

THÈSE EN COTUTELLE POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE L'INSTITUT AGRO MONTPELLIER ET DE L'UNIVERSITE LIBANAISE

En Économie-Agro-Environnemental

École doctorale EDEG – Économie et Gestion
Et EDST –Sciences et des Technologies
Portée par
Unité de recherche UMR MOISA

Stratégies collectives et contextualisé afin de promouvoir la résilience des systèmes agricoles au Liban

Présentée par Rim ALAMIN
Le 10 Décembre 2024

Sous la direction de Florence JACQUET
Salem DARWICH
et Hatem BELHOUCLETTE

Devant le jury composé de

Sophie DROGUÉ, HDR, UMR MOISA, Montpellier

Florence JACQUET, HDR, Inrae

Salem DARWICH, Professeur, Université libanaise, Fac. D'Agronomie, Liban

Pascal CHEVALIER, Professeur des universités, Université Paul Valéry, Montpellier

Hussein ZEAITER, Professeur, Université Américaine Libanaise, Liban

Loyal ABI-ESBER, Docteur, UN - Habitat

Examinatrice

Directeur de thèse

Directeur de thèse

Rapporteur

Rapporteur

Examinatrice



Université Libanaise

Ecole Doctorale
Sciences et Technologie

RESUMÉ

La production agricole dans le bassin méditerranéen est fortement limitée par la faible quantité d'eau et de terres arables. Cette situation est exacerbée dans le sud et l'est du bassin par la faiblesse structurelle, technique et économique des acteurs concernés dans les secteurs de l'agriculture et de l'agroalimentaire. Ainsi, la région de l'Afrique du Nord et du Moyen orient, bien que disposant de disponibilités alimentaires par habitant suffisantes, est dépendante du marché international tout en ayant opté pour l'exportation de ses produits phares en puisant dans des ressources naturelles fragiles et rares.

Sur le plan national, les importations sont souvent utilisées pour compenser le manque de production, mais au prix d'une lourde dépendance vis-à-vis du marché international, comme en témoignent tous les risques concomitants des dernières crises alimentaire. En outre, les importations sont souvent facilitées par des politiques de subventions pour les produits alimentaires visant à garantir des prix bas pour les populations locales. Ces mêmes politiques constituent un obstacle important pour les petites exploitations pour mieux valoriser leurs produits. La situation épidémiologique est préoccupante avec le développement des maladies chronique et de l'obésité liées essentiellement à des régimes alimentaires déséquilibrés et mal adaptés au rythme de vie des populations locales. Là aussi est un paradoxe dans une région qui se targue de développer un régime reconnu pour son équilibré et ses qualités nutritives.

De ce constat alarmant, il apparait clairement indispensable et urgent pour la plupart des pays méditerranéens de concevoir des systèmes de production agricoles, adaptés aux contextes national et régional, valorisant d'une façon rationnelle et durable les ressources naturelles locales et tirant parti de la diversité et des savoir-faire au niveau des territoires. Au niveau d'un territoire, le défi est de trouver, en associant les décideurs politiques et les acteurs locaux, des compromis entre une production agricole répondant aux besoins alimentaires, respectueuse de l'environnement et de la biodiversité, socialement acceptable, et économiquement accessible. Cette situation est d'autant plus préoccupante que le changement climatique menace sérieusement la durabilité de la plupart des systèmes agricoles au Liban : il accroît les risques de pertes de rendement et de bétail, il affecte négativement l'environnement naturel et les sociétés rurales.

Dans ce contexte, le Liban est plus que jamais incités à innover pour mettre en place des stratégies de d'adaptation durables/résilients qui visent à améliorer la productivité agricole des systèmes existants.

ABSTRACT

Agricultural production in the Mediterranean basin faces severe limitations due to the scarcity of water and arable land. This situation is worsened in the southern and eastern regions by the structural, technical, and economic weaknesses of stakeholders in the agricultural and agri-food sectors. Consequently, despite having sufficient per capita food supplies, the North Africa and Middle East region remains dependent on the international market, while simultaneously choosing to export flagship products that rely on fragile and limited natural resources.

At the national level, imports are often used to address production shortfalls, resulting in a heavy dependence on global markets, as evidenced by the risks associated with recent food crises. Additionally, food subsidy policies aimed at ensuring low prices for local populations often complicate matters, posing significant challenges for small-scale farmers trying to enhance the value of their products. The epidemiological situation is concerning, with an increase in chronic diseases and obesity primarily linked to unbalanced diets that do not align with the lifestyles of local populations. This presents a paradox in a region known for its historically balanced and nutritious diet.

Given this alarming situation, it is both essential and urgent for most Mediterranean countries to design agricultural production systems tailored to their national and regional contexts. This requires a rational and sustainable use of local natural resources while capitalizing on local diversity and know-how. At the local level, the challenge lies in finding compromises that allow agricultural production to meet food needs, respect the environment and biodiversity, and remain socially acceptable and economically accessible, all in partnership with political decision-makers and local stakeholders.

This situation is particularly troubling as climate change poses a significant threat to the sustainability of agricultural systems in Lebanon. It increases the risk of yield and livestock losses and adversely affects the natural environment and rural communities. In this context, Lebanon is more urgently than ever called to innovate and implement sustainable, resilient adaptation strategies aimed at improving the agricultural productivity of existing systems.

DEDICACES

المِيدان في اللهِ رجالُ

بُناةُ حضارةٍ أنتم وأنتم نهضةُ القيمِ
وأنتم خالدون .. كما خلودُ الأرز في القممِ

بكم سنغيّرُ الدُّنيا .. ويسمُحُ صوتنا القدرُ
بكم نبني الغدَ الأحلى .. بكم نمضي ومنتصرُ

إلى أجمل الأمهات التي انتظرت إليها

أجمل الأمهات التي انتظرته
وعادُ
عادَ مستشهداً

إلى كل شهيد، إلى كل صامد، إلى كل مقاوم وكل رافض للظلم في بقاع الأرض

REMERCIEMENTS

Tout travail dans la vie nécessite en premier lieu la bénédiction de Dieu.

Ce manuscrit représente les travaux de thèse réalisés pendant 4 ans à l'Institut Agro de Montpellier en cotutelle avec l'Université Libanaise. Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet SupMed proposé par l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier. J'ai travaillé sous la direction de Mme Florence JACQUET et M. Salem DARWICH, co-encadrée par M. Hatem BELHOUCLETTE.

Mes premiers remerciements s'adressent tout d'abord à Madame Florence JACQUET, directrice de ma thèse en France, pour m'avoir acceptée comme doctorante au sein de l'INRAE, pour son suivi et ses précieux conseils au cours de ces dernières années.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur Salem DARWICH, mon directeur de thèse, et à Monsieur Hatem BELHOUCLETTE, mon encadrant, pour leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours doctoral. Leur accompagnement, leurs conseils avisés et leur disponibilité m'ont permis de mener à bien cette recherche. Je les remercie tous les deux de m'avoir proposé ce projet et de m'avoir guidée avec patience et bienveillance, tout en m'offrant la liberté d'explorer et de développer mes propres idées. La complémentarité dans leurs approches a été pour moi une source d'inspiration et un pilier essentiel dans la réalisation de cette thèse.

Je tiens à adresser un immense merci à l'équipe du projet SupMed au Liban, en particulier pour l'accueil chaleureux lors de mon accompagnement à Baalbek El-Hermel dans le centre agricole. Je remercie profondément toutes les personnes qui m'ont aidée à collecter les données et à accéder aux informations, en particulier Ahmad AL-FAKIH, Khoder JAAFAR, Adel SLIM, Ahmad NASERELDINE... ainsi que tous les membres de l'équipe. Ils ont toujours veillé à ce que je bénéficie du respect et de l'aide nécessaires pour mener à bien mon travail.

Je tiens également à remercier sincèrement tous les agriculteurs et leurs familles pour leur temps et leur précieuse coopération. Je suis profondément désolée pour les conditions difficiles qu'ils traversent, et particulièrement attristée en pensant à ceux dont je ne sais plus s'ils sont encore parmi nous ou s'ils sont tombés en martyrs suite aux bombardements israéliens.

Je souhaite également exprimer mes sincères remerciements aux membres de mon « Comité de Suivi Individuel » (CSI) pour leur disponibilité et leur bienveillance tout au long de mon parcours doctoral. Chaque année, nos réunions ont été des moments précieux d'échange et d'évaluation de l'avancement de mon travail.

Je remercie chaleureusement l'ensemble de l'équipe pédagogique du CIHEAM-IAMM pour la qualité de l'enseignement et l'accompagnement au cours de ces 4 ans. Leur expertise et leur disponibilité ont grandement enrichi mon expérience académique. Mes remerciements s'adressent également aux équipes techniques de l'institut, notamment le service général, le service informatique, le centre de documentation et le centre de langues, pour leur soutien précieux. Leur efficacité et leur assistance constante ont facilité mon travail quotidien et ont contribué au bon déroulement de cette thèse.

Un merci tout particulier à Roza, qui m'a soutenue sans relâche, m'écoulant me plaindre à propos de ma thèse et de mes problèmes personnels. Tu as toujours su, comme par magie, trouver des solutions à mes difficultés, et pour cela, je te suis infiniment reconnaissante.

Merci à l'École Doctorale au Liban pour l'engagement et le bon déroulement de ma thèse, ainsi que pour la qualité de l'encadrement administratif, ce qui a été essentiel pour mener à bien ce projet.

Mes sincères remerciements vont aussi aux membres du jury pour avoir accepté de lire et d'évaluer ce travail de thèse.

Il est maintenant temps d'adresser mes remerciements à mes collègues du CIHEAM-IAMM pour ces quatre belles années passées dans une ambiance à la fois sympathique et chaleureuse. Vous êtes bien plus que des collègues, vous êtes devenus des amis proches. Merci Noor, Emirjona, Elie, Raouf et Christos.

Également merci à Reem, à qui je fais des confidences et sur qui je compte toujours !

Durant ces quatre années, j'ai vécu de beaux moments mais aussi des moments difficiles, surtout avec la crise économique et l'arrêt de ma bourse côté libanais à la fin de ma première année de thèse. C'est grâce à mes proches et mes amies, toujours à mes côtés, que j'ai réussi à surmonter toutes les difficultés. Je voudrais commencer par les personnes présentes à Montpellier : Stéphanie, Dayane et Cathy ; celles éloignées mais toujours présentes : Ali, Lama, Mohamad, Chirine, Hadi, Hassan et Fatima. Fella, l'amie qui fait partie de ma famille. Merci enfin à Sahar, qui est restée ma meilleure amie depuis 2006, et qui continuera à le demeurer.

La liste est longue ! Je remercie, les larmes aux yeux, ma famille. Mon père, resté au Sud du Liban en tant que pharmacien sous les bombardements israéliens, et ma mère, la femme la plus forte que je connaisse, qui a quitté sa maison pour vivre dans des conditions difficiles. Malgré tout cela, mes parents n'ont jamais cessé de me soutenir, de m'encourager, et de me donner un amour infini. Mon frère Karim et sa femme Sara, mon trésor et mon amour éternel. Tout ce que j'ai réalisé dans ma vie c'est grâce à ma petite famille. C'était dur de vous quitter mais je suis toujours à vos côtés même à l'autre bout du monde. Je n'oublie pas le reste des membres de ma grande famille, dont la fierté à mon égard m'a toujours poussée à faire mieux, et spécifiquement ma cousine Soha, qui est à la fois ma sœur, mon amie d'enfance et la personne que j'adore plus que tout.

Je termine en remerciant la personne qui a été la première à avoir su que j'ai une thèse proposée, celle qui a partagé tout le stress lié aux démarches administratives et aux visas, et qui a été le premier à me retrouver à la gare lors de mon arrivée en France. À la personne qui, depuis cinq ans, est mon meilleur ami, qui est devenu mon petit-ami durant la thèse, et qui, aujourd'hui, avec l'achèvement de ce travail, est mon mari.

Hachem, je tiens à te dire que je remercie Dieu chaque jour pour ta présence dans ma vie. Je t'aime.

TABLE DES MATIERES

LISTES DES TABLEAUX	15
LISTE DES FIGURES	17
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE	21
CHAPITRE 2 : BASE THEORIQUE, OBJECTIFS ET PROBLEMATIQUES	25
1 LES ENJEUX DE L'AGRICULTURE EN ZONE ARIDE	26
1.1 CLIMAT DE LA MEDITERRANEE	26
1.2 LES ZONES ARIDES	27
1.3 L'AGRICULTURE DANS UNE ZONE ARIDE.....	29
2 RESILIENCE DE CES SYSTEMES AGRICOLE EN ZONES ARIDES	31
2.1 NOTION DE RESILIENCE.....	31
2.2 LA RESILIENCE DES SYSTEMES AGRICOLES	33
2.3 COMMENT MESURER LA RESILIENCE DES SYSTEMES AGRICOLES ?	35
3 CARACTERISATION DE LA DIVERSITE AGRICOLE AU LIBAN ET ZONAGE DES ACTIVITES AGRICOLES A BAALBEK EL-HERMEL	41
3.1 DIAGNOSTIC GLOBAL DE LA ZONE D'ETUDE	41
3.2 LE SECTEUR AGRICOLE LIBANAIS	42
4 OBJECTIFS DE LA THESE ET DEMARCHE GENERALE	46
CHAPITRE 3 : CARACTERISATION DE LA PERFORMANCE DES DIFFERENTS MENAGES AGRICOLES DANS LA ZONE DE BAALBEK EL –HERMEL	52
INTRODUCTION	52
MÉTHODOLOGIE	55
1. LA ZONE D'ETUDE	57
2. TYPOLOGIE SOMMAIRE	63
3. IMPLICATION DES ACTEURS DE TERRAIN	64
3.1 <i>Atelier de travail</i>	64
3.2 <i>La prise de contact avec les agriculteurs</i>	68
3.3 <i>La grille d'entretien</i>	68
3.4 <i>Le déroulement des entretiens</i>	70
3.5 <i>Vérifications des données</i>	71
4. ÉLABORATION DES CRITERES DE TYPOLOGIE.....	72
5. ANALYSE STATISTIQUE	74
RESULTATS ET DISCUSSION	75
1. DESCRIPTION GENERALE DES VILLAGES DANS LA ZONE D'ETUDE	75
2. DESCRIPTION DES MENAGES AGRICOLES	77
2.1. <i>Analyse en Composantes Principales (ACP)</i>	77
2.2. <i>Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)</i>	81
3. ÉVALUATION DE LA RESILIENCE DES TROIS TYPES DE MENAGES AGRICOLES	85
4. ÉVALUATION DE LA VULNERABILITE DES TROIS TYPES DE MENAGES AGRICOLES	86
CONCLUSION	89
CHAPITRE 4 : PROPOSER ET ÉVALUER LA PERFORMANCE ET L'ACCEPTABILITÉ SOCIALE DE STRATÉGIES D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU NIVEAU DE LA BEKAA, LIBAN.	91
INTRODUCTION	91
METHODOLOGIE	93
1. CHOIX DES ACTEURS DE TERRAIN	93
2. LES SYSTEMES TYPES	95
3. CHOIX DES STRATEGIES D'ADAPTATION A TRAVERS LES ATELIERS DE TRAVAIL	98

4.	ÉVALUER LES STRATEGIES D'ADAPTATION PAR L'ANALYSE MULTICRITERES AMC	102
5.	PRESENTATION DE LA METHODE AHP « ANALYSE HIERARCHIQUE DES PROCESSUS »	104
5.1	<i>Décomposition du problème en une hiérarchie.</i>	105
5.2.	<i>Comparaison par paire.</i>	108
5.3	<i>Identification de la cohérence de la matrice.</i>	111
6.	ENTRETIENS ELABORES POUR L'EVALUATION DES STRATEGIES D'ADAPTATION.....	113
A.	<i>Enquêtes d'évaluation des stratégies d'adaptation (SDA) par l'AHP</i>	114
B.	<i>Enquêtes d'évaluation d'efficacité ou les conséquences des stratégies d'adaptation.</i>	114
C.	<i>Enquêtes d'évaluation des complexité exigées sur les stratégies d'adaptation.</i>	115
D.	<i>Enquêtes sur l'évolution des systèmes agronomiques en fonction des capitaux</i>	115
RESULTATS.....		116
1.	ANALYSE DES REPONSES DES ACTEURS DE TERRAIN A PROPOS DU CLASSEMENT DES STRATEGIES D'ADAPTATION.....	116
2.	ÉVALUATION DE L'EFFICACITE DES STRATEGIES D'ADAPTATION ET DES DEFIS INHERENTS A LEUR MISE EN ŒUVRE.....	119
3.	LA VARIATION DANS LE TEMPS DES CAPITAUX PRINCIPAUX FACE A L'APPLICATION DE STRATEGIES D'ADAPTATION.....	123
DISCUSSION		125
CHAPITRE 5 : DISCUSSION GENERALE ET PERPESCTIVES.....		128
1.	RETOUR SUR PRINCIPAUX RESULTATS	128
1.1	<i>Par rapport à la typologie des exploitations agricoles</i>	128
1.2	<i>Des stratégies d'adaptation difficiles à mettre en œuvre.</i>	134
2.	RETOUR SUR LA METHODE DE TRAVAIL	135
2.1	<i>Le défi de la rareté des données</i>	135
2.2	<i>Le défi de comprendre correctement le sens et le contenu des stratégies d'adaptation proposés pour améliorer la performance des systèmes actuels</i>	136
3.	PERSPECTIVES.....	137
3.1	<i>Pour qui ces résultats peuvent être utiles ?</i>	137
4.	CONCLUSION	137
ANNEXE.....		139
BIBLIOGRAPHIE		147

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1: Configuration de Baalbek et Hermel.....	61
Tableau 2: Résultats en mobilisant le recensement de 2010	64
Tableau 3: Principaux résultats par rapport à la typologie initiale	67
Tableau 4: Les critères choisis pour la typologie des ménages agricoles	73
Tableau 5: Corrélation entre les différents axes	78
Tableau 6: Résultats des corrélations des critères de l'ACP.....	79
Tableau 7: Résultats des regroupements	81
Tableau 8: Caractéristiques moyennes des trois systèmes agricoles dominants	84
Tableau 9: Liste des acteurs.....	95
Tableau 10: Caractéristiques des systèmes dominants	97
Tableau 11: Les stratégies d'adaptation	101
Tableau 12: Échelle de comparaison binaire de Saaty 1984	109
Tableau 13: Exemple d'une question d'évaluation d'une stratégie d'adaptation de la méthode AHP.....	110
Tableau 14: Matrice de comparaison par paires	110
Tableau 15: Valeur RI en fonction de l'ordre de la matrice	112
Tableau 16: Classement des stratégies d'adaptation pour le système maraîcher	117
Tableau 17: Classement des stratégies d'adaptation pour le système arboricole.....	118
Tableau 18: Classement des stratégies d'adaptation pour le système mixte.....	119
Tableau 19: Évolution du capital humain dans le temps	123
Tableau 20: Évolution des capitaux naturels dans le temps	123
Tableau 21: Évolution des capitaux physiques dans le temps.....	124
Tableau 22: Évolution des capitaux financiers dans le temps	124
Tableau 23: Évolution du capital social dans le temps.....	125
Tableau 24: Système maraîchère intensive	144
Tableau 25: Système extensif arboricole.....	144
Tableau 26: Système semi-intensif mixte céréaliers-oliviers	145

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte légendée de la région méditerranéenne, établis sur python par : Alamin. R...	26
Figure 2: Carte numérique mondiale des zones arides.....	28
Figure 3: Transition des états du système : absorption puis résilience vers un nouvel équilibre de long terme (État 2). Source : (Woloszyn, 2018)	32
Figure 4: Indicateurs de résilience : Variation relative du stock de terres (axe x), du flux de revenus (axe y) et du stock de main-d'œuvre entre deux états du système (T0 et T1). Source : Souissi et al 2018.....	39
Figure 5: Une munition d'artillerie israélienne explose au-dessus de Dhayra, un village libanais à la frontière avec Palestine occupée. Lundi 16 octobre 2023. AP Photo/Hussein Malla.....	44
Figure 6: Géolocalisation de Baalbek El-Hermel et occupation des terres. Échelles 1/20 000. Source : CNRS, 2017	46
Figure 7: Analyse SWOT de la région Baalbek El-Hermel	47
Figure 8: Démarche générale de la thèse	49
Figure 9: L'évolution des terres agricoles au Liban au cours du temps.	56
Figure 10: Les étapes pour le choix et le renseignement des exploitations types, approche participative et analytique	57
Figure 11: La localisation de Baalbek - El Hermel sur la carte du Liban.	58
Figure 12: Carte numérique d'élévation de Baalbek EL Hermel.....	58
Figure 13: Carte hydrographique de Baalbek-Hermel.	59
Figure 14: La distribution des zones dans le gouvernorat de Baalbek - El Hermel.....	61
Figure 15: Géolocalisation des 4 villages d'étude. Source : Projet SupMed.....	63
Figure 16: Présentation des objectifs et des démarches de l'atelier animé par	65
Figure 17: Tables rondes	66
Figure 18: Forme de la matrice "en arabe".....	66
Figure 19: Entretien avec les agriculteurs de la région.	70
Figure 20: Regroupement des différents objets en clusters.....	75
Figure 21: Contraintes/opportunités pour les 3 régions étudiées	76
Figure 22: Amandier Sec. Photo prise à Medwi par Alamin. R. (2021).....	77
Figure 23: Cercle de corrélation.....	79
Figure 24: Surfaces des exploitations totales	80
Figure 25: Répartition des exploitations agricoles selon leurs surfaces.....	81
Figure 26: Localisation des systèmes dominants par rapport à leurs revenus et moyenne de l'ET des intrants.....	88
Figure 27: Marge brute des 3 systèmes	88
Figure 28: ET de l'eau liée à l'irrigation	
Figure 29: ET de la fertilisation	88
Figure 30: ET des semences	
Figure 31 : ET travail	88
Figure 32: Les étapes de la démarche méthodologique	93
Figure 33: Définition d'une stratégie d'adaptation	99
Figure 34: Décomposition hiérarchique	106
Figure 35: Liste des critères et sous-critères potentiels.....	107
Figure 36: Complexités et impacts sur les stratégies d'adaptation	108
Figure 37: L'installation ou l'affiliation à des coopératives.....	120

Figure 38: L'amélioration d'irrigation	120
Figure 39: La fertilisation organique.....	121
Figure 40: Les panneaux solaires	122
Figure 41: Indices du nombre de personnes qui ont attribué un pourcentage à l'évolution des capitaux face aux stratégies	123
Figure 42: Système oliviers – blé et système maraicher	125
Figure 43: Système arboricole.....	126

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GENERALE

La production agricole dans le bassin méditerranéen est fortement limitée par la faible quantité d'eau et de terres arables. Cette situation est exacerbée dans le sud et l'est du bassin par la faiblesse structurelle, technique et économique des acteurs concernés dans les secteurs de l'agriculture et de l'agroalimentaire. Ainsi, la région de l'Afrique du Nord et du Moyen orient (MENA), bien que disposant de disponibilités alimentaires par habitant suffisantes, est dépendante du marché international tout en ayant opté pour l'exportation de ses produits phares en puisant dans des ressources naturelles fragiles et rares (Tchounand, 2023).

Sur le plan national, les importations sont souvent utilisées pour compenser le manque de production, mais au prix d'une lourde dépendance vis-à-vis du marché international, comme en témoignent tous les risques concomitants des dernières crises alimentaires, inflation des prix des produits importés, notamment alimentaires (2 à 15%) (AbouAljoud, 2024). En outre, les importations sont souvent facilitées par des politiques de subvention pour les produits alimentaires visant à garantir des prix bas pour les populations locales. Ces mêmes politiques constituent un obstacle important pour les petits exploitants pour mieux valoriser leurs produits. En plus la situation épidémiologique est préoccupante avec le développement des maladies chroniques et de l'obésité liées essentiellement à des régimes alimentaires déséquilibrés et mal adaptés au rythme de vie des populations locales. Là aussi est un paradoxe dans une région qui se targue de développer un régime reconnu pour son équilibre et ses qualités nutritives.

De ce constat alarmant, il apparaît clairement indispensable et urgent pour la plupart des pays méditerranéens de concevoir des choix agricoles et commerciaux ambitieux, adaptés aux contextes national et régional, valorisant d'une façon rationnelle et durable les ressources naturelles locales (en particulier eau et sol) et tirant parti de la diversité et des savoir-faire au niveau des territoires. Au niveau national, le défi est de trouver, en associant les décideurs politiques et les acteurs locaux, des compromis entre les différents piliers de la sécurité alimentaire qui permettront l'adoption d'une diète alimentaire respectueuse de l'environnement et de la biodiversité, culturellement acceptable, économiquement accessible, saine et de bonne qualité nutritive.

Le Liban, déjà vulnérable en important l'équivalent de 85% de ses besoins alimentaires (Wallonia, 2020), devra faire face au risque immédiat de l'instabilité politique et sociale de la région et à la volatilité des prix des produits alimentaires de base (type céréale) au niveau mondial. Néanmoins, malgré cette forte dépendance alimentaire vis-à-vis du marché régional (notamment avec la Syrie pour les légumes) et mondiale (notamment pour les céréales telles que le riz et le blé), l'agriculture occupe actuellement une place importante au niveau de l'économie libanaise. En effet, elle est le troisième secteur le plus important après le secteur tertiaire et l'industrie. Elle contribue actuellement à presque 7% du PIB et emploie près de 11,5% de la population active (Pam, 2018). Néanmoins, cela reste largement insuffisant pour garantir une production alimentaire durable au Liban.

Dans ce contexte, le secteur agricole est confronté à plusieurs défis d'ordres biophysiques, techniques, socio-économiques et institutionnels pour relancer durablement les productions. Si nous considérons la nouvelle définition de la sécurité alimentaire présentée par la FAO, il serait dans ce cadre indispensable pour l'agriculture libanaise de surmonter ces défis en misant sur des innovations (techniques mais également socio-économiques et institutionnelles) qui

respectent la biodiversité, les écosystèmes et les ressources naturelles locales et qui sont culturellement acceptables, accessibles, et équitables.

Dans le contexte libanais se pose la question de la capacité de l'agriculture à innover pour assurer une production alimentaire durable. Actuellement, deux types d'agriculture coexistent au Liban : i) les systèmes agricoles intensifs très spécialisés et très peu diversifiés et ii) les systèmes traditionnels, extensifs et très diversifiés. Dans le premier cas, le problème de la sécurité alimentaire se traduit en termes de pollution (pesticide, nitrate) et d'utilisation irrationnelle des ressources naturelles abiotiques (eau et sol), souvent irréversible. Les produits de cette agriculture sont souvent destinés à l'exportation vers l'Europe ou les pays du Golfe. Des problèmes de traçabilité et de résidu de pesticides sur les produits agricoles (notamment les fruits) peuvent alors nuire aux exportations. Dans le deuxième cas, les systèmes traditionnels sont les systèmes prédominants au Nord comme au Sud du Liban. Leur diversité entraîne une grande hétérogénéité entre les exploitations agricoles, caractérisée par une variabilité des revenus agricoles. Cette variabilité s'explique notamment par des différences de production, conséquences directes de plusieurs facteurs comme le climat, la qualité des sols et de l'eau, l'efficacité des systèmes d'irrigation et la disponibilité de la main d'œuvre qualifiée.

Pour plusieurs décideurs politiques, au vu de la croissance actuelle de la population, de l'instabilité des prix et des incertitudes climatiques, il serait impératif d'intensifier la production agricole des petites agricultures afin de préserver un certain degré d'autonomie. Cependant, promouvoir l'agriculture libanaise revient d'abord à faire une analyse fine des forces et des faiblesses de ce secteur en tenant compte des spécificités, non seulement de ce domaine en tant qu'activité de production, mais également de la société rurale, du cadre institutionnel, des ressources naturelles disponibles et des caractéristiques des filières courtes et des produits destinés à l'exportation. Plus concrètement, cette analyse doit tenir compte des éléments du contexte libanais suivants :

- Les besoins alimentaires pour les années à venir sont certes en augmentation, mais le pays est caractérisé par d'importants mouvements de population liés à des raisons économiques, sociales, politiques voire de conflits locaux et régionaux qui rendent plus difficiles d'anticiper la demande en termes de besoin alimentaire.
- Dans un pays historiquement très ouvert vers l'extérieur, l'économie tend à être plus globale et les modes de vie plus uniformes, en particulier en termes d'alimentation, ce qui pousse de plus en plus à la spécialisation de la production agricole et la disparition progressive de certains produits locaux très adaptés au milieu biophysique et au savoir-faire des territoires libanais.
- Le changement climatique caractérisé notamment par une augmentation de la température moyenne, la baisse des précipitations, l'apparition des nouveaux parasites et mauvaises herbes et l'accroissement de la fréquence d'évènements extrêmes (sécheresse, inondations, canicules, orages...) (Gritti, 2006); (Lelieveld, 2012)) a déjà affecté négativement la production agricole libanaise. Ce contexte menace sérieusement la durabilité de la plupart des systèmes agricoles et accroît les risques des pertes de rendement et de bétail et affecte négativement l'environnement (érosion, salinité, épuisement des nappes...).

- Les récents efforts des politiques publiques visent à accroître la production agricole en mobilisant plus de lacs collinaires, à réduire la pauvreté, à accroître la souveraineté alimentaire et à limiter les départs vers les villes ou à l'étranger. Ces politiques tendent à concentrer la production agricole dans les régions où les systèmes agricoles en vigueur ont tendance à se spécialiser en se focalisant sur des produits à forte valeur ajoutée. Ces politiques encouragent (directement ou indirectement) l'utilisation intensive de l'eau et l'application de produits chimiques et phytosanitaires. En marge, les petites agricultures survivent avec des moyens financiers et humains très limités en combinant souvent des revenus issus de différentes sources (activités agricoles et non-agricoles, émigration).

Les organisations locales sont souvent partie prenante du processus de développement local, en particulier quand il s'agit du secteur agricole. Elles peuvent faciliter la représentation des acteurs locaux dans le processus de prise de décisions et peuvent aussi refléter les conflits d'intérêts existants entre les différents groupes et acteurs. Mais elles peuvent également apporter des connaissances et des innovations qui pourraient être pertinentes à un plus haut niveau. Dans tous les cas, ces organisations peuvent jouer un rôle déterminant dans le processus de développement territorial et national. Le rôle de moteur ou de frein au développement local de ces organisations est encore très peu étudié au Liban et mériterait certainement une analyse plus détaillée.

Compte tenu de ces quelques éléments contextuels, le défi majeur de cette thèse est de mettre au point des méthodes et des outils (quantitatifs et qualitatifs) permettant de caractériser la diversité des systèmes agricoles dominants. Cette tâche est d'autant plus difficile que le contexte libanais est très peu fourni en données. Le deuxième défi serait d'évaluer la performance de ces systèmes en lien avec leur résilience et leur durabilité socio-économique et écologique. Cette analyse doit se faire en considérant toutes les forces exogènes qui peuvent affecter (positivement ou négativement) les systèmes agricoles et la production alimentaire, telles que le changement climatique et la volatilité des prix. Cela nécessitera un effort important de définition de la notion de résilience, qui est actuellement une difficulté méthodologique. Cette difficulté trouve son origine dans la variété des formalismes employés par les disciplines (agronomie, socio-économie, nutrition) qui interviennent dans une telle analyse.

Ce travail est réalisé dans le gouvernorat de Baalbek-Hermel caractérisé par d'importantes disparités entre les agroécosystèmes qui le compose, en termes d'occupation du sol, de productivité, d'accès au marché, de vulnérabilité aux aléas climatiques, d'accès à la main d'œuvre locale libanaise ou syrienne, et de mobilisation des ressources naturelles. La région de la Bekaa-Hermel constitue à elle seule 42% de la surface agricole cultivée au Liban (Darwich S. , 2000), soit plus de 70% de la production totale libanaise (Recensement agricole, 2010)¹. Ce gouvernorat couvre 6 agroécosystèmes différents avec au moins 3 régimes pluviométriques contrastés (de 400 mm en moyenne annuelle dans l'anti Liban, jusqu'à 900 mm sur le mont Liban) (Kanj, 2018). Le gouvernorat est menacé par le changement climatique, qui se manifeste par : (i) une pluviométrie annuelle plus faible et aléatoire ; (ii) des chutes de neige sur les hauteurs moins denses (donc une recharge de la nappe plus faible) ; et (iii) des stress thermiques et hydriques printaniers plus accentués, menaçant de nombreuses cultures, comme les céréales,

¹ <http://www.agriculture.gov.lb/getattachment/Statistics-and-Studies/Comprehensive-Agricultural-Statistics/statistics-2010/Agriculture-Census-2010-Main-Results.pdf?lang=ar-LB>

l'arboriculture et le maraichage. Cette région est également marquée par la présence de deux rivières importantes pour la production agricole et pour l'approvisionnement en eau potable des populations locales : le Litani, qui traverse le sud de la vallée de la Bekaa, et l'Oronte (AL-Assi en Arabe), qui traverse le nord de la Bekaa. Au-delà de ces deux rivières, les agriculteurs mobilisent des nappes souterraines et des sources d'eau en creusant des puits non autorisés et non contrôlés pour l'irrigation.

Cette région est sujette depuis plusieurs années/décennies à plusieurs projets de recherche et de développement pour étudier et analyser les alternatives possibles pour relancer l'agriculture dans cette zone. Très peu de solutions concrètes émergent. Plus grave encore, très peu d'études et de données sont disponibles aujourd'hui pour décrire avec précisions la performance agricoles des exploitations agricoles et leur résilience face aux aléas climatiques et du marché. Ce paradoxe a poussé le MoA Liban ainsi que les acteurs de terrain à s'associer au projet SupMed dans lequel s'inscrit cette thèse (pour plus d'info voir le lien suivant : <https://www.supmed-project.com/>) afin de mieux quantifier et comprendre la résilience des exploitations agricoles et de proposer et tester des stratégies d'adaptation (leviers) en vue d'améliorer leur résilience.

La thèse est organisée autour de deux grandes parties :

- En premier lieu, nous avons identifié et caractérisé la diversité des exploitations agricoles dans la zone d'étude. Cette phase est réalisée en mobilisant le peu de statistiques disponibles, combinées à des enquêtes de terrain très ciblées auprès des principaux acteurs agricoles de chaque territoire composant la zone d'étude. Cette phase a servi également à discuter et proposer avec les acteurs locaux la co-construction de stratégies d'adaptation au changement climatique et à l'incertitude du marché. Cette co-construction s'est faite collectivement dans le cadre de focus groups et en tenant compte de la diversité des exploitations agricoles.

- En deuxième lieu, il était question de développer et utiliser un cadre d'analyse opérationnel, contextualisé et spatialisé basé sur l'analyse multicritères et « l'Analytic Hierarchy Process ». Ce cadre multi-échelle (parcelle, exploitation, territoire) et multicritères a permis d'évaluer la performance des stratégies proposées en calculant plusieurs indicateurs de durabilité. Ces indicateurs ont été estimés sur la base de la perception des acteurs de terrain en fonction de leurs performances supposées/espérées et leurs chances d'être adoptée par les acteurs.

CHAPITRE 2 : BASE THEORIQUE, OBJECTIFS ET PROBLEMATIQUES

Dans ce chapitre, nous allons explorer les raisons pour lesquelles nous nous sommes lancés dans cette recherche scientifique. Nous débiterons par une revue bibliographique portant sur le climat de la région où nous avons décidé de mener notre recherche, région qui se trouve être plutôt sèche et aride. C'est cette particularité qui nous a poussée à examiner de plus près cette zone et à étudier ses caractéristiques et ses enjeux. Dans une deuxième partie, nous nous pencherons sur le concept de résilience avant de voir comment celle-ci diffère de sa définition, lorsque l'on parle de résilience des systèmes agricoles spécifiquement. L'étape précédente, nous ayant permis de détailler la zone d'étude, nous conduira à présenter le contexte général du Liban, celui de la région où se situent les villages choisis pour notre étude. Nous examinerons les enjeux auxquels sont confrontés les systèmes agricoles dans cette région, en mettant en lumière la nécessité de les rendre plus résilients et durables. Enfin, la dernière partie de ce chapitre fixera les objectifs de notre thèse et présentera la méthode générale que nous allons suivre pour atteindre nos objectifs.

SupMed, projet proposé par l'Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier (IAMM) avec un financement du Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), porte sur 2 terrains de la Bekaa au Liban et sur Louxor en Égypte. C'est un projet de 4 ans, qui a démarré en janvier 2021. Le projet vise, d'une part, à réduire, de façon structurelle et durable, la surexploitation des ressources hydriques et, d'autre part, à améliorer le revenu des ménages agricoles au Liban et en Égypte dans un contexte de changement climatique.

Notre thèse de recherche qui s'inscrit dans ce projet se concentre sur le terrain libanais, spécifiquement la région de la Bekaa, Baalbek El-Hermel. Le projet propose de mettre en œuvre et d'évaluer des initiatives intégrées, agronomiques et socio-économiques, basées sur l'agroécologie afin de réduire la dépendance à l'eau de chacun de ces territoires. Ces initiatives seront concertées avec les acteurs et adaptées au contexte du territoire ciblé, Baalbek El-Hermel. Au total, le projet vise l'adhésion des agriculteurs par territoire à une charte volontaire pour la mise en œuvre de stratégies d'adaptation basées sur des pratiques agroécologiques. D'un point de vue institutionnel, il s'agit de renforcer et de mieux structurer, en termes de conseils agricoles, le partenariat public-privé, à savoir principalement de capitaliser autour de cette expérience de partenariat et de formuler des recommandations pour les prochaines politiques agricoles. Ce travail de capitalisation sera d'autant plus important que le projet contribuera (au moins partiellement) à l'élaboration des prochaines politiques agricoles nationales (Liban).

1 Les enjeux de l'agriculture en zone aride

1.1 Climat de la Méditerranée

Les pays de cette région comprennent ceux qui bordent la mer Méditerranée, ainsi que certaines îles. Selon l'Encyclopédie Larousse, les pays méditerranéens comprennent des États et territoires d'Europe, d'Afrique et d'Asie occidentale, comme le montre la Figure 1. Ces pays se caractérisent par un type de climat nommé « climat méditerranéen », à savoir tempéré avec des étés chauds et secs, et des hivers doux et humides. Il couvre principalement les régions côtières de la Méditerranée, mais également d'autres parties du monde telles que la Californie, le sud de l'Afrique du Sud et le sud de l'Australie (Mayer, 2017). Ce climat se distingue par un ensoleillement important, des vents violents, et une forte variabilité interannuelle, ce qui a des implications pour la gestion des ressources en eau et les risques encourus (EnsLyon, 2022). Les précipitations ont lieu en automne et en hiver, sous forme d'averses brutales et tombent en peu de temps, avec moins de 100 jours de pluie par an dans les régions concernées (Mayer, 2017). Les étés sont marqués par une quasi-absence de gel et une longue période ensoleillée, avec des précipitations concentrées en automne et en hiver. Ce climat favorise une végétation adaptée à la sécheresse.

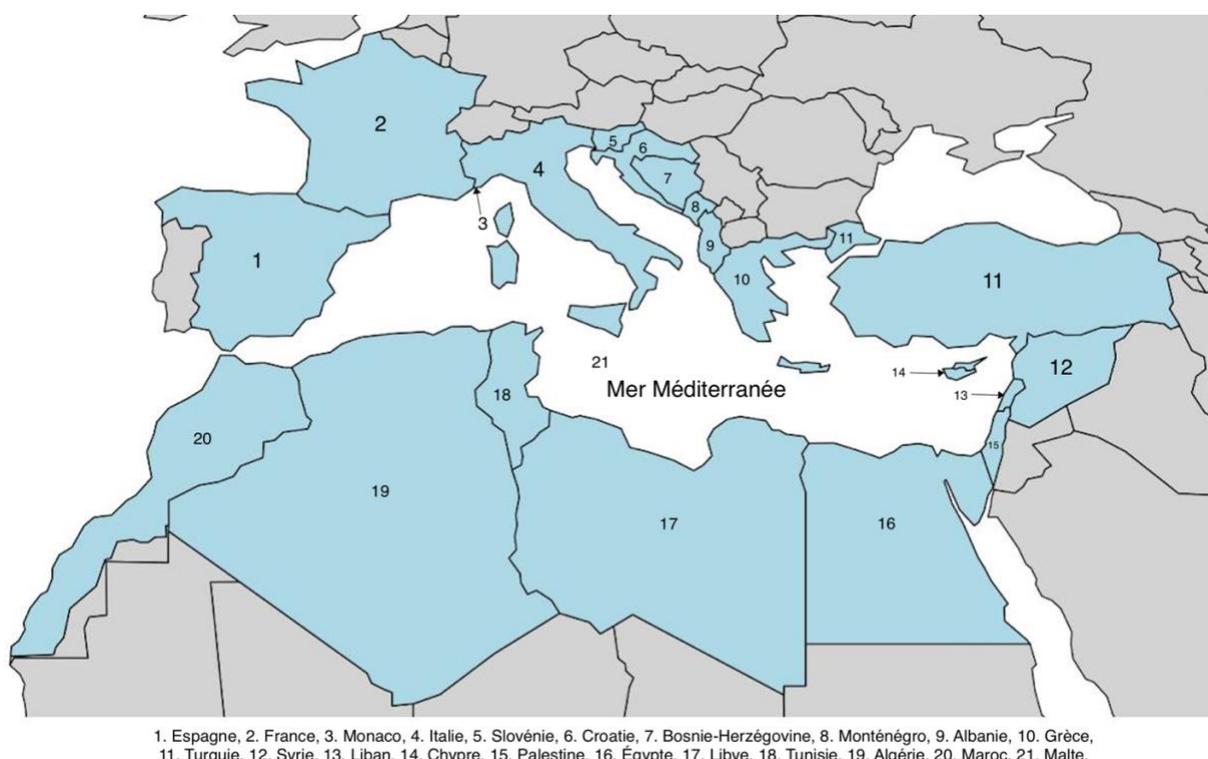


Figure 1: Carte légendée de la région méditerranéenne, établie sur python par : Alamin. R

Les deux pays choisis dans le projet, le Liban et l'Égypte, sont des régions méditerranéennes. Ils se caractérisent par un climat spécifique, où les modèles climatiques globaux et régionaux montrent des tendances importantes de changement de températures dans la région d'ici 2100 (Bullet, 2008). Cette température augmenterait de $+2^{\circ}\text{C}$ à $+5^{\circ}\text{C}$ (Meehl, 2007). Le changement de température moyenne serait plus important dans les régions du sud et de l'est, où se trouve le Liban qui serait touché d'une manière directe ainsi que l'ouest de la Méditerranée en comparaison des zones septentrionales et centrales. Durant l'été (juin, juillet et août), un réchauffement marqué avec une augmentation moyenne des températures de $+4,7^{\circ}\text{C}$ devrait se

produire dans cette zone. Cela aboutirait à l'augmentation du nombre de jours très chauds en été. Par exemple, le nombre de jours où la température maximale journalière dépasse 35°C serait en moyenne multiplié par dix (Giorgi, 2008). Par contre, en hiver, dans le nord et le centre de la Méditerranée, les températures subiraient une augmentation marquée de (+3,3°C).

Ces tendances s'accompagneraient d'une forte variabilité interannuelle des températures, en particulier pendant les mois secs (avril-septembre) avec un écart entre 2081 et 2100 (Giorgi, 2008). Tous les chiffres et toutes les études montrent des prévisions climatiques qui expriment généralement une baisse des précipitations moyennes et une augmentation de l'évaporation, en particulier pendant les saisons chaudes (Li, 2006). Une disparité s'établit entre les pays du nord, du sud et de l'est de la Méditerranée, expliquée par la variabilité interannuelle des précipitations, selon les perspectives exprimées (Bullett, 2008). Au sud de la Méditerranée, les précipitations annuelles moyennes diminueraient probablement jusqu'à 40 %, avec les mêmes tendances observées au sud de l'Espagne. Ce chiffre serait de 10 % dans le centre de l'Espagne, le sud de la France, la Grèce et le Proche-Orient, tandis qu'une augmentation de 20 % des précipitations serait prévue dans le centre de l'Italie. Il existerait une disparité entre les saisons, d'après les modèles climatiques, les précipitations moyennes augmentant en hiver de 10 %, en particulier dans le nord et l'est de la Méditerranée, et diminuant en été de 5 à 15 % (Magrat, 2004).

D'après le réseau MedECC, la région méditerranéenne est l'une des zones qui présente des risques majeurs vis-à-vis des changements climatiques et environnementaux, puisqu'elle connaît un réchauffement de 20% plus rapide que la température moyenne mondiale (MedECC, 2020) (Gurdjian, 2019) (Cramer, 2021), étant donné que l'augmentation de la température dans le bassin méditerranéen a déjà atteint 1,5 °C pour une moyenne mondiale de 1,1 °C (MedECC, 2020) (Cramer, 2021). On suppose aussi que les problèmes actuels vont encore s'exacerber, ainsi que les tendances en cours qui vont s'accélérer à tel point qu'on estime qu'à l'horizon 2040 les températures régionales vont augmenter de 2,2°C, alors que l'objectif de l'accord de Paris est de ne pas dépasser 2°C d'ici la fin de ce siècle (MedECC, La Méditerranée face au défi climatique, 2018). Ce phénomène aura encore des répercussions plus graves dans les années qui viennent. Nous pouvons citer, entre autres, la sécurité alimentaire qui va être touchée parce que la demande alimentaire va augmenter, alors que les rendements des cultures ainsi que les poissons et le bétail vont connaître une chute importante.

Les experts de MedECC estiment par ailleurs que les ressources en eau vont diminuer. La disponibilité en eau douce va décroître de 15%, ce taux représente l'un des taux les plus importants au monde, et, évidemment, les conséquences vont être lourdes sur les différentes activités humaines, plus particulièrement, le secteur agricole, la pêche, le tourisme. L'élévation du niveau de la mer qui pourra dépasser, à l'horizon de 2100, 1 mètre, impacterait le tiers de la population. De ce fait, les conflits portant sur les ressources naturelles limitées peuvent être un facteur incitant aux migrations humaines à grande échelle et aux méga-incendies.

Tous les critères cités ci-dessus s'appliquent au cadre des zones arides, dans lequel nous classons notre zone d'étude.

1.2 Les zones arides

Les zones arides, semi-arides et sub-humides sont classifiées comme faisant parties du climat méditerranéen. La zone aride (avec un indice d'aridité de 0,03-0,20) se caractérise par des précipitations extrêmement variables, une végétation rare et des conditions favorisant le pastoralisme et l'irrigation (FAO). Il est important de noter que la délimitation entre les climats méditerranéens et les climats arides peut être discutée, en particulier dans les régions du sud et

de l'est de la Méditerranée où il y a une dégradation vers la semi-aridité et l'aridité (Tassin, 2017).

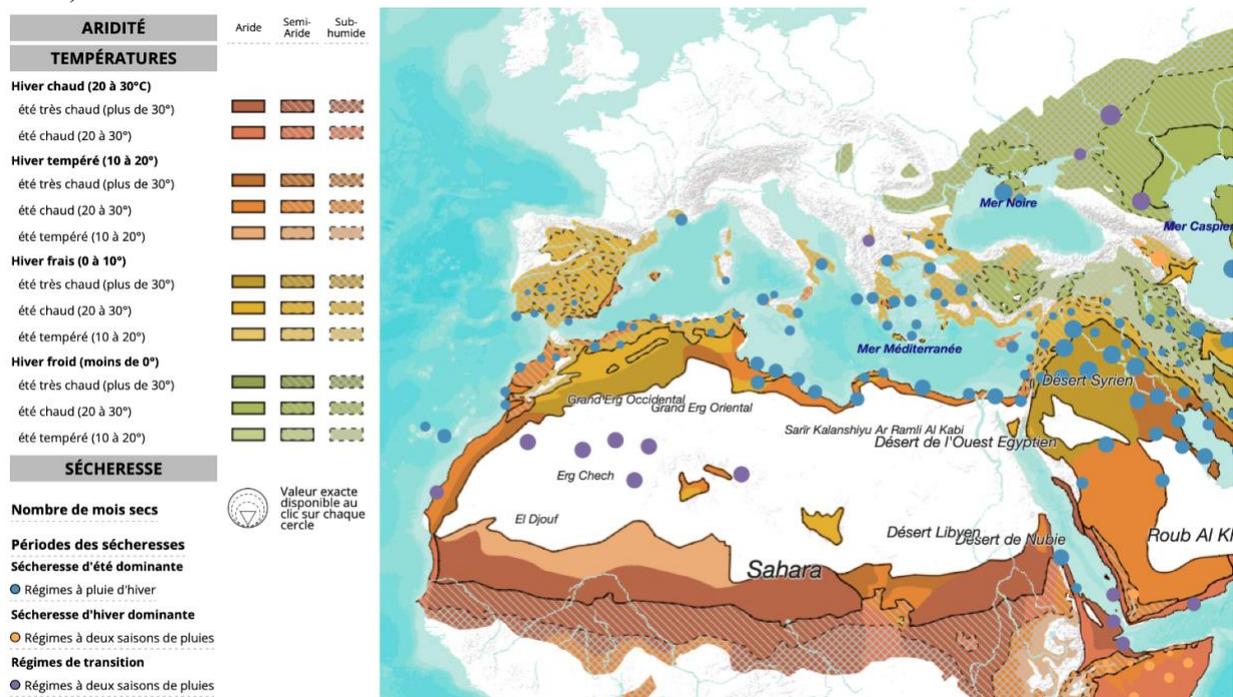


Figure 2: Carte numérique mondiale des zones arides.
Source: Esri, USGS, NOAA, UNESCO, Natural Earth Data

Pour mieux comprendre la carte de la figure 2, on peut voir qu'une première évaluation des degrés d'aridité bioclimatique à l'échelle mondiale est donnée par l'importance relative des précipitations et de l'évaporation et transpiration du sol et des plantes. La détermination des régions arides a été établie sur la base des valeurs du rapport P/Etp (calculé pour 1 600 stations), dans lequel P représente le total des précipitations moyennes annuelles et Etp l'évapotranspiration potentielle calculée selon la formule de Penman. Le tracé des courbes limitant les zones d'aridité a été effectué en tenant compte des conditions locales du relief, des sols et de la végétation. Dans chacune des zones, les modalités de régime thermique sont définies par la température moyenne (en °C.) du mois le plus froid (hiver) puis du mois le plus chaud (été) de l'année.

La durée des périodes de sécheresse et le régime des précipitations sont indiqués par des cercles colorés pour un millier de stations représentatives. La carte a été établie sous la coordination de l'Unesco, préparée et réalisée par le Laboratoire de Cartographie thématique du CERCG, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1977. (UNESCO, 1977)

Les zones arides sont une partie non négligeable de la surface terrestre et elles présentent divers enjeux de développement. Compte tenu de la diversité des définitions des zones arides, nous avons choisi de reprendre celles les plus communément reprises par la communauté scientifique, l'UNCCD et la FAO. La première les définit par la longueur de la période de végétation (1-179 jours) (UNCCD, 2000), la seconde par le ratio entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration potentielle (FAO, Land resource potential and constraints at regional and country levels., 2000). Selon l'UNCCD, au vu de leur définition, les zones arides couvrent environ 41% de la superficie de la terre et abritent près du tiers de la population mondiale, dont 90% dans les pays en développement (White R.P., 2003). Ces zones se caractérisent par un environnement connu avec plusieurs saisons, une saison relativement froide

et sèche, suivie d'une saison relativement chaude et sèche, et enfin une saison pluvieuse avec une température modérée (FAO, 2008b). Les régions qui se trouvent dans les zones arides sont souvent négligées, mais elles ont un potentiel économique où ils disposent de nombreuses ressources naturelles, agricoles et humaines qui leur confèrent une forte capacité économique, à condition d'investir et de valoriser durablement ces atouts, et une valeur environnementale considérables. Environ un tiers de la superficie totale du monde est constitué de terres arides et il est important de les préserver, notamment en raison de leur rôle dans la préservation de la biodiversité et de la production végétale et animale.

Dans les zones arides, la population rurale est confrontée à deux pressions majeures, à savoir : la pression climatique, avec une baisse de pluviométrie, une augmentation des températures et la dégradation des terres, dont plus de 70% sont déjà affectées par la désertification (Reynolds, 2017), et la pression démographique sachant que le taux de croissance démographique des zones arides est plus important que dans toute autre zone agroécologique (18,5%) (M.E.A, 2005).

Les pressions exercées sur les écosystèmes arides excèdent déjà les niveaux de durabilité pour quelques services écosystémiques, tels que la formation des sols et l'approvisionnement en eau (M.E.A, 2005). Elles menacent les moyens de subsistance des populations rurales, notamment leur sécurité alimentaire, leurs revenus et ressources naturelles et les amènent à détériorer leurs propres ressources naturelles productives dans une optique productiviste (Robertson, 2005). Les populations des zones arides font partie des plus pauvres du monde, beaucoup vivant avec moins d'un dollar par jour (Hesse, 2012).

1.3 L'agriculture dans une zone aride

L'agriculture est un des secteurs les plus sensibles même dans de bonnes conditions, d'où notre questionnement sur la situation de l'agriculture dans les zones arides en émettant l'hypothèse de la vulnérabilité des systèmes agricoles présents dans cette zone. Le dérèglement climatique y affecte la production agricole (Thornton, 2011) et provoque une instabilité perceptible des rendements des agriculteurs induisant des revenus instables pour les ménages de producteurs (Reynaud, 2009). Par ailleurs, la pauvreté s'aggrave dans ces zones et s'avère être une des principales raisons de l'inefficacité de la production agricole (FAO, 2008b).

Pour accroître la production alimentaire mondiale et permettre aux habitants de vivre dans les zones rurales des zones arides avec de bonnes conditions, des efforts ont été déployés dans plusieurs disciplines scientifiques, notamment dans le champ de l'écophysiologie des cultures, la génétique végétale, la nutrition des plantes et la protection des cultures. Le développement des technologies et de la mécanisation a joué le rôle d'un soutien très important qui a permis d'augmenter considérablement l'efficacité de l'usage de l'eau, des nutriments et de l'intensification des cultures de la production alimentaire (Tilman, 2002).

Le changement climatique est l'un des facteurs qui ont aggravé la situation de la conservation des ressources naturelles et la sécurité alimentaire en augmentant les risques d'échec des cultures et la demande grandissante en ressources en raison de la fréquence plus élevée d'évènements climatiques extrêmes et de changements progressifs dans les variables climatiques clés (Sivakumar, 2005).

L'approche de l'agriculture intensive résulte souvent d'une agriculture industrialisée qui repose sur l'idée qu'il existe un compromis entre la production alimentaire globale et environnementale (Brussaard, 2010) dont l'agriculture industrielle a permis d'augmenter la production alimentaire mondiale, passant de 2,6 milliards de personnes en 1950 à près de 7

milliards en 2021 (Bilodeau, 2021), ce type d'agriculture qui se base sur l'utilisation des intrants chimiques, a entraîné une baisse de la proportion de personnes sous-alimentées, mais elle a aussi engendré de lourds impacts environnementaux, comme l'érosion de la biodiversité, la pollution des eaux et de l'air (ONU, 2020). Selon cette approche, l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des intrants doublera la production alimentaire mondiale tout en réduisant les externalités négatives environnementales par unité de produit (Cassman, 1999); (Rabbinge, 1992). Si le substrat de production se dégrade ou que la production atteint un niveau en deçà de son potentiel, les contraintes doivent être identifiées puis des actions incitatives ou mesures de relance doivent être mises en place. Selon cette approche, si l'agriculture restait concentrée sur les terres les plus fertiles, il serait possible d'augmenter les surfaces consacrées à la production d'externalités positives (Huston, 1995).

Dans l'approche de l'écoagriculture, dont la logique représente celle des agricultures extensives et diversifiées, le rôle de l'agriculture va au-delà de la production alimentaire globale pour fournir un large éventail de services écosystémiques. Ces externalités positives alimentent le bien-être des populations locales. Cette approche met l'accent sur la diversification des cultures, élevages et paysages au lieu de la spécialisation implicite de la première approche (Pascual, 2007) sur la multifonctionnalité de l'agriculture (Caron P., 2008) sur le caractère extensif de la production agricole (Marriott, 2004) et sur la régionalisation au lieu de la mondialisation (Babin, 2003).

De nos jours, les perspectives de développement dans les zones arides des pays en développement sont particulièrement dépendantes des actions visant à empêcher la dégradation des écosystèmes et à ralentir ou à inverser cette dégradation là où elle se produit (MEA, 2005). Alors que la spécialisation et l'intensification des systèmes de production ont conduit à une réduction de la biodiversité des cultures et de l'élevage, à une demande en eau croissante dans des zones où cette ressource est de plus en plus rare, à l'augmentation de la vulnérabilité génétique et à la dégradation des terres (Gepts, 2006), des changements importants au niveau des politiques et des institutions sont nécessaires pour faire progresser l'état de la sécurité alimentaire et des niveaux de vie dans les zones arides en conciliation avec les enjeux environnementaux (Brussaard, 2010).

Les populations en zones arides deviennent de plus en plus vulnérables face aux pressions climatiques et démographiques qui risquent de mettre en péril leur sécurité alimentaire, d'appuyer davantage la surexploitation de leurs ressources naturelles et de dégrader leurs revenus.

Ceci implique des enjeux pour notre thèse, à savoir identifier les différents leviers (socioéconomique, agronomique, technique, *etc.*) afin de pouvoir relancer des stratégies d'adaptation pour les agriculteurs dans les zones arides/rurales qui sont marquées par : des ressources rares et de plus en plus dégradées, une population pauvre, une activité agricole très sensible au contexte climatique (Tarrasón, 2016), une faible productivité agricole et de faibles revenus qui freinent le développement socioéconomique dans ces zones (FAO, 2008b) et des structures de production agricole en mutation vers des systèmes de plus en plus sédentaires (Haji, 2017); (Schmidt, 2016)).

2 Résilience de ces systèmes agricole en zones arides

2.1 Notion de résilience

La résilience peut recouvrir de nombreuses définitions, non spécifiques et qui dépendent du sujet concerné. En premier lieu, il est important de définir l'objet ou la situation pour lesquels on va étudier leur résilience.

La résilience a ses origines dans la théorie du développement psychologique et humain. Ce mot décrit la capacité de l'individu de faire face à une difficulté, de façons susceptibles d'engendrer une meilleure capacité de réagir, plus tard à un stress (Bar M. P., 2011). La notion de résilience est souvent associée à celle de vulnérabilité pourtant ces deux concepts sont bien différents.

Il existe deux définitions de la résilience selon Holing & Guderson 2022 (Holling C. S., 2002) :

1. La résilience détermine le niveau de vulnérabilité d'un système soumis à des perturbations aléatoires qui peut dépasser la capacité de contrôle du système jusqu'à la rupture.
2. La résilience est la capacité d'un système à expérimenter des perturbations tout en maintenant ses fonctions vitales et ses capacités de contrôle.

Il existe plusieurs types de résilience, chacun se référant à des domaines spécifiques. La majorité de ces définitions provient d'un chapitre intitulé « Les types de résilience » du Livre « La Résilience Socio-Économique et L'Adaptation Entre Covid-19 & Risques de Guerre » écrit par Mohammed MERI en 2020.

- Résilience personnelle : la capacité d'un individu à rebondir et à se reconstruire après des expériences de vie difficiles, en particulier grâce à la flexibilité mentale, émotionnelle et comportementale.
- Résilience communautaire : ce type de résilience se réfère à la capacité d'une communauté à s'adapter et à se rétablir après une perturbation, telle qu'une catastrophe naturelle ou un conflit.
- Résilience organisationnelle : la capacité d'une organisation à faire face à des défis, à s'adapter et à se rétablir après des perturbations.
- Résilience sociale : ce type de résilience se rapporte à la capacité d'une société ou d'une nation à faire face à des crises et à s'adapter avec succès à des circonstances difficiles. (Meri, 2020)

On trouve également, en dehors de cette typologie, la résilience écologique, qui se réfère à la capacité d'un écosystème à résister, s'adapter et se rétablir face aux perturbations (Martin, S., 2005). En physique, la résilience se réfère à la capacité d'un matériau à retrouver sa forme et sa taille initiales après avoir été déformé (Admin, 2012).

Les approches classiques pour quantifier la résilience comparent, en effet, l'état initial avec l'état final. Cette méthode est utilisée pour évaluer la capacité d'un système à absorber les chocs et à maintenir ses fonctions essentielles face à des perturbations.

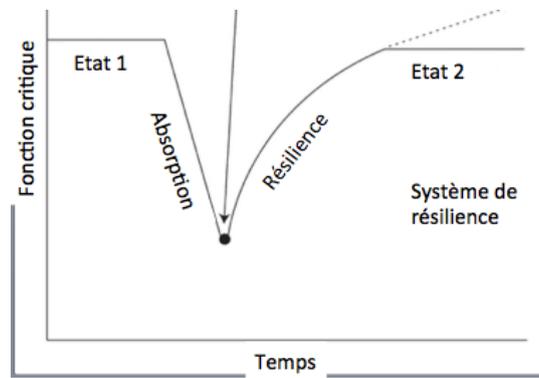


Figure 3: Transition des états du système : absorption puis résilience vers un nouvel équilibre de long terme (État 2). Source : (Woloszyn, 2018)

La résilience est la capacité d'un système et de ses composants à anticiper, absorber, accommoder ou récupérer les effets d'un choc dangereux de manière favorable et efficace, y compris en ce qui concerne la sécurité. En bref, on peut aussi décrire la résilience par la capacité des systèmes, des communautés, des ménages ou des individus à prévenir, atténuer ou gérer les risques, et à se remettre des événements non attendus et non favorables. Un système est résilient lorsqu'il est moins vulnérable aux chocs dans le temps et qu'il peut retrouver son état initial après un choc. Par vulnérabilité, nous entendons un concept dynamique qui varie selon les échelles temporelles et spatiales et qui dépend des facteurs économiques, sociaux, géographiques, démographiques, culturels, institutionnels, de gouvernance et environnementaux. Elle se concentre sur l'exposition et la capacité d'adaptation avant que le choc naturel ne se produise (pré-choc). Par ailleurs, la résilience se focalise sur la capacité des ménages et des communautés pour répondre à un choc naturel et s'en remettre à se rétablir (après le choc). Il existe une relation entre la résilience et la capacité d'adaptation. Par conséquent, la résilience n'est pas toujours la même, elle varie également d'un groupe à l'autre au sein d'une même communauté. Une résilience élevée se fait par une réduction de la vulnérabilité et une augmentation de la capacité d'adaptation savoir être à même de s'adapter afin d'être moins vulnérable. Il s'agit du potentiel d'un système à s'ajuster au changement climatique (y compris la variabilité du climat et les extrêmes climatiques), à modérer les dommages potentiels, à tirer parti des opportunités ou à faire face aux conséquences. L'interaction des forces environnementales, sociales, culturelles, politiques et économiques définit la capacité d'adaptation qui se fait par la détermination de la vulnérabilité à travers les expositions et les sensibilités, et la façon dont les composantes du système réagissent de manière interne aux chocs. Les adaptations sont des manifestations de la capacité d'adaptation (Smit, 2006). Deux dimensions jouent un rôle essentiel dans la résilience : une fois pour se remettre des chocs et la deuxième pour s'adapter au changement. Les chocs diminuent directement ou indirectement cette capacité d'adaptation qui a un effet à long terme et elle est donc la première préoccupation pour assurer la résilience. Lorsqu'un système présente une forte capacité d'adaptation, il est probablement plus résistant aux variabilités, au changement ou aux extrêmes climatiques quand ils se produisent. L'un des facteurs les plus importants, qui déterminent la capacité d'adaptation des individus, des ménages et des communautés, est leur accès aux ressources naturelles, humaines, sociales, physiques et financières, ainsi que la capacité du contrôle qu'ils exercent sur ces ressources. L'accès et le contrôle des ressources nécessaires à l'adaptation varient d'un pays à l'autre et d'une communauté à l'autre, ils sont influencés par des facteurs externes tels que les politiques, les institutions et les structures de

pouvoir. La capacité d'adaptation peut varier dans le temps en fonction de l'évolution des conditions, et peut différer en fonction de dangers particuliers. L'un des points importants pour une bonne capacité d'adaptation est la prise en compte de l'impact des politiques macroéconomiques du gouvernement sur les différentes disciplines, les environnements sociaux et économiques pour faire face aux risques liés à cet aspect dans la région. Dans certains cas, il est possible de réduire la gravité de la vulnérabilité grâce à la créativité et à l'innovation pour ce qui concerne la modification de l'environnement et grâce à la résilience des agriculteurs (Javadinejad, 2021).

2.2 La résilience des systèmes agricoles

La résilience des systèmes agricoles revient à leur capacité à s'adapter en cas de perturbations et à revenir à un état de routine face à un changement dans l'environnement marqué par des perturbations de la nature. Les systèmes agricoles résilients sont des systèmes qui peuvent eux-mêmes se remettre en forme après des perturbations éventuelles, y compris des événements climatiques extrêmes comme les sécheresses, les inondations ou les ouragans, et résister aux attaques des organismes nuisibles et aux maladies. Un ménage de petits exploitants est donc considéré comme résilient, lorsqu'il est moins vulnérable aux chocs naturels dans le temps et qu'il peut s'en remettre (Perez, 2015). Plusieurs pratiques agroécologiques peuvent intervenir, telles que la diversification des cultures, la gestion de l'eau, la préservation des plantes et la réduction de la dépendance aux intrants extérieurs ; elles sont essentielles pour accroître la résilience des systèmes agricoles.

L'un des principaux enjeux auquel les agriculteurs dans la région méditerranéennes doivent faire face est le changement climatique. Conserver la résilience des systèmes agricoles dans cette région est par conséquent un défi (Rivington, 2007). La résilience est classiquement définie comme une mesure de la stabilité et de la persistance d'un système proche d'un état d'équilibre (Gunderson L. H., 2002); (Holling C. S., 1973); (Reggiani, 2002). Elle correspond à la capacité d'un système à absorber les perturbations et à se réorganiser de manière à conserver ses propres caractéristiques en termes de structure et de fonction (Carpenter, 2001). La résilience des systèmes agricoles est reconnue par de nombreux auteurs, comme leur capacité à réaménager et à maintenir leur activité et leur composition en couvrant différentes échelles spatiales et temporelles (Carpenter, 2001) ; (Enfors, 2007) ; (Walker B. H., 2004).

L'étude de ce type d'adaptation, systèmes qui peuvent se réadapter, permet d'identifier des stratégies visant à influencer la résilience par des interventions qui maintiennent le système dans un état de stabilité (Walker B. H., 2004).

Diverses études et différents auteurs affirment que la divergence entre les stratégies des exploitations agricoles et, par conséquent, leur résilience face au changement climatique peut s'expliquer par les diversités observées au niveau régional en termes de systèmes de culture (céréales vs vergers ; sec vs irrigué), de types de systèmes agricoles (petites exploitations vs grandes exploitations ; exploitations mixtes vs exploitations monoculture) et de disponibilité et de qualité des ressources en eau, en terre et en main-d'œuvre (Rodriguez, 2011) (Reidsma P. E., 2010).

Le changement climatique introduit de nouveaux risques pour la production agricole et modifie les risques existants. La résilience fait référence aux actions visant à renforcer le pouvoir contre les effets de ce changement (Smith, 2008), elle est définie comme une mesure de la stabilité et de la persistance d'un système proche d'un état d'équilibre. Cette résilience agricole est spécifique au contexte et dépend de trois caractéristiques principales : les menaces (changement

climatique), la vulnérabilité (exposition due aux agroécosystèmes et aux caractéristiques des agriculteurs) et la capacité de réaction (capacité des agriculteurs à s'adapter et à se rétablir) (Altieri, 2015). Cette définition place l'agriculteur au cœur de l'évaluation et de l'amélioration de la résilience au niveau des exploitations.

L'évaluation de la résilience des systèmes agricoles nécessite la détermination de leur stabilité et leur persistance proche du cas d'équilibre initial et le degré de réorganisation du système après les chocs (Carpenter, 2001). Vu du niveau local, les agriculteurs sont confrontés à des mouvements et des perturbations induits par les tendances régionales, nationales ou mondiales, la saisonnalité ou les chocs. En d'autres termes, les agriculteurs doivent renforcer leur résilience (Milestad, 2003). Il n'existe pas de système toujours stable, surtout dans le cadre de la l'agriculture. Chaque changement majeur environnemental ou social modifie la relation entre l'homme et l'environnement, ce qui donne lieu à un nouvel équilibre (Gunderson L. , 2010) ; (Berkes, 2006).

Dans son étude (Constas, 2014), l'auteur propose un modèle analytique pour mesurer la résilience selon trois composantes (ex-ante, perturbation et ex-post) avec des catégories d'indicateurs :

Composante ex ante – données décrivant l'état initial avant un choc.

Composante perturbation – données décrivant les effets des chocs et des contraintes.

Composante ex-post - données sur les états/trajectoires ultérieurs après les chocs.

Composante ex ante – Génère des données pour décrire l'état initial, avant un choc, à l'aide de catégories d'indicateurs qui représentent :

- Le résultat d'intérêt pour le développement (par exemple, la sécurité alimentaire) qui tient compte du fait que les états de bien-être ne sont pas statiques ;
- La capacité de résilience en tant qu'ensemble de compétences, d'aptitudes, de relations et de ressources détenues par un ménage, communauté ou unité plus grande ;
- Les variables qui influent sur la probabilité et les conséquences de l'exposition au risque (p. ex., vulnérabilité).

Composante perturbation – Génère des données pour décrire l'intensité et les effets de divers types de chocs et de facteurs de stress, notamment :

- Les catastrophes naturelles/facteurs de stress, tels que les inondations, les sécheresses, les tremblements de terre et le climat ;
- Les épidémies de ravageurs et de maladies qui menacent la production agricole ;
- Les conflits politiques qui menacent directement le bien-être et/ou perturbent les systèmes (les gouvernements, les institutions, l'infrastructure physique, les marchés) desquels l'être humain dépend ;
- Les chocs économiques et les facteurs de stress qui affectent les avoirs en actifs, les habitudes de consommation, les prix des denrées alimentaires et des produits de base, ainsi que d'autres perturbations économiques qui peuvent affecter le bien-être.

Il est important de recueillir des informations sur les perturbations qui permettent non seulement d'enregistrer l'exposition à un choc, mais aussi de refléter le fait que ces chocs et leurs effets sont souvent très interactifs.

Composant ex-post – Cela génère des données pour décrire l'état final lorsque le dernier tour des données de mesure est collecté à l'aide de catégories d'indicateurs qui représentent :

- La capacité de résilience en tant qu'ensemble de compétences, d'aptitudes, de relations et de ressources détenues par un ménage, d'une communauté ou d'une unité plus grande. Remarque : il est important de mesurer à la fois les données ex ante et indicateurs ex post, car les ressources qui composent la capacité de résilience sont souvent sacrifiées pour répondre à des besoins à court terme ;
- Les variables qui influent sur la probabilité et les conséquences de l'exposition au risque (p. ex., vulnérabilité) ;
- Les résultats en matière de développement à l'aide d'indicateurs liés, par exemple, à la sécurité alimentaire, à la pauvreté ou la sécurité.

2.3 Comment mesurer la résilience des systèmes agricoles ?

La mesure et la mise en place de la résilience sont difficiles (Bennett, 2005) (Cumming, 2005). Dans la littérature, peu de cadres méthodologiques sont disponibles pour mesurer opérationnellement la résilience des systèmes agricoles et, en particulier, celle des systèmes de production (Alexandrov, 2000); (Anderies, 2006); (Kaine, 2005); (Reidsma P. E., 2009). D'une part, un groupe d'études concentre son analyse au niveau du champ et sur les composantes biophysiques, telles que le rendement (Luers, 2003); (Reidsma P. E., 2010) et la variabilité en termes d'effet des stress hydriques et thermiques, l'élévation du CO₂ (Alexandrov, 2000) et l'indice hydrique du sol (Enfors, 2007). D'autre part, le second groupe avec quelques études portant sur le niveau de l'exploitation agricole analyse l'évolution du stock de capital (culturel, humain, naturel, social) et quantifie la résilience financière au moyen d'indicateurs de rentabilité, de liquidité, de solvabilité et d'efficacité financière de l'exploitation (Parsonson-Ensor, 2011). Une sélection de ces analyses est présentée ci-dessous.

Le rapport "Resilience Index Measurement and Analysis" (RIMA), développé par (FAO, 2016) , consiste à évaluer les indicateurs suivants qui se composent de quatre piliers :

1. **L'accès aux services de base** : présente la possibilité d'un ménage de répondre aux besoins fondamentaux de ses membres comme l'envoi des enfants à l'école, l'accès à l'approvisionnement en eau, les installations électriques ;
2. **Les actifs** : permettent aux ménages de produire et de consommer des biens et des services ;
3. **Des filets de sécurité sociale** : évaluent la possibilité pour le ménage d'avoir accès à des services formels et informels de la part d'institutions publiques et privées, ainsi que de leurs parents et amis ;
4. **La capacité d'adaptation** : consiste en la possibilité de s'adapter à de nouvelles situations et d'élaborer de nouvelles stratégies de subsistance.

Une autre façon de mesurer la résilience consiste à utiliser un ensemble d'indicateurs indirects (Thakur, 2018). On identifie cinq piliers clés pour prédire la résilience de l'agriculteur :

1. Accès à la nourriture,
2. Actifs détenus,
3. Bonnes pratiques agricoles,
4. Capacité d'adaptation
5. Réseaux sociaux.

Chaque pilier est composé d'environ 2 à 4 indicateurs et il existe 14 indicateurs au total qui alimentent l'indice de résilience.

Accès à l'alimentation : Ce pilier vérifie, en cas de choc financier, dans quelle mesure les ménages pourront se nourrir avec les céréales existantes provenant des cultures de la saison précédente sans avoir recours à d'autres moyens. Les indicateurs mesurent spécifiquement s'il reste du grain au ménage et la quantité de céréales qu'il reste pendant la saison de la faim. D'une certaine manière, ce pilier mesure l'autoconsommation.

Actifs détenus : Lorsqu'un ménage est confronté à un choc de revenu, il peut choisir de le réduire pour s'adapter aux nouvelles réalités. Étant donné que nous travaillons sur des petits exploitants agricoles dont les modes de consommation sont limités au strict nécessaire, une diminution substantielle de leur consommation pourrait entraîner des conséquences sur leur santé ou leur qualité de vie. Alternativement, l'épargne ou les actifs accumulés avant le choc pourraient être vendus ou échangés pour limiter la baisse de la consommation. Dans le cadre de ce pilier, on mesure le niveau actuel d'épargne du ménage ainsi que la valeur de leurs biens physiques et d'élevage qui peuvent être échangés (autodéclarés par les agriculteurs).

Pratiques et technologies agricoles : On mesure ici les pratiques qui peuvent, dans la mesure du possible, mettre les revenus agricoles à l'abri des chocs. Il existe deux types d'indicateurs dans le cadre de ce pilier.

Le premier est lié à l'utilisation de bonnes pratiques agricoles qui permettent d'obtenir des rendements plus élevés.

Le second correspond à l'indice de diversité des cultures. Cultiver un ensemble diversifié de cultures isole les agriculteurs des chocs qui ciblent une culture particulière, réduit la dépendance excessive à l'égard d'une seule culture (ou peu de cultures) et contribue également à une alimentation plus nutritive pour le ménage si celui-ci consomme les productions cultivées.

Capacité d'adaptation : c'est la capacité du ménage à s'adapter à un environnement changeant. La résilience ne repose pas seulement sur la capacité à absorber un choc, mais aussi à celle de redistribuer les stratégies d'adaptation avec l'évolution de l'environnement. En d'autres termes, la résilience peut être considérée à la fois comme une force et une flexibilité (La force peut faire référence aux actifs et aux réseaux existants, la capacité d'adaptation fait référence à la flexibilité). Divers facteurs déterminent la capacité d'adaptation ; avoir des enfants instruits procure un avantage à la famille pour l'avenir, une famille en meilleure santé sera en mesure de mieux s'adapter et rebondir après un choc, et la diversité des revenus ouvre des options pour le ménage. Par exemple, (Karfakis, 2011) montre que l'augmentation du niveau d'éducation des agriculteurs peut être un moyen efficace de réduire la vulnérabilité des ménages au changement climatique.

Réseaux sociaux : Le soutien de la famille et des amis peut être très important surtout en cas de besoin. Ce soutien peut être émotionnel, financier ou matériel. Emprunter de l'argent à la famille et aux amis est un recours pour de nombreux participants aux groupes de discussion qui ont déclaré s'être engagés à lisser leurs flux de trésorerie après avoir fait face à des chocs ou à des déficits de revenus. Par conséquent, on suppose qu'un ménage disposant de réseaux plus vastes et plus profonds aura plus de capacité de résilience, car il pourra « se rabattre » sur le soutien de son réseau si nécessaire.

Passant maintenant à la section qui présente le cadre conceptuel utilisé pour évaluer la résilience des systèmes agricoles. Classiquement, l'analyse de la résilience des systèmes agricoles implique de répondre aux trois questions suivantes (Carpenter, 2001) :

Résilience de quoi ?

Les systèmes agricoles sont souvent complexes et hiérarchiquement mélangés (Ewert, 2005). Lorsqu'on aborde la question des stratégies des systèmes agricoles, trois niveaux fonctionnels

sont mentionnés : i) le champ en tant qu'élément de base où les processus montrent la relation entre le sol et la plante (flux d'eau et de minéraux, rendement...), ii) l'exploitation agricole, là où se présente et où l'on mesure la résilience des systèmes agricoles, et iii) la région, en tant que niveau des marchés agricoles, du travail et de la terre, de la gestion de l'eau, c'est à ce niveau que les décisions sont prises et les politiques appliquées (subventions, pénalités, etc.). Chaque décision prise à un niveau particulier du système hiérarchique complexe (champ, exploitation et région) peut avoir des effets négatifs et/ou positifs sur le fonctionnement des autres niveaux (Walker B. G., 2006). Par exemple, une modification de la gestion des cultures au niveau du champ entraîne souvent un changement dans le rendement des cultures à ce niveau, mais peut également avoir un impact sur le revenu agricole et le marché agricole au niveau de l'exploitation et de la région, si elle est appliquée à plusieurs champs et types d'exploitation (Belhouchette, Assessing the impact of the Nitrate Directive on farming systems using a bio-economic modelling chain, 2011). Plus précisément, si l'objectif de l'étude est d'analyser la résilience des systèmes agricoles, on prend comme point d'entrée le niveau de l'exploitation dans le système, mais il est aussi nécessaire de prendre en compte le niveau du champ en ce qui concerne les performances des systèmes de culture appliqués et le niveau régional pour les interactions entre les exploitations en ce qui concerne les ressources clés telles que la terre, l'eau et la main d'œuvre.

Résilience à quoi ?

Face à des perturbations externes (climat, marché, politique et innovation), les systèmes agricoles peuvent modifier leur fonctionnement (Ross, 2008). Selon Ross, le changement peut être caractérisé par trois éléments : i) les perturbations externes (également appelées forces motrices), telles que le climat et/ou le marché ; ii) la trajectoire du système qui passe d'un état initial (T_0) défini par ses caractéristiques biophysiques, socio-économiques et environnementales et toutes les interactions qui déterminent le potentiel productif du système à un second état (T_1) ; et iii) l'effet du changement déterminé par la différence entre les deux états du système. L'horizon temporel approprié ($T_h = T_1 - T_0$) doit être choisi en fonction de la nature des forces motrices externes étudiées et de la temporalité de la réaction du système agricole (de T_0 à T_1) aux chocs perturbateurs. Dans les études sur l'impact du changement climatique, une période d'au moins 20 à 30 ans est recommandée pour obtenir un changement significatif des forces motrices (GIEC, 2007). Cependant, pour un horizon temporel aussi long, il existe une grande incertitude dans les évolutions techniques et socio-économiques. Par exemple, dans le domaine économique, la volatilité des prix des produits et les politiques agricoles qui pourraient être appliquées sont les principales raisons de cette incertitude. Une fois l'horizon temporel fixé, certains auteurs (Carpenter, 2001); (Gunderson L. H., 2002) estiment qu'il faut toujours déterminer, pour la période considérée, le pas de temps pertinent pour analyser la résilience des systèmes agricoles, car les systèmes agricoles ne seront résilients que si cela se vérifie à chaque pas de temps. Cependant, d'autres auteurs dont (Parsonson-Ensor, 2011) insistent sur le fait que la résilience des systèmes agricoles ne peut être analysée qu'à la fin de la phase de transition, c'est-à-dire à l'horizon temporel (T_h).

Résilience de quelles caractéristiques ?

Plusieurs indicateurs socio-économiques, agronomiques et environnementaux peuvent être calculés à différents niveaux et échelles temporelles pour caractériser la stabilité du fonctionnement et de la structure des systèmes agricoles face aux perturbations. Cela pourrait conduire à l'introduction d'un nombre infini de combinaisons indicateur/échelle qui rendrait

l'exercice très compliqué et difficile à réaliser. En outre, plusieurs indicateurs ont un niveau spécifique auquel ils sont plus pertinents d'un point de vue scientifique et plus significatifs pour les parties prenantes (van Ittersum, 2008). Par ailleurs, les indicateurs peuvent être corrélés, en particulier avec des scénarios simples : par exemple, le revenu agricole et le rendement des cultures ont une relation forte et souvent positive à condition que les prix des produits soient maintenus constants. Pour éviter ces problèmes, (Parsonson-Ensor, 2011) recommandent, lors de l'évaluation de la résilience des systèmes agricoles, de considérer des indicateurs qui expriment l'évolution i) du capital naturel, lui-même divisé en trois catégories clés : les ressources naturelles, la terre et les écosystèmes ; ii) du stock de capital fabriqué par l'homme, à savoir les infrastructures et les machines utilisées pour la production agricole et le bétail ; iii) du stock de capital social qui peut inclure, dans l'agriculture, les travailleurs agricoles et leur statut (connaissances, compétences...), ou qui peut se concentrer sur la résilience financière des systèmes agricoles en utilisant des indicateurs tels que la rentabilité de l'exploitation, la liquidité, la solvabilité, etc. Nous avons choisi d'exprimer ces stocks et flux à travers trois indicateurs. Les deux premiers, les stocks de terres et de main-d'œuvre, caractérisent la structure de l'exploitation, et le troisième, le revenu, est la principale fonction du système pour la plupart des agriculteurs.

Le stock de terres (indicateur de la structure de l'exploitation) : L'évolution des terres agricoles peut être un levier pour s'adapter aux perturbations qui entraînent une baisse de la rentabilité des activités de production possibles. Son augmentation ou sa diminution, par l'achat ou la vente de terres agricoles, peut permettre de garantir un revenu familial constant ou minimum.

Le stock de main-d'œuvre (indicateur de la structure de l'exploitation) : La quantité de main-d'œuvre familiale et salariée dépend de la spécialisation de l'exploitation (par exemple, élevage, cultures arables, cultures mixtes...), du type de système de culture (par exemple, céréales ou vergers, irrigué ou sec), ainsi que de la disponibilité et du coût de la main-d'œuvre dans la région. En conséquence, l'évolution des activités de production agricole peut entraîner celle de la main-d'œuvre agricole.

Le flux de revenus (indicateur de la fonction agricole) : Ce flux est lié aux incertitudes du climat et du marché en raison de leur impact sur le revenu agricole. À moyen terme, le choix du système de culture peut affecter la qualité du sol et de l'eau (par exemple, la salinité du sol) et, par conséquent, le revenu de l'exploitation.

En anticipant et en déduisant l'effet relatif des perturbations sur les valeurs de ces trois indicateurs, nous pouvons esquisser, *a priori*, cinq types de stratégies possibles d'adaptation des systèmes agricoles en ce qui concerne la résilience (figure 4) :

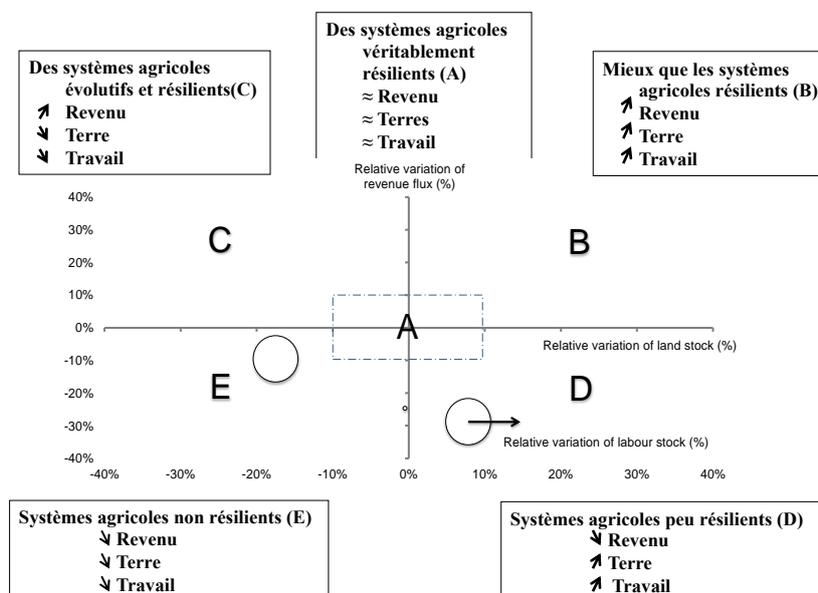


Figure 4: Indicateurs de résilience : Variation relative du stock de terres (axe x), du flux de revenus (axe y) et du stock de main-d'œuvre entre deux états du système (T0 et T1). Source : Souissi et al 2018

Type 1 : Les systèmes agricoles réellement résilients (A) sont capables de maintenir leurs revenus, leurs terres et leur main-d'œuvre. Les agriculteurs sont capables de faire face aux perturbations en ajustant leurs systèmes de production, afin de maintenir la fonction principale de l'exploitation qui est de fournir des revenus, sans changements importants dans la structure de leurs exploitations, c'est-à-dire la terre et la main d'œuvre de leurs exploitations.

Type 2 : Les systèmes agricoles plus résilients (B) sont capables d'augmenter leurs revenus en se concentrant sur les activités les plus rentables (culture et/ou élevage), mais aussi en modifiant la structure de leurs exploitations, c'est-à-dire en augmentant les stocks de terre et de main-d'œuvre.

Type 3 : Systèmes agricoles résilients évolutifs (C) : exploitations pour lesquelles le flux de revenus augmente, tandis que le stock de terres et celui de main-d'œuvre diminuent. Dans ce cas, la réduction des terres agricoles par l'abandon des terres moins fertiles et des activités de production moins rentables, et probablement par l'intensification des activités de production les plus rentables dans les sols plus fertiles, permet aux agriculteurs de maintenir, voire d'accroître leur rentabilité.

Type 4 : Systèmes agricoles peu résilients (D) : Dans ces exploitations, malgré une modification de la structure de l'exploitation (c'est-à-dire que les stocks de terres et de main-d'œuvre augmentent), le flux de revenus diminue. Les agriculteurs n'ont pas non plus de flexibilité pour réorganiser leurs activités de production, par exemple pour modifier leurs pratiques culturales afin de réduire les coûts ou d'augmenter les rendements.

Type 5 : Les systèmes agricoles non résilients (E) se caractérisent par une baisse des flux de revenus agricoles et une diminution des stocks de terres et donc de main-d'œuvre. Les agriculteurs ne sont pas en mesure d'adapter leurs activités de production pour maintenir la viabilité de leurs exploitations, et préfèrent donc louer les terres pour s'assurer un revenu agricole minimum.

Le stock de main-d'œuvre représente la troisième dimension, la variation relative entre deux états du système étant représentée par la taille du cercle. La couleur grise indique une variation positive de la main-d'œuvre, tandis que la couleur noire indique une variation négative ; un

point indique une variation nulle de la main-d'œuvre ; le rectangle en pointillés délimite les groupes d'exploitations.

Comme précédemment présenté dans cette section, il existe diverses approches et multiples critères permettant d'analyser et de mesurer la résilience, notamment celle des systèmes agricoles. Afin de mener une analyse approfondie, il est essentiel de suivre des méthodologies rigoureuses et de prendre en compte des critères spécifiques adaptés à la nature complexe des systèmes agricoles et, comme la mesure de la résilience n'est pas facile, il est important de comprendre les systèmes que nous étudions et dans quelle conditions (économique, sociale, environnementale, agricole...) ils se trouvent.

3 Caractérisation de la diversité agricole au Liban et zonage des activités agricoles à Baalbek El-Hermel

3.1 Diagnostic global de la zone d'étude

Dès le début de son établissement, le Liban a été valorisé par son histoire riche et complexe. La région est habitée depuis la Préhistoire et a été gouvernée par différents empires au cours de l'histoire, notamment les Phéniciens, les Perses, les Grecs, les Romains et les Ottomans. Au XIXe siècle, le Liban faisait partie de l'Empire ottoman et a connu une période de stabilité relative, les différents groupes religieux étaient, à l'époque, concentrés sur le développement économique et culturel. En 1943, le pays a pris son indépendance de la France, qui le gérât sous mandat depuis 1920. Dès son indépendance, le Liban a connu des périodes alternées de stabilité politique et de richesse. Après une cinquantaine d'années, la guerre civile s'est installée (1975-1990) en causant des troubles politiques et des conflits armés, avec des retombées sur la guerre civile syrienne (2011-aujourd'hui) (Barnet) (Sune, 2011).

Le Liban est situé au Moyen-Orient, sur le versant oriental de la Méditerranée (Figure 1). Il partage ses frontières avec la Syrie au nord et à l'est sur 376 km, la Palestine au sud sur 79 km et Chypre à l'ouest, au large de ses 220 km de côtes dans le bassin Levantin (partie orientale de la mer Méditerranée). Le pays a une superficie de 10 452 km², dont 98,4% sont des terres et 1,6% de l'eau. Il est principalement montagneux, avec une étroite bande côtière urbanisée et une plaine intérieure appelée la Bekaa, enserrée entre les montagnes du Liban et de l'anti Liban. Le pays est considéré comme riche en eaux superficielles et souterraines, avec 65% de son territoire estimé comme karstique (Akkari, 2022)

Sur le plan économique, le Liban se distinguait par un secteur bancaire solide, avec un grand nombre de banques opérant sur son territoire (Verdeil E. F., 2013). Cela était le cas avant les manifestations que le Liban a vécues le 17 octobre 2019, lorsque le peuple s'est opposé aux taxes et à la crise économique qui commençait. Le pays présente des inégalités socio-économiques marquées, avec un taux de pauvreté atteignant 65 % en janvier 2021 et un taux d'inflation d'environ 400 %. Cette situation a perduré et la pauvreté a continué à augmenter pour atteindre les 80% l'année suivante. Les inégalités de richesse sont également significatives, les 1 % les plus riches possédant 58 % de la richesse de l'ensemble de la population (Antonios, 2023). Par ailleurs, en parallèle, une grande partie de la population, en particulier les gens qui appartiennent aux classes modestes, se sont retrouvées confrontées à des pénuries d'eau potable et d'électricité, au chômage, à la hausse des prix, à la corruption endémique et à des infrastructures publiques chancelantes. Par ailleurs, l'un des effets, qui influent négativement en plus sur l'économie libanaise, correspond aux sanctions américaines (Kochuyt, 2004). Selon Georges Corm, « *Une grande partie des problèmes économiques et politiques du Liban peut être attribuée à une transition mal achevée d'une économie largement rurale à une économie moderne de services à haute valeur ajoutée. [...] La montagne libanaise, à l'aube de l'indépendance en 1943, concentrait encore la majorité de la population et restait largement une société rurale et artisanale. Jusqu'au milieu des années cinquante, le Liban était essentiellement exportateur de produits agricoles, notamment les agrumes, les pommes et les légumes, et l'agriculture continuait de jouer un rôle majeur dans son économie* » (Corm, 2005). Cependant, l'emploi informel s'est répandu, et l'économie libanaise est confrontée à des défis majeurs, tels que l'instabilité politique, les tensions régionales et les crises économiques répétitives (Verdeil E. F., 2013).

Le Liban comprend également la plus grande proportion de terres arables parmi tous les autres pays arabes, ce qui constitue un atout pour son secteur agricole. L'un des problèmes qu'on ne peut négliger concerne les problèmes fonciers au Liban en raison de leur complexité et leur persistance. Le pays est confronté à des luttes foncières qui durent depuis des années, du nord au sud en passant par la Bekaa. Ces problèmes sont exacerbés par l'absence d'un cadastre fiable, ce qui rend le secteur foncier "plus opaque que jamais" selon les syndicats. Le pluralisme du Liban et sa petite dimension géographique qui en fait l'un des pays les plus petits dans le monde, posent également des problèmes, car cela peut entraîner des tensions, en particulier en l'absence de réglementations claires et de mécanismes efficaces pour résoudre les disputes liées au foncier (Messarra, 2023). Ces problèmes fonciers s'inscrivent dans un contexte plus large d'inégalités socio-économiques marquées au Liban.

3.2 Le secteur agricole libanais

Le Liban revêt une importance agronomique significative du fait de ses terres fertiles, de ses ressources hydrauliques nombreuses et de son climat méditerranéen avantageux pour une variété de cultures (El-Hayek, 2023) (Blanc, L'agriculture au Liban : entre contraintes géopolitiques et retrait du politique, 2013). Malgré tous les facteurs favorables qui peuvent en faire un secteur performant, l'agriculture libanaise a été négligée au profit du secteur des services, ce qui a entraîné une régression de sa contribution au PIB au fil des ans. De plus, la guerre civile (1975-1990) a également eu un impact négatif, à cause du déplacement obligatoire de milliers d'agriculteurs et de l'abandon en friche de leurs terres. (El-Hayek, 2023).

Le paysage agraire libanais est caractérisé par l'existence d'une petite agriculture rassemblant une majorité de ménages ruraux (CIRAD-CIHEAM-IAMM, 2017). Le secteur agricole (hors agroalimentaire) contribue, selon le recensement de l'État libanais de 2018, au PIB libanais à hauteur de 3,5 % (2,5 % en 2020) et emploie environ 3,6 % (2,3 % en 2020) de la population active (Trésor, 2022). Le Liban se caractérise par une forte production de fruits et légumes (MOA, Stratégie politique agricole.). Le Centre de recherche et d'études agricoles libanais a signalé que la production agricole nationale aurait reculé de 12% entre 1970 et 2008 (Chehaita, 2015). La situation actuelle, marquée par une dépendance alimentaire croissante en raison de l'épuisement des devises étrangères, a mis en évidence l'importance importante du secteur agricole pour la sécurité alimentaire du pays (El-Hayek, 2023).

La diversité agricole, caractérisée par une grande variété de climats et de cultures, ainsi que par la présence d'une petite agriculture familiale, est un point marquant qui détermine la spécialisation du secteur agricole (CIRAD-CIHEAM-IAMM, 2017) (Chehaita, 2015). Des études réalisées par le ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, celui de la Défense libanaise nationale, le ministère de l'Agriculture de la République Libanaise et le CIRAD, avec la collaboration de l'IAMM et de la FAO (Trésor, 2022) (Chehaita, 2015) (MOA, Stratégie politique agricole.) (CIRAD-CIHEAM-IAMM, 2017), nous présentent un diagnostic global de la diversité agricole au Liban :

- Le secteur agricole contribue à 3,5% du PIB libanais et emploie environ 3,6% de la population active.
- Malgré tous les avantages environnementaux (ressources en eau, diversité agro-climatique), l'agriculture libanaise rencontre des problèmes structurels, tels que l'investissement faible (1% du PIB) et la dévaluation de la livre libanaise.
- Plus de 80% de l'alimentation est importée, et la majorité des intrants agricoles l'est également.

- Le coût de la production agricole a augmenté de plus de 50% en moyenne entre 2008 et 2020, et les importations de produits agricoles ont été divisées par deux entre 2019 et 2020.
- Le Liban est un pays à vocation agricole, avec une forte production de fruits et légumes.
- La production agricole a reculé de 12% entre 1970 et 2008, alors que les productions de fruits et légumes ont augmenté.
- L'agriculture biologique a un potentiel de développement, avec des conditions favorables telles que l'existence d'une demande locale, des conditions climatiques optimales, une industrie agroalimentaire bien développée et l'attrait que représente l'agriculture biologique pour un bon nombre d'agriculteurs.
- La petite agriculture familiale est un élément clé du paysage agraire libanais, avec de nombreuses exploitations agricoles très petites.

En résumé, la diversité agricole au Liban est marquée, d'une part, par une variation climatique et des cultures, et, d'autre part, par la présence d'une agriculture familiale petite. En outre, le secteur rencontre des défis liés à la crise économique, tels que l'instabilité politique et la dévaluation de la livre libanaise, le faible investissement dans le secteur et une augmentation du coût de la production agricole. Cependant, l'agriculture biologique a un potentiel de développement, par contre, des efforts supplémentaires sont nécessaires pour améliorer la productivité et la compétitivité du secteur.

Au niveau des disparités sociales, le décalage entre les différentes couches sociales et entre les régions ne cesse de s'élargir et il est aggravé par la présence des réfugiés syriens (HCR, 2016) qui s'installent en grande partie dans la périphérie du pays, notamment dans la Bekaa (412.200 réfugiés inscrits en 2015). La crise des réfugiés met une grande pression sur les collectivités locales, aggrave la pauvreté et le chômage et pèse sur les finances publiques et les infrastructures déjà fragiles. Sur le plan politique, la présidence de la République est vacante depuis plus d'un an maintenant et le gouvernement ne semble pas en mesure de mettre en œuvre une politique économique efficace contre la crise. (BouAntoun, 2017). Cette information était publiée dans la thèse de BouAntoun en 2017, aujourd'hui, en 2023, nous revivons la même situation et la même instabilité politique en plus de l'occupation israélo-palestinienne et israélo-libanaise. La guerre entre Israël et le Liban a commencé dès la création de l'État d'Israël en 1948. Depuis lors, les deux pays ont été impliqués dans plusieurs confrontations militaires. En 2006, une guerre majeure a éclaté. Une grande tension persiste et la région reste sujette à des périodes d'escalade de violence. Le Liban a subi d'importants dommages économiques, y compris des pertes d'infrastructures et des déplacements massifs de populations. L'agriculture, qui est un pilier de l'économie libanaise, a également été gravement touchée, avec des pertes de récoltes, des dommages aux terres agricoles et des perturbations des activités agricoles en raison des hostilités. De plus, l'attaque a entraîné des conséquences environnementales, telles que des dégâts terrestres et des risques pour la sécurité alimentaire. Ces impacts ont eu des répercussions à long terme sur l'économie et l'agriculture du Liban, mettant en évidence les défis de la résilience économique et environnementale dans un contexte d'une guerre prolongée (Thibaud, 2021). L'attaque israélienne sur le Liban ne s'est pas cantonnée à une simple attaque armée, elle a également touché l'environnement et le secteur agricole avec l'utilisation présumée de phosphore blanc par Israël dans le sud du Liban lors d'hostilités transfrontalières, selon des rapports d'Amnesty International en 2023.



Figure 5: Une munition d'artillerie israélienne explose au-dessus de Dhayra, un village libanais à la frontière avec Palestine occupée. Lundi 16 octobre 2023. AP Photo/Hussein Malla

Le phosphore blanc est une substance incendiaire dont l'utilisation est limitée en vertu du droit international humanitaire, en raison de ses effets incendiaires graves sur les personnes et les structures civiles. L'utilisation de ce type de munitions a soulevé des préoccupations quant à ses effets sur la population civile, l'agriculture et l'environnement dans le sud du Liban (AMNESTY, 2023). Les rapports ont également mis en évidence les risques socio-environnementaux associés à l'utilisation de telles munitions et ont appelé à des stratégies d'atténuation des risques. À la suite de ces attaques, plus de 47 000 oliviers ont été brûlés lors des frappes israéliennes, ce qui a eu un impact significatif sur l'agriculture et l'environnement de la région (OLJ, 2023). Ces attaques ont suscité des préoccupations quant aux conséquences sur les moyens de subsistance des populations locales et sur l'écosystème agricole dans le sud du Liban (Pernot, 2023). Les dommages causés aux oliveraies ont eu un impact négatif sur l'agriculture et l'économie de la région, mettant en évidence les conséquences humanitaires et environnementales des hostilités (Kallab, 2023). La situation géopolitique du Liban le rend vulnérable à tous les niveaux.

La Bekaa, la région où se situent nos zones d'étude de recherche, fait partie des régions libanaises qui subissent le plus les retombées du système économique libanais. La plaine perd régulièrement de sa richesse physique et humaine à cause de la négligence des gouvernements successifs. (BouAntoun, 2017). C'est une région périphérique qui couvre 4.436 km², à l'est du pays le long de la frontière Syrienne. La dégradation de l'agriculture a engendré un recul continu et important de la population dans les zones rurales depuis l'époque du mandat français. Les ruraux formaient 67% de la population en 1932, 49% en 1959, 39% en 1970 et ne sont plus que 19% en 1996 (BouAntoun, 2017).

Kubursi met l'accent sur la négligence par l'État du secteur agricole avant la guerre civile, en disant : « *Throughout the 1950s and all through the early 1970s, the Lebanese economy grew rapidly and cumulatively. This high growth was characterized, however, by severe imbalances between sectors, regions, classes and sects. Agriculture in Lebanon did not grow to its full potential and was constrained by insufficient government attention and encouragement and by an adverse macroeconomic regime that promoted services and trade at the expense of productive activities* » (Kubursi, 1999). L'absence de l'État, malgré la présence des lois a eu plusieurs conséquences, l'une d'elles a été l'encouragement de l'expansion de la culture de cannabis dans la Bekaa. En 1929, la superficie consacrée à la culture illicite était de 200 ha, vers la fin des années quarante, elle grimpe jusqu'à 2.000 ha et atteint les 6.000 ha en 1965 (Darwich S. , 2004). En outre, l'absence et/ou l'incapacité de l'État a eu aussi un effet social

sur la garantie d'une vie décente à la population de la Bekaa, ce qui a favorisé le développement d'autres structures sociales comme alternatives, notamment les clans et les partis politiques. La Bekaa présente plusieurs caractéristiques favorables au développement de l'agriculture. Citons, à titre d'exemples, la nature des sols, leur teneur en matière organique et en acidité, leur profondeur, leur faible inclinaison, *etc.* De même, le climat et la richesse en ressources hydriques constituent des avantages considérables. A part les caractéristiques physiques, la population de la Bekaa constitue également un atout important. Dans cette plaine, on peut parler « d'atmosphère agricole » où le savoir-faire et les pratiques agricoles sont transmis d'une génération à l'autre. Malheureusement, la dégradation continue de l'agriculture risque de mettre ce potentiel humain si riche sur les routes de l'exode et de l'émigration. Le fleuve Oronte (Al Assi en arabe) prend ses sources dans la Bekaa pour se jeter également dans la Méditerranée mais du côté nord près du port de Samandag dans la région de Hatay, au sud-est de la Turquie, traversant ainsi la Syrie. Le bassin versant de l'Oronte dans la Bekaa est de 2.168 km. Toutefois, le taux élevé d'évapotranspiration transforme certaines régions de la plaine, notamment la partie septentrionale en région semi-désertique, surtout durant l'été. En outre, le relief du Liban limite les précipitations dans la plaine. Bien que le Liban reçoive en moyenne 800 à 900 mm de pluie par an, la part revenant à la Bekaa semble moindre, ce qui est dû à l'élévation du Mont-Liban qui constitue une barrière naturelle retenant une grande partie des eaux. De même, cette présence montagneuse rend le climat de la Bekaa différent de celui méditerranéen modéré du Liban. Ainsi, la plaine se caractérise par une forte amplitude thermique annuelle avec un hiver long marqué par la neige et le gel et un été chaud où la température peut atteindre 40°C ainsi qu'une amplitude thermique journalière marquée par un écart de température d'environ 15°C entre jour et nuit (Bel, 2009).

Dans notre thèse, nous allons nous concentrer sur la région de Baalbek – El Hermel, qui se situe dans la Bekaa, plus précisément au nord de la vallée, nous allons entrer dans les détails de chaque village dans le chapitre 3 où nous allons construire une typologie pour caractériser la diversité des systèmes agricoles dans les trois villages.

4 Objectifs de la thèse et démarche générale

Notre zone d'étude se trouve au Liban, dans la Bekaa et, plus précisément, dans la région de Baalbek El-Hermel. Cette région est située entre les deux chaînes de montagne (Mont-Liban et Anti-Liban), au nord de la vallée de la Beqaa, elle occupe 25 % de la superficie totale du pays (2640 km²). Elle est composée de deux « cazas² » : Baalbek et Hermel. L'altitude y varie de 1 100 m à 600 m. Bien que le « caza » de Baalbek soit en grande partie une plaine, la région de Baalbek El-Hermel ne l'est qu'à 5,4% en plaines, le reste est en pente.

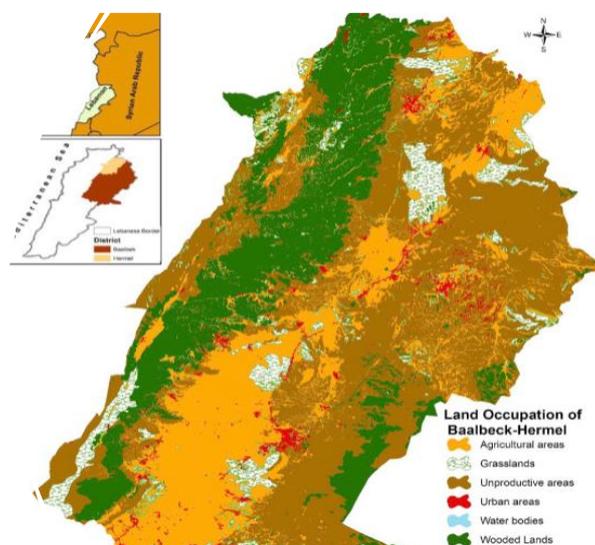


Figure 6: Géolocalisation de Baalbek El-Hermel et occupation des terres. Échelles 1/20 000. *Source : CNRS, 2017*

Les caractéristiques climatiques de Baalbek El-Hermel ne diffèrent pas des critères cités dans les sections ci-dessus. Étant donné que Hermel est une zone semi-aride, elle connaît des précipitations faibles, annuellement, elles sont inférieures à 250 mm, cette région est la zone la plus désertique du Liban. À Baalbek, le climat continental est plus humide avec une quantité de précipitations qui varient de 600 mm à 800 mm par an.

Afin d'identifier les forces, faiblesses, opportunités et menaces de la zone d'étude, nous avons eu recours à la méthode d'analyse SWOT (Figure 7) (Strengths - Weaknesses - Opportunities - Threats). Elle permet d'évaluer à la fois les facteurs internes et externes qui influent sur la région ; les forces et faiblesses sont des facteurs internes, tandis que les opportunités et les menaces sont des facteurs externes. L'analyse SWOT est utile pour élaborer un plan stratégique, améliorer les processus, planifier la croissance et prendre des décisions éclairées. Elle est largement utilisée par les entreprises, les organisations à but non lucratif et même à titre personnel pour évaluer et améliorer la situation actuelle et future.

² Les cazas sont les sous-préfectures administratives qui structurent le découpage territorial du Liban, jouant un rôle clé dans la mise en œuvre des politiques publiques, y compris dans le secteur agricole.

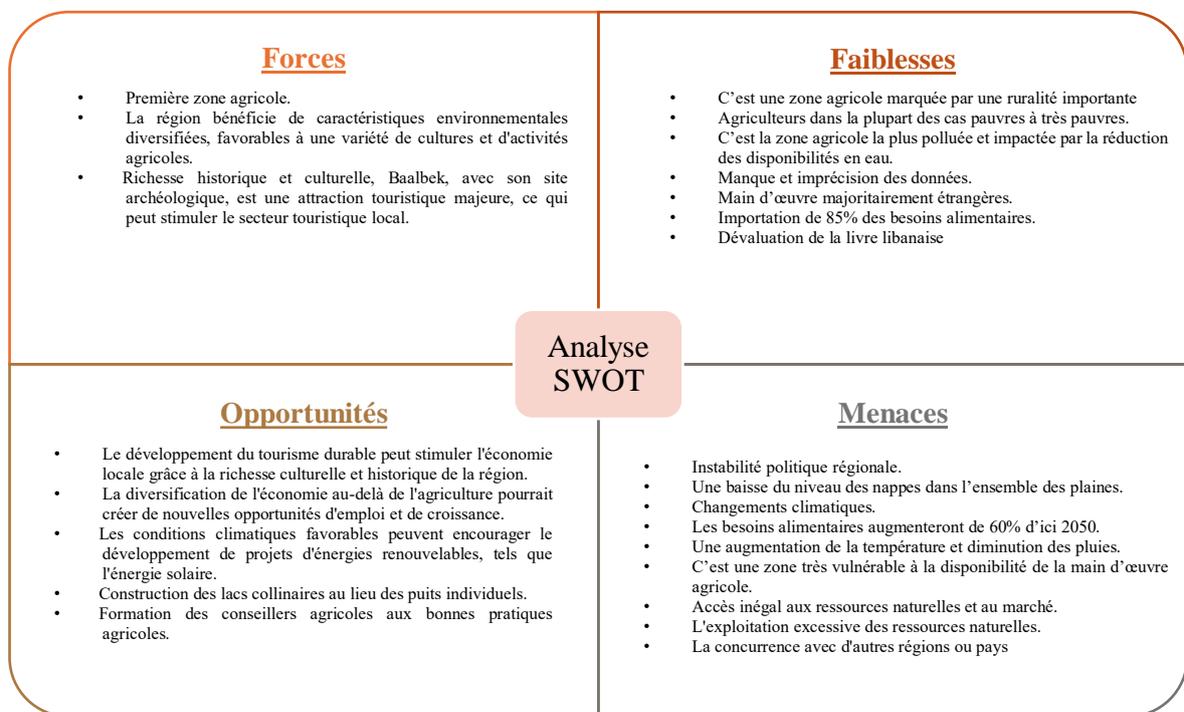


Figure 7: Analyse SWOT de la région Baalbek El-Hermel

Au vu d'une première analyse visuelle de la figure ci-dessus, on constate que la partie « Forces » est la moins documentée. Les points forts dans notre région sont peu nombreux et peu efficaces, au contraire des points faibles. Suivent ensuite les menaces qui sont supérieures aux opportunités. Ceci traduit une situation alarmante sur laquelle travailler afin de l'améliorer. Baalbek El-Hermel est la première zone agricole au Liban et c'est la région qui bénéficie le plus de caractéristiques environnementales diversifiées, favorables à une variété de cultures et d'activités agricoles, à savoir : diversité des types de sol (sol rouge et fertile, sol rouge foncé et modérément fertile, sol brun et peu fertile), diversité de la pluviométrie passant de 200 mm à 800 mm, présence de ressources hydriques (deux bassins versants, l'Oronte et le Litanie, qui s'étendent tout au long de la plaine de la Bekaa), en plus de la présence des montagnes couvertes de neige qui enrichit les canaux d'eau. Les conditions climatiques favorables peuvent encourager le développement de projets d'énergies renouvelables, tels que l'énergie solaire. Par ailleurs, Baalbek est connue pour son site archéologique, qui lui donne une richesse historique et culturelle et en fait une attraction touristique majeure, ce qui stimule le secteur touristique local. Le développement du tourisme durable peut stimuler l'économie locale grâce à la richesse culturelle et historique de la région.

Pour autant, c'est une zone agricole marquée par une ruralité importante et dont les agriculteurs sont pour la plupart pauvres voire très pauvres, où une personne sur cinq vit en dessous du seuil de pauvreté.

On a vu que c'est la première zone agricole mais la dépendance excessive de l'économie locale à l'agriculture peut la rendre vulnérable aux fluctuations du marché et aux conditions climatiques. En outre, l'utilisation exacerbée des traitements phytosanitaires et des fertilisants chimiques fait de cette zone agricole la plus polluée et la plus impactée par la réduction des disponibilités en eau, 45% des eaux mobilisées pour l'irrigation sont perdues. Des défis en matière d'infrastructures, notamment routes et réseaux de transport limités, peuvent entraver le développement économique. De plus, les niveaux d'éducation relativement bas peuvent être une faiblesse en termes de main-d'œuvre qualifiée pour divers secteurs. S'ajoute à cela le fait que

le Liban importe 85% de ses besoins alimentaires. Tous ces facteurs ont été exacerbés avec la crise économique, la livre libanaise a été fortement dévaluée : elle s'échange désormais à 90 000 LL pour un dollar au marché noir, bien loin du taux officiel de 1 500 livres. Tous ces points faibles n'auront pas un bon impact dans le futur et ils placent la zone sous plusieurs menaces, dont pour 60% de cette plaine est sous la menace directe de la désertification. Les changements climatiques pourraient affecter la stabilité des rendements agricoles et la disponibilité de l'eau. Une augmentation de la température en moyenne de 1.5 à 2°C entre 2010 et 2030 accroîtrait les risques de stress thermique notamment au printemps et générerait une diminution des pluies (- 10 à 20 %) d'ici à l'année 2040) et de la neige (- 40 %) d'ici 2030. À cause de ses changements de température, on constate une variabilité interannuelle et intra-annuelle plus importantes augmentant les risques autour de la production agricole et entraînant une baisse du niveau des nappes dans l'ensemble des plaines : 45 m de baisse dans la plaine de la Beqaa. L'exploitation excessive des ressources naturelles, en particulier dans le secteur agricole, peut engendrer des problèmes environnementaux tels que la dégradation des sols. L'instabilité politique régionale peut avoir des répercussions négatives sur l'investissement et le tourisme. Si l'on se place dans une perspective de géolocalisation, cette zone est frontalière avec la Syrie. La guerre qui a affecté ce pays en 2011 a eu un impact négatif sur le Liban en termes d'immigration et de main d'œuvre. En effet, elle est devenue très vulnérable à la disponibilité de la main d'œuvre agricole majoritairement d'origine syrienne. Le Liban dépend pour un grand pourcentage des importations et ses besoins alimentaires augmenteront de 60% d'ici 2050. Enfin, la concurrence avec d'autres régions ou pays, pour ce qui concerne le secteur agricole et touristique, peut-être une menace.

De ce constat alarmant, il apparaît clairement indispensable et urgent pour le Liban de concevoir des systèmes de production agricoles, adaptés aux contextes national et régional, valorisant d'une façon rationnelle et durable les ressources naturelles locales (en particulier eau et sol) et tirant parti de la diversité et des savoir-faire au niveau des territoires. Au niveau d'un territoire, le défi est de trouver, en associant les décideurs politiques et les acteurs locaux, des compromis entre une production agricole répondant aux besoins alimentaires, respectueuse de l'environnement et de la biodiversité, socialement acceptable, et économiquement accessible. L'objectif de notre travail, globalement, est de travailler sur les points forts en les préservant, et, en même temps, de profiter des opportunités de cette région et de les améliorer afin de créer de nouvelles perspectives tout en essayant de limiter les menaces et de stopper leur propagation pour diminuer les points faibles.

Pour répondre à nos objectifs, nous avons adopté une démarche méthodologique, axée sur 3 étapes/parties interconnectées, présentée dans la figure 8.

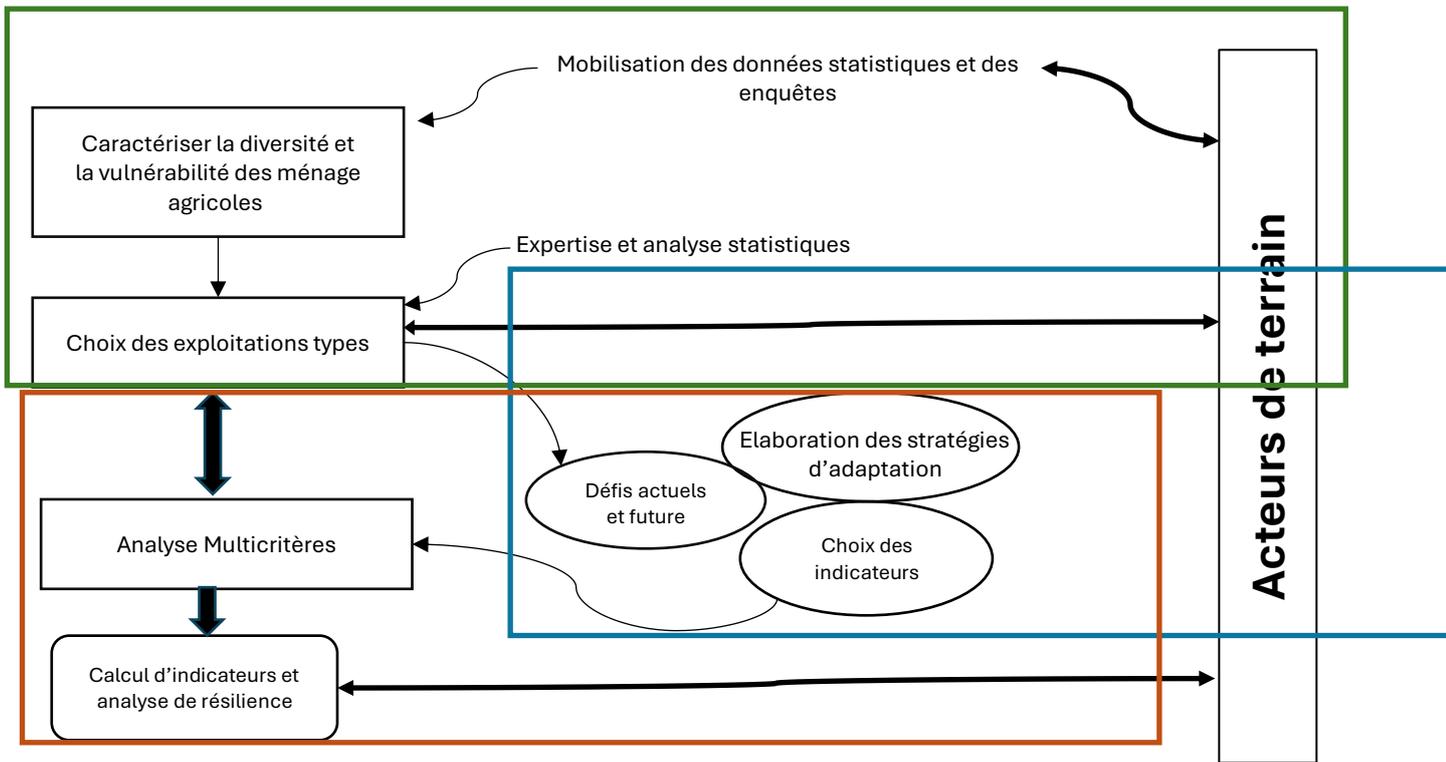


Figure 8: Démarche générale de la thèse

PARTIE I : Caractérisation de la performance des différents ménages agricoles dans la zone de Baalbek El –Hermel

La première partie a pour objectif de caractériser la diversité des ménages producteurs de Baalbek El-Hermel et d'identifier les potentiels leviers d'amélioration à travers le diagnostic des performances des exploitations. Cette partie implique plusieurs étapes :

1. Mobilisation de l'approche système pour constituer une base de données et choisir des exploitations à analyser

Il s'agit de réaliser un diagnostic régional des activités agricoles en mobilisant des données statistiques émanant du ministère de l'Agriculture Libanais et d'ONG's, mais également en impliquant des acteurs locaux par le biais d'ateliers de travail. Ce premier diagnostic nous permettra de préparer les enquêtes et de cibler les agriculteurs situés dans les différents villages pour la collecte des données.

2. Mobilisation des données statistiques et enquêtes

Dans cette partie, nous avons identifié les différents types de ménages, suite à une collecte de données sur le terrain, par des enquêtes qui portent sur de nouveaux critères fonctionnels et structurels. Afin d'analyser des actions de développement au niveau des exploitations qui tiennent compte de la diversité des situations présentes dans la région, la question sera de sélectionner les critères de classification. Nous avons choisi 3 critères pour classer les ménages : la caractérisation des exploitations et l'efficacité des ressources, l'intensification de la production et son objectif.

3. Choix des exploitations types

Des enquêtes nous ont aidée à jour les anciennes données et à obtenir une nouvelle base de données au niveau régional. Nous nous sommes appuyés sur l'Analyse en Composantes

Principales (ACP) en utilisant un logiciel pour identifier les différents systèmes de production types et leurs performances.

La compréhension profonde de la zone d'étude, le travail avec les acteurs de terrain au travers des ateliers et des enquêtes, les analyses statistiques et la construction des systèmes types sont nécessaires pour l'établissement des stratégies d'adaptation.

PARTIE II : Analyse de la résilience des systèmes agricoles face à des stratégies d'adaptation par la mobilisation de données et logicielles statistiques.

La mobilisation des entretiens avec des acteurs de terrain constitue donc la deuxième étape de notre démarche, l'objectif dans la partie II est d'analyser la résilience de nos systèmes agricoles types face au changement climatique sur une période de 20 ans.

1. Mesurer la résilience de nos systèmes agricoles types

Au vu de l'étude bibliographique de la région qui porte sur la vulnérabilité économique, sociale et environnementale, les critères mis en place pour la mesure de la résilience montrent que nos systèmes agricoles sont vulnérables et non résilients.

2. Résultats et aperçus

En l'absence de la moindre d'intervention dans ces systèmes, il est prévisible de noter une régression dans leur mode de fonctionnement et d'anticiper une baisse des revenus. Ces résultats seront utilisés dans la troisième partie.

PARTIE III : Proposer et évaluer la performance et l'acceptabilité sociale de stratégies d'adaptation face au changement climatique au niveau de Baalbek El – Hermel.

Très peu d'initiatives concrètes ont été réellement testées pour leur performance socio-économique et environnementale et leur acceptabilité sociale. En outre, les stratégies testées étaient soit uniquement techniques et adaptées de contextes éloignés, soit prenaient la forme d'aménagements ou d'organisations au niveau d'un territoire sur un champ assez limité. Dans les deux cas, les choix stratégiques proposés restent souvent peu contextualisés et acceptés par les ménages agricoles. L'objectif de cette partie est de proposer et d'évaluer la performance et l'acceptabilité sociale de stratégies d'adaptation au changement climatique au niveau de la zone d'étude.

1. Choix des critères, des acteurs et des stratégies d'adaptation

Il est important de bien définir les critères que l'on va utiliser pour pouvoir classer les stratégies d'adaptation dans des catégories. En même temps, il est essentiel de mettre en place des ateliers de travail et des réunions avec les acteurs de terrain afin de choisir les experts et les agriculteurs qui vont évaluer les stratégies d'adaptation qu'ils auront eux-mêmes proposées et les adapter à chaque système.

2. Analyse multicritères, AHP et « scoring »

La méthode AHP (Analytic Hierarchy Process en anglais), technique de prise de décision multicritères développée par Thomas L. Saaty, est utilisée pour résoudre des problèmes complexes en décomposant d'abord une décision en une hiérarchie de critères et de sous-critères, puis en évaluant et en comparant ces éléments de manière systématique.

Cette méthode a permis aux acteurs de terrain de choisir, selon leur point de vue, les stratégies les plus adaptées à chaque système d'exploitation. Les enquêtes ont, par ailleurs, permis d'explicitier les défis et les impacts positifs de ces stratégies.

3. Exploitation scenarios bases vs exploitation avec stratégies d'adaptation

Ensuite, nous avons étudié le comportement des exploitations agricoles dans le cas où aucun changement n'aurait été fait, ce qui correspond aux résultats de la deuxième partie comparés à la situation des exploitations auxquelles des stratégies d'adaptation ont été appliquées. Le but étant de faire évaluer cette situation par les acteurs de terrain et de préciser si celle-ci a connu des augmentations, des baisses ou bien est restée stable.

CHAPITRE 3 : CARACTERISATION DE LA PERFORMANCE DES DIFFERENTS MENAGES AGRICOLES DANS LA ZONE DE BAALBEK EL -HERMEL

INTRODUCTION

L'agriculture dans la région a toujours été distinct au vu de la diversité des exploitations agricoles qui ont des systèmes de culture comprenant des céréales, des légumineuses et de l'horticulture avec une faible intensité d'intrants (Maaz, 2018). Les revenus de ces systèmes agricoles, bien que faibles par rapport à la moyenne nationale, constituent une part solide des revenus monétaires et de la consommation alimentaire d'un grand nombre de ménages agricoles (Shalander, 2014). Dans un contexte mondial de crises économique et sanitaire qui ont provoqué une augmentation du coût de la vie, les systèmes de production extensifs et diversifiés ne parviennent plus à satisfaire les besoins en revenus et en nourriture des communautés agricoles, ni à répondre à leurs attentes en matière d'amélioration du niveau de vie.

Depuis les années 1980, plusieurs pays situés dans des zones arides ont entrepris des réformes agricoles pour intensifier leur agriculture, ce qui a entraîné des changements progressifs dans les systèmes agricoles (Shalander, 2014), (Souissi, 2017). En réponse à ces nouvelles politiques, les ménages agricoles, en fonction de leurs dotations et de leurs objectifs de production, ont suivi des trajectoires différentes en termes de systèmes de production, certains d'entre eux s'engageant dans une agriculture très intensive. Le Liban est l'un de ces pays, il est confronté à une période de défis sans précédent et cela souligne la nécessité d'une définition claire des priorités nationales, de partenariats solides et d'une cohésion sociale pour permettre une reprise immédiate, garantir la sécurité alimentaire, renforcer la résilience à long terme, réduire la facture des importations alimentaires, augmenter le revenu des ménages agricoles et ouvrir la voie à un développement durable transformateur (Hervieu, 2008). La période de défis que traverse le Liban semble persister jusqu'à nos jours d'après (Topalian, 2020) ; (Tallal, 2018) ; (Sunjoyo, 2023). Le secteur agricole et les systèmes agroalimentaires sont fortement touchés par les crises actuelles, et, pourtant, ils peuvent jouer un rôle essentiel pour donner une tournure positive à l'économie.

L'intensification de l'agriculture au Liban, qui a démarré au début des années 80 et qui a été exacerbée notamment par la crise syrienne, a conduit à une augmentation de la production locale (Ghosn, 2019).

Toutefois, cette intensification a également entraîné des défis environnementaux tels que la pression sur les ressources naturelles et leur dégradation, y compris l'eau et les terres agricoles, ainsi que des préoccupations concernant l'utilisation d'intrants agricoles. Les conditions climatiques favorables et la disponibilité de l'eau ont facilité ce phénomène (M.O.A, STRATEGIE ET POLITIQUE AGRICOLE Rapports de Synthèse Filières de la Production Végétale et Animale, 2003). L'intensification a provoqué une augmentation des revenus agricoles mais de façon inégale selon l'accès aux ressources. Une spécialisation plus marquée s'est souvent traduite par la monoculture, avec l'apparition d'une baisse de la biodiversité et le risque d'une diminution des parts autoconsommées par le ménage agricole et, donc, une détérioration de la qualité alimentaire, en plus d'une grande variabilité en termes d'efficience

d'utilisation des ressources due à un accès différencié aux ressources financières, du marché et naturelles et à une non-maîtrise des techniques d'intensification.

Afin de faire face aux enjeux du secteur agricole, une initiative a été prise par la FAO (Food and Agriculture Organization of the UN) et le MoA (Ministry of Agriculture) pour la construction d'un outil nommé NAS (Lebanon National Agriculture Strategy 2020-2025) dans le but de transformer le secteur agricole libanais en un système plus résilient, inclusif, compétitif et durable.

L'augmentation de la production, la préservation des ressources naturelles et l'assurance d'une alimentation suffisante sont comme toujours d'actualité au Liban. Cependant, beaucoup de questions se posent en ce qui concerne les options et les mesures à considérer pour répondre à l'ensemble des défis.

À partir de cette observation, il est possible d'émettre une hypothèse sur la variété des exploitations agricoles en prenant en compte les caractéristiques des ménages, des sols, du climat, ainsi que les pratiques et l'objectifs agricoles. Ces systèmes se trouvent dans une zone menacée du point de vue environnemental, ils sont sujets au changement climatique et aux instabilités politiques qui peuvent aboutir à des instabilités sur le marché, d'autant plus que la région souffre d'une différence d'accès aux ressources naturelles. Cette situation repose sur deux catégories de systèmes de culture : i) une catégorie qui cherche à maximiser ses revenus en privilégiant des cultures plus rentables mais plus exigeantes en intrants ; ii) un système céréalier qui cherche à répondre à la demande de la population en aliments de base.

Ce chapitre constitue la première étape de la démarche méthodologique, dont les objectifs consistent à :

- Caractériser la diversité des systèmes agricoles dans les trois villages d'études (Hermel, Bouday et Nahlé) en nous appuyant sur des critères de structure et de fonctionnement ;
- Classer les exploitations en effectuant une classification hiérarchique ;
- Donner un sens à cette classification en évaluant la vulnérabilité (risque de non-résilience) de ces exploitations.

Ce chapitre tente, d'une part, d'éclairer la situation actuelle des ménages agricoles à Baalbek El-Hermel, par la construction d'une typologie en nous basant sur des critères structurels et fonctionnels et, d'autre part, d'analyser la résilience de ces systèmes agricoles dans le cadre de plusieurs facteurs.

Une première étape majeure vise à définir la diversité observée au niveau des territoires agricoles selon des critères incluant plusieurs domaines : économique, social, culturel, biophysique et alimentaire.

Pour caractériser la diversité des systèmes agricoles, nous envisageons deux principales procédures. Tout d'abord, les méthodes qualitatives (ou semi-qualitatives), il s'agit principalement de comprendre la trajectoire des systèmes agricoles et les facteurs qui ont amené à cette évolution (Baccar, 2017) ; (Sohrabi, 2010). L'inconvénient de cette méthode tient au fait que ce type de caractérisation est peu mobilisable pour tester de nouvelles mesures avec l'objectif d'analyser la durabilité des systèmes agricoles. En second lieu, nous avons les méthodes quantitatives qui mobilisent souvent des critères de structure ou socio-économiques

comme la taille de l'exploitation, la production totale, etc (Souissi, 2017; Belhouchette, Assessing the impact of the Nitrate Directive on farming systems using a bio-economic modelling chain., 2011). Néanmoins, des critères comme la consommation des ménages ou l'environnement sont souvent considérés de façon dissociée et non comme des critères typologiques.

Les deux approches mobilisent peu les acteurs de terrain pour construire et valider la typologie finale. Dans notre travail nous s'engageant à impliquer activement les acteurs de terrain dans l'élaboration et la validation de la typologie finale, comblant ainsi une lacune importante dans les deux approches mentionnées.

Le point le plus important pour faire une analyse et comprendre le fonctionnement et la logique de production des agriculteurs est la mobilisation d'une base de données. Celle-ci, après retour vers les acteurs de terrain, va nous servir à construire des enquêtes qui nous donnerons une image claire sur la zone d'étude.

Comme c'est la première phase d'une méthodologie construite en trois étapes, les résultats de cette étude serviront, dans un premier temps, à comparer la résilience des systèmes résultant de l'absence d'un minimum d'intervention pour l'établissement des stratégies d'adaptation.

Ensuite, pour aller plus loin, notre analyse devrait permettre, d'une part, d'orienter les recherches futures et les investissements dans le développement et, d'autre part, d'informer les décideurs politiques, les donateurs, les organisations de développement et le personnel de vulgarisation.

Le reste de ce chapitre est organisé comme suit :

- La section 2 présente le matériel et les méthodes utilisés.
- Les résultats et leur discussion sont énoncés dans la section 3.
- Et la section 4 sera axé sur la conclusion

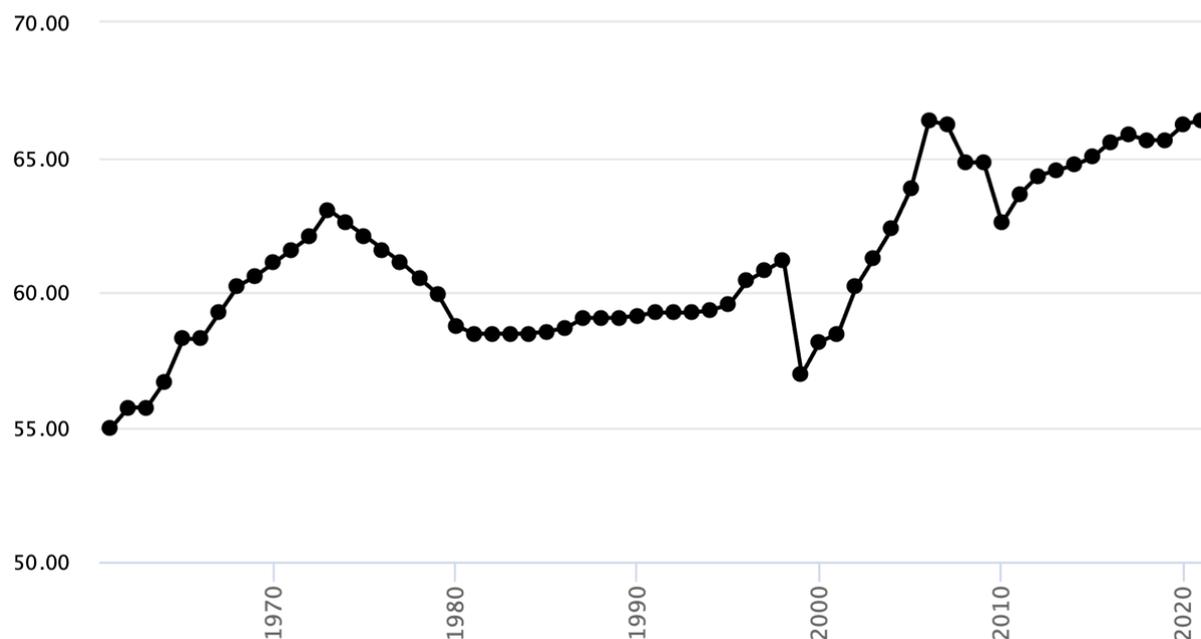
MÉTHODOLOGIE

La mobilisation des données agricoles est essentielle pour analyser et comprendre le fonctionnement et la logique des exploitations agricoles. Ces éléments renseignent sur les pratiques, les rendements, les facteurs environnementaux, etc.

Lors de la collecte et de l'analyse des données, il est important de respecter leur confidentialité et leur sécurité, ainsi que les réglementations en matière de protection, notamment la RGPD (Règlement Général Européen de la protection des Données) (SMAG, 2021). Afin de garantir la fiabilité des résultats, il est recommandé d'utiliser des méthodes d'échantillonnage représentatives et des outils d'analyse de données adaptés (Brière, 2021).

L'originalité de ce chapitre s'articule autour de la typologie de notre zone d'étude. Nous travaillons dans un contexte pauvre en données que ce soit en termes de quantité ou de qualité. L'absence de statistiques et d'enquêtes structurées et répétées sur le Liban est un problème bien documenté. Malgré quelques recensements officiels, le manque de données fiables et à jour demeure une préoccupation majeure. Par exemple, le dernier recensement historique officiel au Liban remonte à 1932, et, depuis lors, aucun recensement complet n'a été réalisé en raison de la sensibilité politique de la question démographique. Cette absence de données statistiques fiables peut affecter, d'une part, la compréhension précise de la démographie, de la situation sociale et économique, et, d'autre part, la formulation de politiques basées sur des données définitives (Raji, 2018). Les défis liés à cette absence sont également soulignés dans des études qui mettent en évidence le manque de statistiques en lien avec de nombreux secteurs et activités économiques au Liban, tels que les secteurs commerciaux, touristiques, du transport, de l'agriculture, de la pêche maritime, de l'énergie, la population active dans le secteur public, les investissements étrangers, etc. (Sewell, 2022). Le Liban n'est pas un pays à vocation essentiellement agricole due à certains facteurs naturels défavorables, mais l'agriculture y a tout de même constitué une part importante de l'économie (Saade, 1973). Les données disponibles, telles que le pourcentage de terres agricoles, montrent une certaine évolution au fil du temps (Figure 9). Mais l'absence d'enquêtes structurées et répétées limite la disponibilité de données détaillées et à jour.

Terres agricoles (% des terres arables), Liban



Perspective monde, date de consultation: 17/01/2024, source: Banque mondiale

Figure 9: L'évolution des terres agricoles au Liban au cours du temps.

Liban - Terres agricoles (% des terres arables) | Statistiques

Ce qui aggrave le plus cette situation c'est l'absence de structures opérationnelles qui peuvent collecter les données et les connaissances, comme les organisations et les ministères. Ces informations sont indispensables à l'analyse et la compréhension du fonctionnement et de la logique de production des agriculteurs. Pour notre travail, nous nous sommes basés sur une approche systémique afin de construire une base de données et sélectionner les exploitations à analyser. L'entrée pour nous est l'exploitation, cette dernière ne peut pas être définie sans prendre en considération les caractéristiques biophysiques, les systèmes de culture, le marché et les organisations qui se trouvent au niveau régional. S'y ajoutent l'étude des besoins et des impacts qui surviennent au niveau des systèmes de culture. Le travail sera fondé sur une base de données au niveau de l'exploitation avec des données de la parcelle et des données régionales. Nous intégrerons plusieurs critères qui croisent plusieurs domaines et impliquerons les acteurs de terrain qui ont souvent une connaissance partielle des systèmes dominants. Notre démarche méthodologique débutera par un état de l'art de la zone d'étude, suivi par les étapes qui nous permettront de construire une base de données au niveau des exploitations, le schéma ci-dessous (figure 10) résume notre cheminement.

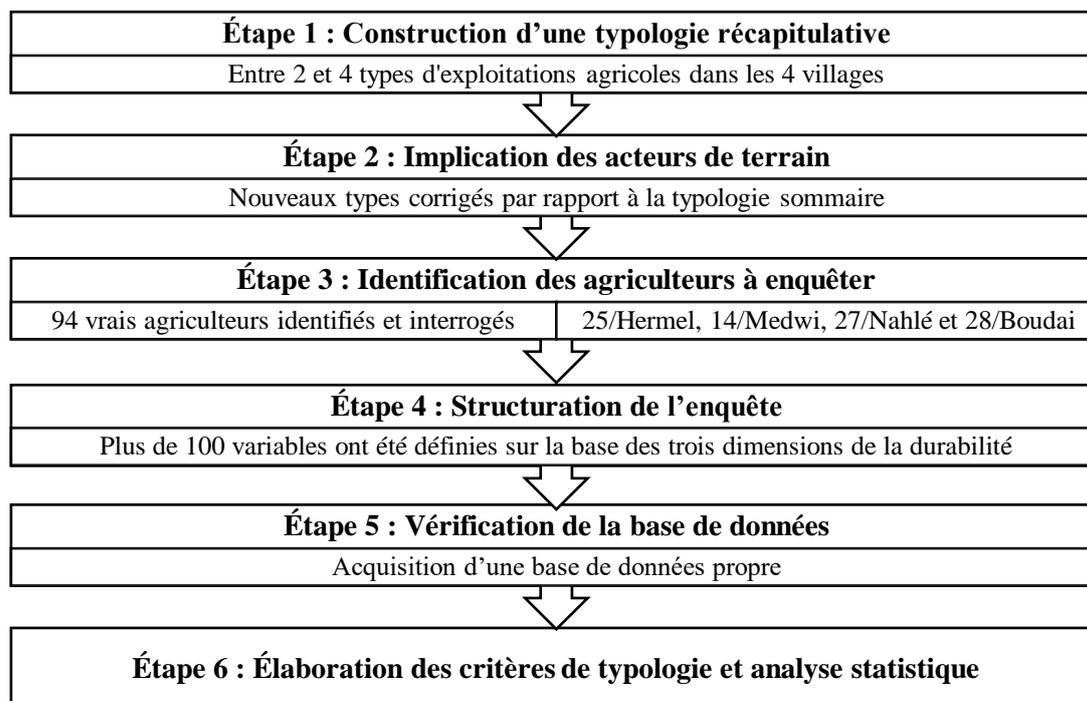


Figure 10: Les étapes pour le choix et le renseignement des exploitations types, approche participative et analytique

1. La zone d'étude

Au Liban, en dehors du niveau national, le gouvernorat est la plus grande division administrative. Il compte huit gouvernorats : Baalbek-Hermel, El Nabatiyeh, Beyrouth, Bekaa, Sud, Mont-Liban, Akkar et Nord. L'étude de cas de notre thèse se concentre sur Baalbek El-Hermel, bordé au nord-ouest par le gouvernorat du Akkar, à l'ouest par le celui du Nord, au sud-ouest par le gouvernorat du Mont-Liban, au sud par le gouvernorat de la Bekaa et au nord-est et au sud-est par les gouvernorats syriens de Homs et de Rif Dimashq (Figure 11).

Situé à 86 km de la ligne côtière, le gouvernorat de Baalbek-Hermel a une altitude moyenne de 1 000 m au-dessus du niveau de la mer, avec des altitudes variantes entre 800 et 3 060 m (Figure 12). C'est une zone riche de par ses ressources naturelles, elle est traversée, d'une part, par l'Oronte (AL Assi), la plus grande et la plus régulière des eaux douces du Liban (dont le débit à la source est de 7-16 m³/s), qui coule vers le nord en direction de la Syrie, et, d'autre part, par second fleuve, la Litanie qui traverse le gouvernorat (Figure 13). Malgré cette richesse hydrique, le paysage naturel est marqué par l'absence de grands espaces verts, ce qui explique que Baalbek- El Hermel est considérée comme la zone la plus exposée à la désertification au Liban (Darwish, 2012). Elle est caractérisée par des hivers froids et des étés chauds et secs avec un gradient de chaleur considérable. Les températures varient entre 40°C pendant la saison chaude et sèche et descendent en dessous de 0°C en hiver. Les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 400 mm (FAO M. &., Lebanese Agricultural Atlas, 2010), concentrées principalement de novembre à février.

The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply official endorsement or acceptance by the United Nations.

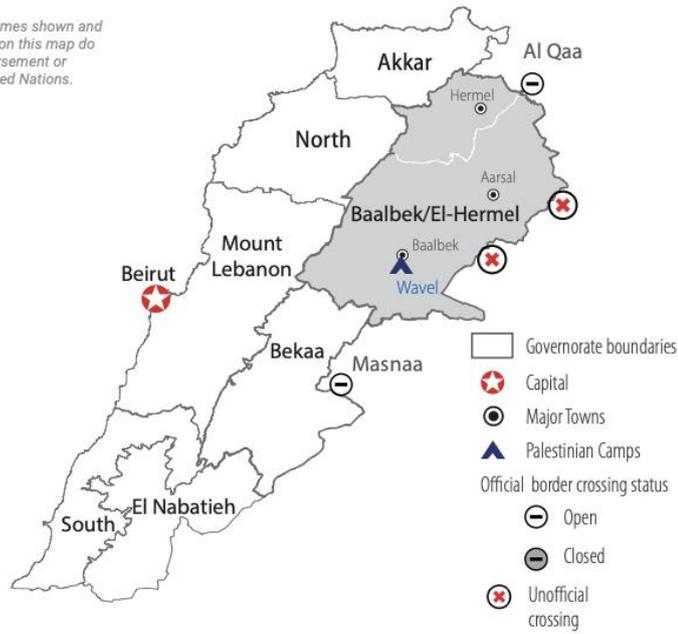


Figure 11: La localisation de Baalbek - El Hermel sur la carte du Liban.
 Source : OCHA, 2019.

Le gouvernorat est également divisé en deux zones microclimatiques : l'intérieur de l'Assi et l'intérieur du Litani. Ces caractéristiques topographiques et climatiques diffèrent entre les deux districts.

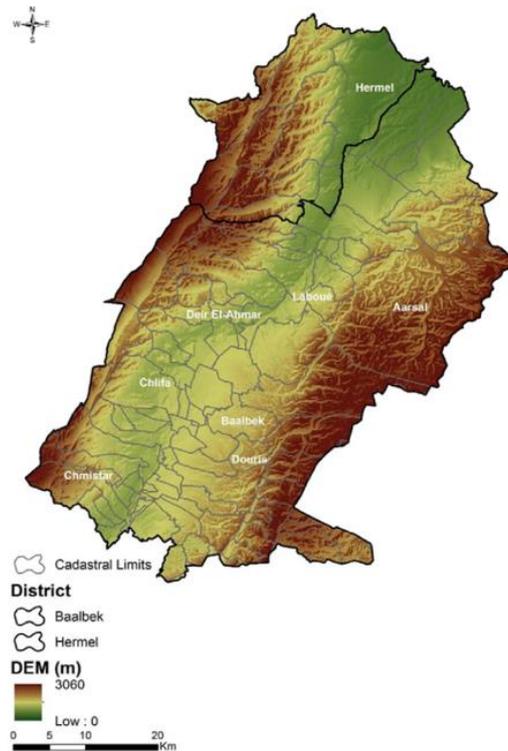


Figure 12: Carte numérique d'élévation de Baalbek EL Hermel.
 Résolution : 10m. Source : CNRS, 2018

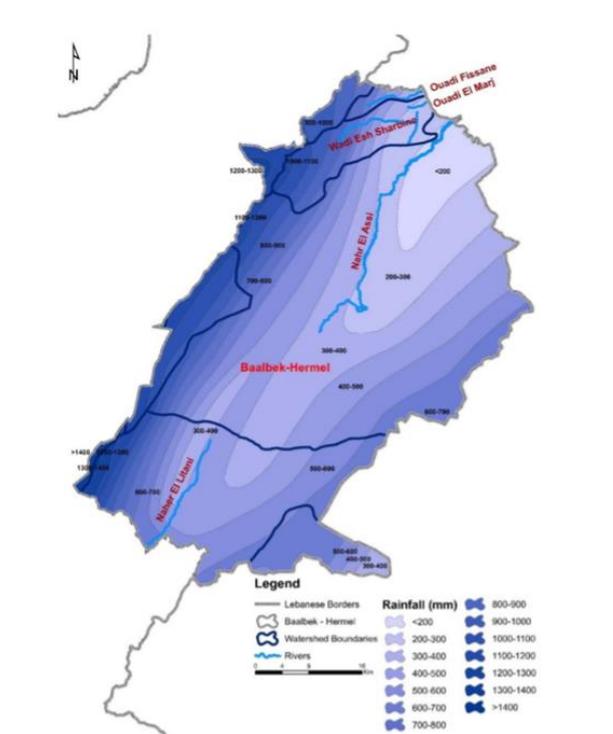


Figure 13: Carte hydrographique de Baalbek-Hermel.
 Source : Plassard, 1970-CNRS, 2018

Afin d'améliorer le développement de cette région, il est important de connaître le nombre de personnes vivant dans les zones exposées, la densité de la population, les pyramides des âges, le niveau de pauvreté, etc. Cela nous donnera une bonne connaissance des groupes vulnérables, de leur répartition, afin d'estimer les dommages humains pour les événements futurs, d'évaluer la capacité d'adaptation et de prédire le temps de récupération. Le gouvernorat de Baalbek-Hermel est généralement caractérisé par une faible densité de population par rapport à d'autres régions du pays, par la taille importante des familles, les faibles revenus, la pauvreté d'une grande partie de la population et l'importance des activités agricoles. Ces éléments placent le gouvernorat au premier rang des zones rurales profondes ; 80 % de la population résidente totale est considérée comme rurale, ce qui est beaucoup plus élevé que la moyenne nationale de 13 %. De plus, ce gouvernorat souffre de nombreux problèmes permanents comme le réseau d'eau médiocre, avec un approvisionnement en eau douce irrégulier (15 minutes par semaine dans certaines zones), la détérioration de certains sites du patrimoine culturel, la restauration désordonnée de structures individuelles, l'absence d'industries économiquement et écologiquement durables, un secteur agricole souffrant d'une mécanisation inadéquate de la production et de l'exportation, une urbanisation désordonnée et non planifiée, un taux de chômage et de pauvreté élevés, et des infrastructures touristiques sous-développées (Nahas, 2001).

Baalbek-Hermel est l'un des gouvernorats les moins peuplés du Liban mais celui qui accueille le plus de réfugiés, les résidents non libanais enregistrés dans le gouvernorat de Baalbek-Hermel représentent plus de 44 % de ceux du Liban (UNHCR, 2015), sans compter ceux qui n'ont pas été identifiés. Le gouvernorat a vu une diminution de sa population native d'au moins plus de 26%.

L'Administration Centrale des Statistiques (CAS), révèle, suite à une enquête, réalisée en 2010, que la population "jeune" ne cesse de diminuer de manière globale. Le nombre de jeunes adultes (âgés de 22 à 44 ans), qui constituent la majorité de la main-d'œuvre, chute considérablement. Cette baisse peut être associée à diverses raisons. En premier lieu, une nouvelle tendance à la réduction de la taille des familles peut être à l'origine de la baisse du taux de natalité. Deuxièmement, les enfants d'âge scolaire (5-19 ans) qui émigrent à Baalbek pour bénéficier de meilleurs établissements d'enseignement peuvent être à l'origine de l'inversion de la répartition par âge. En général, le gouvernorat pâtit également de niveaux élevés d'analphabétisme ; environ 13,6 % des personnes âgées de plus de 10 ans sont considérées comme totalement analphabètes (Nahas, 2001).

Cette zone est l'une des régions les moins développées du pays et les habitants souffrent souvent d'un isolement relatif. Selon l'étude "Poverty, Growth & Inequality in Lebanon" de 2007, réalisée par le PNUD, 33 % de la population de Baalbek-Hermel vit en dessous du seuil de pauvreté. La région abrite pour deux tiers des personnes extrêmement pauvres et la moitié de l'ensemble de la population pauvre du Liban (PNUD 2007). Les seuils de pauvreté ont été fixés sur la base du coût d'une dépense minimale, fondée sur la nourriture nécessaire pour un apport calorique recommandé, et complétée par une allocation non alimentaire conforme aux habitudes de consommation des pauvres eux-mêmes. Ce qui appauvrit cette région tient à la vulnérabilité de ces établissements, d'une part, parce qu'ils ne sont pas préparés à l'éventualité d'un choc, et, d'autre part, parce qu'ils n'ont pas les moyens de payer les coûts de remplacement. En outre, les catastrophes naturelles se transforment en catastrophes humaines, lorsqu'elles s'attaquent à la pauvreté sous-jacente et entraînent de plus en plus de personnes dans la précarité à mesure que leurs biens disparaissent, de même que leurs moyens de générer des revenus.

En tant que première zone agricole, le gouvernorat contribue énormément à la production agricole du pays. La grande majorité de sa population, dispersée en groupes aux mœurs et traditions tribales bien ancrées, est employée dans ce secteur. L'agriculture, l'élevage et la pisciculture dominent l'économie de la zone d'étude. Baalbek El-Hermel fait partie de la vallée de la Bekaa (partie nord), la région agricole la plus productive du Liban. De plus, essentiellement rurale, l'économie y repose fortement sur cette production agricole, avec une concentration d'emplois correspondante. Environ 41 agences des Nations unies et ONG ont des bureaux dans la partie du gouvernorat située dans la vallée et des réunions périodiques de coordination inter-agences et sectorielles sont organisées. Des structures de coordination locales sont également établies pour Aarsal et le district d'Hermel. L'occupation du sol du gouvernorat est classée en six catégories (Figure 14). Le type de couverture le plus important est la "zone non productive" (terres rocheuses et nues) qui couvre 46 % de la superficie totale, suivie de la "zone agricole" avec 23 % de la superficie totale et de la "zone boisée" avec 20 % de la superficie totale. Les autres zones sont classées comme "prairies", "zones artificielles" et "masses d'eau", couvrant respectivement 8 %, 2 % et 1 % de la superficie totale. Ces statistiques soulignent le caractère rural de Baalbek-Hermel (DerSarkissian, 2019). La zone agricole occupe le pourcentage le plus élevé (parmi les zones actives), les principaux chiffres relatifs à la contribution du gouvernorat aux principaux totaux de la production agricole nationale équivalent à 30% de céréales, 36% de cultures industrielles, 33% de légumes, 36% de légumineuses, 55% de fruits à noyaux et 39% de raisins. Les deux districts comprennent près de 21 825 exploitations agricoles (FAO M. &., 2011). À Hermel, en raison de la présence de la rivière Assi, la région est favorable à la pisciculture, 80% des fermes aquacoles du Liban y sont

localisées spécifiquement pour la truite et le tilapia avec un rendement moyen estimé à 10-12 tonnes par an.

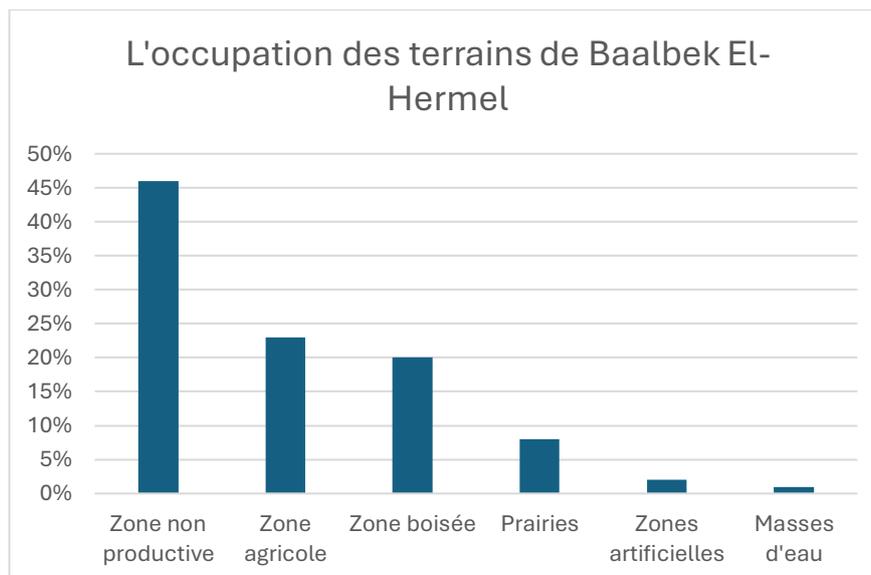


Figure 14: La distribution des zones dans le gouvernorat de Baalbek - El Hermel

Le gouvernorat est soumis à de nombreux risques en raison de sa situation géographique, de sa topographie ou, plus récemment, de processus environnementaux historiques sans précédent produisant des catastrophes que la région a rarement connues dans le passé. C'est une des zones les plus pauvres du Liban ; ses problèmes économiques, associés à une croissance démographique importante et à l'exode des réfugiés, posent des défis techniques à la communauté. Ainsi, les services publics et les infrastructures sont mis à rude épreuve, dans le cadre d'un fonctionnement normal. Par exemple, le réseau routier est saturé, le réseau électrique connaît de nombreuses coupures par jour, etc... De plus, le gouvernement libanais est considéré comme un État fragile, ce qui amplifie la vulnérabilité de Baalbek-Hermel. Les deux districts qui constituent notre zone d'étude sont Baalbek et Hermel qui ont des caractéristiques différentes résumées dans le tableau 1 :

Tableau 1: Configuration de Baalbek et Hermel.

CONFIGURATION	BAALBEK	HERMEL
Administrative	<p>2 278 km² de superficie (un quart de la superficie totale du Liban)</p> <p>99 limites cadastrales</p> <p>74 municipalités</p> <p>Délimitée par la frontière syrienne au nord et à l'est, par le district de Hermel à l'ouest, et par la frontière syrienne et le district de Zahleh au sud.</p>	<p>731 km² (6.9% de la superficie totale du Liban)</p> <p>12 limites cadastrales</p> <p>9 Municipalités</p> <p>Situé à l'extrême nord du gouvernorat de Baalbek-Hermel, le district part des montagnes libanaises à une altitude de 3 000 mètres, pour atteindre les</p>

	<p>Le nombre de ses habitants est estimé à environ 333 000 (une densité de 146 habitants par kilomètre carré), soit 9% de la population libanaise.</p> <p>Le centre administratif est situé dans la ville de Baalbek</p> <p>Cette ville est connue pour son patrimoine culturel, ses ruines arabes et surtout romaines, construites à partir de l'an 14 après J.-C. (2 000 ans) et agrandies au cours des deux siècles suivants. Jouissant d'un statut touristique important au Liban, elle accueille chaque année le festival international de Baalbek.</p>	<p>frontières syriennes et les montagnes de Baalbek dans les parties nord et est.</p> <p>Ce district est le moins peuplé du Liban, avec une population estimée à 48 000 habitants, soit seulement 1,3 % de la population totale du Liban.</p> <p>La ville d'Hermel abrite son centre administratif.</p> <p>C'est le district libanais le plus éloigné de la capitale Beyrouth et des zones urbaines, n'étant relié aux autres régions que par deux routes principales, la première traversant le district de Baalbek, et la seconde passant par les montagnes du Akkar et créant la connexion avec le gouvernorat du Nord</p>
Géographique	<p>Située entre les sommets de la chaîne occidentale du Mont-Liban et la chaîne orientale de l'Anti-Liban.</p> <p>A un climat continental et reçoit des précipitations de 600 à 800 mm par an.</p> <p>Sol fertile</p>	<p>Part des hautes montagnes du Liban pour atteindre les frontières syriennes et les montagnes de Baalbek au nord et à l'est.</p> <p>Ce district a un climat aride à semi-aride, ne recevant pas plus de 200 mm de précipitations par an</p> <p>Faible fertilité du sol</p>

Pour notre étude, quatre villages représentatifs de la diversité agricole sur la plaine de la Beqaa et du gouvernorat de Baalbek-Hermel ont été choisis pour sélectionner les agriculteurs représentatifs (Figure 15). Cette représentativité se fonde sur les critères du climat (y compris le risque climatique), du type de production, des revenus et de l'accès aux différents services, aux ressources hydriques et au marché.

Le groupe comprend le village de **Nahlé**, situé à 6 km au Nord-Est de Baalbek (côté Anti Liban). Le climat du village est de type continental avec une pluviométrie moyenne de 400 mm en hiver et un été sec et chaud. Ce village compte 269 agriculteurs avec une production dominée par l'arboriculture : abricotier, cerisier et amandier. La surface totale agricole est de 7 578 ha dont 95% occupés par des cultures arboricoles.

Le deuxième village choisi est **Bouday**, situé à 15 km au Nord-Ouest de la plaine de la Beqaa, à l'Ouest de la rivière de Litanie et au pied du Mont Liban. Il compte 753 agriculteurs avec une surface agricole de 23 198 ha et une production dominée à 95% par le blé, du maraîchage et du tabac. Il présente un climat continental avec une pluviométrie moyenne de 600 mm.

Le troisième village est celui de **Hermel** situé au Nord de la plaine de la Beqaa. Il présente un climat à dominance aride (200 mm en moyenne) avec de l'oléiculture et des cultures annuelles (blé, maraîchage, tabac, fourrage) majoritairement irriguées. Ce village compte 4 719 agriculteurs avec une surface agricole de 9 200 ha.

Le dernier, **El Medwi**, se situe à l'Ouest de Hermel. Des bordures jaillissent plusieurs sources dont deux forment deux petits lacs. Tout autour, les hauts sommets du Liban dépassant les 2.500 m. Le climat est de type méditerranéen-montagnard. Dès la fin septembre, la pluie tombe et, de novembre à mars, la neige couvre le pays. En avril et en mai, c'est la fonte de la neige avec quelques pluies et de juin à septembre, il fait beau.

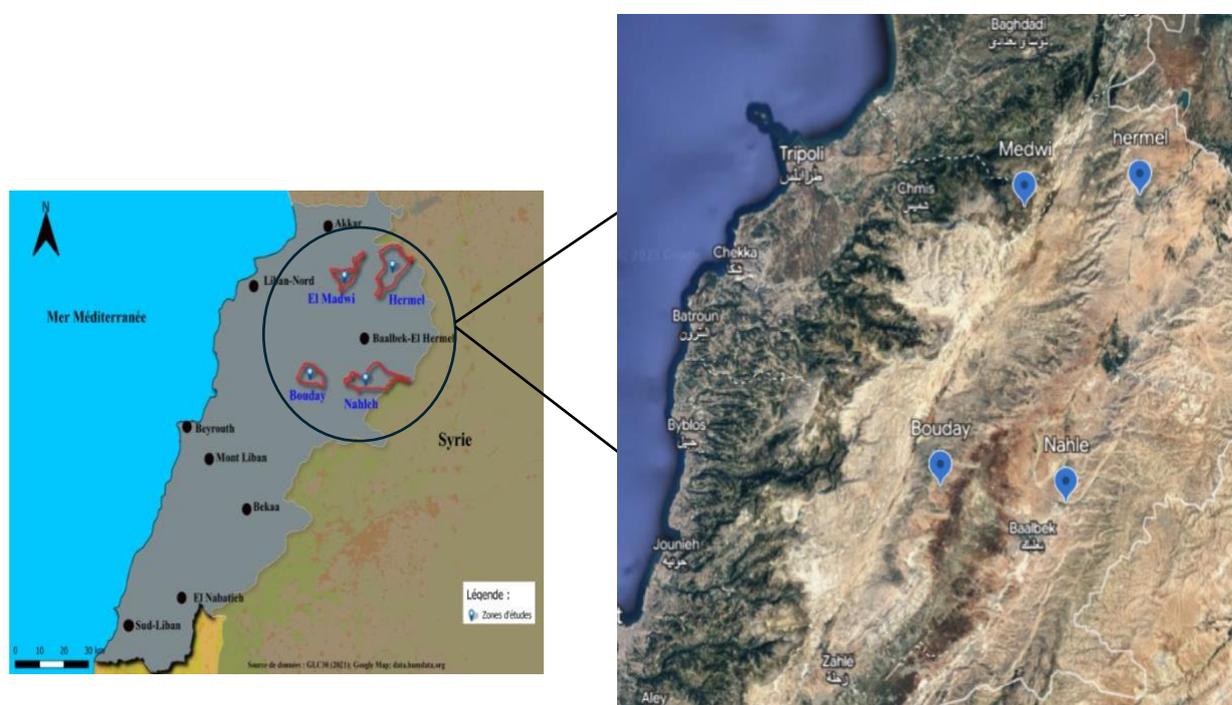


Figure 15: Géolocalisation des 4 villages d'étude. Source : Projet SupMed

Dans la suite de notre thèse, lorsque nous parlons des villages, nous ne ferons référence qu'à trois d'entre eux. En effet, nous avons traité Bouday et Medwi comme un seul endroit, du fait que notre travail porte sur les systèmes relatifs aux exploitations, qui se trouvent dans ces villages, et non pas sur les villages eux-mêmes.

2. Typologie sommaire

Dans le domaine agricole, une typologie sommaire fait référence à une classification courte des différentes formes d'agriculture (Cochet, 2011). C'est le résultat d'une démarche construite de hiérarchisation d'objets d'intérêts pour représenter une réalité complexe. Une typologie des systèmes d'exploitation apporte un cadre d'analyse des particularismes observés au niveau des systèmes d'exploitation en identifiant un certain nombre de types de système présents dans une

région donnée. Chacun d’entre eux est identifié sur la base de plusieurs critères discriminants. Les approches pour réaliser les typologies ne sont pas toujours les mêmes, elles diffèrent en fonction des objectifs recherchés, de la nature des informations ou données mobilisées et des critères discriminants retenus pour caractériser les systèmes d’exploitation (Dubosc, 2019). Dans notre cas, nous nous appuyerons sur les particularités des exploitations agricoles et leur fonctionnement pour définir les types. Caractériser un système en se basant sur le seul examen des productions est insuffisant. La typologie doit renseigner sur la logique de fonctionnement des systèmes d’exploitation. Elle doit couvrir la quasi-totalité du champ des systèmes d’exploitation agricoles, l’attention étant portée sur la représentation de la diversité de ces systèmes.

Le Liban, sur le plan historique, manque de données et offre un accès limité aux ressources. Nous avons été amenées à construire une typologie sommaire en mobilisant les données du dernier recensement agricole de 2010, c’était la seule ressource exhaustive et disponible. Le ministère de l’Agriculture libanaise a entrepris ce recensement grâce au financement du gouvernement italien par l’intermédiaire du Bureau de la Coopération Italienne à Beyrouth, techniquement exécuté par la FAO. Ce recensement est associé aux aspects de l’agriculture qui évoluent relativement lentement et qui sont principalement centrés sur des données concernant la structure organisationnelle de base des exploitations agricoles, telles que leur taille, l’utilisation des terres, les superficies en culture, l’effectif du cheptel et l’utilisation des machines et équipements agricoles. Les données qui changent d’une année à l’autre, comme celles sur la production ou sur les prix agricoles, sont exclues au niveau des statistiques agricoles courantes (Moa, 2010). Cet inventaire couvre l’ensemble des ménages agricoles par village au Liban, alors que très peu de variables et d’informations, par ailleurs obsolètes pour celles qui existent, sont disponibles par ménage. Par ailleurs, les systèmes ont beaucoup évolué depuis lors, surtout ces 5 dernières années, en raison de la crise sanitaire, sociale et économique. La mobilisation des données primaires de 2010 est présentée dans le tableau 2, qui illustre les systèmes dominants dans les villages que nous avons choisis pour notre étude.

Tableau 2: Résultats en mobilisant le recensement de 2010

<p><u>Bouday</u> Type_1 : Tabac mixte (maraichage, céréales) _irrigué Type_2 : 100% céréale _irrigué/sec + Élevage (chèvres + volaille) Type_3 : 100% Tabac</p>	<p><u>Hermel</u> Type_1 : Dominance Maraichage Type_2 : Arboricole (noix, fruits à noyaux) _irrigué Type_3 : Olivier sec+ élevage (caprin, ovin) -démarche bio Type_4 : Amandier Sec</p>
<p><u>Medwi</u> Type_1 : Arboriculture Type_2 : Maraichage</p>	<p><u>Nahlé</u> Type_1 : 100% arboriculture gravitaire Élevage (Ruche) Type_2 : 100% arboriculture oléagineux irrigué</p>

3. Implication des acteurs de terrain

3.1 Atelier de travail

Le projet SupMed vise, d’une part, à réduire, d’une façon structurelle et durable, la surexploitation des ressources hydriques et, d’autre part, à améliorer le revenu des ménages agricoles au Liban et en Egypte dans un contexte de changement climatique. Ce projet a pour but de mettre en œuvre des initiatives intégrées, agronomiques et socio-économiques, basées

sur l'agroécologie. Celles-ci seront concertées avec les acteurs de terrain et adaptées au contexte des deux territoires ciblés, Baalbek – El Hermel et le Gouvernorat de Louxor. Afin d'impliquer les acteurs, un atelier participatif a été organisé pour valider la typologie des systèmes agricoles dans le gouvernorat de Baalbek-Hermel en accord avec les experts, représentants des municipalités et les centres agricoles dans le gouvernorat de Baalbek Hermel. Ces ateliers de travail permettent normalement de favoriser le développement de la coopération intra-groupe, d'obtenir des consensus, de résoudre des problèmes et de générer des idées créatives (Granger, 2023). De plus, ils servent à promouvoir le travail d'équipe, à encourager l'apprentissage par des activités dynamiques, et à accroître l'implication des participants (CETCR95, 2020). Pour cet atelier de validation de la typologie, nous avons essayé de mélanger des acteurs représentant le ministère de l'Agriculture, des associations d'irrigants, des agriculteurs, l'union coopérative de Hermel, LARI, et des centres agricoles (publics et privés) au niveau des trois villages d'étude. Nous avons également insisté pour avoir des participants qui disposent d'une large expertise sur le terrain, représentant différentes disciplines (agronomie, écologie, économie), ayant des attentes par rapport à l'activité agricole de la zone complémentaires ou conflictuelle (en lien avec l'usage de l'eau par exemple) et ayant la volonté de suivre et de commenter la mise en œuvre de SupMed.

Cet atelier était également l'occasion de présenter les objectifs du projet aux agriculteurs, chercheurs, représentants du MoA et des coopératives et responsables des centres agricoles. Sa préparation a été réalisée en collaboration avec l'équipe du CIHEAM-IAMM et les partenaires libanais (Faculté d'Agronomie-Université Libanaise, Plan vert et Le centre Agricole de Hermel). De nombreux ingénieurs, experts et représentants des centres agricoles ont été invités afin de leur présenter le projet SupMed et de valider collectivement les types d'exploitation représentatives dans le gouvernorat de Baalbek-Hermel.

L'atelier s'est déroulé au centre agricole de Hermel le 29/07/2021. Il a débuté à 9h30 par l'arrivée des participants et la distribution des fiches présentant le projet SupMed. Le responsable du projet a fait un point focal sur le Liban et nous avons poursuivi par une synthèse (figure 16) portant sur la démarche générale pour l'élaboration des exploitations types, sur les résultats de la typologie et la grille d'analyse visant à valider la typologie, avant d'organiser les groupes de travail.



Figure 16: Présentation des objectifs et des démarches de l'atelier animé par Alamin, R, Belhouchette, H & Darwich, S.

Le travail de réflexion s'est construit autour d'une table ronde (figure 17) qui visait à encourager la discussion ou le débat et qui a permis aux acteurs de terrain, appartenant au même type de ménages, d'exprimer leurs opinions divergentes sur l'actualité des systèmes. Il s'agissait de favoriser les échanges, de faciliter la confrontation des points de vue et l'enrichissement mutuel et, à la fin, de valider la typologie des systèmes agricoles avec les experts, ingénieurs et chercheurs. Les participants ont été répartis en 4 groupes (un par village) et une matrice (figure 18) comprenant les résultats de la typologie sommaire a été soumise à tous pour que chacun puisse donner son avis afin de :

1. Valider sans modification
2. Valider le type mais changer au moins un des 3 critères
3. Supprimer un type qui n'existe plus
4. Rajouter un type qui n'est pas mentionner au niveau de la matrice.



Figure 17: Tables rondes

التحقق من تصنيف الحيازات الزراعية في كل من نحلة وبوداي والهرمل

1- قائمة بأنواع النظم الزراعية

تهدف هذه الاستمارة الى تأكيد و تحديد النظم الزراعية الاساسية في بوداي

النظم الزراعية الأساسية	النسبة المئوية حسب الإحصاء الزراعي 2010	ما هو مستوى تأكيدك من هذه النسبة؟ (1-متأكد بشدة 2- غير متأكد 3- غير متأكد)	هل توافق على هذه النسبة؟ (نعم/كلا)	في حال كلا ما هي النسبة التي تقترحها	ما هو مستوى تأكيدك من هذه النسبة؟ (1-متأكد بشدة 2- غير متأكد 3- غير متأكد)
النوع الأول: خليط زراعة تبغ (حبوب + شجريات) مروية	%43				
النوع الثاني: حبوب مروية جافة 100%	%32				
النوع الثالث: زراعة التبغ	%26				
	%100				

Figure 18: Forme de la matrice "en arabe"

Cette étape a été un point clé dans l'atelier, les acteurs de terrain ont pu corriger les données incorrectes ou valider les systèmes qui sont toujours présents. Après 2h de travail et des discussions avec les acteurs de terrain, nous avons abouti aux résultats suivants :

Tableau 3: Principaux résultats par rapport à la typologie initiale

Recensement 2010	Atelier 2021
Bouday <ul style="list-style-type: none"> Type_1 : Tabac mixte (maraichage, céréales) irrigué Type_2 : 100% céréales irrigué/sec + Élevage (chèvre + volaille) Type_3 : 100% Tabac 	Bouday <ul style="list-style-type: none"> Type_1 : 30% céréales irrigué/sec + Élevage (chèvre + volaille) Type_2 : 20% Tabac Type_3 : 25% Maraichage Type_4 : 20% autres cultures Type_5 : 5 % Arboriculture
Hermel <ul style="list-style-type: none"> Type_1 : Dominance Maraichage Type_2 : 83 % Arboriculture (noix, fruits à noyaux) irrigué Type_3 : 6% Olivier sec + élevage (caprin, ovin) -démarche bio Type_4 : 1% Amandier Sec 	Hermel <ul style="list-style-type: none"> Type_1 : Dominance Maraichage Type_2 : 50 % Arboriculture (noix, fruits à noyaux) irrigué Type_3 : 3 % Olivier sec + élevage (caprin, ovin) -démarche bio Type_4 : 50% Amandier Sec
Medwi <ul style="list-style-type: none"> Type_1 : 36% Arboriculture Type_2 : 64% Maraichage 	Medwi <ul style="list-style-type: none"> Type_1 : 45% Arboriculture Type_2 : 48% Maraichage
Nahlé <ul style="list-style-type: none"> Type_1 : 100% arboriculture gravitaire Élevage (Ruche) Type_2 : 100% arboriculture oléagineux irrigué 	Nahlé <ul style="list-style-type: none"> Type_1 : 100% arboriculture gravitaire Élevage Type_2 : 100% Maraichage Irrigué

Ce tableau illustre le changement d'un grand nombre de systèmes. Pour ce qui concerne Bouday, nous pouvons constater une modification dans le nombre de systèmes depuis 2010, ces derniers ont évolué, le système qui était à 100% basé sur les céréales est passé à 30%. Nous observons aussi l'apparition de l'arboriculture et de nouveaux systèmes qui n'existaient pas auparavant.

Par contre, à Hermel, c'est toujours la production maraichère qui prédomine. Les systèmes arboricoles, en revanche, ont diminué et, les oliviers sont en démarche bio, avec une augmentation importante pour les amandiers en sec passant de 1% à 50%. A Medwi, les systèmes arboricoles ont augmenté, alors que le maraichage a diminué, au contraire de Nahlé où les systèmes arboricoles n'ont pas changé, ce sont juste les oléagineux qui ont disparu au bénéfice du maraichage.

Lors de ce travail, nous n'avons pas détecté de changements au niveau de l'irrigation.

L'objectif essentiel de cet atelier était d'actualiser les données de recensement de 2010. Dans cette phase de discussion avec les acteurs, nous avons ajouté des critères qualitatifs (i.e : accès au marché, coopérative, etc.) pour enrichir l'étude. Les nouveaux résultats obtenus (tableau 3) synthétisant la typologie des systèmes agricoles ont été présentés et discutés une deuxième fois avec les acteurs. Pour vérifier et compléter cette typologie sommaire, nous avons identifié des exploitations réelles représentant chaque type et, à partir de chaque type « sommaire corrigé », nous en avons sélectionné 6 à 8 exploitations réelles par catégorie.

Exploitations sur lesquelles faire porter nos enquêtes

À la fin de la journée du 29/07/2021, nous avons choisi 94 exploitations pour mener notre enquête de terrain. Généralement, ce travail peut être conduit de deux manières différentes : sur

le plan quantitatif ou qualitatif. Ces deux types d'analyse sont utilisées en recherche sociale pour mieux comprendre le comportement d'une société face aux risques naturels (Bryman, 2008). Dans cette partie de la thèse, nous avons utilisé les deux approches quantitatives et qualitatives. Elles sont de plus en plus fréquemment utilisées et, au fil des ans, plusieurs termes ont été proposés pour les nommer, par exemple : multiméthodes. Cette combinaison permet d'obtenir une compréhension approfondie et étendue d'un phénomène spécifique, tout en facilitant la réalisation d'une étude plus complète et détaillée. Les enquêtes mixtes sont couramment utilisées dans les sciences sociales, la psychologie, la sociologie, l'économie et d'autres domaines, et sont particulièrement appropriées pour les cas où il est nécessaire de combiner la quantité avec la qualité pour une analyse approfondie (Anadón, 2019). L'approche quantitative a porté sur les données numériques (les prix, les quantités etc.) et la qualitative a été utilisée pour explorer en profondeur les pratiques agricoles. Les deux points de vue servent à obtenir une image plus large de la situation de la région face au changement climatique et à l'incertitude du marché, afin d'identifier les impacts les plus communs et les stratégies d'adaptation.

3.2 La prise de contact avec les agriculteurs

L'objectif de nos entretiens était de connaître les pratiques agricoles et d'avoir plus d'informations sur les ménages agricoles présents dans la région et, non pas, de porter un jugement de valeur sur les pratiques agricoles exercées dans la région de Baalbek – El Hermel. En effet, il s'agissait d'analyser l'interprétation, la compréhension et l'appréhension des exploitations agricoles par les acteurs eux-mêmes.

Obtenir un rendez-vous avec chacun des agriculteurs n'a pas été compliqué, puisque nous avons déjà pu en rencontrer certains lors de l'atelier de travail. Par ailleurs, ceci nous a été facilité grâce à l'implication du centre agricole de Hermel et Medwi, du chef de la municipalité de Nahlé et du Mokhtar³ à Bouday.

Le fait d'être étudiant ou de venir de la part de quelqu'un qu'ils connaissent a joué parfois en notre faveur. En effet, le premier agriculteur contacté était aussi le responsable de l'union des coopératives de Bekaa. Il nous a autorisée à tester notre questionnaire d'enquête sur lui et nous a dirigée au mieux dans le contexte de la région et a volontiers accepté de nous fournir des contacts et des informations supplémentaires sur la région.

Le contact avec les agriculteurs, situés dans une même zone géographique mais qui pratiquent des productions différentes, a permis d'avoir une vision plus claire sur l'évolution des pratiques agricoles.

Ces entretiens ont été riches en informations grâce à l'implication des agriculteurs. Ils n'ont pas hésité à mobiliser d'autres membres de leurs familles ou leurs proches pour avoir des réponses plus complètes sur l'évolution de l'activité agricole dans la région d'étude. Ensuite, chaque agriculteur interrogé a été informé, en fin de discussion, qu'il pourrait y avoir un retour vers lui pour des informations complémentaires.

3.3 La grille d'entretien

Les entretiens ont été menés à l'aide d'une série de questions structurées. Une grille d'entretien de type mixte a été construite sur un fichier Excel (annexe 1) ; les enquêtes principales et les enquêtes qui étaient imprimées afin d'être remplies par les agriculteurs étaient en français, mais

³ Mokhtar : est un chef de village au Levant : "une vieille institution qui remonte à l'époque de la domination ottomane". Les Mokhtar "ont été pendant des siècles les figures centrales".

nous avons fait une version en arabe pour les agriculteurs qui souhaitaient lire les questions. Notre questionnaire formé de 3 feuilles, la première correspondant à l'enquête à lire, la deuxième au format destiné aux agriculteurs avec les instructions pour pouvoir compléter le questionnaire et, au final, la dernière servant à noter les données collectées. Cette méthode a été choisie pour obtenir à la fois des réponses précises et approfondies avec les agriculteurs interrogés. Ce type d'entretiens nous a effectivement permis de collecter les données précises attendues et des éléments spontanément délivrés au fil de la conversation portant sur des informations plus récentes.

L'important pour nous n'était pas le temps de l'entretien, mais les informations obtenues. Le temps moyen prévu pour chaque enquête était de 30 minutes. Cependant, les coutumes et traditions des habitants de la région, notamment leur générosité et la motivation de quelques agriculteurs sur ce sujet, ont fait que le temps assigné au départ atteignait facilement 1h.

Durant ces échanges, nous avons senti qu'un nombre important d'agriculteurs interrogés n'avaient pas envie de parler de certains sujets comme le nombre de femmes qui se trouvent à la maison, ce qui nous a amenée à seulement interroger sur le nombre des personnes constituant le foyer. Le revenu a aussi constitué un sujet sensible pour eux et tout ce qui était en lien avec la notion de quantités (dosage d'irrigation, fertilisation...), la plupart de temps aucune réponse claire n'a été apportée.

La grille d'entretien comprend une introduction sur l'objectif de l'enquête, sur celui du projet SupMed, et le contact sur le terrain. Six sections la composent et chacune est constituée d'une ou plusieurs sous-sections, qui contiennent à leur tour plusieurs variables.

- Section A « Caractérisation des ménages agricoles » : une présentation générale de l'agriculteur interrogé, son nom, sa localisation, les coordonnées GPS, les âges, pluriactivités...
- Section B « Caractéristiques des cultures » : la description du ménage par type de culture, les surfaces, les rendements et le cycle de la culture.
- Section C « Input par culture » : les détails des pratiques agricoles, dates des récoltes, quantité de semences/plants, fréquences d'irrigation, les dates d'irrigation, la fertilisation et les pesticides (dates, à quel stade, quantité, prix...), la main d'œuvre pour chaque phase de cycle agricole, le coût de mécanisation et autres inputs. Dans cette section, nous avons essayé de couvrir toutes les données utiles. C'est la plus grande section et la plus complexe pour les agriculteurs.
- Section D « Objectif de production » : explique l'orientation de chaque ménage agricole, quelles sont les proportions de l'autoconsommation, des ventes et à quel prix.
- Section E « Élevage » : le nombre d'animaux présents chez l'agriculteur, le coût moyen par type d'animal, le nombre de têtes vendues par an, et la consommation.
- Section F « Crédit et coopératives » : l'adhésion aux coopératives, le type de ces coopératives, le coût de l'adhésion, les services fournis et si les agriculteurs ont des crédits, sur combien de temps et à quel coût ?

Chaque entretien a fait l'objet d'une prise de notes ; pour chaque section, plusieurs variables intègrent les quantités, les périodes, les fréquences, le genre, l'autoconsommation par produit, destinée de la production, etc., soit au total plus de 100 variables. Cela nous a permis de

recupérer toutes les informations détaillées afin de faciliter le travail de traitement et d'analyse de chaque entretien.

3.4 Le déroulement des entretiens

Les entretiens se sont déroulés dans quatre villages agricoles à Baalbek – El Hermel. Nous avons passé trois mois sur le terrain : de juillet à septembre 2021.

Dans un premier temps, il s'agissait de mettre sur pied un atelier de travail à Hermel. Cette visite n'était pas destinée à collecter des données mais à expliquer les objectifs de notre présence sur le terrain, afin de mieux comprendre la région et le fonctionnement des agriculteurs. Durant cette période, des entretiens pilotes ont été réalisés pour tester et évaluer la validité de la grille d'entretien avant de conduire l'étude. Cela nous a permis d'améliorer la grille d'entretien.

Notre deuxième phase sur le terrain a commencé à Hermel (Figure 19). Le premier contact s'est fait par le biais d'appels téléphoniques, pour connaître la disponibilité des agriculteurs et leur proposer de venir chez eux ou de les rencontrer dans le centre agricole de Hermel. Les agriculteurs ont été fort coopératifs, d'autant plus qu'ils font confiance au centre agricole, ce qui nous a permis de voir 25 exploitations à Hermel en l'espace de 2 semaines. La même procédure a été appliquée au village de Medwi avec 14 exploitations.

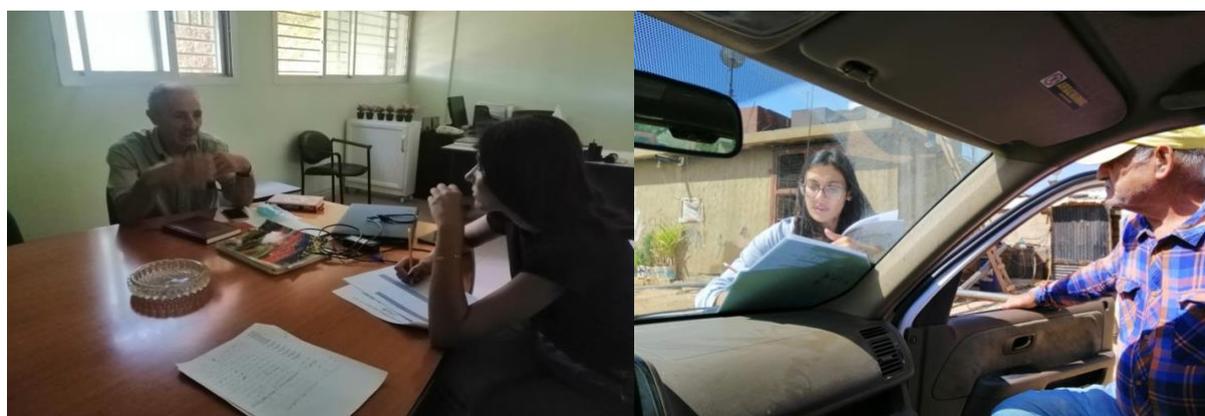


Figure 19: Entretien avec les agriculteurs de la région.

Ensuite, nous sommes partis à Nahlé, là où nous avons rencontré des problèmes de communication avec les agriculteurs, qui ne voulaient pas participer. En effet, il s'avère que ceux-ci ne font pas confiance aux associations et aux coopératives suite à de mauvaises expériences avec ces dernières. Après plusieurs allers – retours, nous avons réussi à enquêter auprès de 27 agriculteurs grâce à l'aide du chef de la municipalité. Pour ce qui concerne Bouday, nous avons rendu visite à 30 agriculteurs et complété avec eux notre questionnaire. Le but de ces entretiens n'était pas la représentativité mais la connaissance du panel des profils (pratiques, représentations, opinions) relatives au thème de l'évaluation et de la compréhension du système de leurs exploitations.

Au total, 94 agriculteurs ont accepté de répondre au questionnaire, après que nous ayons mentionné, à chaque fois, que notre rôle dans cette étude était de conduire un travail de recherche qui ne pouvait déboucher sur des aides financières.

Il était, par ailleurs, essentiel de préserver les identités et certaines caractéristiques des agriculteurs interrogés. Selon Ritchie et Lewis (2005), « *la confidentialité consiste à éviter l'attribution de commentaires, dans des rapports ou des présentations, à des participants identifiés* ». Une explication sur le but de l'entretien a été effectuée avant chaque entretien.

Ainsi, une autorisation a été demandée pour pouvoir utiliser les informations recueillies dans cette étude. Certains agriculteurs se sont montrés sensibles sur les questions concernant leur âge, leur nombre d'enfants, points qu'ils ont considérés comme atteinte à leur vie privée.

3.5 Vérfications des données

La collecte de données s'est effectuée soigneusement sur une période de trois mois sur le terrain, puis les informations, initialement consignées sur papier, ont été transférées dans un fichier Excel pour qu'elles soient analysées. Mais, avant cette étape, il a fallu vérifier ces données pour garantir leur exactitude, cohérence et intégrité. L'étape de vérification a débuté dès la collecte de ces dernières jusqu'au dépôt des résultats (Souli, 2015). La vérification vise à garantir la certitude et la qualité des données, cette phase permet d'éviter des problèmes potentiels tels que des résultats erronés, elle est essentielle dans un monde où les renseignements inexacts peuvent avoir des répercussions désastreuses (Ellsworth, 2018).

Plusieurs moyens peuvent aussi être utilisés pour vérifier ces données. Par exemple, le chercheur peut revoir les participants afin de valider la compréhension de son point de vue (Gallagher, 2020). Selon Glaser et Strauss (1967) (Glaser B. &, 2017), il doit revenir plusieurs fois sur le terrain pour réajuster, d'une part, sa théorie émergente et, d'autre part, pour élargir la compréhension du phénomène. Ce principe de vérification doit s'appliquer à toutes les parties de la recherche (Glaser B. G., 1978) et surtout pour les deux démarches les plus importantes que sont la collecte et l'analyse des données (Guillemette, 2006).

Durant notre travail à Baalbek El-Hermel, notamment lors de l'étape des enquêtes, nous avons détecté que la plupart des agriculteurs n'avaient pas renseigné les chiffres exacts dans plusieurs sections, et, lorsque nous avons vérifié les données, nous avons détecté des valeurs aberrantes, des rendements très élevés et illogiques et des prix exagérés. Cela tient à l'habitude d'obtenir des subventions, en effet, bien que nous ayons précisé que l'objectif de notre enquête était de comprendre les pratiques agricoles pour pouvoir mettre en place des stratégies d'adaptation, les agriculteurs ont cru que s'ils déclaraient plus, ils auraient davantage d'aides. Ce point s'est réglé par un retour vers les agriculteurs en reposant quelques questions et en corrigeant les chiffres préalablement annoncés. Par ailleurs, certaines données n'étaient pas connues et parfois non disponibles, comme les quantités d'eau d'irrigation en raison de l'absence de compteur. Nous avons réalisé des estimations en mobilisant des données intermédiaires, les fréquences d'irrigation, les périodes sur lesquelles les agriculteurs irriguent, les durées d'irrigation et le type de système d'irrigation utilisé, tous ces éléments nous ont permis d'estimer le débit d'irrigation. En ce qui concerne les coûts et les recettes, nous avons fait face à une large diversité de chiffres fournis par les agriculteurs, notamment en dollars et en livres libanaises (LL). Compte tenu de la volatilité quotidienne de la valeur de la LL, nous avons choisi d'uniformiser l'ensemble en dollars, en mobilisant une valeur moyenne de LL sur une période d'un an, soit 18 000 LL pour un dollar.

Les agriculteurs libanais n'accordent que peu d'importance aux chiffres et aux facteurs économiques tels que le revenu, le dosage d'irrigation et la quantité de fertilisation. Cela tient peut-être à la tradition et à l'héritage culturel ; l'agriculture au Liban est souvent une pratique traditionnelle transmise de génération en génération, ce qui peut influencer les agriculteurs à suivre des méthodes anciennes non basées sur des analyses économiques ou scientifiques (Darwich S. , 2017). Dans les zones rurales, les agriculteurs n'ont que peu accès à l'information sur les pratiques agricoles modernes, ce qui peut limiter leur compréhension du terrain (Fao, Politiques de développement agricole Concepts et expériences, 2005). Ils peuvent avoir, en

outre, des priorités différentes, telles qu'éliminer les maladies de leur production, plutôt que savoir quel type de système d'irrigation ils utilisent ou quelle quantité d'eau ils consomment (Eaton, 2002). Cela peut aussi être relié aux subventions et soutien gouvernemental, si le gouvernement fournit des subventions comme les pesticides, les semences, sans donner aucune explication, cela peut réduire l'incitation des agriculteurs à se concentrer sur les chiffres économiques. Le manque de données et de recherches spécifiques à l'agriculture libanaise, surtout sur la région de Baalbek-El Hermel, pourrait limiter la capacité des agriculteurs à prendre des décisions éclairées.

Il est important de mener des enquêtes approfondies pour comprendre leurs motivations et leurs comportements spécifiques, car les raisons peuvent varier en fonction de nombreux facteurs, y compris la région géographique, le type de culture et les circonstances individuelles.

Une fois toutes nos données corrigées et validées, nous avons pu construire notre typologie.

4. Élaboration des critères de typologie

Afin de caractériser les systèmes agricoles des ménages à Baalbek-El Hermel, nous avons commencé par classer les exploitations agricoles enquêtées en différentes catégories. Pour construire notre typologie, nous nous sommes basés sur des critères portant sur trois groupes essentiels : la mobilisation des ressources, leur efficacité d'utilisation et d'autres expliquant le niveau d'intensification et l'objectif de production (Tableau 4). Chaque critère contient plusieurs variables avec son unité et sur quelle échelle on l'a prise en précisant comment cette variable a été obtenue.

Caractérisation de l'exploitation et de l'efficacité des ressources

La caractérisation de l'exploitation agricole et l'efficacité des ressources sont d'une grande importance pour évaluer la performance, la résilience et la durabilité des systèmes agricoles (Debruyne, 2010). Cela peut inclure une large base de données avec de nombreuses variables. Seules les plus importantes ont été prises en compte dans cette étude, en fonction du potentiel de chacune. La raison pour laquelle nous n'avons pris en compte que quelques variables est qu'elles sont susceptibles d'avoir la plus grande influence sur les décisions de production et sur la productivité des exploitations. Dans les zones arides en particulier, le potentiel environnemental est souvent associé au niveau d'accès aux ressources biophysiques telles que la terre et l'eau (ElAnsari, 2020). Dans notre étude, nous avons pris en compte la propriété foncière (c'est-à-dire la taille de l'exploitation appartenant au ménage, la surface cultivée et la surface de location), la surface ayant accès à l'eau d'irrigation et les surfaces en secs, la localisation géographique des systèmes, leurs types de cultures, le type de sol, la profondeur, etc. Tous ces éléments jouent le rôle des indicateurs potentiels dans la caractérisation des ménages agricoles. Pour l'efficacité des ressources, nous nous sommes basés sur l'eau (quantité d'eau utilisée par exploitation), la main d'œuvre (familiale et étrangère) et la disponibilité ou l'absence d'un certain niveau minimum de ressources pour déterminer la capacité du ménage.

Critères	Variables	Échelle	Unité	Définition/méthode de calcul
Caractérisation de l'exploitation et de l'efficacité des ressources	Exploitation	Régional	Qualitatif	D'après l'enquête
	Village	Régional	Qualitatif	
	Type d'exploitation	Régional/exploitation	Qualitatif	
	Type de sol	Régional/exploitation	Qualitatif	Rapport Hasad
	Profondeur du sol	Régional/exploitation	Cm	
	Matière organique du sol	Régional/exploitation	%	
	Capacité au champ	Régional/exploitation	cm ³ d'eau/cm ³ de sol	
	Surface d'exploitation	Exploitation	ha	D'après l'enquête
	Surface cultivé	Exploitation	ha	
	Surface irriguée	Exploitation	ha	
	Surface en sec	Exploitation	ha	
	Surface locative	Exploitation	ha	
	% de la superficie cultivée	Exploitation	%	La superficie spécifiée divisée par la superficie de l'ensemble de l'exploitation et multipliée par 100
	% de surface locative	Exploitation	%	
	% de la superficie irriguée	Exploitation	%	
	% de surface sèche	Exploitation	%	
	Quantité totale d'eau d'irrigation par exploitation	Exploitation	m ³ /ha	Débit estimé par expert m ³ /min * fréquence * surface irriguée
	% de main-d'œuvre étrangère	Exploitation	%	Calculé en pourcentage du nombre de chaque type de travail (familial, étranger) sur le nombre total de travailleurs.
% de la main-d'œuvre familiale	Exploitation	%		
Intensification de la production	Revenue des ventes	Exploitation/culture	LL/tonne	Calculé à partir de l'enquête comme la quantité de chaque intrant multiplié par le prix du marché de chaque intrant donné par l'agriculteur
	Coût total de l'irrigation	Exploitation/culture	LL/m ³	
	Coût total de la fertilisation	Exploitation/culture	LL/ha	
	Coût total de la main-d'œuvre par exploitation	Exploitation/culture	(LL/jour/ha)	
	Coût total des semences/plante	Exploitation/culture	t_pl_ha	
Objectifs de production	Taille de la famille	Exploitation	Personne	D'après l'enquête
	Total des revenus non agricole	Exploitation	LL/an	
	Pluriactivité	Exploitation	Qualitatif	
	% de la production vendue	Exploitation/culture	%	Production vendue/production totale *100
	% de production autoconsommée	Exploitation/culture	%	Production autoconsommée/production totale *100
	Autoconsommation	Exploitation/culture	Kcal/pers/jour	D'après un rapport de la FAO

Tableau 4: Les critères choisis pour la typologie des ménages agricoles

Intensification de la production

L'intensification de la production agricole fait référence à l'augmentation de la production agricole par l'utilisation renforcé d'intrants externes comme les engrais chimiques, les pesticides, la main d'œuvre, etc. sans prendre en compte les impacts environnementaux (Patrick, 2011).

D'ici 2050, la FAO estime que la population mondiale aura atteint les 9,1 milliards de personnes. Pour nourrir cette population, le monde aura besoin de produire beaucoup plus de produits alimentaires : 3 milliards de tonnes supplémentaires de céréales et plus de 200 millions de tonnes supplémentaires de produits carnés par an. Dans le même temps, nous sommes confrontés à un manque de terres arables sur lesquelles les agriculteurs peuvent étendre leur production, à une concurrence importante pour les ressources naturelles, et à une baisse de la fertilité des sols (Gustafson, 2017). Ce qui augmente le défi de répondre aux besoins alimentaires, c'est l'utilisation accrue d'intrants tels que les produits phytosanitaires, le matériel agricole et l'énergie, ainsi que la mécanisation de l'agriculture. L'agriculture intensive peut avoir des conséquences négatives sur l'environnement, telles que la perte de biodiversité, la dégradation des sols et la pollution (Degand, 1980).

Pour bien comprendre l'intensification de production dans notre thèse, nous avons choisi de prendre en compte les coûts des intrants (eau, fertilisation, semences, main d'œuvre) et le revenu des ventes.

Objectif de production

Dans les zones arides, les ménages agricoles peuvent produire soit pour satisfaire leurs besoins de consommation de leur production, soit pour le marché afin d'obtenir les revenus monétaires dont ils ont besoin (ElAnsari, 2020). L'orientation des ménages agricoles vers le marché dépend souvent de la quantité et du type de produits dont ils ont besoin pour leur consommation, qui dépendent à leur tour de plusieurs facteurs, dont la taille du ménage et les habitudes alimentaires (Chenoune, 2016), elle peut aussi dépendre de la main d'œuvre, l'adaptation de la production en fonction de la main-d'œuvre est parfois prioritaire (Howald, 1954). La pluriactivité dans le domaine agricole se réfère à la pratique d'exercer simultanément plusieurs activités professionnelles dont au moins une est agricole (Bonhommeau, 2014), elle peut faire bénéficier aux agriculteurs d'une diversification des revenus qui peut aboutir à une réduction des risques, du maintien en milieu rural, en offrant aux agriculteurs la possibilité de compléter leurs revenus sans avoir à abandonner complètement leur activité agricole (Tallon, 2013) et cela peut permettre un meilleur accès à certaines aides et prestations sociales, en particulier dans les cas où les revenus agricoles sont insuffisants (Aries, 2021).

5. Analyse statistique

Au total, 30 variables (tableau 4) relevant des trois critères ci-dessus ont été utilisées pour caractériser les ménages agricoles à Baalbek El-Hermel. Deux techniques statistiques multivariées ont été utilisées et appliquées sur Tanagra⁴ : l'Analyse en Composantes Principales (ACP) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) (Chenoune, 2016) ; (Mađry, 2010) pour établir une typologie des exploitations.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode statistique utilisée pour explorer et visualiser des données multidimensionnelles. Elle permet de réduire la dimensionnalité des données tout en préservant au mieux leur structure. Cette méthode est utile pour comprendre la structure des variables, visualiser les corrélations entre elles et obtenir des facteurs non corrélés qui sont des combinaisons linéaires des variables d'origine. (Jolliffe, 2003).

⁴ TANAGRA est un logiciel gratuit de DATA MINING destiné à l'enseignement et à la recherche, diffusé sur internet (<http://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/tanagra>) développé par Ricco Rakotomalala à l'Université Lumière Lyon 2 en France.

La première étape consiste à suivre (Bidogeza, 2009) et à appliquer l'ACP pour transformer linéairement l'ensemble original de variables en un ensemble nettement plus petit de variables corrélées qui représentent la plupart des informations de l'ensemble original. Notre objectif concerne toujours les exploitations, les entrées de cette analyse sont les critères. Dans Tanagra, nous avons introduit tous les paramètres pertinents : surfaces des exploitations, surfaces irriguées, coût total de l'eau, celui des semences, de la fertilisation, recettes des ventes, préservation de l'eau dans le sol, dose irrigation, autoconsommation, revenu extra agricole et pourcentage de la main d'œuvre étrangère.

Après la découverte de la corrélation des variables des ménages agricoles, nous sommes passée à la classification ascendante hiérarchique CAH, c'est une méthode utilisée pour regrouper des objets, dans notre cas les exploitations agricoles, en classes ou clusters, en se basant sur les dissimilarités existantes entre ces exploitations (figure 20). Elle repose sur le calcul de la distance ou de la similarité entre les exploitations et elle permet de visualiser la structure des données à travers des regroupements hiérarchiques.

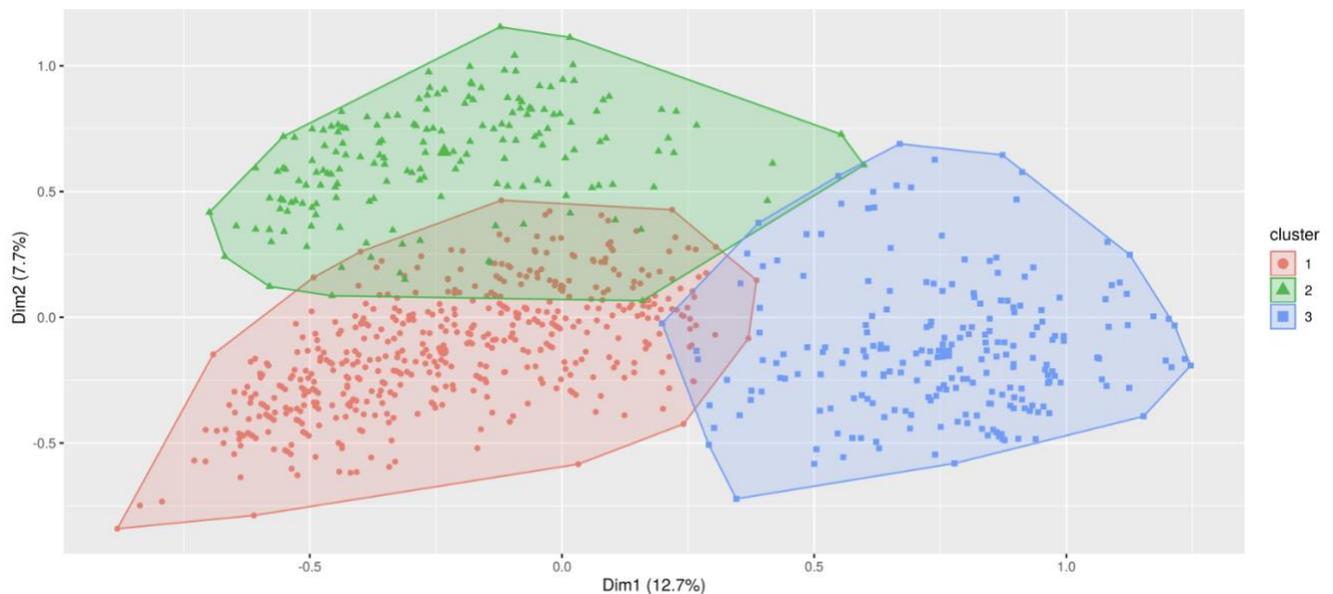


Figure 20: Regroupement des différents objets en clusters

Une fois que ces deux analyses statistiques ont été établies, des exploitations agricoles de types distincts sont apparues.

RESULTATS ET DISCUSSION

Nos résultats seront divisés en plusieurs parties à la suite des différentes étapes méthodologiques. Une fois les critères mobilisés, nous avons pu caractériser les 3 villages, Hermel, Nahlé, et Bouday/Medwi, qui montrent une particularité biophysique très importante. Dans un second temps, les analyses statistiques ACP et CAH ont permis d'identifier 3 systèmes dominants, constituant la typologie dans la zone d'étude. À partir de cette typologie, nous avons projeté la vulnérabilité (non résiliente) de chaque système en croisant les « inputs » avec la production totale et l'efficacité.

1. Description générale des villages dans la zone d'étude

La mobilisation des critères nous a permis de comprendre les caractéristiques climatique, agricole, économique et sociale ; la figure 21 montre à quoi ressemblent les résultats des 3 villages dans la zone d'étude.

Hermel est une plaine étendue de terres plates utilisées pour l'agriculture avec une altitude de 780 m, Nahlé, qui culmine à 882 m, est une zone intermédiaire avec un espace agricole à faible potentiel

productif, situé entre des zones plus productives, alors que Bouday/Medwi (1080/1800 m) forme plutôt un plateau et représente une région géographique située en altitude utilisée pour l'agriculture. On passe d'un climat très sec 200 mm/an à une zone assez humide > 600 mm/an. Les sols à Hermel sont profonds et riches en M.O (matière organique) essentielle pour la fertilité du sol et la croissance des plantes. Les sols profonds, riches en matière organique, jouent un rôle important dans le stockage de carbone et dans le maintien de la biodiversité du sol (BOURGEOIS, 2002). De plus, la présence de matière organique favorise l'aération du sol et la circulation de l'eau, ce qui est avantageux pour les racines des plantes (Baize, 2022) et encourage le développement des cultures diversifiées. Les cultures qui se développent utilisent une nappe phréatique ce qui aboutit à une exploitation de l'eau souterraine présente dans les pores, les cavités, les fissures et autres espaces des roches du sous-sol. Cette eau provient de la précipitation qui est passée à travers le sol. Les nappes phréatiques sont essentielles pour la plupart des processus d'altération et représentent la principale source d'approvisionnement en eau. Cependant, leur utilisation doit être gérée de manière durable, car elles peuvent être menacées par la pollution et la surexploitation. La présence des coopératives de production et de transformation constitue un point fort et un support important pour Hermel, elles aident les agriculteurs à écouler leurs cultures vers un marché local qui leur offre la possibilité de vendre directement leurs produits, ce qui peut augmenter leurs revenus et renforcer les liens entre les producteurs et les consommateurs, ainsi que réduire l'empreinte carbone associée au transport des produits alimentaires.

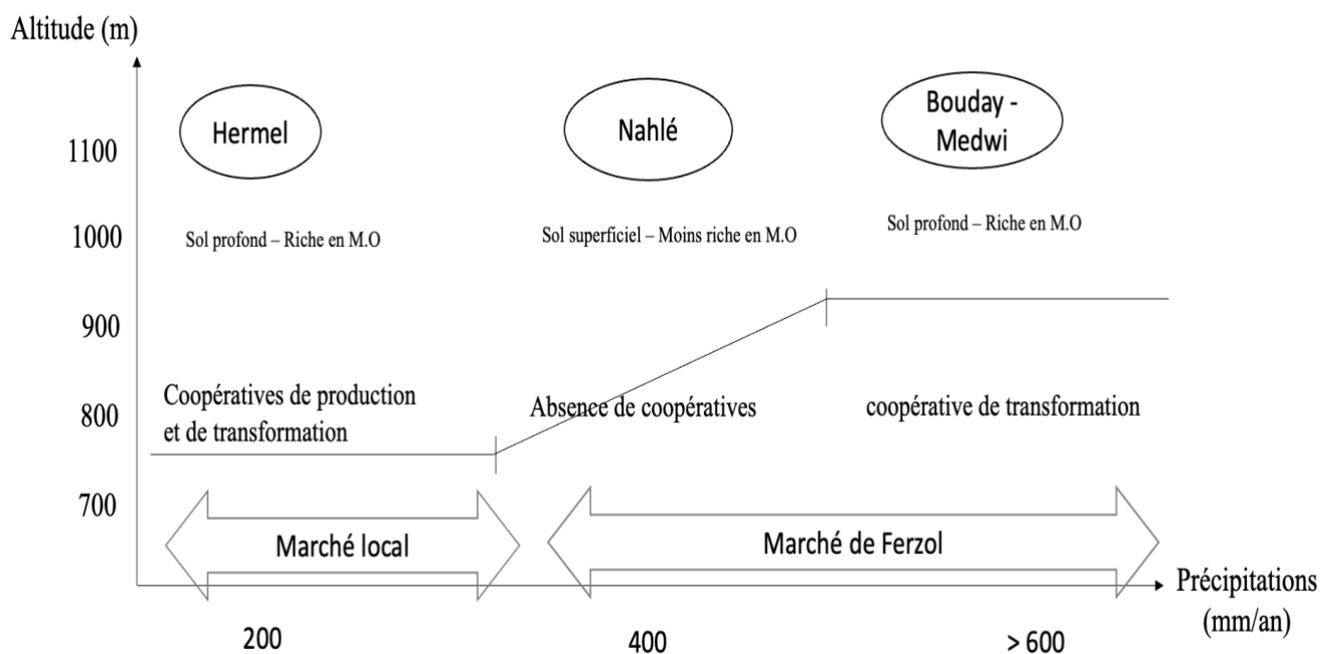


Figure 21: Contraintes/opportunités pour les 3 régions étudiées

À Nahlé et à Bouday, les cultures s'irriguent par le biais de canaux, l'une des méthodes traditionnelles qui implique l'utilisation de canaux à ciel ouvert pour acheminer l'eau vers les zones agricoles. Ces canaux d'irrigation peuvent être utilisés pour l'irrigation gravitaire, où l'écoulement se fait par gravité, ou pour d'autres formes d'irrigation telles que celle par aspersion ou goutte-à-goutte, selon les besoins spécifiques des cultures et des zones agricoles (Khabba S., 2020), à leur tour ces canaux se remplissent eux-mêmes grâce à la fonte des neiges. Le sol dans le village de Nahlé est de type superficiel, moins riche en M.O ce qui influe sur sa fertilité, ce type de sol peut présenter des défis pour la croissance des plantes et nécessiter des mesures pour améliorer sa fertilité (Beauchamp, 2006), il limite la nature des cultures. À Nahlé, les agriculteurs ne prennent pas soin de leurs cultures, la majorité ont des arbres de plus de 10 ans en sec et sans fertilisation. L'absence remarquable et totale des coopératives, qui jouent un rôle important dans le soutien aux petits exploitants, peut affaiblir la position des agriculteurs face

aux négociations avec les acheteurs et les fournisseurs, ce qui peut entraîner une plus grande vulnérabilité pour ces exploitants (Valette, 2018). De plus, les coopératives agricoles offrent souvent des services de transformation, de stockage et de commercialisation, dont l'absence peut affecter la rentabilité et la compétitivité des exploitations agricoles (Téchené, 2021). En outre, elles jouent un rôle important dans le renforcement du lien social et dans le partage des connaissances et des bonnes pratiques entre agriculteurs, leur absence pourrait donc entraîner un appauvrissement du tissu social et économique des zones rurales (Thomas, 1963). Ce qui aggrave la situation est que les agriculteurs de Nahlé n'ont pas de marché local, ils sont obligés de partir vers les grandes villes pour livrer leurs productions. Par contre, Bouday et Medwi, malgré la grande différence de leurs caractéristiques climatiques (pluviométrie et altitude) par rapport à Hermel, sont deux villages avec des types de sols riches en M.O et profonds ce qui aboutit à une diversification des exploitations agricoles, si ce n'est qu'ils ne vendent que pour un marché non local, aux alentours de la ville de Ferzol située à 36 km de Bouday. En revanche, la présence de coopératives améliore la situation des agriculteurs en comparaison de Nahlé. A Medwi, région montagneuse, les cultures sont en majorité des amandiers secs (Figure 22), les habitants n'y vivent pas tout le temps, ils partent vers les grandes villes en hiver (Hermel, Baalbek et Beirut) et ils reviennent en été pour prendre soin de leurs exploitations, ils considèrent Medwi comme une station estivale, elle leur permet aux fortes températures et à l'humidité des villes côtières et au climat sec de Hermel afin de profiter de la fraîcheur des zones montagneuses.

La configuration du marché agricole, y compris la disponibilité des marchés, l'accès aux ressources naturel, ont un impact significatif sur les choix des agriculteurs en matière de pratiques agricoles, de cultures et de revenus. En outre, la commercialisation efficace des produits agricoles, qui se fait à travers les coopératives, est essentielle pour augmenter les revenus des agriculteurs. De plus, cela peut fortement impacter la gestion des problèmes spécifiques liés aux exploitations agricoles et aux agriculteurs.



Figure 22: Amandier Sec. Photo prise à Medwi par *Alamin. R.* (2021)

2. Description des ménages agricoles

2.1. Analyse en Composantes Principales (ACP)

En utilisant le logiciel « Tanagra », nous avons réalisé une Analyse en Composantes Principales (ACP) qui fournit un tableau des « valeurs propres » (tableau 5), avec le pourcentage d'accumulation expliqué par les axes.

Tableau 5: Corrélacion entre les différents axes

Axis	Eigen value	Difference	Proportion (%)	Histogram	Cumulative (%)
1	2,964523	0,693734	24,70%		24,70%
2	2,270789	0,872726	18,92%		

Le tableau ci-dessus montre une corrélation de 43,63% de la variabilité totale pour les différents critères impliqués dans le logiciel. Dans l'ACP, le coefficient de corrélation évalue dans quelle mesure les variables d'origine sont liées aux nouvelles variables (composantes principales) créées par l'ACP (Jmp, 2023). Un coefficient de corrélation de 43% suggère une corrélation modérée, ce qui signifie que les variables sont liées. Cette corrélation est significative en termes d'analyse des données au vu du contexte spécifique de notre étude.

La corrélation des données est utilisée pour réaliser un résumé pertinent des données initiales. Celles qui sont considérées comme dispersées sont analysées à partir de la matrice des variances-covariances ou de la matrice des corrélations. Cette approche permet de revenir à un espace de dimension réduite en déformant le moins possible la réalité, tout en obtenant le résumé le plus pertinent possible des données initiales. Le cercle de corrélation (Figure 23) de l'ACP montre les corrélations entre les composantes et les variables, offrant ainsi une visualisation optimale des relations entre les variables dans l'espace de dimension réduite. En résumé, dans l'ACP, la corrélation des données est utilisée pour réduire leur dimension tout en conservant un maximum d'informations, et le cercle de corrélation est un outil pratique pour visualiser l'importance de chaque variable explicative dans l'espace de dimension réduite. D'après la figure 24 et le tableau 6, il existe une corrélation importante entre les surfaces des exploitations, les surfaces irriguées et les recettes de ventes dans l'axe 1. L'axe 2 illustre la relation entre la profondeur du sol et la réserve d'eau dans le sol, et une dernière corrélation apparaît dans l'axe 4 entre le coût des semences et l'autoconsommation.

Tableau 6: Résultats des corrélations des critères de l'ACP

Attribut	Axis_1		Axis_2		Axis_3		Axis_4		Axis_5	
	Corr.	% (Tot. %)								
Surface irriguée ha	0,93849	88 % (88 %)	0,10246	1 % (89 %)	0,17629	3 % (92 %)	0,02282	0 % (92 %)	-0,04643	0 % (93 %)
Surface exploitation ha	0,90755	82 % (82 %)	0,05222	0 % (83 %)	0,26375	7 % (90 %)	0,00314	0 % (90 %)	0,01653	0 % (90 %)
Recette des ventes_ha (LL/tonne)	0,85543	73 % (73 %)	0,06592	0 % (74 %)	0,18001	3 % (77 %)	-0,03072	0 % (77 %)	0,05122	0 % (77 %)
Coût total eau LL/m3	0,5291	28 % (28 %)	0,31457	10 % (38 %)	-0,51479	27 % (64 %)	0,19912	4 % (68 %)	-0,31869	10 % (79 %)
Profondeur_sol	0,24944	6 % (6 %)	-0,87041	76 % (82 %)	-0,1625	3 % (85 %)	0,02458	0 % (85 %)	-0,06025	0 % (85 %)
Réserve d'eau dans le sol cm water/cm soil)_sol	0,32214	10 % (10 %)	-0,78716	62 % (72 %)	-0,2415	6 % (78 %)	-0,22219	5 % (83 %)	-0,14518	2 % (85 %)
Dose irrigation_ferme (m3/ha)	0,13336	2 % (2 %)	0,3858	15 % (17 %)	-0,77569	60 % (77 %)	0,20525	4 % (81 %)	-0,0378	0 % (81 %)
Coût semence_t_pl_ha	-0,08558	1 % (1 %)	0,20248	4 % (5 %)	0,10152	1 % (6 %)	0,67439	45 % (51 %)	-0,28768	8 % (60 %)
Autoconsommation (kcal/personne/jour)	-0,02448	0 % (0 %)	-0,49842	25 % (25 %)	0,0903	1 % (26 %)	0,57385	33 % (59 %)	0,01134	0 % (59 %)
Revenu total extra agricole L.L / ans	-0,19645	4 % (4 %)	-0,24766	6 % (10 %)	-0,05493	0 % (10 %)	-0,27302	7 % (18 %)	-0,76595	59 % (76 %)
% Main d'oeuvre étrangère	0,0494	0 % (0 %)	-0,46018	21 % (21 %)	-0,40783	17 % (38 %)	0,20933	4 % (42 %)	0,48119	23 % (66 %)
Coût fertilisation (LL/ha)	-0,12519	2 % (2 %)	-0,25622	7 % (8 %)	0,35465	13 % (21 %)	0,4591	21 % (42 %)	-0,17278	3 % (45 %)
Var. Expl.	2,96452	25 % (25 %)	2,27079	19 % (44 %)	1,39806	12 % (55 %)	1,24646	10 % (66 %)	1,06372	9 % (75 %)

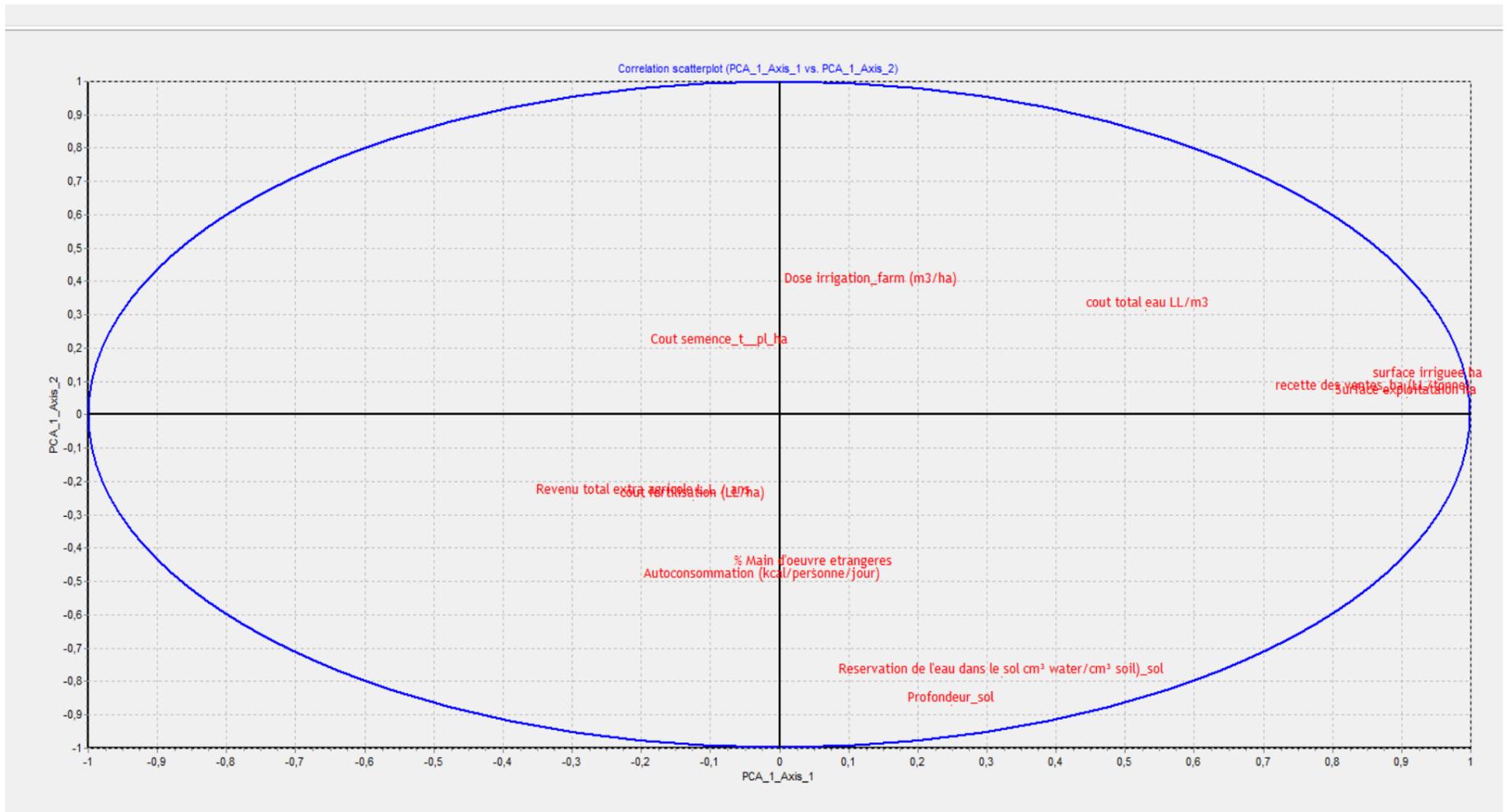


Figure 23: Cercle de corrélation

Les surfaces agricoles au Liban sont normalement de petite taille, avec une diminution de 3,5% de la SAU par rapport à 1998 (Cirad-Ciheam-Iamm, 2016). Cette situation s'est aggravée dans le temps en raison de plusieurs facteurs parmi lesquels la transmission des terres de génération en génération, ce qui a abouti aux fragmentations des terres en petites parcelles, l'expansion urbaine qui a converti plusieurs terres agricoles à d'autres utilisations. Par ailleurs, les coûts élevés de production, y compris l'augmentation du coût des intrants agricoles de base, ont pu limiter la capacité des agriculteurs à cultiver de grandes surfaces, nonobstant le contexte économique avec des défis à relever, alors que la dévaluation de la livre libanaise sur le marché parallèle a largement affecté le secteur agricole, entraînant une baisse des surfaces plantées. Cette combinaison de facteurs a contribué à la réduction des surfaces agricoles et à la prédominance d'exploitations de petite taille au Liban. (DGPE, 2022) (Darwich S. E., 2021).

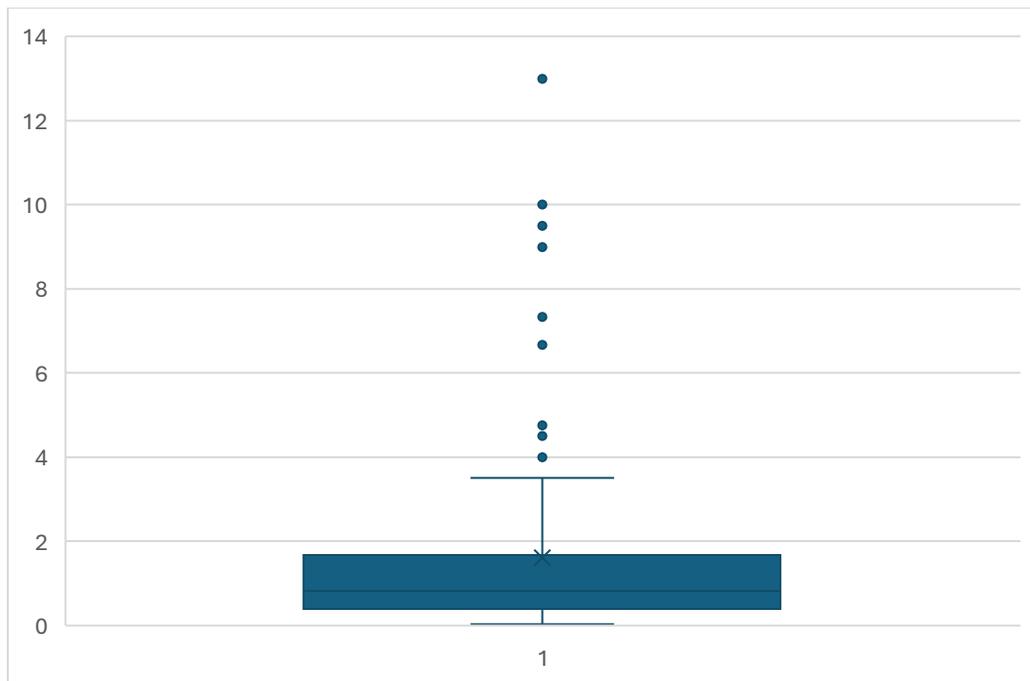


Figure 24: Surfaces des exploitations totales

La définition d'une petite surface agricole au Liban est basée sur la taille des exploitations. Selon la bibliographie, les exploitations agricoles ayant une surface inférieure à 13,6 dounums⁵ (soit 1,3 ha) sont considérées comme de petites exploitations (Cirad-Ciheam-Iamm, 2016). Celles de plus de 9.1 ha sont de grandes exploitations (Verdeil É. G., 2007). Dans les ressources consultées, nous n'avons pas trouvé de résultats spécifiant clairement une surface agricole moyenne au Liban. Cependant, on peut en déduire que, dans le contexte libanais, une exploitation agricole de taille moyenne pourrait être considérée comme celle ayant une superficie comprise entre celle des petites et des grandes exploitations.

Petite exploitation < 1.3 ha > Moyenne exploitation < 9.1 ha Grande exploitation

Notre échantillon valide les études passées, la moyenne de nos surfaces étant de 1.67 hectare (16.7 dounums) (Figure 24), avec la présence de quelques exploitations de grandes surfaces qui constituent 3% de l'échantillon total, une prédominance des petites exploitations 67% et 30 % pour les exploitations de surfaces moyennes (Figure 25), ce qui est commun dans les zones arides telles que Baalbek El-Hermel, Tunisie (Elloumi, 2006), Algérie (Markou, 2006) et Égypte (Radwan, 2011). On détecte la

⁵ L'unité "dounum" (ou "dunum") est une unité de mesure de surface utilisée dans certains pays du Moyen-Orient, y compris le Liban. Un dounum équivaut à environ 1000 mètres carrés ou 1 décarré, ce qui correspond à un dixième d'hectare. Il s'agit donc d'une mesure de superficie non standard dans le Système International d'Unités (SI), mais qui est toujours utilisée dans certaines régions pour évaluer les terres agricoles ou les propriétés foncières. Dans notre thèse, nous allons utiliser l'hectare pour exprimer les surfaces.

même variation pour la composition des familles qui varie considérablement, allant de 1 à 19 membres par foyer.

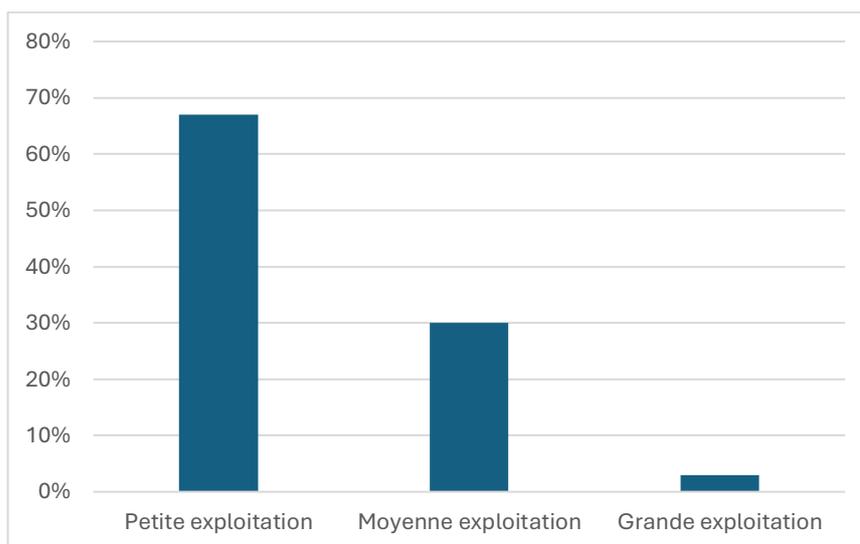


Figure 25: Répartition des exploitations agricoles selon leurs surfaces

2.2 Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Dans le même logiciel, nous avons réalisé la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) afin d'obtenir les systèmes agricoles dominant dans notre zone d'étude de Baalbek El-Hermel. Les résultats de cette analyse statistique identifient trois types de ménages agricoles distincts, présentés par « cluster » (tableau 7). Ils ont été établis de telle sorte qu'ils puissent être homogènes au sein des classes qui présentent les mêmes caractéristiques en ce qui concerne les variables (critères) sélectionnées pour établir la typologie décrite à la section 2.2.

Tableau 7: Résultats des regroupements

Clusters	Nombre d'exploitations
Cluster n1	5
Cluster n2	35
Cluster n3	54

Sur la base des analyses statistiques réalisées à l'aide de l'ACP et de la CAH, trois types de ménages agricoles distincts ont été identifiés. Ils ont été établis de telle sorte qu'ils puissent être homogènes au sein des classes qui présentent les mêmes caractéristiques en ce qui concerne les variables (critères) sélectionnées pour établir la typologie décrite à la section 2.6. En conséquence, les types de ménages agricoles identifiés sont les suivants : 1) Ménages pratiquant l'agriculture intensive à prédominance maraichère ; 2) les ménages mixtes pratiquant l'agriculture semi-intensive de céréales et d'oliviers ; et 3) les ménages pratiquant la monoculture traditionnelle extensive arboricole. Une description de chacun de ces types est fournie ci-dessous et résumée dans le Tableau 8 :

1. Ménages pratiquant l'agriculture intensive, situé à Bouday et Hermel à prédominance maraichère 65%, 14 % céréales, 13% tabac et 7% arboriculture, avec absence totale de légumineuses ; pour classier un système comme intensif, il doit être caractérisé par l'usage important d'intrants, dans le but de maximiser la production et d'augmenter les rendements par unité de travail et à l'hectare (environnement, 2012). Notre ménage est constitué de 5 exploitations, chiffre le plus petit par rapport aux autres systèmes, mais classifiées comme exploitations les plus grandes, avec une surface moyenne de 28.4 ha > 9.1 ha et un rendement dominant de 20.5 t/ha. La pratique agricole bénéficie d'un sol profond, irrigué à 100% (40%

goutte à goutte, 30% gravitaire et 30% aspersion), 55% de leurs sources d'eau sont des puits privés, le reste est prélevé sur un lac avec une dose d'irrigation la plus élevée, à savoir 5 871 m³/ha. Cette catégorie comprend les exploitations qui ont les marges brutes les plus élevées, avec une moyenne de 10 398 \$/ha et un revenu non agricole moyen de 380 \$. Ce petit montant tient au type de travail exercé par la majorité des agriculteurs qui travaillent, en raison de la crise économique, et ce depuis 2019, comme militaires ou occupent des postes pour l'État. En effet, le salaire minimum mensuel était à l'origine d'environ 450 000 livres libanaises, mais, en raison de l'effondrement de la monnaie, il est passé à une valeur équivalant à environ 40 dollars américains par mois, ce qui est bien en deçà du seuil de pauvreté (Sinnes, 2021). La crise a entraîné une dépréciation significative de la monnaie ce qui a abouti à une augmentation des prix de tous les produits, y compris les produits phytosanitaires, à savoir 393 \$/ha, coût beaucoup plus important que pour celui des autres systèmes. Les agriculteurs concernés fertilisent leur surface totale à hauteur de 83% avec 33% de fertilisation totale organique. La main d'œuvre est à 65% étrangère, mais c'est une main d'œuvre qualifiée. Leur participation à des coopératives est presque faible. Ces ménages produisent principalement pour le marché, puisque 97% de leur production totale est commercialisée, tandis que les 3% restants sont utilisés pour l'autoconsommation. Leurs revenus se situent au-dessus du revenu national brut, ce qui en fait les exploitations les plus riches. Cependant, n'oublions pas que cela ne concerne que 5% de la totalité des exploitations.

2. Ménages traditionnels extensifs pratiquant la monoculture ; ils font essentiellement de l'arboriculture avec une prédominance d'abricotiers et de cerisiers. On y retrouve aussi 18 % de céréales, 8% de tabac et 8% de maraichage et 5% de légumineuses, répartis entre Nahlé 75%, Bouday 17% et Hermel. La surface moyenne est de 1.87 ha > 1.3 ha et < 9.1 ha et se caractérise par leur petit système ces ménages forment 37% d'échantillon total. Ces pratiques agricoles se font sur un sol pauvre en matière organique et surface superficielle, 36% de la surface totale est irriguée, soit de façon gravitaire 52 %, soit par goutte à goutte 48%. L'eau provient à 54% du lac et à 46% de puits privés et le reste demeure en sec ; la dose d'irrigation 5 453 m³/ha est élevée en comparaison de leurs surfaces irriguées, cela tient à l'utilisation du système traditionnel gravitaire, qui est l'une des techniques les plus anciennes (Alkassem-Alosman, 2016). La participation à des coopératives est presque faible. Les agriculteurs fertilisent 30 % de la surface totale des exploitations présentes dans ce système avec 47% de fertilisation organique, les autres recouvrent l'usage de fertilisants chimiques, sulfure, NPK... Ce système produit en moyenne 7 t/ha, dont 82% sont destinés au marché de Ferzol, qui n'est pas un marché local. Ces ménages emploient de la main d'œuvre étrangère à 77%. Leurs revenus de 3 555 \$/ha se situent au-dessous du revenu national brut de 5 510\$ (El-Bacha, 2022), ce qui fait de ces exploitations les plus pauvres du pays et obligent les exploitants à se procurer des ressources extra agricoles, soit 426\$ en moyenne.
3. Ménages agricoles mixtes, céréales-oliviers, semi-intensif ; ce groupe compose 58% des exploitations agricoles dans notre zone d'étude. Il cultive des oliviers pour 33 % et des céréales pour 30%. Pour les autres cultures, on trouve 16 % de maraichage, 15 % de Tabac et 6% de légumineuses. Ces exploitations se répartissent de manière quasi égale entre les 3 villages, 39% à Hermel, 35% à Bouday et 26% à Medwi. Leur sol est mixte entre profond et superficiel. Les exploitations sont de taille moyenne de l'ordre de 4 ha. 53 % des surfaces sont en sec et 47% irriguées sur la base de 5 207 m³/ha de dose d'irrigation. Leur source en eau provient pour 40% des puits privés et 60% du lac. Les agriculteurs irriguent selon la technique gravitaire pour 61% et 39 % utilisent les systèmes goutte à goutte. Ce sont eux qui sont les plus affiliés à des coopératives. La fertilisation des surfaces agricoles qui se trouvent dans ce système est de 50%

et la moitié de ces 50% le sont de manière organique. Ces systèmes produisent 8 t/ha et écoulent 76% de la production totale sur le marché de Ferzol, qui n'est pas un marché local. Ce sont les exploitations qui utilisent le plus de main d'œuvre étrangère, seuls 10% sont constitués de main d'œuvre familiale. Leurs revenus, 4 712\$/ha, se situent toujours au-dessous du revenu national brut ce qui en fait des exploitations avec un revenu médian.

Vous trouverez, dans l'annexe 2, trois tableaux contenant les données nettoyées des systèmes dominants situés à Baalbek El-Hermel avec des informations détaillées sur tous les types de cultures qui se trouvent dans chaque groupe, leurs surfaces moyennes (exploitations, cultivées, en location, irriguées et en sec), les rendements, la densité moyenne de semis, le prix et le coût moyen des semences, ceux des moyens d'irrigation et leur dosage, le coût moyen de fertilisation, le prix moyen des ventes, les recettes moyennes des ventes en LL et \$, la marge brute, le pourcentage de chaque culture par rapport à la surface totale, le pourcentage de chaque culture par rapport aux cultures totales et le pourcentage de la part moyenne de la production vendue et autoconsommée.

	Groupes	1. Ménages à prédominance maraîchère intensive	2. Ménages traditionnel extensif pratiquant la monoculture	3. Ménages Semi-intensif Mixe céréaliers -Olivier	
	Caractéristiques de l'exploitation et efficacité des ressources	Village	Bouday- Hermel	Nahlé-Bouday	Hermel-Bouday-Medwi
		Type d'exploitation	Maraichage	Arboricultures	Oliviers - Céréales
Surface d'exploitation (ha)		28,4	1,87	3,66	
Surface cultivée (ha)		28,4	1,86	2,62	
Surface irriguée (ha)		28,4	0,67	1,52	
Surface en sec (ha)		0	1,2	2,14	
Surface en location (ha)		0	0,01	1,04	
(%) Surface cultivée		100	99	72	
(%) Surface locatif		0	1	28	
(%) Surface irriguée		100	36	42	
(%) Surface en sec		0	64	58	
Quantité totale d'eau d'irrigation (m3/ha)		5871	5453	5207	
(%) Main d'œuvre étrangère		65	77	90	
(%) Main d'œuvre familiale		35	23	10	
Intensification de la production		Marge brute (\$/ha)	10398	3555	4712
		Revenues des ventes (\$/ha)	11038	3945	5018,00
	Coût total de l'irrigation (\$/m3/ha)	109	120	116	
	Coût total de la fertilisation (\$/ha)	393	9	20	
	Coût total de la main-d'œuvre (\$/ha/jour/personne)	2,2	2,6	2,3	
	Coût total des semences (\$/ha)	183	259	170	
Objectifs de production	Travail (personne/jour/ha)	5	60	33	
	Nombre de membres de la famille	7	6	5	
	Total des revenus non agricole (\$/an)	380	426	554	
	(%) Pluriactivité	60	50	76	
	(%) Production des ventes	97	82	76	
	(%) Production autoconsommée	3	18	24	
	Autoconsommation (kcal/pers/jour)	1289	1723	1671	
	(%) Production Céréalière	14	18	29	
	(%) Production végétale	66	8	16	
	(%) Production Arboricole	7	61	33	
	(%) Production Légumineuse	0	5	6	
(%) Tabac	13	8	16		

Tableau 8: Caractéristiques moyennes des trois systèmes agricoles dominants

3. Évaluation de la résilience des trois types de ménages agricoles

Indicateurs utilisés pour évaluer la résilience des systèmes de production

Les indicateurs de résilience des systèmes agricoles peuvent inclure des aspects socio-économiques, environnementaux et de gestion des risques pour évaluer la capacité d'un système à faire face à l'adversité et à surmonter les chocs (Manon, 2018) ; (Fao, 2017).

Un système vulnérable est un système non-résilient et l'opposé est aussi exact (détails dans le chapitre 2). Une fois les concepts de vulnérabilité/résilience définis, il s'agit de choisir des indicateurs renseignés à différents moments du temps afin qu'ils soient capables de suivre l'évolution de l'agriculture (Bar M. P., 2011). On doit choisir les indicateurs en nous basant sur nos objectifs et ce qui nous interpelle, mais, ces indicateurs doivent être aussi cohérents avec ceux définis au niveau international dans un souci de comparabilité afin de pouvoir extrapoler les travaux localisés sur des territoires à des ensembles plus vastes.

En ce qui concerne notre thèse, les indicateurs ne sont pas utilisés par rapport à l'évaluation d'un programme particulier, leurs objectifs est de suivre l'évolution des systèmes agricoles dominant à Baalbek El-Hermel. Lors de l'étude de la vulnérabilité/non résilience, nous avons cherché à mettre en évidence la production totale, les intrants, le climat et le marché, en mobilisant les données collectées et analysées pour ce qui concerne ces indicateurs. La production totale comprend les revenus et l'autoconsommation.

Revenus

L'indicateur retenu est la moyenne de marge brute \$/ha⁶ par exploitation. Elle est calculée comme la différence entre la production totale vendue (Recettes moyennes des ventes LL/ha) et les coûts de production (coût moyen des semences LL/t-pl/ha + Coût moyen de l'irrigation LL/m³/ha + Coût moyen de fertilisation LL/ha). Dans la production totale, nous n'avons pas pris en compte les quantités conservées pour l'autoconsommation, ainsi que les revenus non agricoles.

Intrants

Les intrants sont les ressources utilisées dans la production agricole, telles que les semences, les engrais, les pesticides, l'eau, la main d'œuvre, etc. On les mesure par les quantités utilisées par chaque système et la dépendance à ces ressources, auxquelles s'ajoutent le temps, l'efficacité, la durabilité et l'impact environnemental de ces intrants. En d'autres termes, au lieu de simplement quantifier la quantité de semences, d'engrais ou d'eau utilisée, il serait bénéfique d'évaluer comment ces intrants sont utilisés pour maximiser les rendements tout en minimisant les déchets et les dommages environnementaux.

Climat

Les risques climatiques constituent un indicateur important dans la résilience des systèmes agricoles, ils jouent sur les pratiques culturales et agronomiques et les choix techniques tels que le niveau d'intensification. Notre zone d'étude se caractérise par un climat diversifié (Figure 21) et spécifique par rapport à la petite distance entre les villages, pour lesquels on retrouve différents types de sol, différentes altitudes et une pluviométrie qui passe d'un climat sec à un assez humide.

Marché

Un meilleur accès aux marchés et une bonne géolocalisation de ces derniers est un élément clé dans l'évaluation de la résilience des systèmes. La vente des produits agricoles non seulement contribue à améliorer les revenus et le niveau de vie, mais elle joue également un rôle essentiel dans la capacité à réinvestir dans l'activité agricole. Ce processus de production, vente et de réinvestissement contribue à

⁶ Pour convertir de la LL au \$, on divise par 18 000.

renforcer la résilience des systèmes agricoles en assurant une continuité dans les pratiques culturelles et en permettant aux agriculteurs de s'adapter aux défis.

L'efficacité technique (ET)

L'efficacité technique (ET) est définie comme la performance d'une exploitation donnée par rapport à des exploitations similaires situées sur la frontière de production et de possibilité (FPP) en utilisant la technologie existante (Keating, 2010). Les exploitations situées sur la courbe sont celles qui produisent le plus avec la même quantité d'intrants ou, à l'inverse, celles qui produisent la même quantité avec la plus petite quantité d'intrants (Farrell, 1957). Les indices de ET prennent des valeurs comprises entre 0 et 1, les exploitations les plus efficaces qui produisent sur la FPP prenant une valeur de 1 et les exploitations les plus inefficaces des valeurs proches de 0 (Coelli, 1996). En fonction de l'objectif visé, l'ET peut être évaluée au niveau de la parcelle ou de l'exploitation ; elle peut prendre en compte des intrants spécifiques ou tous les intrants dans leur ensemble (Yigezu, 2013). À la suite de (Yigezu, 2013), cette étude a calculé l'efficacité technique spécifique aux intrants (efficacité technique composite), en termes d'utilisation de l'eau d'irrigation (efficacité technique de l'eau), des semences (efficacité technique des semences), de la main-d'œuvre (efficacité technique de la main-d'œuvre) et de la fertilisation (efficacité technique de la fertilisation).

4. Évaluation de la vulnérabilité des trois types de ménages agricoles.

En nous lançant dans la typologie, nous nous sommes projetés pour évaluer la vulnérabilité de chaque système en croisant les indicateurs de résilience, les intrants avec la production totale et en tenant compte du marché, du climat et de l'efficacité, qui se réfère à la capacité des systèmes agricoles à produire plus en utilisant moins de ressources externes (Figure 26). En d'autres termes, il s'agit de maximiser l'utilisation des ressources naturelles, de réduire la dépendance aux intrants externes tels que les engrais, et de favoriser la résilience face aux chocs naturels ou économiques (Fao, 2022).

Les ménages, qui pratiquent l'agriculture intensive à prédominance de maraichage et qui cultivent principalement pour le marché, sont les plus rentables, suivis par le système semi-intensif et le système en monoculture extensive (figure 27).

Le système intensif présente l'ET la plus importante pour ce qui concerne l'eau d'irrigation (0.35), alors que les systèmes extensif et semi-intensif ne sont pas très loin de ce chiffre (0.32 ; 0.33) (figure 28), bien que l'exploitation maraichère soit irriguée à 100%. Les autres systèmes dépendent, dans leurs systèmes d'irrigation, de la méthode traditionnelle gravitaire qui peut contribuer au gaspillage de l'eau dans certaines situations, surtout en l'absence de responsabilité et de conscience de l'importance des ressources hydriques comme dans notre cas : exemple, l'exploitation extensif irriguée à 36% mais 52% de la totalité des surfaces irriguées sont en gravitaire. La figure 29 montre que le système maraicher intensif est le premier à utiliser des fertilisants avec une valeur maximale de ET (0.8), ce qui est normal puisque la culture maraichère requiert des produits phytosanitaires. Par ailleurs, comme ce sont des exploitations riches, elles ont plus de moyens pour acheter ces produits, alors que c'est l'opposé pour les ménages pratiquant l'arboriculture, qui sont pauvres et qui, sans faire attention, se dirigent vers une culture biologique en utilisant juste la fertilisation organique avec une ET à (0.3), entre les deux on trouve le système mixte à (0.4).

Bien que le système 1 soit de type intensif, on peut voir que l'ET main d'œuvre est la plus petite (0.6) par rapport aux autres (0.7 et 0.8) (figure 31), cela tient à la nature de main d'œuvre utilisée, très qualifiée dans le sens, capables d'effectuer une grande variété de tâches agricoles (Deschamps, 2009), ils connaissent parfaitement les besoins et le fonctionnement de l'exploitation et, lorsqu'elle est étrangère, ce sont des travailleurs de nationalité syrienne, en majorité réfugiés qui ont fui la guerre et qui ne garantissent pas de stabilité à leurs employeurs. Durant les entretiens, plusieurs agriculteurs se sont plaints sur ce point, leur main d'œuvre les quittait, parfois même au milieu de la saison agricole pour partir vers

les grandes villes ou changer de domaine agricole afin d'améliorer leurs revenus. La main d'œuvre n'est pas le seul indicateur qui dépend de sa nature, c'est le cas aussi des semences, l'ET semence du troisième type semi-extensif est la plus importante (0.4) en comparaison du type intensif (0.36) et du type extensif (0.23) (figure 30). Les ménages maraichers intensif utilisent des plants, ils cultivent selon des quantités précises, alors que dans le système mixte semi-intensif qui produit des céréales, les exploitants sèment sans compter ou sans prendre en considération les quantités exactes.

Au vu de la figure 26, on constate qu'aucun des trois ménages agricoles dominants n'est efficient, ils se trouvent tous au-dessous de la courbe d'efficience. Le système maraicher intensif a le plus fort revenu, cette différence avec les autres systèmes s'explique par la fertilité du sol et l'effet de l'intensification de la diversité agricole avec la présence des cultures céréalières et le tabac qui sont des cultures subventionnées par l'État, surtout pour le tabac dont la totalité de la récolte est acquise par la Régie des tabacs⁷ selon des quotas attribués à l'avance et à des prix subventionnés, supérieurs aux cours internationaux, précise le président de l'Union des agriculteurs (LOJ, 2009). Les systèmes intensif maraichers sont les plus rentables mais en même temps les plus vulnérables à cause de leur dépendance à la main d'œuvre qui doit être qualifiée, mais qui n'est pas toujours stable et qui est plus chère.

⁷ Régie Libanaise de Tabacs et Tombacs (RLTT), gère la culture, la fabrication, la distribution et la vente de tabac et de tombac au Liban, du nord au sud et dans la Bekaa.

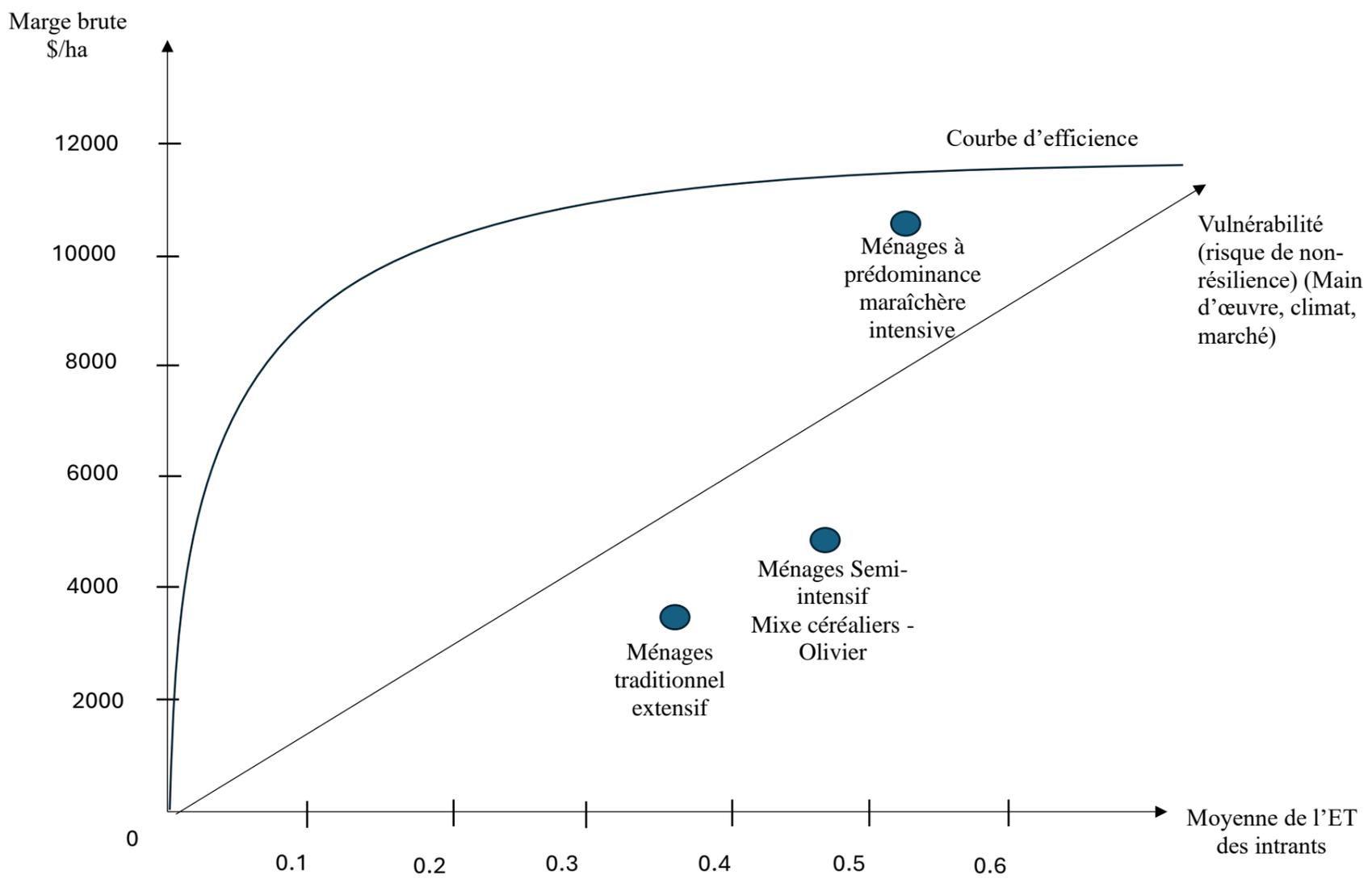


Figure 26: Localisation des systèmes dominants par rapport à leurs revenus et moyenne de l'ET des intrants

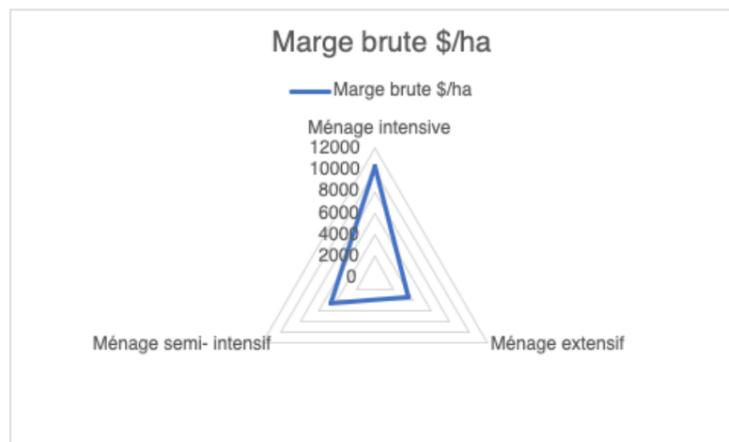


Figure 27: Marge brute des 3 systèmes

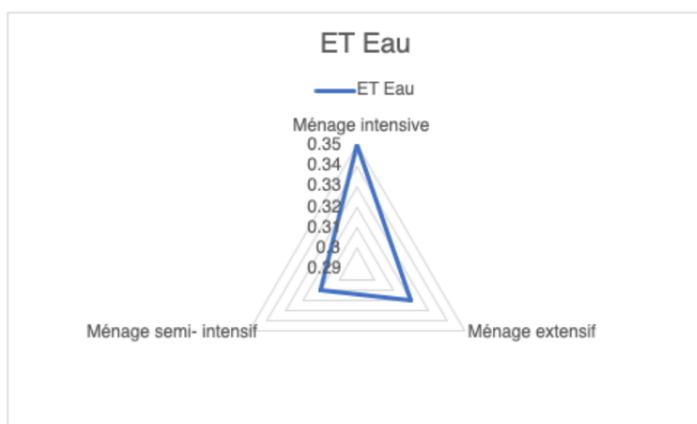


Figure 28: ET de l'eau liée à l'irrigation

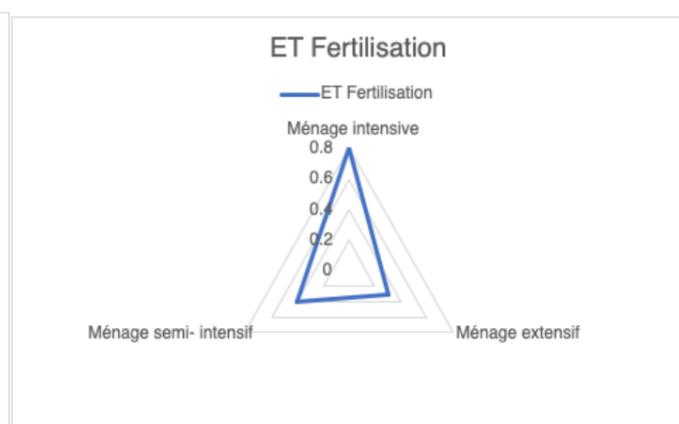


Figure 29: ET de la fertilisation

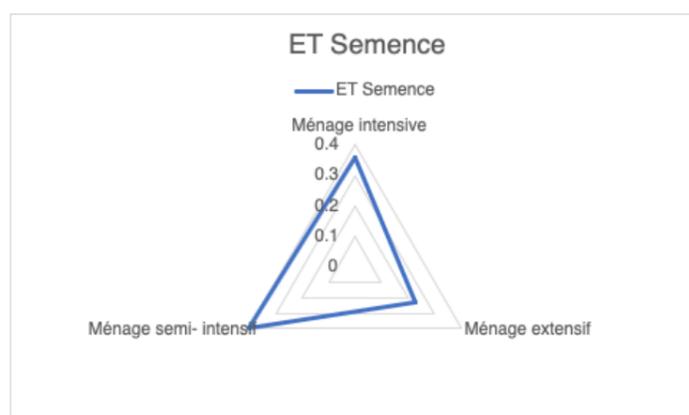


Figure 30: ET des semences

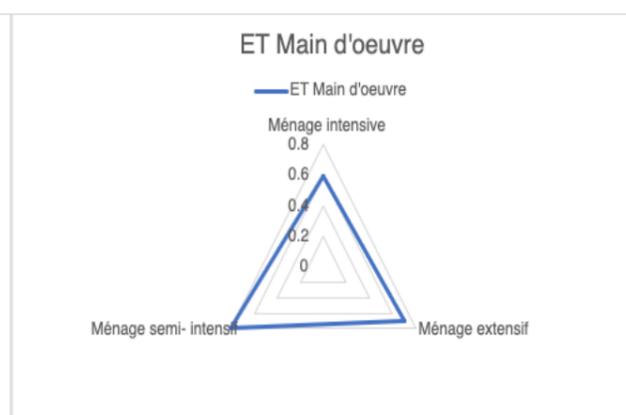


Figure 31 : ET travail

Ce sont, par ailleurs, les systèmes qui irriguent le plus et, en raison du changement climatique, il existe un risque de surexploitation des nappes phréatiques qui ne seront pas forcément renouvelables. De plus, comme le montre la figure 26, c'est le système qui a la moyenne d'ET des intrants la plus élevée, alors que tout changement dans les prix à la suite de la crise économique (i.e. fertilisant) affecte de manière directe les agriculteurs de ces exploitations et les rend davantage vulnérables. Cependant, la présence importante des coopératives joue un rôle non négligeable pour amortir le choc en négociant les prix des ventes pour les agriculteurs, etc.

Le ménage traditionnel extensif pratiquant la monoculture et le ménage semi-intensif mixte céréaliers – oliviers ne sont pas aussi vulnérables que le ménage à prédominance maraichère intensive, parce qu'ils n'emploient pas de main d'œuvre qualifiée, leurs ressources en eau sont plus stables, liées à la fonte des neiges et leur localisation en zone de montagnes leur donne un grand avantage. Le système semi-intensif mixte dépend davantage des intrants ce qui le place au milieu en termes de vulnérabilité, mais l'effet de l'intensification lié à la pluri-culture le positionne de la même façon pour ce qui concerne les revenus. Le type extensif est le moins vulnérable, mais ceci ne signifie pas qu'il est en bon état, il fait partie des systèmes les plus pauvres, il ne prend pas soin de ses exploitations et ne travaille pas à son amélioration.

Les systèmes intensifs sont, quant à eux, riches, s'appuient sur des coopératives mais ce sont ceux qui polluent le plus à cause d'un usage excessif d'eau et de fertilisants, alors qu'ils ne représentent que 5% des exploitations au total contre 95% d'agriculteurs pauvres.

Sur la base de ces résultats, notre enjeu est de voir comment rendre les systèmes (extensif et semi-intensif) plus proches de la courbe d'efficience et de diminuer la vulnérabilité du système intensif.

CONCLUSION

Dans le contexte des zones arides, la présente étude a permis de distinguer trois types dominants de ménages agricoles selon les quantités d'intrants (travail, eau, semence, fertilisant), les dotations en ressources disponibles pour chaque ménage et l'objectif de production (marché ou consommation).

Les exploitations agricoles intensives, axées principalement sur l'agriculture maraichère avec la prédominance de la pomme de terre, représentent le premier type de ménage. Ces ménages agricoles se caractérisent par un revenu élevé et une forte intensité d'intrants. Le deuxième type de ménage est celui qui correspond aux exploitations traditionnelles extensives fondées sur une monoculture arboricole, principalement abricotiers, cerisiers... avec des intensités faibles d'eau et de main-d'œuvre. Le troisième recouvre les exploitations mixtes semi-intensives produisant des céréales et cultivant des oliviers avec une intensité moyenne d'intrants.

Ces trois types de ménages agricoles coexistent aujourd'hui dans la plupart des régions arides en raison de la tension entre deux forces, à savoir les politiques agricoles qui encouragent l'intensification (Dugue P., 2016) et les faibles ressources dont disposent les ménages agricoles pour tirer parti des politiques et des marchés de niche. Cette situation reflète presque la même trajectoire pour la plupart des systèmes céréaliers traditionnels dans les zones arides et semi-arides (par exemple Saïss au Maroc, Medjerda en Tunisie, et Metijda en Algérie, etc.), là où la mobilisation accrue de ressources, notamment l'eau dans certaines zones, a provoqué ce type de diversité (Lacirignola, 2016).

L'évaluation de l'efficacité technique des ménages agricoles montre que l'intensification des systèmes de production, en mobilisant plus d'intrants (eau, fertilisation, main d'œuvre, semences) s'accompagne, d'une part, d'une augmentation du revenu agricole et, d'autre part, d'une baisse de résilience. Nos résultats montrent que l'agriculture céréalière extensive et traditionnelle est le système le plus pauvre de la région, avec des marges nettes inférieures à celles des ménages pratiquant l'agriculture intensive à prédominance de maraîchage et des systèmes semi-intensifs de culture mixte céréales-arboriculture.

À la lumière de ces résultats, il semble, actuellement, qu'il serait difficile d'atteindre des niveaux de revenus élevés avec une monoculture traditionnelle, même si les ressources devenaient davantage disponibles. Cette limite serait plutôt liée aux faibles rendements des arbres. En outre, la monoculture traditionnelle reste très efficace dans l'utilisation des intrants, mais aussi très adaptée aux agriculteurs disposant de faibles ressources financières à investir. Du point de vue des coûts de production, de la conservation des ressources naturelles et de la consommation, nos résultats montrent qu'il serait plus approprié, pour ces types de ménages agricoles, de maintenir leur agriculture mixte oliviers-céréales que d'évoluer vers une agriculture intensive. Ceci est dû au fait que l'obtention d'un revenu et d'une vulnérabilité élevés nécessite la disponibilité de quantités substantielles de ressources, ce qui est loin d'être le cas pour la majorité des ménages des zones arides.

Les résultats de la présente étude peuvent servir de base de discussion avec les acteurs de terrain (décideurs politiques, chercheurs, agriculteurs, ingénieurs...) afin de définir des systèmes de production dont les performances prendraient en compte les compromis entre production, consommation et environnement. Dans ce contexte, l'objectif devrait être de concevoir des systèmes de production qui impliquent des compromis permettant d'augmenter le revenu agricole mais aussi de préserver l'agro-biodiversité. Les compromis peuvent être faits en fonction de la disponibilité des ressources biophysiques et monétaires et des niveaux de revenus actuels de chaque type de ménage.

De ce constat, dans la suite de notre thèse, les chapitres suivants viseront à étudier la résilience ces 3 ménages agricoles dans le cas d'aucune intervention extérieure. Ensuite, nous proposerons des stratégies d'adaptation, à évaluer avec les acteurs, et nous pourrions observer à nouveau le cas de ces ménages 10 ans plus tard face à ces stratégies.

CHAPITRE 4 : PROPOSER ET ÉVALUER LA PERFORMANCE ET L'ACCEPTABILITÉ SOCIALE DE STRATÉGIES D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU NIVEAU DE LA BEKAA, LIBAN.

INTRODUCTION

Le climat change partout dans le monde et plus rapidement que prévu (IPCC, 2023). À l'horizon 2021–2040, une augmentation de 1,5 degré de la température globale va impacter les systèmes naturels et anthropisés, en particulier dans les zones hautement vulnérables (Jules, 2023).

Le Liban fait déjà partie des pays les plus affectés par les risques climatiques sur la période passée. Un des défis pour la recherche et le développement est donc d'aider les agriculteurs à concevoir des stratégies d'adaptation innovantes à long terme pour faire face au changement climatique. Dans ce processus, agriculteurs, chercheurs et autres parties prenantes utilisent des démarches méthodologiques variées telles que des ateliers multi-acteurs, le prototypage participatif et la simulation *via* des modèles numériques (Paul, 2021) (Naulleau, 2022)

Les conditions de production agricole sont rendues de plus en plus difficiles par les aléas climatiques (Caquet, 2014) (Torquebiau, 2015). Actuellement, les changements climatiques sont au centre des préoccupations aussi bien des acteurs scientifiques que des décideurs politiques au niveau mondial (Niang, 2009) car ils constituent un des nombreux obstacles au développement humain (Boko, 1988); (Brown, 2008). Les variabilités climatiques ont un impact direct sur la production agricole, puisque les systèmes agricoles dépendent en partie de la nature du climat (Boko M., 2008); (Mertz, 2009). Cet impact est particulièrement important dans les pays en développement où l'agriculture est majoritairement pluviale avec très peu d'alternative à l'irrigation et constitue la principale source d'emplois et de revenus pour la plupart de la population (Agossou, 2012); (Delille, 2011); (Enete, 2011). Le construit social et les contraintes économiques qui sont à la base des inégalités d'accès aux ressources de production sont renforcées par la modification du climat (Bridge, 2012), (Bryant, 2000).

Le chapitre 5 porte sur le choix des stratégies d'adaptation qui sera effectué au vu des projets en cours, des données statistiques disponibles, des enquêtes de terrain très ciblées, des principaux acteurs agricoles de chaque territoire et de la caractérisation de la diversité des ménages agricoles. Interviendra ensuite une phase de discussion pour la co-construction de stratégies d'adaptation face au changement climatique. Ce choix se fera collectivement avec les acteurs du territoire (agriculteurs, conseillers agricoles, représentants du ministère de l'Agriculture, coopératives, etc.) à travers plusieurs ateliers. Cette co-construction impliquera également des agriculteurs représentatifs pour préciser les enjeux auxquels ils doivent faire face.

Les stratégies combinent trois types de critères : (i) agronomiques et environnementaux, en nous appuyant sur l'agroécologie comme principe de production pour améliorer la fertilité des sols et la production agricole et réduire la consommation d'eau d'irrigation, (ii) socio-économiques en analysant notamment le risque autour des filières existantes, et (iii) organisationnels en proposant et testant la création de nouvelles stratégies collectives de

production (exemple association d'irrigants) ou d'incitations (sous formes de mesures agro-environnementales) pour une production durable.

La démarche passe par un diagnostic du fonctionnement et des performances technico-économiques des exploitations, puis par l'exploration de stratégies d'adaptation pensées par les producteurs eux-mêmes. Nous discuterons ensuite de la contribution de cette étude aux démarches de co-conception de systèmes innovants pour faire face au changement climatique dans des zones hautement vulnérables.

Une vaste base de données a été créée à partir des enquêtes, puis corrigée et nettoyée afin de constituer une nouvelle base fiable et actualisée pour la région d'étude. En partant de cette base d'étude, nous nous focaliserons sur trois systèmes dominants dans la région. Dans le chapitre 3, nous avons étudié les caractéristiques et les pratiques agricoles de ces systèmes, ensuite, dans ce chapitre nous les soumettons aux stratégies d'adaptation pour en préciser les conséquences et déterminer ce qu'il advient avec la mise en place de ces stratégies.

Les objectifs de ce chapitre sont les suivants :

- Évaluer et adapter les stratégies d'adaptation par rapport à chaque système avec les acteurs de terrain face au changement climatique et l'incertitude du marché.
- Étudier le comportement des exploitations agricoles en présence et l'application des stratégies vs exploitations face aux scénarios de base.

Les résultats attendus :

- Un choix clair des stratégies d'adaptation, de la part des acteurs de terrain, convenant à chaque système en évaluant les conséquences positives de ces stratégies et les défis appliqués sur eux.

Ces résultats peuvent être utilisés dans le projet SupMed comme référence pour les acteurs de la région.

Six parties composent ce chapitre :

- La première partie explique les démarches suivies qui ont permis de dégager trois systèmes dominants diversifiés qui sont répartis dans quatre villages, à savoir « Hermel, Medwi, Bouday et Nahlé ».
- La deuxième partie décrit les stratégies d'adaptation, en combinant nos connaissances de la zone d'étude, celles des études bibliographiques approfondies avec l'expérience des participants, nous avons pu affiner ces stratégies.
- Troisième partie le choix des acteurs de terrain qui était sélectionné selon leurs compétences : experts dans les domaines de l'eau, domaine environnemental ou économique, responsables et membres de coopératives, grands et petits agriculteurs.
- Quatrième et cinquième partie c'est l'explication de l'AMC et l'AHP, leur composant et comment ils vont évaluer les stratégies d'adaptation de point de vue des acteurs de terrain
- La sixième et la dernière partie de la méthodologie est les entretiens et les enquêtes d'évaluation.

A la fin de ce chapitre, nous donnons une discussion générale qui clarifie les résultats.

METHODOLOGIE

L'adaptation au changement climatique a reçu une attention accrue dans le débat scientifique et politique, c'est de plus en plus un sujet d'intérêt tant pour les producteurs que pour les décideurs (Giec, 2001) (Vissoh, 2012). L'adaptation à la rareté des ressources naturelles est essentielle, en particulier à la lumière du changement climatique, et peut être poursuivie sous la forme d'une adaptation individuelle, collective ou publique (Mendelsohn, 2000); (Leroy, 2019). La perception des effets du changement climatique et l'adoption de nouvelles stratégies sont les deux composantes clés de l'adaptation en agriculture (Yegbemey, 2014). Elles sont généralement liées. Bien que les perceptions ne soient pas nécessairement cohérentes avec les analyses climatologiques, elles doivent être prises en compte pour relever les défis socioéconomiques (Omar, 2015). Cette étude repose sur une mise en perspective des relations entre les perceptions du changement climatique, les caractéristiques socio-économiques des ménages et les stratégies d'adaptation individuelles des acteurs de terrain. Une relation solide entre les étapes méthodologiques (figure 32) qui montre l'enchaînement.



Figure 32: Les étapes de la démarche méthodologique

1. Choix des acteurs de terrain

Le terme « acteurs » en agriculture fait référence aux divers individus et organisations impliqués dans les pratiques agricoles et les systèmes d'innovation. Ces acteurs comprennent des agriculteurs, des commerçants, des éleveurs, des chercheurs, des experts, des coopératives, des organisations agricoles et les gouvernements locaux, des agences de développement rural et des établissements d'enseignement et de recherche (Nair, 2021). Leur rôle est important pour assurer le bon fonctionnement et la durabilité des systèmes agricoles, et de mettre en pratique les connaissances scientifiques et les techniques agricoles pour produire des aliments de manière durable, tout en préservant les ressources naturelles et en minimisant les impacts environnementaux (Rani, 2022) (P. K. Ramachandran Nair, 2021). Les acteurs de terrain jouent également un rôle clé dans la gestion des écosystèmes agricoles, en favorisant la biodiversité, en améliorant la qualité des sols et de l'eau, et en atténuant les effets du changement climatique. Ils forment des réseaux d'acteurs qui stimulent l'adoption de technologies spécifiques et améliorent la résilience des agroécosystèmes (Castella, 2022). La centralité des acteurs et de leur capacité d'action est cruciale pour comprendre les agroécosystèmes en tant qu'interfaces

sociales complexes (Gallardo-López, 2021). L'agroécologie, en tant que cadre pour une agriculture durable, implique l'interdépendance de divers acteurs et leurs visions diverses de l'écologisation (Penvern, 2023). La sociologie des agencements de marché fournit un aperçu sur la création de filières agroalimentaires alternatives et les opérations nécessaires à leur implantation (Le Velly, 2022).

L'un des objectifs du projet SUPMED, au sein duquel s'inscrit notre thèse, est d'améliorer la gestion de la demande en eau d'irrigation et les revenus des ménages agricoles en adoptant des pratiques agroécologiques. Il s'agit principalement de construire collectivement, de mettre en œuvre et d'évaluer des stratégies d'adaptation et d'atténuation face au changement climatique basées sur l'agroécologie. Cet objectif, central pour le projet, comportera une phase de modélisation des ménages agricoles et une phase de mise en œuvre sur le terrain, d'abord par des agriculteurs représentatifs et, puis, par l'ensemble des agriculteurs volontaires des territoires ciblés. Ceci montre de manière claire que, d'une part, le capital humain est l'un des capitaux principaux dans cette étude et, d'autre part, que chaque décision, petite ou grande ne sera prise que dans le cadre des acteurs de terrain. En effet, leurs avis sont essentiels pour notre thèse. Ils ont joué un rôle très important dès le début de la recherche ; grâce à leur contribution, nous avons pu mettre à jour les données du recensement de 2010 réalisé par la FAO et le ministère de l'Agriculture. Cela nous a permis de sélectionner les exploitations à enquêter. Les 94 agriculteurs sélectionnés pour les enquêtes étaient ceux qui pratiquaient les cultures mentionnées par les acteurs sur le terrain au regard des exploitations prédominantes. Ces sélections ont été effectuées en tenant compte des ajustements suggérés par les acteurs sur le terrain lors de la première réunion à Hermel. C'est ainsi que nous avons pu choisir ces 94 agriculteurs. De plus, ils étaient constamment présents pour fournir des retours afin de mettre à jour les données recueillies et de répondre à toutes les questions supplémentaires.

Par la suite, ils ont régulièrement participé à des réunions pour élaborer les stratégies d'adaptation. Au vu de ces réunions et en prenant en compte les systèmes d'exploitation dominants dans la zone d'études, les acteurs ont été choisis selon leurs compétences : experts dans les domaines de l'eau, domaine environnemental ou économique, responsables et membres de coopératives, grands et petits agriculteurs.

Pour le choix des acteurs de terrain, nous avons suivi une approche méthodique basée sur plusieurs critères essentiels :

1. Pertinence dans la zone d'étude : les acteurs sélectionnés devaient jouer un rôle central dans la région d'étude. Tout comme les chercheurs, les experts et les agriculteurs locaux de petites et grandes exploitations, tous avaient un impact important sur les systèmes agricoles locaux.
2. Représentation des différents villages : nous avons choisi des acteurs provenant de trois villages différents (Bouday, Nahlé et Hermel) afin de garantir une représentation équilibrée des réalités locales dans la zone d'étude.
3. Diversité des compétences : les acteurs sélectionnés avaient des compétences diversifiées pour refléter la complexité des enjeux. Parmi eux figuraient des experts de l'eau, de l'environnement, du développement durable, etc. Cette diversité permettait d'aborder les problèmes sous différents angles et d'obtenir des perspectives variées.
4. Des intérêts et attentes variés : les acteurs choisis avaient des attentes et des intérêts différents selon leur domaine d'expertise et leurs activités. Par exemple, les experts en arboriculture avaient des priorités distinctes par rapport à ceux qui se concentraient sur la culture maraîchère. Cette variété d'opinions a enrichi nos discussions et nos analyses.

En résumé, la sélection des acteurs de terrain s'est basée sur des critères visant à garantir une représentativité adéquate, une diversité de compétences et une variété d'attentes, le tout dans le but d'obtenir une image complète des systèmes agricoles étudiés dans la région.

À la fin, nous avons pu sélectionner une liste de 23 acteurs de terrain (voir Tableau 9) en prenant en compte les critères ci-dessous.

Tableau 9: Liste des acteurs

Nombres	Position	Spécialités	Village
1	Ingénieur agronome	Membre de l'équipe SUPMED	Hermel
2	Centre de service agricole	Expert local - Ph.D en géographie	Bouday
3	Agriculteur local	Vigne	Nahlé
4	Centre de service agricole	Ingénieur agronome - environnement	Bouday
5	Ingénieur agronome	Expert local - Agroalimentaire	Hermel
6	Agriculteur local	Olivier /Amandier Sec	Hermel
7	Agriculteur local	Maraicher	Hermel
8	Centre de service agricole	Expert local	Hermel
9	Lebanese Agricultural Research Institute (LARI)	Directeur de LARI	Hermel
10	Ingénieur agronome	Expert local	Hermel
11	Ingénieur agronome	Maraicher	Bouday
12	Centre de service agricole	Expert local - production de plantes	Hermel
13	Agriculteur local	Maraicher	Hermel
14	Ingénieur agronome	Céréales	Bouday
15	Agriculteur local	Olivier	Hermel
16	Centre de service agricole	Expert local	Hermel
17	Centre de service agricole	Expert local - développement durable	Hermel
18	Agriculteur local	Olivier/Céréales	Bouday
19	Centre de service agricole	Expert local - Protection des plantes	Hermel
20	Centre de service agricole	Expert local - Environnement	Nahlé
21	Agriculteur local	Blé/ Haricot/Noix	Nahlé
22	Agriculteur local	Abricotier/Cerisier/Noix	Nahlé
23	Agriculteur local	Abricotier sec	Nahlé

2. Les systèmes types

Les systèmes agricoles visent à répondre à de multiples exigences telles que la résilience des exploitations agricoles, les moyens de subsistance des agriculteurs, la sécurité alimentaire et les services écosystémiques. Ces systèmes impliquent le mélange temporel et spatial des cultures, de l'élevage, de la pêche et des activités semblables sur une seule ferme. Il a été démontré que les systèmes agricoles intégrés et diversifiés améliorent la rentabilité des exploitations agricoles et l'emploi par rapport aux exploitations agricoles à activité unique. Ils améliorent également le recyclage des éléments nutritifs et la qualité du sol, ce qui entraîne une disponibilité accrue de ses éléments nutritifs et une meilleure activité microbienne du sol. (Paramesh, 2022)

La recherche sur les systèmes agricoles peut adopter une approche multidisciplinaire globale de l'exploitation agricole qui se révèle efficace pour résoudre les problèmes des petits exploitants et des agriculteurs marginaux. Cela implique la participation des agriculteurs et des recherches sur place, axées sur l'optimisation des systèmes agricoles et leur modélisation. (Behera, 2023)

Dans l'ensemble, les systèmes agricoles englobent un large éventail d'activités au-delà de la simple agriculture, notamment la production, la transformation, le transport, la commercialisation et la consommation. (Jones, 2021). Ils sont complexes et interconnectés, impliquant la gestion des entrées et des sorties d'argent, de matériaux, d'énergie et d'informations. (Hart, 1982) Dans l'ensemble, les systèmes agricoles sont dynamiques et multiformes, nécessitant une approche multidisciplinaire pour les étudier et les gérer efficacement. (Behera, 2023)

Les systèmes de production sont, tout d'abord, un objet d'étude classique en Economie Rurale du moins en France. Dans les pays anglo-saxons, l'essor du concept de « farming systems » est plus récent, il semble avoir ses origines dans les travaux sur les Pays en Voie de Développement. Les typologies et classifications sont l'un des moyens d'apprécier la diversité et la dynamique des systèmes de production. (Brossier, 1987)

Une typologie d'exploitations représente la diversité des systèmes et repose sur la distinction entre un ensemble de types d'exploitations selon un certain nombre de critères définis au regard de l'objectif de cette typologie. Elle permet de représenter une réalité complexe. En d'autres termes, l'élaboration d'une typologie d'exploitations vise à rassembler, dans un même groupe, un ensemble d'individus qui ont presque les mêmes caractéristiques et, ainsi, de réduire leur diversité afin de les représenter le plus facilement possible.

Dans notre thèse, un ménage agricole, en mobilisant une approche systémique, est une association d'un système de culture, lui-même composé d'un système biophysique et technique auquel on ajoute une dimension familiale et économique qui comprend ainsi l'alimentation.

Dans le cadre du projet SupMed, plusieurs ateliers ont été organisés, parmi lesquels des réunions avec les acteurs de terrain divisés entre experts de terrain et agriculteurs spécialisés dans divers domaines et types de culture.

Le premier atelier organisé à Hermel avait pour objectif de présenter le projet SupMed aux agriculteurs, à savoir ses objectifs et le déroulement du travail à venir. En second lieu, une présentation du recensement effectué par le ministère de l'Agriculture en 2010 sur la zone d'étude a permis de confronter ces données à l'avis des acteurs sur des chiffres qui datent de plus de 10 ans. Ce petit exercice a permis de confirmer ou d'infirmier, voire de modifier ces données anciennes afin de sélectionner les agriculteurs et les exploitations qui allaient constituer notre panel d'enquêtes.

94 agriculteurs, réparties sur les trois villages d'étude, ont été interrogés sur les détails de leurs pratiques agricoles. Les données recueillies ont été soumises à un traitement statistique à l'aide du logiciel Tanagra, suivi d'une Analyse des Composantes Principales (ACP). Cette dernière a permis de dégager trois systèmes dominants diversifiés qui sont répartis dans quatre villages, à savoir « Hermel, Medwi, Bouday et Nahlé ». Ces systèmes se caractérisent par des aspects environnementaux tels que le type de sol et les ressources en eau, des éléments agricoles comme les types de cultures et les systèmes d'irrigation, des facteurs économiques incluant les coûts et les revenus, ainsi que des aspects sociaux tels que la pluriactivité et l'appartenance à des coopératives. Ces caractéristiques spécifiques et diversifiées contribuent à la richesse et à la variété des systèmes agricoles observés.

A Bouday, dont 90% du sol est profond, on trouve un système maraîcher caractérisé par la production dominante de pommes de terre, couplé à un peu de céréales, de tabac et d'arboriculture. Il est à noter l'absence totale des légumineuses. Les exploitations sont constituées de grandes surfaces (83.5% de la surface total), irriguées complètement, où travaille une main d'œuvre en majorité étrangère. Leur participation à des coopératives est presque

faible. Elles fertilisent 83 % de leur surface totale et vendent la majeure partie de leur production. Ce sont les fermes les plus riches qui représentent à elles seules 5% de la totalité des exploitations par rapport aux nombres des exploitations.

Le deuxième système à prédominance arboricole, avec un peu de céréales, de tabac, de production maraîchère et de légumineuses se partage entre Nahlé, Bouday et Hermel, dont les sols sont superficiels. Leurs surfaces sont de petite taille et recouvrent de petites exploitations. 40% de leur surface totale est irriguée, fertilisée à hauteur de 30%. Ces exploitations emploient aussi une main d'œuvre étrangère et adhèrent faiblement à des coopératives. Elles vendent leur production en dehors du marché local. Leurs revenus se situent en dessous du Revenu National Brut (RNB) ce qui en fait les exploitations les plus pauvres.

Tableau 10: Caractéristiques des systèmes dominants

	Système Maraîcher	Système Arboricole	Système mixte Arboriculture et céréales
TYPE DE CULTURE	Prédominance de pommes de terre, avec présence de blé et tabac	Prédominance des cerisiers et abricotiers, avec présence de blé et 5% de légumineuses	Système mixte entre blé, oliviers, tabac et 5% de légumineuses
LOCALISATION	Majorité Bouday et 10% à Hermel	Nahlé 75%, Bouday et Hermel	Distribué d'une manière presque égale sur Hermel, Bouday et Medwi
TYPE DE SOL	Sol profond	Sol superficiel	Sol mixte entre profond et superficiel
NOMBRE D'EXPLOITATION	5	35	54
SURFACE	Surface de grande taille 30 ha en moyenne	Surface de petite taille, 2 ha en moyenne	Surface de taille moyenne, 4 ha en moyenne
SURFACE IRRIGUEE	100% Irriguée	40 % Irriguée	47 % Irriguée
SYSTEME IRRIGATION	Aspersion, Goutte à goutte et Gravitaire	Gravitaire 52% et Goutte à goutte 48%	Gravitaire 61% et 39 % goutte à goutte
SOURCE IRRIGATION	55% Lac et 45% Puits	55% Lac et 45% Puits	60% Lac et 40% puits
COOPERATIVE	Presque faible	Presque faible	Affiliation élevée
FERTILISATION	Majorité de la surface est fertilisée. 33% fertilisation organique	Seulement 30 % de la surface est fertilisée, dont 47% de façon organique	50% des surfaces sont fertilisées, dont la moitié de manière organique
MARCHÉ	97 % vente pour le marché local Hermel	Vente pour un marché non local	Vente pour un marché non local
REVENU	Au-dessus du RNB, exploitations riches	Au-dessous du RNB, exploitations les plus pauvres	Au-dessous du RNB, exploitations moyennes entre riches et pauvres
PLURIACTIVITE	60%	50%	65%
AUTOCONSOMMATION	5%	46%	35%

Le système Mixte (arboriculture et céréales) couplé à une production maraîchère, de tabac et légumineuses. Ces exploitations se retrouvent sur Hermel, Bouday et Medwi. Leurs sols sont à la fois profonds et superficiels. Les exploitations y sont de taille moyenne, irriguées et fertilisées à 50%. Ce sont par ailleurs celles qui sont le plus affiliées à des coopératives. Elles produisent pour le marché de Ferzol, marché non local. Leurs revenus se retrouvent au-dessous du RNB, elles représentent des exploitations moyennement riches.

Le tableau 10 ci-dessous illustre, au travers d'une comparaison simplifiée, les trois systèmes, mettant en lumière leurs particularités ainsi que les problèmes persistants au sein de chacun. L'objectif est de trouver des solutions et des stratégies appropriées pour résoudre ces problèmes.

3. Choix des stratégies d'adaptation à travers les ateliers de travail

Une vaste base de données a été créée à partir des enquêtes, puis corrigée et nettoyée afin de réaliser une nouvelle base de données fiable et actualisée pour la région d'étude. En nous basant sur celle-ci, on peut voir émerger 3 systèmes dominants dans la région. Grâce à la recherche bibliographique, notre connaissance de la région et les avis des agriculteurs relevés lors des enquêtes, nous avons pu percevoir une image claire des problèmes majeurs auxquels sont confrontés ces exploitants agricoles comme le niveau de vie des ménages agricoles qui souffrent de pauvreté, là où une personne sur cinq vit en dessous du seuil de pauvreté (Harbouze, 2019): au Liban, cela concerne 4 personnes sur 5 au niveau des zones rurales agricoles et le revenu moyen par ménage agricole est souvent largement inférieur à la moyenne nationale (Bazzi, 2021).

Pour ce qui concerne les ressources naturelles, au moins 70% des eaux potables sont utilisées pour l'agriculture et 45% des eaux mobilisées pour l'irrigation sont perdues (Hallegatte, 2008); (Besson, 2018). Une baisse des nappes phréatiques est largement constatée dans l'ensemble des plaines céréalières (45 m de baisse dans la plaine de la Beqaa depuis 20 ans). Par ailleurs, l'utilisation exacerbée des traitements phytosanitaires et des fertilisants chimiques entraînent une pollution majeure, comme c'est le cas dans la plaine de la Beqaa autour de la rivière Litani. Et, comme la majorité des pays qui se trouvent dans la région MENA sont de forts importateurs, le Liban importe 85% de ses besoins alimentaires et ceux-ci augmenteront de 60% d'ici 2050. Les stratégies d'adaptation des systèmes agricoles peuvent contribuer à répondre au besoin de systèmes agroalimentaires plus durables et plus résilients (Knapp, 2023).

Ils font référence aux approches et méthodes utilisées en agriculture pour faire face et répondre à divers défis et changements, tels que le changement climatique, la perte de biodiversité et les préoccupations en matière de durabilité. Voici quelques points clés à comprendre sur les stratégies d'adaptation agricole :

- Agroécologie : L'agroécologie est une approche qui vise la transition vers des systèmes agroalimentaires plus durables et résilients afin de protéger la biodiversité. Elle met l'accent sur l'utilisation de technologies proches de la nature et la formation d'une structure paysagère dynamique pour assurer une interaction efficace entre les sous-systèmes naturels et de production. (Knapp, 2023)
- Stratégies méthodologiques : La recherche agroécologique adopte des stratégies qui défendent les valeurs de durabilité environnementale, de souveraineté alimentaire, de justice sociale et de participation démocratique. Ces stratégies produisent des

connaissances qui éclairent les pratiques agricoles agroécologiques et la création de systèmes agricoles/alimentaires alternatifs. (Lacey, 2021)

- Technologies adaptatives : Les technologies adaptatives jouent un rôle important dans la réalisation d'un équilibre stable dans les agroécosystèmes. En utilisant ces technologies, les mécanismes du métabolisme matière-énergie dans les agroécosystèmes peuvent être plus proches de ceux trouvés dans les écosystèmes naturels, conduisant à une approche plus durable. (Sonko, 2021)

Dans l'ensemble, les stratégies d'adaptation des systèmes agricoles devraient prendre en compte la complexité du système, la relation entre l'agriculture et d'autres secteurs, et les avantages et défis potentiels des différentes approches. Dans ma thèse, la mise en œuvre des stratégies ne se limite pas les exploitations mais aussi par les acteurs institutionnels (l'État et le coopératives). Ce que nous dénommons stratégie d'adaptation dans notre thèse peut prendre plusieurs formes. Une stratégie d'adaptation peut être un simple changement au niveau de la partie technique (1), un changement en termes de quantité d'intrants comme les semences. Ce peut être aussi un changement biophysique, un changement dans le système de culture (2) par exemple, comme intégrer une légumineuse dans une rotation. Le 3ème type de stratégies peut être un changement qui combine les deux énoncés ci-dessus en même temps, i.e ajuster la fertilisation, parce qu'on a intégré une légumineuse dans la rotation. Un changement organisationnel institutionnel global (4) est également une stratégie d'adaptation, par exemple, donner des primes pour promouvoir une culture particulière plus adaptée à une coopérative. Le dernier type de stratégies d'adaptation intègre tous ces changements de 1 à 4 en même temps (5), comme cela est représenté dans la figure 33.

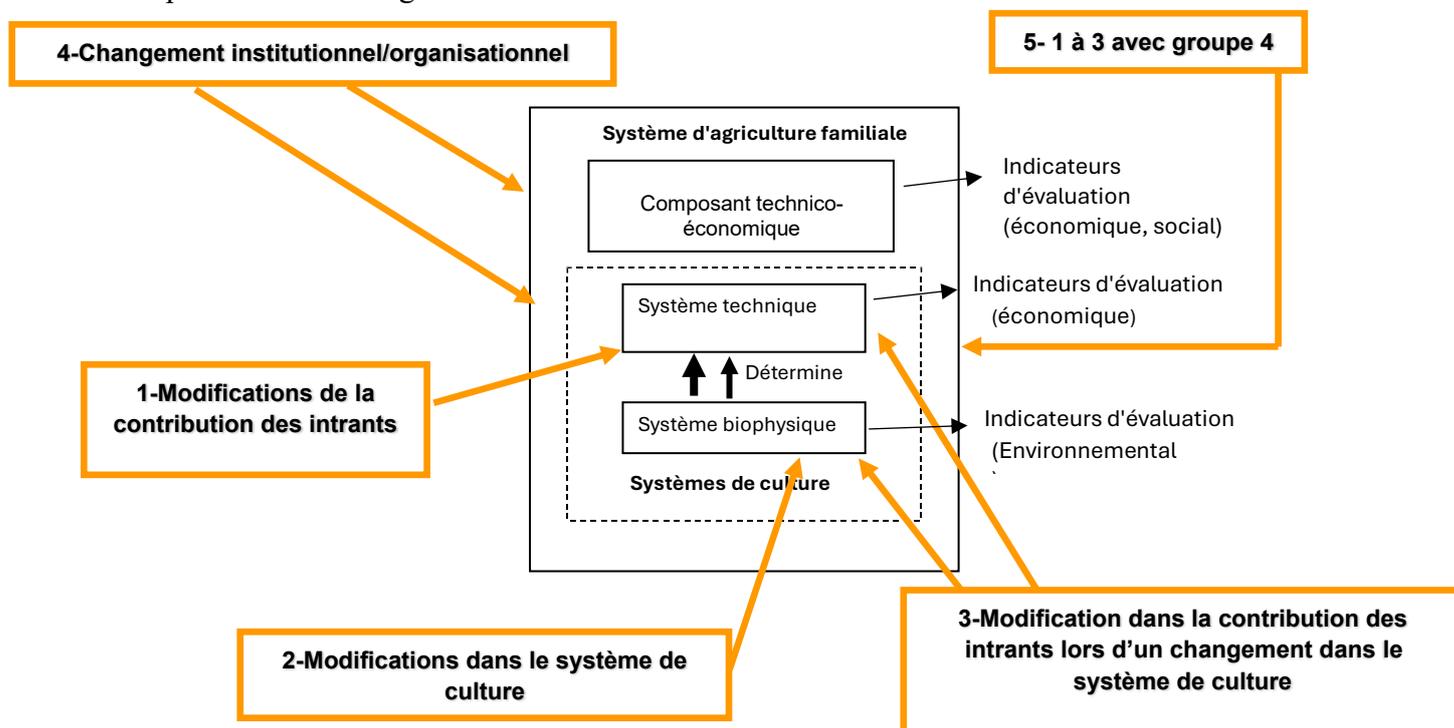


Figure 33: Définition d'une stratégie d'adaptation

Les systèmes agricoles sont complexes et multi-échelles, ce qui rend difficile la mise à l'échelle des connaissances et la compréhension des dynamiques à des échelles spatiales et temporelles plus grandes (Sundstrom, 2023). La résilience et l'adaptabilité des agroécosystèmes peuvent être évaluées à l'aide de critères tels que l'autorégulation, la connectivité et la diversité des réponses (Tittone, 2020).

Au Liban, la situation s'aggrave de plus en plus avec les crises climatiques, qui ont notamment généré, d'une part, une prévisions d'une augmentation de la température située en moyenne entre 1,5°C et 2°C entre 2010 et 2030 (El Ess, 2012); (Shaban A. D., 2015) accroissant ainsi les risques de stress thermique notamment au printemps (Verdeil É. F., 2018) et, d'autre part, une expectation d'une diminution des pluies (- 10 à 20 % d'ici à l'année 2040) et de la neige (- 40 %) d'ici 2030 (PNUD, 2016). Une telle variabilité interannuelle et intra-annuelle augmente d'autant plus les risques autour de la production agricole. En parallèle de ce changement climatique persistant, l'économie libanaise est également confrontée à une crise, illustrée par la chute de sa monnaie nationale. En effet, en 2021, le taux de change de la livre libanaise était de 18 000 LL pour un dollar, alors qu'à présent il fluctue autour de 100 000 LL pour un dollar sur le marché noir, se trouvant ainsi bien éloigné du taux officiel de 1 507 livres. Pour ajouter à la complexité de la situation, le coronavirus est apparu, impactant universellement avec des effets graves tant la santé que l'économie.

Partant de cette situation alarmante, afin d'établir des stratégies d'adaptation, nous avons entamé une vaste lecture bibliographique pour répertorier les études portant sur les stratégies d'adaptation des exploitations agricoles existant dans des zones aux caractéristiques similaires à la nôtre. Cependant, en agriculture, la majorité des études d'adaptation à ce jour mettent l'accent sur le changement climatique et la variabilité en général à travers un large éventail de mesures d'adaptation privées établies et innovantes (Wheeler, 2013) ; (Alam, 2015). Les études portant spécifiquement sur l'adaptation à la rareté des ressources en eau et les déterminants d'adaptation dans un contexte de changement climatique restent très peu documentés (Faysse, 2011); (MacDonald, 2015).

D'après une étude faite par (Mahdhi, 2022) « Changement climatique et stratégies d'adaptation des exploitations irriguées privées dans le Sud-est Tunisien : Cas de la zone de Gabès-nord », face à la variabilité du climat, lorsque le choix d'un agriculteur est de s'y adapter, l'ajustement consistera à utiliser une stratégie ou une combinaison de stratégies parmi un ensemble fini et exhaustif de possibilités mutuellement exclusives.

En Afrique subsaharienne, le développement durable est menacé par le changement climatique et ses effets néfastes sur l'environnement, la sécurité alimentaire, la santé, etc. En effet, les producteurs du Nord-Bénin sont de plus en plus confrontés au besoin d'adapter leurs systèmes de cultures aux circonstances changeantes du climat. L'étude réalisée par (O'Neil, 2022) sur la « Perception des producteurs des changements climatiques et stratégies d'adaptation dans les systèmes de culture à base de maïs (*Zea mays*) au Nord-Bénin. » analyse, d'une part, la perception des changements climatiques par les producteurs et leur décision d'adaptation et, d'autre part, élabore plusieurs stratégies comme la modification des dates de semis; la diversification des cultures; les prières rituelles traditionnelles ; les stratégies de fertilisation dont la microdose; l'adoption d'une nouvelle variété; l'abandon ou la baisse des spéculations. L'étude bibliographique nous a aidée à mieux percevoir ce concept de stratégies d'adaptation et sa définition.

Au travers de cette observation exposée dans notre thèse, il s'agit de dégager des solutions en élaborant des stratégies d'adaptation destinées aux exploitations agricoles situées dans notre zone d'étude. Celles-ci visent à faire face aux défis du changement climatique et à l'incertitude du marché.

Sur une période de deux ans, nous avons régulièrement organisé des réunions avec les acteurs de terrain. Ces dernières avaient deux objectifs principaux. Nous avons tout d'abord présenté les résultats de nos enquêtes et recueilli leurs opinions et commentaires sur les résultats des

enquêtes et la typologie. Ensuite, nous avons engagé des discussions approfondies sur les stratégies d'adaptation, en explorant leurs perspectives et leurs projets. Les participants à ces réunions représentaient un échantillon diversifié d'agriculteurs, d'experts et de chercheurs. Au cours de ces réunions, nous avons mis en lumière plusieurs stratégies et idées. En combinant nos connaissances de la zone d'étude, celles des études bibliographiques approfondies avec l'expérience des participants, nous avons pu affiner ces stratégies. À la suite de ce processus, nous avons soigneusement sélectionné huit stratégies qui semblaient les plus appropriées et les plus prometteuses pour répondre aux défis identifiés. Ces 8 stratégies englobent différentes disciplines : environnementale, économique, sociale, écologique et agronomique, avec la possibilité qu'une stratégie puisse être applicable dans plusieurs de ces disciplines simultanément.

Tableau 11: Les stratégies d'adaptation

Nb	STRATEGIES D'DAPTATION	EXPLICATIONS
SDA 1	Installation des coopératives	<p>Dans le village de Hermel, près de 46% des agriculteurs sont affiliés à des coopératives, tandis que, dans les autres villages, ce pourcentage est beaucoup plus faible. Cette disparité s'explique en grande partie par un manque de confiance des agriculteurs envers les coopératives. Il est donc essentiel de renforcer cette confiance en améliorant le rôle des coopératives dans la vie des agriculteurs. Les coopératives pourront fournir des semences et des fertilisants de qualité, faciliter l'organisation de projets en collaboration avec des ONG, encourager le travail en groupe et faciliter les échanges de connaissances et d'expériences entre les agriculteurs.</p> <p>Cela permettra d'accroître leur productivité, de mieux faire face aux défis du marché, d'accéder à des ressources et à des opportunités supplémentaires, et de renforcer leur position collective dans le secteur agricole.</p>
SDA 2	Certifications/Labels	<p>Les oléiculteurs se spécialisent dans la production d'une culture et d'une huile de très haute qualité. Grâce aux certifications et labels, cette production a le potentiel de devenir internationale, ce qui entraînerait une augmentation du prix. De plus, ils s'engagent à préserver l'environnement en réduisant l'utilisation des pesticides et des fertilisants, ce qui améliore la qualité des sols et de l'eau. Par conséquent, ils n'ont plus besoin d'investir dans des fertilisants ou des pesticides, qui ont des prix très élevés, ce qui leur permet d'économiser de l'argent.</p>
SDA 3	Bouturage Bio	<p>Dans la région, où l'on trouve des arbres anciens et des cultures maraîchères variées, le projet SupMed apporte une solution aux agriculteurs. En établissant une pépinière à Hermel, nous serons en mesure de fournir aux agriculteurs de nouvelles boutures biologiques. Celles-ci permettront d'obtenir des plants sains, exempts de maladies, à un prix abordable, tout en évitant les coûts associés aux pesticides. Ainsi, les agriculteurs pourront en tirer un bénéfice sur le plan économique tout en contribuant à la préservation de l'environnement.</p>
SDA 4	Fertilisation Organique	<p>En raison du manque de sensibilisation chez les agriculteurs et de leur désir d'augmenter leur production, ils ont tendance à recourir à une utilisation excessive de fertilisants. Cependant, réduire leur utilisation ou opter pour des fertilisants organiques subventionnés et réglementés peut avoir des effets positifs à plusieurs niveaux. Sur le plan économique, cela peut contribuer à réduire les coûts. Sur le plan environnemental, cela peut contribuer à réduire la pollution causée par les excès de fertilisation. Par ailleurs, sur le plan social, cela peut avoir un impact bénéfique sur la santé humaine.</p>
SDA 5	Irrigation	<p>La région est confrontée à des problèmes liés à l'eau tels que la diminution de la nappe phréatique, l'augmentation de la température et une mauvaise utilisation des ressources hydriques. Pour remédier à cette situation, il serait judicieux d'intervenir en installant des systèmes d'irrigation goutte à goutte. De plus, on pourrait exploiter de manière efficace les lacs collinaires disponibles et mettre les centres d'études de la région à la disposition des agriculteurs afin de les sensibiliser à l'importance de la préservation des sources d'eau et de les informer sur les méthodes et la fréquence d'irrigation appropriées. Cela permettrait de limiter le gaspillage de l'eau et d'économiser sur les coûts, notamment lorsque les agriculteurs utilisent des sources d'eau éloignées de leurs exploitations.</p>
SDA 6	Installation des panneaux solaires	<p>De nombreux agriculteurs disposent déjà de systèmes d'irrigation, cependant, en raison de la crise économique qui a entraîné une pénurie d'essence et d'électricité, ils ont été contraints de cesser d'irriguer leurs cultures, ce qui a généré d'importantes pertes de production. Pour remédier à cette situation, l'installation de panneaux solaires pourrait être une solution alternative pour assurer le bon fonctionnement des systèmes d'irrigation qui dépendent de l'électricité. Cette source d'énergie solaire est non polluante, durable et ne surexploite pas les ressources naturelles.</p>

SDA 7	Rotation des cultures	L'exploitation excessive des terres agricoles entraîne leur appauvrissement en matière organique et en autres nutriments essentiels. Pour maintenir la fertilité des sols, il est recommandé de pratiquer la rotation des cultures en incluant des légumineuses. Les légumineuses captent l'azote atmosphérique, ce qui réduit le besoin de fertilisation azotée. De plus, elles contribuent à structurer le sol et à interrompre les cycles des ravageurs et des mauvaises herbes. La culture de l'orge est particulièrement recommandée, à la fois d'un point de vue environnemental pour les raisons mentionnées précédemment, et d'un point de vue économique, car cela permet d'économiser sur les coûts des engrais et de l'alimentation animale.
SDA 8	Agroforesterie	La tendance actuelle dans les systèmes agricoles est d'adopter des monocultures plutôt que de favoriser la diversité. L'un des points les plus importants pour la résilience et la durabilité des systèmes agricoles est la diversité agricole. On peut ajouter l'agroforesterie pour tirer profit des cultures qui partent pour le marché et d'autres destinées à l'autoconsommation. De cette manière, l'agriculteur sera préservé du risque, i.e. durant les ateliers de proposition des stratégies, les agriculteurs avaient proposé de cultiver des haricots, combinés à leurs systèmes arboricultures, ce qui se révélait être rentable et économe en termes de charge de travail et d'économie hydrique.

Le tableau 11, précise les huit stratégies en détaillant les causes pour lesquelles nous les avons choisies et comment leur application aurait des retours positifs sur les productions agricoles, les revenus des agriculteurs, les ressources naturelles et le travail social. L'irrigation constitue un des problèmes les plus importants d'après les acteurs de terrain et les études bibliographiques qui mettent en avant l'amélioration du processus d'irrigation pour résoudre le problème, la région est confrontée à des problèmes liés à l'eau tels que la diminution de la nappe phréatique, l'augmentation de la température et une mauvaise utilisation des ressources hydriques. Pour remédier à cette situation, il serait bien d'intervenir en installant des systèmes d'irrigation goutte à goutte. De plus, il serait bon d'exploiter de manière efficace les lacs collinaires disponibles et de mettre les centres d'études de la région à la disposition des agriculteurs afin de les sensibiliser à l'importance de la préservation des sources d'eau et de les informer sur les méthodes et la fréquence d'irrigation appropriées. Cela permettrait de limiter le gaspillage en eau et d'économiser sur les coûts, notamment lorsque les agriculteurs utilisent des sources d'eau éloignées de leurs exploitations. Cette stratégie permettrait de trouver une solution socialement acceptable, elle diminuerait les coûts et le gaspillage ce qui aurait des effets positifs sur l'environnement.

Le même concept s'applique aux autres stratégies qui visent à couvrir plusieurs enjeux simultanément. En d'autres termes, les stratégies énoncées jouent un rôle essentiel en résolvant divers problèmes au sein d'une seule approche. Ceci permet de relever un maximum de défis liés au changement climatique et à l'incertitude du marché dans la région.

4. Évaluer les stratégies d'adaptation par l'analyse multicritères AMC

L'histoire de l'analyse multicritères remonte au XVIIe siècle, les principes de la combinatoire lullienne ayant eu une influence sur son développement (Costa, 2018). Au cours des quarante-quatre dernières années, les méthodes multicritères ont gagné du terrain dans les pratiques universitaires et industrielles pour une prise de décision efficace (Basilio, 2022). Ces méthodes ont été appliquées avec succès à divers problèmes pratiques de choix multicritères (Petrovsky, Practical Applications of Choice Methods, 2023). Son utilisation permet de réduire la dimensionnalité de l'espace d'attribut, ce qui la rend applicable à la résolution de différents types de tâches de choix individuels et collectifs.

Le terme « analyse multicritères » fait référence au processus de prise en compte de plusieurs critères dans des environnements décisionnels. (Azzabi, 2020). L'analyse multicritères implique diverses étapes, notamment la sélection des indicateurs, la caractérisation des données, la normalisation, la pondération et l'agrégation (Opon, 2020). L'objectif est de trouver un

indicateur intégral qui combine les caractéristiques hétérogènes primaires des objets (Petrovsky, 2012).

Elle est généralement définie comme « une aide à la décision et outil mathématique permettant la comparaison des différentes alternatives ou scénarios selon de nombreux critères, souvent contradictoires, afin de guider le décideur vers un choix judicieux. » (Bekhtari, 2015)

Plusieurs réunions et ateliers de travail ont permis d'instaurer et de stabiliser les stratégies d'adaptation qui ont été établies par les acteurs de terrain et que les agriculteurs de la zone d'étude souhaitaient mettre en place.

Leurs idées et propositions stratégiques ont été prises en compte. Une recherche exhaustive a été menée, impliquant l'étude de multiples études de cas dans divers pays partageant des conditions climatiques et/ou économiques similaires. L'objectif était de tirer des enseignements de leurs stratégies pour voir si elles pouvaient être appliquées dans la région de sorte qu'elles soient bien adaptées à la zone d'études et aux conditions actuelles. Hormis les deux facteurs mentionnés précédemment — les opinions des acteurs de terrain et les études bibliographiques — un autre élément important a été notre connaissance de la région et les échanges avec les agriculteurs lors de la collecte des données. Ceux-ci ont permis, d'une part, de recueillir les plaintes des agriculteurs pour ce qui concerne leur situation et, d'autre part, de mieux comprendre les défis auxquels ils sont confrontés.

En nous lançant dans cette méthode résumée ci-dessus, nous avons pu préciser des stratégies d'adaptation. En dehors de ce point et celui du choix des acteurs, il importe de garder en tête l'évaluation de ces stratégies.

L'exploration de ces dernières va au-delà d'une analyse simple telle qu'on le ferait pour des données quantitatives ; dans ce contexte, il s'agit de données qualitatives exploitables. Leur évaluation requiert une démarche plus élaborée que celle d'une analyse basique. En effet, l'analyse multicritères comprend diverses classes de méthodes, de techniques et d'outils (avec différents degrés de complexité) qui considèrent explicitement plusieurs objectifs et critères dans les problèmes de prise de décision et ce depuis la fin du 20^{ème} siècle. Les méthodes d'analyse multicritères sont des outils d'aide à la décision développés depuis les années 1960. De nombreuses méthodes ont été proposées afin de permettre aux décideurs de faire un « bon » choix. Pour certains experts du domaine, ce choix existe dans l'esprit du décideur et le processus d'aide à la décision doit le faire ressortir. Pour d'autres, ce processus doit créer ce choix (Caillet, 2003). C'est une analyse qui vise à expliciter une famille cohérente de critères pour permettre de concevoir, justifier et transformer les préférences au sein d'un processus de décision (Lehoux, 2004)

L'objectif des méthodes multicritères est ainsi d'aider à prendre une décision (ou à évaluer plusieurs solutions entre elles, sans avoir forcément de choix à effectuer au final) dans les situations de choix où aucune possibilité n'est parfaite et où différents critères entrent en conflit. L'idée de base est de considérer tous les critères entrant en compte, de leur attribuer un poids lié à leur importance relative, de noter chaque action par rapport à tous les critères et finalement d'agréger ces résultats (Caillet, 2003) Cela permet de concilier divers aspects : économiques, de design, technologiques, environnementaux, sociaux, ... (Lehoux, 2004).

Différentes méthodes et approches peuvent être utilisées dans cette analyse, telles que la réduction de la dimensionnalité de l'espace d'attribut et l'analyse de décision verbale (Petrovsky,

2023) Un grand nombre d'approches ont été étudiées. Elles peuvent être divisées en trois catégories selon la façon dont les jugements seront agrégés (Scharlig, 1985) :

1. Agrégation complète (Top-down approach) : On cherche à agréger les n critères afin de les réduire en un critère unique. On suppose que les jugements sont transitifs ex : $a > b$, $b > c$ alors $a > c$
2. Agrégation partielle (Bottom-up approach) : On cherche à comparer des actions potentielles ou des classements les uns par rapport aux autres et à établir entre ces éléments des relations de sur classement. On doit alors respecter l'incomparabilité.
3. Agrégation locale : On cherche, en premier lieu, une solution de départ. Par la suite, on procède à une recherche itérative pour trouver une meilleure solution.

Toutefois, afin d'éviter un document trop long et lourd, seule l'approche utilisée par la suite sera présentée Et illustrée par une application directe.

L'évaluation de la production agricole est une tâche multidimensionnelle qui implique la quantification de divers indicateurs économiques, sociaux et environnementaux à différentes échelles et niveaux d'incertitude. Dans ce contexte, une approche particulièrement exigeante est proposée impliquant la sélection appropriée des critères les plus représentatifs qui assurent la viabilité économique, le respect de l'environnement et le développement social (Bartzas, 2020). Notre méthode évaluera 3 systèmes agricoles (Maraicher, Arboriculture et Mixte « Arboriculture et céréales ») selon 8 stratégies :

- Association à des coopératives
- Certifications/Labels
- Bouturage Bio
- Fertilisation organique
- Amélioration des ressources hydriques
- Installations de panneaux solaires
- Rotation du sol
- Agroforesterie

Différentes méthodes d'analyse multicritères sont disponibles dans la littérature. Une excellente bibliographie en ligne sur cette analyse et ses applications est disponible sur <http://www.lamsade.dauphine.fr/mcda/biblio/> (Figueira, 2005); (Montignac, 2009).

Après avoir reconnu la nécessité d'une approche plus élaborée pour évaluer ces stratégies complexes, il devient impératif de choisir un cadre méthodologique adéquat. Pour répondre à cette exigence, nous avons choisi d'utiliser l'approche 1 qui est une méthode avec agrégation complète, qui va nous permettre de choisir une seule stratégie par rapport aux autres, et plus spécifiquement, l'utilisation de la méthode AHP qui représente une solution convenable. L'AHP, en tant qu'approche de l'analyse multicritères, se prête parfaitement à la nature multidimensionnelle des critères en jeu. Cette transition vers l'utilisation de l'AHP ouvre la voie à une évaluation plus approfondie et nuancée de ces stratégies.

5. Présentation de la méthode AHP « Analyse Hiérarchique des Processus »

La méthode AHP (Analytical Hierarchy Process) a été développée par Thomas Saaty dans les années 1980. Elle vise à affiner le processus de décision en examinant la cohérence et la logique des préférences du décideur (Caillet, 2003). Le processus de hiérarchie analytique (AHP) est généralement la technique la plus utilisée et la plus connue pour pondérer différents

critères/indicateurs. Cette méthode est largement utilisée dans le domaine de la prise de décision (Millet, 2000). De plus, elle est largement appliquée dans le domaine de l'évaluation de la durabilité, dans le but de peser les aspects environnementaux et sociaux (Gompf, 2021) L'AHP est très utile, lorsqu'il s'agit d'évaluer des critères ou des indicateurs.

Elle décompose un problème complexe en plusieurs problèmes simples tout au long de la construction d'une structure hiérarchique en liant les éléments du problème les uns aux autres. Cette technique facilite la prise de décisions en structurant le problème de manière hiérarchique, comme un arbre généalogique. Pour parvenir à une décision claire et rationnelle à la fin, l'AHP utilise ce qu'on appelle des comparaisons par paires entre les éléments classés ou notés de la hiérarchie de décision. La comparaison a lieu entre deux options à la fois, indépendamment de toutes les autres options. Les critères ou indicateurs peuvent alors appartenir à tout type de données, qu'elles soient quantitatives, c'est-à-dire mesurables, ou qualitatives, c'est-à-dire basées sur une opinion (Gompf, 2021)

La méthode AHP permet de fragmenter le problème étudié en problèmes secondaires hiérarchiques facilement compréhensibles et auto-évalués. Ces auto-évaluations sont converties en valeurs numériques permettant l'ordre des alternatives pour calculer leur efficacité ou le critère en fonction de la propriété x_j , cette méthode utilise la matrice des comparaisons par paires structurée comme suit (Brunelli, 2015) :

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Avec $a_{ij} > 0$ exprimant le degré de préférence de x_i à x_j .

5.1 Décomposition du problème en une hiérarchie.

Le point de départ de la méthode consiste à définir une arborescence hiérarchique de critères et de sous critères (Caillet, 2003). La première étape de l'AHP est basée sur le fait que cette analyse est fondée sur l'organisation du problème dans une structure hiérarchique avec le but ultime au sommet et les critères disposés au niveau suivant (Gompf, 2021); la structure hiérarchique de cette recherche AHP est identifiée et représentée dans la figure suivante :

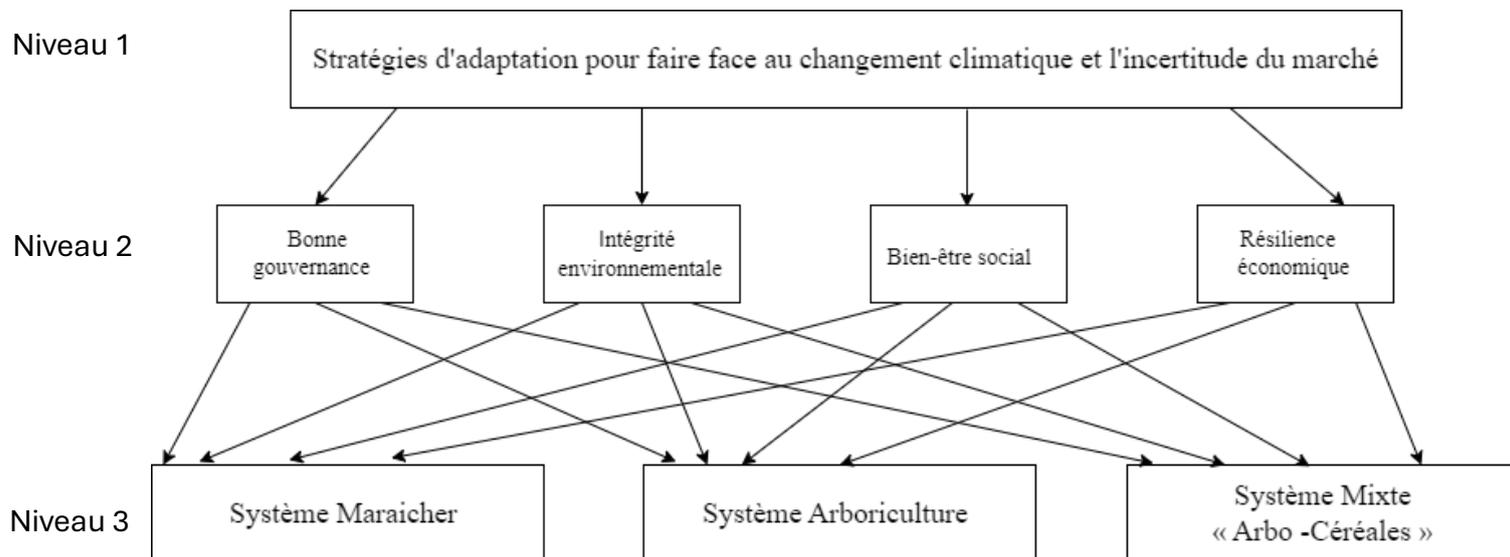


Figure 34: Décomposition hiérarchique

Cet arbre hiérarchique (Figure 34) se compose de trois niveaux principaux :

- Niveau objectif : c'est le niveau le plus élevé de la hiérarchie. Il présente l'objectif global de la décision à prendre. Dans notre contexte, celui-ci revient à choisir les meilleures stratégies d'adaptations face au changement climatique et à l'incertitude du marché.
- Deuxième niveau : positionné sous l'objectif global, on identifie les critères pertinents qui doivent être pris en compte pour évaluer les différentes options. Ces critères sont les aspects spécifiques que l'on cherche à évaluer. Pour le choix des stratégies d'adaptation, les critères se classent dans différentes disciplines. Ils sont choisis selon une approche théorique, au vu du rapport « SAFA, Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems indicators » à l'initiative de Nadia El-Hage Scialabba, Ressources naturelles Département Gestion et Environnement. Ces indicateurs constituent la base de l'outil SAFA que la FAO met à disposition pour aider les utilisateurs à mettre en œuvre les directives. Ces indicateurs résultent de l'expérience accumulée au cours du processus de développement SAFA pour cartographier les indicateurs de durabilité existants, partant des essais pilotes aux opinions d'experts. (FAO, safa Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems indicators, 2013)

Dans chaque critère, on distingue des sous-critères choisis selon ce qui convient au contexte de la région et ce qui intéresse les agriculteurs avec l'accord des experts de terrain. (Figure 35)

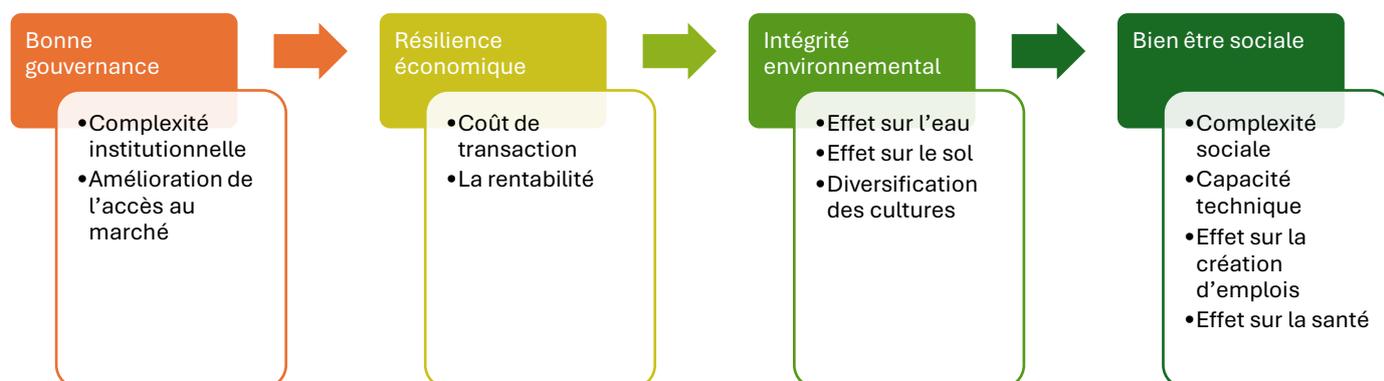


Figure 35: Liste des critères et sous-critères potentiels

- Complexité institutionnelle : qui fait référence à tout obstacle venant des institutions, telles que les procédures bureaucratiques qui se terminent souvent par un refus de soutien financier aux agriculteurs, etc.,
- Amélioration de l'accès au marché : se réfère à la mise en place des stratégies ou des changements visant à faciliter l'écoulement des productions des agriculteurs vers les marchés en éliminant les barrières qui limitent la capacité des produits ou des acteurs économiques à entrer sur un marché spécifique.
- Effet sur l'eau : réduction de l'utilisation de l'eau et aménagement de son efficacité. De tous les secteurs, l'agriculture est le plus grand consommateur d'eau.
- Effet sur le sol : amélioration de la qualité du sol. La salinisation des sols et l'utilisation excessive d'engrais provoquent la dégradation du sol dans la région (El Samad, 2013).
- Diversification des cultures : quelques stratégies peuvent influencer la diversification en encourageant l'adoption de cultures différentes, en fournissant un soutien technique ou financier spécifique à certaines cultures, en introduisant des pratiques de rotation, en facilitant l'accès aux marchés pour des produits variés, ou en favorisant la conservation et l'utilisation des variétés locales et traditionnelles. Ceci peut contribuer à la sécurité alimentaire, la résilience aux changements environnementaux, la maximisation des rendements économiques et la durabilité.
- Complexité sociale : fait référence à l'acceptation des stratégies d'adaptation suggérées par les agriculteurs, avec l'accord des parties concernées, selon leur point de vue et dans un cadre de coopération.
- Capacité technique : fait référence aux bâtiments, installations, équipements, au réseau routier et à la main-d'œuvre, etc.

- Création d'emplois : réfère à l'impact résultant des choix stratégiques et des mesures mises en place dans le domaine agricole sur la génération d'opportunités d'emploi au sein du secteur agricole lui-même ainsi que dans les secteurs similaires.
- Effet sur la santé : Certaines stratégies, même si de manière indirecte, affectent la santé des individus, des communautés et de l'environnement. Les stratégies agricoles qui favorisent la production d'aliments sains et nutritifs contribuent à améliorer celle des populations en assurant un accès à une alimentation équilibrée.
- Rentabilité : bénéficie de la mise en place d'une intervention. Quel profit l'agriculteur tirera de cette stratégie, quels sont les coûts de sa mise en œuvre, tels que les coûts d'achat des semences améliorées ou engrais bio, l'achat ou la location d'une machine pour niveler le terrain, etc.,
- Coût de transaction : coûts qui pourraient être encourus lorsque nous essayons de mettre en œuvre une certaine intervention, ils peuvent être liés à la formation, au transport, aux frais supplémentaires, etc.

Enfin, le troisième niveau représente les trois systèmes convenus dans le premier chapitre qui caractérise la performance des différents ménages agricoles dans la zone d'étude, par la méthode ACP et AHP, à savoir un système à dominance maraichère, un système où l'arboriculture prédomine et un système mixte avec la présence d'arboriculture et de céréales. Dans ces trois systèmes qui diffèrent dans leurs caractéristiques économiques, environnementales, climatiques et sociales (Tableau 10), les stratégies d'adaptation seront appliquées après évaluation des acteurs de terrain et leurs choix seront basés sur elle. Ensuite, seront attribués des scores pour les sous critères par ces mêmes acteurs de terrain afin d'identifier leurs complexités et leurs impacts :

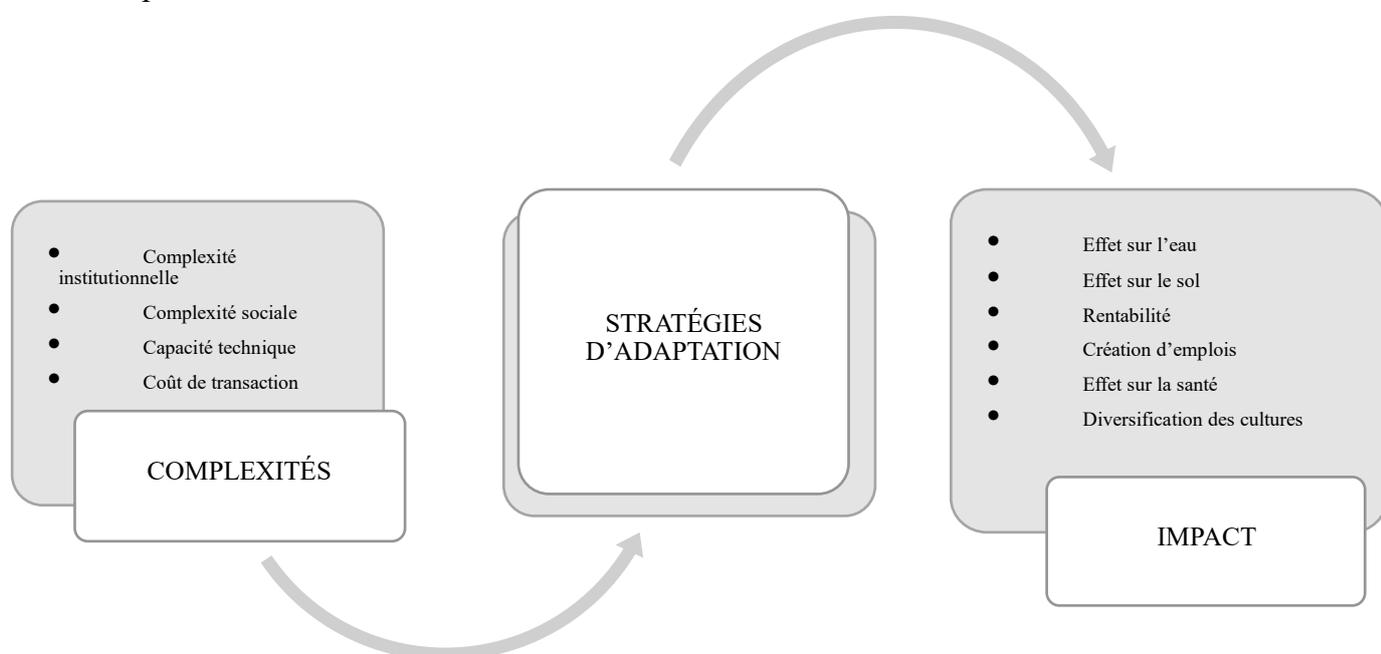


Figure 36: Complexités et impacts sur les stratégies d'adaptation

5.2. Comparaison par paire

L'AHP est utilisée pour analyser l'importance relative des principaux éléments du processus de développement de l'outil de mesure, ce qui nous conduit à la deuxième étape de l'AMC qui est

la comparaison par paires. Cette dernière implique uniquement une comparaison individuelle entre deux indicateurs, indépendamment de tous les autres.

Les données sont compilées grâce à la coopération des experts et des décideurs en fonction de la structure hiérarchique. En d'autres termes, la comparaison par paires est utilisée pour évaluer les éléments de la hiérarchie : l'objectif « stratégies d'adaptation » qui est à la base un besoin pour le secteur agricole au Liban et pour les acteurs qui y travaillent, ensuite les sous critères qui seront évalués par les acteurs sélectionnés (tableau 3) donnant ainsi leurs avis et leurs visions personnelles sur le contexte actuel et, en dernier lieu, les stratégies d'adaptation dans le cadre des critères/sous-critères impliquées dans les 3 systèmes types présents à Baalbek – El Hermel.

Toutes les données présentes dans la structure hiérarchique sont de nature qualitative. L'étape de comparaison par paires constituera le moment où ces données seront transformées en informations quantitatives. Les acteurs de terrain évaluent ces comparaisons comme étant égales, moyennes, fortes, très fortes. Par exemple, si on compare deux stratégies (SDA 1 vs SDA 2), on peut estimer si SDA 1 est « x » fois plus importante que SDA 2. Pour calculer les poids des stratégies, il faut compléter une matrice à deux dimensions permettant de comparer les critères les uns aux autres, deux à deux en précisant une échelle allant de 1/9 jusqu'à 9 selon l'importance du paramètre.

Tableau 12: Échelle de comparaison binaire de Saaty 1984

Degré d'importance	Définition	Explication
1	Importance égale des deux éléments	Deux éléments contribuent autant à la propriété.
3	Faible importance d'un élément par rapport à un autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisant légèrement un élément par rapport à un autre.
5	Importance forte ou déterminante d'un élément par rapport à un autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent fortement un élément par rapport à un autre.
7	Importance attestée d'un élément par rapport à un autre	Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique.
9	Importance absolue d'un élément par rapport à un autre	Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possible.
2, 4, 6, 8	Valeurs intermédiaires entre deux appréciations voisines	Un compromis est nécessaire entre deux appréciations.
Réciproques(1/x)	Si l'activité i se voit attribuer l'un des chiffres précédents lorsqu'elle est comparée à l'activité j, j a donc la valeur réciproque	Utilisées pour montrer la dominance du second élément par rapport au premier. $P_c(EA, EB) = 1/P_c(EB, EA)$

Ces comparaisons par paires sont ensuite utilisées pour construire une matrice de comparaison, appelée « matrice de comparaison des préférences ». Celle-ci est un élément clé de la méthode Analytic Hierarchy Process (AHP), elle sert à capturer les jugements subjectifs des décideurs, chacun attribuant une note pour l'importance des stratégies selon son opinion personnelle. Cela aide à réduire tout ce qui est hors normes et à prendre des décisions éclairées en prenant en compte les relations complexes entre les éléments de la hiérarchie. La matrice de comparaison des préférences est un outil structuré et systématique permettant de capturer et de formaliser les évaluations.

Pour recueillir les jugements numériques des répondants, le Tableau 12 montre un exemple de comparaison par paires entre les stratégies d'adaptation choisies lors des ateliers de travail et les réunions avec les acteurs de terrain. Chaque acteur a effectué trois comparaisons par paires, une pour chaque système. Il leur a été demandé de comparer chaque stratégie avec les 3 systèmes selon le tableau 13 de comparaison des notations AHP avec l'échelle numérique.

Tableau 13: Exemple d'une question d'évaluation d'une stratégie d'adaptation de la méthode AHP

SDA 1									SDA 2							
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SDA 1									SDA 3							
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SDA 1									SDA 4							
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SDA 1									SDA 5							
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SDA 1									SDA 6							
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SDA 1									SDA 7							
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SDA 1									SDA 8							
9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Nous disposons de toute cette échelle de valeurs pour compléter une matrice de jugements, que nous noterons dans les formules mathématiques. La méthode est basée sur la comparaison des différentes caractéristiques, deux par deux, à partir de la construction d'une matrice carrée de comparaison dans laquelle nous allons comparer les 8 stratégies d'adaptations, deux par deux en termes d'importance. Les valeurs dans la matrice reflètent les degrés de préférences entre les stratégies. Voici un exemple simplifié de matrice de comparaison, dans celle-ci (Tableau 14), chaque stratégie est comparée à toutes les autres deux par deux en termes d'importance. Dans cet exemple, chaque cellule de la matrice reflète la préférence relative entre les stratégies d'adaptation. Par exemple, la valeur 3 dans la deuxième ligne et la première colonne indique que la stratégie 2 est jugée trois fois plus importante que la stratégie d'adaptation 1. Par ailleurs, les chiffres avec des équations indiquent que la valeur 1/7 dans la quatrième ligne et la troisième colonne démontre que la stratégie 3 est jugée sept fois moins importante que la 4. Les comparaisons deux à deux de différents critères générés à l'étape ci-dessus sont organisées en une matrice carrée. Les éléments de la diagonale de la matrice égalent 1.

Tableau 14: Matrice de comparaison par paires

	SDA 1	SDA 2	SDA 3	SDA 4	SDA 5	SDA 6	SDA 7	SDA 8
SDA 1	1	3	5	7	2	6	8	4
SDA 2	1/3	1	3	5	1/4	2	4	1/2
SDA 3	1/5	1/3	1	3	1/6	1/2	2	1/4
SDA 4	1/7	1/5	1/3	1	1/8	1/4	1/2	1/6
SDA 5	1/2	4	6	8	1	7	9	3
SDA 6	1/6	1/2	1/2	1/4	1/7	1	3	1/3

SDA7	1/8	1/4	1/2	1/2	1/9	1/3	1	1/5
SDA 8	1/4	2	4	6	1/3	3	5	1

Une fois que toutes les comparaisons par paires sont effectuées et que la matrice de comparaison est remplie, il s'agit de normaliser cette matrice par colonne (on additionne les valeurs d'une même colonne, puis on divise chaque nombre de la colonne par cette somme). Ensuite, on calcule la moyenne arithmétique des nombres sur chaque ligne. Chaque ligne correspondante à un critère, la moyenne associée au critère définit le poids du critère relativement au critère pair. La valeur « globale » du poids d'un critère en bout d'arbre est le produit de tous les poids aboutissant à ce critère (Caillet, 2003).

Par la suite, on calcule la valeur propre de chacune et le vecteur propre lui correspondant. Le vecteur propre indique l'ordre de priorité ou la hiérarchie des caractéristiques étudiées. Ce résultat est important pour l'évaluation de la probabilité, puisqu'il sera utilisé pour indiquer l'importance relative de chaque critère opérant. La valeur propre est la mesure qui permettra d'évaluer la cohérence ou la qualité de la solution obtenue, représentant ainsi un autre avantage de cette méthode (Ramos, 2014). La principale valeur et le vecteur propre droit normalisé correspondant à la matrice de comparaison donnent l'importance relative des différents critères ou sous critères et notes par rapport aux alternatives (Bekhtari, 2015). Ces valeurs sont alors normalisées, la normalisation du résultat définit le poids de chaque critère. Enfin, pour calculer le poids de chaque alternative, il faut les comparer selon la même logique que celle des critères et finalement normaliser chaque alternative en multipliant la valeur du critère par son poids (Ziani, 2021).

5.3 Identification de la cohérence de la matrice

L'identification de la cohérence, dans la méthode de l'Analytic Hierarchy Process (AHP), constitue la vérification de la justesse et la stabilité des évaluations fournies par les décideurs lors des comparaisons par paires. Ces évaluations doivent être cohérentes pour que les résultats de cette analyse soient fiables et significatifs. La cohérence dans l'AHP est évaluée à l'aide de la méthode de comparaison par paires. Lors des enquêtes, les acteurs comparent les éléments deux par deux, ils attribuent des valeurs numériques pour exprimer leurs avis dans la valeur de chaque stratégie. Ces valeurs sont ensuite utilisées pour construire la matrice de comparaison. L'assurance de la cohérence sera appliquée, lorsque les valeurs attribuées aux comparaisons par paires respectent certaines propriétés mathématiques. La propriété clé est dénommée « propriété de transitivité », elle ne s'explique que si SDA 1 est préféré à SDA 2 et SDA 2 à SDA 3, alors SDA 1 doit être préféré à SDA 3.

La comparaison paire par paire nous fournit un pourcentage pour chaque stratégie et nous permet de savoir quelle stratégie on doit choisir, à savoir quelles stratégies conviennent le mieux pour chaque système spécifique. Cette comparaison étant réalisée par un être humain, il est possible que certaines valeurs soient inconsistantes (Ziani, 2021). Cette étape règle ce problème en permettant de calculer un Ration de Consistance (CR), si ce CR est inférieur à 10% (0.1), on peut estimer que les résultats sont consistants (Sudin, 2018) (Saaty, 2005). Le ratio de consistance est obtenu grâce à cette formule :

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Où CI représente l'indice de cohérence calculé à partir des valeurs de la matrice de comparaison des préférences. L'indice de cohérence est obtenu en suivant plusieurs étapes intermédiaires. D'abord, nous devons calculer un nouveau vecteur de priorité, pour ce faire, nous devons multiplier la matrice 5x5 de réciprocity par la matrice 5x1 contenant les poids de chaque critère pour obtenir les nouveaux poids. Ensuite, nous devons diviser chaque nouveau poids par l'ancien poids équivalent, nous additionnons toutes ces nouvelles valeurs que nous divisons pour obtenir la moyenne maximale des poids ($\lambda \max$) telle que définie par cette formule :

$$\lambda \max = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{NV_i}{PV_i}$$

Nous pouvons ensuite obtenir IC suivant cette formule où $\lambda \max$ est la valeur propre maximale de la matrice de jugement, et n le nombre de critères.

$$CI = \frac{(\lambda \max - n)}{(n - 1)}$$

L'index randomisé RI est une valeur tabulée en fonction de la taille de la matrice de comparaison. Il a été établi empiriquement pour différentes dimensions de matrices afin d'aider à définir un seuil acceptable pour la cohérence. Elle est obtenue grâce à une table fournie par Saaty, la valeur est liée au rang de la matrice, c'est-à-dire au nombre de critères considérés et elle est extraits du tableau suivant :

Tableau 15: Valeur RI en fonction de l'ordre de la matrice

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

Dans notre cas, comme nous disposons de 8 stratégies qui sont les critères, RI vaut 1.45.

En résumé, le CR est basé sur le calcul de l'Indice de Cohérence (CI) par rapport à un Indice de Régularité (RI) tabulé. Il permet d'évaluer si les évaluations fournies dans la matrice de comparaison des préférences sont cohérentes et fiables dans le cadre de l'AHP. Cette méthode permet donc de pondérer chaque alternative en fonction de son importance par une autre alternative partageant le même critère.

Le calcul du poids final est nécessaire pour classer les stratégies d'adaptation et choisir celles qui sont réalisables dans la région. Le poids final peut être calculé en combinant les poids relatifs de chaque critère avec les notes réelles qui leur sont attribuées. En combinant ces deux étapes, on atteint un poids final qui reflète la nécessité de la mise en œuvre d'une stratégie d'adaptation dans la zone d'étude. L'équation suivante (i) a été utilisée pour calculer la valeur du score d'attribut (x_i) à chaque critère multiplié par les poids (w_i), donnant la somme pondérée (S) pour chaque critère de possibilités d'adaptation.

$$S = \sum w_i * x_i; (i)$$

Pour calculer le total de tous les critères pour chaque option d'adaptation, nous utilisons la formule ci-dessous (ii) :

$$S1 = \sum w_1 * x_1 + w_2 * x_2 + w_3 * x_3 \dots w_n * x_n (ii)$$

En conséquence, si ces adaptations conviennent aux agriculteurs, alors ceux-ci pourront mettre en place des parcelles de démonstration afin de convaincre d'autres agriculteurs hostiles à l'idée ou bien qui n'avaient pu participer à la convention d'adaptation.

6. Entretiens élaborés pour l'évaluation des stratégies d'adaptation.

Plusieurs raisons nous ont amenée à effectuer des entretiens au travers d'enquêtes afin de bien évaluer les stratégies d'adaptation (Tableau 11) déjà établies. L'une des causes consiste à vérifier leur efficacité, en effet, les enquêtes peuvent fournir des informations sur les types de stratégies que les gens souhaitent. Cela peut nous aider à identifier les stratégies qui devraient être soutenues. Par ailleurs, les enquêtes peuvent également fournir des informations sur les obstacles à l'adaptation, comme les coûts, le manque d'informations... et, grâce à elles, on peut surmonter ces obstacles. Les enquêtes peuvent être menées auprès d'individus, de ménages, d'entreprises ou d'organisations. Elles peuvent être conduites en face à face, par téléphone, par courrier électronique ou en ligne. C'est un outil important pour évaluer, surveiller et améliorer les stratégies d'adaptation face à des défis ou des changements environnementaux, économiques, sociaux ou technologiques. Les enquêtes permettent de garantir que les efforts d'adaptation sont efficaces et qu'ils répondent bien aux besoins des acteurs. Elles peuvent fournir des informations précieuses aux décideurs pour les aider à développer et à mettre en œuvre des stratégies efficaces.

Ce qui nous intéresse le plus est que les acteurs de terrain eux-mêmes, qui, dans un premier temps, nous ont aidée à compléter les enquêtes sur les pratiques agricoles en 2021 et qui, ensuite, ont participé aux réunions pour mettre en place les stratégies d'adaptation, jouent toujours aujourd'hui en 2023 le rôle le plus important en donnant leur avis sur ces stratégies. En premier lieu, le choix des acteurs à interroger s'est appuyé sur plusieurs critères ; nous avons retenu des experts de la zone de terrain, à savoir : ingénieurs agronomes de plusieurs spécialités, responsables dans des coopératives, chercheurs... (pour plus de détails, voir Tableau 9 des acteurs de terrain). Ont aussi participé des agriculteurs/experts dans leurs domaines, considérés comme grands ou petits agriculteurs selon la superficie de leurs exploitations, certains avec mono ou pluri-cultures. Mais, le plus important était qu'ils correspondent aux 3 systèmes types définis (Tableau 10).

Pour la construction de l'échantillon, 23 acteurs ont été interrogés dans les villages de Hermel, Bouday et Nahlé. Le nombre des agriculteurs ayant participé aux enquêtes qualitatives est de 94, mais notre besoin pour ce type d'enquêtes quantitatives était différent, pour cela seuls 23 acteurs ont fait l'objet de traitement compte tenu des critères.

Nos enquêtes, 6 au total, étaient divisée en 4 catégories :

- A. Enquêtes d'évaluation des stratégies d'adaptation (SDA) par l'AHP. (3 enquêtes)
- B. Enquêtes d'évaluation de l'efficacité ou les conséquences des stratégies d'adaptation. (1 enquête)
- C. Enquêtes d'évaluation des complexité exigées sur les stratégies d'adaptation. (1 enquête)
- D. Enquêtes sur l'évolution des systèmes agronomiques selon les capitaux. (1 enquête)

Les questionnaires ont d'abord été préparés grâce au logiciel « Question Pro », et ensuite envoyés à huit de nos collègues qui se divisent entre doctorants post docs, et enseignants chercheurs, en mode démonstration, ce qui nous a permis d'avoir une idée sur comment les résultats seraient présentés. L'étape suivante a consisté à les exporter sur Microsoft Word et à

les traduire en arabe pour qu'ils soient lisibles pour les acteurs de terrain. Comme ces enquêtes sont divisées en plusieurs catégories, chacune a été traitée d'une manière différente de l'autre. Le déroulement des enquêtes a suivi le processus suivant : la majorité des questionnaires ont été complétés lors d'un appel téléphonique, cet appel avait été précédé par un message WhatsApp en arabe, d'une part, pour nous présenter et expliquer la démarche de cette enquête et, d'autre part, vérifier leur disponibilité. La communication n'était pas facile en raison de la mauvaise connexion internet, mais aussi faute de temps à nous consacrer. Parfois, nous avons été contraintes de faire des relances pour obtenir des réponses, et plusieurs personnes n'ont pas répondu aux messages envoyés ou même aux appels téléphoniques. Le travail avec les experts a été plus facile, en comparaison de l'attitude réticente des agriculteurs. Après notre première interaction, nous leur avons envoyé deux questionnaires en pdf, le premier concernait les huit stratégies d'adaptation (Tableau 11) et le deuxième les caractéristiques des 3 systèmes (Tableau 10), pour qu'ils puissent se faire une idée sur l'enquête. Après confirmation pour un appel téléphonique de 40 à 50 mins, nous avons débuté notre entretien par une petite synthèse sur les stratégies d'adaptations et les systèmes agricoles.

A. Enquêtes d'évaluation des stratégies d'adaptation (SDA) par l'AHP

La présence de plusieurs stratégies d'adaptation prenant en compte plusieurs critères (économique, social, environnemental, gouvernemental) a été le premier déclic qui nous a fait penser à l'AHP dans l'analyse multicritères. Celle-ci, qui constitue un outil de décision, est utilisée pour évaluer les enquêtes, car elle permet de prendre en compte ses différents aspects, tels que la qualité des questions, la représentativité de l'échantillon où le respect des délais. Les enquêtes évaluées à l'aide de l'AHP constituent une démarche analytique complexe visant à prendre des décisions éclairées en tenant compte de plusieurs critères et de leur pondération respective. L'AHP offre un cadre structuré pour comparer et hiérarchiser les enquêtes, facilitant ainsi la prise de décision.

Dans ces enquêtes, chaque acteur a été sollicité pour donner son avis d'une manière subjective à propos de sa vision et comment il évalue de 1 à 9 chaque stratégie d'adaptation par rapport à d'autres dans les trois systèmes dominants. Trois enquêtes ont été effectuées pour les trois systèmes ; chacune d'entre elles débutait par une description détaillée des systèmes ciblés. Suivaient ensuite une partie introduction et les consignes à suivre pour répondre à notre demande. Il s'agissait d'évaluer des stratégies à travers 30 questions portant sur chaque système et chaque stratégie d'adaptation. Il s'agissait de sélectionner la stratégie considérée comme étant la plus importante par rapport à chaque acteur, efficace et applicable dans le système, ensuite il fallait attribuer une valeur de 1 à 9 selon cette importance. La méthode de comparaison par paires utilisée convertit les jugements des répondants en une valeur numérique, basée sur une échelle de 1 à 9. Une valeur de 1 souligne que les deux indicateurs ont une importance égale, tandis qu'une valeur de 9 précise qu'un indicateur a une importance nettement plus forte par rapport à l'autre.

B. Enquêtes d'évaluation d'efficacité ou les conséquences des stratégies d'adaptation.

Les stratégies d'adaptation jouent un rôle important dans le domaine de l'agronomie, car elles permettent aux agriculteurs et aux acteurs du secteur agricole de faire face aux défis et aux changements environnementaux. L'impact des stratégies d'adaptation en agronomie se manifeste par une meilleure résilience des cultures, une gestion plus efficiente de l'eau, une préservation des sols, une diversification des cultures et une utilisation de technologies

innovantes. Ces stratégies contribuent à améliorer la durabilité, la productivité et la résilience du secteur agricole face aux défis environnementaux et aux changements climatiques. Dans cette enquête, les acteurs sont invités à évaluer l'ampleur de l'impact des stratégies d'adaptation sur différents facteurs associés à l'agriculture. Une enquête est constituée de 8 questions chacune sur une stratégie à savoir : d'après l'opinion des acteurs, comment chaque stratégie influence-t-elle les critères ; l'effet sur l'eau et le sol ; la rentabilité ; l'effet sur la création d'emplois et sur la santé ; la diversification des cultures ; et, enfin, l'amélioration de l'accès au marché. Pour répondre, il s'agissait d'attribuer une valeur de 1 à 5 à chaque critère en fonction de son impact, où 1 représente un faible impact et 5 un très haut impact.

C. Enquêtes d'évaluation des complexités exigées sur les stratégies d'adaptation.

L'application de stratégies d'adaptation agricole est un défi complexe qui nécessite une compréhension approfondie des interactions entre l'agriculture, l'environnement et le changement climatique. En outre, l'adoption de nouvelles pratiques agricoles et de technologies d'adaptation peut être entravée par des obstacles économiques, sociaux et culturels. Les agriculteurs doivent être convaincus des avantages à long terme de ces stratégies, tout en ayant accès à des financements, à des formations et à un soutien technique adéquats. Les normes et les réglementations existantes peuvent également entraver l'adoption rapide de nouvelles approches, nécessitant des ajustements et des politiques adaptées. Néanmoins, il est important de comprendre ces défis afin de garantir la résilience des systèmes agricoles face aux changements climatiques et l'incertitude du marché. Dans cette enquête, le niveau de complexité associé à chaque facteur impactant les stratégies d'adaptation agricole sera évalué. Huit questions ont été posées aux acteurs de terrain afin que, d'après leurs perceptions, ils évaluent l'impact de chaque complexité : complexité institutionnelle, d'acceptabilité sociale, capacité technique et coût de transaction. En attribuant une valeur de 1 à 5 à chaque complexité, où 1 représente une complexité faible et 5 une complexité très élevée.

D. Enquêtes sur l'évolution des systèmes agronomiques en fonction des capitaux

Dans le domaine de l'agronomie, plusieurs capitaux essentiels sont nécessaires pour assurer la productivité et la durabilité des cultures. Il convient de noter qu'ils sont interdépendants et que leur intégration adéquate est essentielle pour promouvoir une agriculture durable, efficace et respectueuse de l'environnement. Voici quelques-uns des capitaux essentiels en agronomie :

- Capital humain : Il s'agit des connaissances, compétences et expertises des professionnels de l'agronomie, y compris les agronomes, les chercheurs et les agriculteurs. Le capital humain englobe également l'éducation et la formation dans le domaine de l'agronomie.
- Capital naturel : Cela fait référence aux ressources naturelles nécessaires à l'agriculture, telles que les terres agricoles, l'eau, l'air, les sols et la biodiversité. La gestion durable de ces ressources est cruciale pour préserver l'environnement et maintenir la fertilité des sols.
- Capital physique : Il comprend les infrastructures et les équipements utilisés dans l'agriculture, tels que les machines agricoles, les serres, les systèmes d'irrigation, les entrepôts de stockage, les installations de transformation des produits agricoles, etc.
- Capital financier : Il s'agit des ressources financières nécessaires pour investir dans l'agriculture, y compris le financement des exploitations agricoles, l'achat

d'équipements, l'accès aux crédits, les investissements dans la recherche et le développement agricole, etc.

- Capital social : Cela englobe les relations, les réseaux et les interactions sociales entre les agriculteurs, les chercheurs, les organisations agricoles, les gouvernements et les communautés rurales. Le capital social favorise la coopération, le partage des connaissances et les échanges d'expériences pour améliorer les pratiques agricoles.

L'objectif de cette enquête est un peu différent c'est pourquoi nous sommes partie du principe que les stratégies d'adaptation sont bien appliquées sans faute sur les 3 systèmes, à savoir quels seraient, dans 20 ans, aux yeux des acteurs de terrain, leurs impacts sur les différents critères des capitaux (l'éducation et la formation dans le domaine de l'agronomie, les terres agricoles, les sources hydriques, la qualité des sols, les machines agricoles, l'installation des serres, l'installation des systèmes d'irrigation, l'achat d'équipement, les investissements dans la recherche et le développement agricole, l'accès aux crédits pour le développement agricole, et le capital social). Pourraient-ils prévoir pour chacun de ces éléments une augmentation, une diminution ou une stabilité en indiquant leur pourcentage respectif et penseraient-ils que le capital resterait le même en attribuant la valeur 0 ?

En revanche, les résultats de cette enquête ont été obtenus en recueillant les perspectives des acteurs de terrain sur l'évolution prévue des systèmes agricoles au cours des 20 prochaines années par rapport aux capitaux principaux, cette fois-ci en tenant compte de l'application des stratégies d'adaptation.

RESULTATS

En raison de la différence d'objectifs pour ce qui concerne les enquêtes et les entretiens, les résultats de ce chapitre seront subdivisés en trois sections.

1. Analyse des réponses des acteurs de terrain à propos du classement des stratégies d'adaptation

Dans les trois premières enquêtes, « Enquêtes d'évaluation des stratégies d'adaptation (SDA) par l'AHP », il s'agissait de solliciter l'avis subjectif des acteurs de terrain sur leur vision et de voir comment ils évaluaient de 1 à 9 chaque stratégie d'adaptation dans les trois systèmes dominants.

Le tableau des résultats affiche tous les critères avec les poids et les erreurs calculés. A la fin du tableau, on voit notifiée « Eigenvalue Lambda – Valeur propre Lambda » ; dans le contexte du Processus Hiérarchique Analytique (AHP), la valeur propre représente la mesure de l'importance relative du vecteur propre principal, associé à la cohérence des comparaisons par paires effectuées dans le cadre de l'AHP. Une valeur propre plus élevée indique une meilleure cohérence (Benjeddou, 2015) (Rakotoarivelo, 2015) (Lmoussaoui, 2015). « Mean relative error – MRE » est une mesure de la cohérence des poids attribués à différents critères ou alternatives dans un processus de prise de décision. Elle quantifie le degré de cohérence des jugements du décideur entre eux. Une MRE plus faible indique une plus grande cohérence (Korhonen, 2016) (Forsberg, 2022). La troisième notion mentionnée dans le tableau est « l'indice de cohérence géométrique – GCI » utilisé dans l'AHP pour évaluer la cohérence de la matrice de comparaison par paires. Elle précise dans quelle mesure les jugements fournis concordent avec les propriétés d'une matrice cohérente. Un ICG plus faible indique une meilleure cohérence (Bekel, 2021)

(Odu, 2019). Par ailleurs, « the incoherence ordinale – Psi » est une mesure de l'incohérence dans les données ordinales, où des préférences ou des classements sont donnés pour différentes options. Elle quantifie dans quelle mesure les préférences données enfreignent la propriété de transitivité. Un Psi plus faible indique une meilleure cohérence (Bekel, 2021). Et, à la fin, on trouve le « Consistency Ratio – CR », précédemment défini dans la partie méthodologique, plus spécifiquement dans la section 5.3. L'identification de la cohérence de la matrice constitue la vérification de la justesse et la stabilité des évaluations fournies par les décideurs lors des comparaisons par paires. Comme ces comparaisons sont réalisées par des êtres humains, il est possible que certaines valeurs soient inconsistantes (Ziani, A. 2021). Le calcul pour le Ratio de consistance CR inférieur à 10 % (0.1) indique que les résultats sont inconsistants.

Pour conclure rapidement, toutes les valeurs citées dans le tableau nous donnent une idée sur la moyenne globale des résultats normaux, en prenant en compte les moyennes de chaque ensemble.

Le premier système maraicher, caractérisé par la prédominance de la production de pommes de terre, est localisé à Bouday et Hermel ; le sol est profond et bien irrigué, et les coopératives n'y jouent aucun rôle.

Les 23 acteurs de terrain, experts et agriculteurs, ont donné consécutivement la priorité à l'irrigation (37,7 %), aux panneaux solaires (23 %) et aux coopératives (15.6 %), comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 16: Classement des stratégies d'adaptation pour le système maraicher

Table	Criterion	Comment	Weights	+/-
1	SDA 1: Cooperative	COOPERATIVES	15,6%	5,9%
2	SDA 2: Certification	CERTIFICATONS	3,6%	0,9%
3	SDA 3: Bouturage b	BOUTURAGE BIO	3,0%	0,9%
4	SDA 4: Fertilisation	FERTILISATION ORGANIQUE	10,3%	3,7%
5	SDA 5: Irrigation	IRRIGATION	37,7%	13,5%
6	SDA 6 : Panneaux s	PANNEAUX SOLAIRES	23,0%	8,4%
7	SDA 7: Rotation du	ROTATION DU SOL	4,4%	1,1%
8	SDA 8: Agroforeste	AGROFORESTERIE	2,4%	1,0%
9	for 9&10 unprotect the input sheets and expand the		0,0%	0,0%
10	question section ("*" in row 66)		0,0%	0,0%

Result	Eigenvalue	Lambda:	8,413	MRE:	34,0%
	Consistency Ratio	0,37	GCI: 0,15	Psi: 8,5%	CR: 4,2%

Ordinal

Le tableau 16 montre que les valeurs de tous les échantillons cités et expliqués ci-dessus sont dans les bonnes marges ; la cohérence est élevée et les résultats sont inconsistants.

Ces résultats sont compatibles avec les caractéristiques de ce système où la prédominance du maraichage exige une grande utilisation de l'eau. Pour cela, on constate un grand pourcentage pour la stratégie d'amélioration de l'irrigation – due à l'organisation de formations spécifiques pour les agriculteurs basées sur les conseils des experts pour ce qui concerne les techniques d'irrigation. On est passé d'un système classique au goutte à goutte afin de diminuer le gaspillage ; le dosage de l'eau se fait selon des plages horaires appropriées, tout en assurant un suivi régulier avec les agriculteurs, ce qui représente la première stratégie recommandée d'après les acteurs de terrain. En second lieu, on trouve l'installation de panneaux solaires qui est un point majeur, alors que les agriculteurs consacrent 60% de leurs revenus à l'irrigation, ce qui a poussé un certain nombre d'entre eux à abandonner le secteur agricole à cause de cette situation. L'installation de coopératives se retrouve en troisième position, les exploitations de ce système

se situent entre Bouday et Hermel là où la présence de coopératives est de niveau moyen. La mise en place de cette stratégie sera un changement très important au niveau institutionnel. Par ailleurs, dans ce système, les pourcentages concernant l'agroforesterie et les bouturages bio sont très faibles. Tous les experts de terrain et certains agriculteurs estiment qu'il est presque impossible d'avoir des cultures maraîchères biologiques, car l'utilisation de pesticides est toujours nécessaire et, selon leurs expériences, l'agroforesterie n'a pas eu de succès dans le domaine à cause de la sensibilité du type de sol et du type de cultures produites, à quoi s'ajoute la transmission fréquente de maladies.

La majorité des exploitations du deuxième système arboricole (cerisiers, abricotiers, amandiers...) se trouve dans les montagnes. Les agriculteurs ont négligé leurs exploitations omettant de les irriguer et de les fertiliser. En outre, il y a une absence totale de coopératives dans la région de ces systèmes. Au vu de ces données, les acteurs de terrain ont choisi, en majorité, de donner la prééminence à l'installation de coopératives (36.8%), suivie par la fertilisation organique (19.4%) et l'irrigation (15.1%). Ces résultats figurent dans le tableau 17 ci-dessous :

Tableau 17: Classement des stratégies d'adaptation pour le système arboricole

Table	Criterion	Comment	Weights	+/-
1	SDA 1: Cooperative	Cooperatives	36,8%	15,9%
2	SDA 2: Certification	Certifications	6,9%	1,9%
3	SDA 3: Bouturage	Bouturage bio	7,8%	2,1%
4	SDA 4: Fertilisation	Fertilisation organique	19,4%	4,7%
5	SDA 5: Irrigation	Irrigation	15,1%	3,4%
6	SDA 6: Panneaux solaires	Panneaux solaires	4,8%	1,5%
7	SDA 7: Rotation du sol	Rotation du sol	3,6%	1,0%
8	SDA 8: Agroforesterie	Agroforesterie	5,6%	1,9%
9		for 9&10 unprotect the input sheets and expand the	0,0%	0,0%
10		question section ("+" in row 66)	0,0%	0,0%

Result	Eigenvalue	Lambda:	MRE:
		8,322	30,4%
	Consistency Ratio	0,37	GCI: 0,12
		Par: 10,7%	CR: 3,3%
		Ordinal Inconsistency	Mean relative error

Le ratio de consistance CR est toujours dans les bonnes marges 3.3% < 10%, ce qui signifie que le problème d'une incohérence élevée n'existe pas. Le choix des coopératives est un choix évident pour ce système, mais ce qui a attiré notre attention ici est le changement au niveau technique. En effet, les acteurs de terrain sont demandeurs d'utilisation de fertilisation organique, ils ont préféré cette stratégie aux autres en raison du type de cultures car, de point de vue économique, le prix des fertilisants organiques est plus bas que celui des produits chimiques. La troisième stratégie choisie par les acteurs de terrain est l'irrigation. Les experts sont conscients de l'importance de l'irrigation pour l'arboriculture afin d'accélérer leurs productions, mais une partie de ce pourcentage tient aux quelques agriculteurs qui produisent du maraichage dans la plaine de Nahlé et qui ont besoin d'améliorer leur système d'irrigation. Par contre, les acteurs de terrain ne conseillent pas la rotation du sol du fait de la culture arboricole, ni l'installation de panneaux solaires en raison de la nature géographique montagneuse et de leurs prix élevés comme c'est le système qui a le revenu le plus faible.

Le troisième système arboricole et céréalière, en dehors de la mixité des cultures, l'est aussi par sa géolocalisation, son type de sol, son mode d'irrigation et son type de fertilisation. Les chiffres

et les pourcentages qui sont reliés à la cohérence se situent dans les bons spectres et indiquent de bons résultats.

C'est le système où les agriculteurs sont le plus affiliés à des coopératives, de fait, l'installation des coopératives est peu choisi (10.7%) par rapport aux deux autres systèmes.

Tableau 18: Classement des stratégies d'adaptation pour le système mixte

Table	Criterion	Comment	Weights	+/-
1	SDA 1: Cooperatives	Cooperatives	10.7%	3.6%
2	SDA 2: Certificat	Certificatons	4.5%	1.2%
3	SDA 3: Bouturage	Bouturage bio	8.8%	1.5%
4	SDA 4: Fertilisatio	Fertilisation organique	15.0%	4.8%
5	SDA 5: Irrigation	Irrigation	36.5%	12.9%
6	SDA 6: Panneaux	Panneaux solaires	12.0%	2.3%
7	SDA 7: Rotation d	Rotation du sol	9.6%	4.1%
8	SDA 8: Agroforest	Agroforesterie	2.9%	1.0%
9	for 9&10 unprotect the input sheets and expand the		0.0%	0.0%
10	question section ("+" in row 66)		0.0%	0.0%

Result	Eigenvalue	Lambda:	8.334	MRE:	31.0%
	Consistency Ratio	0.37	GCI: 0.12	Psi: 15.5%	CR: 3.4%

La priorité des changements du point de vue des acteurs de terrain est donnée à l'irrigation (36.5%), suivie par la fertilisation organique (15%) et l'installation de panneaux solaires (12%). Ces stratégies sont justifiées par la culture des oliviers, pour lesquels les experts et les agriculteurs s'accordent sur l'importance de l'irrigation. Par ailleurs, la majorité des acteurs concernés relie cette amélioration à l'installation de panneaux solaires et à la fertilisation organique.

Un pourcentage presque négligeable revient ici à l'agroforesterie. En effet, les agriculteurs cultivent des céréales, spécifiquement du blé et de l'orge, et ne veulent pas cultiver sous les arbres et spécifiquement pas de maraichers. Les experts précisent qu'ils ont eu de mauvaises expériences avec cette stratégie. Pour ce qui concerne le processus de certifications, il est perçu comme trop onéreux et difficile à mettre en place. Dans ce système, les autres stratégies ont des pourcentages intermédiaires qu'on ne peut considérer comme négligeables mais qui ne sont pas suffisamment importants pour être pris en compte.

2. Évaluation de l'efficacité des stratégies d'adaptation et des défis inhérents à leur mise en œuvre

Dans la méthodologie « section 6. B et C », nous avons expliqué l'objectif de chaque enquête. Durant les entretiens, nous avons demandé aux acteurs de terrain comment ils évaluent les complexités qui s'imposent sur les huit stratégies d'adaptation et leurs effets en nous basant sur plusieurs critères et selon leurs points de vue. Cependant, dans cette partie, nous nous contenterons de présenter les résultats de quatre stratégies (l'installation des coopératives, l'amélioration de l'irrigation, l'installation de panneaux solaires et l'utilisation de fertilisants organiques) définies comme prioritaires par les acteurs de terrain, comme illustré dans la première partie des résultats.

L'installation ou l'affiliation à des coopératives :

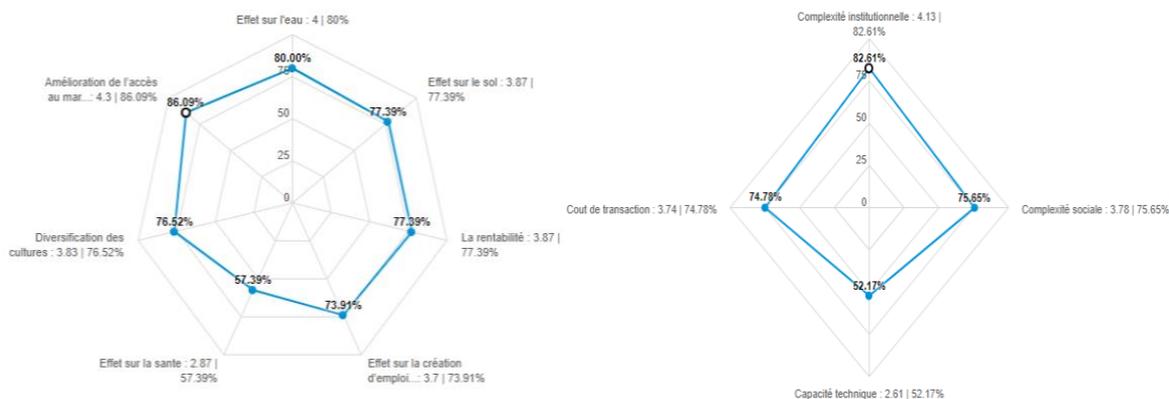


Figure 37: L'installation ou l'affiliation à des coopératives

En ce qui concerne l'installation des coopératives, les acteurs de terrain ont souligné que l'application de cette stratégie aurait un effet positif supplémentaire sur l'amélioration de l'accès au marché, ainsi qu'un impact positif sur l'eau, le sol, la rentabilité, la diversification des cultures, la création d'emploi et, enfin, sur la santé. Quant aux complexités qui l'affectent, les acteurs pensent que les complexités institutionnelles sont celles qui impactent le plus cette stratégie. De fait, les relations complexes entre les différentes communautés et identités contribuent à la complexité institutionnelle globale du pays (Lallier, 1999) à laquelle s'ajoute le consociationalisme, système politique libanais, qui forme une complexité institutionnelle épaisse (Fakhoury, 2023). Au vu des causes politiques et des complexités sociales et en raison du manque de confiance des agriculteurs surtout, les acteurs pensent qu'il sera quelque peu difficile de les convaincre à rejoindre des coopératives qui jusqu'à présent ne jouaient pas pleinement leur rôle. En outre, leur mise en place nécessite un gros investissement financier, même si on peut bénéficier de meilleures capacités techniques pour accomplir un travail plus performant.

Même si les effets positifs de l'installation de coopératives sont élevés, cela représente des défis difficiles à surmonter.

L'amélioration de l'irrigation :

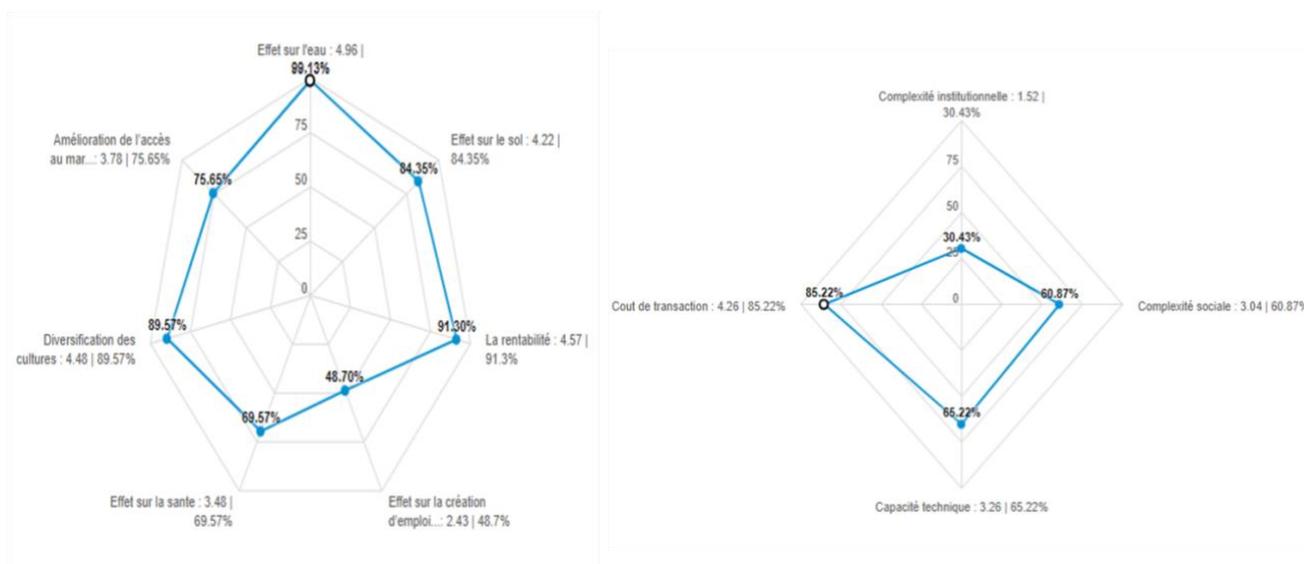


Figure 38: L'amélioration d'irrigation

En améliorant l'irrigation, un premier impact positif sera ressenti sur les ressources en eau et leur qualité. D'après les experts, cela peut contribuer à une augmentation des rendements agricoles, ce qui peut en parallèle accroître la rentabilité des exploitations agricoles. En effet, une irrigation efficace peut aider les agriculteurs à produire des cultures de meilleure qualité et en plus grande quantité, ce qui peut augmenter les revenus agricoles (AQUA4D, 2021). Une gestion appropriée de l'eau peut inciter les agriculteurs à élargir leurs gammes de cultures, ce qui, par ailleurs, renforce la résilience du secteur agricole. Les agriculteurs peuvent être encouragés à diversifier leurs cultures en utilisant des techniques de gestion de l'eau efficaces, telles que l'irrigation au goutte-à-goutte, qui permettent une utilisation plus rationnelle de l'eau. La diversification des cultures peut réduire les risques liés aux aléas climatiques, aux maladies et aux ravageurs, ainsi que maintenir la fertilité des sols. Les cultures diversifiées peuvent également offrir des avantages économiques en permettant aux agriculteurs de répondre à une demande variée de produits agricoles. (IAEA, 2018) (MOA, La gestion de l'eau et l'adaptation au changement climatique en agriculture, 2023). Hormis ces points positifs, cette stratégie doit faire face à des défis majeurs. Parmi eux, le coût représente un obstacle important, car la plupart des acteurs estiment que l'installation de nouveaux systèmes d'irrigation dépasse leur capacité financière dans le domaine agricole. De plus, la gestion technique de l'irrigation n'est pas une tâche simple et nécessite des connaissances approfondies pour une mise en œuvre efficace. Les agriculteurs doivent être conscients des différentes techniques d'irrigation disponibles et de leurs avantages et inconvénients. Les pratiques de gestion de l'irrigation peuvent varier en fonction des cultures, des sols et des conditions climatiques, et peuvent nécessiter des ajustements réguliers pour maintenir une utilisation efficace de l'eau. Les agriculteurs peuvent être aidés par des guides techniques et des programmes de formation pour améliorer leur compréhension de la gestion de l'irrigation (Boivin, 2018). En se basant sur ces complexités, les experts estiment qu'il sera difficile de convaincre les agriculteurs de changer leur méthode d'irrigation, ce qui justifie le pourcentage de l'acceptabilité sociale.

Utilisation de la fertilisation organique :

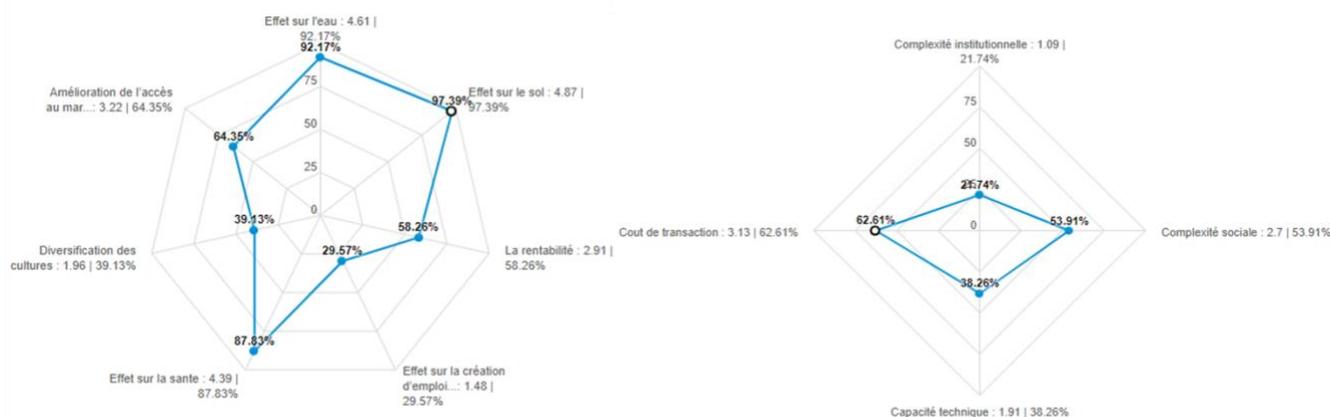


Figure 39: La fertilisation organique

Si l'on passe des fertilisants chimiques aux fertilisants organiques, cela améliore la fertilité du sol. En effet, l'incorporation de matières organiques dans un sol améliore nettement ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. La fertilisation organique contribue à maintenir et à améliorer la fertilité naturelle du sol à long terme en stimulant les fractions organiques et humiques du sol (bio-enligne, 2018). Elle réduit l'impact environnemental des pratiques

agricoles en diminuant les pertes de nutriments dans l'environnement et en améliorant la qualité de l'eau et des sols (CIRAD, 2021). Les avantages de l'utilisation de fertilisants organiques, tels que l'amélioration de la fertilité du sol et la réduction de l'impact environnemental, peuvent également contribuer à améliorer la santé humaine à long terme (DaIsdine, 2010) (Kouassi, 2019). La fertilisation organique accroît la rentabilité des exploitations agricoles par le biais de la réduction des coûts des engrais chimiques et d'autres intrants agricoles. En outre, la gestion de la fertilité des sols, l'introduction de cultures à valeur élevée et le contrôle approprié des ravageurs et des maladies sont nécessaires pour une augmentation substantielle de la production (FAO, Gestion de l'irrigation a petite échelle).

Ce qui empêche les agriculteurs de passer à la fertilisation organique à 100%, malgré tous ses effets positifs, demeure toujours en premier lieu le poids financier, notamment en raison de la valeur de la livre libanaise face au dollar et, en second lieu, la difficulté de convaincre les maraichers de passer aux produits organiques.

L'installation de panneaux solaires :

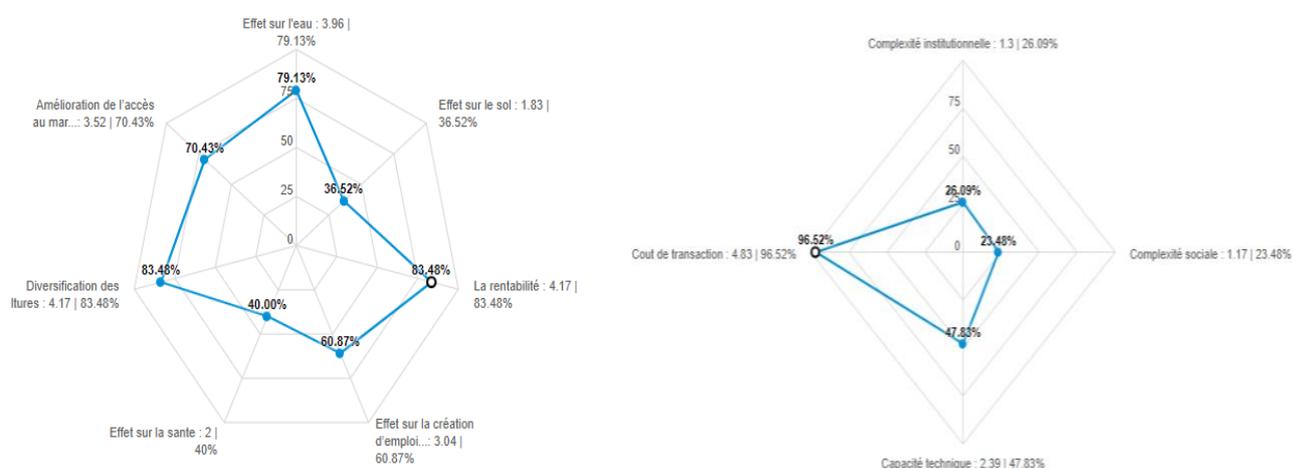


Figure 40: Les panneaux solaires

En 2021, au début de la crise économique au Liban et lors de nos premières rencontres avec les agriculteurs, beaucoup parmi eux se plaignaient de la situation. Ils se trouvaient dans l'incapacité d'obtenir du carburant pour l'électricité nécessaire à l'utilisation de leurs pompes d'irrigation. Un nombre considérable d'agriculteurs a abandonné le secteur agricole du fait du manque de moyens d'irrigation. Leur demande principale était donc d'obtenir des panneaux solaires. Leur utilisation dans les champs peut avoir un effet positif sur la diversité agricole en offrant une protection contre les conditions climatiques extrêmes, en utilisant efficacement l'espace disponible, en réduisant l'impact environnemental et en modifiant les propriétés du sol (Godement, 2023) (Faucon, 2023). L'augmentation de la diversité agricole sera suivie ultérieurement par une augmentation à la fois de la rentabilité et de la demande car elle offre une plus grande variété de produits aux consommateurs. Ceux qui cultivent une grande variété de cultures peuvent également être mieux préparés à répondre à une demande diverse de produits agricoles ce qui leur permettrait d'accéder à de nouveaux marchés. Tous les agriculteurs accueillent favorablement l'installation de panneaux solaires, car cela comporte de nombreux avantages économiques, ne nécessite pas de compétences techniques particulières ni

de complexités institutionnelles. De plus, il s'agit d'une source d'énergie renouvelable qui n'a pas d'impact sur l'environnement, ce qui lui vaut également un avis favorable de la part des experts. Le seul enjeu pour cette stratégie est le prix ; le coût initial peut être élevé, ce qui peut rendre l'investissement difficile. De plus, les frais inhérents à leur maintenance et entretien peuvent représenter un facteur supplémentaire qui peut rendre leur installation coûteuse.

3. La variation dans le temps des capitaux principaux face à l'application de stratégies d'adaptation

Les résultats du dernier entretien « Enquêtes sur l'évolution des systèmes agronomiques en fonction des capitaux » vont être étudiés au vu de la présentation de tableaux qui reflètent les avis de 23 acteurs de terrain, assumant que les huit stratégies sont bien appliquées sur le terrain.

23 acteurs ont répondu à la question : « D'après vous, quel sera l'impact des stratégies d'adaptation sur les capitaux dans 20 ans ? » « Prévoyez-vous une augmentation, une diminution ou une stabilité ? » « Veuillez indiquer le pourcentage d'augmentation ou de diminution attendu. Si vous pensez que ces capitaux resteront les mêmes, veuillez attribuer la valeur 0 ». Les réponses apparaissent sous forme de tableaux pour chaque capital, avec le nombre des personnes qui ont attribué une valeur précise. La couleur bleu clair renvoie au minimum de personnes et la valeur bleu foncé au maximum (figure 41).



Figure 41: Indices du nombre de personnes qui ont attribué un pourcentage à l'évolution des capitaux face aux stratégies

Si l'on commence par le capital humain, les acteurs de terrain estiment que le pourcentage de personnes qui vont s'engager dans le domaine de l'agronomie par la voie scientifique va augmenter et 10 sur 23 anticipent une augmentation de 75 %.

Tableau 19: Évolution du capital humain dans le temps

Capital humain	- 100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
Éducation et formation dans le domaine de l'agronomie	0	0	0	0	1	3	9	10	0	23
	0%	0%	0%	0%	4,35%	13,04%	39,13%	43,48%	0%	100%

Le capital naturel est constitué de plusieurs éléments dont les terres agricoles .8/23 acteurs envisagent une augmentation de 25%, les autres estiment que les surfaces agricoles vont diminuer de 50 à 25 % ou qu'elles resteront telles quelles. En ce qui concerne les ressources hydriques, deuxième élément du capital naturel, la majorité des acteurs pense qu'elles vont diminuer y compris avec la mise en place de stratégies à hauteur de 25% et seules 2 personnes affirment qu'elles vont augmenter.

Tableau 20: Évolution des capitaux naturels dans le temps

Capital naturel	- 100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
Terres agricoles	0	0	3	3	4	8	2	3	0	23

	0%	0%	13%	13,04%	17,39%	34,78%	8,70%	13,04%	0%	100%
--	----	----	-----	--------	--------	--------	-------	--------	----	------

Capital naturel	- 100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
	0	0	8	12	1	1	0	1	0	23
Sources hydriques	0%	0%	34,78%	52,17%	4,35%	4,35%	0%	4,35%	0%	100 %

Capital naturel	- 100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
	0	0	7	7	4	3	1	1	0	23
Qualité des sols	0%	0%	30,43%	30,43%	17,39%	13,04%	4,35%	4,35%	0%	100 %

La situation est similaire pour la qualité des sols, le tableau montre une diminution en moyenne de 37.5% de la qualité des sols d'ici 20 ans.

Le capital physique comprend les équipements utilisés en agriculture, tels que les machines agricoles, l'installation de serres et celle de nouveaux systèmes d'irrigation. Il devrait augmenter de 25% d'après les acteurs de terrain pour les deux premières catégories et de 50% pour la dernière.

Tableau 21: Évolution des capitaux physiques dans le temps

Capital physique	- 100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
	0	1	0	0	2	11	8	1	0	23
Machines agricoles	0,00 %	4,35 %	0,00 %	0,00 %	8,70 %	47,83 %	34,78 %	4,35 %	0,00 %	100,00 %

Capital physique	-100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
	0	0	1	1	1	13	6	1	0	23
Installation de serres	0%	0%	4,35%	4,35%	4,35%	56,52%	26,09%	4,35%	0%	100%

Capital physique	- 100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
	0	0	0	0	2	4	11	6	0	23
Installation des systèmes d'irrigation	0%	0%	0%	0%	8,70%	17,39 %	47,83%	26,09 %	0%	100%

Le quatrième type de capitaux, à savoir le capital financier, recouvre les ressources financières nécessaires à l'investissement, 95,65% des acteurs envisagent une augmentation de l'achat d'équipements, alors que les investissements dans la recherche et l'accès aux crédits pour le développement agricole resteront stables ou tendront vers une augmentation de 25% pour 5 acteurs sur 8.

Tableau 22: Évolution des capitaux financiers dans le temps

Capital financier	- 100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
	0	1	0	0	0	8	10	4	0	23
Achat d'équipements	0%	4,35%	0%	0%	0%	34,78%	43,48 %	17,39%	0%	100,00%

Capital financier	- 100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
	1	0	0	2	12	5	1	2	0	23
Investissements dans la recherche et le développement agricole	4,35%	0%	0%	8,70%	52,17%	21,74%	4,35%	8,70%	0%	100%

Capital financier	- 100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
Accès aux crédits pour le développement agricole	0	1	0	1	10	8	2	1	0	23
	0%	4,35%	0%	4,35%	43,48%	34,78%	8,70%	4,35%	0%	0%

Enfin, pour ce qui concerne le capital social, à savoir les relations, les réseaux et les interactions sociales entre agriculteurs, chercheurs, organisations agricoles, gouvernements et communautés rurales, on peut dire qu'il favorise la coopération, le partage des connaissances et les échanges d'expériences pour améliorer les pratiques agricoles.

Tableau 23: Évolution du capital social dans le temps

Capital social	- 100	- 75	- 50	- 25	0	25	50	75	100	Total
	0	0	1	2	7	10	2	1	0	23
Capital social	0%	0%	4,35%	8,70%	30,43%	43,48%	8,70%	4,35%	0%	100%

Ce capital, lorsque les stratégies impliquent beaucoup d'acteurs (13 combinés), est perçu en augmentation et 10 parmi eux envisagent un pourcentage de 25% d'augmentation.

DISCUSSION

Notre discussion est basée sur nos observations, lors des entretiens, les avis des acteurs de terrain et les résultats obtenus après l'analyse des données collectées.

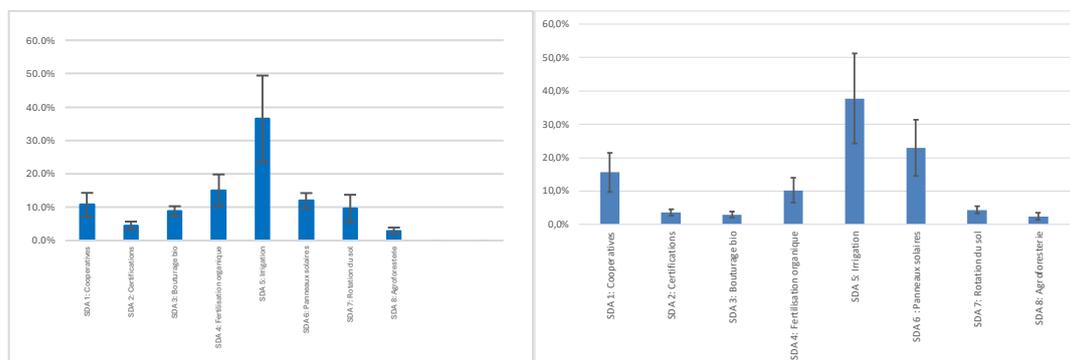


Figure 42: Système oliviers – blé et système maraîcher

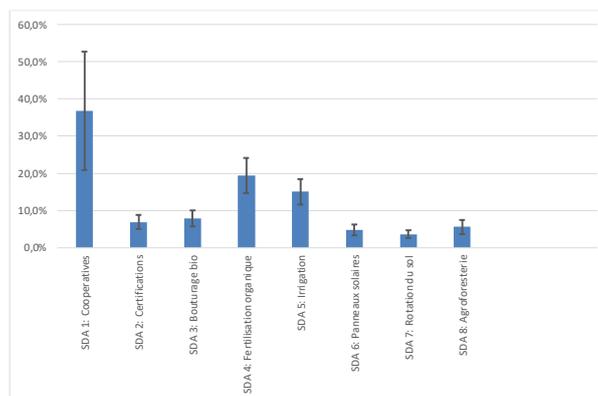


Figure 43: Système arboricole

Les diagrammes présentent les pourcentages et les écarts-types des stratégies d'adaptation pour les 3 systèmes dominants (Figures 42 et 43), plus l'écart-type est faible, plus les valeurs sont regroupées autour de la moyenne. Au vu de ces résultats, on note que les valeurs se situent dans les bonnes marges et que la présence des écarts-types tient à la présence de deux catégories d'acteurs, à savoir experts et agriculteurs.

Les problèmes de ces derniers ont évolué dans le temps, notamment au cours des deux dernières années (première réalisation de nos enquêtes). En 2021, au début de la crise, les agriculteurs rencontraient de nombreux problèmes liés aux moyens d'irrigation, en raison de leur forte dépendance à l'électricité et au manque de carburants, ce qui a généré des coûts élevés pour l'irrigation. Cependant, en 2023, et selon les experts, un nombre remarquable d'agriculteurs-maraichers a installé des panneaux solaires. Malgré cela, les agriculteurs, cultivant surtout du maraichage, des oliviers et des céréales, veulent toujours plus de panneaux solaires sans prendre en considération le gaspillage de l'eau détecté et signalé par les experts. En effet, les agriculteurs disposent désormais de la capacité d'irriguer en continu, sans tenir compte du temps, de la quantité d'eau nécessaire ou même des besoins réels de leurs cultures. Cette pratique entraîne une augmentation du risque de maladies des cultures et l'utilisation excessive de pesticides. Pour cela, les experts ont proposé l'installation de panneaux solaires collectifs pour les agriculteurs et la surveillance de l'irrigation par le biais des coopératives.

Le pourcentage élevé du choix des coopératives dans les 3 systèmes tient à la perception des experts qui ont relié les responsabilités des coopératives ayant de bonnes pratiques à toutes les stratégies. Par ailleurs, une coopérative à laquelle on fait confiance sera mieux à même de gérer l'irrigation, de mettre en place de bonnes pratiques telles que la distribution de fertilisants organiques et de bouturages bio, la mise en place de panneaux solaires collectifs. Elle pourrait aussi garantir une certification qualité par le biais de labels, notamment pour l'oléiculture, et encourager les agriculteurs à utiliser des techniques utiles en leur distribuant de nouvelles semences afin d'appliquer la rotation ou cultiver sous les arbres. Les agriculteurs, par contre, ne partagent pas ce point de vue car ils ne font pas confiance aux coopératives ; pour eux, il est impossible de réaliser toutes ces tâches.

On détecte bien ici que le choix des acteurs de terrain se concentre sur 4 stratégies essentielles pour eux, à savoir « l'amélioration de l'irrigation, l'installation de panneaux solaires, les coopératives et la fertilisation organique », alors que les autres stratégies obtiennent des % non remarquables car, selon les acteurs, les stratégies proposées semblent excellentes d'un point de vue théorique.

En outre, selon l'un des experts, il est recommandé de prendre en compte les avis des experts, des agriculteurs et des coopératives pour sensibiliser à la production animale, en particulier le pâturage. Selon lui, la région d'Hermel offre un environnement favorable et, avec l'augmentation des taxes douanières sur les importations de fromage, la demande sur les productions locales augmentera créant ainsi une opportunité pour la production animale (lait et viande). Le trèfle pourrait être une option alimentaire pour le bétail.

La différence de point de vue entre les experts et les agriculteurs explique les écarts-types.

Voyons maintenant la relation entre les effets positifs des stratégies d'adaptation et les défis qui s'imposent à leurs applications. Pour toutes, les aspects positifs sont majoritaires, mais les obstacles sont aussi à prendre en compte. En effet, la complexité sociale renvoie à l'acceptabilité des agriculteurs d'un concept de stratégie précise et on note que le pourcentage lié à son application sur les exploitations est toujours élevé, sauf pour l'installation des panneaux solaires. En raison du manque de confiance vis-à-vis des responsables qui se trouvent dans la région et de l'absence de l'État, les agriculteurs sont habitués à leurs propres pratiques et il est difficile de les faire changer. Hormis leur mentalité, les agriculteurs souffrent de problèmes financiers et de nouveaux investissements sont hors de leur capacité.

La problématique majeure réside dans le fait que la mise en œuvre des stratégies ne conduit pas à des résultats rapides. Cela prend beaucoup de temps d'obtenir une production saine et d'accroître ses revenus, comme c'est le cas avec les bouturages bio, l'agroforesterie, les certifications et la rotation des cultures. Tout cela requiert une grande persévérance et de la patience.

CHAPITRE 5 : DISCUSSION GENERALE ET PERPESCTIVES

Dans ce dernier chapitre, nous revenons dans un premier temps sur les principaux résultats obtenus dans le cadre de cette thèse. Dans un deuxième temps, nous discuterons la démarche méthodologique mise en œuvre dans ce travail. Enfin, nous finirons ce chapitre en explorant les perspectives relatives à cette thèse.

1. Retour sur principaux résultats

1.1 Par rapport à la typologie des exploitations agricoles

Cette thèse avait pour objectifs de caractériser la performance actuelle des systèmes agricoles dans la région de Bekaa au Liban, d'analyser leur résilience et enfin de proposer et d'évaluer la faisabilité de plusieurs stratégies d'adaptation. Trois principaux enseignements :

Des systèmes agricoles très diversifié

En regardant le peu de statistiques disponibles et en discutons avec les acteurs de terrain, il ressort que les systèmes agricoles au Liban sont de nature très diversifiée. Cette diversité est dictée par des écosystèmes assez variables, des trajectoires de production différents et un accès aux ressources assez contrastées. A ces critères, se rajoute le mode d'organisation auquel appartient (ou pas) les agriculteurs au niveau de la Bekaa. Certains agriculteurs ont fait le choix d'adhérer à des coopératives (souvent spécialisées dans la commercialisation des produits agricoles et très rarement sur la vulgarisation et l'appui technique) et d'autres, par manque de confiance, préfèrent opérer d'une façon individuelle. En examinant de près ces systèmes, il ressort en réalité des systèmes « assez évidents » dans leur organisation, fonctionnement et performance. En réalité, les systèmes agricoles libanais sont dans leurs logiques de fonctionnement et de production assez similaires à d'autres systèmes observés au niveau de la zone aride de la méditerranée. Cette similitude peu évidente au départ, nous amènent globalement à trois systèmes que le Liban partage avec la plupart des plaines agricoles en méditerranée de sud.

- Les systèmes céréaliers dominés par le blé tendre souvent cultivés en sec avec des productions souvent faibles et variables et qui sont très tributaires des conditions climatiques. Ces systèmes selon leur emplacement en plaine ou en zone montagnaise peuvent être plus ou moins intensifs selon l'objectif de la production. Les systèmes céréaliers ont un rendement assez élevé (autours de 3 t/ha) dans la Bekaa s'ils sont cultivés comme principale culture. Ce rendement chute en moyenne à 1 t/ha s'ils sont cultivés principalement pour l'autoconsommation (notamment pour les ménages pluriactifs) ou pour des raisons de rotations comme pour les exploitations dominées par le maraîchage. Ces exploitations identifiées comme vulnérables au climat et au marché. Cette vulnérabilité (ou risque de non-résilience) tient au fait que ces cultures sont assez tributaires du climat caractérisé par des pluies de plus en plus aléatoire. A cela se rajoute des printemps marqués par des stress thermiques aigus et plus fréquents. Ces exploitations possèdent par ailleurs un facteur de stabilité important. Les productions de blé sont depuis toujours (ceci est le cas aussi pour l'ensemble des pays de la méditerranée du Sud) achetées par l'État avec un prix garanti (Boutros, 2023). Ce prix qui augmente peu depuis plusieurs année (et donc ne suit pas forcément l'inflation des prix d'intrants) reste une garanti pour un revenu stable aux agriculteurs.

Ces systèmes céréaliers à base de blé peuvent se cultiver également en association avec des oliviers. La production d'olive est une aubaine pour les agriculteurs car elle permet d'augmenter le revenu des agriculteurs mais également sa résilience (comme expliquer au niveau du chapitre 3). Cependant, deux principaux freins : i) la taille très petite pour la plupart des exploitations agricoles au Liban (soit en moyenne 1.7 ha) rend cette association difficile, et ii) le besoin de main d'œuvre supplémentaire pour ce type d'association. Au Liban, la plupart des agriculteurs possédant ce type d'association sont pluriactifs et donc peu disponibles. Dans ce cas, ces agriculteurs ont recours à la main d'œuvre extérieure qui est souvent de nationalité syrienne (réfugiés installés au Liban depuis le début de la guerre syrienne). Là aussi, cette main d'œuvre constitue une source de vulnérabilité importante. Cette main d'œuvre qui était initialement peu onéreuse est devenue progressivement assez chère avec la crise financière qui vit le Liban, et l'abaissement du niveau de vie au Liban. A cela s'ajoute un retour progressif des réfugiés en Syrie avec la fin de la guerre et le déclenchement de la guère libano israélienne.

Ce type d'exploitation opère souvent sans aucune organisation particulière, ni pour accéder aux ressources (comme par exemple les machines) ni pour la valorisation de la production. Les coopératives s'intéressent peu à ce type d'agriculteurs à cause de leur faible niveau de production, et le faible niveau de valeur ajoutée pour ce type de production.

- Des systèmes agricoles extensifs à base d'arboricultures diversifiés type : abricotier, cerisier, amandier, figuier, etc. Ces systèmes qui sont assez présents au Liban, sont peu productifs. Ces exploitations sont historiquement plus fréquentes au Liban (Sanlaville, 1963) que dans d'autres zones du pourtour méditerranéen du Sud. Trois principales raisons qui expliquent la présence de ce type d'exploitations : i) la présence de plusieurs zones montagneuses (ou de reliefs) caractérisées par des sols pauvres, et une pluviométrie importante (supérieure à 600 mm). Ce type d'écosystème est peu adaptés aux cultures annuelles céréalières ou maraichères, ii) la pluriactivité des agriculteurs qui les poussent à mobiliser des cultures relativement moins exigeantes en intrants et en main d'œuvre. Il s'agit souvent d'exploitations de petites surface reçues en héritage, et donc souvent sans aucune ambition pour l'intensifier ou la convertir en d'autres cultures, et iii) les agriculteurs cultivent ces exploitations par tradition pour avoir des produits de très bonne qualité, mais également par attachement à la terre. Ces exploitations peu productives, sont forcément résilientes aux aléas climatiques et à l'incertitude de marché. Mais peut-on parler de résilience quand la production est faible ? C'est la vraie question qui se pose aujourd'hui. Faut-il regrouper ces terres ou les agrandir par terrassement en gagnant sur les terres marginales qui entourent ces exploitations comme le souhaite le ministère de l'agriculture ? L'État pose cette question car cela pourrait constituer une source de diversification des ressources pour les ménages agricoles pauvres. De mon point de vue, cela reste très complexe et utopique car i) les agriculteurs sont principalement pluriactifs avec des capacités d'investissement faibles, ii) l'État n'aura jamais les moyens pour intervenir à très grandes échelles et puis ses priorités sont ailleurs (comme par exemple augmenter l'efficacité des systèmes existants), et iii) regrouper les agriculteurs par logique de production ou de type d'intervention suppose de structures de coordination assez organisées et autonomes de point de vue humaine et financière. Ce type de structure est complètement absent aujourd'hui au Liban. Il me semble que l'urgence est surtout de réfléchir à l'avenir de ce type d'exploitation car la production de ces arbres est de plus en plus faible à cause de leur vieillissement. Dans ce cadre le coût de l'arrachage peut être un frein pour le maintien de ce type d'activité. Cette question est d'autant plus importante que ces agriculteurs ne sont pas affiliés à des coopératives. Ceci

est d'autant plus étonnant que les produits issus de ce type d'exploitation (cerises, pommes, etc.) possèdent une image très positive auprès des consommateurs libanais et même internationaux. Cette image s'explique par le faible niveau d'intrants chimiques appliqué à ce type de culture, par les saveurs de ces produits, mais surtout par ce que ces cultures représentent en lien avec les terroirs libanais dont leur diversité en termes d'écosystèmes mais également culturelle.

Le troisième type est les systèmes intensifs à base de cultures maraichères (et/ou d'arboricultures fruitières quand nous regardons au niveau de la méditerranée du sud (Guiot, 2022)). Ces systèmes sont fréquents notamment dans les plaines de Bekaa (également dans la plupart des plaines irriguées en méditerranée de sud). Ce type d'exploitation existe aussi au niveau des zones montagneuses mais souvent sur des petites surfaces. Ce type d'exploitation est extrêmement rentable et plébiscité à la fois par les agriculteurs et les pouvoirs publics. Les deux cultures phares de ce type d'exploitation sont la pomme de terre et l'aubergine. Pour l'arboriculture c'est le pommier qui est largement cultivé. Ces systèmes sont importants car ils procurent souvent un revenu élevé aux agriculteurs, mais également ils ont une forte valeur ajoutée pour l'exportation (notamment pour les pommes (M.O.A, 2020) ; (Montigaud, 2004)). Cependant, ces cultures sont également décriées par plusieurs observateurs car elles mobilisent beaucoup de ressources hydriques et elles provoquent beaucoup de pollution en lien avec la fertilisation minérale et l'utilisation des produits phytosanitaires.

Ces exploitations sont aujourd'hui également décrites comme très peu résilientes. Au Liban cela se justifie par une pluviométrie moins abondante due au changement climatique, mais également à une inflation des prix des intrants très importante. Le Liban importe la totalité de ses besoins en intrants, ce qui augmente d'une façon significative les coûts de production.

Dans ce contexte, un vrai débat s'installe autour de ce type d'exploitation. Jusqu'où faut-il les encourager ? Dans ce cadre les politiques publiques ont un rôle important à jouer. Les pouvoirs publics cherchent et depuis longtemps à atteindre une certaine souveraineté pour la production du blé tendre au Liban (cette problématique est également valable pour l'ensemble des pays de la méditerranée du sud). L'expérience a montré que la création de périmètres irrigués par l'État pour promouvoir (entre autres) le blé tendre a entraîné d'une façon quasi automatique la disparition progressive de cette culture. Le blé est souvent remplacé par du maraichage ou de l'arboriculture. Cette stratégie a entraîné une baisse dans la production du blé tendre au Liban (et donc moins de souveraineté) et une augmentation exacerbée de l'utilisation des intrants et de l'eau. Dans cette situation, la solution serait peut-être de réinstaurer des aides à la production pour le blé tendre comme cela existait auparavant. Cette aide peut être prise sur le volume de devise consacrée chaque année pour l'importation du blé tendre. Dans ce cadre des simulations par modélisation économique peuvent être intéressantes à mobiliser pour estimer le niveau de subventions en fonction de la structure des exploitations agricoles et les attentes en termes de production.

Nous sommes conscients que réduire la diversité des exploitations agricoles/ménages au Liban à uniquement à trois systèmes peut apparaître comme excessif. La réalité est que nous sommes partis de 9 systèmes différents. Nous avons décidé après plusieurs discussions de garder que trois ; plusieurs raisons :

En regardant le peu de statistiques disponibles et en discutons avec les acteurs de terrain, il ressort que les systèmes agricoles au Liban sont de nature très diversifiée. Cette diversité est dictée par des écosystèmes assez variables, des trajectoires de production différents et un accès aux ressources assez contrastées. A ces critères, se rajoute le mode d'organisation auquel appartient (ou pas) les agriculteurs au niveau de la Bekaa. Certains agriculteurs ont fait le choix d'adhérer à des coopératives (souvent spécialisées dans la commercialisation des produits agricoles et très rarement sur la vulgarisation et l'appui technique) et d'autres, par manque de confiance, préfèrent opérer d'une façon individuelle. En examinant de près ces systèmes, il ressort en réalité des systèmes « assez évidents » dans leur organisation, fonctionnement et performance. En réalité, les systèmes agricoles libanais sont dans leurs logiques de fonctionnement et de production assez similaires à d'autres systèmes observés au niveau de la zone aride de la méditerranée. Cette similitude peu évidente au départ, nous amènent globalement à trois systèmes que le Liban partage avec la plupart des plaines agricoles en méditerranée de sud.

- Les systèmes céréaliers dominés par le blé tendre souvent cultivés en sec avec des productions souvent faibles et variables et qui sont très tributaires des conditions climatiques. Ces systèmes selon leur emplacement en plaine ou en zone montagnaise peuvent être plus ou moins intensifs selon l'objectif de la production. Les systèmes céréaliers ont un rendement assez élevé (autours de 3 t/ha) dans la Bekaa s'ils sont cultivés comme principale culture. Ce rendement chute en moyenne à 1 t/ha s'ils sont cultivés principalement pour l'autoconsommation (notamment pour les ménages pluriactifs) ou pour des raisons de rotations comme pour les exploitations dominées par le maraîchage. Ces exploitations identifiées comme vulnérables au climat et au marché. Cette vulnérabilité (ou risque de non-résilience) tient au fait que ces cultures sont assez tributaires du climat caractérisé par des pluies de plus en plus aléatoire. A cela se rajoute des printemps marqués par des stress thermiques aigus et plus fréquents. Ces exploitations possèdent par ailleurs un facteur de stabilité important. Les productions de blé sont depuis toujours (ceci est le cas aussi pour l'ensemble des pays de la méditerranée du Sud) achetées par l'État avec un prix garanti (Boutros, 2023). Ce prix qui augmente peu depuis plusieurs années (et donc ne suit pas forcément l'inflation des prix d'intrants) reste une garanti pour un revenu stable aux agriculteurs.

Ces systèmes céréaliers à base de blé peuvent se cultiver également en association avec des oliviers. La production d'olive est une aubaine pour les agriculteurs car elle permet d'augmenter le revenu des agriculteurs mais également sa résilience (comme expliquer au niveau du chapitre 3). Cependant, deux principaux freins : i) la taille très petite pour la plupart des exploitations agricoles au Liban (soit en moyenne 1.7 ha) rend cette association difficile, et ii) le besoin de main d'œuvre supplémentaire pour ce type d'association. Au Liban, la plupart des agriculteurs possédant ce type d'association sont pluriactifs et donc peu disponibles. Dans ce cas, ces agriculteurs ont recours à la main d'œuvre extérieure qui est souvent de nationalité syrienne (réfugiés installés au Liban depuis le début de la guerre syrienne). Là aussi, cette main d'œuvre constitue une source de vulnérabilité importante. Cette main d'œuvre qui était initialement peu onéreuse est devenue progressivement assez chère avec la crise financière qui vit le Liban, et l'abaissement du niveau de vie au Liban. A cela s'ajoute un retour progressif des réfugiés en Syrie avec la fin de la guerre et le déclenchement de la guerre libano israélienne.

Ce type d'exploitation opère souvent sans aucune organisation particulière, ni pour accéder aux ressources (comme par exemple les machines) ni pour la valorisation de la production. Les coopératives s'intéressent peu à ce type d'agriculteurs à cause de leur faible niveau de production, et le faible niveau de valeur ajoutée pour ce type de production.

- Des systèmes agricoles extensifs à base d'arboricultures diversifiés type : abricotier, cerisier, amandier, figuier, etc. Ces systèmes qui sont assez présents au Liban, sont peu productifs. Ces exploitations sont historiquement plus fréquentes au Liban (Sanlaville, 1963) que dans d'autres zones du pourtour méditerranéen du Sud. Trois principales raisons qui expliquent la présence de ce type d'exploitations : i) la présence de plusieurs zones montagneuses (ou de reliefs) caractérisées par des sols pauvres, et une pluviométrie importante (supérieure à 600 mm). Ce type d'écosystème est peu adaptés aux cultures annuelles céréalières ou maraichères, ii) la pluriactivité des agriculteurs qui les poussent à mobiliser des cultures relativement moins exigeantes en intrants et en main d'œuvre. Il s'agit souvent d'exploitations de petites surface reçues en héritage, et donc souvent sans aucune ambition pour l'intensifier ou la convertir en d'autres cultures, et iii) les agriculteurs cultivent ces exploitations par tradition pour avoir des produits de très bonne qualité, mais également par attachement à la terre. Ces exploitations peu productives, sont forcément résilientes aux aléas climatiques et à l'incertitude de marché. Mais peut-on parler de résilience quand la production est faible ? C'est la vraie question qui se pose aujourd'hui. Faut-il regrouper ces terres ou les agrandir par terrassement en gagnant sur les terres marginales qui entourent ces exploitations comme le souhaite le ministère de l'agriculture ? L'État pose cette question car cela pourrait constituer une source de diversification des ressources pour les ménages agricoles pauvres. De mon point de vue, cela reste très complexe et utopique car i) les agriculteurs sont principalement pluriactifs avec des capacités d'investissement faibles, ii) l'État n'aura jamais les moyens pour intervenir à très grandes échelles et puis ses priorités sont ailleurs (comme par exemple augmenter l'efficacité des systèmes existants), et iii) regrouper les agriculteurs par logique de production ou de type d'intervention suppose de structures de coordination assez organisées et autonomes de point de vue humaine et financière. Ce type de structure est complètement absent aujourd'hui au Liban. Il me semble que l'urgence est surtout de réfléchir à l'avenir de ce type d'exploitation car la production de ces arbres est de plus en plus faible à cause de leur vieillissement. Dans ce cadre le coût de l'arrachage peut être un frein pour le maintien de ce type d'activité. Cette question est d'autant plus importante que ces agriculteurs ne sont pas affiliés à des coopératives. Ceci est d'autant plus étonnant que les produits issus de ce type d'exploitation (cerises, pommes, etc.) possèdent une image très positive auprès des consommateurs libanais et même internationaux. Cette image s'explique par le faible niveau d'intrants chimiques appliqué à ce type de culture, par les saveurs de ces produits, mais surtout par ce que ces cultures représentent en lien avec les terroirs libanais dont leur diversité en termes d'écosystèmes mais également culturelle.

Le troisième type est les systèmes intensifs à base de cultures maraichères (et/ou d'arboricultures fruitières quand nous regardons au niveau de la méditerranée du sud (Guiot, 2022)). Ces systèmes sont fréquents notamment dans les plaines de Bekaa (également dans la plupart des plaines irriguées en méditerranée de sud). Ce type d'exploitation existe aussi au niveau des zones montagneuses mais souvent sur des petites surfaces. Ce type d'exploitation est extrêmement rentable et plébiscité à la fois par les agriculteurs et les pouvoirs publics. Les

deux cultures phares de ce type d'exploitation sont la pomme de terre et l'aubergine. Pour l'arboriculture c'est le pommier qui est largement cultivé. Ces systèmes sont importants car ils procurent souvent un revenu élevé aux agriculteurs, mais également ils ont une forte valeur ajoutée pour l'exportation (notamment pour les pommes (M.O.A, 2020) ; (Montigaud, 2004)). Cependant, ces cultures sont également décriées par plusieurs observateurs car elles mobilisent beaucoup de ressources hydriques et elles provoquent beaucoup de pollution en lien avec la fertilisation minérale et l'utilisation des produits phytosanitaires.

Ces exploitations sont aujourd'hui également décrites comme très peu résilientes. Au Liban cela se justifie par une pluviométrie moins abondante due au changement climatique, mais également à une inflation des prix des intrants très importante. Le Liban importe la totalité de ses besoins en intrants, ce qui augmente d'une façon significative les coûts de production.

Dans ce contexte, un vrai débat s'installe autour de ce type d'exploitation. Jusqu'où faut-il les encourager ? Dans ce cadre les politiques publiques ont un rôle important à jouer. Les pouvoirs publics cherchent et depuis longtemps à atteindre une certaine souveraineté pour la production du blé tendre au Liban (cette problématique est également valable pour l'ensemble des pays de la méditerranée du sud). L'expérience a montré que la création de périmètres irrigués par l'État pour promouvoir (entre autres) le blé tendre a entraîné d'une façon quasi automatique la disparition progressive de cette culture. Le blé est souvent remplacé par du maraichage ou de l'arboriculture. Cette stratégie a entraîné une baisse dans la production du blé tendre au Liban (et donc moins de souveraineté) et une augmentation exacerbée de l'utilisation des intrants et de l'eau. Dans cette situation, la solution serait peut-être de réinstaurer des aides à la production pour le blé tendre comme cela existait auparavant. Cette aide peut être prise sur le volume de devise consacrée chaque année pour l'importation du blé tendre. Dans ce cadre des simulations par modélisation économique peuvent être intéressantes à mobiliser pour estimer le niveau de subventions en fonction de la structure des exploitations agricoles et les attentes en termes de production.

Nous sommes conscients que réduire la diversité des exploitations agricoles/ménages au Liban à uniquement à trois systèmes peut apparaître comme excessif. La réalité est que nous sommes partis de 9 systèmes différents. Nous avons décidé après plusieurs discussions de garder que trois ; plusieurs raisons :

- i. Les trois systèmes retenus sont très contrastés dans leur structure, fonctionnement et impacts. Les autres systèmes sont pour la plupart une déclinaison plus ou moins différentes de l'un de ces systèmes sans une vraie différence en termes de structure ou de fonctionnement ou encore d'impacts.
- ii. Nous avons souhaité avoir des conclusions claires pour des stratégies d'adaptation les plus ciblées possibles. Cela ne peut se faire que lorsque le nombre de systèmes à analyser est limité.
- iii. L'ensemble de notre travail se base au niveau de plusieurs étapes sur l'avis des acteurs locaux engagés dans le projet. C'est pour cette raison, nous avons opté pour un nombre limité de systèmes à analyser quitte à ce que cela peut apparaître caricatural.

1.2 Des stratégies d'adaptation difficiles à mettre en œuvre.

Nous avons proposé plusieurs stratégies d'adaptation aux différents acteurs afin de voir leurs préférences et les impacts possibles de ces stratégies. Deux leviers reviennent en permanence : mobiliser plus de ressources hydriques et être associé aux coopératives. En soit, ce choix n'est pas très étonnant. L'eau est vue par tout le monde comme le facteur essentiel pour intensifier les systèmes et mieux répondre aux enjeux climatiques. Ce choix apparaît très logique pour les acteurs car (en tout cas c'est la perception de l'ensemble des acteurs) les pluies sont abondantes au Liban. Ce constat est à nuancer de mon point de vue. Les cultures intensives sont principalement sur la plaine de la Bekaa. Plusieurs écosystèmes sont présents. Un des plus importants est celui de la région de Hermel. La pluviométrie moyenne sur cette zone est de 250mm/an. Donc, les cultures maraîchères ne peuvent être cultivées sans être abondamment irriguées notamment aux printemps et en été. L'irrigation est assurée principalement à partir des puits en puisant l'eau des nappes dont le renouvellement est très long. A cela s'ajoute des systèmes d'irrigation peu efficaces. Les canaux principaux qui acheminent l'eau aux exploitations sont souvent à ciel ouvert et peu entretenus (la plupart d'entre eux datent de l'occupation française). Les agriculteurs mobilisent pour irriguer leur culture essentiellement de la submersion également peu efficace. Pour remédier à cela, l'État libanais s'est lancé dans la construction de plusieurs petits lacs collinaires (plus de 150 lacs en 10 ans). Si ce type d'investissement pour capter l'eau issue de la pluie ou de la fonte des neiges était intéressant pour augmenter la disponibilité de l'eau aux agriculteurs, peu de travail a été fait pour accompagner les agriculteurs dans la gestion efficace de cette eau. L'autre point faible de cette stratégie est l'incapacité de l'État d'activer pour des raisons politiques le statut d'association d'irrigants. Cela oblige les municipalités où les lacs sont installés d'assurer la maintenance de ces lacs. Les municipalités concernées nomment souvent une personne pour assurer le partage d'eau entre les agriculteurs, mais souvent sans concertation avec les bénéficiaires et des risques importants de corruption de la personne en charge de ce travail. Cette situation rend certains lacs non exploitables car ils sont très peu entretenus à cause de l'absence des moyens financiers des municipalités (surtout avec la crise financière qui vie le Liban). Lorsque les lacs sont entretenus, très vite les problèmes de partages d'eau entre les agriculteurs apparaissent augmentant ainsi les risques de conflits. Cette situation oblige certaines municipalités à bloquer l'exploitations de ces lacs afin d'éviter tout conflit social. L'autre solution proposée par les acteurs locaux est la mise en place de coopératives pour faciliter l'accès aux marchés des agriculteurs. Le Liban a vu la prolifération et le développement de plusieurs centaines de coopératives durant les vingt dernières années. Sur le papier cela doit être largement suffisant pour couvrir les besoins en coopératives pour le Liban. La réalité est tout autre. Plusieurs coopératives ont été montées uniquement pour pouvoir récupérer des financements publics ou privés. Les financements privés ont dans certains cas renforcé le communautarisme au Liban car ils ciblent d'une façon directe ou indirecte certaines communautés pour des objectifs politiques. Ces coopératives disparaissent dès que les financements ne sont plus disponibles. Cette situation a exacerbé la plupart des agriculteurs qui n'ont plus confiance dans ce type d'action collective.

2. Retour sur la méthode de travail

Cette thèse a été construite autour de 2 principales idées : caractériser et comprendre le fonctionnement et les prises de décision des exploitations agricoles au niveau de la Bekaa. La deuxième idée est de proposer et tester la faisabilité de certaines stratégies d'adaptation (leviers) permettant d'améliorer la performance des systèmes actuels. Pour faire plusieurs défis méthodologiques ont été rencontrés :

2.1 Le défi de la rareté des données

Pour des raisons politiques évidentes et la faiblesse de l'État central, le Liban ne dispose que de très peu de données documentées et accessibles. Donc, le majeur défi pour nous était de construire des archétypes de systèmes de production à partir de très peu de données disponibles. Cette tâche est d'autant plus difficile que le poids des déterminants socio-économiques ainsi que ethniques sont aussi importants que ceux biophysiques ou d'accès aux ressources.

Nous avons opté dans notre travail de combiner le peu de données quantitatives disponibles avec l'avis de l'ensemble des acteurs pour caractériser la diversité des systèmes agricoles dans la Bekaa. L'idée principale était de partir du recensement agricole de 2010 pour construire statistiquement des exploitations types ; après quoi nous avons vérifié ces types en demandant l'avis de plusieurs acteurs pour voir dans quelle mesure ces types ont évolué depuis 2010. Ce processus nous a permis d'actualiser les types de 2010. La dernière étape était de renseigner ces types en réalisant des enquêtes de terrain précises. Ces enquêtes ont permis également de valider les types corrigés par les experts. Ce processus nous a permis de tirer les enseignements suivants :

- Le processus de collecte de données tel qu'imaginé dans la thèse est très chronophage. Il a certes aidé à construire efficacement des types, mais cela a pris presque une année. L'autre alternatif était de réaliser d'emblée des enquêtes exhaustives sur les différentes régions d'études. Il me semble que cela aurait coûté encore plus en temps et en argent.
- Le processus même s'il était chronophage en temps a permis de constituer une très bonne base pour créer une certaine proximité et une relation de confiance avec les acteurs de terrain. Cela nous a permis non seulement de leur demander des informations confidentielles comme le revenu, mais également de construire et de discuter les leviers nécessaires pour relancer les différents systèmes agricoles au Liban.
- Au-delà de ces deux avantages, le processus de construction des bases de données collectif/participatif a permis aux différents experts une meilleure connaissance des systèmes agricoles dans la Bekaa. Cela peut être surprenant, mais il y avait une très grande asymétrie entre les différents acteurs de terrain concernant leur niveau de connaissance des diversités agricoles au Liban. Cette méconnaissance porte sur des questions biophysiques assez simple comme la production moyenne par écosystème et par culture mais également sur objets complexes comme la résilience des systèmes étudiés. L'autre point critique était la diversité des prix pour un même intrant ou produit. Là aussi, beaucoup de débats ont été entrepris pour discuter et valider ces prix.

2.2 Le défi de comprendre correctement le sens et le contenu des stratégies d'adaptation proposés pour améliorer la performance des systèmes actuels

Nous avons proposé et testé un ensemble de leviers permettant d'améliorer la performance des systèmes agricoles actuels (meilleurs accès à l'eau, fertilisation organique, adhérer à une coopérative, etc). Le test était réalisé en ligne. Nous avons refusé de faire ce travail juste en communiquant la liste des choix possibles et en demandant aux acteurs de le faire sans notre appui. Le choix était que c'est moi-même qui réalise l'entretien. Je tire les enseignements suivants :

- i. Plusieurs mots clés (agroécologie, résilience, durabilité, etc.) étaient compliqués à comprendre par les acteurs de terrain. Le fait que c'est la même personne qui réalise l'ensemble des entretiens réduit considérablement l'asymétrie de la compréhension de ces mots clés entre les différents acteurs.
- ii. Je regrette de ne pas pouvoir mobiliser plus d'acteurs pour les entretiens. La limite n'est pas en lien avec le type d'acteur à mobiliser. J'ai mobilisé en effet les principaux acteurs clés pour ces entretiens. Le regret est de ne pas avoir « une sorte de répétition » par acteur. Par exemple j'aurais préféré avoir au moins 3 conseillers agricoles pour la céréaliculture au lieu d'un seul. Cela m'aurait permis par exemple de constituer une moyenne de réponse par type d'acteur et de nuancer par conséquent certains propos. Ce souhait vient de la divergence si importante des réponses données parfois par les acteurs possédant la même expertise par rapport à une même question.
- iii. Ma confiance par rapport aux réponses des acteurs aux différents leviers testés dépend de la nature de la variable à analyser. Il apparaît clairement de mes entretiens que les acteurs ont été plus confiants de répondre à certaines questions que d'autres. Par exemple, il était plus facile pour l'ensemble des acteurs d'estimer l'impact des différents leviers sur des variables que les acteurs ont l'habitude de suivre comme la production ou le coût des intrants. Cette question devient plus complexe pour les acteurs quand il s'agit de répondre aux enjeux climatiques ou de mobilisation de ressources (par exemple les quantités d'eau utilisée). Donc, il serait intéressant d'intégrer dans les études à venir pour chaque acteur un indicateur de type « niveau de confiance » par rapport à chaque réponse donnée. Cela permettra à mon sens certains résultats ou l'erreur en lien avec la réponse peut être importante.
- iv. L'interprétation des résultats des entretiens était complexe pour moi. La complexité ne vient pas de la multitude des questions ni du nombre de réponses données. Mon souhait était de réaliser une analyse multicritère en croisant à la fois les leviers mais également l'effet de ces leviers sur la durabilité des systèmes à analyser. Les acteurs étaient dans l'ensemble capables de répondre aux différents effets des leviers. Ceci dit, il serait à mon sens utopique de penser que les réponses des acteurs considérées d'une façon explicite la complicité des systèmes agricoles dans leur structure et dans leur organisation. Il y avait une sorte de réponse que j'appellerai « primaire » ou qui prends la forme de « raccourci » ou de « Proxi » dans la réponse des acteurs. A titre d'exemple : plus l'agriculteur mobilise de l'eau, plus c'est mauvais pour l'environnement et plus le rendement est élevé. Cette linéarité dans la réponse des acteurs, même si je peux la comprendre m'a beaucoup interpellée, sans avoir vraiment de solution.

3. Perspectives

3.1 Pour qui ces résultats peuvent être utiles ?

- Le ministère de l'agriculture essaye depuis plusieurs années de mettre en place un système de référencement des exploitations agricoles. Ce système doit permettre de faire remonter rapidement et d'une façon contenue des informations sur la structure des exploitations agricoles et de leur performance. Ce travail peut constituer le premier maillon pour définir et référencer des exploitations représentatives de la diversité agricole au niveau des différentes régions agricoles au Liban pour mesurer leur performance et leur évolution dans le temps. Ce type d'approche ne permettra pas certes de remplacer les recensements détaillés réalisés chaque 10 ans par le ministère de l'agriculture du Liban, mais permettra d'avoir à tout moment une appréciation de l'évolution des principaux systèmes dominants.
- Plusieurs questions se posent aujourd'hui au niveau territorial sur les leviers à mobiliser pour promouvoir une agriculture résiliente et durable. Les résultats de notre travail peuvent constituer une bonne base pour discuter de ces leviers. Cela dit, ma recommandation est de considérer ces résultats comme une bonne base pour initier un débat entre les différents acteurs et non pas comme une vérité absolue. Ces débats doivent servir surtout à proposer une combinaison de solutions/leviers pour évaluer leurs impacts possibles, mais également pour discuter et décider des déterminants structurelles, organisationnelles, socio-économiques et institutionnelles pour une mise en œuvre efficace. Ce type de débat intéresse fortement les pouvoirs publics actuels au Liban (notamment le ministère de l'agriculture). Cela se manifeste par exemple dans la lettre de cadrage du ministre de l'Agriculture du Liban pour initier la réflexion pour la prochaine stratégie agricole au Liban (2025-2030)

Par ailleurs, je crois que ces solutions, même encadrer et encourager par le pouvoir central, doivent rester régionales car le Liban est constitué d'écosystèmes et de territoires très contrastés à la fois dans leur structure, leur fonctionnement et plus largement dans leur histoire et leur culture. Cette diversité est pour moi une richesse que le Liban doit conserver car elle peut véhiculer une image très positive auprès des consommateurs au niveau local, national et international.

4. Conclusion

En conclusion, ce travail de caractérisation des systèmes agricoles dominants au Liban et d'analyse de leviers pour promouvoir une agriculture durable était complexe et chronophage. Notre souhait, était de réaliser de la modélisation bioéconomique pour tester d'une façon quantitative certains de ces leviers. Ce type de modélisation aurait pu nous permettre de tester des leviers combinés. Il aurait pu nous permettre également de simuler les effets de ces leviers en tenant compte (ou moins d'une façon partielle) des interactions entre les différents composants de chaque système et de leurs effets sur la production et les externalités. Ce travail de modélisation ne remplacera en rien le travail réalisé dans cette thèse. Il permettra à mon sens surtout de consolider certaines idées ou de donner des indications sur certaines trajectoires possibles. Ce type de modélisation peut constituer également une perspective intéressante à notre travail.

Enquête dans le cadre du projet SupMed_Liban (Septembre 2021)



FONDS FRANÇAIS POUR
L'ENVIRONNEMENT MONDIAL



Enquête d'évaluation des stratégies de production des ménages agricoles dans la vallée de Baalbek_Hermel (Bodai, Nahleh, Madwi, mcha maarjhine, Hermel)_2021

L'objectif de cette enquête est d'évaluer la stratégie de production des ménages agricoles dans la vallée de Baalbek_Hermel dans le cadre du Projet SupMed Financé par le FFEM et co-financé par le Plan Vert ; EACDP ; CIHEAM ; FSC Hermel et EASD.

Le projet SupMed vise à réduire d'une façon **structurelle et durable la surexploitation des ressources hydriques et à améliorer le revenu des ménages agricoles** au Liban et en Egypte dans un contexte de changement climatique. Pour cela, il proposera, mettra en œuvre et évaluera des **initiatives intégrées, agronomiques et socio-économiques, basées sur l'agroécologie afin de réduire la dépendance à l'eau de chacun des territoires.**

Le choix des agriculteurs à enquêter a fait l'objet d'un atelier de travail et s'engage à participer jusqu'à la fin du projet SupMed (2024).

Les données collectées seront traitées pour déterminer et comprendre les contraintes majeures des ménages agricoles afin de réduire la dépendance à l'eau de chacun des territoires.

L'ensemble des données collectées sur les ménages agricoles dans le cadre du projet SupMed sont strictement confidentielles et utilisées dans le cadre de la recherche scientifique ainsi que des objectifs de coopération au niveau local.

Les questions seront posées essentiellement au chef de l'exploitation, les principales questions portent sur les activités agricoles (végétale et animale), la consommation alimentaire, la pluriactivité, crédits et coopératives

Contact sur terrain :

Mr AL Fakhih Ahmad :@.....

Mme Alamin Rim :@.....

		Variables	Unité	Definition de la variable	
Section_A: Caracteristique du Ménage agricole	Section_A1: Localisation	codeagriculteur			
		Date_interview			
		District			
		village			
		Nom/Prenom			
		N telephone			
	Section_A2:Coordonnées GPS	Latitude (S) GPS (Degree/minute/Second)			
		Longitude (S) GPS (Degree/minute/Second)			
		Altitude GPS			
		Age_chef_exploitation			
		Taille de la famille (nb)_Total			
		Age_Membre_1_genre (femme, homme)			
		Age_Membre_2_genre (femme, homme)			
		Age_Membre_3_genre (femme, homme)			
		Age_Membre_4_genre (femme, homme)			
		Age_Membre_5_genre (femme, homme)			
		Principale activité (1= 100% agricole; 2= pluriactif)			
		Nombre de personne pratiquant une activité extra agricole			
		Age des personnes travaillant hors exploitation agricole [10ans-sup 50ans]_membre1			
		Age des personnes travaillant hors exploitation agricole [10ans-sup 50ans]_membre2			
		Age des personnes travaillant hors exploitation agricole [10ans-sup 50ans]_membre3			
		Age des personnes travaillant hors exploitation agricole [10ans-sup 50ans]_membre4			
		Age des personnes travaillant hors exploitation agricole [10ans-sup 50ans]_membre5			
		Type de travail extra agricole_membre 1			
		Type de travail extra agricole_membre 2			
		Type de travail extra agricole_membre 3			
		Type de travail extra agricole_membre 4			
		Type de travail extra agricole_membre 5			
		Revenu total extra agricole \$			
	Utilisation de la subvention de 300\$ (0= aucune subvention, 1= fertilisation, 2= irrigation, 3 = Semence/Plant, 4= Pesticides , 5= autres)				
	Distance_exploitation/Lac (km)				
	Section_B: Caracteristique s des cultures	Section_B1: Type de culture	Type_Culture		
			Type de sol		
Precedent cultural					
Type_Rotation					
Age du verger (an)					
Section_B2: Surface (ha)		Surface permanente (ha)			
		Surface_location (ha)			
		Surface cultivée (ha)			
		Surface_jachere_exploitation			
		Durée de la jachère (1an, 2ans..)			
		Surface_irrigée			
			Rendement (t/ha)		

Section_C : Input par culture	Section_B3: Rendement (t/ha)	Type de culture (n-1)		
		Rendement (n-1) (t/ha)		
	Section_B4: Cycle de la culture	Date travail du sol		
		Date de semis		
		Date desherbage		
		Date irrigation_1		
		Date irrigation_2		
		Date irrigation_3		
		Date_traitement		
		Date_Récolte		
	Section_C1: Semence/plant	Type de semence (local, amélioré)		
		Quantité semence/pant (t/ha-nb- plant/ha)		
		unite		
		Prix (Unite)		
		Cout semence (unite)		
	Section_C2: Irrigation	Frequence _irrigation (1,2,3...)		
		Dose d'irrigation m3/ha		
Date d'irrigation_phase_1				
Date d'irrigation_phase_2				
Date d'irrigation_phase__3				
Date d'irrigation_phase_4				
Cout du m3 d'eau/\$				
cout de l'acheminement _jusqu'a la parcelle				
cout_pompage_estimé				
quantité d'irrigation_Phase1				
quantité d'irrigation_Phase2				
quantité d'irrigation_Phase3				
quantité d'irrigation_Phase4				
quantité totale_d'irrigation				
sources d'irrigation (fleuve, puits..)				
Techniques d'irrigation (gravitaire, goutte à goutte)				
Section_C3: Fertilisation_Quantité (NPK)	Date de fertilisation			
	à quel stade de coissance ?			
	Type de fertilisant			
	Nombres de sac de fertilisant			
	unité (sac, kg,...)			
	quantite_Azote			
	Quantité_Potassium			
	Quantité_Phosphore			
	Quantité_Fumier			
	unite			
	Prix			
	cout/unite			
Subvension (0= aucune subvension; 1=				
Section_C4: Main d'œuvre_tâche (personne/ha/an)	Type de main d'œuvre (0= local, 1= syrienne,2= autre			
	Main d'œuvre_travail du sol			
	Main d'œuvre_semis			
	Main d'œuvre_desherbage			
	Main d'œuvre_irrigation			
	Main d'œuvre_traitement photosanitaire			
Main d'œuvre_recolte				
Section_C5: Main d'œuvre (personne/ha/an)	Main d'œuvre familiale_permanante (personne/ha/an)			
	Main d'œuvre familiale_saisonniere (personne/ha/an)			
	Main d'œuvre salariale_permanante (personne/ha/an)			
	Main d'œuvre salariale_saisonniere(personne/ha/an)			
	prix unitaire			
	Cout_main d'œuvre (unite)			
Section_C6: Pesticides	Frequence_traitement (1,2,3...)			
	Quantité			

		unite		
		prix		
		Cout		
	Section_C7: Mechanisation	cout total		
	Section_C8: Autres inputs	type d'input		
		cout total		
Section_D: Objectif de production	Section_D1: Quantité vendue	Type de culture		
		unite		
		Estimation		
	Section_D2: Objectif de production	Estimation Vente		
		Unité (% , Cout)		
		Estimation budget consacré à l'autoconsommation (%)		
		Unité(% , Cout)		
		Estimation Achat		
		Unité(% , Cout)		
Section_E: Elevage	Section_E1: Nombre d'animal	Nombres_Bovins		
		Nombres_Ovins		
		Nombres_Caprins		
		Nombres_Porcins		
		Nombres_Chevaux		
		Nombres_Ruches		
		Nombres_vollaille traditionnel		
		Nombres_Poulet de chair		
		Nombres_poule pondeuse		
		Nombres_poule reproductrice		
		Nombres_autruches		
		Nombres_Dindes		
		Nombres_Caille		
		Nombres_canards		
		Nombres_aquaculture		
	Section_E2: Cout moyen par type d'animal et par an (eg: euro/an)	Cout_moyen_Bovins		
		Cout_moyen_Ovins		
		Cout_moyen_Caprins		
		Cout_moyen_Porcins		
		Cout_moyen_Chevaux		
		Cout_moyen_Ruches		
		Cout_moyen_vollaille traditionnel		
		Cout_moyen_Poulet de chair		
		Cout_moyen_poule pondeuse		
		Cout_moyen_poule reproductrice		
		Cout_moyen_autruches		
		Cout_moyen_Dindes		
		Cout_moyen_Caille		
		Cout_moyen_canards		
	Cout_moyen_aquaculture			
	Section_E3: Nombres de tetes vendus par an	Nombre de tete vendu_moyen_Bovins		
		Nombre de tete vendu_moyen_Ovins		
		Nombre de tete vendu_moyen_Caprins		
		Nombre de tete vendu_moyen_Porcins		
		Nombre de tete vendu_moyen_Chevaux		
		Nombre de tete vendu_moyen_Ruches		
		Nombre de tete vendu_moyen_vollaille traditionnel		
		Nombre de tete vendu_moyen_Poulet de chair		
		Nombre de tete vendu_moyen_poule pondeuse		
		Nombre de tete vendu_moyen_poule reproductrice		
		Nombre de tete vendu_moyen_autruches		
		Nombre de tete vendu_moyen_Dindes		
Nombre de tete vendu_moyen_Caille				

		Nombre de tete vendu_moyen_canards		
		Nombre de tete vendu_moyen_aquaculture		
	Section_E4: Recette par tete vendu	Recette_an_moyen_Bovins		
		Recette_vente_an_Ovins		
		Recette_vente_an_Caprins		
		Recette_vente_an_Porcins		
		Recette_vente_an_Chevaux		
		Recette_vente_an_Ruches		
		Recette_vente_an_vollaille traditionnel		
		Recette_vente_an_Poulet de chair		
		Recette_vente_an_poule pondeuse		
		Recette_vente_an_poule reproductrice		
		Recette_vente_an_autruches		
		Recette_vente_an_Dindes		
		Recette_vente_an_Caille		
		Recette_vente_an_canards		
		Recette_vente_an_aquaculture		
	Section_E5: Consommation_Elevage	Type d'animal autoconsommé		
		nombre de tete_ autoconsommé_Elevage		
		type de sous produit		
		devenir du sous produit [œufs, viande, Miel...]		
Section_F credit et cooperative	Section_F1: Adhesion aux cooperatives et crédits	Credit (0= pas de credit, 1= oui)		
		Durée_credit		
		Cout_credit		
		Type d'investissement		
		Adhesion_cooperative (0=non, 1= oui)		
		Type de cooperative		
		cout de l'adhesion à la cooperative		
		Services fournis par la cooperative		

Annexe 2: les données des trois systèmes dominants

Tableau 24: Système maraichère intensive

Type_Culture	Categorie	% Cultures/surfaces	Moyenne surface exploitation ha	Moyenne surface location ha	moyenne surface ha	moyenne surface irriguee ha	Moyenne surface sec ha	Rendement moyen t/ha	Densite moyenne de semis t-pl/ha	Prix moyen de semence LL/t-pl/ha	Cout moyen de semence LL/t-pl/ha	Cout moyen de semence \$/t-pl/ha	Prix moyen eau LL/m3	Dose moyen d'irrigation m3/ha	Cout moyen d'irrigation LL/m3/ha	Cout moyen d'irrigation \$/m3/ha	Cout moyen de fertilisation LL/ha	Cout moyen de fertilisation \$/ha	Prix moyen des ventes LL/ha	Recette moyen des ventes LL/ha	Recette moyen des ventes \$/ha	Sum of part_product ion_vendue_ %	Sum of part_product ion_autocons omation_ %	%vendue/total	Marge brute LL/ha	Marge brute \$/ha
Abricotier	Arboriculture	2	0,5	0	0,5	0,5	0	17,0	290,00	0,00	0,00	0,00	716,00	1425,60	1020729,60	56,71	9900000	550	10000000	170000000	9444,44	100	0	9	159079270,4	8837,74
aubergine	Maraichage	11	3,0	0	3	3	0	30,0	15000,00	2000,00	2000000,00	111,11	716,00	1013,00	725308,00	40,29	8100000	450	10000000	300000000	16666,67	100	0	33	289174692	16065,26
Ble	Cereales	12	3,5	0	3,5	3,5	0	2,6	0,21	6285,71	76,97	0,00	143,00	5785,71	827357,14	45,96	0	0	7285714	18734693,9	1040,82	100	0	6	17907259,77	994,85
Grenadier	Arboriculture	2	0,5	0	0,5	0,5	0	6,0	250,00	0,00	0,00	0,00	716,00	1188,00	850608,00	47,26	9900000	550	8000000	48000000	2666,67	0	100	0	37249392	2069,41
Haricot	Maraichage	11	3,0	0	3	3	0	15,0	0,05	7000,00	23,33	0,00	716,00	1013,00	725308,00	40,29	8100000	450	2000000	30000000	1666,67	100	0	16	21174668,67	1176,37
oignon	Maraichage	6	1,6	0	1,6	1,6	0	50,0	0,50	5000,00	312,50	0,02	143,00	7500,00	1072500,00	59,58	0	0	4000000	200000000	11111,11	100	0	5	198927187,5	11051,51
Olivier	Arboriculture	2	0,5	0	0,5	0,5	0	8,0	205,00	0,00	0,00	0,00	716,00	1425,60	1020729,60	56,71	10800000	600	15000000	120000000	6666,67	100	0	8	108179270,4	6009,96
orge	Cereales	2	0,5	0	0,5	0,5	0	4,0	0,30	4000,00	480,00	0,03	143,00	4500,00	643500,00	35,75	0	0	6000000	24000000	1333,33	90	10	0	23356020	1297,56
pomme de terre	Maraichage	39	11,1	0	11,1	11,1	0	30,2	1,73	18000,00	559,53	0,03	143,00	7411,89	1059900,54	58,88	11027027	612,61261	8288288	250515380	13917,52	96	4	12	238427893,1	13245,99
Prune	Arboriculture	2	0,5	0	0,5	0,5	0	5,0	205,00	0,00	0,00	0,00	716,00	1425,60	1020729,60	56,71	11700000	650	10000000	50000000	2777,78	100	0	5	37279270,4	2071,07
tabac	Tabac	13	3,7	0	3,7	3,7	0	1,4	382702,70	0,77	15990,21	0,89	375,30	11121,49	4173863,82	231,88	2335135,14	129,72973	24567568	33265814,5	1848,10	100	0	6	26740825,3	1485,60

Tableau 25: Système extensif arboricole

Cultures	Categorie	Moyenne surface exploitation ha	Moyenne Surface_location ha	Moyenne Surface cultivée ha	Moyenne Surface_irriguee_ha_à_l_echelle_de_l'exploitation ha	Moyenne surface en sec ha	Rendement moyen t/ha	Densite moyenne de semis t-pl/ha	Prix moyen de semence LL/ha	Cout moyen de semence LL/t-pl/ha	Cout moyen de semence \$/t-pl/ha	prix moyen eau LL/m3	Dose moyen d'irrigation m3/ha	Cout moyen d'irrigation LL/m3/ha	Cout moyen d'irrigation \$/m3/ha	Cout moyen de fertilisation LL/ha	Prix moyen de vente LL/t	Recettes moyenne des ventes LL/t/ha	Recettes moyenne des ventes \$/t/ha	Marge brute LL/ha	Marge brute \$/ha	% Cultures /sau	% part de culture/culture totale	Moyenne part_product ion_vendue_ %	Moyenne part de la production consacré à l'autoconsommation (%)
abricotier	Arboriculture	0,32	0	0,32	0,06	0,26	7,5	222,71	0	0	0,00	618,17	1563	966155,622	53,68	79670,82	7300266,904	55037788,39	3057,7	53991962	2999,55	17	18	62	33
Amandier	Arboriculture	0,03	0	0,03	0,00	0,03	7,7	259,33	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	120000,00	12000000	92000000	5111,1	91880000	5104,44	1	2	100	0
aubergine	Maraichage	0,01	0	0,01	0,01	0,00	30,0	15000,00	108000	54000000	3000,00	716,00	3000	2148000	119,33	900000,00	5000000	150000000	8333,3	92952000	5164,00	0	1	0	100
Ble	Cereales	0,34	0	0,34	0,13	0,21	3,0	0,29	5964,293	98,35295	0,01	143,00	7000	1001000	55,61	232405,06	7848101,266	23311178,76	1295,1	22077675	1226,54	18	9	98	2
Cerise	Arboriculture	0,38	0	0,38	0,06	0,32	6,5	288,97	0	0	0,00	470,43	2453	1154118,1	64,12	130038,02	9309885,932	60080989,21	3337,8	58796833	3266,49	20	19	82	14
concombre	Maraichage	0,01	0	0,01	0,01	0,00	26,7	12166,67	128333,3	31092593	1727,37	525,00	1600	840000	46,67	0,00	3333333,333	8888888,89	4938,3	56956296	3164,24	0	2	100	0
figue	Arboriculture	0,07	0	0,07	0,05	0,02	0,9	240,87	0	0	0,00	716,00	1000	716000	39,78	375652,17	8000000	6956594,783	386,5	5864943	325,83	4	3	33	33
Grenadier	Arboriculture	0,07	0	0,07	0,00	0,07	5,0	300,00	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	10000000	50000000	2777,8	50000000	2777,78	4	1	100	0
Haricot	Maraichage	0,01	0	0,01	0,01	0,00	14,2	0,04	253777,8	175,3635	0,01	525,00	1591	835333,333	46,41	540000,00	8000000	11377777,8	6321,0	1,12E+08	6244,57	0	4	25	50
lentille	Legumineuse	0,04	0	0,04	0,00	0,04	1,4	0,21	3464,714	237,3243	0,01	0,00	0	0	0,00	0,00	5000000	6964285,714	386,9	6964048	386,89	2	3	70	30
melon	Maraichage	0,01	0	0,01	0,01	0,00	35,0	6000,00	3500000	6000000	333,33	716,00	4320	3093120	171,84	1440000,00	1000000	35000000	1944,4	24466880	1359,27	0	1	100	0
noix	Arboriculture	0,05	0,014285714	0,04	0,03	0,02	1,1	236,11	0	0	0,00	716,00	1040	744640	41,37	0,00	20000000	2222277,78	1234,6	21477638	1193,20	3	3	33	33
oignon	Maraichage	0,00	0	0,00	0,00	0,00	74,0	0,95	3160000	31160	1,73	143,00	6320	903760	50,21	126000,00	3200000	23680000	13155,6	2,36E+08	13096,62	0	2	95	5
Olivier	Arboriculture	0,16	0	0,16	0,04	0,12	2,7	167,68	0	0	0,00	143,00	1120	160160	8,90	32142,86	14235000	37824428,57	2101,4	37632126	2090,67	9	7	77	23
orge	Cereales	0,01	0	0,01	0,00	0,01	2,1	0,24	94000	4876,8	0,27	0,00	0	0	0,00	0,00	5900000	12390000	688,3	12385123	688,06	0	2	90	10
Pasteque	Maraichage	0,01	0	0,01	0,01	0,00	30,0	3000,00	1500000	15000000	833,33	716,00	8640	6186240	343,68	0,00	1500000	45000000	2500,0	23813760	1322,99	0	1	100	0
pecher	Arboriculture	0,01	0	0,01	0,00	0,01	8,9	278,57	0	0	0,00	143,00	2000	286000	15,89	501428,57	8357142,857	74020408,16	4112,2	73232980	4068,50	1	2	95	5
persil	Maraichage	0,01	0	0,01	0,01	0,00	200,0	0,20	7000000	7000	0,39	716,00	1200	859200	47,73	0,00	10000000	200000000	111111,1	2E+09	111062,99	0	1	0	100
pois chiche	Legumineuse	0,05	0	0,05	0,00	0,05	0,9	0,07	5000	197,5309	0,01	0,00	0	0	0,00	0,00	5111111,111	4656790,123	258,7	4656593	258,70	3	2	85	15
poivre	Maraichage	0,01	0	0,01	0,01	0,00	20,0	20000,00	72000	7200000	400,00	143,00	1040	148720	8,26	0,00	1500000	30000000	1666,7	22651280	1258,40	0	1	100	0
pomme de terre	Maraichage	0,03	0	0,03	0,03	0,00	35,6	1,81	1200000	14533,61	0,81	397,67	6889	2739481,48	152,19	0,00	8188888,889	291160493,8	16175,6	2,88E+08	16022,58	1	4	97	3
Pommier	Arboriculture	0,06	0	0,06	0,06	0,00	19,0	387,50	0	0	0,00	429,50	1088	467296	25,96	27000,00	8025000	152475000	8470,8	1,52E+08	8443,37	3	3	73	27
tabac	Tabac	0,15	0	0,15	0,11	0,05	1,4	394444,44	1,20463	261900,6	14,55	143,00	14149	2023256,76	112,40	440000,00	26740740,74	38625514,4	2145,9	35900357	1994,46	8	5	100	0
Tomate	Maraichage	0,07	0	0,07	0,07	0,00	15,7	6,81	158516,5	6925,275	0,38	688,18	7004	4820231,08	267,79	442135,92	5650485,437	88871712,7	4937,3	83602420	4644,58	4	6	89	11

Tableau 26: Système semi-intensif mixte céréaliers-oliviers

Cultures	Catégories	% part de chaque culture/culture total	Moyenne surface exploitation ha	Moyenne Surface_location ha	Moyenne Surface cultivée ha	Moyenne Surface_irrigée_ha_à l'échelle de l'exploitation ha	Moyenne surface seca ha	% culture/sau	Rendement moyen t/ha	Densité moyenne de semis t-pl/ha	Prix moyen de semence LL/ha	Coût moyen de semence LL/t-pl/ha	Coût moyen de semence \$/t-pl/ha	prix moyen eau LL/m3	Dose moyen d'irrigation m3/ha	Coût moyen d'irrigation LL/m3/ha	Coût moyen d'irrigation \$/m3/ha	Coût moyen de fertilisation LL/ha	Coût moyen de fertilisation \$/ha	Prix moyen de vente LL/t	Prix moyen de vente \$/t	Recettes moyennes des ventes LL/t/ha	Recettes moyennes des ventes \$/t/ha	Marge brute LL/ha	Marge brute \$/ha	Moyenne part_production_vendue_%	Moyenne part de la production consacré à l'autoconsommation (%)
Abricotier	Arboriculture	3	0,053	0	0,052778	0,0519	0,0009	1	6,79	288	0	0	0	613,68	3300	2025139,3	112,51	303157,89	16,84	6210526	345,03	42177101	2343,17	39848803	2213,82	63	37
Amandier	Arboriculture	9	0,226	0	0,225926	0,0000	0,2259	6	9,59	331	0	0	0	0,00	0	0	0,00	227213,11	12,62	12188525	677,14	1,17E+08	6493,89	1,17E+08	6481,26	92	8
aubergine	Maraichage	2	0,030	0	0,02963	0,0296	0,0000	1	17,50	2719	2145	3644824	202,4902	501,13	3375	1691296,9	93,96	528750	29,38	1125000	62,50	19687500	1093,75	13822629	767,92	26	74
Ble	Cereales	13	0,894	0,462963	0,431481	0,1741	0,7204	24	2,89	0	2688,164	15,21598	0,000845	143,00	5202	743904,26	41,33	185217,39	10,29	8953416	497,41	25834220	1435,23	24905083	1383,62	90	10
Cerise	Arboriculture	4	0,047	0,002778	0,044444	0,0444	0,0028	1	14,44	468	0	0	0	143,00	2801	400568,24	22,25	638873,24	35,49	11943662	663,54	1,72E+08	9579,23	1,71E+08	9521,48	88	12
concombre	Maraichage	6	0,084	0	0,084259	0,0287	0,0556	2	21,87	8368	391,8242	720623,4	40,03463	179,97	5760	1036614,2	57,59	642857,14	35,71	3730769	207,26	81584954	4532,50	79184859	4399,16	96	4
cumin	Legumineuse	1	0,013	0,012963	0	0,0000	0,0130	0	0,04	0	2000	28,57143	0,001587	0,00	0	0	0,00	0	0,00	40000000	2222,22	1600000	88,89	1599971	88,89	100	0
figue	Arboriculture	1	0,074	0	0,074074	0,0000	0,0741	2	2,00	100	0	0	0	0,00	0	0	0,00	450000	25,00	12000000	666,67	24000000	1333,33	23550000	1308,33	90	10
Grenadier	Arboriculture	2	0,046	0,018519	0,027778	0,0278	0,0185	1	1,81	210	0	0	0	716,00	1152	824832	45,82	432000	24,00	6000000	333,33	10836000	602,00	9579168	532,18	100	0
Haricot	Maraichage	6	0,096	0,046296	0,05	0,0481	0,0481	3	13,75	0	347048,1	2631,097	0,146172	187,08	1468	274542,58	15,25	235384,62	13,08	7721154	428,95	1,06E+08	5898,10	1,06E+08	5869,63	96	4
lentille	Legumineuse	2	0,037	0,009259	0,027778	0,0000	0,0370	1	1,53	1	2000	1000	0,055556	0,00	0	0	0,00	0	0,00	1250000	69,44	1906250	105,90	1905250	105,85	25	75
mlukhiye	Maraichage	1	0,002	0	0,001852	0,0019	0,0000	0	17,00	0	500000	75000	4,166667	716,00	1000	716000	39,78	0	0,00	0	0,00	6000000	333,33	5209000	289,39	0	100
noix	Arboriculture	3	0,052	0	0,051852	0,0000	0,0519	1	0,66	279	0	0	0	0,00	0	0	0,00	64285,714	3,57	4642857	257,94	3075893	170,88	3011607	167,31	46	54
Olivier	Arboriculture	14	0,573	0,148148	0,425	0,4676	0,1056	16	5,26	258	0	0	0	683,10	2064	1409973,1	78,33	415250,4	23,07	10543780	585,77	55424003	3079,11	53598779	2977,71	50	50
orge	Cereales	4	0,176	0,083333	0,092593	0,0000	0,1759	5	2,26	0	5005,263	128,9445	0,007164	0,00	0	0	0,00	0	0,00	4457895	247,66	10088920	560,50	10088791	560,49	76	24
Pasteque	Maraichage	1	0,093	0,092593	0	0,0926	0,0000	3	50,00	3500	9900	6930000	385	716,00	1536	1099776	61,10	0	0,00	0	0,00	80000000	4444,44	71970224	3998,35	0	100
pecher	Arboriculture	1	0,046	0	0,046296	0,0463	0,0000	1	0,01	100	0	0	0	716,00	2376	1701216	94,51	5400000	30,00	0	0,00	5000000	277,78	2758784	153,27	0	100
pois	Maraichage	1	0,046	0,046296	0	0,0463	0,0000	1	5,00	0	720	14,4	0,0008	716,00	1152	824832	45,82	900000	50,00	6000000	333,33	30000000	1666,67	28275154	1570,84	95	5
pois chiche	Legumineuse	2	0,148	0	0,148148	0,0093	0,1389	4	0,31	0	4812,5	120,3125	0,006684	143,00	6000	858000	47,67	56250	3,13	250000	13,89	7812500	434,03	6898130	383,23	6	94
pomme de terre	Maraichage	2	0,209	0,018519	0,190741	0,0000	0,2093	6	29,73	1	27,32743	2,450459	0,000136	159,69	10000	1596893,2	88,72	1401769,9	77,88	8814159	489,68	2,62E+08	14560,26	2,59E+08	14393,67	100	0
Pommier	Arboriculture	5	0,074	0	0,074074	0,0315	0,0426	2	27,73	350	0	0	0	160,91	6915	1112717	61,82	1178181,8	65,45	5745455	319,19	1,59E+08	8850,38	1,57E+08	8723,11	53	47
salade	Maraichage	1	0,004	0	0,003704	0,0037	0,0000	0	20,00	5	7000	175000	9,722222	716,00	2160	1546560	85,92	0	0,00	3000000	166,67	60000000	3333,33	58278440	3237,69	80	20
tabac	Tabac	12	0,567	0,092593	0,474074	0,3519	0,2148	15	1,56	374118	0,910131	11127,32	0,618184	173,16	10447	1809044,3	100,50	298823,53	16,60	26539085	1474,39	41300367	2294,46	39181372	2176,74	100	0
thym	Legumineuse	1	0,037	0	0,037037	0,0370	0,0000	1	40,00	1000	200	100000	5,555556	716,00	2016	1443456	80,19	0	0,00	5000000	277,78	2E+08	11111,11	1,98E+08	11025,36	100	0
Tomate	Maraichage	5	0,029	0	0,028704	0,0287	0,0000	1	32,93	1089	1019,355	716200,2	39,7889	216,94	4591	995943,81	55,33	423870,97	23,55	7814516	434,14	2,57E+08	14295,80	2,55E+08	14177,14	95	5
vigne	Arboriculture	1	0,004	0,003704	0	0,0000	0,0037	0	50,00	750	0	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	8000000	444,44	4E+08	22222,22	4E+08	22222,22	70	30

BIBLIOGRAPHIE

1. AbouAljoud, S. (2024, mars 18). Les importations au Liban affectées par les tensions en mer Rouge. Récupéré sur L'orient-Le Jour : <https://www.lorientlejour.com/article/1371777/les-importations-au-liban-impactees-par-les-tensions-en-mer-rouge.html>
2. Admin, D. (2012, 04 09). Essais mécaniques : Les essais de résiliences ou essais de flexion par choc. Récupéré sur Soudeurs : <https://www.soudeurs.com/site/essais-mecaniques-les-essais-de-resiliences-ou-essais-de-flexion-par-choc-267/>
3. Agossou, D. S. (2012). Perception des perturbations climatiques, savoirs locaux et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles Béninois. *African Crop Science Journal*, 20, 565-588.
4. Akkari, D. (2022). The Contribution of the Geographic Information System GIS in the Definition of Water Potential Zones in the Abou Ali Watershed (North Lebanon). *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine*.
5. Alam, K. (2015). Farmers' adaptation to water scarcity in drought-prone environments: A case study of Rajshahi District, Bangladesh. *Agricultural water management*, 148, 196-206.
6. Alexandrov, V. A. (2000). The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and forest meteorology*, 315-327.
7. Alkassem-Alosman, M. (2016). Caractérisation des irrigations gravitaires au moyen d'un modèle d'écoulement et de mesures. Université d'Avignon. Avignon : <https://theses.hal.science/tel-01617021>
8. Altieri, M. A. (2015, 07 01). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for sustainable development*, 35(3), 869-890.
9. AMNESTY. (2023, 10 31). Liban. Certains éléments attestent l'utilisation illégale de phosphore blanc par Israël dans le sud du Liban, à l'heure où les hostilités transfrontalières s'intensifient. Récupéré sur Amnesty International : <https://www.amnesty.org/fr/latest/news/2023/10/lebanon-evidence-of-israels-unlawful-use-of-white-phosphorus-in-southern-lebanon-as-cross-border-hostilities-escalate/>
10. Anadón, M. (2019). Les méthodes mixtes : implications pour la recherche « dite » qualitative. *Recherche qualitative*, 38(1), 105-123.
11. Anderies, J. M. (2006). Loss of resilience, crisis, and institutional change: lessons from an intensive agricultural system in southeastern Australia. *Ecosystems*, 865-878.
12. Antonios, Z. (2023, Aout 01). Des terres qui appartiennent à tout le monde : ces litiges fonciers au Liban. Récupéré sur L'Orient-le Jour : <https://www.lorientlejour.com/article/1344609/des-terres-qui-nappartiennent-a-personne-ces-litiges-fonciers-au-liban.html>
13. AQUA4D. (2021, Novembre 30). Une technologie d'irrigation innovante stimule le rendement hydraulique. Récupéré sur CORDIS | European commission : <https://cordis.europa.eu/article/id/436161-innovative-irrigation-technology-boosts-water-efficiency/fr>

14. Aries, R. (2021, novembre 10). Pluriactivité : Pluriactivité La fin d'un tabou. Récupéré sur LaFranceAgricole : <https://www.lafranceagricole.fr/msa-mutualite-sociale-agricole/article/746705/pluriactivite-la-fin-dun-tabou>
15. Azzabi, L. A. (2020). The Multi-Criteria Approach Decision. Dans The Multi-Criteria Approach for Decision Support: An Introduction with Practical Applications (pp. 1-23). Springer International Publishing.
16. Babin, D. (2003). Protected areas: combining biodiversity conservation and sustainable development. Foundations and recommendations for a development cooperation strategy on protected area management. France : IFB [Institut français de la biodiversité].
17. Baccar, M. B. (2017). Shared environment, diversity of pathways: dynamics of family farming in the Saïs Plain (Morocco). Régional environmental change, 17(3), 739-751.
18. Baize, D. (2022, 09 02). L'importance des horizons profonds des sols. Récupéré sur Planet Vie : <https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/l-importance-des-horizons-profonds-des-sols>
19. Bambara, D. B. (2013). Perceptions paysannes des changements climatiques et leurs conséquences socio environnementales à Tougou et Donsin, climats sahéliens et sahélo-soudanien du Burkina Faso. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, 74, 8-16.
20. Bar, M. P. (2011). Indicateurs de vulnérabilité, résilience durabilité et viabilité des systèmes d'activité au Lac Alaotra, Madagascar Définition des concepts. Agence Française de Développement, ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche. Madagasikara : projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au lac alaotra (bv alaotra).
21. Barnet, R. O. (s.d.). French mandate. Récupéré sur Britannica : <https://www.britannica.com/place/Lebanon/Lebanon-after-independence>
22. Bartzas, G. &. (2020). An integrated multi-criteria analysis for assessing sustainability of agricultural production at regional level. Information Processing in Agriculture, 7(2), 223-232.
23. Basílio, M. P. (2022). A systematic review of the applications of multi-criteria decision aid methods. Electronics, 11(11), 17-20.
24. Bazzi, H. B. (2021). An operational framework for mapping irrigated areas at plot scale using Sentinel-1 and Sentinel-2 data. Remote Sensing, 13(13), 25-84.
25. Beauchamp, J. (2006, Avril 12). Les principaux types de sols. Récupéré sur UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE : <https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/typsol.htm>
26. Behera, U. K. (2023). Farming systems research: Concepts, design and methodology. Advances in Agronomy, 1-49.
27. Bekel, J. &. (2021). Enterprise coherence metrics in enterprise decision making. Advances in Enterprise Engineering XIV: 10th Enterprise Engineering Working Conference, 213-227.
28. Bekhtari, M. C. (2015). Les méthodes multi-critères pour analyser les aptitudes des terres agricoles : le cas du blé tendre en Languedoc-Rousillon analysé avec la méthode AHP. Montpellier : Mémoire de master en Gestion Agricole et Territoriale, Université Paul Valéry.
29. Bel, J. P. (2009). Les paysages viticoles de la Bekaa (Liban). Paris: BoD-Books on Demand France.

30. Belhouchette, H. L. (2011). Assessing the impact of the Nitrate Directive on farming systems using a bio-economic modelling chain. *Agricultural Systems*, 104(2), 135-145.
31. Benjeddou, M. B. (2015). Application de la méthode AHP pour le choix multicritère des fournisseurs. Marroc: *Revue Marocaine de recherche en management et marketing*.
32. Bennett, E. M. (2005). A systems model approach to determining resilience surrogates for case studies. *Ecosystems*, 945-957.
33. Berkes, F. &. (2006). Knowledge, learning and the evolution of conservation practice for social-ecological system resilience. *Human ecology*, 479-494.
34. Besson, R. (2018). Quelle politique européenne pour les tiers lieux méditerranéens ? The Conversation Media Group.
35. Bidogeza, J. C. (2009). A typology of farm households for the Umutara Province in Rwanda. *Food Security*, 1(3), 321-335.
36. Bilodeau, M. (2021, mars mercredi). L'agroécologie, la solution aux maux de l'agriculture industrielle ? Récupéré sur Agence Science-Presses : <https://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/detecteur-rumeurs/2021/03/10/agroecologie-solution-aux-maux-agriculture-industrielle>
37. Bio-en ligne. (2018, décembre 29). Bio en ligne. Récupéré sur bio en ligne .com : <https://www.bio-enligne.com/fertilisation/206-organique.html>
38. Blanc, P. (2013). L'agriculture au Liban : entre contraintes géopolitiques et retrait du politique. *Maghreb - Machrek*, 215(1), 81-99.
39. Boivin, C. (2018). Gestion raisonnée de l'irrigation. Québec : CRAAQ.
40. Boko M., N. I.-E. (2008). *Africa Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
41. Boko, M. (1988). *Climats et communautés rurales du Bénin : Rythmes climatiques et rythmes de développement*. Dijon : Doctoral dissertation.
42. Bonhommeau, P. (2014). Activité agricole, multifonctionnalité, diversification, pluriactivité, ...de quoi parle-t-on ? Dans *Agriculture et services* (p. 29 à 35). *Revue Pour* 2014/1 (N° 221).
43. Bou Chakra, C. (2018). *Innovative approaches for high precision monitoring of snow cover, Mount Lebanon*. Environnement et aménagement du territoire. Beyrouth : Université Saint-Joseph.
44. BouAntoun, L. (2017). *L'activité vitivinicole comme base d'une dynamique territoriale : le cas de la Bekaa au Liban*. Grenoble : Université Grenoble Alpes.
45. BOURGEOIS, M. C. (2002). Structuration du sol et brassage de la matière organique. Récupéré sur Supagro : https://www.supagro.fr/ress-pepites/sol/co/4_1_StructureSol.html
46. Boutros, P. (2023, juin 21). Le gouvernement libanais recommence à acheter du blé aux producteurs locaux. Récupéré sur L'orient-le jour: <https://www.lorientlejour.com/article/1341260/le-gouvernement-libanais-recommence-a-acheter-du-ble-aux-producteurs-locaux.html>
47. Bridge, M. (2012). Genre et changement climatique. *Le Kitactu*, Institute of development studies, 114 p.
48. Brière, E. (2021, Avril 21). L'analyse data au service de l'agriculture et de nos agriculteurs. Récupéré sur Optimum circle : <https://optimumcircle.com/analyse-data-agriculture/>

49. Brossier, J. (1987). Système et système de production. Cahiers des sciences humaines, 23,14p.
50. Brown, O. &. (2008). Évaluation des conséquences des changements climatiques sur la sécurité en Afrique de l'Ouest : étude de cas nationale du Ghana et du Burkina Faso. . Institut international du développement durable.
51. Brunelli, M. (2015). Introduction and Fundamentals. Dans Introduction to the Analytic Hierarchy Process (pp. 1-15). Cham : Springer International Publishing.
52. Brussaard, L. C. (2010). Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. Current opinion in Environmental sustainability, 2(1), 34-42.
53. Bryant, C. R. (2000). Adaptation in Canadian agriculture to climatic variability and change. societal adaptation to climate variability and change, 181-201.
54. Bryman, A. (2008). Why do researchers integrate/combine/mesh/blend/mix/merge/fuse quantitative and qualitative research. Advances in mixed methods research, 21(8), 87-100.
55. Bullet, C. (2008). Changements climatiques et usages en eau dans le bassin méditerranéen : impacts et adaptations. Office International de l'Eau (CNIDE), ENGREF Centre de Montpellier., 15 p.
56. Byerlee, D. D. (2009). Agriculture for development: Toward a new paradigm. Annu. Rev. Resour. Econ., 1, 15-31.
57. Caillet, R. (2003). Analyse multicritère : Étude de comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie. Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO).
58. Caquet, T. (2014). Des systèmes innovants face au changement climatique. INRA Dept EFPA/MP ACCAF, Science & Impact. APCAADEME., 16.
59. Caron P., R. E. (2008, 01). Multifunctionality: epistemic diversity and concept-oriented research clusters. international Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology, 7(4-5), 319-338.
60. Carpenter, S. W. (2001). From metaphor to measurement: resilience of what to what? Ecosystems, 765-781.
61. Cassman, K. G. (1999). Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences, 96(11), 5952-5959.
62. Castella, J. C. (2022). The role of actor networks in enabling agroecological innovation: Lessons from Laos. Sustainability, 14(6), 35-50.
63. CETCR95. (2020, 02 17). 8 raisons pourquoi vous devriez organiser un atelier créatif (workshop). Récupéré sur cetcreation: <https://cetcreation.com/pourquoi-organiser-atelier-workshop/>
64. Chehaita, B. I. (2015, Avril). L'agriculture au Liban : la nécessité d'une transition vers l'agriculture durable. Récupéré sur الموقع الرسمي للجيش اللبناني: <https://www.lebarmy.gov.lb/fr/content/l'agriculture-au-liban-la-nécessité-d'une-transition-vers-l'agriculture-durable>
65. Chenoune, R. B. (2016). Assessing the diversity of smallholder rice farms production strategies in Sierra Leone. Assessing the diversity of smallholder rice farms production strategies in Sierra Leone., 76(1), 7-19.

66. CIRAD. (2021, 04 28). Climat | Développer la fertilisation organique pour une agriculture plus durable et résiliente. Récupéré sur Cirad : <https://www.cirad.fr/les-actualites-du-cirad/actualites/2019/institutionnel/contribution-fertilisation-organique-pour-la-convention-cadre-sur-le-changement-climatique>
67. Cochet, H. (2011). Chapitre 9. Comment construire des typologies d'exploitations agricoles ? Dans L'agriculture comparée. Sous la direction de COCHET Hubert. (Pp. 113-118). Versailles : Éditions Quæ, « Indisciplines ».
68. Coelli, T. (1996). A guide to DEAP version 2.1: A data envelopment analysis. A Computer Program.
69. Constan, M. F. (2014). A common analytical model for resilience measurement: Causal framework and methodological options. Resilience Measurement Technical Working Group, FSIN Technical Series Paper.
70. Corm, G. (2005). Contraintes historiques, régionales et internationales dans le fonctionnement de la démocratie au Liban. Confluences méditerranée, 217-238.
71. Costa, A. (2018). The juridical combinatorics of Bernardus De Lavineta. Dix-septieme siecle, 279(2), 203-230.
72. Cramer, W. G. (2021, janvier 20). Un rapport inédit sur les risques environnementaux en région méditerranéenne. Récupéré sur CNRS : <https://www.cnrs.fr/fr/actualite/un-rapport-inedit-sur-les-risques-environnementaux-en-region-mediterraneenne>
73. Cumming, G. S. (2005). An exploratory framework for the empirical measurement of resilience. Ecosystems, 975-987.
74. DaIsdine, N. (2010). Arrières effets de la fertilisation organique sur la croissance et le développement du cotonnier et du naïs dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. Burkina Faso : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.
75. Darwich, S. (2000). Enjeux de reconversion rurale dans la Béqaa (Liban). Dans M. S. Michel Picouet, Environnement et sociétés rurales en mutation Approches alternatives. Marseille : IRD.
76. Darwich, S. (2004). Enjeux de reconversion rurale dans la Béqaa (Liban) : politiques publiques et cultures illicites. Environnement et sociétés rurales en mutation : approches alternatives.
77. Darwich, S. (2017). Étude sur l'agriculture familiale a petite échelle au Proche-Orient et Afrique du nord pays focus Liban. Beirut : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture Center de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies.
78. Darwich, S. E. (2021). Facteurs de résilience du système foncier agricole en situation périurbaine. Cas de Koura (Liban). Cahiers de la Méditerranée (102), 63-88.
79. Darwish, T. Z. (2012). Vulnerability to desertification in Lebanon based on geo-information and socioeconomic conditions. Journal of Environmental Science and Engineering., 851.
80. Debruyne, M. (2010). Valeur, performance et efficacité productive de l'entreprise agricole. La Revue des Sciences de Gestion, 243-244(3-4), 89-102.
81. Degand, J. L. (1980). Intensification ou extensification quel choix pour l'agriculture ? (Vol. 46). Louvain: Department of Economics, Université Catholique de Louvain.

82. Delille, H. (2011). Perceptions et stratégies d'adaptation paysannes face aux changements climatiques à Madagascar. *Agronomes et vétérinaires sans frontières (AVSF)*, 108 p.
83. DerSarkissian, R. (2019). L'utilisation de l'information géospatiale comme outil d'aide à la réduction des risques de catastrophe ; Études de cas du gouvernorat de Baalbek-Hermel/Liban. Orléans: Université d'Orléans.
84. Deschamps, M. (2009). Établissement et stratégies de main d'œuvre. Colloque gestion et établissement. (P. 17). Québec : Financement agricole canada.
85. DGPE. (2022). Le secteur agricole au Liban. Paris : ministère de l'économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique.
86. Dia, A. F. (2022). Analyse de la performance du secteur agricole et son impact sur la croissance économique du Sénégal. Besançon : Centre de recherche sur les stratégies économiques.
87. Dubosc, N. G. (2019). Le guide complet d'élaboration et d'utilisation de la typologie 2nd édition. Chambre d'agriculture.
88. Dugue P., S. C. (2016). La diversité des systèmes maraichers sous influence urbaine Une comparaison Montpellier, Pise, Meknès. 11.
89. Eaton, C. S. (2002). L'agriculture contractuelle- Des partenariats pour la croissance. Rome : FAO.
90. El Ess, F. (2012). Changement climatique au Moyen-Orient, analyse des températures et des précipitations-le cas du Levant. Thèse de doctorat en géographie, université Saint-Joseph (Liban).
91. El Samad, O. B. (2013). Determination of natural and artificial radioactivity in soil at North Lebanon province. *Journal of environmental radioactivity*, 125, 36-39.
92. El-Bacha, F. (2022, juillet 06). Le liban détruit ses richesses mais cela n'est pas une surprise au final. Récupéré sur Liabnanews: <https://libnanews.com/le-liban-detruit-ses-richesses-mais-cela-nest-pas-une-surprise-au-final/>
93. El-Hayek, C. (2023, Mai 20). Pour une nouvelle réforme agraire libanaise. Récupéré sur L'orient-le jour : <https://www.lorientlejour.com/article/1338046/pour-une-nouvelle-reforme-agraire-libanaise.html>
94. ElAnsari, L. C. (2020). Tradeoffs between sustainability indicators in response to production choices of different farm household types in the drylands. *drylands. Agronomy*, 10(7), 998.
95. Elloumi, M. (2006). L'agriculture tunisienne dans un contexte de libéralisation. *Région et développement*, 23, 129-160.
96. Ellsworth, M. (2018, Aout 21). L'importance de la validation des données dans un monde du commerce de détail imparfait. Récupéré sur Wiser: <https://blog.wiser.com/fr/the-importance-of-data-validation/>
97. Enete, A. A. (2011). Challenges of agricultural adaptation to climate change: empirical evidence from Southeast Nigeria. *Tropicultura*, 29(4), 243-249.
98. Enfors, E. I. (2007). Analysing resilience in dryland agro-ecosystems: A case study of the Makanya catchment in Tanzania over the past 50 years. *Land degradation & development*, 18(6), 680-696.
99. EnsLyon. (2022, Février). Ressources de géographie pour les enseignants. Récupéré sur Géoconfluences: <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/climat-mediterraneen>

100. Environnement, A. (2012, 02 16). Agriculture intensive. Récupéré sur Actu environnement : https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/agriculture_intensive.php4
101. Ewert, F. v. (2005). Development of a conceptual framework for integrated analysis and assessment of agricultural systems. SEAMLESS-IF (No. 1826-2016-147106).
102. Fakhoury, T. &. (2023). How Do Consociations Craft Asylum Policy? Lebanon's Response to Conflict-Induced Displacement as an Exploratory Case. *International Studies Quarterly*.
103. FAO, M. &. (2010). *Lebanese Agricultural Atlas*.
104. FAO, M. &. (2011). *National Investment Profile. Water for Agriculture and Energy. Beirut: The Lebanese Republic. Draft for Review by Country*.
105. FAO. (2000). *Land resource potential and constraints at regional and country levels. Rome: World Soil Resources Report*.
106. Fao. (2005). *Politiques de développement agricole Concepts et expériences. Rome : organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture*.
107. FAO. (2008b). *Water and cereals in drylands. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations*.
108. FAO. (2013). *SAFA Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems indicators*.
109. FAO. (2016). *Resilience Index Measurement and Analysis—II. Rome - itlay: RIMA- II. Récupéré sur Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
110. Fao. (2017). *Améliorer la résilience des moyens d'existence. Récupéré sur Organisation de Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture : <https://www.fao.org/3/i6463f/i6463f.pdf>*
111. Fao. (2022). *Efficiencie : des pratiques agroécologiques novatrices permettent de produire plus en utilisant moins de ressources externes. Plateforme des connaissances sur l'agroécologie*.
112. FAO. (S.d.). *Chapitre I - Les environnements arides. Récupéré sur Fao : <https://www.fao.org/3/T0122F/t0122f03.htm>*
113. FAO. (S.d.). *Gestion de l'irrigation à petite échelle. Récupéré sur fao.org : <https://www.fao.org/3/i1861f/i1861f06.pdf>*
114. Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 120(3), 253-281.
115. Faucon, M. L. (2023, Mars 30). *Agrivoltaïsme : avantages et inconvénients d'installer des panneaux solaires dans les champs. Récupéré sur The conversation, l'expertise universitaire, l'exigence journalistique : <https://theconversation.com/agrivolta-sme-avantages-et-inconvenients-dinstaller-des-panneaux-solaires-dans-les-champs-202022>*
116. Fayad, A. (2017). *Évaluation de la ressource en eau associée au manteau neigeux sur le Mont Liban à partie d'observation et de la modélisation. Toulouse : Université Toulouse 3 Paul Sabatier*.
117. Faysse, N. H. (2011). *Usage agricole des eaux souterraines et initiatives de gestion au Maghreb : défis et opportunités pour un usage durable des aquifères. Note Économique de la BAD, 1-24*.
118. Figueira, J. G. (2005). *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. Portugal-Italy-New Zealand: Springer Science & Business Media*.

119. Forsberg, F. P. (2022). Integration of Enterprise Risk Management and Performance Measurement System towards a better strategic decision: A Study of small Swedish manufacturing companies within the tech industry. Sweden : Linnaeus University.
120. Fouqueray, T. (2022). Les sciences sociales sont nécessaires et complémentaires des sciences naturelles pour la recherche sur les changements climatiques. *L'Information géographique*, 86(3), 78-94.
121. Gallagher, F. &. (2020). Méthodes qualitatives, quantitatives et mixtes, 2e édition : Dans la recherche en sciences humaines, sociales et de la santé. PUQ.
122. Gallardo-López, F. L.-G.-C. (2021). Theoretical and Conceptual Considerations for Analyzing Social Interfaces in Agroecosystems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5.
123. Gepts, P. (2006, 09 01). Plant Genetic Resources Conservation and Utilization: The Accomplishments and Future of a Societal Insurance Policy. *Crop Science*, 46(5), 2278-2292.
124. Ghosn, A. &. (2019). L'agriculture libanaise entre crise syrienne et crise de l'État. *Confluences Méditerranée*, 108, 105-116.
125. Giec, B. (2001). Des changements climatiques : Les éléments scientifiques. . Contribution du groupe de travail I au troisième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, OMM/PNUE.
126. GIEC. (2007). Changement climatiques 2007 : Rapport de synthèse. Genève: Suisse: Intergovernmental Panel on Climate Change .
127. Giorgi, F. &. (2008, 09 01). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63(2), 90-104.
128. Glaser, B. &. (2017). Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research. New York: Routledge.
129. Glaser, B. G. (1978). Theoretical sensitivity. California: University of California.
130. Godement, V. (2023, Avril 25). Agrivoltaïsme : quels en sont les bénéfices et les désavantages ? Récupéré sur Réussir: <https://www.reussir.fr/quels-sont-les-benefices-et-les-desavantages-de-lagrivoltaisme>
131. Gollin, D. (2010). Agricultural productivity and economic growth. *Handbook of agricultural economics*, 4, 3825-3866.
132. Gollin, D. P. (2002). The Role of Agriculture in Development. *American Economic Review*, 92(2), 160-165.
133. Gompf, K. T. (2021). Using analytical hierarchy process (AHP) to introduce weights to social life cycle assessment of mobility. services. *Sustainability*, 13(3), 12-58.
134. Granger, L. (2023, 07 03). Organiser un atelier de travail. Récupéré sur Manager Go: <https://www.manager-go.com/gestion-de-projet/dossiers-methodes/conduire-un-workshop>
135. Gritti, E. S. (2006). Vulnerability of Mediterranean Basin ecosystems to climate change and invasion by exotic plant species. *Journal of Biogeography*, 33(1), 145-157.
136. Guillemette, F. (2006). L'approche de la Grounded Theory ; pour innover? *Recherches qualitatives*, 26(1), 32-50.
137. Guiot, L. (2022). Maraîchage sur Sol vivant en conditions méditerranéennes : expérimentation système pluriannuelle basée sur le non-travail du sol et la couverture permanente des inter-rangs. Torreilles: Sciences du Vivant [q-bio].

138. Gunderson, L. (2010). Ecological and human community resilience in response to natural disasters. *Ecology and society*, 15(2).
139. Gunderson, L. H. (2002). *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Island press.
140. Gurdjian, C. (2019, 10 15). Un réseau d'experts a publié un rapport sur les risques que court la Méditerranée à cause du réchauffement climatique. Leurs conclusions sont alarmantes. Voici un résumé condensé. Récupéré sur GEO : <https://www.geo.fr/environnement/les-pays-mediterraneens-risquent-gros-avec-le-rechauffement-climatique-198086>
141. Gustafson, S. (2017, Mai 18). L'intensification durable de l'agriculture. Récupéré sur Food Security Portal: <https://ssa.foodsecurityportal.org/fr/blog/-lintensification-durable-de-lagriculture>
142. Haji, J. L. (2017, 01 01). Impact of sedentarization program on the livelihood and food security of Ethiopian pastoralists. *Journal of Arid Environments*, 136, 45-53.
143. Hallegatte, S. &. (2008). Natural disasters impacting a macroeconomic model with endogenous dynamics. *Ecological Economics*, 68(1), 582-592.
144. Harbouze, R. P. (2019). Rapport de synthèse sur l'agriculture au Maroc. Montpellier: Doctoral dissertation, CIHEAM-IAMM.
145. Hart, R. D. (1982). One farm system in Honduras: a case study in farm systems research. *Readings in farming systems research and development*, 59-73.
146. Hayek, A. K. (2020). Analysis of the extreme and records values for temperature and precipitation in Lebanon. *Communications in Statistics: Case Studies, Data Analysis and Applications*, 6(4), 411-428.
147. HCR. (2016, 06 24). Les réfugiés et déplacés dans le monde en 2015, rapport HCR. Récupéré sur Géo confluentes : [http://geoconfluences.ens-lyon.fr/actualites/veille/les-refugies-et-deplaces-dans-le-monde-en-2015-rapport-hcr#:~:text=Selon%20le%20rapport%20statistique%20annuel,fran%C3%A7aise%20\(ou%20italienne\)%2C%20ou](http://geoconfluences.ens-lyon.fr/actualites/veille/les-refugies-et-deplaces-dans-le-monde-en-2015-rapport-hcr#:~:text=Selon%20le%20rapport%20statistique%20annuel,fran%C3%A7aise%20(ou%20italienne)%2C%20ou)
148. Hervieu, B. (2008). The future of agriculture and food in Mediterranean countries. Dans B. Hervieu. Paris, France : Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques (OFCE).
149. Hesse, C. (2012, Janvier). Écologie, équité et économie : repenser la politique des zones arides. Récupéré sur Opinion, leçons d'adaptation par la pratique : <https://www.ied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/17106FIIED.pdf>
150. Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Resilience and stability of ecological systems.*, 4(1), 1-23.
151. Holling, C. S. (2002). Sustainability and panarchies. *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems.*, 63,69.
152. Houghton, J. T. (2001). *Climate change 2001: The scientific basis*.
153. Howald, O. (1954). L'orientation de la production agricole, compte tenu des impératifs du milieu et de la structure agricole. *Économie rurale*. N°19, 1954. La petite région agricole. Contribution à l'étude et la réorientation de l'économie agricole d'une petite région., p : 61-67.
154. Hreiche, A. (2003). Modélisation conceptuelle de la transformation pluie-débit dans le contexte méditerranéen. Montpellier : Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc.

155. Huston, M. (1995). Saving the Planet. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, 76(2), 97-99.
156. IAEA. (2018, 03 29). Gestion de l'eau en agriculture. Récupéré sur Agence internationale de l'énergie : <https://www.iaea.org/fr/themes/gestion-de-leau-en-agriculture>
157. IPCC, I. P. (2023). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
158. Javadinejad, S. D. (2021, September). Analysis and prioritization the effective factors on increasing farmers resilience under climate change and drought. *Agricultural research*, 10, 497-513.
159. Jmp. (2023). Portail des connaissances statistiques Une introduction aux statistiques en ligne et gratuite. Récupéré sur Jmp Statistical Discovery: https://www.jmp.com/fr_fr/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation.html
160. Jolliffe, I. T. (2003). *Principal component analysis*. (Vol. 45). Alexandria: Technometrics.
161. Jones, J. V. (2021). Transforming food and agriculture to circular systems: a perspective for 2050. *Resource Magazine*, 28(2), 7-9.
162. Jules, J. P. (2023). Co-conception avec les producteurs de stratégies d'adaptation au changement climatique : le cas des exploitations agricoles en Haïti. *Cahiers Agricultures*, 32, 27.
163. Kabore, P. N. (2019). Perceptions du changement climatique, impacts environnementaux et stratégies endogènes d'adaptation par les producteurs du Centre-nord du Burkina Faso. *VertigO*, 19(1).
164. Kaine, G. W. (2005). Stability, resilience and sustainability in pasture-based grazing systems. *Agricultural Systems*, 27-48.
165. Kallab, A. M. (2023). *The socio-environmental impact of white phosphorous ammunition in south Lebanon analysis and risk mitigation strategies*. Beirut : American University of Beirut (AUB).
166. Kanj, F. (2018). *Outils et méthodes pour une politique territoriale de gestion raisonnée des pratiques agricoles : cas d'application dans la région de la Béqaa au Liban*. Montpellier : Université Paul-Valéry 3.
167. Karam, G. (2018). *Changement climatique à une échelle locale : cas de la plaine de la Beqaa au Liban*. Environnement et aménagement du territoire. Beyrouth : Université Saint-Joseph.
168. Karam, G. &. (2023). *Changement climatique et agriculture : Entre perception, réalité et pratiques dans la région semi-aride de la plaine de la Beqaa (Liban)*. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement.*, 23(2).
169. Karfakis, P. K. (2011). Effects of global warming on vulnerability to food insecurity in rural Nicaragua. *ESA Working Paper* 11-18.
170. Keating, B. A. (2010). Eco-efficient agriculture: Concepts, challenges, and opportunities. *Crop science*, 50, 109.
171. Kehdy, N. (2013). *La gestion intégrée quantitative de la ressource en eau souterraine, cas du kaza de Zahlé*. Beyrouth : Université Saint-Joseph.
172. Khabba S., L. P.-C. (2020, Juillet 10). *Vers une meilleure gestion de l'eau agricole en Méditerranée du Sud*. Récupéré sur centre National De La Recherche Scientifique :

173. Knapp, J. &. (2023). Agroecology: protecting, restoring, and promoting biodiversity. *BMC Ecology and Evolution*, 23(1), 1-3.
174. Kochuyt, T. (2004). La misère du Liban : une population appauvrie, peu d'état et plusieurs solidarités souterraines. *Revue Tiers Monde*, 515-537.
175. Korhonen, J. L. (2016). Adaptive enterprise architecture for the future: towards a reconceptualization of EA. Paris: IEEE 18th Conference on Business Informatics (CBI).
176. Kouassi, Y. F. (2019). Effets de fertilisants organique et organominéral à base de déchets végétaux et animaux sur la croissance et le rendement du soja (*glycine max (l.) merrill*) en zone de savane de Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 31(1), 21-32.
177. Kubursi, A. (1999). Prospects for Arab Economic Integration After Oslo. *Middle East Dilemma: Chapter 14*.
178. Lacey, H. (2021). The methodological strategies of agroecological research and the values with which they are linked. *Studies in History and Philosophy of Science*, 88, 292-302.
179. Lacirignola, C. (2016). Les objectifs de développement durable : opportunités méditerranéennes. 1-221.
180. Lallier, F. (1999). Liban : l'identité de la communauté druze du Chouf. *Maghreb-Machrek*, 3-15.
181. Le Velly, R. &. (2022). Agencing an innovative territorial trade scheme between crop and livestock farming: the contributions of the sociology of market agencements to alternative agri-food network analysis. Dans *Social Innovation and Sustainability Transition* (pp. 65-78). Switzerland: Springer Nature Switzerland.
182. Lehoux, N. &. (2004). Analyse multicritère. Montréal : École Polytechnique de Montréal.
183. Lelieveld, J. H. (2012). Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climatic change*, 114, 667-687.
184. Leroy, D. (. (2019). Farmers' Perceptions of and Adaptations to Water Scarcity in Colombian and Venezuelan Páramos in the Context of Climate Change. *Mountain Research and Development*, 39(2), R21-R34.
185. Li, L. B. (2006). Modelling regional-scale climate change of the Mediterranean. *Exchanges Newsletter*, 37.
186. Lmoussaoui, H. &. (2015). Évaluation des risques-projet par une approche AHP/WPM : Application à un projet réel BTP. Nancy, France : QUALITA.
187. LOJ. (2009, Juin 01). La subvention du tabac coûte au Trésor 35 millions de dollars par an. Récupéré sur Le commerce du Levant : <https://www.lecommercedulevant.com/article/14509-la-subvention-du-tabac-cote-au-trsor-35-millions-de-dollars-par-an>
188. Luers, A. L. (2003). A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global environmental change*, 255-267.
189. M.E.A. (2005). *Ecosystems and human well-being*. Washington, DC.: Island Press.
190. M.O.A. (2003). STRATEGIE ET POLITIQUE AGRICOLE Rapports de Synthèse Filières de la Production Végétale et Animale. Beirut : République Libanaise ministère de l'Agriculture Direction des Études et de la Coordination.

- 191.M.O.A. (2020). FRUITS ET LEGUMES AU LIBAN. Beyrouth: Ministry of Agriculture.
- 192.Maaz, T. W. (2018). Economic, policy, and social trends and challenges of introducing oilseed and pulse crops into dryland wheat cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 177-194.
- 193.MacDonald, A. M. (2015). Groundwater resources in the Indo-Gangetic Basin: resilience to climate change and abstraction.
- 194.Mądry, W. P. (2010). PHENOTYPIC DIVERSITY IN A SAMPLE OF BLACKCURRANT (*Ribes nigrum* L.) CULTIVARS MAINTAINED IN THE FRUIT BREEDING DEPARTMENT AT THE RESEARCH INSTITUTE OF POMOLOGY AND FLORICULTURE IN SKIERNIEWICE, POLAND. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 18(2), 23-37.
- 195.Magrát, J. (2004). L'eau des Méditerranéens–Situation et perspectives. Athènes/Grèce : Programme des Nations Unies pour l'Environnement & Plan d'action pour la Méditerranée.
- 196.Mahdhi, N. S. (2022). Changement climatique et stratégies d'adaptation des exploitations irriguées privées dans le Sud-est Tunisien : Cas de la zone de Gabès-nord. *Mediterranean journal of economics, agriculture and environment= Revue méditerranéenne d'économie, agriculture et environnement*, 89-108.
- 197.Manon, G. C. (2018). Ce que la résilience des systèmes alimentaires révèle des dynamiques de protection de l'eau en agriculture. *Temporalités. Revue de sciences sociales et humaines* (28).
- 198.Markou, M. K. (2006). Market and Trade Policies for Mediterranean Agriculture: The case of fruit/vegetable and olive oil MEDFROL PROJECT. 6th Framework program priority policy-oriented research Integrating and Strengthening the European Research Area. National agriculture policy -Algeria-.
- 199.Marriott, C. F. (2004). Long-term impacts of extensification of grassland management on biodiversity and productivity in upland areas. A review : *Agronomie*, 24(8), 447-467.
- 200.Martin, S. (2005). La résilience dans les modèles de systèmes écologiques et sociaux. Cachan : École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan.
- 201.Mayer, N. (2017, Novembre 05). Futura. Récupéré sur Futura sciences : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie-climat-mediterraneen-16806/>
- 202.MEA. (2005). Ecosystems and human well-being: health synthesis; a report of the millennium ecosystem assessment. Geneva : Island Press : Millennium Ecosystem Assessment.
- 203.MedECC. (2018, 12 21). La Méditerranée face au défi climatique. Récupéré sur Mediterranean Experts on Climate and environmental Change : <https://lemag.ird.fr/fr/la-mediterranee-face-au-defi-climatique>
- 204.MedECC. (2020, Novembre). Changement climatique. Récupéré sur Plan Bleu : <https://planbleu.org/page-theme/changement-climatique/>
- 205.Meehl, G. A. (2007). Global climate predictions. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- 206.Mendelsohn, R. (2000). Efficient adaptation to climat change. *Climatic change*, 45(3), 583-600.

207. Meri, M. (2020). Les types de résilience. Dans M. Meri, *La Résilience Socio-Économique et L'Adaptation Entre Covid-19 & Risques de Guerre*. London: Proudpen.
208. Mertz, O. M. (2009). Farmers' Perceptions of Climate Change and Agricultural Adaptation Strategies in Rural Sahel. *Environmental Management*, 43(5), 804-816.
209. Messarra, A. (2023, Février 01). Propriété foncière des nationaux et pluralisme au Liban. Récupéré sur Lorient Le Jour : <https://www.lorientlejour.com/article/1326614/propriete-fonciere-des-nationaux-et-pluralisme-au-liban.html>
210. Milestad, R. &. (2003). Building farm resilience: the prospects and challenges of organic farming. *Journal of sustainable agriculture*, 22(3), 81-97.
211. Millet, I. &. (2000). On the relativity of relative measures—accommodating both rank preservation and rank reversals in the AHP. *European Journal of Operational Research*, 121(1), 205-212.
212. Moa, F. &. (2010). RESULTATS GLOBAUX DU MODULE DE BASE DU RECENSEMENT DE L'AGRICULTURE 2010. Beyrouth : Bureau de la Coopération Italienne.
213. MOA. (2023, mars 22). La gestion de l'eau et l'adaptation au changement climatique en agriculture. Récupéré sur Agriculture.gouv.fr : <https://agriculture.gouv.fr/la-gestion-de-leau-et-ladaptation-au-changement-climatique-en-agriculture>
214. MOA. (S.d.). Stratégie politique agricole. Beirut : République Libanaise Ministère de l'Agriculture Direction des Études et de la Coordination.
215. Mondiale, B. (2008). *L'agriculture au service du développement*. Washington : Banque mondiale.
216. Montigaud, J.-C. S. (2004). *Les filiÈres fruits et légumes frais au Liban : structures, fonctionnement et perspectives*. Montpellier : UMR MOISA.
217. Montignac, F. M. (2009). *L'évaluation multicritère comme aide à l'orientation de la recherche : Application aux technologies de stockage embarqué de l'hydrogène*. Paris : Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision CNRS UMR 7024.
218. Nahas, C. (2001). *Stakeholder Analysis and Social Assessment for the Proposed Cultural Heritage and Tourism Development Project*. Beirut, Lebanon: Information International SAL.
219. Nair, P. R. (2021). *An introduction to agroforestry: four decades of scientific developments*. Cham : Springer.
220. Nassopoulos, H. (2012). *Les impacts du changement climatique sur les ressources en eaux en Méditerranée*. Paris: Doctoral dissertation, Université Paris-Est.
221. Naulleau, A. G. (2022). How can winegrowers adapt to climate change? A participatory modeling approach in southern France. *Agricultural Systems*.
222. Niang, I. (2009). Le changement climatique et ses impacts : les prévisions au niveau mondial. *Liaison énergie francophonie, (OCT)*, 13-20.
223. O'Neil, G. M. (2022). Perception des producteurs des changements climatiques et stratégies d'adaptation dans les systèmes de culture à base de maïs (*Zea mays*) au Nord-Bénin. *Annales de l'Université de Parakou-Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 1-14.
224. OCDE. (2022). *Gérer les risques climatiques et faire face aux pertes et aux dommages*. Paris : Organisation de coopération et de développement économiques, Éditions OCDE.

225. Odu, G. O. (2019). Weighting methods for multi-criteria decision-making technique. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(8), 1449-1457.
226. OLJ. (2023, 11 20). Plus de 47.000 oliviers brûlés au Liban-Sud lors des frappes israéliennes, selon le ministre de l'Agriculture. Récupéré sur L'Orient-le Jour : <https://www.lorientlejour.com/article/1358011/plus-de-47000-oliviers-brules-au-liban-sud-lors-des-frappes-israeliennes-selon-le-ministre-de-lagriculture.html>
227. Omar, A. R. (2015). FARMERS' PERCEPTION OF CLIMATE CHANGE IN RURAL DAMIETTA GOVERNORATE. *Egyptian Journal of Agricultural Sciences*, 66(1), 1-9.
228. ONU. (2020, Juillet 20). 10 choses à savoir au sujet de l'agriculture industrielle. Récupéré sur ONU programme pour l'environnement. : <https://www.unep.org/fr/actualites-et-recits/recit/10-choses-savoir-au-sujet-de-lagriculture-industrielle>
229. Opon, J. &. (2020). A multicriteria analytical framework for sustainability evaluation under methodological uncertainties. *Environmental Impact Assessment Review*, 83.
230. P. K. Ramachandran Nair, B. M. (2021). Other Agroforestry Systems and Practices. Dans *An Introduction to Agroforestry: Four Decades of Scientific Developments* (pp. 233-259). Cham : Springer International Publishing.
231. Pachauri, R. K. (2007). Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Genève : GIEC.
232. Pam. (2018, 09 01). L'agriculture, un secteur économique en difficulté au Liban. Récupéré sur Liban. Amélioration des compétences et opportunités professionnelles dans le secteur agricole (AFDAL) : <https://www.carefrance.org/projets/liban-agriculture-competences-professionnelles/>
233. Paramesh, V. R. (2022). Integrated farming system approaches to achieve food and nutritional security for enhancing profitability, employment, and climate resilience in India. *Food and energy security*, 11(2)e321.
234. Parsonson-Ensor, C. &. (2011). Exploratory research into the resilience of farming systems during periods of hardship. Nelson, New Zealand: Conference Paper/Presentation.
235. Pascual, U. P. (2007, 07 01). Developing incentives and economic mechanisms for in situ biodiversity conservation in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121(3), 256-268.
236. Patrick, P. V. (2011). L'intensification écologique : réflexions pour la mise en pratique de ce concept dans les zones de savane d'Afrique de l'Ouest. Partenariat, modélisation, expérimentations : quelles leçons pour la conception de l'innovation et l'intensification écologique ? 15.
237. Paul, B. F.-G. (2021). Diagnostic agro-socio-économique de la commune de Saint Michel de l'Attalaye (Haïti). Chibas : Doctoral dissertation, CIRAD ; Université de Quisqueya.
238. Penvern, S. L. (2023). Addressing the diversity of visions of ecologization in research and in support to agroecological transitions. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 47(9), 1403-1427.
239. Perez, C. J. (2015). How resilient are farming households and communities to a changing climate in Africa? A gender-based perspective. *Global Environmental Change*, 95-107.

240. Pernot, P. (2023, 11 06). Israël transforme le sud du Liban en « ruines fumantes ». Récupéré sur Reporterre le média de l'écologie : <https://reporterre.net/Israel-transforme-le-Sud-Liban-et-ses-oliviers-en-ruines-fumantes>
241. Petrovsky, A. B. (2012). Practical Applications of Choice Technologies. Dans Group Verbal Decision Analysis: Theory and Applications (pp. 193-211). Cham: Group Verbal Decision Analysis: Theory and Applications.
242. Petrovsky, A. B. (2023). Practical Applications of Choice Methods. Group Verbal Decision Analysis: Theory and Applications, 167-192.
243. PNUD, L. (2016). Constitution de la Tunisie : l'environnement dans la nouvelle constitution. Wahid Ferchichi, Septembre.
244. Rabbinge, R. &. (1992). Long-term options for land use in the European Community. Agricultural Systems, 40(1-3), 195-210.
245. Radwan, A. G.-N. (2011). Determinants of the adaption of organic agriculture in Egypt using a duration analysis technique. In 85th Agricultural Economic Society Annual Conference, 1-12.
246. Raji, W. (2018). The Lebanese Demographic Reality. Brill Journal.
247. Rakotoarivelo, J. B. (2015). Analyse comparative de méthodes multicritères d'aide à la décision pour le secteur financier (Doctoral dissertation. Toulouse : Doctoral dissertation, IRIT : Institut en Recherche Informatique de Toulouse.
248. Ramos, A. C. (2014). Application de la Méthode de l'Analyse Multicritère Hiérarchique à l'étude des glissements de terrain dans la région littorale du centre du Portugal : Figueira da Foz–Nazaré. Geo-Eco-Trop, 38(1), 33-44.
249. Rani, K. R. (2022). Legumes for agroecosystem services and sustainability. Dans K. R. Rani, Advances in Legumes for Sustainable Intensification (pp. 363-380). Academic Press.
250. Reggiani, A. D. (2002). Resilience: an evolutionary approach to spatial economic systems. Networks and Spatial Economics, 211-229.
251. Reidsma, P. E. (2009). Regional crop modelling in Europe: the impact of climatic conditions and farm characteristics on maize yields. Agricultural Systems, 51-60.
252. Reidsma, P. E. (2010). Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: the importance of farm level responses. European journal of agronomy, 32(1), 91-102.
253. Reynaud, A. (2009). Adaptation à court et à long terme de l'agriculture au risque de sécheresse : une approche par couplage de modèles biophysiques et économiques. Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement - Review of agricultural and environmental studies, 90, 121-154.
254. Reynolds, J. (2017). Desertification. Dans Reference Module in Life Sciences. United States: Elsevier.
255. rfi. (2024, 10 08). Liban : près de 14000 hectares agricoles perdus en raison des bombardements israéliens. Récupéré sur RFI : <https://www.rfi.fr/fr/moyen-orient/20241008-liban-près-de-14000-hectares-agricoles-perdus-en-raison-des-bombardements-israéliens>
256. Rivington, M. M. (2007). An integrated assessment approach to conduct analyses of climate change impacts on whole-farm systems. Environmental Modelling & Software, 22(2), 202-210.

257. Robertson, G. P. (2005). Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3(1), 38-46.
258. Rodriguez, D. D. (2011). The intrinsic plasticity of farm businesses and their resilience to change. An Australian example. *Field Crops Research*, 124(2), 157-170.
259. Ross, A. M. (2008). Defining changeability: Reconciling flexibility, adaptability, scalability, modifiability, and robustness for maintaining system lifecycle value. *Systems engineering*, 246-262.
260. Saade, R. F. (1973). RÉALITÉS DE L'AGRICULTURE LIBANAISE. *Revue Tiers Monde*, 14(54), 425-36.
261. Saaty, T. L. (2005). Making and validating complex decisions with the AHP/ANP. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 1-36.
262. Sanlaville, P. (1963). Les régions agricoles du Liban. *Géocarrefour*, 38(1), 47-90.
263. Sarr, B. A. (2015). Adapting to climate variability and change in smallholder farming communities: A case study from Burkina Faso, Chad and Niger. *Journal of agricultural extension and rural development*, 7(1), 16-27.
264. Scharlig, A. (1985). Décider sur plusieurs critères. *Panorama de l'aide à la décision multicritère*, Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
265. Schmidt, M. P. (2016). Pastoral livelihoods under pressure: Ecological, political and socioeconomic transitions in Afar (Ethiopia) Author links open overlay panel. *Journal of Arid Environments*, 124, 22-30.
266. Sewell, A. (2022, 25 juillet). Le déclin du secteur agricole libanais a été moins prononcé en 2021. Récupéré sur L'orient-le jour : <https://www.lorientlejour.com/article/1306673/le-declin-du-secteur-agricole-libanais-a-ete-moins-prononce-en-2021.html>
267. Shaban, A. (2009). Indicators and aspects of hydrological drought in Lebanon. *Water resources management*, 23(10), 1875-1891.
268. Shaban, A. D. (2015). Évaluation des caractéristiques physiques et des risques naturels dans le bassin versant du Nahr Ibrahim. *Du Mont Liban aux Sierras d'Espagne : sols, eau et sociétés en montagne. Autour du projet franco-libanais CEDRE" Nahr Ibrahim*, 739-50.
269. Shalander, K. (2014). Assessing different systems for enhancing farm income and resilience in extreme dry region of India. *New South Wales, Australia*.
270. Sinnes, R. (2021, aout 02). Liban : une crise socio-économique engendrée par la "désintégration" de l'État. Récupéré sur information.tv5monde : <https://information.tv5monde.com/international/liban-une-crise-socio-economique-engendree-par-la-desintegration-de-letat-35541>
271. Sivakumar, M. V. (2005, 05 01). Impacts of Present and Future Climate Variability and Change on Agriculture and Forestry in the Arid and Semi-Arid Tropics. *Climatic Change*, 70(1), 31-72.
272. SMAG. (2021, 08 27). Big data en agriculture : la révolution des données agricoles. Récupéré sur Smart Agriculture : <https://smag.tech/blog/big-data-en-agriculture-la-revolution-des-donnees-agricoles/>
273. Smit, B. &. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 282-292.

274. Smith, P. M. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical transactions of the royal Society B: Biological Sciences*, 789-813.
275. Sohrabi, M. H. (2010). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of yield in dryland wheat cultivars under supplemental irrigation conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(2), 400-403.
276. Somot, S. S. (2008). 21st century climate change scenario for the Mediterranean using a coupled atmosphere–ocean regional climate model. *Global and Planetary Change*, 63(2-3), 112-126.
277. Sonko, S. M. (2021). Biodiversity and landscape diversity as indicators of sustainable development. *E3S Web of Conferences*, 255, 01046.
278. Souissi, I. B. (2017). Impact assessment of climate change on farming systems in the South Mediterranean area: a Tunisian case study. *Regional environmental change.*, 18, 637-650.
279. Souli, I. C. (2015). Étapes à suivre dans une analyse qualitative de données selon trois méthodes d'analyse : la théorisation ancrée de Strauss et Corbin, la méthode d'analyse qualitative de Miles et Huberman et l'analyse thématique de Paillé et Mucchielli, une revue de la li. *Revue Francophone Internationale de Recherche Infirmière*, 1(3), 161-168.
280. Sudin, M. N. (2018). AHP method and application example for the robust Multi-Criteria design concept selection. *ARNP journal of engineering and applied science*, 2107-2114.
281. Sundstrom, S. M. (2023). Resilience theory and coerced resilience in agriculture. *Agricultural Systems*, 206.
282. Sune, H. (2011, Octobre 25). THE HISTORIOGRAPHY AND THE MEMORY OF THE LEBANESE CIVIL WAR. Récupéré sur SciencesPo : <https://www.sciencespo.fr/mass-violence-war-massacre-resistance/fr/document/historiography-and-memory-lebanese-civil-war.html>
283. Sunjoyo, N. (2023, Mars 31). Agriculture et alimentation. Récupéré sur La banque mondiale : <https://www.banquemondiale.org/fr/topic/agriculture/overview>
284. Tager, C. (2024, Septembre 02). Guerre Israël-Hezbollah : une facture trop salée pour le Liban. Récupéré sur ICI BEYROUTH : <https://icibeyrouth.com/articles/379541/guerre-israel-hezbollah-une-facture-trop-salee-pour-le-liban>
285. Tallal, S. (2018). Le développement dans l'impasse : femme et politique au Liban. Grenoble : Master « Intégration et mutation en Méditerranée et au Moyen-Orient ».
286. Tallon, H. D. (2013). Penser la pluriactivité dans le Haut-Languedoc : registres de justification et dispositif d'accompagnement. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 93-117.
287. Tarrasón, D. R. (2016, 01 01). Land degradation assessment through an ecosystem services lens: Integrating knowledge and methods in pastoral semi-arid systems. *Journal of Arid Environments*, 124, 205-213.
288. Tassin, C. (2017). Chapitre 1. Le climat, facteur dominant. Dans *Paysages végétaux du domaine méditerranéen : Bassin méditerranéen, Californie, Chili central, Afrique du Sud, Australie méridionale* (pp. 15-38). Marseille : IRD Éditions.
289. Tchounand, R. (2023, juillet 04). Trente ans de promotion de l'import-export africain : quel bilan ? Récupéré sur Afrique la tribune :

- <https://afrique.latribune.fr/economie/2023-07-04/trente-ans-de-promotion-de-l-import-export-africain-quel-bilan-967480.html>
290. Téchené, V. (2021, janvier 13). Coopératives agricoles : précisions importantes sur le défaut d'immatriculation et ses conséquences. Récupéré sur lexbase : <https://www.lexbase.fr/article-juridique/64018283-cita9danslarubriquebsocia9ta9sbtitrec2abnbspicoopa9rativesagricolespra9cisionsimpourtantess>
 291. Thakur, V. (2018). Farmer Resilience Understanding and Measuring One Acre Fund Program Impact in Six Countries. Academia.
 292. Thibaud, C. (2021, 11 02). L'Espagne, entre avancée de la désertification et destruction du littoral. Récupéré sur LesEchos: <https://www.lesechos.fr/thema/articles/lespagne-entre-avancee-de-la-desertification-et-destruction-du-littoral-1360141>
 293. Thomas, E. (1963). Sociétés Coopératives Agricoles et problèmes spécifiques de leur gestion. *Management International*, 3(2), 65-76.
 294. Thornton, P. K. (2011). Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4 C+ world. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences.*, 369(1934), 117-136.
 295. Tilman, D. C. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
 296. Tittone, P. (2020). Assessing resilience and adaptability in agroecological transitions. *Agricultural Systems*, 184.
 297. Topalian, N. (2020, 11 09). Le Liban fixe ses priorités pour la nouvelle phase du plan pluriannuel de réponse à la crise. Récupéré sur AL-MASHAREQ : https://almashareq.com/fr/articles/cnmi_am/features/2020/11/09/feature-01
 298. Torquebiau, E. (2015). Amélioration de l'adaptation des cultures à la sécheresse en zone de savane africaine. Dans *Changement climatique et agricultures du monde* (p. 63). Versailles.
 299. Traboulsi, M. (2014, Novembre 21). Le réchauffement climatique au Proche-Orient : une évolution inquiétante. Récupéré sur ArchéOrient - Le Blog : <https://archeorient.hypotheses.org/3411>
 300. Trésor, D.-D. g. (2022, Novembre 10). Le secteur agricole au Liban. Récupéré sur ministère de l'Économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique : <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Pays/LB/le-secteur-agricole-au-liban>
 301. UNCCD. (2000). An introduction to the United Nations Convention to Combat Desertification. Récupéré sur Fact sheet : https://catalogue.unccd.int/935_factsheets-eng.pdf
 302. UNESCO. (1977). Carte numérique mondiale des zones arides. Récupéré sur aridityworldmap: <http://www.aridityworldmap.org/map>
 303. UNHCR. (2015). Baalbek-Hermel Governorate Profil.
 304. Valette, J. A. (2018). Les coopératives résistent-elles mieux ? Une analyse de survie des coopératives agricoles françaises. *Finance Contrôle Stratégie*, 21(2).
 305. van Ittersum, M. E. (2008). Integrated assessment of agricultural and environmental policies—a modular framework for the EU (SEAMLESS). *Agricultural Systems*, 150-165.
 306. Verdeil, E. F. (2013). Chapitre 5 : L'économie. Dans *Atlas du Liban* (pp. p.116-135). Beyrouth : Ifpo.

307. Verdeil, É. F. (2018). Atlas du Liban : Les nouveaux défis. Beirut : Presses de l'Ifpo.
308. Vissoh, P. V. (2012). Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements climatiques : le cas des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Bénin. Archives de sciences sociales des religions, 260, 479-492.
309. Walker, B. G. (2006). A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. Ecology and society, 11(1).
310. Walker, B. H. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. Ecology and society, 9(2).
311. Wallonia, B. (2020). Indicateurs économiques. Bruxelles: Export investment.
312. Wheeler, T. &. (2013). Climate change impacts on global food security. Science, 341(6145), 508-513.
313. White R.P., N. J. (2003). Drylands, People, and Ecosystem Goods and Services. Récupéré sur World resources institute : <https://www.wri.org/drylands-people-and-ecosystem-goods-and-services>
314. Woloszyn, P. (2018, Mai). Les structures évolutives de la résilience. Récupéré sur Vertigo, la revue électronique en sciences de l'environnement : <https://journals.openedition.org/vertigo/19252>
315. Yegbemey, R. N. (2014). Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique : cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest). Cahiers Agricultures, 23(3), 177-187.
316. Yigezu, Y. A.-H.-S.-A. (2013). Implications of a shift in irrigation technology on resource use efficiency: A Syrian case. Agricultural Systems, 118, 14-22.
317. Ziani, A. (2021). Comparaison quantitative et qualitative de frameworks de développement web. Institutional Repository - Research Portal Dépôt Institutionnel - Portail de la Recherche.