture pluviale principalement de subsistance. Le régime pluviométrique permet généralement aux éleveurs de cultiver. Les systèmes mixtes polyculture-élevage remplacent donc les systèmes d'élevage pur et de culture pure quand les conditions le permettent (disponibilité des terres agricoles et accès au marché). De plus, dans les zones densément peuplées, la pression foncière force les agriculteurs à combiner les deux types de production. De nombreuses familles élèvent des animaux, même à très petite échelle. L'élevage est aussi important car il représente une façon d'épargner. Au Togo par exemple, presque tous les paysans ont au moins un petit troupeau (expert d'ONG).

Dans quelle mesure les systèmes polyculture-élevage sont-ils agroécologiques?

L'intégration des productions animales et végétales permettent un recyclage biologique. Hormis la restitution de matière organique, les animaux assurent la conservation d'une couverture herbacée multi spécifique dense proche de la végétation naturelle. Ce couvert permet une meilleure infiltration de l'eau de pluie, un ralentissement de la minéralisation de la matière organique, une fertilisation et la protection du sol contre l'érosion. Le pâturage permet aussi d'éviter l'utilisation d'herbicides chimiques, fréquente dans certaines zones et qui accélère l'érosion. En outre, les systèmes de polyculture-élevage sont généralement hautement diversifiés, incluant des associations de céréales et légumineuses et des rotations culturales (expert d'ONG). De plus, l'élevage peut générer des emplois (bergers, forgerons...) et renforcer le lien social entre cultivateurs et éleveurs.

Quels avantages les systèmes polyculture-élevage présentent-ils?

L'élevage améliore la fertilité du sol tout en valorisant une végétation sur des sols pauvres, limitant la déforestation. Il représente une complémentarité économique essentielle à la sécurisation des systèmes agricoles de ces régions. De plus, la production de céréales en sec devrait être moins affectée par le changement climatique dans les zones subhumides

que dans les zones subarides. Le maintien de systèmes qui associent des productions végétales et animales pourrait permettre de compenser les problèmes attendus de diminution des surfaces de pâturages et de pression foncière. En outre, la croissance démographique et les nouveaux régimes de consommation des classes moyennes devraient stimuler la demande en produits animaux (Vall et al., 2014).

Quelles limites aux systèmes polyculture-élevage?

Dans les régions où la pression foncière augmente, les terres ne peuvent plus être laissées en jachère et les sols perdent en fertilité. De plus, le maraichage repose parfois sur le contrôle des ravageurs et maladies à l'aide de produits chimiques, comme c'est largement le cas au Togo (expert d'ONG). Dans ce même pays, les paysans sont dépendants des fertilisants minéraux et les utilisent à des taux élevés. Les interactions entre les cultures et les animaux ne sont pas toujours exploitées. En outre, l'extension de l'élevage et de la surface cultivée entraîne des taux de charge importants qui affectent l'environnement et menacent la végétation naturelle (D'Aquino et al., 1995).

Quels facteurs socio-économiques menacent les systèmes polyculture-élevage?

L'insécurité foncière, la faible capacité d'investissement et le manque de débouchés ralentit l'intensification de la production. En Afrique de l'Ouest subhumide, les paysans et éleveurs venant du Sahel avec des cultures différentes ont coexisté depuis longtemps. Cependant, aujourd'hui la compétition pour la terre et les ressources s'accroît et les conflits liés à l'usage des terres se multiplient, renforçant la division entre les groupes ethniques et religieux. En outre, les paysans doivent aussi faire face à la compétition des projets de l'agrobusiness qui affecte des zones importantes au bon potentiel agricole. Dans des pays comme Madagascar, le Soudan, l'Éthiopie ou le Ghana, on estime qu'entre 1% et 2.5% des terres arables sont concernées par la menace de l'agrobusiness. Les migrations liées au changement climatique affectent aussi les activités agricoles et les dynamiques familiales. Les paysans migrent vers des terres plus fertiles ou vers les villes, laissant les femmes avec le travail agricole et domestique (Vall et al., 2014). De plus, l'insuffisance des services et politiques publiques limite le développement de l'élevage. Dans de nombreux pays, les services zootechniques et vétérinaires ne répondent pas à la demande. La mobilité animale, la réduction des services de santé animale, le changement climatique et l'urbanisation incontrôlée compliquent la gestion des maladies (Vall et al., 2014).

Des innovations agroécologiques pour l'adaptation des systèmes de polyculture-élevage au changement climatique

Le **Tableau 4** présente les principaux enjeux du changement climatique pour les paysans d'Afrique subhumide. Ces évolutions impactent les systèmes de polyculture-élevage. Les pratiques agroécologiques recensées dans ces systèmes contribuent à y faire face. Elles sont présentées en détail en Annexe 6.

Ces pratiques agroécologiques ont ensuite été classées selon l'échelle à laquelle elles sont mises en place, comme le présente la **Figure 19**.

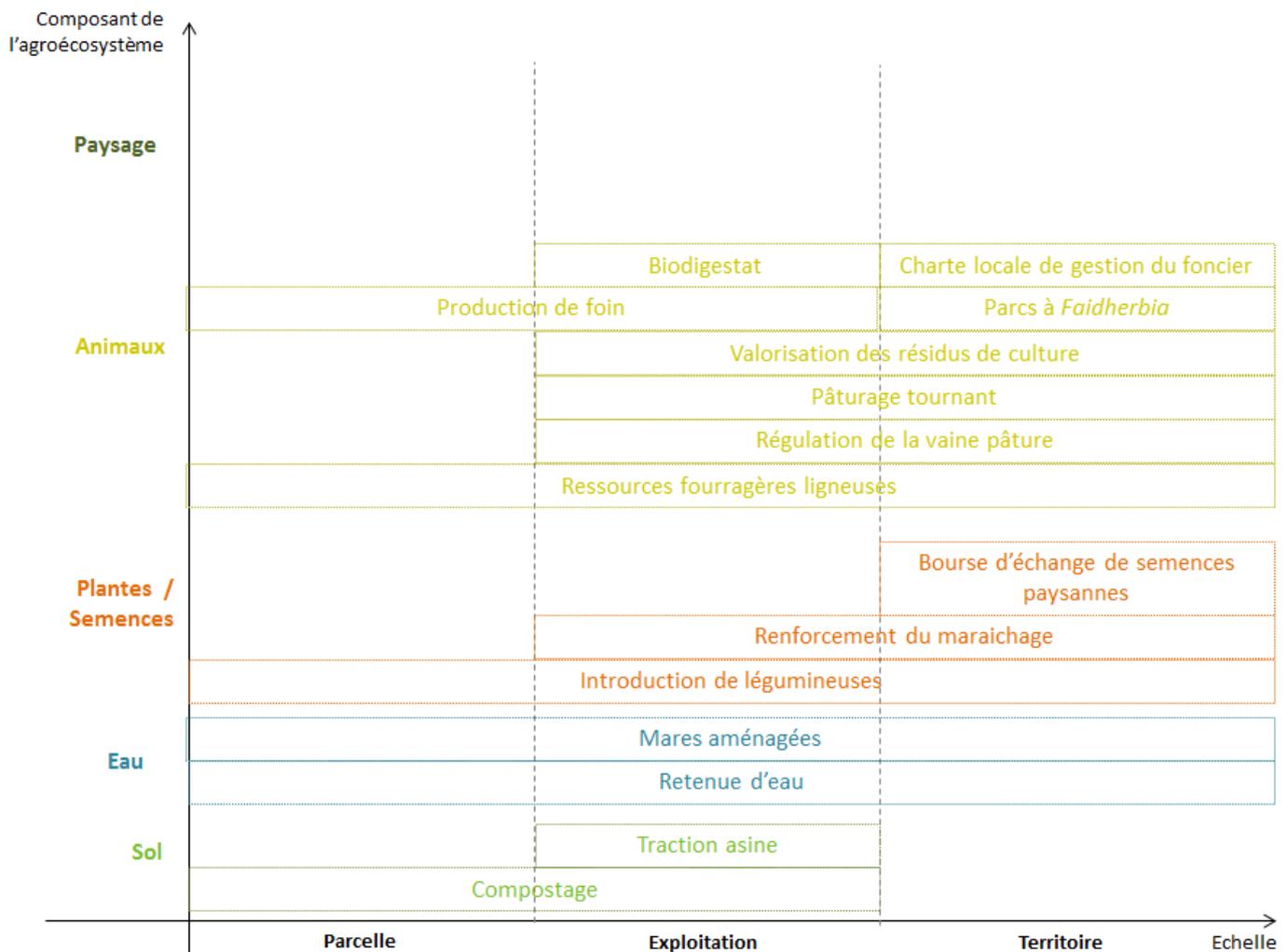


Figure 19 - Analyse par échelle des innovations agroécologiques dans les systèmes de polyculture-élevage

La Figure 19 montre que des innovations agroécologiques ont été recensées aux trois échelles dans les systèmes de polyculture-élevage, même si elles paraissent se concentrer sur l'échelle de l'exploitation (41% des pratiques recensées) et du territoire (38%). Les paysans travaillent principalement à ces échelles pour gérer la combinaison des cultures et des animaux.

Quant aux composants de l'agroécosystème, on observe que la majorité des pratiques recensées concerne la gestion des animaux (54%). Ce résultat a pu être biaisé par la tendance des enquêtés à parler plus des animaux que des cultures. Les paysans compensent la diminution de surface de pâturage et leur perte de qualité en organisant les mouvements d'animaux de manière plus efficace, afin de mieux valoriser les ressources disponibles ; et en exploitant des sources d'aliments alternatives. De plus la gestion des plantes est améliorée (20% des pratiques recensées). Dans une moindre mesure, certaines pratiques concernent la gestion de l'eau (13%) et de la fertilité du sol (13%).

Stratégies recensées d'organisation collective et de valorisation de la production

Un autre type de stratégie mise en place par les paysans dans les zones subhumides et qui complète les stratégies plus techniques concerne la transmission des connaissances. Au Sénégal par exemple, 20 groupes de producteurs maraichers ont pris part à un programme de **promotion des pratiques agroécologiques**. De tels programmes favorisent l'échange

de connaissances entre les paysans. Ils contribuent aussi à l'organisation du secteur concerné et à une meilleure valorisation des produits paysans. Au Sénégal, ce programme a permis de rationaliser la commercialisation des légumes, assurant de meilleurs revenus aux paysans

La **Figure 20** fait le lien entre les enjeux identifiés du changement climatique pour les systèmes de polyculture-élevage des zones subhumides et les pratiques agroécologiques recensées. On observe que pour chacun des enjeux, il y a au moins une pratique recensée qui y répond.

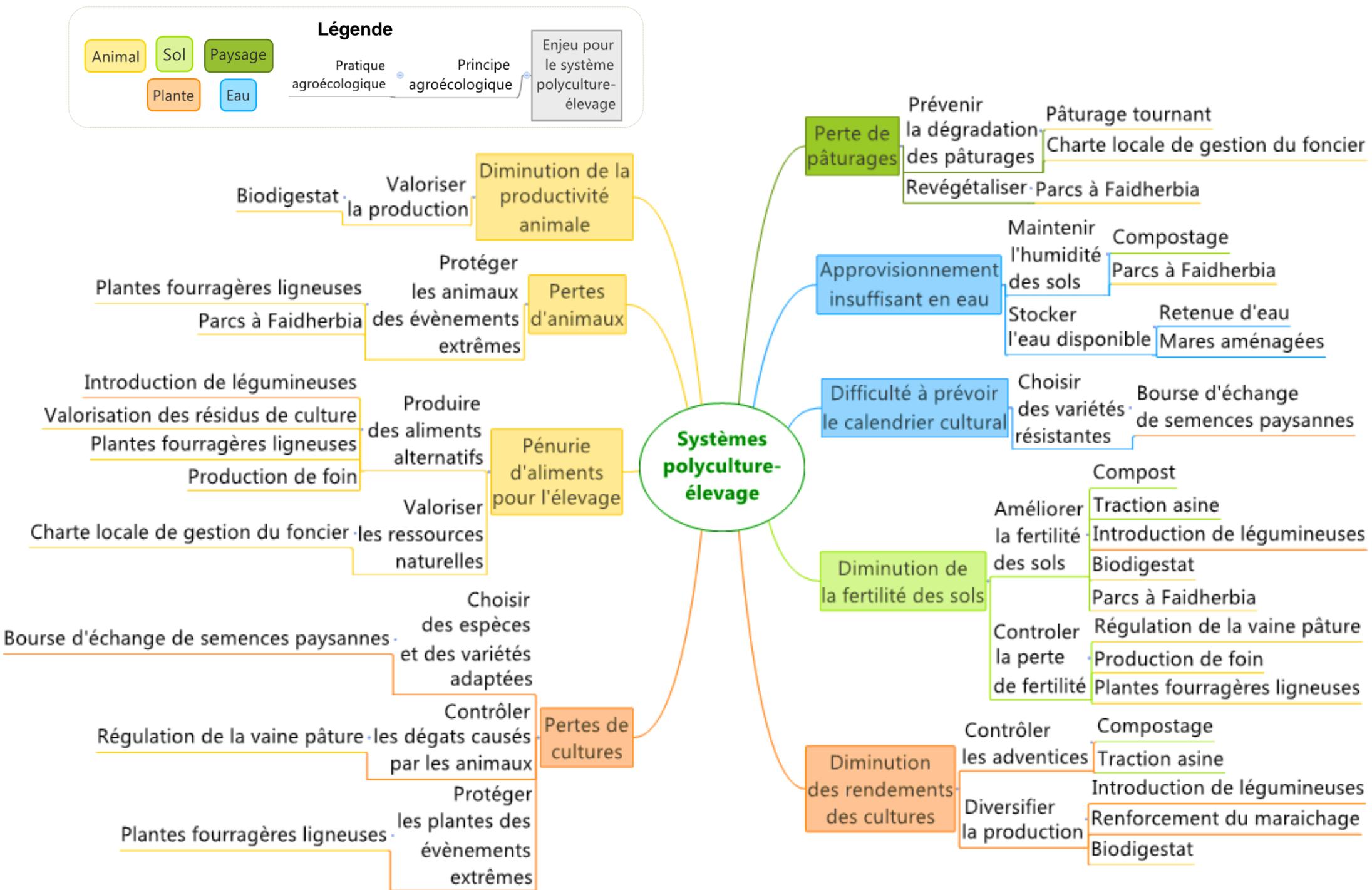


Figure 20 - Enjeux pour les paysans avec des systèmes de polyculture-élevage et pratiques agroécologiques

Analyse des stratégies d'adaptation paysannes au changement climatique

Les innovations agroécologiques recensées contribuent à mieux valoriser les interactions entre les cultures et les animaux et à mieux gérer les ressources naturelles pour assurer la durabilité de ces systèmes. Les paysans mettent en place des stratégies pour stocker l'eau disponible (retenues d'eau, mares aménagées, renforcement du maraichage), pour maintenir l'humidité du sol (compostage, parcs à *Faidherbia*) et pour adapter la production végétale par le choix de variétés plus résistantes (bourse d'échange de semences paysannes). Ces pratiques contribuent à l'accroissement de la résilience du système face aux sécheresses temporaires. En outre, les paysans peuvent faire face à la perte de pâturage en améliorant leur gestion de la fertilité du sol (compostage, traction asine, introduction de légumineuses, parcs à *Faidherbia*, biodigestat) et limiter l'érosion (régulation de la vaine pâture, pâturage tournant, charte locale de gestion du foncier, ressources fourragères ligneuses, production de foin). Ils peuvent aussi compenser pour la baisse de disponibilité des fourrages en valorisant des ressources naturelles (charte locale de gestion du foncier) et en produisant des aliments alternatifs (introduction de légumineuses, production de foin, ressources fourragères ligneuses, valorisation des résidus de cultures). De plus, les paysans tendent à contrôler la perte de productivité des cultures et des animaux en les protégeant des inondations et cyclones (ressources fourragères ligneuses, parcs à *Faidherbia*) et en contrôlant le développement des adventices (compostage, traction asine). Enfin, certains paysans participent à des programmes de transmission des connaissances, qui renforcent leurs systèmes agricoles et leur travail collectif. Les pratiques agroécologiques recensées, qui sont mises en place par les paysans, répondent aux enjeux majeurs du changement climatique.

Les paysans qui mettent en place des systèmes de polyculture-élevage en Afrique subhumide doivent faire face à une variabilité accrue de la pluviométrie et à l'apparition de sécheresses intercalaires. A ces facteurs s'ajoutent des effets indirects du changement climatique : diminution des surfaces de pâturage, diffusion des ravageurs, adventices, maladies et parasites. Certains paysans mettent en place des pratiques agroécologiques qui contribuent à répondre à ces enjeux. Ils cherchent à maintenir l'humidité des sols tout en choisissant des variétés plus résistantes au manque d'eau. De plus, des pratiques fertilisant le sol et le protégeant contre l'érosion sont mises en place afin de contrer la perte de fertilité. Pour faire face au manque de fourrage, les paysans valorisent des ressources inexploitées et produisent des aliments alternatifs. Ils cherchent aussi à limiter la perte de rendement des cultures en contrôlant les adventices tout en gérant la divagation des animaux.

Les systèmes mixtes polyculture-élevage présentent donc des perspectives d'adaptation au changement climatique basée sur des principes agroécologiques.

2.2.6 Les systèmes agroforestiers des régions tropicales humides

Qu'est-ce qui caractérise un système agroforestier?

Une diversité de systèmes agroforestiers

Le terme "agroforesterie" désigner les "systèmes d'utilisation du sol dans lesquels des ligneux pérennes sont délibérément associés avec des cultures, des animaux ou les deux, soit selon un aménagement spatial soit selon une séquence temporelle. Dans les systèmes agroforestiers, les composants ont des interactions à la fois écologiques et économiques. » (World Agroforestry Center in Marin, 2014). Les systèmes agroforestiers sont caractérisés

par le degré de complexité de l'association de plantes et la structure spatiale. Dans les zones tropicales humides, ces systèmes résultent soit de l'occupation progressive de la forêt par l'agriculture via la plantation d'espèces cultivées sous l'ombrage naturel, soit de la plantation par les hommes d'associations après défrichage d'une parcelle de forêt ou d'une savane.

Les systèmes agricoles basés sur la forêt sont généralement basés sur le défriche-brûlis, mais à mesure que la densité de population augmente, les périodes de jachères se réduisent progressivement. L'agroforesterie constitue une alternative à cette technique. Il existe une vaste palette de systèmes agroforestiers : de la culture en bande à des systèmes complexes en plusieurs strates associant de nombreuses plantes pérennes et annuelles imitant les forêts naturelles. En Afrique tropicale humide, les systèmes agroforestiers sont des plantations paysannes combinant des plantes pérennes (café, cacao, coco...) avec d'autres plantes dont des arbres pour le bois, des arbres fruitiers, des cultures de subsistance, des cultures pour l'artisanat (palmiers, bambous...), des plantes médicinales et un couvert végétal. Même si l'élevage est généralement marginal dans ces systèmes, les paysans introduisent parfois des animaux dans les zones aux densités de population importante où la prédominance des monocultures affecte la qualité des sols, et où la nourriture manque. L'élevage des zones humides est généralement petit, composé de petits ruminants, de cochons et de volaille. Au Sud du Nigeria par exemple, l'élevage de petits ruminants se développe (D'Aquino et al., 1995).

Comment les systèmes agroforestiers sont-ils gérés?

Les systèmes agroforestiers paysans, par exemple à Madagascar sont basés sur la culture pluviale dans de petites exploitations, avec un élevage marginal. Les arbres de subsistance et de rente (litchi, girofle, eucalyptus) sont associés au riz, maïs, manioc et légumineuses. Comme le montre la **Figure 21**, les différentes productions sont réparties selon la topographie: les arbres fruitiers et de rente sont cultivés au sommet; d'autres arbres fruitiers, les cultures racines, les céréales et les légumineuses sont cultivés sur les pentes ; et les légumes et le riz sont produits dans la plaine (expert d'ONG).

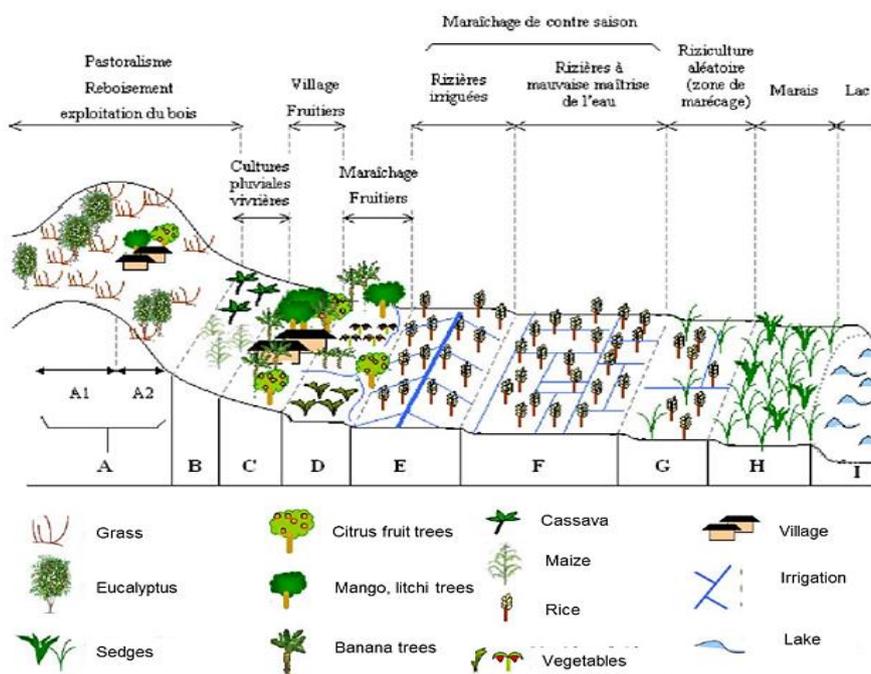


Figure 21 – Utilisation du sol dans la région du lac Alaotra, Madagascar (Source: adapté de Rivera et al., *The role of small-scale livestock farming in climate change and food security* 2012. p.89)

tubercules). Le manioc, l'igname et le macabo sont les principales cultures vivrières tandis que les ligneux et les activités hors exploitation constituent les principales sources de revenu. L'élevage est limité par les conditions sanitaires même si certains systèmes incluent des cochons et/ou de la volaille.

En outre, différentes techniques agroforestières sont mises en place dans tous types de systèmes agricoles : haies vives, bande enherbées, culture sous ligneux, reforestation. Un même paysan peut utiliser le défriche-brûlis sur certaines de ses parcelles et des pratiques agroforestières sur d'autres.

Pourquoi étudier les systèmes agroforestiers?

Quelle résilience des systèmes agroforestiers face au changement climatique ?

Dans les zones tropicales humides, l'augmentation des températures moyennes et les vagues de chaleur plus longues peuvent provoquer un stress hydrique pour les plantes. Ce réchauffement entraîne aussi des pluies violentes plus fréquentes et intenses qui sont un facteur d'érosion du sol et de destruction des cultures. L'humidité accrue pourrait favoriser le développement de vecteurs de maladies. Cette évolution de l'humidité pourrait aussi stimuler le développement des adventices. En outre, les cyclones, plus fréquents et intenses, érodent le sol. Ils affaiblissent aussi les animaux s'ils ne sont pas protégés par des abris, accentuant leur sensibilité aux maladies. De plus, le calendrier cultural est perturbé par les changements de régime pluviométrique : les dates de début et de fin des saisons humides sont de plus en plus imprévisibles ; les saisons des pluies se raccourcissent tandis que la durée des sécheresses augmente et que les sécheresses temporaires se multiplient. Les paysans devront donc faire face à des conditions climatiques imprévisibles et adapter leur stratégie de planification.

Les systèmes agroforestiers sont cependant relativement résilients. En effet, leur diversité renforce leur résilience. Les risques liés aux événements extrêmes sont diversifiés, ainsi que les sources de revenus. Par exemple, à Madagascar, si un cyclone a lieu en janvier, le riz est affecté alors que les fruits ne le sont pas, et inversement dans les autres périodes de l'année. En outre, dans la plupart des cas documentés d'expérience agroforestières réussies, ces systèmes sont plus productifs, plus durables et mieux adaptés aux cultures des populations et aux besoins matériels que les systèmes sans arbres (Mbow et al., 2014).

Quelle représentativité des systèmes agroforestiers?

Les systèmes agroforestiers ne sont pas nécessairement les plus représentatifs des systèmes agricoles dans la zone tropicale humide, mais ils sont caractéristiques de ces régions et sont mis en place par des paysans. Ils contribuent significativement à la sécurité alimentaire des ménages et valorisent la grande diversité d'espèces des zones tropicales humides (Marin, 2014). On observe une augmentation récente de l'adoption de ces systèmes dans de nombreuses régions d'Afrique (Mbow et al., 2014).

Dans quelle mesure les systèmes agroforestiers sont-ils agroécologiques?

Les arbres bénéficient aux agroécosystèmes de plusieurs manières : ils contribuent à la régénération de la biodiversité ; leurs racines dans plusieurs strates du sol améliorent l'infiltration de l'eau, réduisant l'érosion hydrique ; ils abritent les insectes et oiseaux pollinisateurs ; ils limitent l'évapotranspiration et donc la perte d'eau ; ils protègent le sol de l'érosion éolienne et des pluies violentes. L'agroforesterie valorise les interactions entre les espèces sur la même parcelle : les arbres font de l'ombre pour la croissance des cultures ; les légumineuses favorisent la fertilité du sol qui bénéficie aux autres plantes ; les plantes aux systèmes racinaires variés explorent différentes strates du sol et améliorent ainsi sa

structure ; les animaux apportent parfois de la fumure sur les parcelles. L'agroforesterie permet aussi d'optimiser l'utilisation de l'espace : certaines cultures peuvent croître sur les pentes alors que d'autres valorisent les plaines (expert d'ONG). Ce type de système améliore l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles (espace, nutriments, eau, lumières) et limite les risques sanitaires, climatiques et économiques grâce à la diversification des productions (Penot and Feintrenie, 2014). L'agroforesterie favorise aussi bien la biodiversité utile, avec une valeur marchande, que la biodiversité non-valorisée qui joue un rôle écologique essentiel.

Quels avantages les systèmes agroforestiers présentent-ils ?

L'agroforesterie est de plus en plus reconnue comme un mode d'utilisation durable des terres qui améliore la capacité des paysans à s'adapter au changement climatique. Elle stimule la diversité au sein des agroécosystèmes et leur résilience tout en contribuant à limiter la concentration en gaz à effet de serre de l'atmosphère (IPCC, 2014). Dans la zone tropicale humide de Madagascar par exemple, les systèmes agroforestiers incluent souvent un couvert végétal sous des arbres fruitiers. Ces systèmes favorisent la revégétalisation après des événements extrêmes comme les inondations (Foubert, 2014). L'agroforesterie présente donc des bénéfices multiples : production d'aliments, sources diversifiées de revenus et services environnementaux. Par exemple, les paysans africains ont pu transformer des paysages agricoles dégradés en des systèmes plus productifs et plus durables en intégrant des arbres dans des systèmes de cultures annuelles (IPCC, 2014). La couverture végétale peut aussi contribuer à un refroidissement sur l'année qui favorise la production végétale (Christensen et al., 2007). En outre, les systèmes agroforestiers présentent plusieurs avantages agronomiques. Premièrement, ils préservent et améliorent même la fertilité des sols, grâce à l'introduction de légumineuses, la protection contre l'érosion et un travail du sol réduit (grâce à la compétition du couvert végétal avec les adventices). Les couverts végétaux peuvent aussi constituer du fourrage pour les animaux. En outre, la diversité des espèces limite le développement des ravageurs. L'optimisation de l'utilisation de l'espace permet d'accroître la productivité par unité de surface. L'agroforesterie peut donc être perçue comme un moyen d'intensifier les pratiques agricoles de manière durable pour améliorer la sécurité alimentaire. Elle demande peu d'intrants extérieurs, des taux de recyclage importants et parfois l'intégration des cultures et de l'élevage.

Quelles limites aux systèmes agroforestiers ?

Les systèmes agroforestiers présentent un potentiel de croissance agricole important par rapport aux ressources et au climat des zones tropicales humides. Cependant, ce potentiel est limité à court terme à cause de la taille réduite des exploitations, du faible développement des marchés et de l'isolement (FAO, 2001). De plus, là où la propriété foncière est incertaine, les paysans sont souvent réticents à investir dans le long terme sans assurance qu'ils pourront bénéficier des résultats (Mbow et al., 2014). Parfois le propriétaire foncière n'autorise pas le paysan à planter des arbres car c'est un signe de propriété. En outre, l'agroforesterie n'est pas applicable partout et l'état actuel des connaissances ne procure pas suffisamment d'information sur quel type de système fonctionne dans quel type d'environnement, pour qui et dans quels contextes.

Quels facteurs socio-économiques menacent les systèmes agroforestiers ?

La population grandissante accentue la pression sur les ressources naturelles. De plus, les systèmes paysans ne peuvent généralement pas concurrencer les systèmes conventionnels mono-spécifiques en termes de rentabilité du travail et de l'utilisation de

l'espace à court et moyen termes (Penot and Feintrenie, 2014) et sont donc menacés par leur expansion. Cependant, sur le long terme, l'agroforesterie présente des avantages certains et des caractéristiques de durabilité.

Des innovations agroécologiques pour l'adaptation des systèmes agroforestiers au changement climatique

Le **Tableau 5** présente les principaux enjeux du changement climatique pour les paysans d'Afrique tropicale humide, dont les agroforestiers. Les paysans peuvent faire en partie face à ces enjeux grâce aux pratiques qui ont été mentionnées lors des entretiens et dans la littérature, présentées en Annexe 7.

Ces pratiques agroécologiques ont été ensuite classées selon l'échelle à laquelle elles sont mises en place. La **Figure 22** présente cette classification.

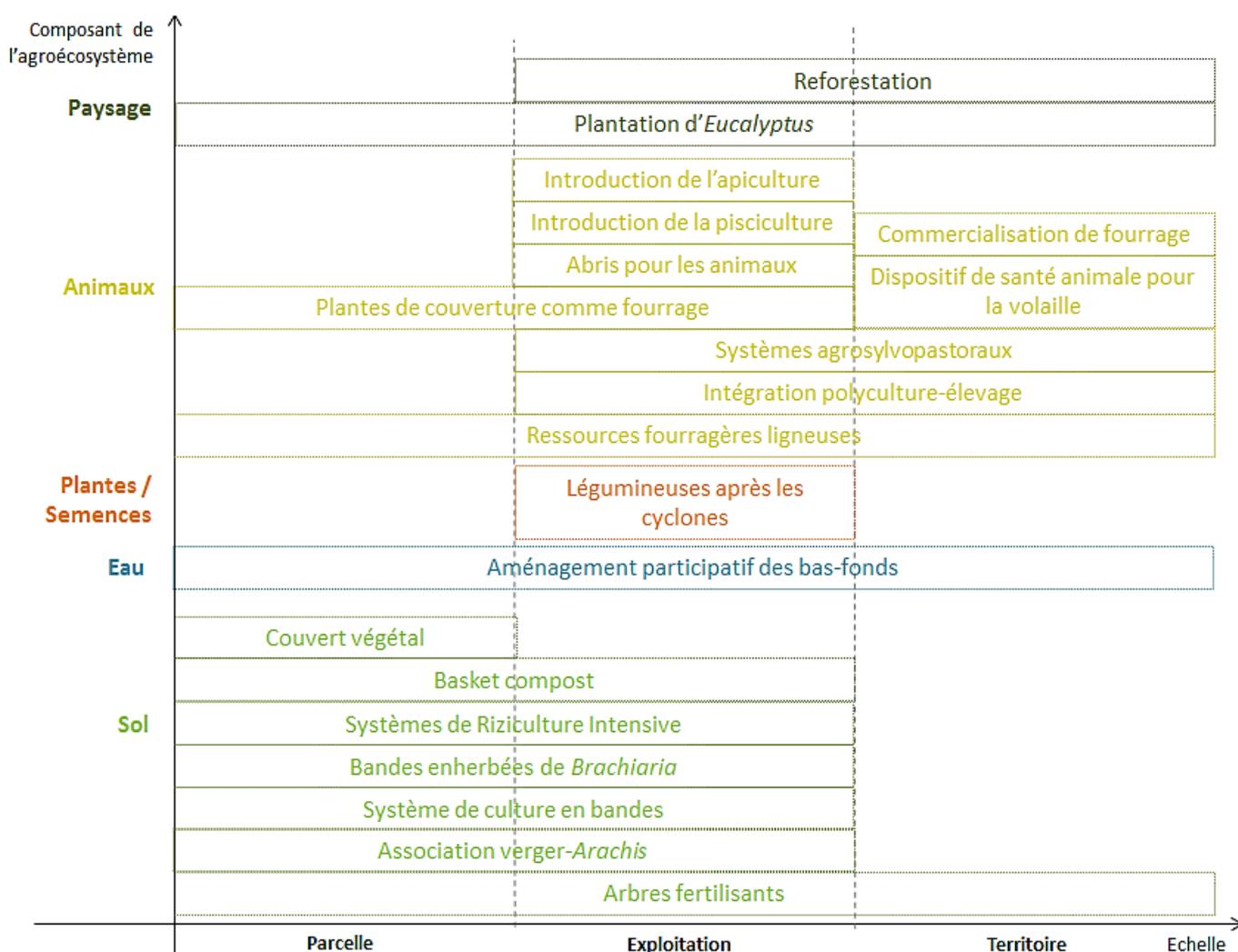


Figure 22 - Analyse par échelle des innovations agroécologiques dans les systèmes

La **Figure 22** montre que des innovations agroécologiques ont été recensées aux trois échelles dans les systèmes agroforestiers, même si elles semblent se concentrer sur l'échelle de l'exploitation (45% des pratiques recensées). Les paysans travaillent à cette échelle afin de favoriser les interactions entre les différents composants de l'agroécosystème. Les techniques à l'échelle de la parcelle sont aussi bien développées (34%) et favorisent les interactions bénéfiques entre les différentes plantes.

A propos des composants de l'agroécosystème, on observe que ces innovations concernent principalement les animaux (45%) et la gestion de la fertilité du sol (35%). Toutes les pratiques recensées visent soit à contrôler la perte de fertilité du sol, soit à diversifier la production. De plus, des pratiques de gestion du paysage sont mises en place (10%). Les pratiques concernant les plantes et l'eau (chacune 5%) ne sont pas soulignées ici, mais sont directement traitées à travers les pratiques classées dans « paysage » et « sol ». Les paysans semblent mettre en place une approche systémique incluant tous les composants de l'agroécosystème.

Stratégies recensées d'organisation collective et de valorisation de la production

Pour accroître leur résilience aux effets du changement climatique, une stratégie des paysans consiste à mieux valoriser leur production, afin de s'assurer un revenu qui renforcera leur sécurité alimentaire. Par exemple, à Madagascar, des producteurs de miel se sont rassemblés pour créer une unité de transformation appelée la **miellerie**. La vente de leur production est garantie, ce qui stimule la production et contribue à l'amélioration des régimes alimentaires locaux (valeur nutritionnelle du miel).

La **Figure 23** fait le lien entre les enjeux identifiés dans la partie 1 pour les systèmes zones tropicales humides et les innovations agroécologiques recensées. On observe que pour chacun des enjeux du changement climatique, au moins une pratique recensée contribue à y faire face.

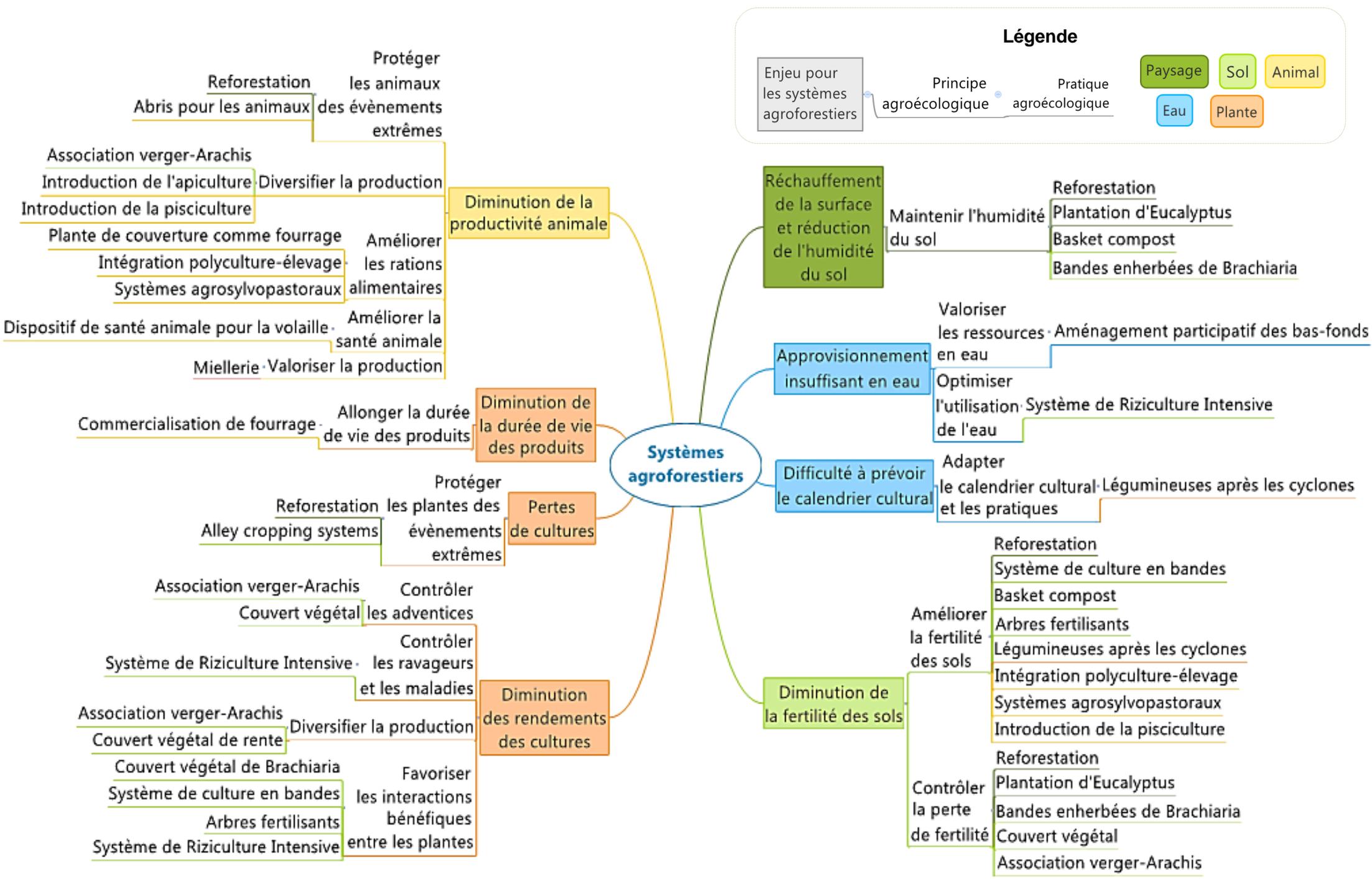


Figure 23 - Enjeux pour les paysans avec des systèmes agroforestiers et pratiques agroécologiques

Analyse des stratégies d'adaptation paysannes au changement climatique

Les innovations agroécologiques recensées renforcent les systèmes agroforestiers. Pour faire face à la variabilité de la disponibilité de l'eau, les paysans valorisent les ressources en eau (aménagement participatif des bas-fonds) et optimisent leur utilisation (Système de Riziculture Intensive) tout en essayant de maintenir l'humidité du sol (reforestation, plantation d'Eucalyptus, basket compost, bandes enherbées de *Brachiaria*). Ils gèrent aussi la perte de qualité des sols en améliorant la fertilité (reforestation, culture en bandes, basket compost, arbres fertilisants, introduction de légumineuses après les cyclones, intégration cultures-élevage, systèmes agrosylvopastoraux, introduction de la pisciculture) ; et en limitant l'érosion du sol (reforestation, plantation d'Eucalyptus, bandes enherbées de *Brachiaria*, couvert végétal, association verger-arachis, systèmes agrosylvopastoraux). De plus, les paysans répondent à la baisse de productivité végétale et animale par différentes stratégies. Ils contrôlent le développement des adventices (association verger-arachis, couvert végétal) et des ravageurs et maladies (Systèmes de Riziculture Intensive). Les paysans protègent les cultures et les animaux des événements extrêmes (reforestation, culture en bandes, abris pour les animaux). Certains se concentrent sur l'alimentation et la santé animale (plante de couverture végétale, intégration culture-élevage, systèmes agrosylvopastoraux, service de santé animale pour la volaille). Une stratégie plus globale pour faire face au changement climatique est la diversification de la production afin de diversifier les risques et assurer un revenu décent (association verger-arachis, couvert végétal de rente, introduction de l'apiculture, introduction de la pisciculture). Enfin, les paysans se regroupent pour mieux valoriser leurs productions (miellerie). Les pratiques agroécologiques des paysans recensées dans les systèmes agroforestiers d'Afrique tropicale humide considèrent tous les composants de l'agroécosystème (eau, sol, plantes, animaux, paysage). A travers la diversification de la production et l'amélioration de la fertilité des sols et de la gestion de l'eau, les systèmes agroforestiers présentent des opportunités d'adaptation agroécologique au changement climatique.

Les paysans qui mettent en place des systèmes agroforestiers en Afrique tropicale humide doivent faire face au réchauffement global et à la modification du régime pluviométrique. Les pluies violentes et les cyclones, de plus en plus fréquents et intenses menacent les cultures, les animaux et les infrastructures. Certains paysans mettent en place des pratiques agroécologiques qui contribuent à répondre à ces enjeux. Ils font face à la variabilité pluviométrique en valorisant mieux la ressource hydrique disponible. En outre, les paysans protègent le sol des événements extrêmes grâce aux couverts végétaux, aux associations de cultures, et à la plantation d'arbres qui limitent l'érosion. Ils contribuent aussi à la fertilité du sol avec des légumineuses et l'introduction d'un élevage toutefois restreint. De manière générale, les paysans diversifient leurs systèmes agricoles, afin de limiter les risques liés aux variabilités climatiques et s'assurer un revenu. Les systèmes agroforestiers présentent donc des perspectives d'adaptation au changement climatique basée sur des principes agroécologiques.

Nous avons vu que des innovations agroécologiques sont mises en place dans les quatre systèmes référents. Elles répondent aux principaux enjeux du changement climatique, même si elles sont rarement mises en place spécifiquement dans ce but. En effet, l'agriculture repose sur l'adaptation constante aux variations climatiques. Pour faire face aux conséquences de ces changements, les paysans mettent généralement en place ce type de pratiques. Cependant, les conséquences du changement climatique vont être de plus en plus importantes, et les paysans auront besoin d'un appui pour y faire face.

Les paysans des systèmes oasiens et agroforestiers semblent travailler plutôt à l'échelle de l'exploitation, afin de favoriser les interactions bénéfiques entre les composants de l'agroécosystème. Les systèmes agropastoraux et de polyculture-élevage se concentrent plus sur l'échelle territoriale, permettant de gérer l'accès aux pâturages et aux terres cultivables.

Cependant, il n'existe pas une pratique plus pertinente que les autres pour l'adaptation au changement climatique. L'agroécologie n'apporte pas de solutions universelles pour répondre à de tels enjeux. En effet, toutes les techniques agroécologiques ne sont pas applicables à tous les types d'environnements. Néanmoins, des associations de pratiques agroécologiques se complétant peuvent favoriser le fonctionnement de chacun des composants de l'agroécosystème et leurs interactions. De telles combinaisons peuvent être pertinentes pour accroître la capacité des systèmes agricoles à s'adapter aux évolutions et aléas climatiques dans des conditions données. Il faut donc adopter une approche plus systémique. C'est pourquoi la section suivante de l'étude présente quelques exemples concrets de combinaisons de pratiques agroécologiques qui répondent aux enjeux identifiés du changement climatique.

Partie 3: Exemples de combinaisons de pratiques agroécologiques pour accroître la résilience des systèmes agricoles

3.1) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone aride : dans les oasis mauritaniennes⁸

Comme nous l'avons vu précédemment, les systèmes oasiens des régions arides doivent faire face aux enjeux majeurs de gestion de l'eau et de la fertilité des sols, qui sont accentués par le changement climatique. En Mauritanie, des paysans travaillent à l'échelle de la parcelle pour améliorer la gestion des deux types de ressources. De plus, ils s'organisent en groupements paysans pour travailler collectivement sur la préservation des oasis et l'amélioration de leur gestion.

Comme présenté en **Figure 25**, ces paysans remplacent l'irrigation par submersion par des systèmes plus efficaces : soit un **système d'irrigation californien**, soit un **système d'irrigation localisée** (voir la description des deux systèmes en Annexe 8), approvisionnés par des pompes solaires. Les systèmes californiens présentent plusieurs avantages : économie d'eau ; économie de temps qui peut alors être dédié à d'autres activités ; utilisation possible par les femmes et les enfants ; extension possible aux oasis voisines ; développement de connaissances en plomberie pour les paysans. Cependant, ils ne permettent pas de maintenir l'effet microclimat généré par les systèmes par submersion. Les systèmes d'irrigation localisée permettent le développement du maraichage par les femmes. Ce type d'irrigation augmente l'efficacité de l'utilisation de l'eau tout en générant des rendements importants.



Figure 24 – Système d'irrigation californien
(Source: Tenmiya, 2011)

En parallèle, les mêmes paysans améliorent la gestion de la fertilité du sol par la **culture en saisons** : ils produisent des légumes d'octobre à décembre, puis ils labourent le sol avant d'épandre de la matière organique et de laisser le sol se reposer. Cette technique permet de prévenir la dégradation accélérée du sol et de maintenir sa fertilité. Les paysans utilisent du **compost de palmes de dattier** comme fertilisant organique.

A l'échelle territoriale, tous les paysans oasiens de la zone se regroupent dans une organisation paysanne : l'**Association de Gestion Participative des Oasis**. Cette organisation leur apporte une formation et un appui techniques. Les paysans y échangent entre eux, parfois lors de visites organisées d'exploitations.

⁸ Résultats de l'entretien avec le coordinateur de projet de l'association locale Tenmiya

Les paysans mettent donc en place deux stratégies complémentaires: ils se regroupent pour renforcer leur professionnalisation, et ils améliorent leurs pratiques agricoles. Cette combinaison de pratiques permet aux paysans de faire face à la raréfaction de l'eau et la dégradation des sols et limite donc les migrations de populations rurales vers les villes.

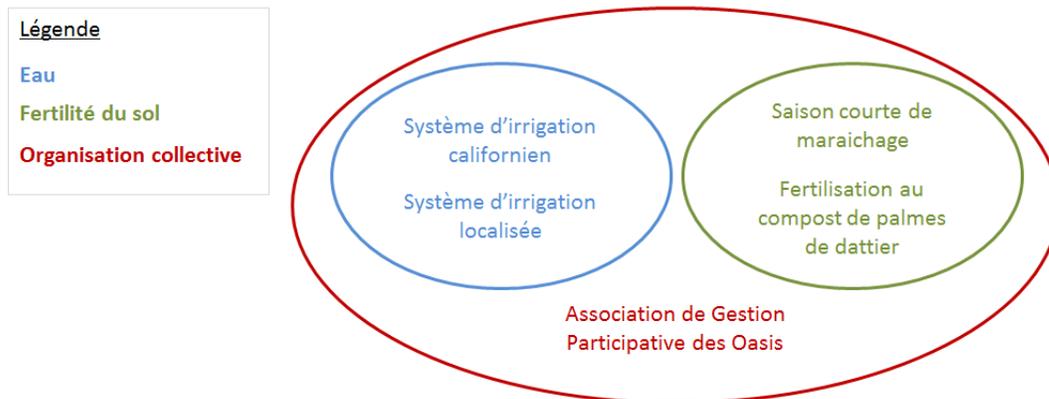


Figure 25 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques dans des oasis de Mauritanie

3.2) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone subaride : dans la région de Niayes, Sénégal⁹

Dans la zone subaride de Niayes, au Sénégal, les sécheresses combinées à la déforestation ont mené à de sérieux problèmes de dégradation des sols qui forcent les populations rurales à migrer vers les villes. La production agricole repose sur des systèmes pluviaux exploités pendant seulement trois mois de l'année.

Comme le présente la **Figure 26**, les paysans mettent en place des techniques agroécologiques afin de gérer de manière plus efficace la ressource en eau et renforcer la résilience de leurs systèmes face à la sécheresse. Ils **multiplient les cycles de culture dans une année**, en diversifiant leur production : pour compléter la production pluviale, ces paysans introduisent du maraichage de contre saison, des fruits et des céréales. Cette diversification leur permet de produire presque tout au long de l'année et de diversifier les risques liés aux sécheresses. En parallèle, les mêmes paysans mettent en place des **systèmes d'irrigation localisée** qui améliorent l'utilisation de l'eau et permettent de maintenir les cultures en contre saison.

En outre, ces paysans limitent la dégradation des sols en plantant des **haies**. L'espèce *Leucenea* est généralement utilisée, du fait de sa croissance rapide qui procure du bois. Cette technique présente divers avantages : elle limite l'érosion éolienne et hydrique ; elle crée un environnement protecteur pour la croissance des cultures ; les arbres séquestrent le carbone ; ils réduisent l'évapotranspiration ; et produisent du bois énergie.

La diversification des productions, incluant des cultures de contre saison, génère du travail agricole pendant la saison sèche, permettant aux jeunes de rester dans la zone au lieu de migrer vers les villes. Cette diversification contribue aussi à améliorer les régimes alimentaires locaux. En outre, l'introduction du maraichage permet de renforcer le pouvoir économique des

⁹ Résultats de l'entretien avec le coordinateur de programmes de l'association ENDA Sénégal

femmes. En effet, cette activité est souvent pratiquée par les femmes car elle demande un travail physique moins difficile que pour d'autres productions.

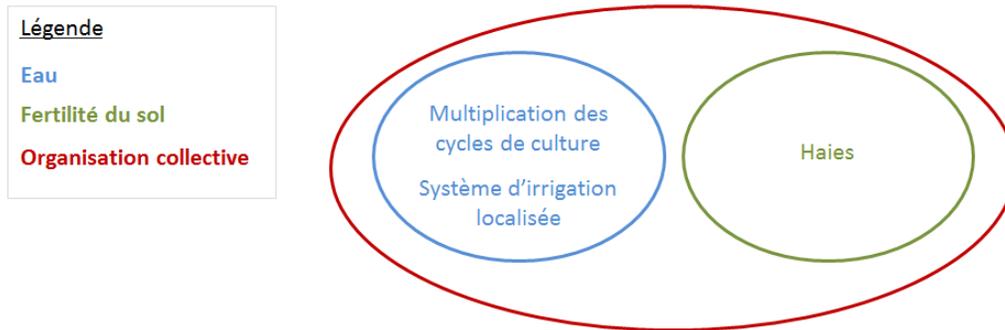


Figure 26 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques au Sénégal

3.3) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone subaride : dans le Sud de Madagascar¹⁰

Dans le Sud subaride de Madagascar, la perte de fertilité des sols est un problème majeur, du fait de l'érosion éolienne importante, et en partie aussi à cause du labour qui était auparavant promu dans des zones où il n'était pas adapté. De plus, l'agriculture repose sur des systèmes pluviaux dont la production est parfois détruite par les sécheresses ou les ravageurs.

Comme le présente la **Figure 27**, pour s'adapter à ces conditions difficiles, certains paysans multiplient des **semences sélectionnées locales et adaptées**. Ces variétés de semences (de maïs, de sorgho ou de mil) qui sont préalablement expérimentées en stations de recherche sont ensuite testées en conditions réelles avant d'être multipliées par des groupes de paysans. Ces variétés sont sélectionnées selon plusieurs critères : leur caractère pérenne ; leur contribution à la restauration de la fertilité des sols ; la couverture permanente du sol (maintien de l'humidité) ; et la protection contre l'érosion éolienne. Des **associations de cultures** avec ces caractéristiques sont alors mises en place. Même si la sélection prend du temps, elle vaut la peine car les résultats sont garantis avec les variétés adaptées. Une partie de cette production de semences est commercialisées dans des **boutiques d'intrants** (au nombre de 100 dans toute la région). De plus, ces semences sélectionnées sont certifiées. Comme l'un des critères de la certification est la monoculture, qui n'est pas adaptée aux conditions locales et à la culture, elles obtiennent une **certification intermédiaire** (Semences de Qualité Déclarée) qui donnent accès aux paysans à certains marchés.

Pour limiter l'érosion éolienne, les paysans produisent aussi des **plantes pour l'embocagement en pépinière** avant de les planter dans les champs. La phase en pépinière permet d'obtenir des plants plus résistants à la sécheresse et aux vents que ceux directement semés dans les parcelles. Aussi, l'utilisation de **Cajanus comme brise vent** se développe actuellement. Il est planté autour des parcelles, mais aussi dans des **systèmes de culture en bandes** qui incluent des **rotations de cultures**, des **légumineuses** et un **couvert végétal**.

¹⁰ Résultats de l'entretien avec le coordinateur de projets du GRET à Madagascar

Cajanus présente plusieurs avantages dont son caractère pérenne, son système racinaire profond qui contribue à la restauration de la fertilité des sols, et ses graines comestibles.

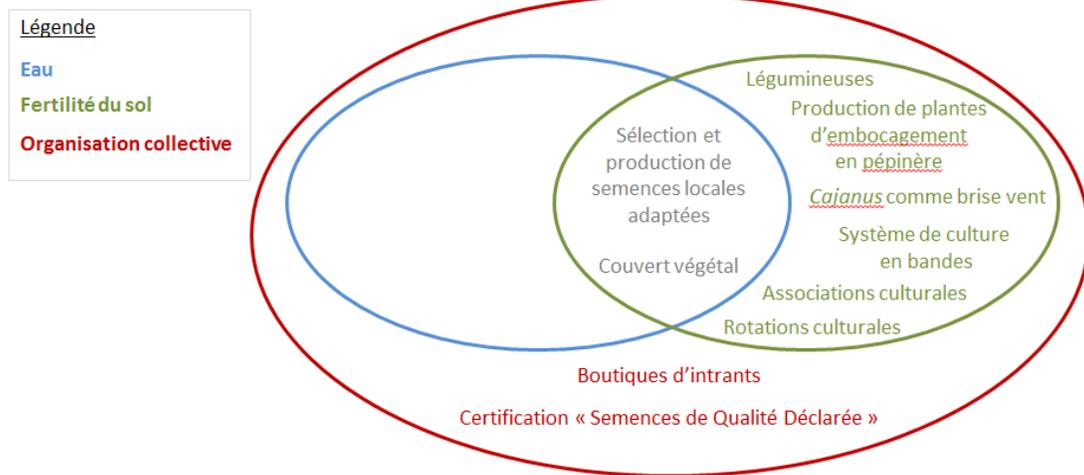


Figure 27 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques dans le Sud de Madagascar

3.4) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone subaride/subhumide : au Burkina Faso¹¹

Au Burkina Faso, pour faire face aux enjeux du changement climatique concernant la gestion de l'eau et de la fertilité du sol, des paysans combinent des techniques pour collecter et utiliser de manière efficace l'eau disponible et pour améliorer la qualité du sol et éviter sa dégradation. Cette combinaison est présentée en **Figure 28**.

Concernant la gestion de l'eau, les paysans mettent en place des stratégies à deux échelles. A l'échelle familiale, ils collectent l'eau de pluie grâce à leurs **toits** et des **impluviums**. A l'échelle de la communauté, les paysans installent des **boullis** et des **mini-retenues** pour collecter l'eau de ruissellement, ainsi que des **puits** pour l'eau souterraine. En plus, les paysans utilisent des techniques innovantes pendant le semis pour réduire le risque lié aux sécheresses. Ils pratiquent l'**enrobage des semences** avant de les semer dans les trous du zaï (voir présentation de la pratique en Annexe 8) avant le début des pluies. Cette couche humide (faite d'argile, de compost et de son de céréale) permet de réduire les risques liés au semis en sec, de s'affranchir de la pré-germination, d'éviter la consommation des semences par les fourmis, termites et oiseaux qui ne les reconnaissent plus, et de gagner deux jours sur l'évapotranspiration.

En parallèle, les paysans améliorent la fertilité du sol grâce à différentes techniques. Premièrement, ils améliorent les trous du zaï en y ajoutant du **compost amélioré** (à la place des résidus ménagers) et en mécanisant la formation des trous. Cependant, cette technique peut être limitée par le manque d'eau pour le compostage en saison sèche et par le travail supplémentaire pour protéger le compost de la destruction par les animaux. Pour répondre à la

¹¹ Résultats de l'entretien avec le directeur de l'association locale ARFA et un expert de l'association française AVSF

rareté de l'eau, un groupe de femme a commencé à exploiter un puits et est devenu producteur de compost. La combinaison du **zaï mécanisé** et du compost amélioré améliore les conditions de travail des paysans tout en restaurant des terres dégradées. Grâce à cette technique, les paysans ne sont plus forcés de migrer vers des zones plus fertiles. Deuxièmement, une nouvelle technique a été récemment testée par les paysans : le **compost enrichi**. Il peut être enrichi soit avec des trichodermes, qui agissent comme fongicide et libèrent du phosphore, soit avec des phosphates naturels. Troisièmement, certains paysans produisent un autre type de fertilisant organique, grâce à un **bio digesteur**. Cette technique utilise les excréments animaux pour approvisionner les familles en biogaz pour l'énergie. Le bio digesteur produit aussi un effluent qui est composté et utilisée comme fertilisant pour produire du fourrage qui sera consommé par les animaux. Ces paysans envisagent aussi d'utiliser les impluviums pour approvisionner le bio digesteur en eau. Cette technique valorise donc les interactions entre l'élevage, les cultures et la gestion de l'eau. En parallèle, les paysans contrôlent la dégradation du sol avec deux types de stratégies. Ils installent des **dispositifs antiérosifs** tels que les cordons pierreux et les diguettes afin de maintenir la matière organique (compost) dans les parcelles et l'humidité du sol. Ils pratiquent aussi l'**agroforesterie** : ils plantent des céréales dans les parcs à *Acacia*. L'*Acacia* améliore la fertilité et protège le sol de l'érosion. Cependant, ces arbres ne procurent pas beaucoup d'ombre pour la croissance des céréales. Enfin, ces paysans mettent en place des **rotations de céréales et légumes**. Grâce à l'eau contenue dans les pluies et les mini-retenues, les paysans peuvent produire des légumes d'octobre à avril, avant de semer des céréales, en saison humide, qui bénéficieront de la fertilisation du maraichage. Ce système efficace démontre qu'il est possible de produire des légumes sans utilisation d'intrants chimiques.

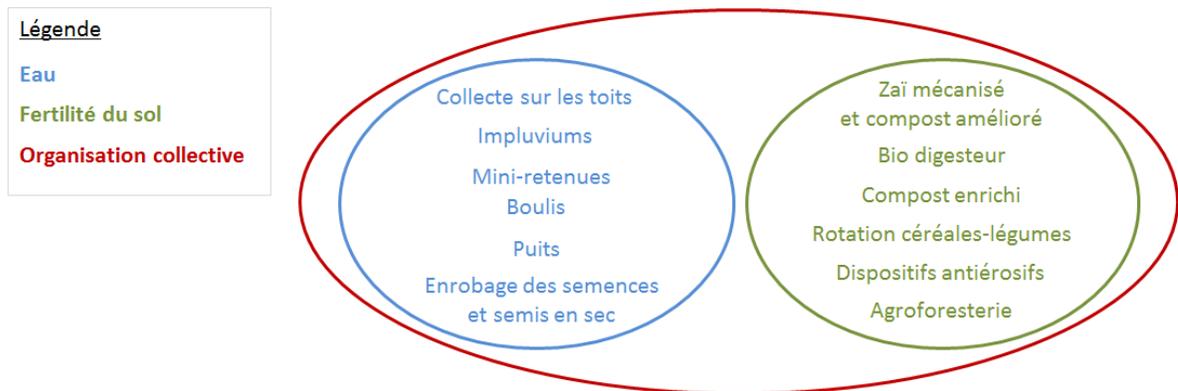


Figure 28 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques au Burkina Faso

3.5) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone subhumide : dans la région des plateaux, au Togo¹²



Figure 29 - *Cajanus Cajan*, Togo
(Source: De Witte, 2013)

Dans la région subhumide des plateaux du Togo, les paysans combinent différentes stratégies pour restaurer et maintenir la fertilité des sols, présentée en **Figure 30**. Ils gèrent traditionnellement la fertilité des sols en incluant une période de **jachère** à leur système agricole, mais sa durée est de plus en plus limitée par la pression de la population grandissante. De plus, des **plantes améliorantes** sont plantées pour améliorer la fertilité du sol. Par exemple, ***Cajanus cajan***, un arbuste légumineux, est planté dans les jachères et parfois autour des parcelles. Hormis son caractère fertilisant,

cette plante présente d'autres avantages : ses graines sont consommées par les populations locales et ses tiges procurent du bois de chauffe. En parallèle, les paysans favorisent les **systèmes agroforestiers**. Des arbres de rente sont inter-plantés (cajou, palmier à huile, teck) avec des cultures. De plus, **certaines espèces d'arbres sont conservées** (baobab, papaye, karité, manguiers...). Ils procurent des fruits pour l'alimentation des populations locales, du bois pour l'énergie et les constructions, de l'ombre aux travailleurs et les feuilles de certains de ces arbres constituent un engrais vert (*Neem*, *Leucaena*).

Dans cette région du Togo, les paysans adoptent donc des stratégies de diversification et d'amélioration de la fertilité du sol basée sur les plantes pour maintenir leur capacité de production. En préservant des espèces d'arbres qui procurent des aliments et fertilisent le sol, les paysans contribuent à la sécurité alimentaire des populations locales à la conservation d'une terre fertile sur le long terme. De telles associations de plantes peuvent aussi contribuer à améliorer la résistance des systèmes au développement des adventices, des ravageurs et des maladies.

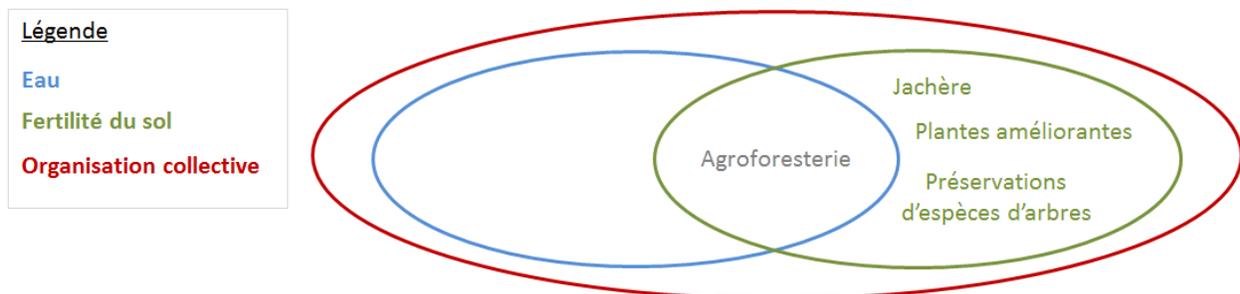


Figure 30 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques au Togo

¹² Information extraite de De Witte, 2013.

3.6) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone subhumide : dans le Nord de la Côte d'Ivoire¹³

En Côte d'Ivoire subhumide, les paysans Sénoufos ont pratiqué l'agroécologie depuis des siècles. Ces techniques, présentées en **Figure 31**, leur permettent d'adapter la production pluviale à la variabilité pluviométrique et de préserver la fertilité du sol. Ils mettent en place des **systèmes de culture itinérants** (une parcelle est rarement exploitée plus de 3 années consécutives), basés sur une **riche diversité de cultures**. Ils **associent des cultures de subsistances**, avec des cycles de croissance différents, sur la même parcelle (tubercules, céréales, légumes...etc.). Les légumes (aubergine, piment...) sont semé dans des champs d'igname. De plus, les Sénoufos mettent en place des **rotations culturales**, dont la composition est adaptée à la présence ou non de pluie (cultures aux besoins hydriques plus ou moins importants). Après l'igname, les paysans cultivent généralement du manioc ou de l'arachide. Ensuite, le sol est laissé en **jachère** pendant 2 à 3 ans pour que le sol se repose. En outre, une stratégie complémentaire de ces paysans est d'adapter le calendrier cultural : ils **modifient la date de semis** pour que la croissance ait lieu au cours de la période la plus favorables de l'année. De plus, les paysans adoptent des **variétés à cycle court** (de riz par exemple), qui sont mieux adaptées à la variabilité pluviométrique que celles à cycle long. Enfin, les Sénoufos reconnaissent le rôle des arbres dans la régulation du climat et le refroidissement, et aspirent donc à **préserver les forêts**.

Cette production diversifiée procure des aliments aux populations tout en assurant un revenu décent aux paysans et en diversifiant les risques liés au climat. Les systèmes agricoles des Sénoufos sont un bon exemple d'adaptation à la variabilité climatique basée sur des pratiques agroécologiques.

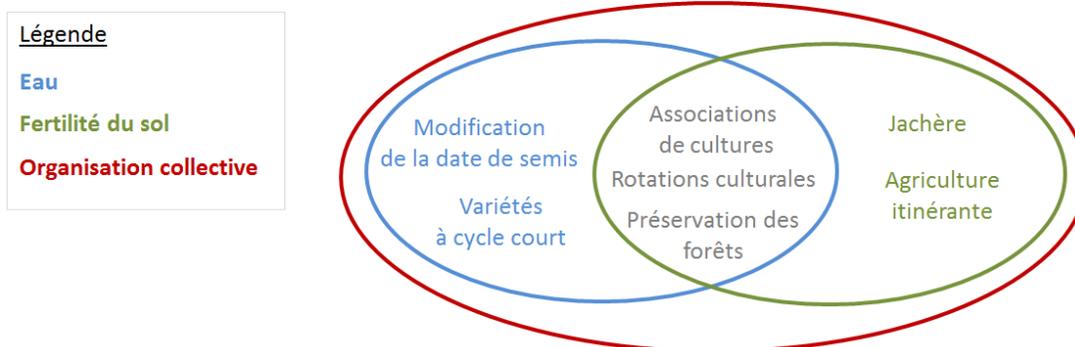


Figure 31 – Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques en Côte d'Ivoire

¹³ Information extraite de Cherif, 2014.

3.7) Combinaison de pratiques agroécologiques en zone tropicale humide : dans le pays Bamiléké, Ouest du Cameroun¹⁴

Dans le pays Bamiléké, dans l'Ouest du Cameroun, des paysans ont développé des combinaisons de pratiques agroécologiques, résumées par la **Figure 33**. Ils produisent dans des systèmes agricoles hautement diversifiés basés sur les tubercules. La pluviométrie suffisante dans cette zone permet aux paysans de cultiver le manioc et l'igname, en **association avec de nombreuses espèces et variétés de plantes**.

Ces paysans associent des **arbres fruitiers** (comme l'avocatier) avec 3 à 4 **cultures intermédiaires** (bananiers, caféiers). Sous les arbres et arbustes, on trouve 10 types de **cultures annuelles** qui sont cultivées selon les types de sols. Le maïs, le haricot, l'arachide et/ou des légumes feuilles sont associés aux tubercules (igname, taro et macabo), et des cultures comme le soja. De plus, des **haies** sont plantées autour des parcelles, procurant du bois de construction. Ces associations permettent d'optimiser l'utilisation des surfaces tout en améliorant les rendements des cultures grâce aux interactions bénéfiques entre les plantes.

Ces systèmes incluent très peu d'animaux (quelques cochons noirs et petits ruminants), à cause de la Tripanosomiase qui limite l'élevage bovin. La fertilisation organique repose donc sur les **légumineuses** et les arbres. Une **couverture du sol** importante limite aussi l'érosion du sol.



Figure 32 – Exemple d'association de cultures au pays Bamiléké, Ouest Cameroun (Source: Valentin Beauval)

Des systèmes aussi diversifiés présentent un potentiel important pour faire face aux enjeux majeurs du changement climatique dans les zones tropicales. Ils maintiennent l'humidité du sol et limitent l'érosion tout en améliorant sa fertilité. En outre, les cultures annuelles peuvent être protégées dans une certaine mesure des événements extrêmes comme les pluies violentes et les cyclones, par les arbres alentours. De plus, les associations culturales sont connues pour améliorer la gestion des ravageurs et des maladies par rapport aux systèmes de monoculture. Cependant, ces systèmes présentent une faible rentabilité du travail.

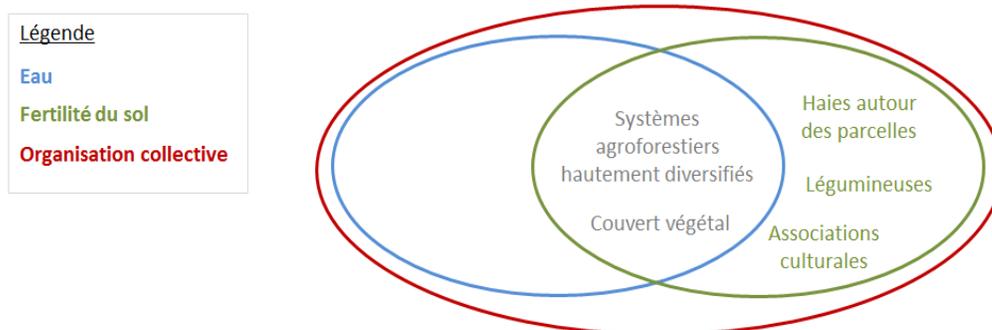


Figure 33– Exemple de combinaison de pratiques agroécologiques à l'Ouest du Cameroun

¹⁴ Résultat de l'entretien avec un expert associé de l'association française AVSF

Des combinaisons de pratiques agroécologiques sont mises en place dans diverses régions d'Afrique pour renforcer la résilience des systèmes agricoles aux changements globaux. Les paysans combinent des techniques agroécologiques pour améliorer la gestion des différents composants de l'agroécosystème et favoriser leurs interactions. Ces améliorations contribuent à améliorer les conditions de vie des populations rurales et à accroître la sécurité alimentaire. Les stratégies paysannes devraient donc limiter la migration des populations vers les zones urbaines.

Ces combinaisons de pratiques ont réussi dans les cas étudiés. Mais sont-elles applicables à d'autres systèmes paysans dans d'autres régions d'Afrique ? Quelles sont les conditions de la réussite de la mise en place d'innovations agroécologiques ? Quel est le coût de telles pratiques, aussi en termes de charge de travail ?

3.8) Facteurs clés de l'adoption de pratiques par les paysans

Plusieurs facteurs doivent être considérés pour la mise en place de stratégies d'adaptation au changement climatique. Les approches multidisciplinaires devraient donc dominer (LOCEAN et al., 2015). Premièrement, l'innovation agricole requiert l'identification et la compréhension des pratiques existantes des populations ciblées qui ont souvent développé des connaissances importantes sur l'adaptation à des environnements défavorables et aux chocs climatiques. Les savoirs traditionnels et scientifiques devraient être combinés à travers des approches participatives pour une amélioration de la gestion des systèmes agricoles existants. Les stratégies d'adaptation ont une meilleure chance d'être adoptées, appropriées, et de réussir si elles sont basées sur les connaissances indigènes. Deuxièmement, la question de l'acceptation sociale des innovations techniques doit être posée. Des meneurs locaux, qui testent et promeuvent les innovations réussies pourrait contribuer à cette acceptation et appropriation. En outre, les facteurs sociaux et culturels peuvent stimuler ou limiter l'innovation. La vulnérabilité et la capacité d'adaptation des communautés humaines sont liées aux moyens de subsistance, au rôle des filets de sécurité sociale, et autres mesures de protection sociale (assistance mutuelle, microcrédit...). En outre, l'adaptation repose parfois sur une modification des valeurs et attentes fondamentales qui peuvent rencontrer une plus grande résistance parmi les paysans (IPCC, 2014). Troisièmement, il faut prendre en compte les facteurs politiques et économiques qui influencent la décision des paysans d'ajuster leurs pratiques. En effet, le bon fonctionnement des institutions et des systèmes de gouvernance joue un rôle majeur dans l'adaptation. De plus, l'accès des paysans aux marchés et aux infrastructures doit renforcer l'adoption des innovations. La capacité d'adaptation peut être limitée par des facteurs complexes comme la pauvreté et des connaissances et moyens techniques restreints. Certaines pratiques nécessitent un investissement significatif (matériel, main d'œuvre, achat de semences...) que les paysans ne peuvent pas se permettre. Les paysans ne sont pas forcément prêts à prendre le risque d'adopter de nouvelles pratiques dont les résultats sont incertains à court terme. Enfin, la question de la transférabilité de l'innovation d'un schéma de production agricole à un autre doit être considérée, en tenant compte des facteurs biophysiques et des autres facteurs cités précédemment. Compte tenu de la variété de facteurs influençant la mise en place d'un processus d'adaptation, il faut reconnaître qu'il n'existe pas une seule stratégie d'adaptation mais qu'il y en a autant que de contextes spécifiques en Afrique.

Conclusion

Il est difficile de tirer des conclusions générales sur les tendances du changement climatique en Afrique car le climat et ses effets sont très variables selon la localisation, même à l'intérieur des zones climatiques. On observe toutefois une élévation des températures moyennes sur tout le continent. La variabilité des régimes pluviométriques croît également, même si l'évolution diffère selon les régions. La quantité annuelle de précipitations diminue dans certaines zones alors qu'elle augmente dans d'autres et se concentre dans des périodes plus courtes. De manière générale, les saisons humides se raccourcissent. En outre, les événements climatiques extrêmes deviennent de plus en plus fréquents et intenses. Leur nature varie selon les régions (sécheresses, vagues de chaleur, pluies violentes, inondations, cyclones...).

Les différents facteurs du changement climatique vont très certainement affecter la production agricole en Afrique aride, subaride, subhumide et tropicale humide, et en particulier les systèmes paysans qui sont les plus vulnérables du fait de leur dépendance au climat (systèmes pluviaux, élevage pâturant). Les paysans doivent donc anticiper, pour être capables de survivre et d'assurer la sécurité alimentaire de leurs familles. Les principales menaces du changement climatique pour l'agriculture en Afrique ont été identifiées. Premièrement, la disponibilité des ressources naturelles (eau, pâturage...) devrait être restreinte par les évolutions des régimes pluviométriques. Deuxièmement, la perte de fertilité des sols est accélérée par l'élévation des températures et la multiplication des événements climatiques extrêmes, provoquant une diminution des surfaces arables. Troisièmement, les rendements des cultures et la productivité animale seront très probablement limités par les stress thermique et hydrique, le manque de nutriments, les événements extrêmes et le développement des ravageurs, parasites et maladies. Ces restrictions de l'activité agricole pourraient entraîner des migrations de plus en plus importantes de populations rurales vers des régions moins impactées et des zones urbaines. Cependant, les paysans africains ont toujours fait face à la variabilité climatique. Ils ont développé de grandes connaissances et des pratiques élaborées. Ce savoir doit être transmis aux nouvelles générations et combiné aux connaissances scientifiques pour renforcer les systèmes paysans existants.

Les paysans africains mettent en place des pratiques agroécologiques depuis des siècles pour gérer les différents composants de leurs systèmes agricoles et tirer bénéfice de leurs interactions. En général, ces pratiques répondent aussi aux principaux enjeux du changement climatique, comme elles se basent sur l'utilisation plus efficace des ressources naturelles. Pour limiter la dégradation du sol par les événements extrêmes, les paysans ont introduit ou développé des techniques existantes comme les dispositifs antiérosifs. De plus, afin de limiter la perte de fertilité, ils apportent généralement différentes sortes de fertilisants organiques et conservent des couverts végétaux. Pour faire face à l'incertitude grandissante quant à la disponibilité de l'eau, les paysans améliorent l'efficacité de leur utilisation de l'eau et maintiennent l'humidité du sol. De manière plus générale, les paysans diversifient leur production pour limiter les risques. Ils introduisent de nouvelles espèces et variétés de plantes (parfois en association sur une même parcelle), et/ou pratiquent l'élevage. Cette stratégie permet de diversifier à la fois les risques climatiques et les sources de revenus. Une autre menace importante identifiée dans l'étude est le développement des ravageurs et des vecteurs

de maladies, favorisé par les nouvelles conditions climatiques. Pourtant, peu de pratiques ont été recensées qui visent à contrôler ce risque. Quand c'est possible, il pourrait être pertinent pour les paysans d'essayer de développer des connaissances en lutte biologique.

Cette étude a permis d'évaluer le potentiel de l'agroécologie dans l'adaptation des systèmes paysans africains au changement climatique. Comme nous l'avons vu, l'approche agroécologique tient compte de tous les composants de l'agroécosystème, afin de renforcer son fonctionnement et donc sa résilience. L'agroécologie se base sur une approche holistique, présentée à travers les combinaisons de pratiques. De nombreuses expériences agroécologiques dans des régions variées d'Afrique ont réussi et permis d'améliorer la résilience des systèmes agricoles et la sécurité alimentaire des communautés rurales. Ces combinaisons de pratiques apportent des solutions à tous les niveaux de l'agroécosystème, aux échelles de la parcelle, de l'exploitation et du territoire.

Pour renforcer les pratiques agricoles et augmenter leur capacité à faire face aux effets du changement climatique, les paysans améliorent aussi leur organisation collective. Ils se rassemblent pour mieux valoriser leur production (transformation, vente directe, labellisation) ; pour professionnaliser leurs filières ; pour partager du matériel ; et pour échanger leurs connaissances. Plusieurs exemples d'organisation collective ont été mentionnés dans l'étude (organisations paysannes, coopératives, unités de transformation, systèmes de certification participative, circuits courts de commercialisation...etc.). Ces innovations organisationnelles améliorent l'accès des paysans aux marchés, ce qui est une condition majeure de leur survie face à la compétition déloyale des fermes industrielles et au maintien de la sécurité alimentaire locale. Les circuits courts de commercialisation bénéficient à la fois aux producteurs locaux et aux consommateurs. Plusieurs personnes interviewées soulignent aussi l'importance de l'échange de savoirs entre les paysans. Ce partage est promu par les systèmes d'action participative comme les « Farmer Field Schools » où les paysans participent à des formations sur les pratiques agroécologiques ; ou les plateformes de recherche multi-acteurs qui considèrent les attentes des paysans.

Nous pouvons donc conclure sur le potentiel de l'agroécologie pour l'adaptation au changement climatique. Même si les effets bénéfiques des pratiques agroécologiques ne sont pas toujours observés à court-terme, leur potentiel est immense à long terme. D'autres approches, comme les biotechnologies (OGM...) peuvent permettre une amélioration des rendements et une adaptation ponctuelle des productions agricoles aux nouveaux contextes climatiques, mais l'agroécologie assure la durabilité des systèmes paysans en renforçant le système dans sa globalité. Cette approche apparaît donc comme une solution concrète pour renforcer les systèmes agricoles et garantir leur maintien pour l'amélioration de la sécurité alimentaire. Les paysans africains sont peut-être les plus vulnérables face aux effets du changement climatique, mais ils pourraient aussi avoir les plus grandes chances de s'adapter, grâce à leurs vastes connaissances traditionnelles sur l'adaptation de l'agriculture aux conditions variables.

Bibliographie

- ACF.** Les jardins de la santé: La diversification alimentaire au service de la nutrition au Sahel. 2015a, 1p.
- ACF.** Madagascar - Promotion des pratiques agroécologiques - Prévention de la malnutrition dans 5 communes du district de Betioky Atsimo, Région Atsimo Andrefana. 2015b, 1p.
- ACP.** Mission « SUPER KUU » : Promotion d'une culture de l'igname durable en Haute-Guinée, Guinée Conakry, rentable et « climate-friendly ». 2014. 16p.
- ADAM BACHAR I.** Seuil d'épandage du PROBADO: Un ouvrage à usages multiples. Coopération Tchado-Allemande, 2011, 31p.
- AGRISUD.** L'agroécologie en pratiques. Edition 2010. 188p.
- AGRISUD and ADONIS CONGO.** Diagnostic agraire et études filières - District des Cataractes – Bas-Congo RDC. 2011, 52p.
- ALTIERI M.A.** Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. Agriculture, ecosystems & environment, 2002, Vol. 93, n° 1, pp. 1–24.
- AMCEN Secretariat.** Climate change in Africa – What is at Stake? Excerpts from IPCC reports, the Convention and BAP. 2007, 4p.
- AUNE J.B.** Agro-Sahel - Une collection de techniques et d'approches pratiques pour l'amélioration de l'agriculture dans le Sahel. Groupe de coordination des zones arides, 2011, 27p.
- AVSF.** Étude sur les adaptations des exploitations paysannes au changement climatique. 2011. 114p.
- AVSF.** Petite mécanisation par les CUMA et intégration agriculture élevage au Mali à Kayes et Kita. 2014, 4p.
- BAKER E.** Strengthening local adaptive capacity to climate change through adoption of « no-regrets » agricultural practices. Msc International Agricultural Development and Msc Community Development. Davis : University of California, 2015, 31p.
- BALARABÉ O.** De la diffusion des SCV à la promotion de la concertation au Cameroun. Agroécologie en Afrique de l'Ouest et du Centre: réalités et perspectives, 2013, Vol. 63-66, pp.24-25.
- BASQUIN H., CHARHON F., CISSOKHO M., LE GAUYER G., ROUILLÉ D'ORFEUIL H., VIELAJUS J.-L.** Nourrir les villes, défi de l'agriculture familiale - Des innovations locales et paysannes en Afrique de l'Ouest. Paris : CFSI and Fondation de France, 2014, 112p.
- BEAUVAL V.** Agroécologies du monde. Master Agroécologie ESA. Angers, 2012.
- BENDER H.** Mesures de réhabilitation et d'aménagement des bas-fonds - Seuils d'épandage - Gestion optimale et durable des eaux et des sols. 2009, 4p.
- BERCEF.** Etude de faisabilité socio-économique et impact environnemental de seuils d'épandage de Ouadi Chaou. Rapport II: Etude socio-économique. Coopération Tchado-Allemande, 2007, 59p.
- BERNOUX M., CHEVALLIER T.** Le carbone dans les sols des zones sèches - Des fonctions multiples indispensables. Les dossiers thématiques du CSFD, 2013, n° 10.
- BERTON S., BILLAZ R., BURGER P., LEBRETON A.** Agroécologie, une transition vers des modes de vie et de développement viables : Paroles d'acteurs. Viols Le Fort : Centre d'actions et de réalisations internationales, 2013, 96p.

BILGO A., SANGARE A.K., BAMBARA D., HIEN V. Lutte contre la désertification au Burkina Faso: opportunités et contraintes. Grain de sel, 2013, n° 63-66, pp.11-13.

BLEIN R., ISSALA B. Les stocks de proximité : enjeux, opportunités et limites - Le cas des pays du Sahel. 2011, 7p.

BOKO M., NIANG I., NYONG A., VOGEL C., GITHEKO A., MEDANY M., OSMAN-ELASHA B., TABO R., YANDA P. Africa. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, p.433-467.

BONNET B., GUIBERT B. Vulnérabilités et efforts d'adaptation des familles de pasteurs face aux crises récurrentes. 2012, 21p.

BOUZIANE M., BROSSE C., CHENEVAL J.-B., DIOP N., ISSA A., CHRISTINE K., KOGBE J.Y., MAZOUNIE A., NDOUR A., SECK E., THOMAS J.-P. Intégrer les contraintes climatiques et énergétiques dans les pratiques de développement - De la bonne pratique à la politique publique. Recommandations du Réseau Climat et Développement. Montreuil : RAC-France, 2013, 40p.

BRANCA G., HISSA H., BENEZ M.C., MEDEIROS K., LIPPER L., TINLOT M., BOCKEL L., BERNOUX M. Capturing synergies between rural development and agricultural mitigation in Brazil. Land Use Policy [online], 2013, Vol. 30, n° 1, pp. 507-518. Available at: 10.1016/j.landusepol.2012.04.021 [Consulté le 1er avril 2015]. ISSN 02648377.

BURGER P., CHENEVAL J.-B. Les Oasis: Un modèle de développement durable pour les zones arides. 2004.

CARI, PROMMATA. Mise en place d'une ferme de production et de démonstrations pour la diffusion de pratiques agroécologiques. 2014.

CHENEVAL J.-B., MICHEL-QUEIREL C. Sécurité alimentaire et changement climatique au Maghreb - Pourquoi les oasis sont-elles une solution ? Viols-Le-Fort : Réseau associatif de développement des oasis (RADD0), 2012, 30p.

CHERIF S. Construire la résilience au changement climatique par les connaissances locales : le cas des régions montagneuses et des savanes de Côte d'Ivoire. FMSH-WP, 2014, Vol. 83, pp. 1-30.

CHRISTENSEN J.H., HEWITSON B., BUSUIOC A., CHEN A., GAO X., HELD I., JONES R., KOLLI R.K., KWON W.-T., LAPRISE R., MAGANA RUEDA V., MEARNES L., MENENDEZ C.G., RAISANEN J., RINKE A., SARR A., WHETTON P. Chapter 11 : Regional Climate Projections. In: Climate change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, pp.847-940.

CIAIS P., SABINE C., GOVINDASAMY B., BALA G., BOPP L., BROVKIN V., CANADELL J., CHHABRA A., DEFRIES R., GALLOWAY J., HEIMANN M., JONES C., LE QUERE C., MYNENI R.B., PIAO S., THORNTON P. Carbon and other biogeochemical cycles. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York: University Press, 2014, pp. 465–570.

CILSS. Récupération des glaciers dénudés à des fins sylvo-pastorales. 2009, 37p.

COMOÉ H. Contribution to food security by improving farmers' responses to climate change in northern and central areas of Côte d'Ivoire. North South Centre annual Colloquium "Selected aspects of sustainable development". Zurich, 2010.

- COMOÉ H., SIEGRIST M.** Relevant drivers of farmers' decision behavior regarding their adaptation to climate change: a case study of two regions in Côte d'Ivoire. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2013, Volume 20, n° 2, 2013, pp. 179-199.
- CONFÉDÉRATION PAYSANNE.** Climat: L'agriculture paysanne pour refroidir la planète. *Supplement of Campagne Solidaires*, 2015, n° 303, 4p.
- COORDINATION SUD.** Répondre aux défis du XXIème siècle avec l'agro-écologie : pourquoi et comment ? In : *Les Notes de la C2a - Agriculture et alimentation en question*, 2013, n° 10, 4p.
- CORNU F.** La gestion concertée des ressources en eau au Mali: une expérience originale à l'épreuve des pratiques locales. Lyon : AVSF, 2011, 46p.
- D'AQUINO P., LHOSTE P., LE MASSON A.** Systèmes de production mixtes agriculture pluviale et élevage en zones humide et sub-humide d'Afrique. Maisons-Alfort : CIRAD-EMVT, 1995, 103p.
- DE WITTE C.** Fiches techniques d'agroécologie. Paris: Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières, 2013a, 21p.
- DE WITTE C.** Rapport d'étude des pratiques agroécologiques en vue d'une intensification durable de la production - Etude réalisée dans les préfectures de l'Est-Mono, Tone et Cinkasse au Togo. MFE. ISTOM, 2013b, 107p.
- DELILLE H.** Perceptions et stratégies d'adaptation paysannes face aux changements climatiques à Madagascar (AVSF). 2011, 108p.
- DENHEZ F.** Atlas du réchauffement climatique - Un risque majeur pour la planète - Nouvelle édition. Paris : Editions Autrement, 2007, 79p.
- DEVRESSE B., HUMBERT P., NDIAYE M.** Les arbres fertilitaires: base de l'agroécologie en Afrique? - *Agroécologie en Afrique de l'Ouest et du Centre: réalités et perspectives*, 2013, Vol. 63-66, pp.16-17.
- DEYGOUT P., TREBOUX M.** Systèmes de production durables en zones sèches - Quels enjeux pour la coopération au développement? (IRAM) 2012, 135p.
- DICKO M.S., DJITÈYE M.A., SANGARÉ M.** Les systèmes de production animale au Sahel. *Sécheresse*, 2006, Vol. 17, n° 1, pp.83-97.
- DIGUINGUE D.** Rapport de capitalisation : Les cordons pierreux une expérience à l'Est du Tchad. Coopération Tchado-Allemande PROBADO, 2010, 23p.
- DIXON J, GULLIVER A., GIBBON D.** Farming systems and poverty: improving farmers' livelihoods in a changing world. Rome and Washington D.C.: FAO and World Bank, 2001, 412 p. ISBN 9251046271.
- DORLÖCHTER S., NILL D.** Bonnes pratiques de CES/DRS - Contribution à l'adaptation au changement climatique et à la résilience des producteurs: Les expériences de quelques projets au Sahel. Eschborn : GmbH, 2012, 60p.
- FAO.** Farming systems and poverty. [online] Available at: http://www.fao.org/farmingsystems/description_en.htm [Consulté en février 2015]
- FAO** (Division des opérations d'urgence et de réhabilitation). Multiplication et fourniture de semences dans une perspective d'aide au retour. 2009, 36p.
- FAO.** Projet d'appui à la formulation de la politique semencière nationale. 2012, 2p.
- FASHA G., SELUHINGA N., MAKINDARA J.** Cost-benefit analysis of various sustainable agricultural practices in seven eco-villages in the Uluguru Mountains. Morogoro: Sokoine University of Agriculture, 2014, 18p.
- FIELD C.B., BARROS V., STOCKER T.F., QIN D., DOKKEN D.J., EBI K.L., MASTRANDREA K.J., PLATTNER G.-K., ALLEN S.K., TIGNOR M., MIDGLEY P.M.** Summary for policy makers.

In: Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2012, pp. 1-19 p.

FOUBERT M. Bilan des pratiques agroforestières mises en place par AVSF dans les zones équatoriales, tropicales et désertiques. Internship report engineer assistant. Montpellier Sup Agro, 2014, 98p.

FRANZEL S., CARSAN S., LUKUYU B., SINJA J., WAMBUGU C. Fodder trees for improving livestock productivity and smallholder livelihoods in Africa. Current Opinion in Environmental Sustainability [online] 2014, Vol. 6, pp. 98-103. Available at : 10.1016/j.cosust.2013.11.008 [Consulté le 3 avril 2015]. ISSN 18773435.

GERARDEAUX E., GINER M., RAMANANTSOANIRINA A., DUSSERRE J. Positive effects of climate change on rice in Madagascar. Agronomy for Sustainable Development [online], 2012, Vol. 32, n° 3, pp. 619-627. Available at : 10.1007/s13593-011-0049-6 [Consulté le 3 février 2015]. ISSN 1774-0746, 1773-0155.

GRANDVAL F. Agroécologie : Où en est-on? Bulletin de synthèse Souveraineté alimentaire Inter-réseaux Développement rural. 2011, 8p.

GRET. Développement agricole - Projet de sécurisation de l'approvisionnement en semences dans la région Androy à Madagascar (PSASA). 2011, 2p.

IASS, HEINRICH BÖLL FOUNDATION. Drylands: Keeping livestock on the move. In: Soil atlas: Facts and figures about earth, land and fields. 1ed. Berlin and Postdam: Heinrich Böll Foundation and Institute for Advanced Sustainability Studies, 2015, pp.56-59.

INGRAND S., LURETTE A., GOUTTENOIRE L., DEVUN J., MOULIN C.-H. Le processus d'innovation en ferme - Illustrations en élevage. INRA Prod. Anim., 2014, Vol. 27, n° 2, pp. 147-160.

IPCC. The IPCC's Fifth Assessment Report: What's in it for Africa? - Executive Summary. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2014, 35p.

INTERNATIONAL SUSTAINABILITY COUNCIL. The Köppen climate classification system. [online]. Available at: <http://www.thesustainabilitycouncil.org/resources/the-koppen-climate-classification-system/> [Consulté le 12 janvier 2015].

JALLOH A., NELSON G.C., THOMAS T.S., ZOUGMORE R., ROY-MACAULEY H. West African agriculture and climate change: A comprehensive analysis. [online]. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2013, 444p. Available at: <http://www.ifpri.org/publication/west-african-agriculture-and-climate-change> [Consulté le 26 janvier 2015].

LASCO R.D., DELFINO R.F.P., CATACUTAN D.C., SIMELTON E.S., WILSON D.M. Climate risk adaptation by smallholder farmers: the roles of trees and agroforestry. Current Opinion in Environmental Sustainability [online]. 2014, Vol. 6, pp. 83-88. Available at: 10.1016/j.cosust.2013.11.013 [Consulté le 18 mars 2015]. ISSN 18773435.

LAZGHAB I. Présentation du Projet de réhabilitation de la palmeraie de l'Ayoun. 2012, 10p.

LEGAY C. Promouvoir l'agroécologie par la certification bio au Burkina Faso. Grain de sel, 2013, Vol. 63-66, pp. 22-23.

LEROY M. Fiche technique GTD/RéSaD.

LHERITEAU F., RAKOTONDRAMANANA, RATRIMO A. Stock taking of CTAS scheme of lead farmers' experiences for the dissemination of innovative good practices. 2014, 4p.

LIWENGA E.T., KWEZI L., AFIFI T. Rainfall, food security and human mobility – Case study Tanzania. 2012, 140p.

LOCEAN, AFRICARICE, CIRAD. Les sociétés rurales face aux changements environnementaux en Afrique de l'Ouest. In: Seminar Escape: Environmental and Social Changes in Africa: Past, present and future. Paris, 29-30 January 2015.

MARIN A. Agroforestry. Agroecology master. Lyon, 2014.

MASSON-DELMOTTE V. In : Conference Climat AgroParisTech. Paris, 10 mars 2015.

MBOW C., VAN NOORDWIJK M., LUEDELING E., NEUFELDT H., MINANG P.A., KOWERO G. Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. Current Opinion in Environmental Sustainability [online]. 2014, Vol. 6, pp. 61-67. Available at: 10.1016/j.cosust.2013.10.014 [Consulté le 19 mars 2015]. ISSN 18773435.

MEYNARD J.-M., CASABIANCA F. Agricultural systems and the innovation process. In : New trends for innovation in the Mediterranean animal production. EAAP publication, No. 129. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2011, 344 pp.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO. Programme d'action national d'adaptation au changement climatique de la République Démocratique du Congo. 2006, 96p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DES EAUX ET FORÊTS DE MADAGASCAR. Programme d'action national d'adaptation au changement climatique. 2006, 75p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA PROTECTION DE LA NATURE DU SENEGAL. Plan d'action national pour l'adaptation aux changements climatiques. 2006, 84p.

MINISTÈRE DES EAUX, FORÊTS, CHASSE EST PÊCHE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE LA RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE. Programme d'action national d'adaptation aux changements climatiques. 2008, 67p.

MORIN A., COMPAORE A., GABELOUX M. Evaluation de rendements de sorgho blanc, entre une pratique témoin et une pratique zaï avec compost, en milieu paysan. 2012, 41p.

MOUHSSIN O., CHENEVAL J.-B. Rapport d'activités 2013-2014 - Projet de ferme pilote en agriculture écologique Ferme de Ghali Boushaba Jorf, Maroc. 2014, 18p.

MWANYOKA I. Lesson learned from implementation of the « Where the rain falls - community based adaptation » project. 2015, 25p.

NAGAYETS O. Small farms: Current status and key trends. Wye: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2005, 14p.

NATIONAL GEOGRAPHIC. Steppe. [online]. Available at: http://education.nationalgeographic.com/education/encyclopedia/steppe/?ar_a=1 [Consulté le 7 février 2015]

ORLHAC M. Local governance of water management in Luale ward, Uluguru Mountains, Tanzania: Innovations and collective actions. Agronomy SAADS engineer degree. Montpellier: SupAgro, 2013, 108p.

PACHAURI R.K., MEYER L. and CORE WRITING TEAM. Climate change 2014: Synthesis report. IPCC: 2014, 138p.

PAETH H., BORN K., GIRMES R., PODZUN R., JACOB D. Regional Climate Change in Tropical and Northern Africa due to Greenhouse Forcing and Land Use. Journal of Climate, [online], 2009, Vol. 22, n° 1, pp. 114-132. Available at: 10.1175/2008JCLI2390.1 [Consulté le 2 février 2015]. ISSN 0894-8755, 1520-0442.

PEEL M.C., FINLAYSON B.L., MCMAHON T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. In: Hydrology and Earth System Sciences Discussions Vol.11, n°5. Göttingen: Copernicus Publications, 2007, pp.1633-1644.

PENOT E., FEINTRENIE L. L'agroforesterie sous climat tropical humide: une diversité de pratiques pour répondre à des objectifs spécifiques et à des contraintes locales. Bois et forêts des tropiques, 2014, n°321, pp. 3-6.

PÉREZ S. L'agroécologie, une approche multidimensionnelle de l'agriculture. 2011, 7p.

PICARD J. Gestion Communautaire des Ressources Naturelles à Travers les Chartes et Conventions Locales. 2014, 4p.

PNUD. Rapport mondial sur le développement humain. New York : Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), 2006, 552p. ISBN: 2-7178-5323-5

POOLE N., BUCKLEY C.P. L'innovation: enjeux, contraintes et opportunités pour les ruraux pauvres. 2006, 79p.

RADDO. Lutte contre la désertification: Les oasis au péril du changement climatique. 2010, 2p.

RAJAABELINA H., DEFRISE L. Enquête dans le Sud Est Malgache 3 ans après: Que reste-t-il des pratiques agroécologiques diffusées par les projets AVSF entre 2004 et 2011. 2014.

RIVERA-FERRE M.G., LOPEZ-I-GELATS F. The role of small-scale livestock farming in climate change and food security. Barcelona: Center for Agro-food Economy and Development-CREDA-UPC-IRTA, 2012, 148p.

ROESCH K., CHAPON M. Des unités de méthanisation au Mali. Paris et Lyon : Editions Ruralter, 2014, 4p.

ROUDIER P., MULLER B., D' AQUINO P., RONCOLI C., SOUMARÉ M.A., BATTÉ L., SULTAN B. The role of climate forecasts in smallholder agriculture: Lessons from participatory research in two communities in Senegal. Climate Risk Management [online], 2014, Vol. 2, pp. 42-55. Available at: 10.1016/j.crm.2014.02.001 [Consulté le 6 février 2015]. ISSN 22120963.

SAHEL PEOPLE SERVICE. Fiche technique n°5: La Technique du Zaï. 5p.

SCHELLNHUBER H.J., HARE B., SERDECZNY O. Baissons la chaleur - Phénomènes climatiques extrêmes, impacts régionaux et plaidoyer en faveur de l'adaptation - Résumé analytique. Washington DC: International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 2013, 39p.

SCHOLLE J. Livret de vulgarisation de pratiques agroécologiques et agroforestières - Techniques développées dans le cadre du projet DEFIV - DAFOMA dans le Mayanda, Bas Congo, RDC (2010-2015). 2015, 65p.

SOKPOH B.G., NIMAGA B. Evaluation externe de UAVES et de CAPROSET. Plaisians and Lablachère: URD and Terre et humanisme, 2014, 48p.

SOMORIN O.A. Climate impacts, forest-dependent rural livelihoods and adaptation strategies in Africa: A review. African Journal of Environmental Science and Technology, 2010, Vol. 4, n° 13, pp. 903–912.

STOCKER T.F., QIN D., PLATTNER G.-K., TIGNOR M., ALLEN S.K., BOSCHUNG J., NAUELS A., XIA Y., BEX V., MIDGLEY P.M. Summary for policy makers. In: Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2013, 28 p.

STROESSER L. Fiche technique GTD/RéSaD.

STROESSER L., BASCOUL C. Fiche technique GTD/RéSaD.

SULTAN B. Les impacts du climat en Afrique de l'Ouest. 2008.

TENMIYA. Le système californien est bien adapté aux cultures oasiennes. 2011, 1p.

TERRE ET HUMANISME. L'expertise agroécologique au service du développement - Bilan de 10 ans d'expérience à Tacharane au Mali 2004-2014. 2014, 5p.

TISSERAT J., CHODOROWSKI M., FOSSY C., POTTIER L., MESA B., HAENTJENS E., BERNABE K., DIALLO M., DARROUX S.-C. Fiche techniques. 2013.

TISSERAT J., CHODOROWSKI M., FOSSY C., POTTIER L., MESA B., HAENTJENS E., BERNABE K., DIALLO M., DARROUX S.-C. Note de synthèse: MJE EDRA mission terrain réalisée dans la région du lac Alaotra, Juin-Août 2013. 2013, 34p.

TUMBO S.D., MBILINYI B.P., RWEHUMBIZA F.B. Economics of climate change for agriculture and Tanzania. Adaptation options and their costs. 2010, 78p.

UNCCD, UNDP, UNEP. Climate change in the African drylands: Options and opportunities for adaptation and mitigation. New York, Bonn and Nairobi: UNCCD, UNDP and UNEP, 2009, 58p.

URD. La pompe à corde - Expérience au Tchad - Une solution alternative pour l'eau potable. 2009, 4p.

VALL E., SALGADO P., CORNIAUX C., BLANCHARD M., DUTILLY C., ALARY V. Changements et innovations dans les systèmes d'élevage en Afrique. INRA Prod. Anim., 2014, Vol. 27, n° 2, pp. 161–174.

VAN EECKHOUT L. A Madagascar, le ricin pour lutter contre la faim. Le Monde, section Planète, 2015, p.6.

WELLINGTON N.E. Stratégies de développement de l'agriculture en zone aride : le rôle du savoir. [online]. Available at: <http://knowledge.cta.int/fr/Dossiers/S-T-et-defis-agricoles/Agriculture-sur-les-terres-arides/Articles-de-fond/Strategies-de-developpement-de-l-agriculture-en-zone-aride-le-role-du-savoir> [Consulté le 22 janvier 2015].

WEZEL A. Agropastoral land use in the West African Sahel. Lesson Master of Agroecology ISARA-Lyon. Lyon: 2014.

WORLD BANK. Enhancing Agricultural Innovation: How to Go Beyond the Strengthening of Research Systems. Washington, DC: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2006, 135p.

WORLD BANK. Turn Down the Heat: Climate Extremes, Regional Impacts, and the Case for Resilience - A report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics. Washington, DC: World Bank. : 2013, 254p.

Table des annexes

Annexe 1: Carte des types de climat en Afrique de Köppen-Geiger

Annexe 2: Guide d'entretien sur les innovations agroécologiques

Annexe 3: Guide d'entretien sur des combinaisons de pratiques agroécologiques

Annexe 4: Innovations agroécologiques recensées dans les régions arides d'Afrique

Annexe 5: Innovations agroécologiques recensées dans les régions subarides d'Afrique

Annexe 6: Innovations agroécologiques recensées dans les régions subhumides d'Afrique

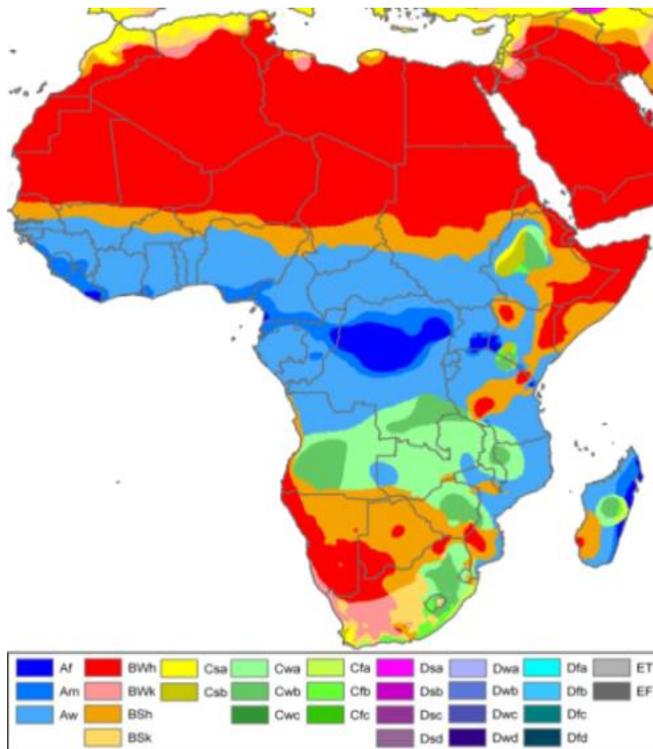
Annexe 7: Innovations agroécologiques recensées dans les régions tropicales humides d'Afrique

Annexe 8: Lexique de pratiques agroécologiques

Annexe 9: Liste des personnes interviewees

Annexes

Annexe 1: Carte des types de climat en Afrique de Köppen-Geiger



Köppen-Geiger climate type map of Africa

(Peel, M. C. et al., University of Melbourne, 2007)

Annexe 2 : Guide d'entretien sur les innovations agroécologiques

1. Identification de l'enquête

- Organization
- Fonctions

2. Partie 1 de l'étude

Objectifs : définir les zones sur lesquelles l'enquête peut m'apporter des informations ; discuter les résultats de la partie 1.

- Montrer la carte du zonage : Que peut-il/elle m'apporter ? Sur quelle(s) zone(s) ?
- Partie 1: présentation des principaux résultats de la revue bibliographique sur les changements climatiques et leurs effets. Que pense-t-il/elle de ces résultats ? Qu'a-t-il/elle observé dans ses zones d'intervention?

3. Partie 2 de l'étude

○ Les systèmes référents

Objectifs : expliquer pourquoi on s'intéresse à des systèmes référents, discuter la pertinence des systèmes référents, obtenir des documents pour caractériser les systèmes

- Choix des systèmes référents: 2 critères: la représentativité et le lien avec l'agroécologie
- Pertinence de ce choix? Pourquoi?
- Comment caractériser ces systèmes ? A-t-il/elle des références sur les systèmes ?
- Quels sont les principes de l'agroécologie selon lui/elle?
- Pourquoi peut-on dire que ces systèmes reposent sur les principes agroécologiques ?

○ Agroecological innovations to face climate change

Objectifs : préciser le sujet (définition des échelles), pertinence des systèmes par rapport à l'adaptation au changement climatique, obtenir des informations détaillées sur les systèmes aux 3 échelles (parcelle, exploitation, territoire), identifier des pratiques agroécologiques

- Précisions sur le sujet : Présentation des différentes échelles
- Résilience des systèmes référents face au changement climatique ? Sur les 50 dernières années, est-ce qu'un événement climatique majeur a affecté le système et comment a-t-il réagi ?
- En quoi peuvent-ils être des systèmes innovants ? Avez-vous observé des pratiques innovantes qui s'appuient sur l'agroécologie au sein de ces systèmes ? A l'échelle de la parcelle ? de l'exploitation ? du territoire ?
- Une pratique détaillée par échelle : description, avantage et limites, caractère innovant face au changement climatique, pertinence (pourquoi on détaille celle là), en quoi ça s'appuie sur les principes de l'agroécologie ?
- Quelles informations sur d'autres pratiques/innovations agroécologiques mises en œuvre en réponse au changement climatique dans le système ? Et hors du système mais dans la zone (celles qui sont particulièrement intéressantes)?
- Quels sont les pratiques/innovations les plus importantes en lien avec le changement climatique potentiel ?
- D'où dirait-il/elle que les innovations viennent généralement (endogène, exogène)?
- Quels supports/documents pourrait-il/elle me transmettre ? : articles scientifiques,

diagnostics, capitalisations de fin de projets, études et rapports de stages. En français ou en anglais.

4. D'autres personnes ressources?

Annexe 3: Guide d'entretien sur des combinaisons de pratiques agroécologiques

1. Identification de l'enquêté

- Organisme
- Fonction

2. Présentation de l'étude

- Les différentes zones
- Partie 1 : caractérisation des changements climatiques
- Partie 2 : systèmes référents ; recensement de pratiques agroécologiques
- Partie 3 : identification de combinaisons de pratiques

3. Combinaisons de pratiques agroécologiques

Pas de pratiques plus pertinentes que les autres face au changement climatique, mais des associations de pratiques : inter- et intra-échelles (parcelle, exploitation, territoire), contribuant à accroître la résilience des systèmes paysans face au changement climatique

Selon la zone que vous connaissez:

- Pouvez-vous me donner un exemple de combinaison de pratiques agroécologiques que l'on retrouve souvent dans les systèmes paysans (dans le système référent, ou à défaut dans la zone)

Pour faire face aux enjeux climatiques majeurs :

- Zone aride : diminution de l'approvisionnement en eau ; perte de fertilité des sols
- Zone subaride : incertitude quant à la disponibilité de l'eau dans le temps et l'espace ; pénurie d'aliments pour les animaux
- Zone subhumide : sécheresses intercalaires ; perte de pâturages ; multiplication des adventices, ravageurs et maladies
- Zone tropicale humide : incertitude quant à la disponibilité de l'eau dans le temps et l'espace ; perte de fertilité des sols ; destruction de cultures

- Pouvez-vous me donner un exemple de combinaison de pratiques très complexe et spécifiques ? (approche systémique)
- Connaissez-vous l'origine de ces combinaisons de pratiques ? (endogène/exogène)
- Avez-vous des documents ressource sur ces combinaisons à m'indiquer ?

Annexe 4: Innovations agroécologiques recensées dans les régions arides d'Afrique

Toutes les pratiques agroécologiques mentionnées pour la zone aride sont présentées ici. Vous pouvez voir lesquelles ont été mentionnées spécifiquement pour les systèmes oasiens (colonne « Système référent »). Les pratiques sont classées selon le composant de l'agroécosystème qu'elles concernent : le paysage (vert foncé), l'eau (bleu), le sol (vert clair), les plantes et semences (orange), les animaux (jaune), et l'organisation collective (rouge).

Pratique	Système référent	Principaux avantages	Quelques limites	Où?	Résultats	Source
Culture en terrasses		Erosion réduite; meilleure production; opérations culturales en pente sécurisées	Uniquement sur les pentes de plus de 15% et sur des sols aux conditions favorables	Technique traditionnelle en Afrique		Baker 2015 (CARE)
Reforestation		Sequestration du carbone, diversification; maintenance fertilité du sol				Terre et humanisme 2014
Système d'irrigation californien	Oasis	Reduction pertes d'eau; transport d'eau aux parcelles éloignées				TENMIYA 2011
Système d'irrigation localisée	Oasis	Irrigation efficiente; pertes de nutriments réduites				CARI
Pompage solaire	Oasis	Plus d'eau disponible; diversification; économie de temps et d'argent; impact environnemental faible	Coût d'installation	Morocco (CARI) Mali (AVSF)		CARI 2014
Gestion collective de l'irrigation	Oasis	Irrigation efficiente; pertes d'eau réduites; stockage d'eau; meilleure productivité; renforcement esprit collectif	Accord requis entre les usagers		Adoption facilitée par la motivation des agriculteurs et les fonds publics de protection des oasis	RAC 2013
Système d'irrigation Jessour		Economie d'eau; pas d'équipement spécifique; diversification; meilleurs rendements; meilleurs revenus; meilleure infiltration de l'eau; moins d'érosion; création de surfaces arables; remplissage des nappes; restauration biodiversité	Pas faisable si plus de 250 mm de pluie par an ; entretien ; réduction surface pâturage	Technique traditionnelle des zones arides, utilisée surtout en Tunisie(CARI)		<i>Interview CARI</i>
Borders		Meilleure infiltration de l'eau		Tanzanie		Baker 2015
Puisard		Eau disponible pour élevage en saison sèche; répartition des points de pâturage ; peu coûteux	Travail difficile ; connaissances spécifiques ; pollutions des nappes par les animaux	Technique traditionnelle des populations transhumantes comme les Touaregs et les Peuhls.		Fiche technique GTD
Maillage des points d'eau		Assure déplacement des troupeaux; meilleure connaissance des points				Cornu 2011; <i>interview</i>

		d'eau et pâturages				AVSF
Compostage de palmes de dattier	Oasis	Fertilization; valorization biomasse locale	Decomposition lente des palmes	Association tunisienne		CARI 2014
Compostage de fumier	Oasis	Fertilization; limitation des adventices	Faible disponibilité du fumier			<i>Interview CARI</i>
Paillage de palmes de dattier	Oasis	Couverture du sol: protection contre l'érosion, maintien de l'humidité		Maroc (CARI)		CARI 2014
Association blé-luzerne	Oasis	Optimization surfaces cultivées; meilleure fertilité; diversification		Quelques agriculteurs au Maghreb	Ne se diffuse pas pour le moment	<i>Interview CARI</i>
Interculture	Oasis	Contrôle des ravageurs et pathogènes; protection contre l'érosion; attire des insectes bénéfiques; contrôle des adventices ; optimisation des surfaces ; diversification	Risque reduction rendements	Tanzanie (CARE)		Baker 2015
Rotation culturale	Oasis	Meilleure fertilité et structure du sol; controle des ravageurs et pathogènes	Les cultures sélectives peuvent donner des rendements plus faibles.	Technique traditionnelle en Afrique		<i>Interview ACF</i>
Compostage		Diversification des mode de fertilization; contrôle des adventices; humidité augmentée			Développement t réduit des adventices; meilleure structure du sol	CARI
Travail superficiel du sol		Economie de temps et d'énergie; meilleurs rendements; résidus comme fourrage; meilleure infiltration de l'eau; dégradation limitée du sol	Besoin de force mécanique ou animale; coût d'entretien du matériel ; risque de développement d'avertices	Technique traditionnelle, développée en Afrique Sub-saharienne dans les années1980's	Adoption parfois limitée par le coût, la difficulté du travail et les adventices	Fiche technique GTD
Double digging		Drainage du sol; aeration; penetration facilitée des racines	Travail difficile et long; peut perturber la vie du sol	Tanzanie		Baker 2015 (CARE)
Pépinière sur couche chaud et culture précoce	Oasis	Meilleurs revenus (meilleurs prix sur les marches en vendant plus tôt)		Maroc (CARI)		CARI 2014
Plantation de plantes mellifères	Oasis	Favorise les pollinisateurs; améliore la biodiversité		Maroc (CARI)		CARI 2014
Introduction du maraichage		Diversification; production en années défavorables; production en saison sèche; amélioration des régimes alimentaires				Terre et humanisme 2014; Sokpoh 2014 (URD) ; <i>interview</i>

						AVSF
Introduction du cactus inerme		Source fourragère	Faible valeur nutritionnelle			INRA 2014
Pâturage tournant		Évite le surpâturage; maintien pâturage à long terme; fertilization organique; meilleure qualité et quantité des fourrages ; meilleure productivité animale ; meilleurs revenus ; amélioration de la biodiversité	Plannification; coût (clôtures ou surveillance)	Mis en place par les éleveurs des zones subhumides Diffusion par acteurs extérieurs		Fiche technique GTD
Zménagement des parcours de pâturage		Meilleure gestion des pâturages; fertilization organique; maintien de l'herbe	Conflits entre producteurs de cultures et d'animaux			INRA 2014; <i>interview CCFD</i>
Formation en agroécologie		Diffusion de pratiques agroécologiques; meilleure acceptabilité grâce à la démonstration		Association PROMMATA		CARI; PROMMATA 2014
Cooprative	Oasis	Meilleure valorization de la production				CARI
Unite de transformation	Oasis	Meilleure valorization de la production ; durée de stockage augmentée				CARI
Circuit court de commercialisation	Oasis	Meilleure valorization de la production ; relation plus proche avec les consommateurs				CARI; <i>interview CCFD</i>
Foire	Oasis	Meilleure valorization de la production ; relation plus proche avec les consommateurs				CARI
Certification biologique du henne	Oasis	Diversification, valorization de la production		Maroc		CARI
Labellisation de dattes Demeter	Oasis	Meilleure valorization de la production		Tunisie		<i>interview CARI</i>
Laiteries		Meilleure valorization de la production		Sénégal, Mauritanie, Niger, Mali		INRA 2014
Professionnalisation du secteur de la viande		Meilleure valorization de la production				<i>interview CCFD</i>

Annexe 5: Innovations agroécologiques recensées dans les régions subarides d'Afrique

Toutes les pratiques agroécologiques mentionnées pour la zone subaride sont présentées ici. Vous pouvez voir lesquelles ont été mentionnées spécifiquement pour les systèmes agropastoraux (colonne « Système référent »). Les pratiques sont classées selon le composant

de l'agroécosystème qu'elles concernent : le paysage (vert foncé), l'eau (bleu), le sol (vert clair), les plantes et semences (orange), les animaux (jaune), et l'organisation collective (rouge).

Pratique	Système referent	Principaux avantages	Quelques limites	Où?	Résultats	Source
Haies vives <i>Cajanus cajan</i>	Agro pastoral	Diminution érosion éolienne		Madagascar (AVSF)		<i>Interview AVSF</i>
Bandes enherbées		Biodiversité; protection contre l'érosion; refroidissement surface; humidité du sol ; revenu supplémentaire ; Installation facile humidity	Surveillance contre les animaux dans les premières années; travail du sol; réduction surface cultivée ; risque d'attirer les ravageurs	Mise en place avec les cordons pierreux pour les stabiliser	Meilleure valorisation eau de pluie et rétention. Meilleurs rendements si associé avec fertilisation organique ; rétention de nutriments	Dorlöchter 2012; Fiche technique GTD
Régénération Naturelle Assistée		Protection contre l'érosion; Vegetation améliorée; fertilization; revenus supplémentaires	Insécurité foncière ; surveillance contre les animaux au début			Dorlöchter 2012; <i>interview Salvaterra</i>
Reforestation		Protection contre l'érosion; restauration des terres non arables		Sénégal: ENDA, villages, associations locales	Qualité de l'eau améliorée; remplissage des nappes; implication des femmes	Berton 2013
Revégétalisation		Couverture du sol; enrichissement en azote; meilleurs rendements; rétention d'eau; refroidissement de surface; diversification des sources de revenu			Au Niger: 12 millions d'hectares revégétalisés. Amélioration de la sécurité alimentaire	RAC 2013; Aune 2011; <i>interview GRET</i>
Agroforesterie		Biodiversité; protection contre l'érosion; meilleure infiltration de l'eau; abri pour les pollinisateurs; refroidissement de surface; plus faible évaporation				<i>Interview ACF</i>
Plantation d'arbres légumineux		Protection contre l'érosion; fertilité du sol; amélioration des régimes alimentaires		Madagascar: <i>Cajanus cajan</i> et couvert vegetal de mucuna et konobe	Meilleure fertilité des sols en 3 ans; aliments pour les populations locales ; amélioration conditions de vie.	Lheriteau et al. 2014
Haies <i>Acacia albida</i>		Protection contre l'érosion; protection des cultures; maintien humidité; meilleurs revenus; production bois, fruits, fourrages				Aune 2011; <i>interview GRET</i>
Plantation d'<i>Acacia tumida</i>		Production de fertilisant; résistance à la sécheresse; semences comestibles; protection contre l'érosion	Uniquement si plus de 300 mm de pluie par an			Aune 2011

Plantation de Moringa		Valeur nutritionnelles des feuille; marché pour les feuilles et les fleurs	Risqué de consommation par les animaux	Arbre populaire au Niger et au Nord du Nigeria		Aune 2011; <i>interview AVSF</i>
Culture en terrasses		Protection contre l'érosion; meilleure production ; opérations culturales sur pentes mieux sécurisées	Uniquement sur les pentes de plus de 15% et où les conditions de sols sont favorables	Tanzanie: technique traditionnelle		Mwanyoka 2015 (CARE)
Fixation mécanique des dunes		Mise en place facile; peu d'entretien ; protection contre l'érosion ; amélioration revenus sur le long terme ; protection des mares naturelles	Charge de travail les premières éennes; températures plus élevées dans les zones protégées; coût élevé à grande échelle	Sénégal dans les années 1970 et Mauritanie dans les années 2000	Limitation vitesse du vent et érosion; protection terres arables du sol.	Fiche technique GTD
Fixation biologique des dunes		Mise en place facile; peu d'entretien ; protection contre l'érosion; production de bois et fourrage ; compost et paillage ; meilleur revenu ; biomasse plus importante ; meilleure fertilité	Connaissances ; entretiens ; semences ou pépinière ; coût des plantes produites en pépinière ; consommation d'eau	Sénégal dans les années 1970 et Mauritanie dans les années 2000	Limitation vitesse du vent et érosion; protection terres arables du sol.	Technical sheet of GTD
Cordons pierreux		Retention d'eau; protection contre l'érosion ; production de bois, paille ; meilleurs rendements ; installation facile ; humidité du sol ; séquestration minéraux et matière organique	Insécurité foncière; travail difficile; manque de moyens de transport; travail collectif	Burkina Faso, au début des années 1980	En association avec fertilisation organique et autres techniques (zaï, demi-lunes...): augmentation de rendement de 40à 70%.	Bilgo 2014; Diguingue 2010; Dorlöchter 2012; Fiche technique GTD
Diguettes en terre		Peu de matériel; installation facile; fourrage; humidité du sol; fertilité; structure du sol; infiltration de l'eau	Entretien; risqué d'asphyxie des plantes; réduction des surfaces cultivées	Burkina Faso, Mali, Niger	Meilleurs rendements si associé avec fertilisant, zaï ou demi-lunes. Adoption limité par la difficulté du travail.	Fiche technique GTD
Seuils d'épandage		Remplissage des nappes; biodiversité; fertilisation; diversification; extension des surfaces cultivées; protection contre l'érosion; production de contre saison	Demande une étude préalable	Introduit au Tchad par la coopération allemande	Meilleurs rendements (d'environ 60%) et restauration de terres dégradées. Production hors saison ; revenu supplémentaire	BERCEF 2007 ; Adam Bachar 2011 ; Bender 2009; Dorlöchter 2012
Maillage des points d'eau	Agro pastoral	Approvisionnement en eau et fourrage lors de la transhumance				<i>Interview CARI</i>

Gestion concertée des ressources hydriques	Agro pastoral	Gestion améliorée de l'eau sur les parcours de transhumance; reconnaissance des intérêts des éleveurs		Mali (AVSF 2007-2011)		Cornu, 2011
Demi-lunes		Disponibilité accrue de l'eau pour les plantes; faible coût ; production sur terres dégradées ; fertilisation ; réduction des pertes de sol ; maintien de l'humidité ; infiltration de l'eau	Insécurité foncière; difficulté du travail; disponibilité et transport de la matière organique; risqué d'inondation en année humide; entretien	Burkina Faso. En réponse aux sécheresses des années 1980	Maintien des cultures pendant les sécheresses temporaires. Amélioration des rendements.	Berton, 2013 ; <i>interview AVSF</i>
Zaï		Régénération du sol; meilleurs rendements; éduction des pertes de sol ; maintien de l'humidité ; rétention d'eau ; maintenance des fertilisants	Charge de travail ; insécurité foncière ; risque d'inondation ; disponibilité et transport de matière organique ; pas faisable sur sols sableux	Burkina Faso, Senegal, Mali, Niger, Tchad, Cameroun, Cape Verde, Zambia, Tanzania	Contribue à assurer la production et la sécurité alimentaire. Amélioration des rendements	Bilgo 2014 ; Dörlöchter 2012; Technical sheet of GTD
Zaï mécanisé		Travail moins difficile; régénération de terres dégradées ; matériel bon marché ; rétention de l'eau de pluie		Burkina Faso. Validé avec les paysans avant d'être diffusé (AVSF)	Récupération de terres dégradées. Intérêt de la part des paysans.	Berton 2013 ; <i>interview AVSF</i>
Tranchées Nardi		Collecte d'eau; meilleure structure du sol; végétation plus dense (rétention des semences)				Dörlöchter 2012
Banquettes agricoles et sylvopastorales		Revégétalisation dès la 1ère année; approvisionnement en eau et remplissage des nappes; protection contre l'érosion; refroidissement de surface	Rentabilité économique relativement faible; difficulté du travail	Niger	Ells sont particulièrement bénéfiques pour les femmes.	Dörlöchter 2012
Digues filtrantes		Rétention d'eau; sequestration de nutriments; Revégétalisation ; biodiversité; favorise le maraichage	Niveau de connaissance; coût; sensibilité aux inondations			Dörlöchter 2012
Mini-barrages		Rétention d'eau en période sèche; évite l'inondation en année pluvieuse; remplissage des nappes; meilleure production ; meilleurs revenus; biodiversité	Planification; organisation de comités pour l'entretien		Amélioration des productions vivrières et légumières. Travail toute l'année.	Dörlöchter 2012
Bouli maraicher		Meilleurs rendements; diversification et amélioration des revenus; amélioration de la sécurité alimentaire; travail en saison sèche; échanges et cohésion sociale ; biodiversité ; revégétalisation ; remplissage des nappes	Mobilisation sociale et financière ; connaissances ; entretien régulier ; coût du matériel ;	Burkina Faso, Mauritanie, Niger : technique traditionnelle	Amélioration des rendements maraichers. Mais conflits possible entre éleveurs et maraichers.	Fiche technique GTD

Pompe à corde pour le maraichage		Faible investissement; installation facile; autonomie des usagers; pas de dépendance énergétique; matériel de construction local	Noimbre limité d'usagers (environ 10 familles) ; profondeur limitée (max 40 m)	Thad: une entreprise créé en 1999		URD 2009
Reforestation des têtes de sources		Meilleur approvisionnement en eau				<i>Interview GRET</i>
Paillage avec <i>Acacia tumida</i> or du mil		Refroidissement de surface; protection contre l'érosion; meilleurs taux de phosphore ; augmentation de la matière organique ; contrôle des ravageurs	Consommation par les animaux en saison sèche		Peut augmenter les rendements de jusqu'à 50%	
Preparation et plantation précoce		Optimise l'utilisation de de la saison humide réduite; moins de risque d'échec		Tanzanie		Liwenga et al. 2012
Compostage	Agro pastoral	Diversification des modes de fertilisation; contrôle des adventices; humidité accrue des sols	Quantités limités de fumure et biomasse locale disponible; besoins en eau en saison sèche		Diminution des coûts de fertilisation et amélioration de la qualité sanitaire des produits	Dorllöchter 2012;CFSI 2014; <i>interviews GRET and Terre et humanism e</i>
Compostage de résidus de mil	Agro pastoral	Diversification des modes de fertilisation; contrôle des adventices; humidité accrue des sols ; valorisation de la biomasse locale	Quantités limités de biomasse locale disponible; besoins en eau en saison sèche		Diminution des coûts de fertilisation et amélioration de la qualité sanitaire des produits	Wezel 2014
Introduction de la Luzerne	Agro pastoral	Meilleure alimentation animale; valeur marchande; fertilisation		Tchad		<i>Interview URD</i>
Jachère	Agro pastoral	Maintien et amélioration de la fertilité des sols	Pression foncière			Wezel 2014
Mise en défens	Agro pastoral	Restauration des sols; protection de zones sensibles	Pression foncière; divagation des animaux			<i>Interview AVSF</i>
Cheptels réduits	Agro pastoral	Prévention contre le surpâturage		Tanzanie		Liwenga et al., 2012
Traction asine	Agro pastoral	Travail moins difficile; meilleure rentabilité du travail; fertilisation		Pratique endogène revalorisée depuis 2003 (PROMMATA)		<i>Interview AVSF</i>
Compost amélioré		Fertilisation; disponibilité rapide des nutriments; contrôle des maladies		Mali: association locale RHK	Bons résultats sur le niébé, l'arachide et le maïs. Peut être utilise avec legumes et céréales.	<i>Interview AVSF and RHK</i>
Engrais vert		Fertilization et amelioration structure du sol; humidité				<i>Interview GRET</i>

		accrue du sol				
Paillage		Protection du sol càontre l'érosion; plus de nutriments; maintien humidité du sol ; meilleurs rendements	Consommation animale ; compétition pour utilisation des résidus		Meilleure qualité du sol et activité biologique. Meilleurs rendements	Wezel 2014 ; Dorlöchter 2012 ; <i>interview GRET</i>
Plantes améliorantes		Rastauration sols dégradés				<i>interview GRET</i>
Rotation culturale		Meilleure fertilité sol; contrôle reavageurs et pathogènes	Sahel: les paysans ne peuvent pas toujours se permettre de ne pas faire de céréales une année			<i>interview ACF</i>
Travail superficiel du sol		Economie de temps et d'énergie; meilleurs rendements; résidus comme fourrage; meilleure infiltration de l'eau; degradation limitée du sol	Besoin de force mécanique ou animale; coût d'entretien du matériel ; risque de développement d'adventices	Technique traditionnelle, développée en Afrique Sub-saharienne dans les années1980's	Adoption parfois limitée par le coût, la difficulté du travail et les adventices	Fiche technique GTD
Double digging		Drainage du sol; aeration; penetration facilitée des racines	Travail difficile et long; peut perturber la vie du sol	Tanzanie		Baker 2015 (CARE)
Enrobage des semences et semis en sec	Agro pastoral	Gain de 3 jours sur l'évaporation potentielle ; production de fourrage et grains; limitation risqué maladie ; gain potentiel rendement		Nord Burkina Faso: amelioration technique locale	Les semences germent plus tôt.	<i>interview AVSF</i>
Bourse d'échange des semences paysannes	Agro pastoral	Conservation semences paysannes et patrimoine génétique, adaptées aux conditions locales de sol et climat		Afrique de l'Ouest: COPAGEM: association qui promeut les semences paysannes, les conserve et sensibilise.		<i>interview CCFD</i>
Mélange de variétés		Diversification des risques				<i>interview Terre et humanisme</i>
Variétés résistantes à la sécheresse		Meilleure résistance aux sécheresses		Tanzanie		Liwenga et al. 2012
Variétés à cycle plus court		Risqué réduit de mauvaise récolte		Tanzanie, Mali Certaines semaines viennent de stations de recherche (Sénégal)		Liwenga et al. 2012

Test et diffusion de variétés locales de semences		Variétés adaptées aux conditions locales; résistance à la sécheresse, aux ravageurs ; meilleurs revenus ; meilleures conditions de vie		Niger, Ethiopie	Creation de cooperatives. Emissions de radio sur l'utilisation de ces semences.	RAC 2013
Production de semences locales biologiques		Meilleurs rendements; meilleurs revenus; accès facilité aux semences biologiques; haute qualité des semences	Coût de la certification	Mali: RHK (association locale)	RHK procure 80% des semences d'oignons de ses membres. Reduction coûts de production des oignons.	CFSI 2014
Multiplication de semences locales améliorées		Semences adaptées aux conditions locales; résistance aux ravageurs et maladie		Madagascar: ACF et partenaire local		ACF 2015
Conservation d'espèces locales d'arbres		Maintien biodiversité locale et espèces en danger; restauration terres dégradées		Mali: association locale RHK		CFSI 2014
Semis précoce		Meilleurs rendements	Réussite incertaine implantation	Senegal		AVSF 2011
Trempage des semences		Germination plus courte; production plus uniforme; plants vigoureux; cycle croissance plus court; résistance insectes et champignons; meilleure productivité	Moins d'effet dans zones plus humides	Mali, Soudan, Ethiopie	Amelioration rendements de 30% environ au Mali, au Soudan et et Ethiopie.	Aune 2011
Pépinière pour arbres à forte demande		Arbres: aliments, revenue, fourrage, bois, haies et protection environnementale	Risqué consommation par les animaux			Aune 2011
Introduction de l'igname		Igname fait déjà partie des régimes locaux mais pas cultivé		Madagascar		<i>Interview AVSF</i>
Introduction du maraichage		Diversification production et régimes alimentaires		Madagascar		<i>Interview AVSF</i>
Introduction du ricin		Plante adaptée aux sécheresses et sols pauvres en minéraux; récolte pendant période de soudure; huile -> pharmacie, cosmétique, industrie		Madagascar: commun en Androy il y a 70 ans. Puis réintroduit en 2013 par une cooperation allemande et 20 paysans.	Revenu supplémentaire -> achat d'aliments de base pendant période de soudure et même de volaille et chèvres	Van Eeckhout 2015
Bio-pesticides		Trichoderme concurrence les maladies cryptogamiques				<i>Interview AVSF</i>
Bio-insecticide		Huile de neem = répulsif à insectes		Testé à Madagascar en ce moment		ACF 2015; <i>interviews ACF and AVSF</i>
Phytoprotecteurs		Risqué réduit d'attaque de		Mali: association		<i>Interview</i>

naturels		ravageurs		locale RHK		<i>RHK</i>
Contrôle intégré des ravageurs		Chalru et sécheresse tuent les insectes; refroidissement sous terre; protection contre l'érosion				Aune 2011
Introduction de petits ruminants	Agro pastoral	Résistance à la sécheresse; échange facile; taux de reproduction élevé; demande importante pendant les fêtes musulmanes ; nombreuses sources de fourrage pour les chèvres	Moindre résistance des moutons à la sécheresse; risque de dégradation pâturages par les chèvres qui sont sélectives	Paysans au Sahel		<i>Interview Salvaterra</i>
Introduction de volaille	Agro pastoral	Renforcement élevage petits ruminants; source rapide revenue en particulier pour les femmes		Tchad		<i>Interview URD</i>
Introduction de l'apiculture	Agro pastoral	Diversification des revenus; qualité alimentation		Généralement dans les zones subhumides.		<i>Interview AVSF</i>
Selection de races de bétail rustiques	Agro pastoral	Races adaptées au manqué d'eau	Moindre productivité dans environnement favorable par rapport aux races sélectives	Selection paysanne; exploitations de l'Etat	Pas courant en zone subaride.	<i>Interview AVSF</i>
Arbres fourragers	Agro pastoral	Valorisation des arbres comme fourrage; protection contre l'érosion		Est devenu commun en zone subaride		<i>Interviews GRET and Salvaterra</i>
Parcs agroforestiers: Association <i>Faidherbia aldid</i>-cultures	Agro pastoral	Economie d'eau et de fertilisant; meilleure infiltration de l'eau ; productions: fourrage; bois; meilleurs rendements; évite la jachère; maintien/restauration fertilité du sol; protection contre l'érosion; valorisation ressources peu exploitées	Possible gene du travail agricole; connaissances requises pour entretien; croissance lente des arbres; risque consommation par les animaux	Burkina Faso, Niger, Malawi, Tanzanie, Zambie	Meilleurs rendements. Meilleur accès aux eaux souterraines. Meilleur taux de matière organique. biodiversité accrue.	Dorlöchter 2012 ; <i>Interview Salvaterra</i>
Bourgoutière	Agro pastoral	Source fourrage supplémentaire				<i>Interview CARI</i>
Contrat de pâture	Agro pastoral	Amélioration fertilité des champs; accès fourrage; évite conflits cultivateurs/éleveurs		Mis en place de puis longtemps		Wezel 2014
Aménagement des parcours de pâturage	Agro pastoral	Gestion améliorée pâturages; évite conflits cultivateurs/éleveurs				<i>Interview CCFD</i>
Pâturage organisé	Agro pastoral	Limite le surpâturage; restauration fertilité	Organization collective requise	Zimbabwe, extension vers la Namibie. L'Etat et la société civile travaillent sur une politique nationale de	Zimbabwe:de nombreuses communautés ont commence à utiliser cette approche	<i>Interview Salvaterra</i>

				gestion du pâturage.		
Pâturage tournant	Agro pastoral	Limite le surpâturage; maintien durable pâturages ; fertilisation organique ; amélioration qualité et quantité fourrage ; meilleure productivité animale ; meilleurs revenus ; amélioration diversité végétale	Planification globale requise; matériel coûteux (clôtures et surveillance); si malgré: développement de plantes moins appétantes	Mis en place par les éleveurs des zones subhumides. Diffusion par des acteurs externes du développement.	Plus d'animaux nourris sur la même surface. Risque d'exclusion des populations transhumantes et de conflits pour les terres.	Fiche technique GTD
Production de foin	Agro pastoral	Aliment supplémentaire en période de soudure; faible coût ; amélioration productivité animale ; meilleurs rendements (vente) ; limitation du surpâturage	Faible qualité du foin pour couvrir les besoins des animaux; travail supplémentaire	Burkina Faso, Mali, Niger, Cameroun, Senegal, Chad. Après les sécheresses des années 1970. des associations (ASFDI; APESS au Sahel) l'ont développée.	Source d'aliment quand les pâturages ne sont pas disponibles. Amélioration de l'alimentation animale en quantité et qualité donc meilleure productivité.	Aune 2011 ; <i>interview Salvaterra</i>
Traitement du foin à l'urée	Agro pastoral	Amélioration digestibilité; meilleur taux azote; valorisation des résidus	Temps d'adaptation des animaux			Aune 2011
Supplémentation minérale pour les animaux laitiers	Agro pastoral	Meilleure production laitière		Soudan	Amélioration significative production observée au Soudan.	Aune 2011
Supplémentation au son de mil	Agro pastoral	Meilleur taux protéique ration; meilleure productivité laitière				Aune 2011
Semis direct d'espèces locales d'arbres		Régénération des arbres; production de fourrage; amélioration biodiversité donc qualité des pâturages		Burkina Faso: ONG italienne REACH	Reconstitution couverture herbacée dès la 1ère année. 5 à 30 fois plus de production de biomasse.	CILSS 2009
Approches de garantie		Meilleure valorisation de la production de contre-saison		Niger		Aune 2011
Grenier communautaire		Aliments en période de soudure				Blein 2011
Diffusion de variétés sélectionnées par les paysans		Variétés adaptées aux conditions locales; les paysans font plus confiance aux autres paysans qu'aux techniciens		Madagascar: pratique endogène diffuse par des ONG internationales	Adoption de pratiques grâce aux paysans meneurs (adoption de nouvelles variétés).	Lheriteau et al. 2014

Farmers Field School		Echanges de connaissances; les paysans font plus confiance aux autres paysans qu'aux techniciens; échange entre paysans et institutions		Madagascar: pratique endogène diffuse par des ONG internationales (ACF...)	Montre l'efficacité de l'agroécologie aux autorités, surtout sur la production de semences.	Lheriteau et al. 2014
Champ école		Apprentissage par l'observation et l'expérimentation; diffusion de nouvelles techniques		ACF et partenaire local	Les agriculteurs apprennent à faire leur propre diagnostic.	Aune 2011
Plateforme locale de recherche-innovation		Recherche participative ; inclue les bénéficiaire à la recherche ; promotion de l'agroécologie		Zimbabwe	Zimbabwe: paysans, chercheurs et organisations paysannes: agriculture de conservation pour le maïs.	<i>Interview ACF</i>
Instance de concertation pour la gestion des ressources naturelles		Remplissage nappes ; reforestation ; maraichage ; meilleurs rendements céréales pluviales		Mali: GRDR (ONG française)		Berton 2013
Système de collecte du lait		Valorization production; revenu supplémentaire permet achat animaux		Mauritanie, Senegal, Mali: projets d'ONG	Ne marche pas très bien pour le moment.	CFSI 2014 ; <i>interview CARI</i>
Miellerie		Determination prix par les paysans; organisation collective; accès permanent au miel pour les consommateurs ; pollinisation d'autres productions		Burkina Faso: association locale (APIL)	Le volume de miel collecté a augmenté de 7 à 37 tonnes entre 2008 et 2013.	CFSI 2014
Circuit court de commercialisation		Rapprochement paysans-consommateur; valorization production		A partir d'exemples externes		<i>Interview CCFD</i>
Professionnalisation du secteur viande		Professionalization; valorization production; organisation collective				<i>Interview CCFD</i>
Bâtiment de stockage en matériaux locaux		Pertes réduites de production; sécurité alimentaire; accès aux marchés				<i>Interview ACF</i>
Système de certification participative		Coût réduit certification; prix réduits produits biologiques; meilleure valorisation production; encourage d'autres paysans à produire en biologique	Appui requis au début; traçabilité limitée par l'analphabétisme	Burkina Faso: CNABio: conseil national agriculture Biologique (ONG locales, associations, organisations paysannes et individus)	N'a pas commencé car demande un travail important (organization; formation ; création norme et logo)	Bilgo 2013

Annexe 6: Innovations agroécologiques recensées dans les régions subhumides d'Afrique

Toutes les pratiques agroécologiques mentionnées pour la zone subhumide sont présentées ici. Vous pouvez voir lesquelles ont été mentionnées spécifiquement pour les systèmes de polyculture-élevage (colonne « Système référent »). Les pratiques sont classées selon le composant de l'agroécosystème qu'elles concernent : le paysage (vert foncé), l'eau (bleu), le sol (vert clair), les plantes et semences (orange), les animaux (jaune), et l'organisation collective (rouge).

Pratique	Système référent	Principaux avantages	Quelques limites	Où?	Résultats	Source
Agroforesterie		Apport matière organique; protection contre l'érosion; amélioration biodiversité; refroidissement surface; meilleur remplissage nappes; évaporation limitée; sous-produits; diversification production	Manque volonté politique; lobby industrie chimique; insécurité foncière	RDC, Togo, Burkina Faso, Senegal. Association APAF: projet vulgarisation techniques agroforestières depuis les années 1990. Et Salvaterra.	Togo: 29 850 champs agroforestiers implantés entre 2001 et 2004 (café, cacao, cultures vivrières). Amélioration rendements et fertilité du sol.	Scholle 2015 ; Bilgo 2013 ; <i>interviews ACF et AVSF</i>
Rénégration naturelle assistée		Protection contre l'érosion; revégétalisation; apport matière organique et taux azote du sol ; faible coût	Insécurité foncière; surveillance contre les animaux au début			De Witte 2013 ; <i>interview AVSF</i>
Haies vives		Protection contre l'érosion ; meilleure infiltration de l'eau ; protection des champs contre les animaux ; meilleurs rendements ; production biomasse ; sous-produits ; amélioration biodiversité ; protection cultures contre le vent	Transport des plants ; entretien ; besoin en eau ; charge de travail ; risque d'incendie ; parfois réduction surface cultivée	Togo, Burkina Faso. Technique traditionnelle	Amélioration rendements. Production supplémentaire.	De Witte 2013 ; Fiche technique GTD
Cultures en terrasses		Réduction de l'érosion; amélioration des rendements; opérations culturales sécurisées sur pentes	Uniquement sur les pentes de plus de 15% et où les conditions de sol sont favorable.			Tumbo 2010
Diguettes en terre		Protection contre l'érosion ; meilleure infiltration de l'eau ; meilleurs rendements si avec compost ou fumure ; fourrage ; humidité du sol ; rétention matière organique ; structure du sol	Entretien sur sol argileux ; réduction surface cultivable ; risque inondation si pluies violentes	Togo		Scholle 2015
Barrage en pierre perméable		Protection contre l'érosion ; meilleure infiltration de l'eau ; développement végétation naturelle	Haut niveau connaissance requis; disponibilité des pierres; entretien	Togo		De Witte 2013
Cordons pierreux		Rétention d'eau; protection contre l'érosion ; sous-produits; meilleurs rendements; humidité du sol; rétention minéraux et matière	Difficulté du travail ; disponibilité des pierres ; risque inondation ; entretien ;	Togo		De Witte 2013

		organique	connaissances techniques			
Retenue d'eau	Polyculture -élevage	Approvisionnement en eau pour les animaux en saison sèche; réduction érosion hydrique; production maraichère ou céréales à cycle court en saisons sèche	Pas de culture autour; entretien; formation requise pour l'irrigation; risque pertes d'eau (evaporation et infiltration)	Togo		De Witte 2013
Mares aménagées	Polyculture -élevage	Approvisionnement en eau pour les animaux en saison sèche; production maraichère en saisons sèche ; remplissage nappes par infiltration	Risque développement maladies (pollution animale ou bactérienne ; entretien important	Togo		Orlhac 2013
Zai mécanisé		Travail moins difficile; régénération de terres dégradées ; matériel bon marché ; rétention de l'eau de pluie		Burkina Faso. Validé avec les paysans avant d'être diffusé (AVSF)	Récupération de terres dégradées. Intérêt de la part des paysans.	Berton 2013 ; <i>interview AVSF</i>
Barrages en sable		Eau potable tout l'année; contrôle érosion; source supplémentaire revenu (sable)	Pas faisable partout ; analyse des sites par personnes extérieures ; charge de travail et coût installation	Togo		De Witte 2013
Terrasses Fanya Juu		Organization collective; amélioration rendements de 50% ; production fourrage, matériel pour l'artisanat ; humidité du sol ; réduction érosion hydrique	Charge travail pour installation; limite travail du sol; réduction surfaces cultivées; risque inondation	Kenya, Ethiopia, Tanzania, Uganda, Mali, Senegal, Burkina Faso. Apparu au 19e siècle en réponse aux sécheresses au Kenya.	Amélioration rendement si apport organique. Meilleure infiltration et séquestration des sédiments riches en minéraux et matière organique	Fiche technique GTD
Reforestation des têtes de sources		Amélioration approvisionnement en eau				<i>Interview GRET</i>
Comité local de gestion de l'eau		Gestion irrigation plus efficiente; meilleur accès à l'eau pour les paysans; gestion des conflits	Manque communication entre les différents niveaux d'organisation; manqué de financements	Tanzania: Projet Gret/Sokoine University of Tanzania, depuis 2009.	Actions et innovations collectives des usagers de l'eau, pour bénéfices économiques.. accès à l'eau garanti pendant une semaine : réduction pertes de cultures.	Orlhac 2013
Compostage	Polyculture -élevage	Diversification des modes de fertilisation; contrôle des adventices; humidité accrue des sols	Quantités limités de fumure et biomasse locale disponible; besoins en eau en		Diminution des coûts de fertilisation et amélioration de	<i>Interview GRET</i>

			saison sèche		la qualité sanitaire des produits	
Traction asine	Polyculture -élevage	Travail moins difficile; meilleure rentabilité du travail; fertilisation		Pratique endogène revalorisée depuis 2003 (PROMMATA)		<i>Interview AVSF</i>
Compost amélioré		Fertilisation; disponibilité rapide des nutriments; contrôle des maladies		Mali: association locale RHK	Bons résultats sur le niébé, l'arachide et le maïs. Peut être utilisé avec légumes et céréales.	<i>Interview AVSF and RHK</i>
Compost liquide				DRC		Scholle 2015
Engrais vert		Amélioration structure du sol et fertilité; humidité du sol				<i>Interview GRET</i>
Couvert végétal				DRC		Scholle 2015
Bandes enherbées		Conservation espèces locales; protection contre l'érosion; meilleure infiltration de l'eau; rétention eau et matière organique dans les champs; fourrage; compost ou paillage; humidité du sol; meilleurs rendements des céréales	Plantation pendant période chargée: manque travailleurs ; risque compétition avec les cultures; consommation par animaux ; bénéfiques après 3 ans	Togo		De Witte 2013
Système de culture sous couvert		Amélioration fertilité du sol; humidité du sol; contrôle des adventices	Divagation des animaux ; insécurité foncière ; risque incendie	Cameroun		
Travail superficiel du sol		Economie de temps et d'énergie; meilleurs rendements; résidus comme fourrage; meilleure infiltration de l'eau; dégradation limitée du sol	Besoin de force mécanique ou animale; coût d'entretien du matériel ; risque de développement d'adventices	Technique traditionnelle, développée en Afrique Sub-saharienne dans les années 1980's	Adoption parfois limitée par le coût, la difficulté du travail et les adventices	Fiche technique GTD
Association céréale-niébé		Meilleur développement du niébé; contrôle des adventices par le niébé	Disponibilité et qualité des semences	Mise en place dans les zones subarides	Pourrait être intéressant en zones subhumides où les adventices posent problème. Bons résultats au Nigéria (marché pour le niébé).	Aune 2011 ; <i>interview AVSF</i>
Rotation culturale		Maintien et amélioration fertilité du sol; contrôle des ravageurs et pathogènes				<i>Interview ACF</i>

Bourse d'échange de semences paysannes	Polyculture -élevage	Conservation semences paysannes et patrimoine génétique, adaptées aux conditions locales de sol et climat		Afrique de l'Ouest: COPAGEM: association qui promeut les semences paysannes, les conserve et sensibilise.		<i>Interview CCFD</i>
Introduction de légumineuses	Polyculture -élevage	Compense volatilité des prix des céréales; amélioration fertilité des sols	Marché	Togo (AVSF)		<i>Interview AVSF</i>
Renforcement du maraichage	Polyculture -élevage	Valorization production en saison sèche	Disponibilité de l'eau; fermeture de puits	Togo (AVSF)		<i>Interview AVSF</i>
Multiplification de semences améliorées		Semences adaptées aux conditions locales; résistance aux ravageurs et maladies		Projet GRET (2009-2011)		GRET 2011 ; <i>interview GRET</i>
Variétés à cycle plus court		Risqué réduit de mauvais érécote		Tanzania, Mali, Sénégal. Certaines semences viennent de centres de recherche.		<i>Interview AVSF</i>
Variétés résistantes à la sécheresse		Adaptation au changement climatique		Côte d'Ivoire		Comoe 2010
Introduction du manioc		Diversification production; valeur nutritionnelle				Tumbo 2010 ; <i>interview CARE</i>
Combinaison de cultures de saisons humide et sèche						<i>Interview Agrisud</i>
Culture en sac		Mise en place facile; faible coût; contribution sécurité alimentaire des familles ; optimisation des surfaces		Kenya		<i>Interview CARE</i>
Bio-insecticide		Huile de neem = répulsif à insectes		Testé à Madagascar en ce moment		ACF 2015; <i>interviews ACF and AVSF</i>
Arbres fourragers	Polyculture -élevage	Valorization ressources fourragères ligneuses, dont en saison sèche; protection contre l'érosion; meilleure productivité animale; sous-produits et services	Peu d'espèces adaptées à différentes zones agroécologiques ; pas de système de distribution de semences ; connaissances requises	Déjà mis en place en zone subarides. Promotion par chercheurs, services de développement et paysans dans de nombreux pays.	Resource alimentaire importante pour l'élevage dans une diversité de systèmes agricoles en Afrique.	Franzel 2014

Production de foin	Polyculture -élevage	Aliment supplémentaire en période de soudure; faible coût ; amélioration productivité animale ; meilleurs rendements (vente) ; limitation du surpâturage	Faible qualité du foin pour couvrir les besoins des animaux; travail supplémentaire	Burkina Faso, Mali, Niger, Cameroun, Senegal, Chad. Après les sécheresses des années 1970. des associations (ASFDI; APESS au Sahel) l'ont développée.	Source d'aliment quand les pâturages ne sont pas disponibles. Amélioration de l'alimentation animale en quantité et qualité donc meilleure productivité.	Aune 2011 ; <i>interview Salvaterra</i>
Valorisation des résidus de culture	Polyculture -élevage	Ressource fourragère alternative; valorisation biomasse locale		(AVSF)		<i>Interview AVSF</i>
Parcs à <i>Faidherbia</i>	Polyculture -élevage	Intrants réduits; production fourrage, bois; faible coût ; meilleurs rendements ; évite la jachère ; préservation /restauration fertilité du sol; protection contre l'érosion; effets positifs après 4 ans ; aliments en période de soudure ; réduction stress hydrique pour les cultures	Gene operations culturales; connaissances requises; entretien; croissance lente des arbres; risque consommation par les animaux ; accès libre aux fruits, feuilles... dans certaines régions ; plantation réservée au propriétaire dans certaines zones	Burkina Faso, Niger, Malawi, Tanzania, Zambia	Amélioration rendements cultures. Meilleure infiltration de l'eau. Fertilisation car arbres légumineux. Si bien géré, Acacia adulte en 4 ans. Contribue à la biodiversité.	Scholle 2015 ; <i>interview Salvaterra ; interview AVSFs</i>
Pâturage tournant	Polyculture -élevage	Limite le surpâturage; maintien durable pâturages ; fertilisation organique ; amélioration qualité et quantité fourrage ; meilleure productivité animale ; meilleurs revenus ; amélioration diversité végétale	Planification globale requise; matériel coûteux (clôtures et surveillance); si mal géré: développement de plantes moins appétantes	Mis en place par les éleveurs des zones subhumides. Diffusion par des acteurs externes du développement.	Plus d'animaux nourris sur la même surface. Risque d'exclusion des populations transhumantes et de conflits pour les terres.	Fiche technique GTD
Régulation de la vaine pâture	Polyculture -élevage	Limite dégâts des animaux sur les cultures; dialogue cultivateurs-éleveurs; identification zones sensibles	Absence de clôtures	Togo (AVSF)		<i>Interview AVSF</i>
Charte locale de gestion du foncier	Polyculture -élevage	Contrôle conflits liés au foncier; garantie mobilité troupeaux et accès aux ressources hydriques et fourragères		Burkina Faso: communes, recherche (Cirades, Cirad).		INRA 2014
Biodigestat	Polyculture -élevage	Alternative à la deforestation; Réduction émissions gaz à effet de serre; énergie renouvelable; valorisation de la fumure; production fertilisant	Investissement important	Mali: association locale et AVSF, 2012-2015.	100 étables ont été équipés au Mali.	Roesch 2014 ; <i>interview AVSF</i>
Revégétalisation des cordons		Plantation de <i>Piliostigma reticulata</i> qui peut être donné				<i>Interview AVSF</i>

pierreux		en fourrage aux animaux				
Promotion de modes de production agroécologiques	Polyculture -élevage	Échange de connaissances entre paysans; valorisation production; organisation des filières		Sénégal	Dès la From the 1ère année: 20 groupes de maraichers -> organisation de la commercialisation avec de meilleurs prix	CFSI 2014
Coopératives pour l'utilisation du matériel agricole (CUMA)		Interventions plus rapides: pour faire face à la réduction de la durée des saisons de culture; organisation collective	Concept pas toujours compris par les paysans ; animaux jeunes pas efficaces les 1ères années	Mali: AVSF et association locale ICD, 2007-2014.	286 CUMA crée dans différentes régions dont la plupart sont maintenues. Equipement des paysans sans accès au crédit. Amélioration sécurité alimentaire des familles.	AVSF 2014 ; <i>interview AVSF</i>
Plateforme de recherche multi-acteurs		Implication des différents acteurs dans la définition des objectifs de recherche		Tanzanie: autorités locales, ONG, meneurs paysans locaux (CARE)		<i>Interview CARE</i>
"Champion farmers"		Les paysans enseignent aux autres paysans: diffusion plus efficace des pratiques	Les "champion farmers" ne sont pas les plus vulnérables ; participation des plus vulnérables limitée par leur capacité financière	Tanzanie: pratiques d'autres communautés. Pas nouveau mais pas toujours utilisé.	Bons résultats (CARE)	<i>Interview CARE</i>
Instance de concertation pour la gestion des ressources naturelles		Remplissage des nappes ; reforestation ; maraichage ; meilleurs rendements des céréales pluviales		Mali: GRDR (ONG française)		Berton 2013
Mini laiteries		Meilleurs prix pour les paysans; peuvent bénéficier de microcrédits	La demande est supérieure à l'offre	Senegal	Stimulation de la production laitière. Approvisionnement constant en saisons sèches et humides.	CFSI 2014
AMAP		Débouché stable et régulier pour les maraichers; confiance entre producteurs et consommateurs	Demande trop importante pour l'offre existante	Benin: Hortitechs (association locale)	Ce système sécurise les producteurs.	CFSI 2014
Système de certification participative		Coût réduit certification; prix réduits produits biologiques; meilleure valorisation production; encourage d'autres paysans à produire en	Appui requis au début; traçabilité limitée par l'analphabétisme	Burkina Faso: CNABio: conseil national agriculture	N'a pas commencé car demande un travail important (organisation;	Bilgo 2013

		biologique		Biologique (ONG locales, associations, organisations paysannes et individus)	formation ; création norme et logo)	
Bâtiments de stockage en matériaux locaux		Pertes réduites de production; sécurité alimentaire; accès aux marchés				<i>Interview ACF</i>

Annexe 7: Innovations agroécologiques recensées dans les régions tropicales humides d'Afrique

Toutes les pratiques agroécologiques mentionnées pour la zone tropicale humide sont présentées ici. Vous pouvez voir lesquelles ont été mentionnées spécifiquement pour les systèmes agroforestiers (colonne « Système référent »). Les pratiques sont classées selon le composant de l'agroécosystème qu'elles concernent : le paysage (vert foncé), l'eau (bleu), le sol (vert clair), les plantes et semences (orange), les animaux (jaune), et l'organisation collective (rouge).

Practice	Referent system	Major advantages	Some limits	Origin	Results	Reference
Reforestation	Agroforesterie	Diversification des sources de revenus; protection contre l'érosion; fertilisation	Droughts; Animals free movements; Lack of maintenance	Madagascar (AVSF)		Foubert 2014 ; <i>interview AVSF</i>
Plantation d'<i>Eucalyptus</i>	Agroforesterie	Production de bois; protection contre l'érosion; protection contre l'ensablement des bas-fonds; gestion facile; croissance rapide	Espèce invasive ; affaiblissement du sol ; risque de compétition avec cultures vivrières subsistence crops	Pratique répandue à Madagascar. Diffusion par AVSF.	<i>Eucalyptus</i> planté aux sommets de pentes, généralement individuellement.	Foubert 2014
Haies vives		Fertilisation; protection contre l'érosion; maintien humidité; production fourrage, bois; engrais vert ; parfois alimentation humaine	Besoin matière organique et phosphore; mauvaise qualité du bois; sensibilité aux inondations et au gel	Madagascar (AVSF)	Implantation généralement individuelle.	Foubert 2014
Culture en courbes de niveau		Protection contre l'érosion	Contraintes topographiques; matériel et charge de travail			<i>Interviews Agrisud and Etc terra</i>
Aménagement participative des bas-fonds	Agroforesterie	Organisation collective; gestion de la ressource en eau	Organisation collective difficile; initiative souvent externe	AVSF		<i>Interview AVSF</i>
Basket compost	Agroforesterie	Fertilization		Madagascar		<i>Interview AVSF</i>
Couvert végétal: <i>Brachiaria</i>	Agroforesterie	Restauration de terres dégradées; meilleurs rendements		Madagascar (AVSF)	Après 2 ans maximum, les rendements doublent.	Fiche technique ISTOM ; <i>Interview AVSF</i>

Couvert végétal: <i>Stylosanthes</i>	Agroforestry Agroforesterie	Protection contre l'érosion	Niveau de fertilité minimal	Madagascar (AVSF)		ISTOM 2013 ; <i>interview AVSF</i>
Couvert végétal de rente	Agroforesterie	Source de revenu supplémentaire; protection contre l'érosion	Sensibilité à la sécheresse ; vaine pâture ; manque d'entretien	Madagascar		Foubert 2014 ; <i>interview AVSF</i>
Association verger-<i>Arachis</i>	Agroforesterie	Protection contre l'érosion; fourrage; économie de temps sur le désherbage		Madagascar	Bien adopté par les agriculteurs	<i>interview AVSF</i>
Système de culture en bandes	Agroforesterie	Fertilization; stabilisation des rendements			Des rendements plus stables observés	Lasco et al. 2014
Bandes enherbées: <i>Brachiaria</i>	Agroforesterie	Protection contre l'érosion ; empêche l'ensablement ; production de biomasse ; restructuration du sol		Madagascar		Foubert 2014 (AVSF)
Arbres fertilisants	Agroforesterie	Fertilization; meilleurs rendements				Lasco et al. 2014
Introduction de légumineuses après les cycones	Agroforesterie	Meilleure fertilité du sol		Madagascar (AVSF)		<i>interview AVSF</i>
Système de Riziculture Intensive (SRI)	Agroforesterie	Meilleurs rendements; moins d'intrants extérieurs; économie d'eau; meilleure résistance aux ravageurs et maladies	Charge de travail (désherbage et récolte); connaissance spécifiques	Madagascar: agronome français et paysans locaux dans les années 1980's	Concerne peu d'exploitations, sauf dans les projets AVSF.	ISTOM 2013 ; fiche technique ISTOM ; <i>interview AVSF</i>
Compostage		Fertilization; valorization biomasse locale; faible coût; facile à mettre en oeuvre	Formation ; temps de travail ; transport matière organique	Madagascar	Concerne de plus en plus d'exploitations	Delille 2011 (AVSF)
Fosse à fumier		Meilleure qualité de la fumure	Tous les paysans n'ont pas des animaux	Madagascar: technique traditionnelle diffuse par AVSF depuis 2000.		ISTOM 2013 ; Fiche technique ISTOM
Rotation culturale		Maintien et amélioration fertilité du sol; contrôle des ravageurs et pathogènes		Madagascar (AVSF)		<i>interview ACF</i>
Travail superficiel du sol		Economie de temps et d'énergie; meilleurs rendements; résidus comme fourrage; meilleure infiltration de l'eau; dégradation limitée du sol	Besoin de force mécanique ou animale; coût d'entretien du matériel ; risque de développement d'adventices	Technique traditionnelle , développée en Afrique Sub-saharienne dans les années 1980's	Adoption parfois limitée par le coût, la difficulté du travail et les adventices	Fiche technique GTD

Variétés de riz à cycle court		Meilleure adaptation au régime pluviométrique; meilleure chance d'éviter les cyclones	Disparition de variétés à cycle long; risques liés aux variétés importées	Madagascar: Salvaterra et AVSF Selection des semences au Japon		<i>Interview Salvaterra</i>
Culture en contre saison dans les bas-fonds		Diversification; valorization des terres arables; fertilization; repartition des récoltes sur l'année		Madagascar		ISTOM 2013 ; Fiche technique ISTOM
Riz pluvial sur Tanety		Diversification; valorization des terres arables	Charge de travail; qualité des semences; Fertilité minimale ; pluies irrégulières	Madagascar: techniques mises en place par les paysans. Diffusion par AVSF	Nouvelle opportunité pour paysans vulnérables avec des sols pauvres. Adaptation aux conditions particulières.	ISTOM 2013 ; Fiche technique ISTOM
Integration cultures-élevage	Agroforesterie	Valorization des sous-produits; alimentation niamele; fertilization		Madagascar (AVSF)		Dellile 2011 ; <i>interview AVSF</i>
Systèmes agrosylvopastoraux	Agroforesterie	Fertilization organique				<i>Interview ACF</i>
Introduction de l'apiculture	Agroforesterie	Diversification des sources de revenu; valeur nutritionnelle	Coût de l'investissement	Madagascar (AVSF)	Bons résultats (AVSF)	Fourbier 2014 ; <i>interview AVSF</i>
Introduction de la pisciculture	Agroforesterie	Diversification des productions; fertilisant	Pas faisable sur tout types d'exploitations	Madagascar (AVSF)		Dellile 2011 ; <i>interview AVSF</i>
Couvert vegetal fourrager	Agroforesterie	Fourrage; protection contre l'érosion	Divagation des animaux	Madagascar (AVSF)		Rajaobelina 2014
Service de santé animale pour la volaille	Agroforesterie	Contrôle des maladies de la volaille		Madagascar (AVSF)		Fiche technique ISTOM ; <i>interview AVSF</i>
Abris pour les animaux	Agroforesterie	Reduction de la mortalité animale (protection contre les cyclones)	Coût de l'investissement	Madagascar (AVSF)		<i>Interview AVSF</i>
Commercialisation de fourrage	Agroforesterie	Diversification des sources de revenu; valorisation des surplus		Madagascar (AVSF)		<i>Interview AVSF</i>
Miellerie		Stimulation de la production de miel grâce au dénouché; amélioration des régimes alimentaires		Madagascar (AVSF)		<i>Interview AVSF</i>

Annexe 8: Lexique de pratiques agroécologiques¹⁵

Abris pour les animaux : construction d'abris pour protéger les animaux des cyclones

AMAP : Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne. Circuit court de commercialisation. Des paysans en agriculture biologique et des consommateurs signent un contrat pour une période donnée. Les consommateurs s'engagent à acheter leurs produits aux agriculteurs et les agriculteurs à produire des aliments pour les consommateurs.

Aménagement des parcours de pâturage : gestion collective, négociation avec les agriculteurs sur le temps passés sur leurs parcelles, organisation des sources d'eau

Approches de garantie: crédit par une institution locale aux paysans qui apportent du grain. Le grain est stocké jusqu'à ce qu'ils remboursent le crédit. Le prix du grain est généralement plus élevé au moment du remboursement qu'à la récolte.

Association verger-Arachis: arachis comme couvert végétal, valorisé en fourrage pour les animaux

Bande enherbée : plantation ou semis d'espèces locale d'herbacées le long des contours, pour ralentir l'eau de ruissellement et améliorer son infiltration tout en retenant les sédiments qu'elle transporte

Banquettes agricoles et sylvopastorales: dispositifs rectangulaires faits de terre ou de pierre ou les deux. Ils peuvent être perméables ou non.

Barrage en sable : pour collecter l'eau

Barrage perméable en pierre : à l'échelle territoriale, des barrages en pierres sont installés pour ralentir l'écoulement de l'eau et augmenter la sédimentation. Ils permettent de cultiver dans les bas-fonds.

Basket compost: déchets ménagers, des jardins et des exploitations, ainsi que des feuilles de légumineuses se décomposent dans des creux dans les parcelles pour produire du compost.

Bâtiment de stockage en matériaux locaux : pour limiter les pertes de produits

Biodigestat: les déjections animales sont bio-digérées pour produire de l'énergie. Les effluents peuvent être valorisés comme fertilisant organique.

Bio-insecticide: utilisation de l'huile de neem contre les insectes

Bio-pesticides: enrichissement du compost avec des trichodermes contre les maladies cryptogamiques

Borders: des stries sont formées avec de la terre et des résidus au bord des parcelles. L'eau du canal est répartie dans la parcelle

Bouli maraicher : mare creusée pour augmenter la capacité de stockage de l'eau, avec une production maraichère autour

Bourgoutière: valorisation des plantes fourragères poussant autour des mares

Bourse d'échange de semences paysannes: des groupes de paysans produisent, échangent et distribuent des semences

Champ école : formation des paysans par l'observation et l'expérimentation

“Champion farmers”: un ou deux paysans “modèle” sont identifiés pour promouvoir des pratiques agricoles. Ce sont des paysans qui ont de l'influence dans la société.

¹⁵ Basé sur les informations collectées dans les entretiens et la bibliographie

Charte locale de gestion du foncier : organisation innovante pour mieux gérer les conflits grandissant liés à l'utilisation des ressources agrosylvopastorales et compléter les lois traditionnelles quand la pression foncière devient trop importante

Circuit court de commercialisation : les paysans transforment leur production et la vendent directement aux consommateurs sur des marchés paysans ou des foires par exemple.

Combinaison de cultures de saisons humides et sèches: combinaison de productions qui sont réalisées pendant les différentes saisons afin de produire et générer du travail tout au long de l'année

Comité local pour la gestion de l'eau : travail collectif sur les systèmes d'irrigation

Commercialisation de fourrage : les paysans vendent leur surplus de fourrage pour obtenir un revenu supplémentaire

Compost enrichi : le compost est enrichi avec des trichodermes ou des phosphates naturels. Les trichodermes accélèrent la dégradation de la lignine et de la cellulose et concurrencent les maladies cryptogamiques. Les phosphates naturels acidifient et augmentent le phosphate disponible.

Compost liquide : utilisation du liquide extrait du compost comme fertilisant

Compostage : laisser la matière organique se décomposer pour ensuite le recycler comme fertilisant

Compostage de palmes de dattier: les palmes du dattier sont déchiquetées pour accélérer leur décomposition

Compostage du fumier : les déjections des animaux sont compostées.

Conservation d'espèces locales d'arbres : labour et semis direct d'espèces locales d'arbres pour restaurer les terres dégradées

Contrat de pâture : contrat entre les éleveurs et les producteurs de cultures. Il définit quand les éleveurs peuvent faire pâturer leurs animaux sur les parcelles de l'agriculteur. Les animaux pâturent durant la saison sèche et s'en vont au début de la saison humide pour laisser les parcelles aux cultures.

Contrôle intégré des ravageurs : les tiges sont coupées juste après la récolte et laissées à la surface du sol

Coopérative: regroupement de paysans pour la transformation et la commercialisation de leurs productions

Coopérative pour l'utilisation du matériel agricole (CUMA) : le matériel est partagé dans des groupes de 5 à 8 familles. Les paysans sont formés sur son utilisation.

Cordon pierreux : des pierres sont mises en place le long des courbes de niveau pour ralentir l'écoulement de l'eau et favoriser son infiltration

Couvert végétal: plantation de plantes herbacées pour couvrir le sol

Couvert végétal de rente : plantation de giroflier, caféier, plantes à huile essentielle, citrus comme couverture végétale

Couvert végétal fourrager : valorisation du couvert végétal pour l'alimentation animale

Cultures de bas-fonds en contre saison : mise en culture des parcelles de bas-fonds en saisons sèches

Culture en courbes de niveau : les travaux agricoles sont réalisés selon les courbes de niveau pour réduire l'érosion, préserver la fertilité du sol et améliorer l'utilisation de l'eau

Culture en sac: sacs contenant de la terre et des pierres dans lesquels des légumes sont plantés

Culture en terrasses: des terres relativement pentues sont transformées en plusieurs niveaux. Cette technique retarde l'érosion et facilite les opérations agricoles sur les pentes.

Demi-lune : des trous sont creusés en forme de demi-lune pour cultiver, avec un bourrelet protecteur fait en terre. Cette technique permet de collecter l'eau de ruissellement.

Diffusion de variétés sélectionnées par les paysans : distribution de bons d'achat pour des semences qui peuvent être utilisés dans des boutiques de semences locales. Les semences sont sélectionnées par les paysans et adaptées aux conditions locales de sol et de climat

Digue filtrante : fine couche perméable de pierres pour restaurer les terres dégradées

Diguette : dispositif fait de terre pour collecter l'eau de pluie et/ou limiter les dégâts causés par le flux d'eau sur le sol et les cultures

Double digging : culture en bandes. Le maïs est semé en bandes, et entre les bandes on plante des haricots, du lablab, du niébé ou du pois d'Angole.

Engrais vert : les résidus de culture sont laissés dans les champs pour servir de paillage et de fertilisant

Enrobage des semences et semis en sec : enrobage des semences avec de l'argile, du compost et du son de céréale qui constituent une couche humide, avant de semer en sec

Espèces d'arbres fertilisants: plantation d'arbres légumineux pour fertiliser le sol

Farmer Field School: système d'échange de savoirs. Des sessions de formation pour les paysans sont organisées dans des villages. Les paysans visitent aussi les exploitations des paysans meneurs pour apprendre leurs pratiques

Fixation biologique des dunes : pour compléter la fixation mécanique. Le sable est maintenu grâce aux arbres et la végétation herbacée pérenne

Fixation mécanique des dunes : installation de palissades pour ralentir les vents et immobiliser le sable qu'ils transportent. Elle aspire à éviter l'ensablement des terres cultivées et/ou des mares naturelles

Foire : vente directe par les paysans dans les foires

Formation en agroécologie : mise en place d'une ferme pédagogique pour la production et la démonstration

Fosse à fumier: fossés utilisés pour le stockage et l'amélioration du fumier

Gestion collective de l'irrigation: gestion commune rationalisée de l'irrigation, basée sur les besoins des plants, avec un stockage collective

Gestion concertée de la ressource en eau : gestion collective de l'eau pour l'utilisation pastorale pour assurer la mobilité des troupeaux. Elle prend en compte les lois traditionnelles existantes ainsi que les lois d'Etat.

Gestion participative des bas-fonds : détermination participative de l'aménagement des bas-fonds.

Grenier communautaire : durant la période de soudure, les paysans peuvent emprunter des sacs de mil qu'ils rendront après leur récolte, avec un petit intérêt

Haie : plantation d'arbres et arbustes autour ou dans les parcelles pour prévenir l'érosion hydrique et parfois les destructions par les animaux

Haie vive : plantation d'arbres comme *Cajanus cajan* pour limiter l'érosion éolienne

Instances de concertation communale de gestion ressources naturelles : diffusion des techniques de conservation de l'eau et des sols ; techniques de production de céréales et légumes ; et introduction de nouvelles variétés (adaptées au matériel hydraulique en rizière)

Intégration cultures-élevage : valorisation des sous-produits végétaux et animaux ; utilisation de la fumure pour la production végétale / valorisation des cultures en fourrage pour les animaux

Interculture : deux cultures ou plus sont cultivées simultanément sur la même parcelle.

Jachère : rien n'est semé sur une parcelle durant une ou plusieurs saisons de culture

Mares aménagées: mares creusées pour stocker l'eau pour les animaux

Maillage des points d'eau : améliorer la répartition des puits dans les pâturages

Mélange de variétés : mélanger les variétés au semis

Miellerie : coopérative pour la transformation et la commercialisation du miel. Les prix sont fixés par les agriculteurs en assemblée générale

Mini-barrage : barrage de taille moyenne construit dans les bas-fonds pour retenir l'eau de ruissellement

Mini laiterie: 30 à 40 paysans possèdent la coopérative. Ils regroupent le lait produit dans la zone. Ils obtiennent un revenu fixé avec tous les acteurs du secteur.

Mise en défens : des terres dégradées sont protégées, par des rotations périodiques, pour favoriser la restauration des écosystèmes.

Multiplication de semences locales améliorées : purification et multiplication de semences locales adaptées

Organisation collective de la transhumance: rationalisation, identification des parcours de pâturage

Paillage : couvrir le sol avec des branches de la végétation naturelle ou cultivée après la récolte

Paillage de résidus de dattier : couvrir le sol avec des résidus de dattier

Parcs à *Faidherbia* : les animaux pâturent dans des parcs agroforestiers basés sur l'espèce *Faidherbia* (haute qualité nutritionnelle des feuilles)

Pâturage organisé: imiter la faune sauvage. Les éleveurs rassemblent leurs animaux en un grand troupeau qui pâture un endroit à la fois.

Pâturage tournant : le pâturage est divisé en différentes parcelles qui sont pâturées en alternance par les animaux, pour éviter le surpâturage.

Pépinière pour les arbres à forte demande : préparation pour la plantation d'arbres pour l'alimentation, de rente, fourragers, pour le bois et les haies

Pépinière sur couche chaude et semis précoce: les semences sont pré-germinées sur une couche chaude (chaleur issue du compostage). Elles sont ensuite semées directement quand les températures augmentent.

Phytoprotecteurs naturels : à base de piment, gingembre, ail et parfois tabac et caicedra

Plantation d'*Eucalyptus* : des *Eucalyptus* sont plantés au sommet des collines pour limiter l'érosion et l'ensablement des bas-fonds et pour produire du bois de chauffe.

Plante améliorante : plante qui augmente l'azote dans le sol, comme les légumineuses

Plante fourragère ligneuse : valorisation des arbres qui procurent du fourrage pour les animaux

Plantes mellifères: plantes qui produisent du nectar pour favoriser les pollinisateurs

Plateforme de recherche multi-acteurs : consultation entre les différents acteurs pour déterminer les objectifs de la recherche (autorités locales, ONG, représentants locaux des paysans)

Plateforme locale de recherche-innovation : travail de centres de recherche et d'organisation agricoles pour améliorer la crédibilité de l'agroécologie

Pompe à corde pour le maraichage : introduction du maraichage grâce à l'installation de pompes à corde

Pompe solaire : pompe fonctionnant avec l'énergie générée par des panneaux photovoltaïques ou l'énergie thermique issue du rayonnement solaire

Préparation et plantation précoce : innovation à la phase de semis, pour optimiser l'utilisation d'une saison humide réduite

Production de foin: l'herbe naturelle ou cultivée est récoltée en vert, séchée et stockées en balles. Elle constitue une ressource alimentaire pour la fin de la saison sèche.

Production de variétés locales adaptées: production de semences locales adaptées aux conditions de sol et de climat, par des associations locales, parfois appuyée par un centre local de recherche

Professionnalisation du secteur viande : amélioration de l'organisation collective

Promotion des modes de production agroécologiques : promotion des pratiques agroécologiques basée sur l'intégration cultures-élevage, par des facilitateurs et des paysans

Puisard : type de puits temporaire étroit et peu profond traditionnellement renforcés avec de la paille et/ou du bois. Il est creusé en saison sèche par les éleveurs quand les mares naturelles sont asséchées. Il permet d'alimenter de petits troupeaux en eau. Il est isolé mais fait partie d'un ensemble permettant aux animaux de se déplacer.

Reforestation: restaurer et recréer des zones forestières

Reforestation des têtes de sources: plantation d'arbres autour des sources d'eau pour augmenter l'approvisionnement en eau

Régénération Naturelle Assistée: protection et préservation des pousses naturelles d'arbres, pour convertir les terres dégradées en forêts productives

Régulation de la vaine pâture : limitation des déplacements des animaux avec des haies, clôtures...pour limiter la destruction des cultures

Renforcement du maraichage : la production maraichère de contre saison est possible grâce à un accès amélioré à l'eau

Revégétalisation des cordons pierreux : plantation d'espèces endémiques de plantes sur les cordons pierreux, qui peuvent être valorisées comme alimentation pour les animaux

Riz pluvial sur Tanety : culture du riz sans irrigation, sur de petites parcelles, avec des rotations culturales incluant des légumineuses pour limiter la perte de fertilité

Rotation culturale: séquence temporelle de différentes cultures cultivées sur la même parcelle

Semis direct d'espèces locales d'arbres: pour restaurer les terres dégradées

Semis précoce : semis avant les premières pluies, pour obtenir de meilleurs rendements

Service de santé animale pour la volaille: service privé pour la vaccination de la volaille

Seuil d'épandage : ouvrage pour ralentir l'écoulement de l'eau et limiter l'érosion, afin de favoriser les cultures

Supplémentation au son de mil: ajout de son de mil aux rations alimentaires des animaux pour augmenter le taux de protéines et stimuler la production de lait

Supplémentation minérale pour les animaux laitiers: pour compléter l'apport des fourrages faibles en minéraux: donner accès à des blocs de sel à lécher

Système agrosylvopastoral: agriculture de conservation intégrant des petits ruminants

Système d'irrigation californien : des tuyaux en PVC sont enterrés pour apporter de l'eau à des points de distribution répartis sur l'exploitation

Système d'irrigation Jessour : plusieurs barrages sont construits pour collecter l'eau de ruissellement et l'alluvion. La terre accumulée derrière les barrages est ensuite utilisée pour cultiver ou planter des arbres fruitiers.

Système d'irrigation localisée: réseau de tubes et de robinets qui permettent à l'eau de goutter proche des racines des plantes

Système de certification participative : certification gérée par les paysans, des ONG d'appui, des transformateurs et des consommateurs

Système de collecte du lait: installation de points de collecte dans des zones plus marginales. Des contrats garantissent l'approvisionnement en lait et un revenu pour les paysans. Les paysans s'engagent à livrer leur surplus journalier de lait qui peut être commercialisé. En retour, l'entreprise s'engage à collecter leurs surplus.

Système de culture en bandes: rangées d'arbres avec des cultures entre

Système de Riziculture Intensive (SRI) : système de production de riz basés sur de faibles intrants. Les principes de bases sont : la transplantation précoce, une distance suffisante entre les plants, l'utilisation de compost ou de fumier, et la présence non permanente de l'eau (pour favoriser la croissance des racines).

Système sous couvert végétal : semis sous un couvert végétal

Terrasses Fanya Juu : des fossés sont creusés sur une pente avec un bourrelet de sol en dessous, principalement pour collecter l'eau de ruissellement. Les bourrelets sont stabilisés avec de l'herbe qui peut constituer du fourrage pour les animaux.

Test et diffusion de variétés locales de semences : production de semences par une organisation paysanne

Traction asine: utilisation des ânes pour le travail agricole

Traitement du foin à l'urée : amélioration de la digestibilité du foin et du taux d'azote

Tranchées Nardi : tranchées pour collecter l'eau de ruissellement et favoriser l'infiltration. Ces tranchées ouvrent le sol et améliorent l'accès des plantes aux nutriments. Les semences transportées par le vent sont retenues dans les tranchées et renforcent la végétation herbacée.

Travail superficiel du sol: les résidus de cultures sont laissés et le sol est travaillé superficiellement. Cette technique limite l'érosion du sol et améliore l'infiltration de l'eau.

Trempage des semences: immersion des semences dans de l'eau avant le semis

Unité de transformation : des femmes se regroupent pour transformer les fruits des oasis.

Valorisation des résidus de culture : alimenter les animaux avec les résidus de cultures

Variétés à cycle plus court : choix de variétés avec une saison de culture plus courte pour réduire les risques de perte de récolte

Variétés de céréales résistantes à la sécheresse: plantation de plantes qui ont une meilleure résistance à la sécheresse (lablab, sorgho ou manioc)

Variétés de riz à cycle court : variétés de riz issues de stations de recherche, pour réduire les risques de perte de récolte

Zaï : petits bassins creusés dans des sols compactés avant la première pluie pour retenir l'eau d'écoulement. De la matière organique y est déposée avant la plantation des cultures dans les trous.

Zaï mécanisé : utilisation de la puissance animale pour creuser les trous du zaï pour diminuer la charge de travail des paysans

Annexe 9: Liste des personnes interviewées

Organisation	Nom
ACF	Bader Mahaman
Agrisud	Sylvain Berton
ARFA	Mathieu Savadogo
AVSF expert associé	Valentin Beauval
AVSF Mali	Marc Chapon
AVSF expert associé	René Billaz
AVSF Togo	Myriam Mackiewicz
AVSF	Stefano Mason
AVSF	Gauthier Ricordeau
AVSF	Katia Roesch
CARE-France	Aurélie Ceinos
CARI	Adeline Derkimba
CARI	Jean-Baptiste Cheneval
CCFD-Terre solidaire	Florian Dejacquelot
ENDA Sénégal	Emmanuel Seck
Etc Terra	Clovis Grinand
GRET	Pierre Ferrand
GRET	Judicaël Fétiqueau
GRET Madagascar	Thierry Rabarijaona
IRD	Martial Bernoux
IRD	Damien Raclot
IRD	Benjamin Sultan
RHK	Issiaka Bôh Magassa
Salvaterra	Olivier Bouyer
Tenmiya	Sidi Ahmed Cheine
Terre et humanisme	Pierre-François Prêt
URD	Julie Patinet