



# Action structurante COSTEA « Transitions agroécologiques en périmètres irrigués »

## L4 - Rapport final de synthèse et de recommandations

Juillet 2022 – revu septembre 2022



# Sommaire

## Table des matières

Sommaire.....	2
Liste des sigles .....	3
Introduction .....	4
1. Les réalisations .....	8
1.1. La démarche de la prestation.....	8
1.2. La méthodologie mise en œuvre.....	10
2. Les principaux résultats.....	11
2.1. Les résultats issus de l’inventaire et la caractérisation des pratiques agroécologiques.....	11
2.2. Les résultats issus des diagnostics agraires et des évaluations des conditions de développement de la transition agroécologique .....	15
2.2.1. Les contraintes à l’échelle des exploitations agricoles.....	15
2.2.2. Les contraintes politiques, institutionnelles et des filières .....	15
2.2.3. Les contraintes environnementales .....	16
2.2.4. Les contraintes organisationnelles .....	17
2.3. Les résultats issus des évaluations des performances socio-économiques et agro-environnementales .....	18
2.3.1. Résultats sur les performances socio-économiques .....	18
2.3.2. Sur les performances agro-environnementales .....	19
3. Les principales recommandations .....	21
4. Les difficultés de la mission et l’analyse de la méthodologie employée .....	23
4.1. Les difficultés rencontrées durant la prestation : .....	23
4.2. Limites et propositions méthodologiques.....	24
Conclusion .....	25

# Liste des sigles

ALISEA : Alliance agroécologique en Asie du Sud-Est  
FWUC: Farmer Water User Communities  
GIE : Groupement d'Intérêt Economique  
ONBT : office national des barrages et des transferts  
ONID : office national de l'irrigation et du drainage  
SAED : Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta du fleuve Sénégal  
SAGI : Société d'Aménagement de Gestion de l'Irrigation

# Liste des tableaux et figures

Tableau 1: Liste des livrables et dates de remise.....	9
Tableau 2: Synthèse de la diversité des pratiques recensées selon leur classification et les systèmes irrigués étudiés.....	14
Tableau 3: Estimation du niveau de contamination des eaux dans les parcelles agricoles dans le périmètre irrigué étudié de Kanghot (A. Lucas, IRC, 2021).....	21
Figure 1: Localisation géographique des 6 études et des organisations en charge de leur réalisation..	4
Figure 2: Démarche générale de la prestation.....	10
Figure 3: Les étapes de la méthodologie et les outils utilisés.....	11
Figure 4: Détail des consommations intermédiaires par cycle de riz à Kanghot (A. Lucas, IRC, 2021).	19
Figure 5: Détails des consommations intermédiaires par système de culture à Mboro, Sénégal (S.Vercruysse, IRC, 2021).....	19
Figure 6: Régularité, taux d'infestation et carences de 4 cultures en fonction du degré d'agroécologisation du système de production dans le M'Zab (A. Moulai, APEB, 2021).....	20

# Introduction

Dans un contexte agricole, social et climatique où il devient nécessaire de repenser l'intensification des productions dans les systèmes irrigués non plus à travers les intrants chimiques externes, mais en intensifiant l'usage des fonctionnalités naturelles des écosystèmes, des ressources disponibles sur l'exploitation agricole et des savoirs-paysans, la promotion de pratiques agroécologiques est une voie importante à creuser. Pour cela, le COSTEA a mandaté un groupement d'organisations françaises coordonné par AVSF (GRET, CARI, CIRAD) et leurs partenaires (ENDA Pronat, ISRA, Université de Battambang, APEB, TORBA et CREAD) pour mener des études sur 6 systèmes irrigués situés dans 3 pays (Sénégal, Cambodge et Algérie).

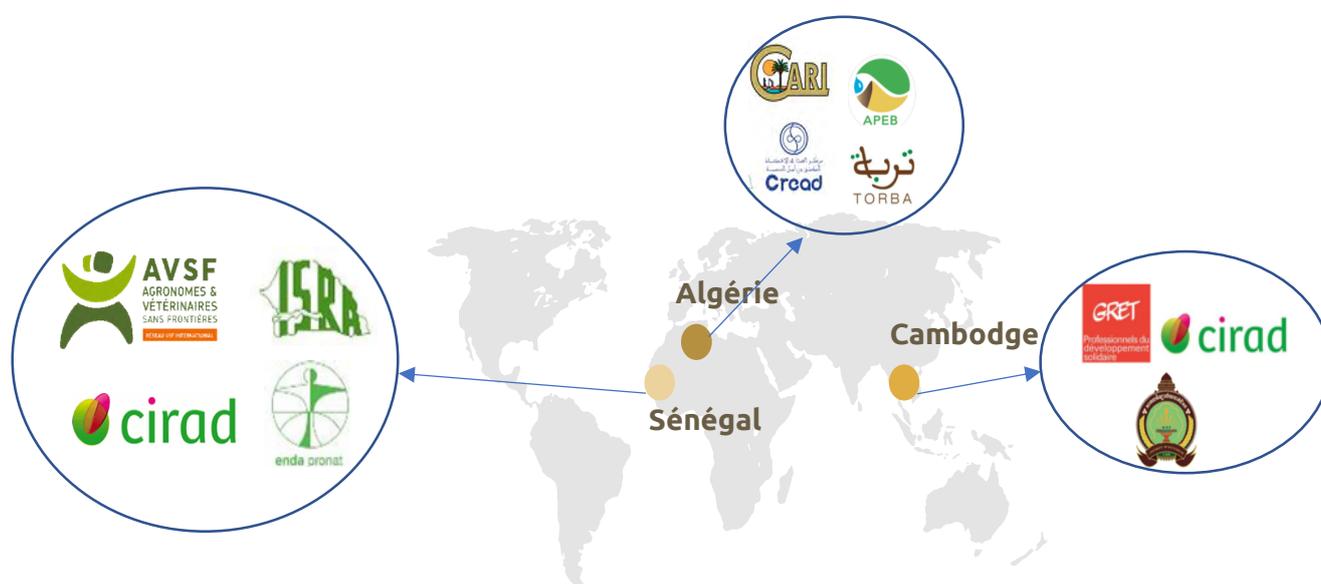


Figure 1: Localisation géographique des 6 études et des organisations en charge de leur réalisation

L'objectif est de promouvoir le développement des pratiques agroécologiques en périmètres irrigués, à travers :

- l'identification de pratiques agroécologiques innovantes en capitalisant sur le retour d'expérience des agriculteurs en systèmes irrigués ;
- la production de connaissances sur les impacts et les performances socio-économiques et agro-environnementaux de ces pratiques ;
- l'identification et l'analyse des freins et leviers, c'est-à-dire les contraintes et conditions de développement des transitions agroécologiques en systèmes irrigués ;
- la mise en réseau des acteurs nationaux et régionaux, et entre les membres du COSTEA pour renforcer le dialogue multi-acteurs et engager la transition agroécologique dans les systèmes irrigués et son changement d'échelle.

Les zones d'étude qui ont été choisies sont les suivantes :

## SYSTEMES IRRIGUES AU CAMBODGE

**KANGHOT** : grand périmètre irrigué rizicole avec maîtrise partielle à totale de l'eau, selon la topo séquence et le positionnement des parcelles par rapport au canal. La portion du périmètre sélectionnée pour cette évaluation comprend un contrôle de l'eau relativement bon par rapport au reste du périmètre car des investissements supplémentaires y ont été dédiés, cette partie du périmètre étant la seule à pouvoir irriguer les terres par écoulement gravitaire. Toutefois, le contrôle de l'eau n'y est pas total. D'une part, en cas d'inondation, le drainage est difficile, car la différence de niveau entre les canaux d'irrigation et de drainage reste faible, et d'autre part, en cas de sécheresse, le système ne permet pas d'approvisionner les canaux si l'eau n'est pas disponible en amont. Il y a notamment compétition pour l'utilisation de l'eau du barrage entre l'agriculture, les entreprises et la ville de Battambang. Les parcelles sont irriguées soit par pompage individuel directement sur les canaux ou lorsqu'elles sont distantes d'un canal, gravitairement de parcelle à parcelle par l'ouverture des diguettes, et soumis donc à une coordination avec le ou les propriétaires de parcelle amont. Des FWUC (Farmer Water User Communities) ont la charge d'assurer une optimisation de l'utilisation de la ressource en eau et d'organiser la gestion collective de celle-ci, mais ils n'ont commencé à mettre en œuvre les plans de service d'irrigation que récemment. Les décisions découlent donc plutôt de concertations locales entre autorités communales et villages des différents blocs d'irrigation.

Les principaux enjeux de ce système sont la disponibilité et l'accès à l'eau, les sols non couverts, la compaction des sols et la contamination des milieux par les intrants chimiques, l'intensification de la production avec la culture de riz de double cycle avec de faibles possibilités de diversification des productions (de par la structuration des filières et des marchés orientés majoritairement vers cette culture, le manque de savoir-faire technique et d'accès aux intrants pour d'autres spéculations et techniques comme l'agroécologie, de politiques commerciales en faveur d'autres systèmes de production), la migration importante des agriculteurs de la zone.



*Crédit photo : A. Lucas*

**VEAL KRORPEU** : périmètre irrigué rizicole avec maîtrise partielle de l'eau, dont l'accès à l'eau est basé sur 3 sources différentes : un canal d'irrigation secondaire provenant du réservoir de Sek Sor (barrage de Kanghot), un canal connecté au barrage de Damnac Dancao et des canaux provenant du réservoir de Kamping Puoy permettant de réaliser 2 à 3 cycles de riz par an. Mais une importante portion du territoire de Veal Krorpeu est également en pluvial, ne permettant qu'un cycle de riz par an.

Les principaux enjeux de ce système sont la disponibilité et l'accès à l'eau, les sols non couverts, les risques d'inondation ou de sécheresse au début du cycle du riz, la contamination des milieux par les intrants chimiques, la migration importante des agriculteurs de la zone. La diversification des terrains dans ce terroir, notamment des terres « hautes », ainsi que l'unique cycle de riz pratiqué dans la partie de la plaine n'accédant pas aux canaux d'irrigation permet d'avoir des fermes et des systèmes de production davantage diversifiés que dans le système irrigué précédent. Mais l'on se heurte de

nouveau au problème d'accès à des services de conseil technique orientés vers d'autres spéculations que le riz, l'absence de filières structurées et de marchés pour celles-ci et de politiques commerciales en leur faveur.



Crédit photo : F. Mias

### SYSTEMES IRRIGUES AU SENEGAL

**MBORO** : petits périmètres maraichers en zone périurbaine, de 1 à 5 ha, où les cultures diversifiées sont en rotation (oignon, chou, aubergine, tomate), avec une demande importante des centres urbains qui pousse à l'intensification de la production. La ressource en eau provient uniquement de la nappe phréatique ce qui rend les exploitations plus ou moins vulnérable à la disponibilité en eau (laquelle est impactée par la pluviométrie et la surexploitation de la nappe). La gestion de l'eau est individuelle et la plupart des exploitations extraient l'eau par des puits, des céanes ou des mini forages, plus ou moins profonds (selon la disposition des parcelles dans ou hors des bas-fonds). L'exhaure peut être manuel mais le plus souvent les puits sont équipés par des groupes motopompes et des tuyaux pour une distribution majoritairement à la lance (peu d'aspersion et plus rarement du goutte à goutte). La consommation énergétique pour l'exhaure de l'eau est importante car liée aux heures d'irrigation, au type de moteur et aux pratiques agricoles non efficaces. L'implantation des Industries Chimiques du Sénégal dans la zone constitue une menace sur la ressource en eau, la surexploitation de la nappe et la pollution par des déchets chimiques et engrais minéralisés issus des différentes activités de production agricole et industrielle.



Crédit photo : R. Belmin et S. Verduyck

**GUÉDE** : grands périmètres irrigués dans la zone d'intervention de la SAED alimentés par des eaux de surface importantes (fleuve Sénégal et affluents). La zone étudiée comprend les grands périmètres de Guédé Chantier (595 ha) et de Mbantou (200 ha) constitués d'un bassin de dissipation et station de

pompage, des périmètres irrigués villageois alimentés par des groupes motopompes et des périmètres irrigués privés situés dans les anciennes levées.

Dans les grands périmètres, les parcelles sont aménagées avec des diguettes et un système de drainage. Le pompage se fait à l'aide de groupe motopompes ou de pompes immergées et d'électropompes au niveau des fleuves ou de la nappe phréatique. L'irrigation est généralement gravitaire, avec quelques initiatives d'usage des systèmes par aspersion ou californien. Elle se fait par tour d'eau, avec des systèmes de tarification par are et par campagne. La gestion des infrastructures, des tours d'eau et des productions agricoles est organisée par les unions et les GIE, et par casier (choix des cultures, achat des intrants, opérations culturales). Les cultures dominantes sont le riz et la tomate, et parfois l'oignon, en rotation et en monoculture. On peut trouver du maraichage de diversification en bordure des parcelles, mais aussi en bandes à l'intérieur des parcelles des périmètres privés.

Les principaux enjeux de ce système sont l'organisation collective, les coûts d'entretien des aménagements, l'accès limité à la matière organique, l'utilisation des produits phytosanitaires, l'intensification de la production pour rentabiliser les aménagements et la commercialisation via la contractualisation (production de tomates).

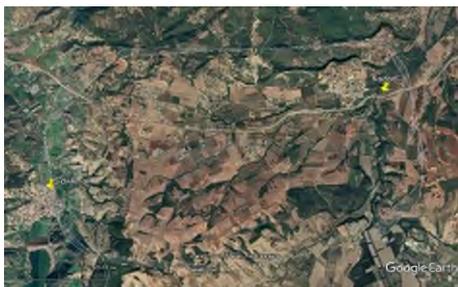


*Crédit photo : R. Belmin et KJestin*

## **SYSTEMES IRRIGUES EN ALGERIE**

**MITIDJA** : le grand périmètre irrigué de la Mitidja Ouest est basé principalement sur deux sources d'eau, la nappe phréatique (45 à 150m de profondeur) et le barrage de Boukerdane qui alimente les exploitations agricoles en eau d'irrigation du printemps à l'automne. Le barrage est géré par l'ONBT, secondé pour la distribution de l'eau par l'ONID. Ce dernier est en charge de l'entretien et la maintenance des équipements de transfert de l'eau en amont des exploitations agricoles mais aussi de la distribution de l'eau d'irrigation en fonction de sa disponibilité dans le barrage. Il coexiste des réseaux collectifs, dont l'usage est entravé par un faible niveau de maintenance, et une irrigation individuelle à partir de la nappe. En année sèche comme en 2020, l'eau peut être allouée uniquement pour l'approvisionnement de la population ou restreinte à l'irrigation de cultures stratégiques (pommes de terre notamment). Dans des situations comme celle-ci, l'administration permet l'exploitation partielle de l'eau de la nappe par des forages pour les exploitations qui en disposent.

Les principaux enjeux de ce système sont l'irrégularité de la disponibilité de l'eau (période estivale), la forte concurrence avec l'eau potable mais aussi les autres secteurs (industries), le risque important de pollution de la nappe par les intrants (notamment azotés), le risque d'érosion des sols, l'intensification de la production pour répondre à la demande en produits maraîchers et fruitiers d'Alger, à bas prix.



Crédit photo : H. Irekti

**MZAB** : **zone oasisienne**, dans laquelle les ressources en eau sont principalement souterraines avec pour origine principale la nappe du continental intercalaire profonde (plus de 600 mètres de profondeur) générant des coûts d'exhaure très importants. La pluviométrie étant très faible (91 mm en moyenne/an), les ressources en eau de surface proviennent surtout des crues des oueds qui elles-mêmes sont dépendantes de la pluviométrie.

Les exploitations agricoles sont des très petites tailles, avec un système de culture étagé (effet oasis) et utilisent principalement le système d'irrigation goutte à goutte, encouragé par les politiques publiques. 100% de la SAU est irriguée.

Les principaux enjeux de ce système sont la rareté de l'eau et la difficulté d'accès à l'eau, la surexploitation de la ressource souterraine, la disponibilité de terres arables, l'utilisation importante des intrants chimiques pour la protection phytosanitaire par certaines exploitations, la gestion de la salinité et des eaux usées.



Crédit photo : A. Moulai

# 1. Les réalisations

## 1.1. La démarche de la prestation

Afin de mener au mieux cette prestation, un comité de pilotage a été formé, constitué par un représentant du CARI, du GRET, de 3 représentants du CIRAD et coordonné par un représentant d'AVSF.

La prestation a démarrée en septembre 2020 avec un important travail de construction de la méthodologie avec l'ensemble des partenaires impliqués, lors de réunions dans les pays d'étude puis

avec l'ensemble des partenaires durant l'atelier de démarrage qui a eu lieu en deux temps, à distance à cause de l'épisode de COVID, en décembre 2020 puis en février 2021 (compte tenu de la difficulté de mobiliser les personnes à distance durant une semaine entière, nous avons scindé l'atelier en 2 moments de 3 jours puis 2 jours).

Le groupe consultatif du COSTEA, en charge d'accompagner cette action structurante, s'est réuni à 2 occasions en décembre 2021 et décembre 2022 pour apporter un regard expert sur les avancées de la prestation. Une nouvelle réunion est prévue en septembre 2022 pour clôturer l'action structurante.

Les différents livrables attendus par le COSTEA ont été remis dans les temps annoncés, ou avec un léger retard annoncé en amont de la date butoir. Il s'agissait des livrables présentés dans le tableau suivant :

N° du livrable	Nom du livrable	Date de remise du livrable
<b>L0</b>	Rapport de démarrage	Octobre 2020
<b>L1x</b>	Grille commune d'inventaire et caractérisation des pratiques agroécologiques	Décembre 2020
<b>L3x</b>	Note de cadrage de la concertation régional	Février 2021
<b>L2x</b>	Grille méthodologique d'évaluation Grilles d'évaluation pour chaque pays, demandées en complément	Mai 2021 Septembre 2021
<b>L1 a, b, c</b>	Rapports régionaux d'inventaire et caractérisation des pratiques agroécologiques	Septembre 2021
<b>L2 a, b, c</b>	Rapports régionaux d'évaluation	Avril 2022
<b>L3 a, b, c</b>	Rapports des ateliers de concertation	Juin et juillet 2022
<b>L4</b>	Rapport de synthèse	Juillet 2022

Tableau 1: Liste des livrables et dates de remise

Par ailleurs, des ateliers de concertation locaux ont été organisés dans chacun des territoires étudiés afin de partager et mettre en débat les résultats du diagnostic territorial et de l'inventaire des pratiques agroécologiques dans un premier temps (Sénégal et Algérie en mai, juin et juillet 2021 et Cambodge en février 2022), puis le résultat des évaluations socio-économiques et premières identifications des conditions de développement de l'agroécologie dans les périmètres irrigués dans un deuxième atelier sur chaque territoire étudié (Sénégal, Algérie et Cambodge en février et mars 2022). Les évaluations agro-environnementales ayant eu lieu tardivement, les résultats ont été présentés lors des ateliers de concertation nationaux en même temps que l'ensemble des résultats de l'étude et des recommandations :

- CAMBODGE : atelier régional ALISEA Asie du Sud Est en mars 2022 (à distance) puis atelier national de l'ensemble des actions structurantes du COSTEA au Cambodge à Phnom Penh en mai 2022 ;
- SENEGAL : 3 interventions dans différents side event au Forum Mondial de l'Eau de Dakar en mars 2022 et atelier national à Dakar en mai 2022 ;
- ALGERIE : atelier national à Ghardaïa organisé en juin 2022.

Le schéma ci-dessous présente la démarche utilisée :

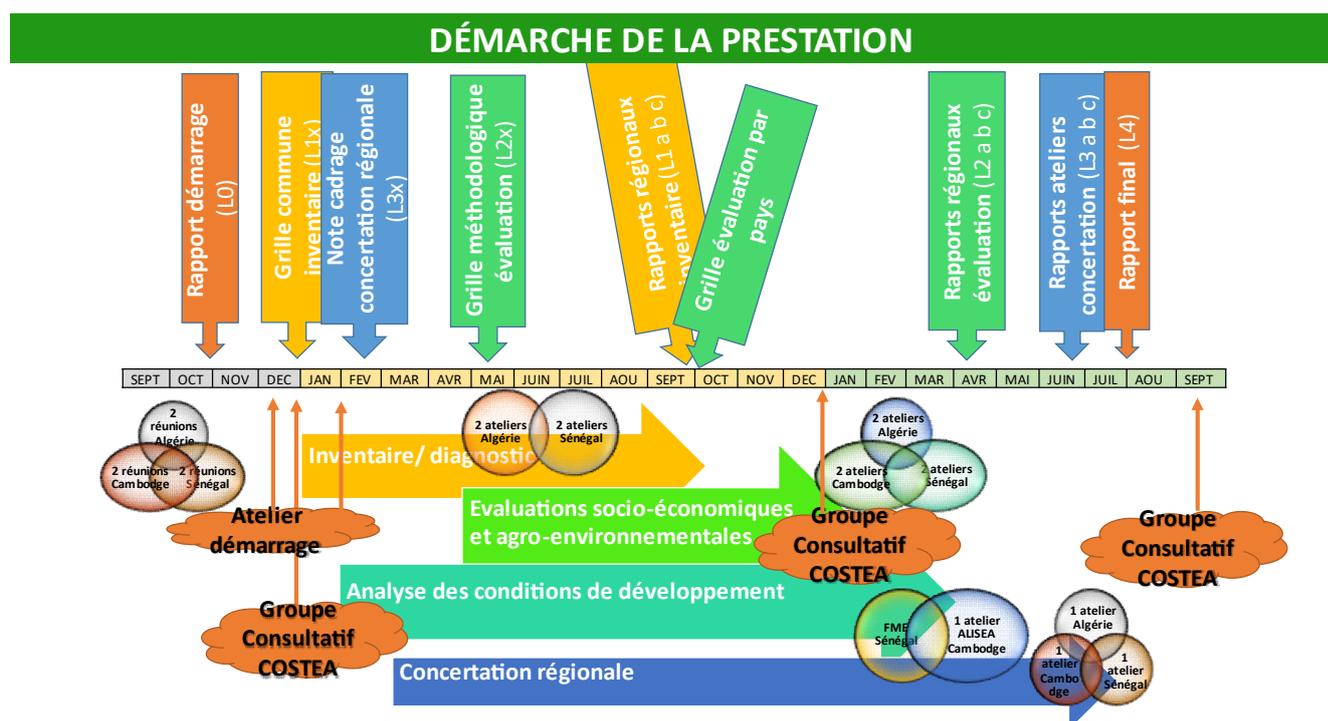


Figure 2: Démarche générale de la prestation

## 1.2. La méthodologie mise en œuvre

La démarche méthodologique qui a été mise en œuvre pour la réalisation des 6 études de terrain, se base sur une intégration et adaptation de différents outils déjà existants ou créés pour la prestation :

- le **Mémento pour l'évaluation de l'agroécologie** qui se base sur la démarche globale de l'étude-diagnostic de système agricole pour répondre aux questions relatives à l'agroécologie, et propose une série d'indicateurs pour mesurer les effets socio-économiques et agro-environnementaux de ces pratiques et systèmes, tout en identifiant les freins et leviers au développement de ceux-ci ;
- la **grille d'analyse Nexus** qui est un cadre multi-échelles et multi-dimensions qui permet d'appréhender les systèmes irrigués dans toute leurs complexités et de mettre en évidence les principaux enjeux de ces systèmes. Elle a été renseignée durant les premières étapes de diagnostic des zones d'étude. Les enjeux identifiés ont ensuite permis d'établir des questions évaluatives qui ont facilité la sélection des indicateurs d'évaluation socio-économiques et agro-environnementaux ;
- la **grille d'inventaire et de caractérisation des pratiques agroécologiques** qui permet d'orienter le choix des pratiques et systèmes agroécologiques prioritaires à étudier dans la phase suivante d'évaluation et de mesure des performances des systèmes agroécologiques ;
- la **grille d'agroécologisation** qui consiste à estimer dans quelle mesure une exploitation agricole répond aux principes de l'agroécologie. Pour réaliser cette évaluation, la méthode propose le calcul d'un agroécoloscore basé sur ces différents principes. La grille a été utilisée dans la phase de caractérisation et comparaison des exploitations agricoles de la typologie.

Le schéma suivant présente les différentes étapes de l'étude, les périodes de réalisation et les outils associés.

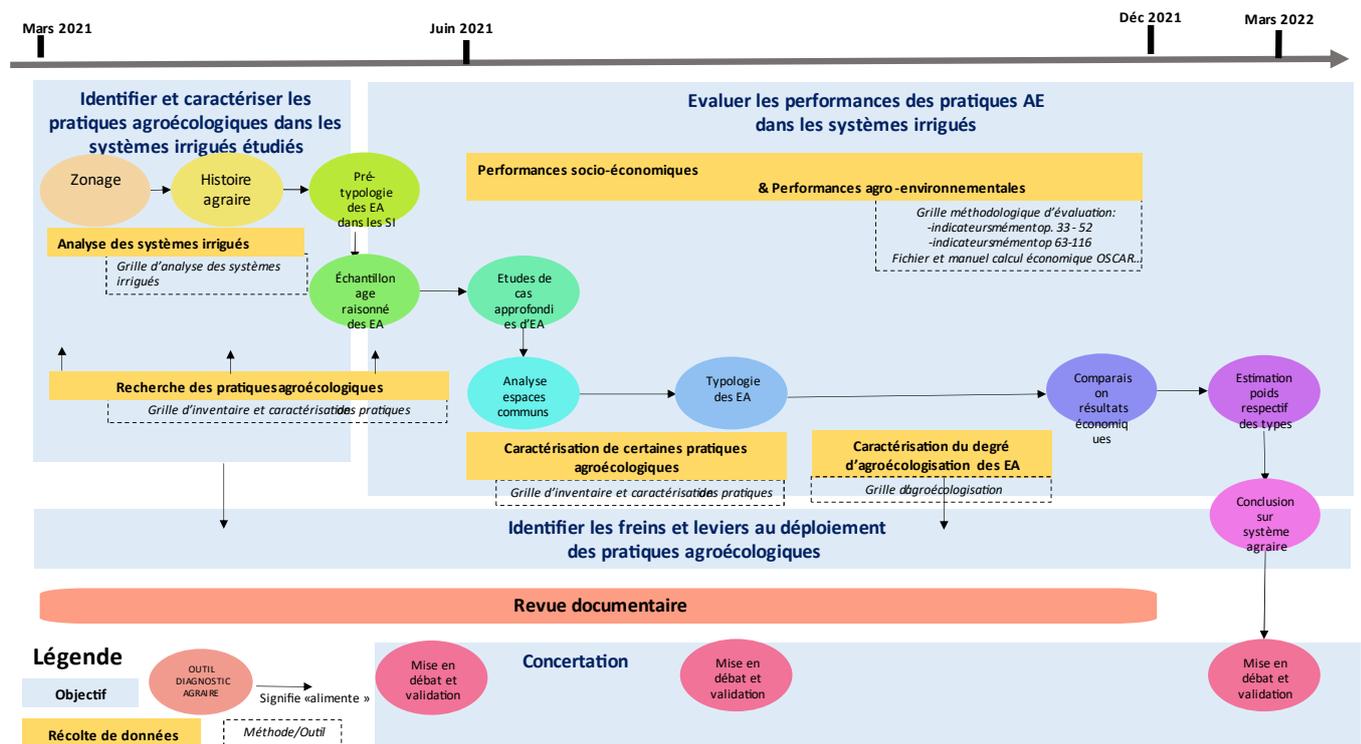


Figure 3: Les étapes de la méthodologie et les outils utilisés

## 2. Les principaux résultats

### 2.1. Les résultats issus de l'inventaire et la caractérisation des pratiques agroécologiques

Comme indiqué dans le tableau 2, dans chaque zone étudiée, les pratiques agroécologiques les plus « populaires » / les plus fréquemment rencontrées correspondent à une pratique d'association de cultures, une pratique d'intégration agriculture-élevage et une pratique de conservation de l'eau et des sols. On trouve par exemple dans les systèmes étudiés :

- l'incorporation de fumier et enfouissement de résidus de récolte dans les sols pour la fertilisation organique ;
- l'association des cultures et les rotations dans les parcelles ;

Bien qu'il s'agisse des pratiques les plus fréquemment rencontrées, dans certains contextes elles restent tout de même assez rares ou marginales, la diversification/rotation des cultures n'étant, par exemple, que très peu observée sur le périmètre de Kanghot. Dans la majorité des systèmes, on retrouve également la conservation et la multiplication de semences et quelques pratiques d'agroforesterie.

La très grande majorité des pratiques a été observée à l'échelle parcelle et exploitation agricole, plus rarement à l'échelle du périmètre (uniquement dans le grand périmètre irrigué de Guédé au Sénégal où ont été observés l'enherbement des canaux et des arbres au niveau du réseau de drainage) et aucune pratique à l'échelle territoriale.

**Les innovations** dans les périmètres irrigués sont souvent assez récentes, et principalement introduites par des projets de développement ou de recherche-action, à l'exception du M'Zab où « les nouveaux périmètres de mise en valeur semblent être des incubateurs d'innovations » : on y trouve par exemple des nouveaux essais en termes d'écartement et alignements palmiers/arboriculture, l'utilisation du compost non par épandage au pied du palmier mais par enfouissement dans une fosse entre les lignes de palmiers pour assurer une diffusion d'éléments nutritifs plus longuement et éviter le lessivage. Les pratiques d'utilisation du fumier sont des pratiques anciennes qui se retrouvent dans tous les périmètres étudiés, néanmoins elles sont parfois en évolution : par exemple dans le Mzab, les agriculteurs expérimentent des techniques de compostage pour améliorer la qualité du produit tel que le recours à la fermentation ou l'association avec de l'orge vert, ou encore une disposition en couches superposées.

**De plus, les pratiques sont mises en place de manière isolées**, c'est-à-dire que les études ont permis d'identifier peu ou pas de systèmes agroécologiques (qui pourraient tendre vers une transition des systèmes) mais plutôt l'association dans les itinéraires techniques ou à l'échelle des exploitations agricoles d'une pratique agroécologique avec d'autres pratiques conventionnelles. Le seul système irrigué où l'on rencontre des systèmes agroécologiques est la zone étudiée dans le M'Zab en Algérie. Celui-ci est fortement inspiré du système oasien où l'on retrouve une gestion rationnelle de la ressource en eau à travers l'effet oasis et la fertilisation organique, la diversité végétale et animale (élevage).

**Il existe également une différence notable concernant l'amplitude dans la diversité et l'association de pratiques agroécologiques identifiées dans les systèmes avec irrigation individuelle** (exemples de la zone de Mboro au Sénégal et de la Vallée du Mzab en Algérie) **par rapport aux grands systèmes hydrauliques collectifs** (exemples de la Mitidja Ouest en Algérie, de la zone de Kanghot au Cambodge et de la zone de Guédé au Sénégal). Ceci peut être expliqué notamment par une plus grande marge de manœuvre pour les agriculteurs en irrigation individuelle pour l'accès à l'eau (puits, forages individuels, forages collectifs parfois), son usage et les possibilités de diversification des productions, mais d'autres limites existent qui peuvent justifier le manque de diversification au sein des périmètres étudiés.

En effet, les agriculteurs qui cultivent dans les grands et moyens systèmes irrigués collectifs sont souvent contraints par :

- L'accès à l'eau coordonné par le groupe (GIE<sup>1</sup> au Sénégal, FWUC<sup>2</sup> au Cambodge) ou orienté par le gestionnaire du système d'irrigation (comme les filières stratégiques agrumes, céréales, pommes de terre prioritaires pour l'irrigation par l'ONID dans la zone ouest de la Mitidja en Algérie) ;
- La spécialisation et l'intensification de ces périmètres, par une homogénéisation des calendriers culturaux et des itinéraires techniques entre usagers de l'eau dans les casiers pour rentabiliser des aménagements coûteux (exemple de la production riz et tomate dans les casiers de Guédé gérés par la SAED), ou encore pour répondre à une orientation politique, de

---

<sup>1</sup> Groupement d'Intérêt Economique

<sup>2</sup> Farmer Water User Communities

marché ou suivant un attachement culturel à une spéculation (exemple au Cambodge de l'obligation induite à faire du riz sur une parcelle basse lorsqu'elle est irriguée, car un agriculteur qui voudrait mettre en place une autre production risquerait sinon de perdre son accès à cette parcelle) ou pour gérer l'organisation collective des travaux du sol dans les casiers. Cette problématique du verrouillage infrastructurel et socio-politique des périmètres irrigués est traitée plus précisément dans la partie 2.2.2 ;

- Les problèmes d'hydromorphie des sols dans certains de ces grands périmètres et des remontées des nappes superficielles assez élevées qui en elles-mêmes limitent les possibilités de diversifications des productions ;
- Des difficultés d'approvisionnement en matière organique du fait de la spécialisation des grandes zones irriguées, laquelle engendre une césure entre production végétale et animale ne facilitant pas la réintégration de l'élevage qui est un élément fondamental pour sortir progressivement de la dépendance de ces agricultures irriguées aux intrants chimiques. Des expériences d'introduction de canards et poissons dans les rizières au Cambodge par exemple, se sont avérées bénéfiques d'un point de vue économique et environnemental.

Synt hèse PAYS	TERRAIN	CLASSIFICATION DES PRATIQUES AGROECOLOGIQUES							Total	ECHELLES Parcelle (P) Exploitation agricole (EA) Système irrigué (SI) Territoire/paysage (T)
		Diversification et rotation des cultures	Agroforesterie	Intégration agriculture-élevage	Gestion et conservation des sols et de l'eau	Lutte biologique et mécanique, autres alternatives aux pesticides	Semences paysannes	Autres		
CAMBODGE	Veal Kropeau (grande hydraulique)	4	1	2	2	0	1		<b>10</b>	P : 7 EA : 3 SI : 0 T : 0
	Kanghot (grande hydraulique)	2	0	2	6	1	0	0	<b>11</b>	P : 9 EA : 2 SI : 0 T : 0
SENEGAL	Guédé (grande hydraulique)	3	3	4	3	1	1	2	<b>17</b>	P : 5 EA : 2 SI : 9 T : 1
	MBoro (petite hydraulique de bas fond)	1	4	2	6	2	4	2	<b>21</b>	P : 12 EA : 9 SI : 0 T : 0
ALGERIE	Mzab (moyenne hydraulique souterraine)	1	1	4	4	5	1	2	<b>18</b>	P : 9 EA : 9 SI : 0 T : 0
	Mitidja (grande hydraulique)	2	0	0	4	1	0	0	<b>7</b>	P : 5 EA : 2 SI : 0 T : 0
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>6</b>		<b>P : 47 EA : 27 SI : 9 T : 0</b>

Tableau 2: Synthèse de la diversité des pratiques recensées selon leur classification et les systèmes irrigués étudiés

## **2.2. Les résultats issus des diagnostics agraires et des évaluations des conditions de développement de la transition agroécologique**

Ces premières observations quant aux freins que rencontrent les agriculteurs dans toutes les zones irriguées étudiées, doivent également être mises en lien avec d'autres facteurs internes et externes aux exploitations agricoles, qui ont été mis en évidence lors des diagnostics agraires et des évaluations des conditions de développement de la transition agroécologique. Il est important de noter que ces contraintes bien que recensées dans les territoires d'agricultures irriguées de la présente étude, ne sont pas pour la plupart spécifiques à ce type d'agriculture car elles ont aussi été mises en évidence dans d'autres études sur les conditions de développement en agricultures pluviales. Néanmoins ces contraintes sont renforcées par la structuration de l'espace et les aménagements qui sont propres aux systèmes irrigués.

### **2.2.1. Les contraintes à l'échelle des exploitations agricoles**

- Les agriculteurs manquent de **savoir-faire technique**, d'accompagnement, de sensibilisation et de transfert de connaissances sur la production de semences, les techniques de protection phytosanitaires des cultures (préparations à partir de produits naturels -chaux, savon et cendre, neem, gros sel, chou fourrager- afin de lutter contre les pucerons et les maladies cryptogamiques.), etc.
- Les agriculteurs manquent aussi de **capitaux pour investir** ou développer des pratiques agroécologiques. Le coût d'installation, d'amortissement et de renouvellement du matériel pour accompagner la transition agroécologique est important (achat des semences pour les plantes de couverture, de charrettes pour le transport du fumier, dépierrage parfois, construction de bassins d'accumulation...);
- **Il y a d'importantes contraintes foncières** (métayage/location des terres au Sénégal et au Cambodge par exemple, superficies exploitées trop petites, parcelles louées par les agriculteurs qui changent chaque année...) pour le déploiement de pratiques sur du moyen et long terme et pour assurer une prise de risque et de diminution de rendement durant les premières années de production ;
- L'absence ou la faible intégration de l'élevage dans les zones engendre une **faible disponibilité de la matière organique** pour les pratiques de fertilisation organique, mais aussi le coût d'achat/transport/utilisation du fumier par rapport aux intrants chimiques quand ils sont subventionnés ;
- **Le temps de travail** que nécessitent certaines pratiques, pour la préparation et l'application de biofertilisants ou biopesticides par exemple, en lien aussi avec les problématiques d'insuffisance de main d'œuvre et de migration croissante dans les zones étudiées.

### **2.2.2. Les contraintes politiques, institutionnelles et des filières**

- **Une absence de politiques publiques** favorables au développement de l'agroécologie, ou des politiques qui vont à l'encontre de la transition agroécologique avec parfois des subventions qui encouragent l'utilisation d'engrais chimiques et l'intensification de certaines productions (choix politique de la riziculture au Cambodge par exemple).

- **L'absence de marchés** locaux ou nationaux qui valorisent ces productions issues de pratiques agroécologique, les produits agroécologiques étant encore écoulés au prix des produits conventionnels ;
- Il existe **une faible organisation/structuration des producteurs** pour porter collectivement les changements de pratiques vers l'agroécologie, avec peu d'organisations paysannes, des services de vulgarisation limités et non formés pour accompagner cette transition. En effet, dans les 3 pays étudiés, il est courant que l'appui technique soit réalisé par des agents commerciaux, agronomes aptes à apporter une expertise technique en réponse à un parasite/une maladie/une carence, qui préconisent un traitement chimique de la firme représentée sans mesurer l'impact environnemental et économique de ce traitement.
- Les **résultats de la recherche** sur les performances de l'agroécologie dans les systèmes irrigués sont encore insuffisants et ne sont pas assez vulgarisés pour enrichir le plaidoyer qui pourrait en être fait.
- Les infrastructures hydrauliques sont conçues pour répondre à des besoins définis selon une vision socio-économique du moment. Dans les différentes études réalisées, les verrous infrastructurels relatifs aux modèles classiques d'aménagement hydroagricole ont été guidés par des politiques productivistes et du commerce liées à la révolution verte dans une perspective de sécurité alimentaire des pays. Au Sénégal par exemple, les aménagements sont dimensionnés pour la riziculture et la culture industrielle de tomate. De plus, leur plan ne permet pas de mesurer les quantités d'eau consommées à la parcelle (pas de compteur) pour pouvoir évaluer l'efficacité. Au Cambodge c'est une politique volontariste tournée vers la production de riz qui a répondu au besoin de déficit alimentaire en riz du pays à un moment donné, et actuellement qui répond à une demande pour une amélioration de la qualité de la production rizicole pour un marché international, mais sans regard sur les externalités environnementales. Ainsi, le verrouillage socio-politique associé aux infrastructures est au moins aussi important que les contraintes techniques.

### **2.2.3. Les contraintes environnementales**

- La réduction de la disponibilité en eau du fait de la surexploitation des nappes souterraines, du mauvais dimensionnement des forages collectifs par rapport aux besoins, ou de la diminution de la pluviométrie pour recharger les nappes superficielles et souterraines, pousse les exploitations à optimiser les conditions des milieux, à chercher plus de résilience face aux changements climatiques et à multiplier les moyens d'accès à l'eau (puits, forages individuels et collectifs). Par ailleurs, un contexte de rareté de l'eau peut aussi être un facteur favorable à la transition agroécologique, comme on l'a vu dans les exploitations agricoles de la vallée du Mزاب qui ont diversifié les cultures et les ateliers de production afin de multiplier leur capacité de résilience au manque d'eau.
- Les cultures maraichères sont parfois installées sur des terres dont les sols présentent une faible rétention en eau, comme c'est le cas des sols Dior sur collines dans les Niayes au Sénégal,

d'où un usage non économique de cette eau qui reste la principale préoccupation environnementale au Sénégal.

- L'appauvrissement des sols et la pollution des nappes et des cours d'eau par l'usage des intrants chimiques (pesticides et nitrates principalement) lié aux pratiques conventionnelles et à l'intensification des monocultures (riz dans le cas du Cambodge et du fleuve Sénégal par exemple) sont aussi des contraintes majeures.
- Concernant les systèmes irrigués à partir des eaux de surface :
  - o En système inondé avec de longues périodes d'inondation, la diversification des cultures est limitée, et il existe encore peu de richesse variétale dans ces systèmes rizicoles intensifs, comme c'est le cas au Cambodge. En termes de possibilités : il faudrait diversifier en contre-saison.
  - o Pour des systèmes ayant accès à l'eau de surface à partir du fleuve et de ses affluents, cette ressource peut également être non pérenne et fluctuante au cours de la saison par endroit (risque de stress hydrique si arrêt temporaire de l'eau) ; on peut penser également à des risques d'inondations si les parcelles se trouvent trop près du fleuve.
- Les plans d'aménagements promus jusque-là par les politiques agricoles ne favorisent pas le maintien de la biodiversité naturelle du fait du déboisement, terrassement et mise à nu des parcelles.

#### **2.2.4. Les contraintes organisationnelles**

- Les périmètres irrigués avec des tours d'eau permettant l'accès à l'irrigation des agriculteurs ne favorisent pas la diversification des cultures. En effet, avoir des cultures diversifiées (en association ou au niveau de l'assolement) requiert un accès à l'eau de manière plus étalée dans le temps par rapport aux autres cultures. Même si cela pourrait constituer un avantage pour la gestion des périmètres irrigués (en diminuant les pics de demande en haut), en pratique, quand les tours d'eau sont imposés, l'accès à l'eau et les besoins peuvent être décalés. Dans ces situations où l'accès à l'eau est « contraint », il existe peu de petites infrastructures à l'échelle des exploitations/parcelles pour rendre cet accès plus flexible.
- Dans les grands périmètres irrigués étudiés dans le nord du Sénégal, les décisions de démarrage des cultures et d'irrigation des parcelles centralisées au niveau des responsables de l'union des groupements d'exploitants, de même que l'organisation de l'irrigation par secteur ou quartier hydraulique privent les agriculteurs de leur autonomie et du contrôle intégrale de l'arrosage de leurs cultures. En outre ce système les limite également à adopter certaines pratiques agroécologiques telles que la diversification, l'association des cultures, la valorisation des produits résiduels organiques suivant un processus de bouclage du cycle des nutriments (intrants-sol-culture). Ceci constitue un frein pour la mise à l'échelle de l'agroécologie dans ces systèmes irrigués.

- Un autre frein organisationnel réside sur le poids de l'intérêt individuel au détriment du collectif et la difficulté de convenir d'un modèle de transition à l'échelle du casier hydroagricole (besoin d'ingénierie sociale). A cela s'ajoute des verrous sociaux (le poids des castes au Sénégal par exemple) qui freinent toute initiative de remembrement des parcelles et/ou affectation définitive, ou sur une longue durée, pour encourager les exploitants à s'investir dans l'adoption de pratiques agroécologiques dans leurs parcelles affectées au niveau des grands aménagements hydroagricoles collectifs.

### **2.3. Les résultats issus des évaluations des performances socio-économiques et agro-environnementales**

L'analyse des performances des systèmes de culture agroécologiques par rapport aux systèmes conventionnels, à l'échelle des exploitations agricoles pour les performances socio-économiques et à l'échelle de la parcelle pour les performances agro-environnementales, ont montré des résultats encourageants pour la transition agroécologique.

#### **2.3.1. Résultats sur les performances socio-économiques**

- La diversification des productions, à l'intérieur ou à l'extérieur des parcelles irriguées, joue un rôle clé pour sécuriser et augmenter le revenu agricole des familles paysannes dans les zones étudiées. Lorsqu'ils en ont la possibilité, certains agriculteurs valorisent par exemple des zones fertiles mais non irriguées comme les zones de décrue au Sénégal, les terres hautes à Veal Krorpeu au Cambodge, pour diversifier les productions de l'exploitation agricole. Dans la vallée du Mzab, les agriculteurs qui ont mis en place des stratégies de diversification en cultivant 2 à 3 étages de production (système oasisien) en complémentarité de l'élevage, sont ceux qui obtiennent les meilleurs résultats économiques avec une plus faible consommation d'eau. La combinaison de pratiques agroécologiques permet ainsi de meilleurs rendements par une optimisation des conditions du milieu. Dans la plaine de la Mitidja Ouest, la diversification des productions a permis de diminuer les risques de pertes liés aux événements climatiques comme la sécheresse
- Les intrants chimiques occupent une part importante des consommations intermédiaires des systèmes de culture étudiés (voir figure 2 ci-dessous, dans le cas de la culture de riz à Kanhhot au Cambodge par exemple où les fertilisants minéraux correspondent à 30% des coûts de production). En substituant progressivement les intrants chimiques par des engrais organiques à partir de ressources locales (fumier, résidus de culture, restes de fruits et aliments...), les exploitations seraient moins dépendantes financièrement pour le renouvellement de la fertilité de leur sol, mais aussi pour gagner en autonomie décisionnelle et technique.

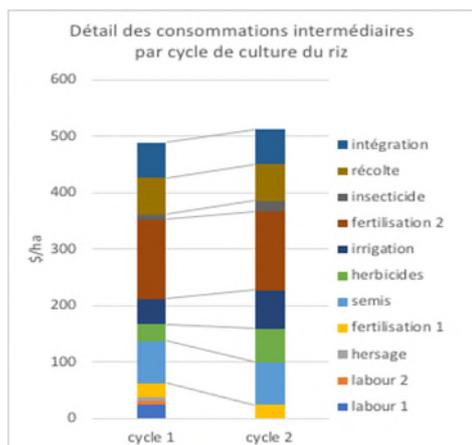


Figure 4: Détail des consommations intermédiaires par cycle de riz à Kanghot (A. Lucas, IRC, 2021)

De plus, dans différentes zones étudiées où les producteurs utilisent des motopompes, il est important de noter la part importante du carburant utilisé pour le fonctionnement de ces appareils (entre 35% et 60% des consommations intermédiaires dans le cas de la zone de Mboro au Sénégal par exemple).

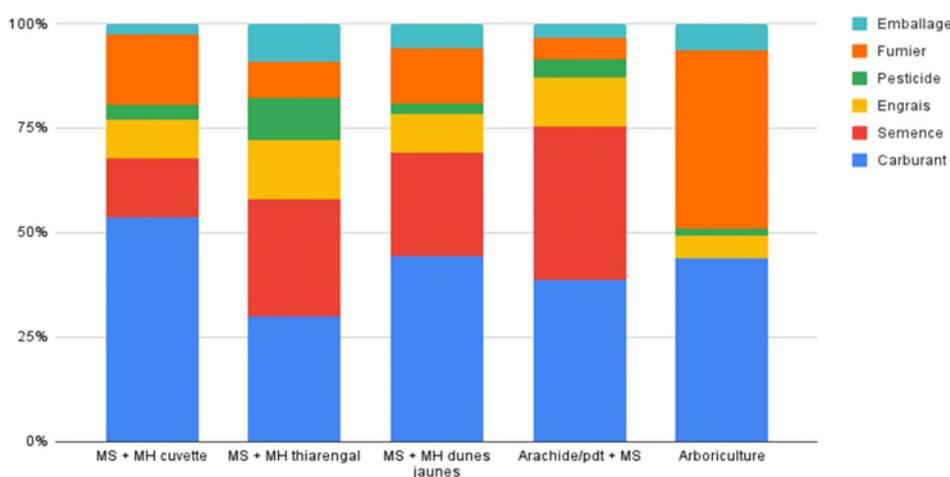


Figure 5: Détails des consommations intermédiaires par système de culture à Mboro, Sénégal (S. Vercausse, IRC, 2021)

### 2.3.2. Sur les performances agro-environnementales

- Il est possible d'observer dans les systèmes diversifiés au Sénégal et en Algérie, une plus faible variation de rendement interannuelle pour les parcelles où sont mises en place des pratiques agroécologiques, comme illustré dans le graphique ci-dessous qui a été produit avec les résultats obtenus dans la vallée du Mzab en Algérie.

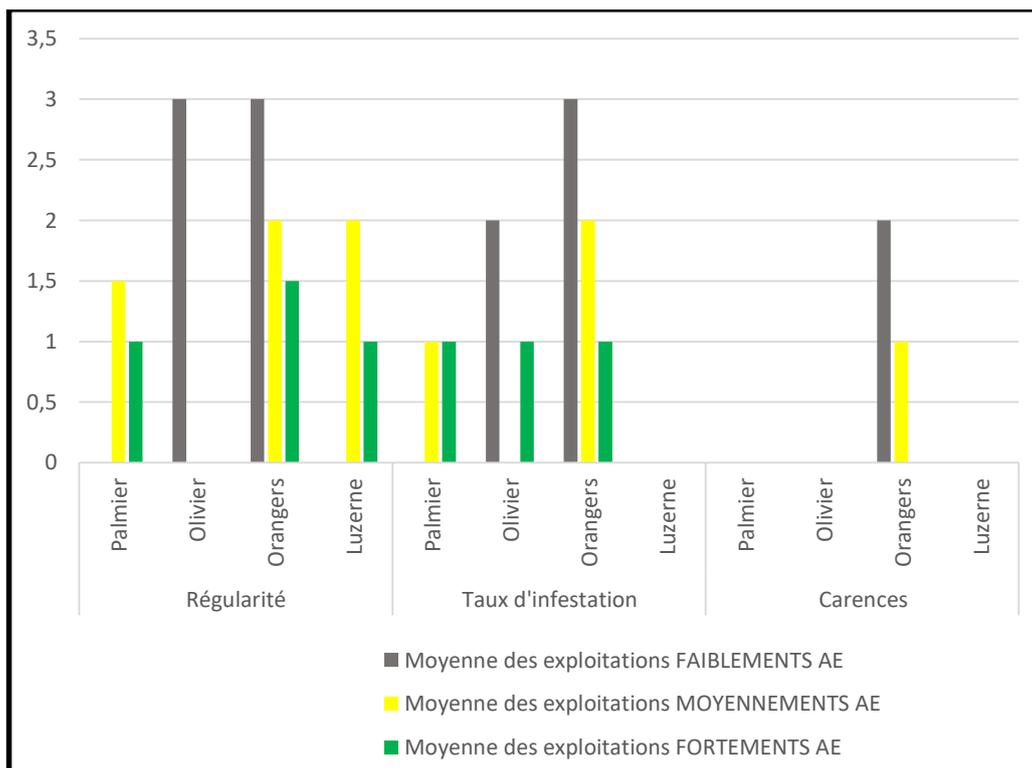


Figure 6: Régularité, taux d'infestation et carences de 4 cultures en fonction du degré d'agroécologisation du système de production dans le M'Zab (A. Moulai, APEB, 2021)

#### Légende du graphique :

Dans ce graphique, régularité, taux d'infestation, et carences sont notés d'un point de vue qualitatif.

- Pour la régularité, **1 = régulier ; 2 = moyennement régulier ; 3 = irrégulier**. Donc concernant ce critère, **plus la note est élevée, plus les rendements sont irréguliers** aux dires des éleveurs.
- Pour les carences : **1 = faible ; 2 = moyen ; 3 = fort**.
- **Concernant les niveaux d'infestation par les bio-agresseurs** : 1 = faible = moins de 10% des plants ; 2 = moyen = entre 10 et 50% des plants ; 3 = fort = plus de 50% des plants touchés par les infestations.

- Les échantillons pour la comparaison des rendements entre parcelles agroécologiques et parcelles conventionnelles pour une même culture n'ont pas été suffisamment conséquents pour être scientifiquement représentatifs. On observe cependant une tendance à de meilleurs rendements pour les parcelles agroécologiques (exemple au Sénégal, la culture de l'aubergine associée à l'arboriculture obtient plus du double de rendement que l'aubergine cultivée seule, mais aussi au Cambodge le rendement du riz cultivé en association avec le poisson est supérieur au riz cultivé seul, 6t/ha contre 4,5t/ha en moyenne).
- De façon générale, la structure des sols et la diversité de l'activité biologique ont tendance à répondre rapidement aux pratiques agroécologiques : dans la zone de Kanghot au Cambodge, la comparaison entre des parcelles conduites sous engrais vert et des parcelles labourées a montré une amélioration significative de la santé des sols dans les parcelles sous engrais vert, sur la base de la formation de macro agrégats (qui représente un des indicateurs les plus

pertinents pour évaluer l'efficacité d'un système), avec une capacité de rétention en eau et d'infiltration plus élevée.

- Une faible différence a pu être appréciée sur la régulation des bio-agresseurs (comme un niveau un peu plus élevé de pyriculariose paniculaire en système conventionnel à Veal Krorpeu au Cambodge par exemple).
- Le tableau d'estimation des émissions de GES a quant à lui été testé au Cambodge. Il indique que ces émissions sont importantes en riziculture, notamment dans la zone de Kanhhot où est pratiqué le double cycle de riz (comparativement à Veal Krorpeu où il y a majoritairement un seul cycle). En effet, pour Kanhhot et sur la base des pratiques actuelles, l'estimation traduit des émissions de gaz à effet de serre soutenues. Le calcul est présenté dans le tableau 3 ci-dessous.

Critère	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Irrigation	Sans lame d'eau : <i>Note 1</i>	lame d'eau intermittente (50%): <i>Note 3</i>	Lame d'eau Permanente : Pour deux cycles de riz <i>Note 4</i>
Sols	Sol pauvre et sableux : <i>Note 1</i>	Texture moyenne et MOS moyen : <i>Note 2</i>	Texture et riche en MOS : 511 g kg-1 clay, 339 g kg-1 silt, 150 g kg-1 sand 1,53% SOM (0-10 cm) <i>Note 3</i>
Fertilisation	Pas ou très peu d'engrais Azoté : <i>Note 0</i>	Dose moyenne en engrais azoté : <i>Note 1</i>	Dose forte en engrais Azoté : 2 cycle de riz, Sen Kra Ob and Sra Ngae Moyenne > 45 N/ha/cycle, > 90 N/ha <i>Note 2</i>

Tableau 3: Estimation du niveau de contamination des eaux dans les parcelles agricoles dans le périmètre irrigué étudié de Kanhhot (A. Lucas, IRC, 2021)

### 3. Les principales recommandations

Les différents résultats qui ont été mis en évidence par les études réalisées dans les 6 zones, ont été ensuite mis en débat lors des ateliers nationaux organisés dans chaque pays avec différents acteurs impliqués dans le développement agricole et hydraulique des zones (autorités locales et nationales, gestionnaires de périmètres, agriculteurs, organisations de producteurs, chercheurs, ONG, organismes de conseil, représentants du COSTEA,...) afin de recueillir leurs avis et formuler des pistes de recommandations sur les leviers à actionner pour favoriser la transition agroécologique dans les périmètres irrigués.

Les principales recommandations qui ont été formulées, partagées et validées par les participants sont les suivantes :

- ✚ Faire évoluer le cadre réglementaire et politique, mettre en œuvre des programmes de développement, des incitations et des aides publiques pour soutenir les acteurs de la production et des filières dans la transition agroécologique des agricultures irriguées ;

- *Créer un système de compensation de la diminution de rendement éventuelles liées à la phase de transition agroécologique.*
  - *Protéger le marché interne pour développer de nouvelles filières de diversification et de qualité (maraichage notamment au Cambodge).*
  - *Orienter les politiques d'appui au secteur agricole en faveur de plus de subventions pour les fertilisants organiques (au Sénégal, l'Etat reverse actuellement 10% des subventions initialement allouées aux engrais de synthèse vers les fertilisants organiques).*
- ✚ Développer des marchés spécifiques, organiser des filières pour valoriser les productions agroécologiques ;
- *Mener un plaidoyer auprès des collectivités locales pour encourager le développement de marchés locaux de produits agroécologiques.*
  - *Contribuer au développement de circuits courts pour la commercialisation des produits agroécologiques, tels que les Associations pour le Maintien de l'Agriculture Paysanne (AMAP) (Dans la plaine ouest de la Mitidja en Algérie, une AMAP a été mise en place, qui permet à des agriculteurs de commercialiser en direct leurs productions agroécologiques à un groupe de consommateurs). Ce sont des options prometteuses pour la durabilité des systèmes de production, en réponse à des demandes sociétales importantes.*
  - *Organiser les filières pour l'approvisionnement en intrants spécifiques pour les productions agroécologiques (semences pour la mise en place de plantes de couverture au Cambodge par exemple) notamment.*
- ✚ Repenser la conception (ou co-conception) et la gestion collective dans la création ou réhabilitation des grands périmètres, afin de limiter les contraintes liées aux verrouillages infrastructurels mentionnés précédemment, et faciliter la mise en place de pratiques agroécologiques par les producteurs ;
- *Inclure dans l'ingénierie ou la réhabilitation des périmètres irrigués la possibilité de remettre de la diversité biologique dans les productions intensives, l'économie et l'optimisation de l'eau, la question de l'énergie, l'élevage...*
  - *Veiller à instaurer une gouvernance et des modes de gestion collective de l'eau qui apportent de la flexibilité nécessaire pour encourager les initiatives de productions agroécologiques.*
- ✚ Accompagner les acteurs vers une gestion durable des zones irriguées de petite et moyenne hydraulique, en maximisant les services écosystémiques du système irrigué ;
- *Augmenter les services écosystémiques afin d'améliorer la biodiversité, mieux réguler les flux, ce qui peut contribuer à un territoire plus agroécologique.*
- ✚ Concevoir et mettre en place des dispositifs de recherche pour produire les preuves scientifiques sur les performances socio-économiques et agroenvironnementales de l'agroécologie, nécessaires à une meilleure vulgarisation et des actions de plaidoyer pour encourager l'appui à la transition agroécologique ;
- *Capitaliser les résultats scientifiques des projets pilotes de développement de systèmes agroécologiques dans différents périmètres irrigués.*

- ✚ Faire évoluer les dispositifs de formation secondaire et de conseil agricole pour une meilleure connaissance et diffusion des apprentissages de l'agroécologie
  - ➔ *Créer des champs-écoles, des fermes pédagogiques et des réseaux d'échange et de concertation entre professionnels.*
  - ➔ *Développer des programmes de formation pour accompagner les agriculteurs vers la transition agroécologique notamment avec des référentiels techniques adaptés (la Chambre d'Agriculture de Tipaza dans la plaine de la Mitidja en Algérie par exemple, est en train de créer un programme de ce type).*

## 4. Les difficultés de la mission et l'analyse de la méthodologie employée

### 4.1. *Les difficultés rencontrées durant la prestation :*

Les principales difficultés rencontrées sont listées ci-dessous :

- **Le contexte sanitaire lié au Covid :**
  - Le travail a été réalisé essentiellement en distanciel, sur un sujet et des terrains qui requièrent une connaissance locale fine et des interactions entre les partenaires. Cela a fortement freiné la dynamique de groupe, ainsi que les inter-comparaisons possibles entre les terrains d'étude ;
  - La majorité des missions ont été annulées en année 1 et au début de l'année 2, qui correspondait à la période d'accompagnement adéquate pour la phase de mise en place et suivi des études ;
  - Au Cambodge, la situation sanitaire a empêché les déplacements à l'intérieur du pays, ce qui a eu un impact sur la méthode elle-même qui avait été pensée pour avoir un suivi rapproché, des réunions fréquentes, en physique, avec les partenaires, des ateliers de mise en débat de résultats à mi-parcours, de même pour l'organisation des mesures à la parcelle qui a dû être modifiée à la dernière minute.
- Malgré les efforts d'investissement complémentaires en temps de travail par les partenaires impliqués dans les études, **les contraintes du budget** n'ont pas permis de disposer du nombre d'hommes/jours qui aurait été nécessaire pour un suivi optimal des études par les équipes en France et sur les terrains, ni pour réaliser certaines évaluations agro-environnementales qui sont onéreuses (certaines études de sol et des émissions de GES par exemple).
- **Les contingences liées à la période et la durée de l'étude :** la sécheresse en Algérie, et le COVID au Sénégal ont eu des conséquences sur les stratégies récentes des exploitations et sur les productions qui étaient en culture, d'où une évaluation ponctuelle qui n'est pas représentative des conditions habituelles de culture. L'évaluation agro-environnementale a été impactée par ces changements.

Une évaluation sur une durée plus longue aurait permis de mesurer l'évolution des résultats socio-économiques et agro-environnementaux.

#### 4.2. *Limites et propositions méthodologiques*

La méthodologie employée pour la réalisation des études a présenté quelques limites qui sont spécifiées ci-dessous :

- Malgré la pertinence de la méthodologie utilisée, celle-ci présente une forte complexité de par la multiplicité des étapes à réaliser, dans un temps court : diagnostic agraire + grille Nexus + inventaire des pratiques + analyse socio-économique + analyse agro-environnementale + analyse des conditions de développement ;
- Les équipes ont également rencontré des difficultés pour identifier les pratiques agroécologiques (il y avait peu d'initiatives dans les zones d'étude), à repérer celles qui sont silencieuses et également les pratiques à l'échelle amont et aval du système irrigué. De plus, elles n'avaient pas assez de connaissances et de recul pour recenser ou estimer le degré d'application/d'adoption de chaque pratique identifiée à l'échelle des zones ; Compte tenu du faible degré d'agroécologisation des territoires étudiés (pas de filières agroécologiques ou biologiques sur les sites d'étude par exemple), et de l'approche employée qui est tournée vers l'adoption de pratiques agroécologiques, ce que l'on compare au niveau performance économiques et impacts environnementaux se fait à l'échelle du système de culture et non à l'échelle du système irrigué ou du territoire ;
- Pour les évaluations, la définition des indicateurs et leur mesure a pris du temps. Les échantillons n'ont finalement pas été suffisamment importants, il n'a donc pas été possible de mettre en place un dispositif de comparaison pertinent (capacité, nombre de parcelles à inclure dans l'échantillon pour la caractérisation, équilibre entre quantité de pratiques et quantité de parcelles à comparer). Ainsi, la représentativité et le degré de précision est questionnable et beaucoup de moyennes ont été faites. De plus, dans l'évaluation agro-environnementale, il y a beaucoup d'indicateurs qui sont complexes à mettre en place. Enfin, le temps nécessaire pour réaliser l'évaluation de certains indicateurs était différent du temps disponible pour le projet. Pour faire des évaluations sur l'efficacité d'irrigation par exemple, il faut pouvoir suivre une saison de culture entière.

Compte tenu de ces observations, quelques **recommandations méthodologiques** peuvent être formulées :

- L'agroécologie étant une science holistique et systémique, cette étude a plutôt essayé d'avoir une approche globale en maintenant des diagnostics agraires poussés, ce qui a pu occulter certaines spécificités des systèmes irrigués et notamment une analyse plus approfondie des modalités de gestion et de gouvernance de l'eau. Une proposition serait alors de simplifier une partie du diagnostic agraire (les étapes initiales de zonage et histoire agraire) afin de dégager du temps pour l'analyse des systèmes irrigués (grille Nexus), l'identification des pratiques, puis la caractérisation des systèmes agricoles existants (grille d'agroécologisation). Il s'agirait ensuite d'orienter la comparaison de la gestion de l'eau entre systèmes agroécologiques et systèmes non agroécologiques pour en tirer des analyses par rapport aux besoins en eau, aux

infrastructures. Cette comparaison étant possible s'il y a effectivement des systèmes agroécologiques dans la zone étudiée ;

- L'irrigation étant onéreuse soit en termes d'investissement (et réhabilitation) pour la grande hydraulique, soit en termes de fonctionnement (coût de pompage), une rentabilité économique suppose la pratique de cultures de rente, bien intégrée dans des filières rentables sauf si cette irrigation a une vocation de sécurité alimentaire locale dans des zones très excentrées (par exemple les oasis où la difficulté d'accès rend l'acheminement de nourriture difficile et donc plus chère) ou localement des objectifs de fixation de main d'œuvre. Une analyse plus poussée sur les filières en jeu dans les périmètres irrigués étudiés, leur fonctionnement, les relations entre acteurs et donc les marges de manœuvre, serait intéressante pour compléter l'analyse des conditions de développement ;
- L'étude devrait se dérouler sur un pas de temps plus long, plus de trois années pour analyser l'évolution et les impacts socio-économiques et agro-environnementaux de la transition agroécologique.
- Il est nécessaire d'être particulièrement attentif à l'échantillonnage pour les comparaisons entre pratiques agroécologiques et pratiques conventionnelles.
- Il serait intéressant de tester l'utilisation de jeux sérieux développés autour de l'agencement dans l'espace et de la répartition de l'eau entre exploitations agroécologiques en situation de contraintes hydriques, ou bien de living lab, mais ceci dans une approche d'accompagnement des transitions agroécologiques pour trouver des moyens de déverrouiller les systèmes irrigués.

## Conclusion

La transition agroécologique dans les systèmes irrigués reste un enjeu majeur pour assurer la durabilité des systèmes de production qui assureront l'alimentation des populations dans les années à venir. Pour cela, il est primordial d'encourager la diversification des productions, nécessaire pour faciliter la gestion du risque face aux fluctuations du marché et aux chocs climatiques. L'étude a cependant montré de nombreux freins à la diversification dans les grands périmètres irrigués, liés à des verrouillages infrastructurels mais aussi socio-politiques importants, qu'il sera nécessaire de prendre en compte dans la conception de futurs systèmes irrigués ou dans le réaménagement de systèmes actuels. Il faudra alors une véritable volonté politique d'une part, ainsi qu'un travail sur la gouvernance et le fonctionnement avec un angle d'approche pas seulement gestionnaire mais socio-politique d'autre part, pour que la reconstruction apporte les avancées souhaitées.