

Élevages et pâturages sous tension

Nouveaux regards sur les territoires
méditerranéens et tropicaux

K. Alinon, G. Duteurtre, J. Lasseur, R. Pocard-Chapuis, coord.



5. Évaluer la contribution du fumier aux moyens de subsistance en milieu rural : une approche systémique dans les régions semi-arides du centre de la Tunisie

Véronique Alary, Aymen Frija

Le présent chapitre¹⁶ vise à évaluer la contribution de l'utilisation et de l'échange de fumier aux moyens de subsistance des communautés rurales. Il s'appuie sur un ensemble de données originales collectées dans un bassin-versant situé au sud du gouvernorat de Kairouan, en Tunisie. Cette analyse s'inspire du cadre de l'agroécologie combiné à des méthodes d'analyse factorielle. Les résultats montrent que l'utilisation et la valorisation du fumier ont des impacts différents selon le positionnement des agriculteurs le long du bassin-versant.

Ces transferts de fumier (et de fertilité) contribuent au bien-être économique de certaines exploitations. Mais ils remettent en question la durabilité environnementale du territoire, du fait de la perte de fertilité des sols dans les zones d'agriculture pluviale.

Figure 5.1. Petits ruminants sur une parcelle cultivée dans le gouvernorat de Kairouan (Tunisie centrale).



© V. Alary.

16. Ce chapitre est une version française remaniée de l'article suivant : Alary V., Frija A., Abdeladhim M., Sghaier M., Leauthaud C., Farhat M. *et al.*, 2024. Manure contribution to rural livelihoods at farm and landscape levels : a systemic approach in semi-arid Central Tunisia. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 1-29. <https://doi.org/10.1080/21683565.2024.2419407>

Introduction

Alors que la gestion des effluents d'élevage est une pratique ancienne dans la région méditerranéenne, la gestion de la fertilité des sols reste toujours l'un des principaux défis dans les zones semi-arides du bassin (García-Ruiz *et al.*, 2013 ; Lagacherie *et al.*, 2018). Jusqu'à présent, les travaux de recherche se sont largement concentrés sur les apports extérieurs en fertilisants minéraux, ceux-ci entraînant parfois une utilisation excessive d'engrais chimiques du fait de la non-prise en compte ou de la sous-estimation des apports organiques. Or, de nombreux acteurs sociaux, scientifiques ou politiques appellent aujourd'hui au développement de systèmes agroécologiques améliorés (HLPE, 2019 ; Altieri, 2004 ; Wezel *et al.*, 2009, 2014). Dans ce cadre, l'utilisation et la gestion des effluents d'élevage ne sont plus seulement considérées comme des pratiques traditionnelles, mais plutôt comme constituant une activité de niche qui peut contribuer de manière significative à la transition agroécologique (figure 5.1).

Cependant, dans la littérature, l'utilisation du fumier a été principalement étudiée sous l'angle agronomique et environnemental, comme dans Petz *et al.* (2014). Peu d'études ont inclus les dimensions économiques et sociales de ces pratiques, et leur impact en termes d'équité. On sait peu de choses des revenus générés par le fumier (que ce soit de façon directe, par son utilisation dans les pratiques culturales, ou indirecte, par les transactions qui l'accompagnent) et de l'amélioration à laquelle son apport peut éventuellement contribuer quant au niveau de vie des exploitations agricoles et des communautés rurales. De plus, du point de vue des agriculteurs, mais aussi de celui des agences de développement local, l'utilisation du fumier reste encore bien souvent considérée comme une pratique « traditionnelle » et non comme une « innovation » permettant de soutenir une transformation agroalimentaire durable. De ce fait, et en raison du manque de références scientifiques sur la question, les retombées sociales, économiques et environnementales de cette ressource sont très probablement sous-estimées. Pour notre part, nous nous appuyons notamment sur des recherches qui ont mis en évidence la contribution de fumier à l'amélioration des conditions de vie en milieu rural (Alary *et al.*, 2021) et à la préservation de la biodiversité en milieu pastoral (Davis, 2005).

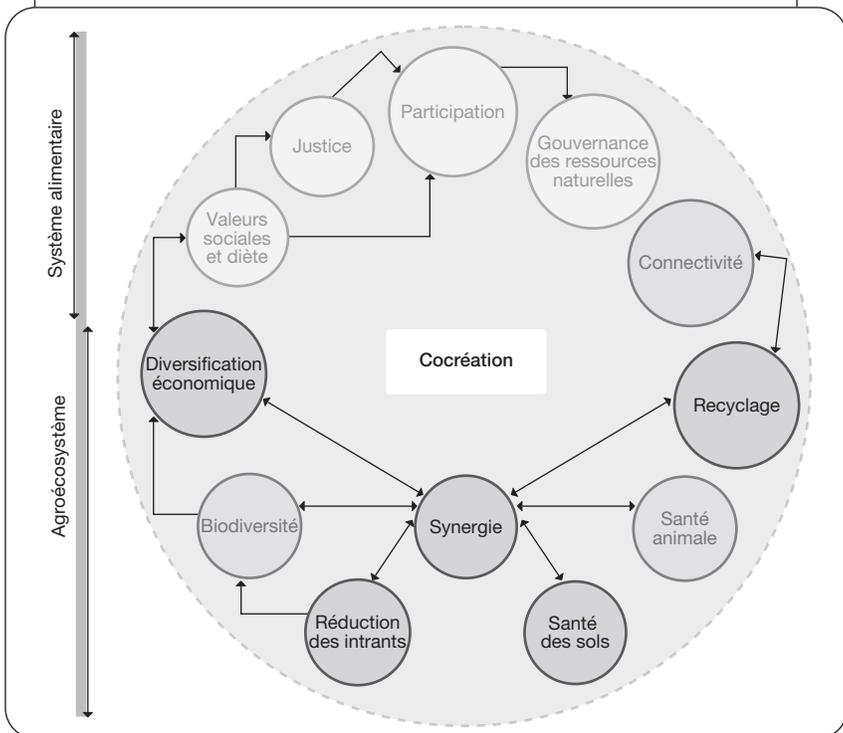
L'objectif général de ce chapitre est d'évaluer les contributions socio-économiques et environnementales multiples et interdépendantes du fumier, à la fois à l'échelle de la ferme et du territoire, en utilisant le cadre multidimensionnel de l'agroécologie. Cette recherche vise notamment à explorer la création d'une richesse monétaire et non monétaire en matière de bien-être socio-économique et d'efficacité de l'utilisation des ressources découlant de la gestion du fumier. Celle-ci consiste à valoriser les interactions entre le bétail et l'utilisation des ressources à l'échelle de la ferme et du territoire.

Place de l'élevage dans le cadre conceptuel de l'agroécologie

En nous référant au cadre méthodologique et analytique de l'agroécologie (HLPE, 2019 ; Wezel *et al.*, 2020), nous avons cherché à évaluer la contribution de la pratique de gestion du fumier aux principes agroécologiques à l'échelle de l'agro-écosystème et du système alimentaire. La gestion du fumier répond à plusieurs principes agroécologiques tels que la réduction des intrants, le recyclage, la santé des sols, la synergie avec l'environnement écologique et la diversification économique (figure 5.2).

En parallèle, compte tenu de la nature transdisciplinaire du cadre méthodologique et analytique de l'agroécologie, une approche multi-échelle intégrant les effets hors exploitation est nécessaire pour évaluer l'impact des pratiques d'utilisation du fumier sur le développement de systèmes agroécologiques.

Figure 5.2. Contribution du fumier à certains principes de l'agroécologie (principes en gris foncé) (d'après HLPE, 2019, et Wezel *et al.*, 2020).



Dans les systèmes polyculture-élevage, le fumier constitue un nutriment organique, un substitut potentiel aux engrais chimiques (réduction des intrants), qui améliore les propriétés physiques et biologiques du sol (santé des sols), tout en valorisant les ressources locales et renouvelables issues du système d'élevage en tant que coproduits des systèmes d'élevage (recyclage). Le principe de « synergie » est généralement lié aux interactions écologiques positives entre les éléments de l'agroécosystème. Nous pouvons citer de multiples interactions liées à l'élevage, telles que le pâturage du bétail pour le désherbage et la fertilisation, ainsi que la consommation et l'élagage des arbres, l'utilisation de l'ombre des arbres pour le bétail, ou encore le recours aux légumineuses pour l'alimentation du bétail, entre autres. Dans ce chapitre, nous proposons d'analyser le principe de « synergie » en termes de résultats sur les moyens de subsistance, résultant de la réduction des intrants, de l'amélioration de la santé des sols et de l'augmentation du rendement des cultures, et de la diversification économique. Il s'agit de mettre en évidence les multiples contributions du fumier en tant que ressource renouvelable à l'échelle de l'exploitation et du territoire.

Une approche systémique de la place du fumier dans la zone semi-aride du centre de la Tunisie

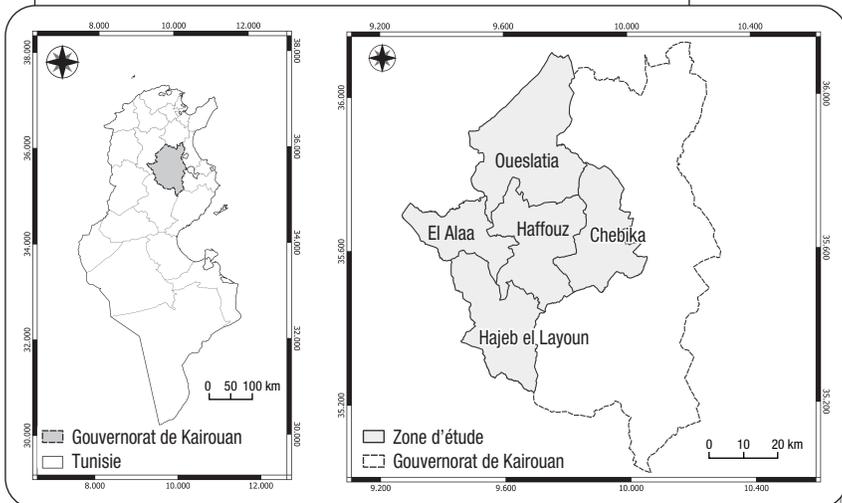
■ Présentation du bassin-versant de Merguellil dans la région de Kairouan

Notre étude a été conduite dans le gouvernorat de Kairouan, situé dans le centre de la Tunisie. Le choix de cette zone s'explique par l'importance des expérimentations agronomiques qui y ont cours (Kchouk *et al.*, 2015). Kairouan a un climat semi-aride avec un été chaud et sec et un hiver froid et humide. Les précipitations annuelles moyennes varient de moins de 200 mm à un maximum de plus de 400 mm, et environ 70 % du territoire bénéficie annuellement de précipitations se situant entre 200 et 300 mm. En matière de topographie, la région de Kairouan comprend des plaines plates et fertiles à l'est (100 m d'altitude) et des montagnes moyennes à hautes à l'ouest, atteignant 700 m d'altitude, à l'exception du Djebel Serj qui atteint une altitude de 1 300 m. L'agriculture reste l'une des activités économiques les plus importantes de la région, employant environ 30 % de la population active. La superficie agricole s'étend sur plus de 614 000 hectares, et environ 80 % des 432 080 hectares de terres arables sont cultivés (15 % irrigués et le reste en pluvial). Environ un tiers des terres agricoles sont des pâturages et 6 % sont des forêts (CRDA, 2011). Grâce à sa diversité géographique, le gouvernorat de Kairouan est bien représentatif des deux principaux systèmes agraires caractéristiques de la zone pluviale tunisienne, à savoir 1) dans le nord-ouest, des systèmes basés sur

les cultures irriguées ou pluviales, les forêts et les pâturages ; 2) dans les plaines centrales, des systèmes plus spécialisés basés sur les cultures pluviales ou irriguées, notamment l'arboriculture (oliviers) et le maraîchage.

Pour prendre en compte la diversité et la complémentarité des milieux naturels et agricoles du territoire, notamment en ce qui concerne la gestion des fumages et de la fertilité, nous avons opté pour une analyse de transect le long du bassin-versant du Merguellil, qui comprend cinq délégations d'est en ouest du sud du gouvernorat de Kairouan (figure 5.3). La partie aval du bassin du Merguellil est caractérisée par une agriculture irriguée. Le maraîchage, l'arboriculture et les céréales sont les cultures dominantes, avec l'élevage de bovins laitiers ou de petits ruminants. Le développement de l'agriculture irriguée dépend principalement de l'accès aux ressources en eau et de la texture des sols (Morel, 2018). Pourtant, il est également très dépendant de la main-d'œuvre et du fumier provenant de l'amont du bassin, zone représentative des systèmes pluviaux. Dans cette zone, le maraîchage dans les petits périmètres irrigués est principalement destiné à la consommation des ménages. L'arboriculture (oliviers et amandiers, notamment) est la culture dominante, en plus de quelques cultures annuelles, principalement l'orge et le blé, qui sont limitées en raison de la rareté de l'eau et de la topographie complexe. Les contreforts et les zones montagneuses sont utilisés pour le pâturage du bétail (Du Buisson de Courson, 2017).

Figure 5.3. Localité des cinq délégations de l'enquête agricole dans le gouvernorat de Kairouan (Tunisie).



© ICARDA, 2023.

L'étude s'appuie sur une enquête auprès des ménages menée en 2021 dans le bassin-versant afin d'évaluer les conditions socio-économiques des agriculteurs, ainsi que les caractéristiques de leurs systèmes de production respectifs et les utilisations des intrants associés. Pour cela, l'enquête s'est appuyée sur un questionnaire semi-structuré abordant successivement la composition de la famille et son implication dans les activités agricoles, le foncier et le système de culture sur la campagne agricole 2020-2021, et les activités d'élevage, avec des questions spécifiques sur les pratiques agroécologiques mobilisés. Pour évaluer les effets de la pratique de fumier à l'échelle du territoire, une trentaine d'exploitations ont été visitées dans chaque délégation le long du bassin-versant du Merguellil. Sur les 150 enquêtes conduites dans la zone, 147 ont été analysées.

Le tableau 5.1 donne un aperçu des caractéristiques des exploitations familiales de chaque délégation retenue dans l'étude. Les données confirment la prédominance

Tableau 5.1. Description de l'échantillon par délégation à Kairouan (147 enquêtes en milieu agricole).

Variables	En aval		En amont			Bassin-versant
	Chebika	Haffouz	Hajeb El Ayoun	El Alâa	Oueslatia	Moyenne
Taille de l'échantillon	31	31	28	30	27	147
Âge du chef de famille	50	51,4	44,3	53,2	48,7	49,6
Nombre de personnes dans le ménage	3,7	4,7	4,2	3,8	4,5	4,2
Membres de la famille ayant un niveau d'études secondaires	2,8	3,6	2,5	2,2	2,9	2,8
Femmes membres de plus de 16 ans	0,7	1,5	1,4	1,6	1,8	1,4
Membres de la famille travaillant à la ferme (à temps plein)	2,4	2,6	2,2	2,1	2,2	2,3
Superficie des terres possédées (ha)	8,5	4,1	2,3	1,8	6,1	4,6
Surface du terrain loué (ha)	4,3	0,4	0,4	0	2,7	1,6
Superficie céréalière (ha)	3,9	0,2	0,4	0,4	7,4	2,4
Superficie maraîchère (ha)	5	4,1	2,9	2,9	0,4	3,2
Superficie fourragère (ha)	0,3	0,4	0,1	0,4	0,2	0,3
Superficie arborée (ha)	5,7	4,6	2,1	3,4	7,1	4,6
Bovins (nombre)	1	0	0,8	1,6	0,1	0,7
Chèvre (nombre)	3	2,3	0,3	0,9	6,8	2,6
Moutons (nombre)	37,7	30,7	9	12,2	37,7	25,6
Matériel possédé (nombre)	3,8	2,5	3,7	2	1,9	2,8

des cultures maraîchères dans la partie aval du bassin-versant, tandis que les activités d'élevage sont plus développées dans la partie amont. La plupart des systèmes le long du transect restent toutefois des systèmes intégrés culture-élevage.

■ Approche systémique à l'échelle des exploitations et du bassin-versant

Dans un premier temps, nous avons élaboré des typologies d'exploitations nous permettant de caractériser les différentes formes de structures agricoles, les différents usages du fumier et les différents impacts de ces usages sur les conditions de vie des ménages. Pour cela, nous avons identifié des indicateurs permettant de caractériser : 1) un système d'exploitation familiale, composé d'activités de culture, d'arboriculture et d'élevage ; et 2) un sous-système familial où la décision est prise pour les activités à l'intérieur et à l'extérieur de l'exploitation. Nous avons sélectionné 36 indicateurs, présentés dans Alary *et al.* (2024), pour la caractérisation des exploitations, des pratiques d'utilisation du fumier et des conditions de vie des ménages.

La diversité des pratiques de gestion du fumier a été caractérisée par trois dimensions de son utilisation :

- le « bilan du fumier » qui illustre le principe de « recyclage » et comprend la production, l'utilisation à la ferme et les flux d'entrée et de sortie du fumier de la ferme ;
- la « contribution de l'utilisation du fumier » à la gestion des éléments nutritifs du sol à l'échelle de l'exploitation, et ce en matière de « santé du sol » et de réduction de la dépendance aux engrais chimiques (« réduction des intrants ») ;
- et le « travail induit » qui reflète le principe de « diversification économique » en termes d'emploi familial et d'emploi externe dans l'agriculture. L'approche du travail se concentre sur les travailleurs familiaux et externes impliqués dans la collecte et l'épandage du fumier.

Ces trois dimensions d'utilisation et de gestion du fumier ont donné lieu à trois typologies d'exploitations.

Les effets sur les moyens de subsistance résultant des interactions au niveau de l'agroécosystème par le biais de la gestion du fumier (liés au principe de « synergie ») ont principalement été abordés en termes de source de revenu (emploi externe pour les travailleurs occasionnels), de revenu monétaire total au niveau des ménages (en capturant à la fois la réduction des intrants et l'augmentation de la productivité) et, par conséquent, en termes de contribution relative au revenu des ménages. Ici, nous avons cherché, non pas à isoler l'effet du fumier de celui d'autres facteurs contribuant à la productivité agricole, mais plutôt à identifier certaines corrélations entre la gestion du fumier et les conditions de vie des ménages.

Afin d'analyser conjointement la diversité des systèmes agricoles, des pratiques de gestion du fumier et les impacts de ces pratiques sur les moyens de subsistance

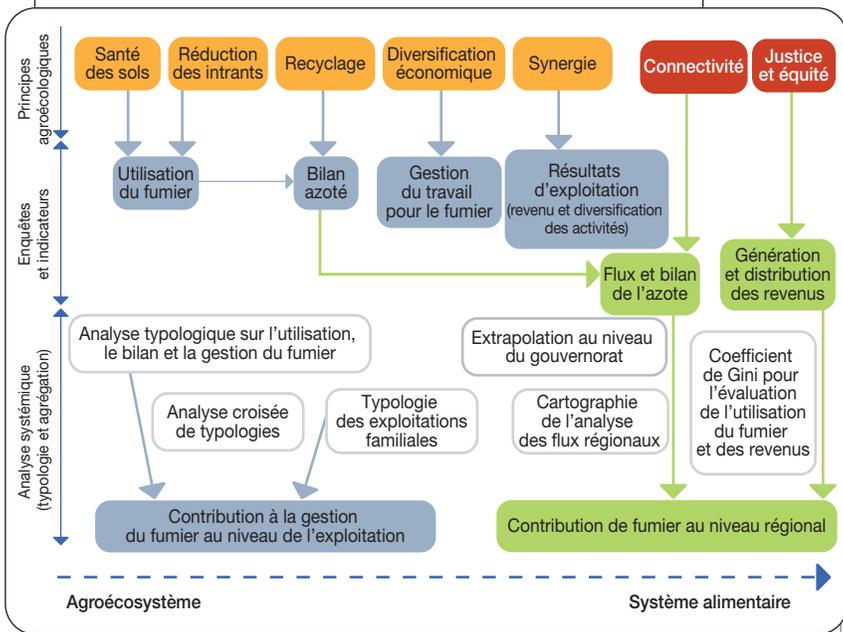
des exploitations familiales, nous avons réalisé cinq analyses successives de classification hiérarchique (HCA) (en utilisant la méthode de Ward ; Ward, 1963) sur les deux premiers facteurs de l'analyse multifactorielle (MFA) pour la caractérisation de la diversité des systèmes agricoles, et des deux premiers facteurs des analyses en composantes principales (ACP) pour les trois dimensions de la gestion du fumier et des résultats sur les moyens de subsistance. Les analyses croisées des différentes classifications nous ont permis de caractériser la gestion des effluents en fonction des systèmes agricoles et des effets sur les résultats de revenu.

Dans un second temps, nous avons utilisé une caractérisation cartographique des flux d'azote dans le bassin-versant. Cette cartographie nous a permis d'évaluer l'impact du fumier sur la différenciation des conditions de vie, en relation avec la connectivité, la synergie et la prospérité (en termes de revenu net). Ensuite, nous avons extrapolé la contribution de la gestion des effluents d'élevage aux moyens de subsistance à l'échelle du territoire, en relation avec : 1) la connectivité à travers les transactions de fumier entrant et sortant de la zone étudiée; et 2) la création de revenus et d'emplois en termes de synergie et de diversification économique. Pour cela, nous avons calculé les quantités moyennes de fumier vendues et achetées par classe de surface agricole (définie dans les statistiques officielles) et par délégation dans notre échantillon. Nous avons supposé que la structure du bétail et la gestion du fumier (en termes d'utilisation et de transactions à la ferme) étaient similaires, quelle que soit la surface foncière. Pour chaque classe de surface agricole, nous avons calculé le total des flux de fumier par exploitation dans chaque délégation en fonction de la répartition des terres possédées dans l'échantillon. Sur la base des statistiques officielles de la proportion d'exploitations agricoles dans chaque classe (INS, 2014), nous avons pu estimer les flux totaux de fumier qui entraient et sortaient de chaque délégation.

Pour aborder les questions d'équité au niveau du système alimentaire, en relation avec l'utilisation et la gestion du fumier, nous avons proposé de comparer l'inégalité en termes de richesse monétaire (estimée avec le revenu net) et de solde de fumier à l'aide de la courbe de Lorenz présentant la répartition du coefficient de Gini¹⁷ dans la population (figure 5.4).

17. « L'indice (ou coefficient) de Gini est un indicateur synthétique permettant de rendre compte du niveau d'inégalité pour une variable et sur une population donnée. Il varie entre 0 (égalité parfaite) et 1 (inégalité extrême). Entre 0 et 1, l'inégalité est d'autant plus forte que l'indice de Gini est élevé » (INSEE, <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1551>).

Figure 5.4. Cadre d'évaluation de la diversité des exploitations, des pratiques d'utilisation du fumier et des impacts à l'échelle de l'agroécosystème et du système alimentaire.



Source : Alary *et al.*, 2024.

Les multiples contributions du fumier aux différentes échelles d'organisation de l'activité agricole

I Diversité des systèmes agricoles dans les cinq délégations de Kairouan

Sur la base d'une classification hiérarchique réalisée sur les indicateurs de caractérisations des exploitations (Alary *et al.*, 2024), trois grands types d'exploitations ont été identifiés (tableau 5.2).

- Tout d'abord, le « système arboricole en zone pluviale » (type 1) regroupe les chefs de famille les plus âgés (environ 55 ans). La famille compte environ cinq personnes dont deux femmes en âge de travailler. Le système de culture est basé sur des cultures traditionnelles, c'est-à-dire des céréales et des vergers tels que les

Tableau 5.2. Caractéristiques des trois types de systèmes agricoles du bassin-versant du Merguellil (Kairouan) et indicateurs de pratiques d'utilisation des engrais.

Type	Type 1	Type 2	Type 3	Moyenne
	Système arboricole en zone pluviale	Système de polyculture-élevage à petite échelle	Système de culture et d'élevage de moyenne à grande taille	
Nombre d'exploitations/type	59	77	11	147
Âge du chef de famille (ans)	55,40	46,36	50,54	49,62
Taille du ménage (nombre d'individus)	5,13	3,76	3,62	4,18
Activités hors-exploite (ETP*)	0,18	0,12	0,37	0,16
Activités agricoles (ETP*)	2,82	2,06	2,44	2,34
Surface totale exploitée (ha)	1,47	4,30	17,46	4,56
Surface en cultures horticoles (ha)	0,05	3,47	12,23	3,15
Surface en cultures céréales (ha)	0,99	1,58	12,85	2,39
Surface en cultures légumières (ha)	0,23	0,33	0,00	0,27
Surface en vergers (ha)	3,84	4,25	9,27	4,57
Tracteur en propriété par exploitation	0,30	0,79	1,54	0,70
Équipement d'irrigation par exploitation	0,09	1,02	1,54	0,77
Bovins (nombre de têtes)	0,66	0,61	1,38	0,70
Caprins (nombre de têtes)	3,85	1,12	7,77	2,59
Ovins (nombre de têtes)	24,32	18,01	80,46	25,55
Gestion du fumier				
Production de fumier (tonnes/an)	14,2	11,8	32,0	14,3
Utilisation de fumier (tonnes/an)	3,8	16,1	77,1	17,6
Achat de fumier (tonnes/an)	0,6	12,2	48,4	11,7
Vente de fumier (tonnes/an)	7,1	2,3	8,5	4,4
Bilan fumier (tonnes/ha)	1,5	2,3	2,1	2,1
Utilisation d'azote (kg/ha)	6,2	43,6	29,0	30,4
Utilisation d'azote issue du fumier (%)	77	31	43	35
Travail extérieur sur le fumier (en mois/an)	0,0	0,2	0,5	0,1
Coût du travail relatif à la pratique du fumier (DT**/an)	0,0	240,0	1 196,9	253,2

*ETP: Équivalent temps plein.
**DT: Dinar tunisien.

oliveraies, sur 1,5 hectare de propriété. Ces exploitations comptent un troupeau de 24 moutons et 4 chèvres en moyenne, élevé dans les pâturages sur parcours autour de la ferme (moins de 10 km) et géré par les femmes. Dans l'ensemble, les moyens de subsistance des ménages reposent sur les envois de fonds et les emplois non agricoles.

- Le « système de polyculture-élevage à petite échelle » (type 2) regroupe les petites exploitations gérées par les chefs de famille les plus jeunes (46 ans). Le système de culture est basé sur des cultures de rente (légumes et vergers principalement composés d'oliviers) sur une superficie de 4,3 hectares, en moyenne. Ces exploitations gardent un petit troupeau de 15 à 20 moutons en moyenne, principalement élevés par des femmes à la maison.
- Enfin, le « système de culture et d'élevage de moyenne à grande taille » (type 3) regroupe des agriculteurs d'âge moyen (environ 50 ans) qui ont hérité d'environ 15 à 20 hectares de terres sèches et irriguées. Le système de culture est basé sur les cultures céréalières pour les besoins alimentaires et non alimentaires de l'exploitation familiale, avec des légumes et/ou des vergers (oliveraies) pour les revenus monétaires. Ces agriculteurs sont les mieux équipés. Ils possèdent un tracteur ou un camion par exploitation. Ils possèdent également un troupeau de 80 à 90 têtes de petits ruminants (ovins et caprins) en moyenne, et une minorité d'entre eux (moins d'un quart du groupe) disposent d'1 à 2 bovins élevés en étable. Environ 45 % de ces agriculteurs pratiquent le pâturage sur parcours autour de la ferme (moins de 10 km).

I Contribution de la gestion du fumier à l'échelle de l'agroécosystème

L'utilisation du fumier et le principe de la « santé des sols » à l'échelle du territoire

L'analyse des apports de fertilisants montre que celui d'engrais organiques reste la première source de fertilité dans la zone pluviale. Il représente plus des trois quarts de l'apport total en azote provenant des engrais minéraux et organiques (79 % à Oueslatia et 87 % à Alaa) (tableau 5.3). La dominance du fumier organique en zone pluviale contraste avec la situation dans les délégations de cultures irriguées où le fumier ne représente qu'un tiers environ de l'apport en azote. Si le fumier organique reste la principale source d'éléments nutritifs du sol dans la zone pluviale, il reste pourtant moins important en quantité que dans la zone irriguée : l'apport d'azote et de phosphate par hectare est deux à cinq fois moins important dans les zones pluviales que dans les zones irriguées. Même si le système de culture pluviale à base de céréales est moins exigeant en minéraux, la structure du sol et donc la santé du sol peuvent être considérablement affectées par le bas niveau d'utilisation du fumier sous forme d'amendement, en particulier dans cette zone pluviale affectée par l'érosion.

Tableau 5.3. Contribution relative du fumier dans l'apport total d'azote dans cinq délégations.

Classe de foncier	Chebika	Haffouz	Hajeb El Ayoun	El Alâa	Oueslatia	Total
< 10 ha	30 %	39 %	38 %	80 %	84 %	41 %
< 20 ha	33 %	42 %	41 %	69 %	60 %	46 %
< 5 ha	35 %	21 %	24 %	95 %	100 %	33 %
≥ 20 ha	36 %	25 %	8 %	100 %	88 %	45 %
Total	34 %	29 %	32 %	87 %	79 %	42 %

L'utilisation et la gestion du fumier et les principes de « recyclage » et de « réduction des intrants »

Dans les zones pluviales, 55 % des exploitants déclarent utiliser principalement du fumier. Ceux qui n'en utilisent pas travaillent principalement dans des systèmes d'élevage sur pâturage où le fumier n'est pas stocké ni utilisé. Les systèmes de culture et d'élevage de moyenne à grande taille (type 3) sont plus grands utilisateurs de fumier que les systèmes de polyculture-élevage à petite échelle (type 2), qui utilisent des engrais minéraux et organiques.

Comme on pouvait s'y attendre, les systèmes de polyculture-élevage à petite échelle (type 2) achètent l'essentiel du fumier qu'ils utilisent ; les systèmes de moyenne à grande culture-élevage sont également d'importants acheteurs au vu de leur surface. On constate par ailleurs que les systèmes de culture et d'élevage de moyenne à grande taille avec la plus forte intégration du bétail sont les plus efficaces en ce qui concerne les principes de recyclage et de réduction des intrants (tableau 5.2).

Gestion du fumier et résultats des moyens de subsistance en relation avec la « diversification économique »

L'analyse de l'organisation du travail pour la gestion des effluents d'élevage montre que les tâches de main-d'œuvre liées à la gestion du fumier sont principalement réalisées par les hommes de la famille dans les petites exploitations, alors que dans les systèmes de culture et d'élevage de moyenne à grande taille, elles sont principalement effectuées par des femmes employées de façon occasionnelle ; elles représentent un taux croissant de temps et de coût journalier pour les grandes exploitations.

Sans surprise, l'analyse par niveau de richesse montre que les ménages des zones pluviales se retrouvent en majorité dans le groupe des plus vulnérables, dont le revenu familial mensuel net est le plus faible, avec une moyenne de 1170 dinars tunisiens (DT) par mois et environ les deux tiers du revenu familial provenant des

activités d'élevage. À l'inverse les agriculteurs du type 3 se retrouvent dans le groupe des plus riches (soit presque dix fois le revenu des plus vulnérables, ce qui révèle le poids du facteur structurel dans la richesse monétaire globale). Cependant, nous constatons que tous les agriculteurs de la catégorie la plus riche sont aussi des utilisateurs intensifs de fumier.

Afin d'évaluer les liens globaux entre les systèmes agricoles, la gestion du fumier et les résultats en matière de moyens de subsistance, nous avons mis en œuvre une analyse multifactorielle (AMF) avec tous les indicateurs de caractérisation des exploitations et de gestion du fumier sur les trois dimensions. Les résultats montrent que l'utilisation du fumier et le bilan entrée-sortie sont à l'interaction de ces deux dimensions, c'est-à-dire les actifs physiques (terres et bétail) et la productivité. L'organisation du travail autour de l'utilisation du fumier est fortement liée à la gestion de la main-d'œuvre au niveau de l'exploitation, qui est elle-même liée à la performance économique et aux actifs. Habituellement, le recours à des travailleurs externes pour la gestion du fumier est principalement limité aux moyennes et grandes exploitations.

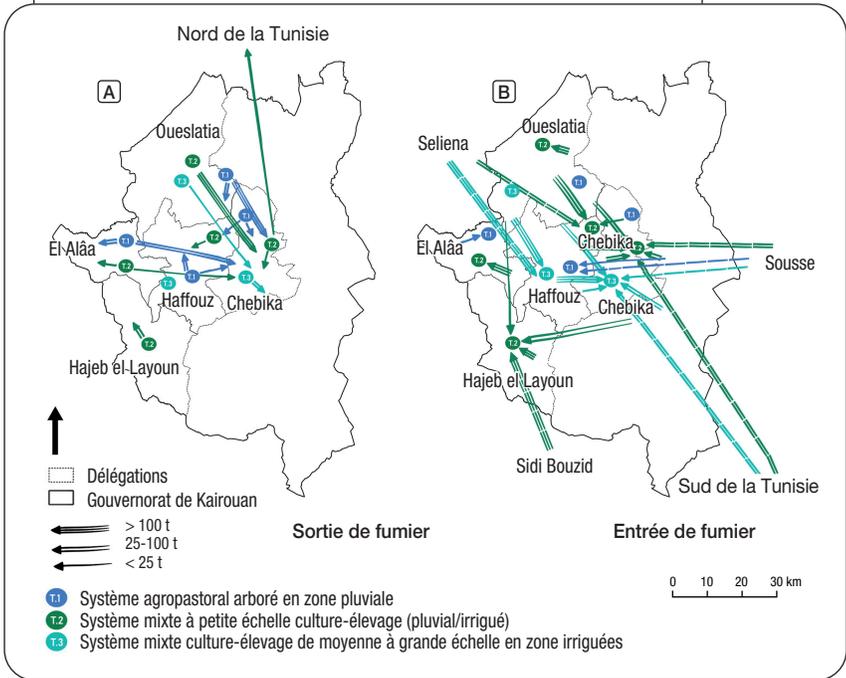
I Contribution à la gestion du fumier au niveau du système alimentaire

Flux régionaux de fumier (principe de « connectivité »)

La figure 5.5 illustre la répartition géographique des entrées et sorties de fumier pour les 147 exploitations étudiées dans les cinq délégations du bassin-versant. Les délégations d'Oueslatia et d'Al Alâa, situées en amont du bassin-versant, contrôlaient 73 % du total des transactions de fumier organique en 2020-2021. Ces délégations sont typiquement caractérisées par le système pluvial basé sur la production de céréales sèches et de petits ruminants de la zone semi-aride du centre de la Tunisie, représentés dans le type 1 (voir « Diversité des systèmes agricoles dans les cinq délégations de Kairouan »). La quasi-totalité des ventes de fumier a lieu dans le bassin-versant de Merguellil étudié (environ 98,9 %), dont environ 61 % sont destinés aux systèmes irrigués, principalement localisés dans la délégation de Chebika. 32 % des agriculteurs sont engagés dans cette activité économique de vente de fumier, avec un pic de 59 % des agriculteurs interrogés à Oueslatia, à l'amont du territoire étudié. La quantité moyenne de fumier vendue est d'environ 15,5 t par ferme, variant de 3,1 à 29 t par ferme.

Inversement, environ 72,8 % des achats de fumier ont lieu dans le territoire, et plus d'un tiers (environ 37,3 %) de ces achats a lieu dans la même délégation. Le reste du fumier acheté (environ 35,5 %) provient des zones les plus vulnérables, c'est-à-dire des délégations d'Oueslatia et d'Al Alâa. Les délégations Chebika et Hajeb El Ayoun ont acheté respectivement, en moyenne, 24,5 et 17,3 t de fumier par an

Figure 5.5. Flux géographiques de fumier avec (A) l'écoulement des exploitations enquêtées; (B) l'afflux dans les exploitations faisant l'objet de notre enquête.



chacune. Les agriculteurs de ces deux délégations complètent leurs besoins en fumier en se fournissant en dehors de la zone d'étude, notamment dans les gouvernorats voisins de Sousse pour Chebika et Sidi Bouzid pour Hajeb El Ayoun. En outre, nous pouvons noter une grande différence entre le prix de vente moyen et le prix d'achat du fumier, ce qui traduit une marge de bénéfice relativement importante pour les transporteurs et les négociants servant d'intermédiaires au sein de cette tractation commerciale. En moyenne, le prix de vente est d'environ 39 DT la tonne, allant de 17 à 43 DT la tonne. En revanche, le prix d'achat est plus stable, autour de 75 à 80 DT.

D'après l'analyse des flux dans la zone étudiée, le fumier semble générer un marché très dynamique à l'échelle du territoire mais qui peut se faire au détriment de la santé des sols dans la zone pluviale.

Génération de revenus à partir du fumier et de l'équité à l'échelle du territoire

Outre les flux monétaires supplémentaires dus à leur commercialisation, la gestion des effluents d'élevage a permis de créer environ un millier d'emplois supplémentaires au salaire minimum à l'échelle du territoire (données extrapolées au niveau régional comprenant les cinq délégations), sans compter les activités intermédiaires le long de la chaîne de valeur (transport et négoce). De plus, la transaction de fumier (vente et salaire) a généré un flux de trésorerie de l'ordre de 2,6 millions de DT (soit 822 000 € en 2021), ce qui n'est pas négligeable dans la contribution totale du bétail à la zone étudiée.

Cependant, une analyse des inégalités confirme la forte corrélation entre la richesse monétaire (exprimée en revenu net) et le bilan azoté de l'exploitation, avec un indicateur Gini d'environ 0,43 pour la répartition des revenus et de 0,54 pour le bilan du fumier. Elle montre également une plus grande inégalité au niveau du bilan des flux organiques, avec à long terme un risque important d'appauvrissement de la fertilité des sols dans les zones pluviales.

Quelques éléments de réflexion sur la contribution du fumier aux conditions de vie

■ Contribution du fumier aux moyens de subsistance des ménages

Les résultats montrent les contributions de l'engrais organique à plusieurs principes agroécologiques (santé des sols, réduction des intrants, recyclage, diversification économique, synergie et équité). Ils confirment que le fumier est à l'interaction des composantes environnementales, économiques et sociales de la viabilité des systèmes de polyculture-élevage dans les zones semi-arides de Tunisie.

Tout d'abord, au niveau de l'exploitation, le fumier constitue à la fois une source de revenus pour les zones pluviales (emplois et transactions de fumier) et un apport d'éléments nutritifs pour le sol et les plantes dans les zones irriguées, où les cultures nécessitent une quantité relativement plus élevée d'engrais qu'en zone pluviale. Bien que le fumier organique reste la principale source d'éléments nutritifs du sol dans la zone pluviale (plus des trois quarts de l'azote et 60 % du phosphate), l'apport global en éléments nutritifs (chimiques et organiques) reste inférieur à celui des zones irriguées. Ces résultats révèlent un risque d'appauvrissement des systèmes pluviaux au profit des zones irriguées, qui bénéficient non seulement des nutriments produits dans les zones pluviales mais aussi d'une source d'emploi à bas salaires provenant de cette même zone pluviale. En effet, nous avons observé que l'épandage du fumier est une tâche masculine lorsqu'elle est effectuée par des

travailleurs familiaux ou permanents et une tâche féminine lorsque les agriculteurs font appel à des travailleurs occasionnels (le taux journalier est, en moyenne, de 14 DT/jour pour les femmes et de 23 DT pour les hommes). De plus, l'apport en éléments nutritifs par unité de terre cultivée en zone pluviale reste globalement faible, au détriment de la santé du sol (principalement sa structure), de la production de denrées alimentaires et de celle d'aliments pour animaux. Et cet écart de productivité entre les zones pluviales et irriguées pour les céréales pourrait s'accroître à l'avenir en raison de la demande croissante de nutriments organiques liée à l'augmentation du coût des engrais chimiques et à l'encouragement récent pour des produits plus agroécologiques, même s'il n'en est qu'à ses débuts.

Ces flux de fumier des zones vulnérables vers des zones plus favorables sont observés dans d'autres parties du continent africain, comme au Sénégal, où les multinationales et les grandes exploitations privées achètent aussi de grandes quantités de fumier dans les zones agropastorales. Dans les systèmes d'élevage traditionnels des pays d'Afrique de l'Ouest, le troupeau exploite principalement les jachères, les terres marginales (zones sylvopastorales) et les résidus de récolte. En retour, la biomasse ingérée est transformée en engrais organique qui est utilisé pour fertiliser les terres agricoles (Dugué, 1998). Ce transfert de fertilité des sélectionneurs aux agriculteurs est souvent formalisé par des contrats de fumier. Ainsi, l'évolution des systèmes pastoraux d'élevage vers des systèmes agropastoraux soutient les systèmes intégrés agriculture-élevage, dans lesquels l'élevage fournit du fumier et de l'énergie pour le développement de la production végétale, mais constitue également une menace pour la fertilité de la zone pastorale par rapport à la zone agricole. Avec la pression de l'accès aux engrais chimiques depuis 2022 et la guerre en Ukraine, ce transfert de fertilité associé à la mobilité du troupeau est de plus en plus remplacé par la mobilité du fumier sur des distances importantes. Cependant, le fumier constitue aussi une source conséquente de valeur ajoutée et de revenus dans les zones vulnérables. Avec un potentiel de marché croissant, le fumier pourrait assurer la pérennité des activités d'élevage dans ces zones vulnérables où le système de production des cultures pluviales a été fragilisé par l'intensité et la fréquence récentes des événements climatiques secs, confirmant ainsi le rôle multifonctionnel de l'élevage (Krausmann, 2004).

Aussi, les résultats montrent que l'utilisation et la valorisation des effluents diffèrent le long du bassin-versant, allant d'une valeur socio-économique dans les petites exploitations qui opèrent dans des systèmes pluviaux arboricoles à des valeurs environnementales et agronomiques dans les systèmes mixtes pluviaux-irrigués en aval, avec une corrélation positive entre le bilan du fumier à la ferme et la richesse. La pratique du fumier à la ferme, souvent perçue comme une pratique traditionnelle, est finalement la plus utilisée dans les systèmes agricoles semi-intensifs et intensifs. Cette tendance devrait attirer l'attention des décideurs politiques et des agences de développement confrontés aux défis économiques et environnementaux dans les zones semi-arides. De plus, les deux coefficients de

Gini pour le revenu net et le bilan du fumier indiquent une inégalité plus grande sur le plan environnemental qu'en matière d'économie. Cet écart souligne la nécessité d'aborder la transition agroécologique à l'échelle du territoire et non de la ferme.

Cependant, notre typologie en trois types ne permet pas de saisir toute la diversité des systèmes agricoles dans chaque zone agroécologique. Du Buisson de Courson (2017) et Morel *et al.* (2018) ont ainsi identifié environ dix à vingt types, respectivement en amont et en aval du bassin-versant. Dans ces travaux, les grands agriculteurs spécialisés dans la production maraîchère sont de gros importateurs de fumier provenant de l'extérieur du territoire. Ainsi, l'extension de l'approche à une plus grande diversité de systèmes agricoles pourrait mettre en évidence l'importance du marché du fumier et de la valeur ajoutée qu'il génère.

I Contribution des fumiers à la transition agroécologique : synergie ou iniquité

L'étude présente montre comment la pratique de gestion du fumier est à l'interaction de plusieurs principes agroécologiques contribuant au recyclage (ressource renouvelable), à la réduction des intrants (substitut à l'engrais chimique), à la santé des sols (grâce à la nature physique et biologique du fumier organique), qui favorisent à la fois les interactions agroécologiques et socio-économiques à l'échelle de l'exploitation et du territoire. Cette étude distingue les contributions directes à la diversification économique par la vente d'engrais organiques et le renforcement des interactions agroécologiques régionales (synergie), mais aussi les contributions indirectes à la fois par les gains de productivité pour les acheteurs de fumier et les besoins en main-d'œuvre à l'échelle du territoire.

Ainsi, le cadre agroécologique, tel que présenté dans la figure 5.2, pour aborder la transition durable nous a permis de saisir les multiples dimensions de l'apport de l'élevage et son rôle fondamental en tant que moteur d'une potentielle transition agroécologique ou du moins d'un système plus respectueux de l'environnement en matière de polyculture-élevage. Cependant, alors que les échanges de matière organique (ici le fumier) et de main-d'œuvre génèrent des emplois et des revenus tout au long de la chaîne de valeur, la déconnexion spatiale entre la culture et l'élevage peut générer des problèmes, voire des déséquilibres agro-environnementaux à l'échelle territoriale. De plus, ces déséquilibres peuvent s'accroître avec l'augmentation de la demande d'engrais organiques et les tensions sur le marché du fumier liées à la diminution du cheptel dans les zones pluviales. Si l'augmentation récente de la demande d'engrais organiques est due à l'augmentation du prix des engrais chimiques, tendance accentuée par la crise ukrainienne (depuis 2022), cette tendance peut également être exacerbée pour répondre à la demande croissante de produits agroécologiques. À l'inverse, les données officielles dans le gouvernorat de Kairouan font état d'une tendance à la baisse du cheptel dans les zones pluviales en raison de l'augmentation des migrations et des années sèches

successives qui contraignent les agriculteurs à acheter des aliments pour animaux. En général, la migration concerne principalement les hommes actifs. Alors que les hommes quittent la zone pluviale pour chercher du travail, les femmes sont contraintes d'adapter leur activité d'élevage en fonction de leur charge de travail domestique. Cette tendance nécessite d'urgence une plus grande coopération entre les zones agroécologiques définies comme des agroécosystèmes à l'échelle du territoire afin d'améliorer l'allocation optimale des effluents d'élevage au niveau local et d'assurer une transition agroécologique dynamique et vertueuse.

Dans cette perspective agroécologique, il convient de rappeler que la gestion des effluents d'un point de vue technique ou social, en tenant compte des pratiques et des échanges agronomiques, s'inscrit dans un savoir traditionnel élargi pour préserver et améliorer l'utilisation des ressources naturelles et les services écologiques. Comme Berkes *et al.* (2000), nous observons que cette pratique traditionnelle est basée sur des règles socialement et localement appliquées et génère une diversité de ressources directes et indirectes utilisées pour la sécurité des moyens de subsistance. Mais l'approche parallèle des principes agroécologiques à travers l'approche des moyens de subsistance au niveau de l'exploitation et du territoire révèle les défis complexes entre la durabilité socio-économique et agroécologique à court et à long terme. Ici, nous considérons le territoire comme une unité agraire dans laquelle les individus, par leurs pratiques et leurs objectifs agricoles, impriment leur empreinte sur le paysage naturel (Sereni, 1964 ; Agnoletti, 2014), avec le risque d'un processus de marginalisation des zones vulnérables, comme nous l'avons observé dans notre étude de cas. De plus, cette unité territoriale a montré que le principe de « synergie », tel que défini dans HPLE (2019), semble très délicat pour saisir les interactions complexes et diverses entre les processus humains et naturels qui façonnent le paysage rural. Ce défi nécessite de développer des activités de recherche et de développement à l'échelle des exploitations agricoles et des territoires ruraux et d'intégrer les dimensions environnementales, sociales et économiques pour comprendre la transformation agroécologique. Pour cela, les unités territoriales de subsistance pourraient être une unité sociale et géographique plus appropriée du point de vue des transitions agroécologiques. Comme mentionné dans Zaremba *et al.* (2021), le principe de « synergie » devrait être abordé au carrefour entre les processus agroécologiques et la diversification économique, et pas seulement à l'interaction entre les unités sol-culture-bétail.

Enfin, cette analyse des pratiques de gestion des effluents d'élevage à l'échelle de l'exploitation et du territoire à travers le cadre de l'agroécologie a montré certaines formes de déséquilibres de pouvoir en fonction du genre ou, plus généralement, elle permet d'identifier les risques de marginalisation des populations les plus vulnérables. Ces résultats mettent en évidence la nécessité de lier les deux échelles de l'agriculture et du territoire et d'intégrer les valeurs de justice sociale dans les approches de synergie et de connectivité.

Conclusion

Avec l'intérêt social, scientifique et politique croissant pour le développement de systèmes agroécologiques, la gestion du fumier offre la possibilité de passer d'une pratique traditionnelle à une activité d'innovation de niche pour parvenir à une voie de transition agroécologique. Les résultats ont montré que la contribution du fumier aux moyens de subsistance constitue une manière intéressante d'aborder certains principes en faveur de la transition agroécologique. La valorisation des effluents d'élevage permet un bénéfice économique non négligeable (utilisation ou transaction à la ferme) à l'échelle de l'exploitation, tout en présentant un risque d'appauvrissement environnemental accru des zones pluviales au profit des zones irriguées les plus riches. Cette tendance pourrait accélérer le déstockage animal dans la zone pluviale et, par conséquent, menacer les zones plus favorables, au détriment d'une transition agroécologique. Ces différents risques identifiés doivent interpeller les décideurs politiques et les agences de développement confrontés aux défis économiques et environnementaux des zones semi-arides. Considérer le fumier organique, non pas comme un sous-produit, mais comme un produit primaire de l'activité des petits ruminants (comme le lait pour les bovins) pourrait être le premier pas vers une approche plus intégrée et durable pour cette zone semi-aride d'Afrique du Nord.

Remerciements

Le présent travail a été mené dans le cadre du projet Viability, qui visait à réaliser une évaluation socio-économique des pratiques agroécologiques dans douze sites d'études de cas à travers le continent africain (Viability Project Team, 2023) ; il a bénéficié des travaux en cours dans le cadre de l'Initiative Agroécologie (CGIAR) pour élargir l'analyse au niveau du système alimentaire. Nous tenons donc à remercier sincèrement ces deux projets : projet Viability financé par le ministère français des Affaires étrangères et Initiative Agroécologie portée par le CGIAR. Nous sommes reconnaissants à tous les agriculteurs et à leurs familles, qui nous ont donné de leur temps et de leur énergie pour contribuer à ce travail.

Références bibliographiques

- Agnoletti M., 2014. Rural landscape, nature conservation and culture: Some notes on research trends and management approaches from a (southern) European perspective. *Landscape and Urban Planning*, 126, 66-73. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.02.012>
- Alary V., Aboul-Naga A., Osman M.A., Daoud I., Vayssières J., 2021. The contribution of mobile mastoral herd to soil fertility maintenance in sedentary mixed crop-livestock systems at farm and territory scales: Parts of mutually reinforcing social and ecological relationships supporting sustainability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.500437>
- Alary V., Frijia A., Abdeladhim M., Sghaier M., Leauthaud C., Farhat M., Sghaier M., 2024. Manure contribution to rural livelihoods at farm and landscape levels: A systemic approach in semi-arid Central Tunisia. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 1-29. <https://doi.org/10.1080/21683565.2024.2419407>
- Altieri M.A., 2004. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and Environment*, 2, 35-42.
- Berkes F., Colding J., Folke C., 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications*, 10(5), 1251-1262. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1251:ROTEKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2)
- CRDA (Commissariat régional au développement agricole), 2011. *Activité Animale. République tunisienne* [en ligne]. <https://catalog.agridata.tn/fr/dataset/execution-du-programme-de-developpement>
- Davis D.K., 2005. Indigenous knowledge and the desertification debate: Problematizing expert knowledge in North Africa. *Geoforum*, 36(4), 509-524.
- Du Buisson de Courson G., 2017. *Diagnostic agraire dans le bassin amont de l'oued Merguellil, Tunisie Centrale*. Mémoire d'ingénieur agronome (spécialité Développement agricole), Paris: AgroParisTech.
- Dugué P., 1998. Les transferts de fertilité dus à l'élevage en zone de savane. *Agriculture et Développement*, 18, 99-107. https://agritrop.cirad.fr/390390/1/document_390390.pdf
- García-Ruiz J.M., Nadal-Romero E., Lana-Renault N., Beguería S., 2013. Erosion in mediterranean landscapes: Changes and future challenges. *Géomorphologie*, 198, 20-36. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.05.023>
- HLPE, 2019. Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. *HLPE Report 14*. <http://www.fao.org/3/ca5602en/ca5602en.pdf>
- INS (Institut National de la Statistique), 2014. *Kairouan à travers le Recensement général de la population et de l'habitat 2014*. <https://www.ins.tn/sites/default/files-ftp3/files/publication/pdf/RGPH%202014-KAIROUAN.pdf>
- Kchouk S., Braiki H., Habaieb H., Burte J., 2015. Les bas-fonds de la plaine de Kairouan: de terres marginalisées à lieux d'expérimentation agricole. *Cahiers Agricultures*, 24(6), 404-411. <https://doi.org/10.1684/agr.2015.0790>
- Krausmann F., 2004. Milk, manure, and pulse power. Livestock and the transformation of preindustrial agriculture in Central Europe. *Human Ecology*, 32, 735-772. <https://doi.org/10.1007/s10745-004-6834-y>
- Lagacherie P., Álvaro-Fuentes J., Annabi M., Bernoux M., Bouarfa S., Douaoui A. et al., 2018. Managing Mediterranean soil resources under global change: expected trends and mitigation strategies. *Regional Environmental Change*, 18, 663-675. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1239-9>
- Morel C., 2018. *Analyse-diagnostic du système agraire de la plaine de Kairouan, Tunisie centrale*. Mémoire d'ingénieur agronome, Paris: AgroParisTech.
- Petz K., Alkemade R., Bakkenes M., Schulp C.J., van der Velde M., Leemans R., 2014. Mapping and modelling trade-offs and synergies between grazing intensity and ecosystem services in rangelands using global-scale datasets and models. *Global Environmental Change*, 29, 223-234. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.08.007>
- Sereni E., 1964. *Histoire du paysage rural italien*. Paris: Julliard, 328 p.
- Viability Project Team, 2023. *Agroecological practices are widely used by African farmers*. Working Paper 2. Bogor (Indonesia) et Nairobi (Kenya): CIFOR-ICRAF: The Transformative Partnership Platform on Agroecology. https://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/TPP-WP-2.pdf
- Ward Jr J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association*, 58(301), 236-244.
- Wezel A., Bellon S., Doré T., Francis C., Vallod D., David C., 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 503-515. <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>

- Wezel A., Casagrande M., Celette F., Vian J.F., Ferrer A., Peigné J., 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0180-7>
- Wezel A., Herren B.G., Kerr R.B., Barrios E., Luiz A., Gonçalves R. *et al.*, 2020. Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(40). <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>
- Zaremba H., Elias M., Rietveld A., Bergamini N., 2021. Toward a feminist agroecology. *Sustainability*, 13(20). <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/20/11244>