

Agroécologie et systèmes irrigués : proposition d'adaptation du mémento pour l'évaluation de l'agroécologie aux systèmes irrigués

C. Leauthaud, R. Ducrot, E. Scopel
UMR Geau et UMR Aïda, Cirad
Novembre 2020



Sommaire

Liste des figures.....	3
Liste des tableaux.....	3
Contexte et objectifs de la note	4
Introduction	5
Les territoires irrigués : des territoires à fort potentiel mais sous contraintes	5
Une large gamme de systèmes irrigués aux fonctionnements différents	6
Quelques types de systèmes irrigués.....	8
Méthode d'adaptation du mémento aux systèmes irrigués	12
Limites actuelles de la démarche par rapport aux objectifs assignés	12
Étape 1 : Identification des facteurs et enjeux importants et de leurs interconnections	14
Étape 2 : Intégration des facteurs et enjeux dans les différentes étapes de l'étude de diagnostic agricole.....	19
Étape 3 : Ajustement des indicateurs aux SI	19

Liste des figures

Figure 1 : plaine du Haut Cheliff, Algérie.	9
Figure 2 : périmètre irrigué collectif de bas-fond au Burkina Faso.	9
Figure 3 : irrigation gravitaire sous palmiers de cultures maraîchères.	10
Figure 3 : pompage dans la nappe par un agriculteur dans la plaine du Merguellil, Tunisie. ...	11
Figure 3 : réseau de distribution de l'eau.....	11
Figure 4 : étapes d'intégration de l'analyse des systèmes irrigués	14

Liste des tableaux

Tableau 1 : principaux critères de différenciation des systèmes irrigués.....	7
Tableau 2 : Quelques systèmes irrigués typiques. * introduction de nouveaux types d'irrigation et de l'équipement nécessaire pour leur fonctionnement (réservoirs de mise sous pression, etc.).	8
Tableau 3 : points abordés dans la grille de nexus, à chaque échelle	18
Tableau 4: points abordés dans la grille de nexus, à chaque échelle	19

Contexte et objectifs de la note

Cette note est écrite dans le cadre du projet COSTEA “Transitions agroécologiques en périmètres irrigués”, dont les objectifs sont de :

1. De réaliser le diagnostic-inventaire des pratiques agroécologiques dans le cadre des systèmes irrigués
2. Mesurer leurs performances et impacts socio-économiques et agro-environnementaux
3. Identifier et analyser des conditions de réussite des transitions agroécologiques
4. Concertation, échanges d’expériences et partage d’informations autour de la transition agroécologiques de périmètres irrigués

Six sites d’études dans trois pays ont été choisis : Sénégal, Algérie, Cambodge.

Pour réaliser le travail, le groupe propose de suivre la méthode du “Mémento pour l’évaluation de l’agroécologie” qui se structure en trois grandes phases :

1. réaliser l’étude-diagnostic des systèmes agraires associés aux périmètres irrigués
2. évaluer d’un point de vue agro-environnemental et socio-économique les impacts des systèmes agroécologiques
3. évaluer les conditions de développement de l’agroécologie.

Cette note a pour but de proposer des pistes pour adapter la méthode aux systèmes irrigués, ces derniers ayant à la fois des caractéristiques propres par rapport aux systèmes pluviaux, mais étant également très divers dans leur fonctionnement.

Introduction

Les territoires irrigués : des territoires à fort potentiel mais sous contraintes

Les territoires irrigués sont des espaces agricoles où le prélèvement, la distribution et l'usage d'une ressource en eau mobilisable joue un rôle important sur les systèmes agricoles mis en place, et ce, de **l'échelle de la parcelle jusqu'au territoire**. Par rapport aux systèmes pluviaux caractérisés par le fait que la production agricole est assujettie aux incertitudes du régime des pluies, les systèmes irrigués ont un accès plus large à des ressources en eau, et donc l'agriculteur est amené à gérer cette ressource. L'irrigation permet de minimiser le risque hydrique et permet donc de stabiliser voire d'augmenter la production agricole. Cette ressource en eau exploitable est un atout majeur pour les rendements agricoles, car lever ce facteur limitant permet d'envisager une intensification des systèmes de cultures et *in fine* d'améliorer les revenus agricoles. D'un point de vue agroécologique, une gestion raisonnée de cette ressource pourrait permettre d'intégrer à l'échelle de l'exploitation et du paysage des éléments favorables à une meilleure durabilité environnementale, tels que la diversification des cultures.

Irriguer suppose l'existence d'une ressource en eau exploitable (réservoirs, rivières, nappe souterraine, etc.) qu'il faut capter, éventuellement stocker, transporter jusqu'à la parcelle, mais aussi partager entre les différents usages et usagers. Il peut être nécessaire d'évacuer les excès d'eau des parcelles. Ces mécanismes/processus ne peuvent être réalisés que par l'existence d'une infrastructure dédiée à ces distributions d'eau, et la mise en place de processus de gestion de la ressource, voire de gouvernance lorsque ces infrastructures sont collectives.

On appelle ici Systèmes Irrigués (S.I) l'ensemble de ces infrastructures et l'ensemble des terrains qu'elles desservent ou qu'elle affectent directement ainsi que l'ensemble des usagers et partie prenantes de ces infrastructures. La notion de Système Irrigué englobe non seulement les zones irriguées (ZI) à proprement parler, quel que soit le mode d'irrigation ou d'aménagement mais également les zones naturelles sous influence directe des zones irriguées (ZIDI) soit parce qu'elles reçoivent les eaux de drainage du périmètre ou sont inondées du fait du fonctionnement hydraulique des aménagements et de leur position topographique

Du fait de ces infrastructures, les SI font face à certaines contraintes additionnelles par rapport à des systèmes pluviaux (Jamin et al., 2011) :

- Ils nécessitent des investissements pour la mise en place des infrastructures et des & charges de fonctionnement/maintenance spécifiques. Ces charges de fonctionnement pèsent sur **la rentabilité des investissements**, ce qui peut dans une logique économique peut amener à privilégier le développement de systèmes de cultures intensifs.
- L'intensification des systèmes de culture suppose pour sa part une dépendance accrue aux filières amont/aval.
- Le partage d'une même ressource et de la gestion des infrastructures rend souvent nécessaire des négociations entre les différents acteurs pour son exploitation, sa répartition entre différents usages, le mode de distribution de cette ressource, la maintenance des infrastructures etc. **Cette gouvernance partagée** des systèmes irrigués limite l'autonomie de décision individuelle des agriculteurs.
- Par ailleurs, une inégale répartition entre les acteurs de l'eau exploitée collectivement, des coûts et bénéficiés de l'irrigation, s'accompagne **de dynamiques socio-politiques particulières** incluant des formes d'exclusion,.

Par ailleurs, à l'échelle territoriale ou du périmètre irrigué, les S.I sont souvent des systèmes **peu flexibles, difficile à transformer** du fait de l'existence d'infrastructures qui peuvent structurer le paysage, qui demandent parfois des investissements et charges d'entretien très lourdes, et de la nécessité d'une gouvernance spécifique.

A l'échelle de l'exploitation, l'agriculteur sera amené à optimiser son irrigation selon les objectifs qu'il s'est fixé. En fonction des ressources en eau disponibles (quantité, disponibilité spatio-temporelle), de l'équipement d'irrigation, et des autres facteurs de production classiques, il doit choisir la répartition de cette ressource en eau entre ses différents systèmes de cultures (et d'élevage). Bien souvent, vue les contraintes citées plus haut, et d'autant plus en milieu secs où la ressource est limitante, cette ressource en eau est utilisée pour augmenter la productivité des principales cultures de rente. Or l'intensification des systèmes de culture exacerbent certains problèmes : gestion du foncier, ravageurs, sols (santé, salinité), nappes, pollution eaux souterraines/de surface, etc.. D'un point de vue agroécologique, l'on pourrait imaginer qu'une part de la ressource puisse être utilisée pour produire d'autres services, à la fois environnementaux et bénéfiques pour la société dans son ensemble, mais également pour améliorer les objectifs de production de l'agriculteur via des mécanismes indirects promouvant une gestion agroécologique des ravageurs et maladies (cultures de service, tels que les cultures intercalaires), ou une meilleure gestion des ressources eau et sol (via par exemple la diversification culturelle).

Enfin, à l'échelle parcellaire, un apport d'eau régulière et abondante (par rapport aux apports par la pluie) modifie en profondeur le fonctionnement du sol. D'un côté, les caractéristiques physico-chimiques et biologiques du sol sont fortement dépendantes de son fonctionnement hydrologique (par exemple, des alternances des phases aérobie ou anaérobie). De l'autre, la structure du sol (capacité de rétention en eau) impacte la capacité du sol à fonctionner comme réservoir d'eau utile à la plante. A cette échelle, un des rôles majeures de pratiques agroécologiques est d'améliorer le fonctionnement écologique du sol.

L'on voit donc que la mise en place de systèmes irrigués modifient en profondeur, et ce à différentes échelles, les systèmes agricoles et leurs milieux. La mise en place d'infrastructure de distribution de l'eau amène des contraintes en termes de gestion voire de gouvernance de la ressource, mais peut également être vue comme un vecteur potentiel de nouvelles pratiques, à la fois productives mais également respectueuses de l'environnement.

Une large gamme de systèmes irrigués aux fonctionnements différents

Il existe une grande diversité de systèmes irrigués, liée à la nature et importance des ressources en eau disponibles, aux modalités de gestion de ces ressources, et ce dans des contextes climatiques et de modes de gouvernance variés. Une analyse de leur potentiel à réaliser une transition agroécologique doit intégrer ces spécificités.

Nous distinguons ici 5 grands critères de différenciation (Tableau 1): le type d'infrastructure le type d'irrigation, l'origine de l'eau, les milieux et la gouvernance des ressources en eau. Ces critères de différenciation des systèmes irrigués permettent ensuite de faire apparaître les caractéristiques (Tableau ci-dessous, à droite) importantes de ces différents systèmes irrigués, qui vont jouer sur la gestion des ressources et sur la facilité d'émergence, de fonctionnement, etc. de diverses pratiques et systèmes de production agroécologiques.

Critères		Caractéristiques
Type d'infrastructure	Grande hydraulique/Moyenne hydraulique/Petite hydraulique	Taille de l'infrastructure (capacité, superficie irriguées) Niveau d'investissement en équipement (niveau d'amortissement) Niveau de transformation des milieux Ancienneté des infrastructures (date des dernières réhabilitation/ besoin d'entretien et coûts) Flexibilité/rigidité de l'accès à l'eau à la parcelle
Type d'irrigation	Gravitaire/Aspersion/Goutte-à-goutte	Besoins énergétiques Coûts de fonctionnement (hors amortissement) Niveau d'individualisation Maîtrise de l'eau : Flexibilité/rigidité du contrôle de l'eau à la parcelle
Origine de l'eau	Superficielle/Souterrain/Reuse	Renouvellement Energie Qualité de la ressource Accès Niveau d'individualisation du prélèvement Maîtrise de l'eau : Flexibilité/rigidité d'accès à la ressource
Milieux	Oasis/plaine climat méditerranéen/zone humide semi-aride/zone humide mousson/montagne	Risques hydrologiques Dynamiques des populations Changement climatique
Gouvernance	Étatique/Collective/Individuel	Part respective de ces types de gouvernance dans choix stratégiques du S.I, opération et maintenance des infrastructures, Modalité de tarification de l'eau

Tableau 1 : principaux critères de différenciation des systèmes irrigués

A priori, la majorité des combinaisons des différents critères (par exemple grande hydraulique, gravitaire, superficielle dans un milieu oasien avec gestion étatique) sont possibles. Nous détaillons dans le Tableau 2, et ci-dessous les principaux systèmes qui existent (et qui sont étudiés dans le cadre du COSTEA).

Type	Milieu	Mode de gouvernance	Exemple
------	--------	---------------------	---------

Grande hydraulique gravitaire	Zone semi-aride	Étatique-Collectif	Office du Niger. SAED
Grande hydraulique réhabilitée*	Zone méditerranéenne	Étatique-Collectif	Périmètres de la Mitidja
Petite hydraulique gravitaire de bas-fonds	Zone humide	Collectif	Périmètres de bas-fonds en Afrique de l'Ouest
Moyenne hydraulique souterraine	Oasis	Étatique-Collectif	Vallée du Mزاب
Pompape individuel sur nappe	Zone aride/Zone méditerranéenne	Individuel	Niayes
Grande hydraulique	Mousson	Étatique-Collectif	Battambang
Petite/Moyenne hydraulique gravitaire de montagne		Collectif	Villages berbères
Petite hydraulique collianire avec pompape individuel			Retenus collinaires France/Tunisie

Tableau 2 : Quelques systèmes irrigués typiques. * introduction de nouveaux types d'irrigation et de l'équipement nécessaire pour leur fonctionnement (réservoirs de mise sous pression, etc.).

Quelques types de systèmes irrigués

Nous donnons ici quelques exemples de grands types de systèmes irrigués.

Grande hydraulique gravitaire

Construits souvent il y a plusieurs décennies, ces systèmes ont demandé d'important investissements pour la construction de barrages, canaux, digues de protection, systèmes de drainage et l'irrigation de larges superficies (> 5000 ha) souvent par une intervention de l'Etat et de bailleurs de fonds internationaux. Ces périmètres, qui ont souvent profondément transformé le paysage et le milieu, regroupent souvent un nombre élevé d'agriculteur. Reposant traditionnellement sur une irrigation gravitaire permise par un réseau hiérarchique de canaux d'irrigation (et de drainage) à ciel ouvert, des modes d'irrigation sous pression, y compris du goutte à goutte, ont pu y être développés à l'occasion de réhabilitations.



Figure 1 : plaine du Haut Cheliff, Algérie.

Par exemple, en zone méditerranéenne, au Maghreb, nous trouvons ce type d'infrastructure dans la vallée de la Mitidja où l'Etat et des collectivités locales gèrent l'infrastructure, et le mode d'irrigation est mixte (en fonction des cultures : goutte-à-goutte, gravitaire, aspersion). En zone semi-aride, l'office du Niger gère de grands périmètres irrigués.

Petite hydraulique gravitaire collectif

Ces systèmes, sur d'assez petites superficies (quelques dizaine d'hectares voire une centaine), ont des installations de gestion et de distribution des ressources beaucoup plus rudimentaires (canaux creusés à la main, non imperméabilisés, système de distribution manuel à l'échelle de la parcelle, etc.). L'eau est souvent captée par pompage, soit par une valorisation des eaux de ruissellement, parfois stockées dans de petits réservoirs, soit par prélèvement sur des rivières mais l'irrigation reste gravitaire. La gestion de ces infrastructures et du pompage est collective avec notamment le partage des coûts de pompage, un entretien collectif des canaux primaires, et l'organisation d'un tour d'eau pour l'irrigation. Cela a souvent été le modèle privilégié d'intervention en appui à l'irrigation des ONGs en zones semi-arides subsaharienne.



Figure 2 : périmètre irrigué collectif de bas-fond au Burkina Faso..

Par exemple, nous trouvons ces systèmes en Afrique de l'Ouest, au niveau de petits bassins versants.

Moyenne hydraulique souterraine

Les investissements en termes d'infrastructures sont moindres dans ces systèmes par rapport à la grande hydraulique (par exemple : pas de barrage), mais nécessite un réseau de distribution de l'eau (forages, canaux de distribution, canaux de drainage), qui est plus ou moins performante selon son niveau de réhabilitation (canaux non imperméabilisés, conduits mise sous pression). La ressource en eau est prélevée au niveaux des nappes, de qualité variable et plus ou moins importantes en termes quantitatives. Le prélèvement et la distribution peut se faire par des entités différentes, le prélèvement étant souvent géré par l'Etat et la distribution plutôt par un collectif d'irriguant, ce qui induit des négociations entre les différents acteurs.



Figure 3 : irrigation gravitaire sous palmiers de cultures maraîchères.

Par exemple, nous trouvons ce système dans les oasis au Maghreb, comme dans la Vallée du Mzab, en Algérie.

Pompage individuel sur nappe

Du fait d'une profondeur relative de la nappe ou de capacités d'investissements importantes, l'agriculteur (ou un groupement d'agriculteur) à un accès individuel aux ressources souterraines, via un forage de profondeur variable. Cet accès peut être légale ou illicite en fonction des contextes. Il investit et maintient sa propre d'infrastructure de prélèvement et de distribution. La gestion de la ressource utilisée se fait à l'échelle de l'exploitation. Le bilan hydrologique de la nappe, et donc du maintien ou de l'épuisement de la ressource disponible, dépend de la taille de la nappe, des apports en eau (par recharge), et surtout des prélèvements de l'ensemble des agriculteurs. La gestion de cette ressource est souvent difficile, du fait de l'individualisation du prélèvement.

Par exemple, dans la plaine de Kairouan en Tunisie, un agriculteur peut avoir un forage relié à des conduits acheminant l'eau directement à ses parcelles, avec une irrigation par goutte-à-goutte ou par aspersion (avec ou non un bassin de stockage et de mis sous pression).



Figure 4 : pompage dans la nappe par un agriculteur dans la plaine du Merguellil, Tunisie.

Moyenne ou Petite hydraulique gravitaire de montagne



Figure 5 : réseau de distribution de l'eau

L'eau disponible provient soit d'une source, de débit variable, soit de rivières. Cette eau est captée et acheminée via un réseau de distribution plus ou moins sophistiqué (canaux creusés à la main, ou imperméabilisés) vers un nombre réduit d'agriculteurs. Le réseau d'irrigation est géré à l'échelle locale, avec souvent des tours d'eau. L'irrigation à l'échelle de la parcelle est souvent gravitaire, ou nécessite un investissement de l'agriculteur pour sa mise sous pression (aspersions/goutte à goutte). L'Etat peut subventionner la modernisation de l'infrastructure de distribution, ou moduler l'accès à la ressource, mais intervient peu au niveau de la gestion du réseau.

Petite hydraulique collinaire avec pompage individuel

Ces systèmes sont caractérisés par une infrastructure relativement réduite (bassin de rétention souvent individuel), et une gestion de l'eau au niveau de l'exploitation (stocks au cours de l'année et répartition entre les cultures).

La diversité des systèmes irrigués, relatifs à des thèmes aussi variés que l'infrastructure ou la gouvernance d'ouvrages collectifs, rend nécessaire, au niveau du projet COSTEA, une réflexion « au cas par cas », et une adaptation de certains indicateurs d'évaluation.

Méthode d'adaptation du memento aux systèmes irrigués

Limites actuelles de la démarche par rapport aux objectifs assignés

L'objectif de cette note est d'apporter des éléments méthodologiques complémentaires au "Memento de l'évaluation de l'agroécologie", à l'ensemble des étapes de l'évaluation (évaluation agro-environnementale, évaluation socioéconomique, identification des freins et leviers d'action pour la transition agroécologique).

Cette proposition méthodologique constitue une première version à partager avec le consortium. Elle formule des hypothèses de travail, qui doivent être affinées dans les trois étapes du processus, avec l'ensemble des acteurs impliqués.

La méthode proposée dans le memento est structurée autour de l'outil d'étude-diagnostic du système agricole, avec une attention particulière portée sur les méthodes d'évaluation des impacts agro-environnementaux et socioéconomiques de systèmes agroécologiques existants dans les territoires étudiés, et une analyse, à partir de la compréhension du système agricole, des conditions de développement de l'agroécologie.

Nous proposons d'aborder la relation entre agro-écologie et système irrigué sous l'angle d'un Nexus : le nexus Eau, Nourriture, Écosystèmes, Énergie, Moyens de subsistance (Water, Ecosystem, Food, Energy, Livelihoods (WEFEL)). Le mot nexus (« connecter ») met l'accent sur les interactions entre un ou plusieurs éléments, qu'elles soient des relations de dépendance ou d'interdépendance. Ce concept a été développé à l'origine pour étudier et rendre compte des connections entre les secteurs de l'alimentaire, de l'énergie et de l'eau et notamment des synergies, conflits et arbitrage qui émergent de la façon dont elles sont gérées. En nous appuyant sur le travail de Biggs *et al.* (2015), nous proposons d'utiliser ce prisme d'analyse en analysant de façon systématique les interactions entre eau, sécurité alimentaire, énergie, écosystèmes et moyens de subsistance dans le cadre des systèmes irrigués. Intégrer la dimension de Moyens de vie et Moyen de subsistance permet de connecter cette grille d'analyse au cadre d'analyse des systèmes agricoles. Elle a le mérite également de mettre en avant la question de l'énergie, une dimension importante des S.I. que ce soit pour la collecte et distribution de l'eau ou de la mécanisation des systèmes de culture. Nous proposons d'analyser les interactions entre les 5 dimensions et plus spécifiquement leurs déclinaisons à différentes échelles.

Ce choix méthodologique met également en débat, plusieurs aspects de la méthode :

- La méthode du memento part d'une vision de système agricole (en tant qu'ensemble d'unités de production vue sous un angle agro-économique). Deux points d'attention nous semblent particulièrement importants : 1) la dimension territoriale est fondamentale dans des systèmes irrigués où une organisation collective de la gestion de l'eau peut s'avérer nécessaire ; 2/ l'approche ne peut être uniquement centrée sur l'exploitation agricole, et doit considérer aussi les ménages/familles, pour lesquels les logiques de fonctionnement intègrent des activités extra-agricoles. En cela, le travail complémentaire d'analyse au préalable des liens Eau-Nourriture-Ecosystèmes-Energie-Moyens de subsistance aide à réintégrer ces aspects dans l'analyse, tout en soulignant l'importance de réfléchir aux connections entre les différentes dimensions et échelles.
- La vision « socio-politique » des SI, du fait de la diversité des objectifs possibles de l'irrigation pour les différentes parties prenantes concernées, est un élément crucial dans l'analyse. L'utilisation d'une perspective Nexus pour l'analyse de « la compatibilité entre SI et agroécologie », souligne qu'il ne s'agit pas d'une histoire de comptabilité

entre irrigation et agroécologie mais plutôt d'arbitrage ou de levier d'action à privilégier en fonction des objectifs assignés au SI. Par exemple, il peut être politiquement acceptable de favoriser des objectifs de sécurité alimentaire et de cohésion sociale et d'accepter pour cela certaines pratiques moins agro-écologiques. Il existe cependant des liens systémiques entre dimensions (comme par exemple entre dimension socio-politiques et impacts environnementaux) sur lesquels les décideurs peuvent s'appuyer pour faciliter l'émergence de cercles vertueux et au contraire éviter des cercles vicieux. L'approche proposée vise à aider les acteurs à identifier ces synergies et antagonismes. Si l'on se place dans une optique d'aide à la décision, il faudra nécessairement une démarche multi-acteurs pour identifier cette diversité d'objectifs et lesquels doivent être pris en compte dans la prise de décision. En d'autres termes, il ne revient pas aux experts ou aux chercheurs de décider donc des dimensions les plus pertinentes pour la décision (ie de choisir les indicateurs) mais bien aux acteurs, en fonction de leur objectifs, stratégies et niveaux d'intervention. Il nous revient alors de proposer des indicateurs qui rendent compte au mieux des différentes dimensions à différentes échelles/niveaux de décision. Dans cette perspective, le memento propose une série d'indicateurs possibles pour les dimensions (et relations) pertinentes et il revient aux acteurs de (1) préciser les objectifs assignés aux SI ; (2) de choisir les indicateurs qui leur permettrait au mieux d'évaluer dans quelles mesures le SI y parvient et des arbitrages/synergies à mobiliser.

- L'évaluation des systèmes agroécologiques est un des objectifs de l'étude. Or il existe plusieurs types d'évaluation, qu'il convient de distinguer : (1) une évaluation des compromis à gérer sur la place potentielle de l'agroécologie dans les SI et (2) une évaluation des effets des systèmes agroécologiques au sein des SI. La première relève de la phase « évaluer les conditions de développement de l'agroécologie » (et dans une certaine mesure dans la phase « Mesurer les impacts socio-économiques » du projet COSTEA), pour lesquelles le cadre nexus met en évidence l'ensemble des synergies et compromis qui peuvent être débattus avec les acteurs. Une des questions cruciales qui se posent est le choix de l'échelle de l'évaluation car d'une part les objectifs assignés peuvent varier selon les acteurs nationaux et locaux et d'autre part les résultats peuvent varier selon les échelles. Les différentes échelles doivent être considérées, sans être agrégées. Or, cet aspect-là n'est pas abordé – ou du moins explicité – dans la proposition de travail actuel. Un autre point important est l'interconnexion entre les critères d'évaluation, et la mise en évidence des synergies et compromis à trouver pour développer des systèmes agroécologiques.
- Au niveau de l'évaluation agri-environnementale des systèmes de production agroécologiques existants, le memento propose pour l'heure une liste d'indicateurs d'évaluation. Certains indicateurs devront être ajoutés (par exemple pour considérer la dimension énergie), tandis les méthodes de mesures d'autres indicateurs devront être adaptées aux systèmes irrigués (efficacité de l'eau, par exemple).

Cette note ne prétend pas répondre à tous ces points. Par ailleurs, le travail conceptuel allant de pair avec le travail d'échanges avec les différents partenaires et la réalisation de l'étude, nous n'explicitons que la première partie de la méthode.

Notre approche propose d'abord une analyse systématique des interactions, et la façon dont elles s'expriment aux différentes échelles, la sélection participative des interactions qu'ils convient de prioriser selon les S.I. puis l'adaptation (ou la construction) des indicateurs pertinents pour rendre compte de ces interactions prioritaires et des leviers et/freins au changement.

Nous proposons ainsi de procéder en trois étapes :

- i) Identifier les facteurs les plus importants – dans 5 dimensions d'analyses et à différentes échelles - dans le fonctionnement des systèmes irrigués, et leurs interconnexions. Pour cela, nous nous basons sur une grille nexus multi-échelle qui permet de mettre en évidence ces facteurs.
- ii) Intégrer (ou du moins expliciter) ces facteurs dans les différentes étapes de l'étude de diagnostic agraire. Une fois les facteurs d'analyse prioritaire des systèmes choisis en i), il sera possible de spécifier à quelle étape du diagnostic agraire un regard attentionné pourra être porté sur ces priorités.
- iii) Ajuster les indicateurs de suivi pour les étapes d'évaluation. Pour réaliser ce travail, nous proposons de partir de l'analyse générique issue de la grille nexus, adaptée à chaque SI, ce qui permettra de faire ressortir les dimensions non abordées dans le memento, et leur échelle d'analyse. La modification des indicateurs est une étape qui pourra intervenir ultérieurement.

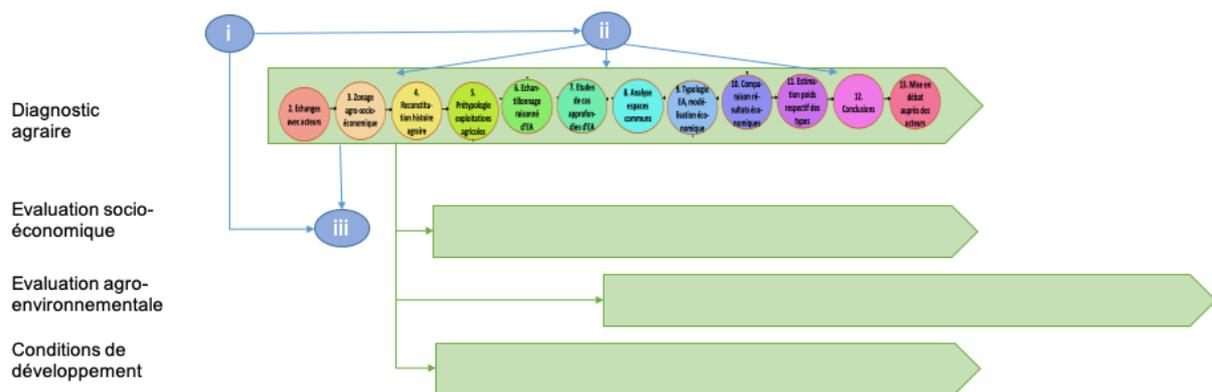


Figure 6 : étapes d'intégration de l'analyse des systèmes irrigués

Étape 1 : Identification des facteurs et enjeux importants et de leurs interconnexions

Inspiré de Biggs et al. (2015), nous proposons une grille d'analyse pour identifier la façon dont une dimension du nexus (nourriture, eau, écosystème, énergie, modes de vies et moyens de substances) impacte les autres dimensions, dans le cas spécifique des systèmes irrigués.

Chaque dimension est donc adaptée au cas spécifique des systèmes irrigués et peut être caractérisés en fonction des spécificités du SI étudié. Ainsi la **Nourriture/Sécurité Alimentaire** renvoie aux productions alimentaires permises ou retirés du ZI et des ZIDI : cultures irriguées, systèmes d'élevage bénéficiant des productions irriguées ou de la végétation/écosystème du ZI et ZIDI y compris systèmes d'élevage halieutique, production fruitières bénéficiant de l'irrigation. La dimension **Eau** se réfère aux systèmes hydrauliques et aménagements qui permettent de collecter, de stocker, d'acheminer, de distribuer, de drainer et éventuellement de traiter l'eau d'irrigation, ainsi qu'à la quantité d'eau mis à disposition et sa qualité. La dimension **Ecosystème** renvoie au fonctionnement des écosystèmes sous influences du S.I et ses conséquences en terme de biodiversité végétale et animale et de « santé ». En

particulier cette dimension renvoie à l'écosystème « sol » (niveau parcelle), aux milieux aquatiques ou humides que forment les canaux d'irrigation et drainage ou réservoirs de stockage ainsi que les écosystèmes spécifiques du ZIDI (zones humides adjacentes, dépressions humides etc) (niveau du paysage et de l'exploitation). Aux échelles supérieures, elle renvoie aux questions de qualités de la ressource en eau (Bassin versant) et processus de pollutions. La dimension **Energie** renvoie aux types, modalités d'acheminement et maillage de l'énergie mobilisée dans le SI que ce soit directement pour la production et transformation agroalimentaire ou pour le fonctionnement du système hydraulique. Elle inclue donc la question de la traction animale. Au niveau plus large échelle elle renvoie également à la question de l'émission de CO₂ et aux impact environnementaux par exemple. Enfin **les modes de vies et moyens de subsistance (MV&MS)** se réfèrent aux mode de vie des familles et personnes ayant une relation directe avec le SI, soit qu'elles en tirent une source de revenu, soit qu'elles résident dans une zone d'influence du PI et des risques induits (inondation, manque d'eau). Cette dimension regarde notamment la façon dont les ménages financent leurs activités. Elle inclue également la façon dont les systèmes d'élevage sont intégrés dans les activités des ménages et notamment leur importance pour les fonctions d'épargne ou de forme de prestige.

Exemple de liens entre irrigation et énergie

- A Ceara (Brésil), la facturation de l'eau d'irrigation est intégrée à la facturation d'énergie domestique de façon à limiter les risques de non paiements.
- Les subventions à l'énergie agricole (fuel) en Inde se sont accompagnés par une explosion du pompage sur nappe par le biais de pompage individuels.
- Dans l'état de São Paulo, l'électrification (en triphasé) des campagnes (permettant des couts de pompage moindre que par le biais de motopompe fuel) s'est accompagné du développement de l'irrigation de complément par pompage électriques.
- L'entretien de canaux I de grands périmètres demandent des machines spécifiques (pelleteuse) dont les couts de fonctionnement sont fortement indexés au cout de l'énergie. Au Mozambique, le gestionnaire demandait (informellement) au WUA de fournir le carburant pour assurer le curage des canaux II d'irrigation et drainage.
- Au Lac Alaotra (Madagascar), la préparation du sol en début de saison sur une grande partie des sols lourds, avant la mise en eau des réseaux et l'installation des pluies n'étaient possible qu'avec une motorisation puissante chère en énergie. Seuls les agriculteurs capables de payer ce cout étant en mesure de le faire, réduisant la possibilité de double culture de riz

Exemple de liens entre écosystèmes Zidi, production agricole et systèmes irrigués

- A Chokwé (Mozambique) et à l'Office du Niger (Mali), les zones naturelles hébergent une avifaune qui est considérée par les agriculteurs comme responsables d'une perte importante des récoltes. Le contrôle de la population aviaire par traitement chimique était ainsi réalisé de façon systématique au Mali.
- En bordure des parcs nationaux des régions semi-arides au Mozambique et Zimbabwe, les systèmes irrigués qui offrent pendant la période sèche à la fois une source d'eau et d'alimentation verte attirent éléphants et babouins qui sont susceptibles de générer d'importants dégâts.
- De même, l'élevage bovin (qui est souvent une forme d'épargne et non pas forcément un système productif) se concentre en période sèche en bordure des périmètres hydraulique de grande irrigation en Afrique semi-aride pour bénéficier à la fois de l'abreuvement en eau et de ressources fourragères sur résidus de culture ou sur ZIDI. L'accumulation d'animaux dégrade les infrastructures jusqu'à limiter l'accès à l'eau (Chokwe).

Exemple de liens entre écosystème Sol et systèmes irrigués

- Salinisation, irrigation et drainage
- Méthanisation
- Cycle de l'azote
- Semelle de labour et gestion de la lame d'eau

Une approche de systèmes complexes suppose d'aborder simultanément les différentes échelles en distinguant les différents processus et phénomènes émergeant selon les échelles. Nous proposons de distinguer 5 niveaux d'analyse plus spécifiques :

- La **parcelle agricole**, au niveau micro-local ou parcelle en tant que lieu d'interaction des processus édaphiques, hydrauliques et biologiques
- La **maille / unité hydraulique** combinant un ensemble de parcelles et d'infrastructures hydrauliques spécifiques et dans lequel on observe des processus de transfert d'eau. Dans les systèmes irrigués le PI est une unité hydraulique englobant plusieurs sous unités. C'est à ce niveau que se prennent des décisions de gestion de l'eau et des infrastructures susceptibles d'affecter plusieurs parcelles. Elle détermine le niveau de coordination nécessaire à l'accès à l'eau
- **Le niveau du territoire ou BV** connecté aux échelles précédentes par des flux directs d'eau et de sol et dans lequel les différentes composantes du SI s'insèrent.
- **Les familles, et notamment les exploitations agricoles** comme unité socio-économique et de prise de décision de base à l'interface entre décision d'irrigation, pratiques agricoles, choix économiques. Ces familles sont insérées dans différents réseaux socio-politiques, certains directement liés au SI mais ont des formes d'attachement ou de relation au SI qui dépassent le strict cadre productif.
- **Organisation locale** : mécanismes de coordination locale pour les usages du SI (PI et ZIDI). Cela regroupe toutes les formes de coordination qu'elle soit structurée (association/coopérative) ou non (réseau), formalisée et institutionnalisée (par exemple forme d'association contractuelle entre entreprise commerciale et producteurs). Ces mécanismes peuvent concerner l'approvisionnement en intrant, la gestion du foncier,

la gestion de la main d'œuvre et/ou des équipements, la commercialisation (et/ou transformation) des produits et la gestion de l'irrigation (des infrastructures et/ou de l'eau), la gestion de l'énergie nécessaire aux usages du SI (infrastructures et/ou flux énergétiques). On s'intéresse ici au niveau local (Perimètre irrigué et maille).

- Le niveau socio-politique englobant soit **d'ordre étatique, soit de type réseau** (filières agroalimentaires) dans sa dimension d'interaction avec les familles et l'organisation/régulation des usages du SI

L'objectif de cette grille est de permettre de bien identifier les différentes relations (positive ou négative) entre les différentes dimensions du nexus, les « échelles/niveaux » dans lesquels les effets de ces relations se manifestent le plus clairement. Cette grille nous donne une vision générale de chaque SI abordé et orientera les trois phases de caractérisation des impacts potentiels de l'agroécologie dans chaque contexte propre.

Elle permet de discuter et de prioriser les enjeux du système irrigué autour de différentes possibilités plus ou moins compatibles par exemple. Nous proposons de distinguer les enjeux socio-économiques (qui concernent les résultats économiques) des enjeux socio-politiques (qui concernent les relations de pouvoirs entre les acteurs), des enjeux environnementaux même si dans la réalité ces enjeux sont intimement liés. En ce sens, dans une optique de transitions agro-écologiques, certains objectifs ne sont pas compatibles entre eux et suppose de réaliser des arbitrages.

Au niveau économique

- La valorisation économique des ressources et la rentabilisation des investissements (au niveau local/régional/global)

Au niveau social et socio-économique

- Sécurité sanitaire et alimentaire (locale et/ou nationale)
- Développement économique (locale et/ou national) et revenus
- Maîtrise des flux migratoires (locale, ville/campagne, globale)

Au niveau environnemental

- Autour de la santé des écosystèmes (localement, régionalement voire mondial pour les émissions de gaz)
- Durabilité des ressources naturelles y compris des ressources non renouvelables au niveau local (nappes souterraines) et/ou régional et/ou global

Au niveau socio-politique

- Renforcement de la place et du rôle de certains groupes sociaux (y compris femmes et jeunes)
- Soutien à certains acteurs, parties prenantes ou groupes socio-économiques
- Compensation et/ou gestion de conflits entre groupes sociaux
- Gestion des disparités et de la cohésion sociale

	Parcelle	Maille / unité hydraulique	Paysage/BV
Systèmes agro-alimentaire	SDC, sol-eau-plante, demande en eau	Foncier, usage du sol Demande en eau	Place des SI dans le paysage/ système agraire
Système hydraulique	Gestion eau à la parcelle	Gestion Infrastructures opération/maintenance)Evolution des systèmes hydrauliques (développement/réhabilitation)	Interaction hydraulique (flux d'eau) entre le BV et le SI
Ecosystème	Ecosystème sol /haies-bordure parcelle	Ecosystèmes canaux, réservoirs,	Zones inondables adjacentes, Zone sèches adjacentes, etc
Energie	Energie pour SDC (y compris traction animale)	organisation spatiale de l'énergie en fonction de structuration SI	Organisation spatiale de l'énergie en fonction paysage/système agraire // autres usages énergétique
MV & MS	Gender et SDC Demande travail et SDC Calcul économique des SDC	Usages non agricoles des infrastructures	Diversification des activités

Tableau 3 : points abordés dans la grille de nexus, à chaque échelle

	Famille	Organisation locale	État Filière
Systèmes agro-alimentaire	Sécurité alimentaire vulnérabilité	Organisation pour approvisionnement intrants, commercialisation, équipement, transformation,	Structuration et organisation des filières Régulation des filières
Système hydraulique	Vulnérabilité des ménages aux risques hydroagricoles	Organisation locale pour la gestion de l'eau et des infrastructures	Régulation et responsabilité (investissement) de l'état dans le SI
Écosystème	Vulnérabilités des ménages aux risques écosystèmes	Organisation locales pour l'usage (ou la préservation) des ZIDI	Régulation et responsabilités de l'état dans les écosystèmes, Régulation des filières liés au écosystèmes spécifiques
Énergie	Vulnérabilités énergétiques des ménages	Organisation locale pour gestions énergie y	Régulation et responsabilité vis-à-vis énergie. filière énergie /traction animale

		compris traction animale	
MV & MS	Revenus tirés des activités SI / diversité des revenus	Gender /organisation locale Ressource travail/organisation locale	Migration

Tableau 4: points abordés dans la grille de nexus, à chaque échelle

Au-delà du travail de formalisation que permet cette première étape, elle permet également :

- de synthétiser, de manière visuelle, les connaissances existantes selon une structuration dimension-thème. Ce faisant, elle met en lumière les informations non disponibles et donc sur lesquelles concentrer les efforts pendant le travail de terrain.
- de partager de l'information et de construire une équipe multirégionale pour le projet.

Cette étape est effectuée, de manière experte, par les partenaires locaux en amont du travail de terrain, sur la base de leurs connaissance préliminaires des sites d'étude. Un fichier excel avec la grille et une note explicative est donné pour aider au remplissage de la grille.

Étape 2 : Intégration des facteurs et enjeux dans les différentes étapes de l'étude de diagnostic agraire.

Une fois les facteurs d'analyse prioritaire des systèmes choisis en étape 1, il sera possible de spécifier à quelle étape du diagnostic agraire un regard attentionné pourra être porté sur ces priorités. Cela sera fait lors des ateliers de formation méthodologique. La formalisation de cette étape n'est pas encore réalisée.

Étape 3 : Ajustement des indicateurs aux SI

Une analyse croisée des indicateurs dans le guide du mémento et de la grille nexus met en lumière les échelles et dimensions non/peu pris en compte au niveau des indicateurs de suivi-évaluation. Par ailleurs, une connaissance plus fine des systèmes étudiés aidera également à adapter les indicateurs aux spécificités des SI.

Le choix des indicateurs devra également être ajusté avec les acteurs locaux, pour intégrer leurs visions, besoins et contraintes.

La formalisation de cette étape n'est pas encore réalisée