

THÈSE POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER

En Économie

École Doctorale Économie et Gestion

Unité de recherche : Centre d'Économie de l'Environnement – Montpellier (CEE-M)

**Vulnérabilité des exploitations agricoles et préférences
d'adaptation au changement climatique dans le
territoire du Pays Haut Languedoc et vignoble (PHLV)**

Présentée par Abderraouf ZAATRA

Le 08 Juillet 2021

Sous la direction de Hélène REY-VALETTE
et Mélanie REQUIER-DESJARDINS

Devant le jury composé de

Jean-Marc TOUZARD, Directeur de recherche, INRAE

Charilaos KEPHALIACOS, Professeur, ENSFEA, Université de Toulouse

Jean-Paul VANDERLINDEN, Professeur, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines

Benjamin SULTAN, Directeur de recherche, IRD

Laurence TKACZUK, chargée de mission, syndicat mixte du PHLV

Président du jury

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Invitée



UNIVERSITÉ
DE MONTPELLIER

« La faculté n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leur auteur ».

Résumé

Plusieurs études confirment une accélération sans précédent du changement climatique (CC), qui présente une source omniprésente de risque pour l'agriculture. Dans les politiques publiques, le CC est devenu un sujet de préoccupation. Bien que, le secteur agricole soit reconnu comme particulièrement sensible aux effets du CC, les politiques publiques sont davantage tournées vers des approches en termes d'économie d'énergie (PCAET : plan climat-air-énergie territorial) et ont privilégié des mesures de mitigation aux dépens des mesures d'adaptation pour le secteur et les territoires agricoles. En effet, les principales options avancées pour l'agriculture et les territoires ruraux concernent la production d'énergie renouvelable, l'intensification de la séquestration du carbone et la gestion des ressources en eau. Pour progresser dans la mise en œuvre des politiques d'adaptation dans l'agriculture, il est nécessaire de développer une approche intégrée plus cohérente mobilisant des approches sur le développement territorial, sur l'évaluation de la vulnérabilité et sur la faisabilité et l'acceptabilité des mesures d'adaptation.

Dans le territoire du Pays Haut Languedoc et Vignoble (PHLV) marqué par une forte ruralité, le CC présente un risque majeur pour l'agriculture qui constitue un socle sur lequel repose l'économie territoriale. Cette sensibilité particulière au climat et cette forte dépendance à l'agriculture font de ce territoire un champ d'investigations privilégié. En alliant travaux empiriques et théoriques, cette thèse propose un cadre de recherche opérationnel permet de contribuer à une meilleure compréhension de la vulnérabilité des différents systèmes agricoles et de fournir des informations précieuses sur la prise de décision au niveau des exploitations agricoles en ce qui concerne l'adaptation. D'abord, l'analyse multicritère de la vulnérabilité a permis d'évaluer le niveau de vulnérabilité des différents types d'exploitations. Cette première analyse est ensuite complétée par une analyse discriminante pour déterminer les principaux facteurs de vulnérabilité. Enfin, le modèle économétrique (méthode de discrete choice experiment (DCE)) a permis d'évaluer les préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation et de déterminer les principaux facteurs qui influencent leurs décisions d'adopter des mesures d'adaptation.

Les résultats indiquent que la majorité des exploitations enquêtées ont un indice de vulnérabilité relativement élevé et ce sont les exploitations viticoles et des grandes cultures qui sont les plus vulnérables. Il ressort de cette analyse un lien intéressant entre le faible niveau de vulnérabilité et les efforts d'adaptation déjà réalisés au cours des dix dernières années (irrigation, diversification, gestion durable du sol, etc.) par certaines exploitations qui ont changé ou introduit des cultures et ont amélioré leurs pratiques culturales. Enfin nos résultats montrent que les agriculteurs ont des préférences qui penchent vers l'irrigation et la diversification variétale à court terme. Par ailleurs, la volonté des agriculteurs d'adopter une mesure d'adaptation dépend cinq principaux facteurs (L'expérience agricole, la SAU, l'âge, le niveau de vulnérabilité et le projet de transmission de l'exploitation).

Mots clés : Vulnérabilité, Adaptation, Changement climatiques, Analyse multicritères, Discrete choice experiment, Préférences

Abstract

Several studies confirm an unprecedented acceleration in climate change (CC), which presents a pervasive source of risk to agriculture. In public policy, CC has become a matter of concern. Although the agricultural sector is recognized as particularly sensitive to the effects of CC, public policies are more oriented towards approaches in terms of energy saving (PCAET: Territorial Climate-Air-Energy Plan) and have favored measures of mitigation at the expense of adaptation measures for the agricultural sector and territories. Indeed, the main options put forward for agriculture and rural areas concern the production of renewable energy, the intensification of carbon sequestration and the management of water resources. To progress in the implementation of adaptation policies in agriculture, it is necessary to develop a more coherent integrated approach mobilizing approaches on territorial development, on vulnerability assessment and on feasibility and acceptability of adaptation measures.

In the territory of the Pays Haut Languedoc et Vignoble (PHLV) which is marked by a strong rurality, CC presents a major risk for agriculture, a sector constituting a base on which rests the territorial economy. This particular sensitivity to the climate and this strong dependence on agriculture make this territory a privileged field of investigation. By combining empirical and theoretical work, this thesis offers an operational research framework that contributes to a better understanding of the vulnerability of different agricultural systems and provides valuable information on decision-making at the farm level with regard to adaptation. First, the multi-criteria vulnerability analysis made it possible to assess the level of vulnerability of the different types of farms. This first analysis is then supplemented by a discriminant analysis to determine the main vulnerability factors. Finally, the econometric model (method of Discrete Choice Experiment (DCE)) made it possible to assess farmers' preferences with respect to adaptation methods and to determine the main factors that influence their decisions to adopt these measures of adaptation.

Results indicate that the majority of the surveyed farms have a relatively high vulnerability index, with vineyards and field crop farms being the most vulnerable. This analysis shows an interesting link between the low level of vulnerability and the adaptation efforts already made over the past ten years (irrigation, diversification, sustainable soil management, etc.) by certain farms that have changed or introduced crops and improved their cultivation practices. Finally, results show that farmers have preferences that lean towards irrigation and varietal diversification in the short term. In addition, the willingness of farmers to adopt an adaptation measure depends on five main factors (agricultural experience, UAA, age, level of vulnerability and the farm's transmission plan).

Keywords: Vulnerability, Adaptation, Climate change, Multicriteria analysis, Discrete choice express, Preferences

Remerciement

C'est avec un grand plaisir que je remercie chaleureusement toutes les personnes qui m'ont soutenu pendant la réalisation de ma thèse.

Ma première pensée va à ma directrice de thèse Hélène REY-VALETTE. Je présente ici toute ma gratitude pour la confiance qu'elle m'a accordée, pour la qualité de son encadrement et pour l'aide et le soutien qu'elle m'a apporté tout au long de cette thèse. Cette thèse n'aurait pas été possible sans le soutien de Mélanie REQUIER-DESJARDINS, enseignante-chercheuse au sein de l'IAMM qui m'a permis, grâce à son professionnalisme et son savoir d'avancer pas à pas durant l'élaboration de cette thèse. Son aide, ces encouragements et sa disponibilité, tout au long de la préparation de cette thèse m'ont été d'une grande utilité.

J'adresse aussi mes sincères remerciements aux membres de mon comité de suivi. Je remercie Thierry BLAYAC pour son soutien, sa réactivité et surtout la qualité de son expertise sur la méthode de DCE. Je remercie également Hatem BELHOUCHE pour d'avoir été disponible pour de nombreux échanges enrichissants tout au long de cette thèse.

Je remercie Jean-Marc TOUZARD, Charilaos KEPHALIACOS, Benjamin SULTAN, Jean-Paul VANDERLINDEN et Laurence TKACZUK qui ont accepté de faire partie du jury de cette thèse. Je vous suis reconnaissant de m'avoir accordé tout le temps nécessaire à l'évaluation de cette recherche.

Cette thèse a été financée par la plateforme doctorale de LAMES. Un grand merci à l'IAMM, à ce titre, je tiens à exprimer ma reconnaissance et mes remerciements envers tous les personnels de l'IAMM.

Cette thèse n'aurait pu être menée à bien sans la disponibilité et l'accueil chaleureux du syndicat mixte du Pays Haut Languedoc et Vignobles et plus particulièrement Corine ROGER et Laurence TKACZUK qui m'ont facilité la phase de collecte de données auprès des acteurs locaux et des agriculteurs.

Cette thèse n'a pas pu être réalisée sans le soutien de ma famille et mes amis. Ils ont contribué de près ou de loin à l'avancement de mon travail en ayant confiance en moi et en me transférant leurs énergies positives. Ils m'ont toujours accordé l'amour, le soutien moral et les encouragements très importants dans les moments de doute et de découragement.

En fin je tiens à remercier toutes les personnes qui je n'ai pas encore cités et qui ont néanmoins répondu à toutes mes interrogations.

Je dédie cette thèse à mes chers parents, à ma chère femme, à mes chers frères, à mes chères sœurs, à mes chers enseignants et à tous mes amis.

SOMMAIRE

| | |
|---|-------------|
| LISTE DES ACRONYMES | VII |
| LISTE DES FIGURES | IX |
| LISTE DES TABLEAUX | XI |
| LISTE DES ANNEXES | XIII |
| INTRODUCTION GÉNÉRALE | 1 |
| PARTIE 1. ÉTAT DE L'ART SUR LA VULNÉRABILITÉ ET L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE | 15 |
| CHAPITRE 1. CONCEPTUALISATION ET ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AU CHANGEMENT CLIMATIQUE | 17 |
| 1.1. <i>Terminologie</i> | 18 |
| 1.2. <i>Évolution du concept de la vulnérabilité</i> | 19 |
| 1.3. <i>La vulnérabilité au changement climatique</i> | 21 |
| 1.4. <i>Les composantes de la vulnérabilité</i> | 22 |
| 1.5. <i>Les principaux facteurs de la vulnérabilité</i> | 28 |
| 1.6. <i>Approches conceptuelles et évaluation de la vulnérabilité</i> | 29 |
| 1.7. <i>Récapitulatif</i> | 35 |
| CHAPITRE 2. L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE | 38 |
| 2.1. <i>Introduction</i> | 39 |
| 2.2. <i>L'adaptation au changement climatique</i> | 40 |
| 2.3. <i>Caractéristiques de l'adaptation au CC</i> | 43 |
| 2.4. <i>Les objectifs de l'adaptation au CC</i> | 46 |
| 2.5. <i>Le processus d'adaptation</i> | 47 |
| 2.6. <i>Contraintes à l'adaptation</i> | 49 |
| 2.7. <i>Les risques de maladaptation</i> | 52 |
| 2.8. <i>Les processus d'adaptation</i> | 52 |
| 2.9. <i>Résumé</i> | 56 |
| PARTIE 2 : MÉTHODOLOGIE | 58 |
| CHAPITRE 3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET PROTOCOLES DE COLLECTE DES DONNÉES | 62 |
| 3.1. <i>Présentation de la zone d'étude</i> | 63 |
| 3.2. <i>Contexte climatique du territoire du PHLV</i> | 72 |
| 3.3. <i>Protocoles de collectes des données</i> | 77 |
| 3.4. <i>Résumé</i> | 81 |
| CHAPITRE 4. ÉVALUATION MULTICRITÈRE DE LA VULNÉRABILITÉ DES EXPLOITATIONS AGRICOLES | 83 |
| 4.1. <i>Démarche globale de l'évaluation de la vulnérabilité</i> | 84 |
| 4.2. <i>L'exposition des exploitations agricoles au CC</i> | 88 |
| 4.3. <i>La sensibilité des exploitations agricoles</i> | 90 |
| 4.4. <i>La Capacité d'Adaptation des exploitations agricoles</i> | 96 |
| 4.5. <i>Résumé</i> | 122 |
| CHAPITRE 5. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DES PRÉFÉRENCES DES AGRICULTEURS VIS-À-VIS DES MODES D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE | 123 |
| 5.1. <i>Introduction</i> | 124 |
| 5.2. <i>Enjeux et principes de la construction d'un DCE pour évaluer les stratégies d'adaptation</i> | 124 |

| | | |
|--|--|------------|
| 5.3. | <i>Définition des options d'adaptation</i> | 125 |
| 5.4. | <i>Sélection des attributs et définition des niveaux</i> | 126 |
| 5.5. | <i>Le design expérimental</i> | 128 |
| 5.6. | <i>Passation de l'enquête</i> | 130 |
| 5.7. | <i>Analyse économétrique et interprétation</i> | 130 |
| PARTIE 3 : RÉSULTATS | | 136 |
| CHAPITRE 6. PERCEPTIONS DES ACTEURS LOCAUX ET PRINCIPAUX RÉSULTATS DESCRIPTIFS | | 138 |
| 6.1. | <i>Les impacts du CC déjà observés sur le territoire du PHLV</i> | 139 |
| 6.2. | <i>Analyse descriptive de l'enquête auprès des agriculteurs</i> | 143 |
| CHAPITRE 7. CARACTÉRISATION ET ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DANS LE TERRITOIRE DU PHLV | | 152 |
| 7.1. | <i>L'exposition des exploitations agricoles au CC</i> | 153 |
| 7.2. | <i>La sensibilité des exploitations agricoles</i> | 158 |
| 7.3. | <i>Capacité d'adaptation des exploitations agricoles</i> | 166 |
| 7.4. | <i>Importance des facteurs de la vulnérabilité selon les déclarations des agriculteurs</i> | 176 |
| 7.5. | <i>Évaluation de la vulnérabilité calculée et déclarée des exploitations agricoles</i> | 177 |
| 7.6. | <i>Typologie des exploitations en fonction de leur vulnérabilité</i> | 179 |
| 7.7. | <i>Résumé</i> | 183 |
| CHAPITRE 8. ÉVALUATION DES PRÉFÉRENCES D'ADAPTATION DES AGRICULTEURS | | 184 |
| 8.1. | <i>Quelques statistiques descriptives et présentation des réponses des agriculteurs</i> | 185 |
| 8.2. | <i>Estimation des modèles</i> | 186 |
| 8.3. | <i>L'utilité et la probabilité des différentes options d'adaptation</i> | 189 |
| 8.4. | <i>Consentement à payer</i> | 190 |
| 8.5. | <i>Les variables explicatives caractérisant les choix des agriculteurs</i> | 192 |
| 8.6. | <i>Les élasticités</i> | 195 |
| 8.7. | <i>Résumé</i> | 197 |
| DISCUSSION GÉNÉRALE | | 199 |
| 9.1. | SYNTHESE DES PRINCIPAUX APPORTS | 200 |
| 9.1.1. | <i>L'apport d'une évaluation de la vulnérabilité associant les déclarations des agriculteurs</i> | 200 |
| 9.1.2. | <i>Acceptabilité sociale des mesures d'adaptation</i> | 207 |
| 9.1.3. | <i>L'apport de l'analyse de la vulnérabilité et de préférences d'adaptation aux politiques sectorielle et territoriale</i> | 210 |
| 9.2. | IMPLICATIONS POUR L'AIDE A LA DECISION..... | 216 |
| 9.2.1. | <i>Une prise de conscience globale de l'adaptation</i> | 216 |
| 9.2.2. | <i>Vers une approche d'adaptation multi acteurs et multiniveaux</i> | 219 |
| 9.3. | LES LIMITES | 226 |
| 9.4. | PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS | 228 |
| ANNEXES | | 232 |
| BIBLIOGRAPHIE | | 259 |

LISTE DES ACRONYMES

ACH : Association climatologique de l'Hérault

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

Bac : Baccalauréat

BEP : Brevet d'Études Professionnelles

CA : Capacité d'Adaptation

CAP : Consentement À Payer

CAP : Certificat d'Aptitude Professionnelle

CAR : Consentement À Recevoir

CC : Changement Climatique

CCR : Caisse Centrale de Réassurance

CSFED : Comité Scientifique Français de la Désertification (CSFD)

DCE : Discret Choice Exprimment

EARL : Exploitation Agricole à Responsabilité Limitée

EEA : European Environment Agency

FVD : Faire Valoir Direct

FVI : Faire Valoir Indirect

GAEC : Groupement Agricole d'Exploitation en Commun

GES : Gaz à Effet de Serre

GFA : Groupement Foncier Agricole

GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat

IAE : Infrastructures Agroécologiques

IDEA : Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles

IIA : Independence of Irrelevant Alternatives

INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONERC : Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique

ONU : Organisation des Nations Unies

OPA : Organisation Professionnelle Agricole

PBS : Production Brute Standard

PCAET : Plan Climat-Air-Énergie Territorial

PHLV : Pays Haut Languedoc et Vignobles

SAU : Surface Agricole Utilisée

SCEA : Société Civile d'Exploitation Agricole

SIG : Système d'Information Géographique

UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change

WWAP: World Water Assessment Programme

WWF: World Wide Fund For Nature

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|------------|
| <i>Figure 1: Carte des impacts potentiels du CC en France métropolitaine au-delà de 2050.....</i> | <i>5</i> |
| <i>Figure 2: Présentation du territoire du PHLV.....</i> | <i>11</i> |
| <i>Figure 3: Schéma directeur de la démarche méthodologique générale.....</i> | <i>14</i> |
| <i>Figure 4: Les différents concepts de la vulnérabilité.....</i> | <i>21</i> |
| <i>Figure 5: Les composantes de la vulnérabilité.....</i> | <i>22</i> |
| <i>Figure 6: Comparaison des composantes de la vulnérabilité au changement climatique entre le 4^{ème} et le 5^{ème} rapport du GIEC.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Figure 7: Outil de visualisation: diagramme de la vulnérabilité.....</i> | <i>27</i> |
| <i>Figure 8 : Schéma récapitulatif.....</i> | <i>36</i> |
| <i>Figure 9: Caractéristiques de l'adaptation au CC.....</i> | <i>45</i> |
| <i>Figure 10: Phases et étapes du processus d'adaptation.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Figure 11: Types d'adaptation en fonction des niveaux du CC dans le cas de l'agriculture.....</i> | <i>54</i> |
| <i>Figure 12: Démarche méthodologique globale.....</i> | <i>61</i> |
| <i>Figure 13: Évolution de la population du territoire du PHLV.....</i> | <i>63</i> |
| <i>Figure 14: Répartition de la population de 2015 de territoire de PHLV en fonction des différentes communes.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Figure 15: Ratio de dépendance démographique 2015.....</i> | <i>66</i> |
| <i>Figure 16: Taux de chômage : population entre 15 ans et 64 ans (2015).....</i> | <i>67</i> |
| <i>Figure 17: Pourcentage de la population de 16 ans ou plus diplômée au moins du CAP ou du BEP en 2014.....</i> | <i>68</i> |
| <i>Figure 18: Occupation des sols de territoire du PHLV 2016.....</i> | <i>69</i> |
| <i>Figure 19: Évolution de l'occupation du sol du territoire du PHLV.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Figure 20: Répartition des superficies agricoles utilisées du territoire du PHLV.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Figure 21: Évolution du nombre d'exploitations agricoles et de la SAU totale.....</i> | <i>72</i> |
| <i>Figure 22: Évolution de la température moyenne annuelle en °C (station Roquebrun).....</i> | <i>73</i> |
| <i>Figure 23: Anomalie de la température moyenne annuelle en °C (station Roquebrun).....</i> | <i>74</i> |
| <i>Figure 24: Évolution de la température moyenne saisonnière en °C (station Roquebrun).....</i> | <i>74</i> |
| <i>Figure 25: Évolution des cumuls annuels de précipitations en mm/an de 1961 au 2017 (station Roquebrun).....</i> | <i>75</i> |
| <i>Figure 26: Les différents acteurs locaux enquêtés.....</i> | <i>78</i> |
| <i>Figure 27: Présentation du territoire du PHLV et du nombre d'enquêtes réalisées par commune.....</i> | <i>80</i> |
| <i>Figure 28: Cadre conceptuel de l'évaluation de la vulnérabilité.....</i> | <i>84</i> |
| <i>Figure 29: Modèle basé sur les moyens de subsistances d'une exploitation agricole, inspiré du modèle "assets-based" de Pretty et Hine (2000).....</i> | <i>97</i> |
| <i>Figure 30: Étapes clés pour développer un Discrete Choice Experiments (DCE).....</i> | <i>124</i> |
| <i>Figure 31: Répartition des agriculteurs par tranche d'âge.....</i> | <i>143</i> |
| <i>Figure 32: Niveau de formation principale des agriculteurs enquêtés.....</i> | <i>144</i> |
| <i>Figure 33: Expérience agricole des agriculteurs.....</i> | <i>145</i> |
| <i>Figure 34: Répartitions des exploitations agricoles en fonction de surface irriguée.....</i> | <i>148</i> |
| <i>Figure 35: Les principales contraintes rencontrées par les exploitations agricoles.....</i> | <i>151</i> |
| <i>Figure 36: La distribution des notes attribuées par les agriculteurs aux différents aléas climatiques étudiés.....</i> | <i>155</i> |
| <i>Figure 37: Exposition calculée et déclarée des différentes exploitations agricoles.....</i> | <i>156</i> |
| <i>Figure 38: Exposition déclarée des exploitations agricoles de la plaine et de la montagne.....</i> | <i>157</i> |
| <i>Figure 39: Distribution des notes attribuées au type de sol en fonction des différentes cultures.....</i> | <i>161</i> |

| | |
|---|------------|
| <i>Figure 40: Distribution des notes attribuées à la diversification variétale en fonction des différentes cultures.....</i> | <i>161</i> |
| <i>Figure 41: Distribution des notes attribuées à la diversification culturelle en fonction des différents types des exploitations.....</i> | <i>162</i> |
| <i>Figure 42: Distribution des notes attribuées à l'âge des arbres en fonction des cultures pérennes... </i> | <i>163</i> |
| <i>Figure 43: Distribution des notes attribuées à l'orientation des parcelles en fonction des cultures pérennes</i> | <i>163</i> |
| <i>Figure 44: Sensibilités déclarée des exploitations en plaine et en montagne.....</i> | <i>165</i> |
| <i>Figure 45: Distribution des notes attribuées aux différentes variables de la CA liée au capital humaine</i> | <i>170</i> |
| <i>Figure 46: Distribution notes attribuées aux différentes variables de la CA liée au capital économique</i> | <i>171</i> |
| <i>Figure 47: Distribution des notes attribuées à l'irrigation en fonction des différents systèmes de cultures.....</i> | <i>172</i> |
| <i>Figure 48: Distribution des notes attribuées aux infrastructures agro-écologiques en fonction des différentes cultures</i> | <i>173</i> |
| <i>Figure 49: Distribution des notes attribuées à la gestion du sol en fonction des différentes cultures</i> | <i>173</i> |
| <i>Figure 50: Distribution des notes attribuées à la gestion des plantes en fonction des différentes cultures.....</i> | <i>174</i> |
| <i>Figure 51: Comparaison entre la vulnérabilité déclarée des exploitations en plaine et des exploitations en montagne.....</i> | <i>179</i> |
| <i>Figure 52: Typologie des exploitations en fonction des niveaux de vulnérabilité déclarée.....</i> | <i>180</i> |
| <i>Figure 53: Part relative des modes d'adaptation</i> | <i>186</i> |
| <i>Figure 54: Préférences des agriculteurs en fonction de leurs niveaux de vulnérabilité.....</i> | <i>195</i> |
| <i>Figure 55: Importance des facteurs de la vulnérabilité selon les déclarations des agriculteurs</i> | <i>202</i> |
| <i>Figure 56: Comparaison de la vulnérabilité en fonction des types de systèmes de production.....</i> | <i>205</i> |
| <i>Figure 57: Probabilité de mettre en place les différents types de mesure d'adaptation</i> | <i>208</i> |
| <i>Figure 58: Facteurs influençant l'adaptation des agriculteurs face au CC.....</i> | <i>210</i> |
| <i>Figure 59: Mesures d'adaptation de l'agriculture</i> | <i>214</i> |
| <i>Figure 60: Principaux apports à la décision</i> | <i>220</i> |
| <i>Figure 61: Ré-conceptualisation et planification de l'adaptation au CC</i> | <i>224</i> |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|-----|
| <i>Tableau 1: Présentation de quelques études sur la vulnérabilité</i> | 29 |
| <i>Tableau 2: les approches conceptuelles de la vulnérabilité.....</i> | 31 |
| <i>Tableau 3: Quelques exemples de méthodes économétriques de l'évaluation de la vulnérabilité</i> | 33 |
| <i>Tableau 4: Définitions du concept d'adaptation et des concepts associés selon les disciplines.....</i> | 39 |
| <i>Tableau 5: les communautés de communes du territoire du PHLV</i> | 64 |
| <i>Tableau 6: Répartition des emplois en fonction des catégories socioprofessionnelles en 2015.....</i> | 67 |
| <i>Tableau 7: Évolution saisonnière de la précipitation en mm (station Roquebrun)</i> | 76 |
| <i>Tableau 8: Liste des entretiens réalisés auprès des experts.....</i> | 79 |
| <i>Tableau 9: Présentation de l'échantillon des exploitations enquêtées</i> | 80 |
| <i>Tableau 10: Présentation des variables de vulnérabilité</i> | 86 |
| <i>Tableau 11: Étude historique des événements climatiques dans le département de l'Hérault entre 2009 et 2018.....</i> | 89 |
| <i>Tableau 12: Grille d'évaluation de l'exposition</i> | 90 |
| <i>Tableau 13: Évaluation de la sensibilité des différents types de sol</i> | 92 |
| <i>Tableau 14: Grille d'évaluation de la sensibilité liée à l'âge des arbres des cultures pérennes.....</i> | 93 |
| <i>Tableau 15: Grille d'évaluation de la sensibilité liée à l'orientation des parcelles</i> | 93 |
| <i>Tableau 16: Grille d'évaluation de la sensibilité liée à la diversification variétale</i> | 94 |
| <i>Tableau 17: Grille d'évaluation de la sensibilité liée à la diversification culturelle</i> | 96 |
| <i>Tableau 18: Grille d'évaluation de la CA liée au niveau de formation.....</i> | 99 |
| <i>Tableau 19: Grille d'évaluation de la CA liée à l'expérience agricole</i> | 100 |
| <i>Tableau 20: Grille d'évaluation de la CA liée à l'âge de l'exploitant</i> | 100 |
| <i>Tableau 21: Grille d'évaluation de la CA liée au réseau agricole.....</i> | 102 |
| <i>Tableau 22: Grille d'évaluation de la CA liée à la commercialisation.....</i> | 104 |
| <i>Tableau 23: Grille d'évaluation de la CA liée au revenu extra-agricole</i> | 106 |
| <i>Tableau 24: Grille d'évaluation CA liée au statut juridique</i> | 107 |
| <i>Tableau 25: Grille d'évaluation de la CA liée au statut foncier</i> | 108 |
| <i>Tableau 26: Grille d'évaluation de la CA liée à l'assurance récolte</i> | 109 |
| <i>Tableau 27: Grille d'évaluation de la CA liée à l'irrigation</i> | 110 |
| <i>Tableau 28: Grille d'évaluation de la CA liée aux infrastructures agro-écologiques</i> | 111 |
| <i>Tableau 29: Mesures de gestion du sol selon les cultures</i> | 112 |
| <i>Tableau 30: Grille d'évaluation de la CA liée à la gestion du sol</i> | 115 |
| <i>Tableau 31: Les différentes sous variables de la gestion des plantes.....</i> | 117 |
| <i>Tableau 32: Grille d'évaluation de la CA liée à la gestion des plantes</i> | 121 |
| <i>Tableau 33: Les niveaux des attributs de différentes options d'adaptation</i> | 128 |
| <i>Tableau 34: Exemple d'une carte de choix (Situation 1 dans le bloc 1)</i> | 129 |
| <i>Tableau 35: Informations sur la conception expérimentale.....</i> | 129 |
| <i>Tableau 36: Test de l'hypothèse IIA selon Small et Hsiao (1985).....</i> | 133 |
| <i>Tableau 37: Caractéristiques du foncier agricole</i> | 146 |
| <i>Tableau 38: Caractéristiques de main d'œuvre agricole</i> | 147 |
| <i>Tableau 39: Aspects économiques des exploitations enquêtées</i> | 150 |
| <i>Tableau 40: Exposition calculée des exploitations agricoles aux différents aléas</i> | 154 |
| <i>Tableau 41: La comparaison entre l'exposition calculée et l'exposition déclarée.....</i> | 157 |
| <i>Tableau 42: Sensibilité calculée des différentes exploitations agricoles</i> | 160 |
| <i>Tableau 43 : Comparaison entre sensibilité calculée et sensibilité déclarée des différentes exploitations agricoles</i> | 165 |
| <i>Tableau 44: La CA calculée liée au capital humain des différentes exploitations agricoles.....</i> | 167 |

| | |
|---|------------|
| <i>Tableau 45: La CA calculée liée au capital économique des différentes exploitations agricoles</i> | <i>168</i> |
| <i>Tableau 46: La CA calculée liée au capital technique des différentes exploitations agricoles</i> | <i>169</i> |
| <i>Tableau 47: Comparaison entre la CA calculée et la CA déclarée</i> | <i>175</i> |
| <i>Tableau 48: Importance des facteurs de la vulnérabilité selon les déclarations des agriculteurs</i> | <i>177</i> |
| <i>Tableau 49: Comparaison des scores de vulnérabilité calculée et déclarée selon les types d'exploitations</i> | <i>178</i> |
| <i>Tableau 50: Matrice de confusion obtenue par re-substitution</i> | <i>180</i> |
| <i>Tableau 51: Caractéristiques des profils d'exploitation en fonction des classes de vulnérabilité</i> | <i>182</i> |
| <i>Tableau 52: Attributs du modèle</i> | <i>186</i> |
| <i>Tableau 53: Résultats de l'estimation (procédure Mdc)</i> | <i>189</i> |
| <i>Tableau 54: L'utilité et la probabilité des différentes options d'adaptation selon les différentes méthodes d'estimation</i> | <i>190</i> |
| <i>Tableau 55: Les consentements à payer pour les différents attributs selon le modèle à coefficients spécifiques</i> | <i>191</i> |
| <i>Tableau 56: Les variables à tester</i> | <i>192</i> |
| <i>Tableau 57: Résultats de l'estimation (procédure Mdc) associés aux variables explicatives</i> | <i>194</i> |
| <i>Tableau 58: Différentes élasticités au point moyen de l'échantillon.....</i> | <i>197</i> |
| <i>Tableau 59: Synthèse de quelques études récentes relatives à l'adaptation de l'agriculture</i> | <i>217</i> |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|---|-----|
| <i>Annexe 1. Entretiens avec les acteurs ressources</i> | 233 |
| <i>Annexe 2. Enquête auprès des exploitants agricoles</i> | 237 |
| <i>Annexe 3: Grille d'évaluation détaillée</i> | 251 |
| <i>Annexe 4: Résultats de l'analyse discriminante</i> | 256 |
| <i>Annexe 5. Détermination du coût d'adaptation</i> | 258 |

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Agriculture et changement climatique

La convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (ONU, 1992), a défini le CC dans son premier article, comme étant : "*des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables*". Pour Shukla *et al.* (2019) le CC est défini comme un changement dans l'état du climat qui peut être identifié par des changements dans la moyenne (par exemple, en utilisant des tests statistiques) et / ou la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement des décennies ou plus. Selon le GIEC (2014) les activités humaines étant les principales responsables du CC actuel. "*La Terre se réchauffe et l'Homme est responsable*". ((Réseau Action Climat-France, 2011); page 2), l'évolution dépendra en tenant compte des inerties importantes des efforts sur la réduction des émissions.

Actuellement, beaucoup des changements observés sont sans précédent depuis des décennies (Shukla *et al.*, 2019). Le CC a réduit le caractère tempéré du climat avec un réchauffement moyen mondial de la surface du globe de l'ordre de 1.41° C (Shukla *et al.*, 2019) sachant que, la variabilité des températures est ressentie plus fortement au niveau régional qu'à l'échelle mondiale (GIEC, 2014). Cette augmentation de la température mondiale a conduit à une augmentation du nombre de jours et de nuits chauds, et à une baisse du nombre de jours et de nuits froids (Ye *et al.*, 2017), à une modification du régime des précipitations ainsi qu'à une augmentation de la fréquence et de la gravité d'événements météorologiques extrêmes (sécheresses, inondations, tempêtes, cyclones) (GIEC, 2014; Lehmann *et al.*, 2015; Yonetani *et al.*, 2015). D'autre part, le CC a généralement des conséquences négatives sur la production agricole (Tubiello *et al.*, 2007; IPCC, 2014; Torquebiau, 2015). Les effets du CC varient considérablement selon les régions (Maracchi *et al.*, 2005).

L'agriculture a un rôle essentiel à jouer pour assurer la sécurité alimentaire et le bien-être d'une population mondiale croissante (Tripathi *et al.*, 2016; Vogel et Meyer, 2018; Leisner, 2020). C'est une des activités humaines la plus liée au climat, et elle est donc particulièrement concernée par le CC. La relation entre CC et agriculture est double : l'agriculture contribue de manière significative à la fois à la dégradation des terres et aux émissions anthropiques mondiales des GES. En effet elle est responsable de 25% des émissions de carbone (causées essentiellement par la déforestation). Les impacts positifs potentiels du CC sur l'agriculture

Introduction générale

sont liés à des saisons de croissance plus longues et à de nouvelles opportunités de culture dans certaines régions (le nord de l'Europe), ainsi qu'à une augmentation de la photosynthèse et de la fertilisation liée au CO₂. Les impacts potentiellement négatifs incluent des périodes de déficit en eau plus longues (une demande accrue d'eau), le développement de nouveaux ravageurs (augmentation de besoins en pesticides), ainsi qu'une réduction en termes de possibilités de cultures dans certaines régions, notamment le bassin méditerranéen (Maracchi *et al.*, 2005; Lavallo *et al.*, 2009; Lobell *et al.*, 2011; Dumont *et al.*, 2015; Lichtfouse, 2018; Vogel et Meyer, 2018). Sur plus d'un tiers des superficies cultivées des quatre principales cultures dans le monde (blé, maïs, riz, soja), les rendements n'augmentent plus, ils ont atteint un sommet et enregistrent actuellement une tendance à la baisse (Lobell *et al.*, 2011; Ray *et al.*, 2015). En effet, environ un tiers de la variance des anomalies de rendement à l'échelle mondiale peut s'expliquer par les changements interannuels des précipitations et de la température (Ray *et al.*, 2015), un phénomène qui pourrait s'étendre à de nombreuses régions à l'avenir (Hochman *et al.*, 2017). Par exemple, les rendements de blé et de maïs ont été particulièrement affectés par les tendances climatiques, avec des pertes de 3,8% et 5,5%, respectivement, sur la période 1980-2008 (Lobell *et al.*, 2011).

La concentration des GES dans l'atmosphère, l'augmentation de la température, la forte variabilité des précipitations, l'élévation de niveau de la mer dus au CC peuvent aussi fortement modifier les climats régionaux et entraîner des changements potentiels dans la production agricole locale (Tripathi *et al.*, 2016; Leisner, 2020).

Les impacts du CC en France

Au cours des dernières années, en France les effets du CC introduisent de plus en plus de changements liés à la hausse des températures, la variabilité des régimes pluviométriques et des événements météorologiques extrêmes de plus en plus fréquents ou plus graves. On observe ainsi une hausse des températures moyennes de 1,7 °C depuis 1900 (Météo-France, 2020). C'est plus que le réchauffement constaté en moyenne mondiale estimé à + 0,9 °C sur la période 1901-2012 (GIEC, 2014). En 2020, la température moyenne annuelle de 14,1 °C a dépassé la normale (1961-1990) de 2.3 °C, plaçant l'année 2019 au 1er rang des années les plus chaudes sur la période 1900-2020 devant 2018 (+2.1 °C) et 2014 (1.9 °C) (Ministère de la transition écologique et solidaire et I4CE, 2021). Le réchauffement est comparable d'une région française à l'autre avec une hausse encore plus marquée au printemps et en été surtout dans le sud du pays.

Introduction générale

Globalement, la France semble moins affectée par la variabilité de la pluviométrie. Cependant cette stabilité constatée au niveau de la moyenne nationale masque des changements très significatifs du régime des pluies à l'échelle régionale. Sur la période 1959-2009, on constate plutôt une hausse des précipitations annuelles dans la moitié nord et une baisse dans la moitié sud. Au printemps et en automne les cumuls sont en hausse sur la majeure partie du territoire français. Par contre en hiver et en été, l'évolution des précipitations est plus contrastée d'une région à l'autre avec une baisse des cumuls sur les régions méridionales. En ce qui concerne les précipitations extrêmes, en particulier les épisodes dépassant le seuil de 200 mm en 24 heures, elles sont de plus en plus intenses et de plus en plus fréquentes sur le pourtour méditerranéen (Ministère de la transition écologique et solidaire et I4CE, 2021).

En 2014, 74 % des communes françaises étaient exposées à au moins un aléa naturel susceptible d'être aggravé par le CC (inondations, feux de forêt, tempêtes et cyclones, avalanches, mouvements de terrain) (Ministère de la transition écologique et solidaire (2015) ; Figure 1 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). L'ensemble des régions est concerné par un réchauffement plus marqué en été, notamment pour la partie sud ; les grandes villes subissent une amplification des vagues de chaleur et des risques d'inondation accrus ; le risque de feux de forêts s'étend chaque année un peu plus vers le nord ; d'autres phénomènes sont également constaté comme la modification de la répartition des espèces ou l'accroissement du risque de submersion marine, etc. (Simonet et Leseur, 2016).

Introduction générale



Source : CDC Climat Recherche, 2015, GIEC, 2014, MEDDE, 2014 et 2015, ONERC, 2010 et Météo-France In Simonet et Leseur (2016)

Figure 1: Carte des impacts potentiels du CC en France métropolitaine au-delà de 2050

L'importance des contextes locaux

Localement, le CC peut conduire à une grave perturbation du fonctionnement des sociétés et des écosystèmes, en impliquant des pertes et des impacts humains, matériels, économiques ou environnementaux importants, et qui dépassent la capacité des systèmes à y faire face avec leurs propres ressources (Adger *et al.*, 2005; Villegas-González *et al.*, 2017; Fedele *et al.*, 2019). Il affecte différemment les territoires selon leurs enjeux spécifiques liés à la géographie, aux contextes socioéconomiques locaux et aux aspects patrimoniaux (Simonet et Leseur, 2016) et renforce les disparités entre territoires pauvres et riches (Rebotier, 2014; Villalba et Petit, 2014). Il est donc important d'avoir une approche contextualisée des enjeux climatiques (Simonet et Leseur, 2016). Ainsi la région Occitanie qui devrait subir un réchauffement climatique supérieur à la moyenne nationale est particulièrement exposée (ORACLE Occitanie, 2020).

Dans ce sens, le projet CLIMATOR¹ a fourni, des données régionalisées robustes et représentatives sur les impacts du climat futur en France sur les agroécosystèmes locaux

¹ CLIMATOR (Changement climatique, agriculture et forêt en France) est un programme de recherche de l'ANR mené par l'INRA avec divers partenaires agricoles, entre 2007 et 2010

Introduction générale

(Reseau Action Climat-France, 2014). Les résultats témoignent des impacts importants pour l'agriculture française tant en termes de menaces que d'opportunité selon les agroécosystèmes et les zones concernées. Néanmoins il est important de souligner l'existence de fortes incertitudes sur ces évolutions du fait des interactions et de la dépendance à l'évolution des émissions.

Dans tous les cas le CC constitue aujourd'hui, une nouvelle donnée pour les territoires (Villalba et Petit, 2014) avec plusieurs études qui soulignent le besoin d'intégrer ces données dans les politiques de développement territorial (Didier *et al.*, 2010; Villalba et Petit, 2014; François *et al.*, 2016) et de développer des recherches spécifiques pluridisciplinaires.

CC et agriculture en région Occitanie

La région Occitanie est particulièrement vulnérable au CC. Avec plus de 2000 heures d'ensoleillement par an, la région Occitanie est une des régions les plus ensoleillées de France (ORACLE Occitanie, 2020) et le CC se traduit principalement par une hausse des températures marquée. Sur la période 1959-2009, on observe une augmentation des températures annuelles moyennes de 0.3°C par décennie, une augmentation du nombre de journées chaudes (températures maximales supérieures ou égales à 25°C) de 3 à 6 jours par décennies et une légère diminution de nombre de jours de gel. Sur la même période, la pluviométrie enregistre globalement une légère baisse (ORACLE Occitanie, 2020).

Les menaces sur la biodiversité, la sécheresse, la pression sur les ressources naturelles, la fragilité des écosystèmes constituent des témoignages de la vulnérabilité croissante en Occitanie (Métayer, 2019; Delphine et Marc, 2020). Or l'économie des territoires ruraux de cette région est fondée sur la valorisation des ressources naturelles (Perrier-Cornet, 2002; Vernières, 2009) avec une forte fragilité écologique et un déficit structurel de productivité et de compétitivité. Pour ces territoires, le CC devrait aggraver le stress hydrique, contribuer à la dégradation des écosystèmes et des agroécosystèmes (viticulture, arboriculture, élevage, grandes cultures, etc.) et accentuer la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes, en particulier les sécheresses et les inondations (Reseau Action Climat-France, 2014; Lichtfouse, 2018; Métayer, 2019; Delphine et Marc, 2020). Les conséquences sociales du CC seront importantes en lien avec la forte dépendance des revenus de la population vis-à-vis des activités agricoles et de l'exploitation des ressources naturelles (Cutter *et al.*, 2000; Adger, 2006; Basilico *et al.*, 2012; Villegas-González *et al.*, 2017).

Introduction générale

Dans la région Occitanie, l'agriculture est un secteur particulièrement structurant, en termes d'alimentation, de revenu et d'aménagement du territoire ((Hervieu *et al.*, 2008; del Pozo *et al.*, 2019). Selon les territoires, cette agriculture s'appuie sur une mobilisation de ressources et de savoir-faire locaux, qui permet de créer un potentiel de développement local (Pecqueur, 2006; Lelieveld *et al.*, 2012; Lichtfouse, 2018; del Pozo *et al.*, 2019). La capacité de l'agriculture à améliorer sa productivité et à garantir des revenus suffisants dans un contexte climatique défavorable, dépendra pour partie de son inscription territoriale et de sa capacité à s'adapter.

Cadre institutionnel de l'adaptation en France

En quelques décennies, le CC s'est affirmé comme une question sociale et politique de premier plan. La mise à l'agenda, à tous les niveaux institutionnels, des politiques d'atténuation et d'adaptation témoigne de la mobilisation des pouvoirs publics (Marquet et Salles, 2014). Aujourd'hui, l'adaptation a fait une entrée significative dans l'agenda politique français, suite à une série d'engagements internationaux et du plan européen d'adaptation. Parallèlement à ces initiatives supranationales, les autorités nationales françaises se sont saisies de la politique d'adaptation, notamment en réponse à des préoccupations sociales, à des événements extrêmes et à la vulnérabilité spécifique de certains territoires, sachant que depuis la loi de décentralisation (article 1² de la loi n° 83-8 du 7 janvier 1983 (loi Defferre)) la responsabilité environnementale est partagée entre l'Etat et les collectivités territoriales.

Ainsi la Loi Grenelle 2 de 2010 favorise la réduction de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre (GES) et le développement des énergies renouvelables. En termes d'adaptation le deuxième Plan national d'adaptation au CC (PNACC) offre un cadre stratégique et des mesures concrètes, opérationnelles. Au niveau régional, le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), contribue à définir les orientations stratégiques en matière de réduction des émissions de GES, de lutte contre la pollution atmosphérique, de maîtrise de la demande énergétique, de développement des énergies renouvelables et d'adaptation au CC. D'autres outils de planification intègrent l'adaptation au CC à l'échelle de l'intercommunalité ou de la commune tels que le plan climat air énergie territorial (PCAET) le Schéma de cohérence territoriale (SCoT), le plan local d'urbanisme (PLU). Enfin plusieurs dispositifs à d'autres échelles peuvent contribuer à

² Les communes, les départements et les régions règlent par leurs délibérations les affaires de leur compétence. Ils concourent avec l'Etat à l'administration et à l'aménagement du territoire, au développement économique, social, sanitaire, culturel et scientifique, ainsi qu'à la protection de l'environnement et à l'amélioration du cadre de vie.

l'adaptation. Par exemple, à l'échelle du bassin versant le schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) permet de gérer les prélèvements d'eau et d'assurer une gestion équilibrée et économe de cette ressource. Les projets alimentaires territoriaux (PAT) sont aussi, des instruments clés pour développer la résilience alimentaire des territoires. Ils contribuent à une agriculture durable et diversifiée dans une logique d'économie circulaire et d'adaptation au CC et favorisent la relocalisation de l'alimentation et les circuits de proximité qui valorisent les productions locales.

Cependant la présence formelle de la problématique spécifique de l'adaptation au sein des documents de planification territoriale reste encore limitée, avec par exemple le développement récent des SCOTs de transition écologique. Plusieurs dispositifs n'ont pas d'obligation explicite de rechercher des solutions d'adaptation et la mise en œuvre de mesures d'adaptation, qui implique une approche transversale avec l'ensemble des acteurs est encore souvent conditionnée à une volonté politique forte des autorités locales.

Problématique

Dans ce contexte notre recherche vise à étudier sur un territoire spécifique (le Pays Haut Languedoc et Vignobles (PHLV)) les composantes de la vulnérabilité de l'agriculture et les types de mesures d'adaptation privilégiées par les agriculteurs. Il convient donc de préciser la notion de vulnérabilité

La notion de vulnérabilité au CC permet de comprendre dans quelles mesures et de quelles façons un système peut être affecté négativement par les effets du CC (GIEC, 2007). Dans plusieurs travaux, la vulnérabilité est fonction de l'exposition, de la sensibilité du système à des aléas et de sa capacité à faire face (Downing, 1990; Adger, 2006; Smit et Wandel, 2006; Tesso, 2013; Neset *et al.*, 2019). Elle est fortement dépendante du contexte physique, économique, social et institutionnel (gouvernance)(Adger, 2006; Aulong et Kast, 2011; Dong *et al.*, 2015; Dumenu et Obeng, 2016; Burton *et al.*, 2018; Ford *et al.*, 2018; de Sherbinin *et al.*, 2019). Elle peut être calculée comme le rapport entre le produit de la sensibilité et de l'exposition par rapport à la capacité d'adaptation (Brooks *et al.*, 2005; Adger, 2006; Tesso, 2013; Fatemi *et al.*, 2017; de Sherbinin *et al.*, 2019; Neset *et al.*, 2019) sachant qu'elle dépend de très nombreux facteurs (Füssel Hans-Martin, 2007; Deressa *et al.*, 2008; Wiréhn *et al.*, 2015; Ford *et al.*, 2018) ce qui conduit à préconiser des évaluations intégrées biophysiques et socio-économiques (Füssel Hans-Martin, 2007; Deressa *et al.*, 2008; Neset *et al.*, 2019).

Introduction générale

Comme nous l'avons vu le secteur agricole est souvent décrit comme l'un des secteurs les plus vulnérables au CC (O'Brien *et al.*, 2004; Berry *et al.*, 2006; Smit et Wandel, 2006; Neset *et al.*, 2019) et l'analyse de sa vulnérabilité peut être appréhendée à partir d'une typologie de la vulnérabilité des exploitations agricoles (Downing, 1990; Brooks *et al.*, 2005; Smit et Wandel, 2006; Shukla *et al.*, 2016; Tripathi *et al.*, 2016; Maiti *et al.*, 2017). En effet en termes d'aide à la décision pour les parties prenantes agricoles et territoriales, l'identification des exploitations agricoles particulièrement vulnérables constitue une information importante pour comprendre et traiter les processus de façon à renforcer la capacité d'adaptation de l'agriculture (Neset *et al.*, 2019).

Parallèlement à l'évaluation de la vulnérabilité des exploitations, nous avons intégré la dimension adaptation en étudiant les préférences des agriculteurs par rapport à un éventail de mesures possibles (préalablement définies avec concertation avec les parties prenantes de la zone). Concernant l'adaptation, la littérature scientifique différencie l'adaptation en fonction de l'échelle et du degré de changement, allant de l'adaptation incrémentielle ou d'ajustements successifs, à une adaptation systémique et transformationnelle plus profonde (Howden *et al.*, 2010; Simonet, 2016; Vogel et Meyer, 2018; Fedele *et al.*, 2019; Owen, 2020).

Dans le secteur agricole les options d'adaptation peuvent être classées en trois catégories : les solutions technologiques (nouvelles variétés, systèmes d'alerte précoce, etc.), programmes gouvernementaux et assurances (assurance-récolte, subvention, etc.) et le changement des pratiques agricoles (irrigation, travail du sol réduit, etc.) avec de plus en plus une approche plus globale visant à s'inscrire dans la logique de l'agroécologie (Wezel *et al.*, 2014; Altieri *et al.*, 2015; Debray *et al.*, 2019). Il ressort de la bibliographie que les mesures d'adaptation visent le plus souvent à la préservation ou de la restauration de la qualité des eaux et des sols (Wezel *et al.*, 2014; Meynard, 2017) tandis que dans certains cas on note des changements plus profonds portant sur le remplacement d'espèces ou le changement des aires de cultures vers les zones les plus favorables (Simonet, 2015). Cependant la majorité des options d'adaptation envisagées par les agriculteurs concernent des changements progressifs à court terme (Park *et al.*, 2012; Vogel et Meyer, 2018). Les dimensions institutionnelles sont moins souvent abordées (Moser et Ekstrom, 2010; Vogel et Meyer, 2018) tandis que l'accent est souvent mis sur la nécessité d'une approche intégrée et concertée.

L'importance de la concertation et de la sensibilisation implique d'appréhender dans quelles mesures les agriculteurs sont conscients de la vulnérabilité de leur exploitation (voire de leur territoire) et des facteurs qui y contribuent (Vautier *et al.*, 2009; Bryan *et al.*, 2013; Wise *et*

Introduction générale

al., 2014; Asrat et Simane, 2018; Neset *et al.*, 2019; Jha et Gupta, 2021). Certaines approches ont étudié ces dimensions à travers des approches sociologiques ou économiques, notamment sur la perception des risques (Smit *et al.*, 2000; Smit et Wandel, 2006; Bhave *et al.*, 2014; Rahman *et al.*, 2015; Piraux, 2021; Simard, 2021). Ainsi des cadres spécifiques sur les perceptions en matière d'adaptation ont été développés (Jones et Andrey, 2007; Deressa *et al.*, 2008; Sanyé-Mengual *et al.*, 2018; Yeganegi Dastgerdi *et al.*, 2018; Neset *et al.*, 2019; Jha et Gupta, 2021), avec pour certains la mise en exergue de la nécessité d'intégrer les perceptions qui ont un rôle déterminant sur les comportements (Pelling, 2010; Wolf et Moser, 2011; Wise *et al.*, 2014). Ainsi Asrat et Simane (2018) et Deressa *et al.* (2009) soulignent que l'adaptation des exploitations agricoles comporte deux étapes : percevoir les risques et décider d'adopter ou non des mesures d'adaptation. En effet les incitations à l'adaptation sont étroitement liées aux perceptions des risques et plus généralement de la vulnérabilité (Wolf et Moser, 2011; Bryan *et al.*, 2013; Neset *et al.*, 2019) et déterminantes de l'engagement des agriculteurs dans des actions d'adaptation (Neset *et al.*, 2019) de façon à éviter des blocages qui peuvent relever d'une prise de conscience insuffisante ou bien plus généralement des contraintes à l'innovation (Vautier *et al.*, 2009; Uddin *et al.*, 2014; Asrat et Simane, 2018).

Dans notre cas nous avons opté pour associer une approche de la vulnérabilité des exploitations à partir d'indicateurs physiques, économiques et sociaux et une mesure de la perception par les agriculteurs de l'importance de ces différents facteurs. Cette recherche est menée sur un territoire rural dans lequel l'agriculture est confrontée à la réalité du CC, il s'agit du pays Haut Languedoc et Vignoble (PHLV) de la région Occitanie. Le territoire du PHLV (Figure 2) est situé dans le sud de France (dans l'ouest du département de l'Hérault). Il est bordé par les départements de l'Aude, à l'ouest, du Tarn et de l'Aveyron, au nord, et par les agglomérations de Narbonne et de Béziers, au sud. Fortement rural avec un taux d'emplois agricole (12%) quatre fois plus fort que la moyenne départementale (INSEE, 2015), ce territoire se caractérise par un patrimoine naturel privilégié et diversifié avec 63 % du territoire occupé par des forêts et 34% par des terres agricoles. Le paysage est fortement marqué par une agriculture plutôt familiale (SAU moyenne < 15 ha) et dominée par la viticulture (53% de la SAU totale). Conformément à la tendance régionale (difficulté de reprise et déprise agricole), on note une forte régression de la SAU totale passant de 53 684 ha à 43028 ha entre 1988 et 2010. Le territoire est exposé à plusieurs risques naturels (inondations, sécheresse, gel printanier et grêle), qui le rendent vulnérable au CC. Les prévisions météorologiques pour ce territoire de type méditerranéen font état d'une

Introduction générale

augmentation de la température avec une forte variabilité intra annuelle et interannuelle de la pluviométrie (Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral, 2018).



Figure 2: Présentation du territoire du PHLV

Rappelons que pour ce type de territoire l'adaptation de l'agriculture est un défi majeur pour les collectivités qu'ont besoin des informations précises et pertinentes sur les déterminants de la vulnérabilité et sur la relation entre les options d'adaptation potentielles et les processus décisionnels. Ainsi notre recherche a été menée en lien étroit avec les gestionnaires du territoire.

Plus précisément, concernant notre protocole de recherche qui s'appuie sur une enquête de terrain auprès des agriculteurs et qui vient accompagner les décisions des gestionnaires concernant les actions d'adaptation, nous avons développé une approche multicritère de la vulnérabilité des exploitations et une évaluation par la méthode des choix multiples de leurs préférences entre différents attributs d'une politique d'adaptation. L'articulation de ces deux volets nous permet de comprendre les interactions entre vulnérabilité et choix d'adaptation. Pour cela, la thèse s'articule autour de deux questions et hypothèses de recherche :

Introduction générale

- ✓ Quels sont les déterminants de la vulnérabilité des exploitations agricoles sur le territoire étudié et dans quelles mesures les agriculteurs sont-ils conscients de l'importance de ces facteurs ?
- ✓ Quels sont les stratégies (choix de mesures) d'adaptation privilégiées par les agriculteurs et quels sont les facteurs déterminants de ces choix ?

Par rapport à ces questions plusieurs hypothèses de travail ont été formulées :

Hypothèse 1 : la prise en compte du point de vue des agriculteurs (vulnérabilité déclarée) permet de prendre en compte les biais cognitifs et d'améliorer le diagnostic de la vulnérabilité.

Hypothèse 2 : les agriculteurs adoptent plutôt une approche progressive de l'adaptation.

Hypothèse 3 : le niveau de vulnérabilité (calculé et déclarée) des exploitations influence les choix d'adaptation, sachant que la prise en compte de ces interactions constitue une approche innovante pour améliorer la décision publique.

Plan de la thèse

Cette recherche s'articule autour de huit chapitres (Figure 3) qui viennent apporter des réponses aux différentes questions de recherche.

Les chapitres 1 et 2 visent à faire un état de l'art complet sur les différents concepts et méthodologies utilisés dans l'étude de la vulnérabilité et l'adaptation au CC. En termes d'évaluation de la vulnérabilité, le chapitre 1 met l'accent sur les principales méthodologies et approches utilisées en pratiques. Nous présentons également les caractéristiques de principales composantes de la vulnérabilité. L'objectif de ce chapitre est de présenter les principaux éléments pertinents pour le développement de notre grille d'évaluation de la vulnérabilité. Le chapitre 2 présente une analyse du concept d'adaptation et de certains concepts relatifs (mal adaptation, types d'adaptation, les obstacles d'adaptation, etc.). L'objectif est de contribuer à une meilleure compréhension des caractéristiques de l'adaptation qui permettrait de développer le modèle d'évaluation des préférences d'adaptation.

Les chapitres 3, 4 et 5 présentent le cadre méthodologique de la thèse ainsi que son applicabilité. D'abord, le chapitre 3 est consacré à la présentation de la zone d'étude ainsi que les différentes sources de données et le détail de l'enquête exploratoire menée sur le terrain. L'objectif de ce chapitre est de présenter les protocoles d'enquêtes réalisées et de contribuer à un diagnostic détaillé du territoire du PHLV (démographie, occupation de sol climat, etc.) qui

Introduction générale

montre la pertinence entre la thématique traitée et la zone d'étude. Ensuite, dans le chapitre 4 nous proposons une approche intégrée de la vulnérabilité des exploitations agricoles en combinant des variables socio-économiques et des variables biophysiques et avec deux méthodes de pondération des variables (pondération uniforme et pondération par les déclarations des agriculteurs). L'enjeu de ce chapitre est d'élaborer une grille d'évaluation de la vulnérabilité et de détailler également les hypothèses liées à la sélection des différentes variables. Enfin, le chapitre 5 présente les principales étapes de la modélisation des préférences d'adaptation des agriculteurs par la méthode de discret choice experiment (DCE). Ce chapitre est l'occasion de détailler les différentes options d'adaptation proposées, les attributs et les différents niveaux d'attributs, qui constituent les cartes de choix.

Les chapitres 6, 7 et 8 exposent les principaux résultats de cette recherche. Le chapitre 6 en premier lieu, est consacré à la présentation des perceptions des acteurs locaux de l'impact du CC sur plusieurs écosystèmes dans le territoire du PHLV. En second lieu ce chapitre présente une analyse descriptive des questionnaires réalisés auprès des agriculteurs. Dans le chapitre 7, nous comparons le niveau de vulnérabilité des différents types d'exploitations. Puis, sur la base d'une classification des exploitations en 3 classes de vulnérabilité (faible, moyenne et élevée) et une analyse discriminante, nous identifions les facteurs déterminants des classes de vulnérabilité. Concernant l'adaptation, le chapitre 8 illustre les principaux résultats de DCE en exposant les probabilités pour chaque option d'adaptation ; les consentements à payer et les élasticités des différents attributs ; et les principaux facteurs qui influencent le choix des agriculteurs.

Enfin, cette recherche s'achève sur une discussion générale reprenant les intérêts et limites de notre approche pour l'analyse de la vulnérabilité et l'adaptation des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV et pour la conception des nouvelles politiques d'adaptation.

Introduction générale

Etapes

Outils

Chapitres

| | | |
|--|--|-------------------------|
| <p>1 Etat de l'art sur les concepts de la vulnérabilité et de l'adaptation</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Etude bibliographique | <p>Chapitres 1 et 2</p> |
| <p>2 Diagnostic du territoire du PHLV et protocoles de collecte des données</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Etude bibliographique • Enquêtes préalables auprès des acteurs locaux (20 acteurs sélectionnés avec le PHLV) • Cartographie (logiciel QGIS) | <p>Chapitre 3</p> |
| <p>3 Construction d'une grille d'évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Etude bibliographique • Enquêtes préalables auprès des acteurs locaux (20 acteurs sélectionnés avec le PHLV) • Entretiens avec 10 experts (agronomes, économistes spécialisés par système de culture) | <p>Chapitre 4</p> |
| <p>4 Mise en place d'un Discret Choice Exprimant (DCE)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Etude bibliographique • Enquêtes préalables auprès des acteurs locaux (20 acteurs sélectionnés avec le PHLV) • Entretiens avec 10 experts (agronomes, économistes spécialisés par système de culture) • Logiciel de conception Ngen | <p>Chapitre 5</p> |
| <p>5 Analyse descriptive des résultats de l'enquête auprès des agriculteurs</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Questionnaire (90 agriculteurs enquêtés) | <p>Chapitre 6</p> |
| <p>6 Calculer la vulnérabilité des exploitations agricoles</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Questionnaire (90 agriculteurs enquêtés) • Grille d'évaluation de la vulnérabilité | <p>Chapitre 7</p> |
| <p>7 Etudier les préférences d'adaptation des agriculteurs</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Questionnaire (90 agriculteurs enquêtés) • Approche DCE • Modèle conditionnel logit (logiciel SAS) | <p>Chapitre 8</p> |

Figure 3: Schéma directeur de la démarche méthodologique générale

**PARTIE 1. ÉTAT DE L'ART SUR LA
VULNÉRABILITÉ ET L'ADAPTATION AU
CHANGEMENT CLIMATIQUE**

Les termes de vulnérabilité et d'adaptation recourent une large gamme de définitions possible et il n'y a pas à l'heure actuelle un consensus sur la manière d'aborder les deux concepts ensemble. Cette recherche constitue un essai de combiner ces deux fameux concepts. Avant de procéder à l'analyse de la vulnérabilité des exploitations agricoles et les préférences d'adaptation des agriculteurs, il est important de comprendre les approches et les concepts théoriques liés à ces deux concepts. Dans cette première partie, nous présentons une revue de littérature sur les deux concepts centraux de notre approche : la vulnérabilité et l'adaptation. Tout d'abord, le chapitre 1 organise une réflexion autour les approches et les méthodes ainsi que les principales variables utilisées dans l'évaluation de la vulnérabilité. Le chapitre 2 récapitule les principaux concepts et terminologies qui l'on trouve dans la littérature pour comprendre l'adaptation de l'agriculture au CC.

CHAPITRE 1. CONCEPTUALISATION ET ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

La vulnérabilité est un concept complexe et très interconnecté avec plusieurs autres concepts (risque, adaptation, résilience, aléas, etc.). Malgré cette complexité conceptuelle, l'évaluation de la vulnérabilité est très utile pour orienter les choix des décideurs politiques. La vulnérabilité au CC est couramment évaluée dans plusieurs secteurs. Plusieurs travaux ont abouti à une gamme de conceptualisations et de méthodes pour évaluer la vulnérabilité. Avant d'aller plus loin dans l'évaluation de la vulnérabilité de l'agriculture au CC, il est indispensable de rappeler et présenter les principaux fondements théoriques de la vulnérabilité (définitions, composantes de la vulnérabilité, méthodes d'évaluation, facteurs de la vulnérabilité).

Il est important de bien connaître le concept de la vulnérabilité et les concepts connexes pour mieux choisir les outils appropriés qui permettent de concevoir notre évaluation. Sur la base d'une revue de littérature autour du concept de vulnérabilité, ce chapitre met brièvement en évidence les principaux concepts clés associés à la vulnérabilité, ainsi que certaines méthodologies et approches couramment utilisés pour évaluer la vulnérabilité.

1.1. Terminologie

La définition de la vulnérabilité la plus connue dans la majorité des dictionnaires français est "*caractère vulnérable de quelque chose ou de quelqu'un*". La vulnérabilité est multidisciplinaire, elle est largement utilisée dans des disciplines comme la finance, la sécurité, la santé publique, le développement économique, les risques naturels et, bien entendu, le CC (Janssen *et al.*, 2006).

La vulnérabilité humaine est la prédisposition par laquelle les personnes risquent de subir un préjudice, des dégâts, des souffrances et de perdre la vie en cas de catastrophe (Haber *et al.*, 2013). Par exemple, en France, le code pénal (art 313-4); précise que la personne vulnérable est celle qui n'est pas en mesure de se protéger. "*L'abus frauduleux de l'état d'ignorance ou de la situation de faiblesse soit d'un mineur, soit d'une personne dont la particulière vulnérabilité, due à son âge, à une maladie, à une infirmité, à une déficience physique ou psychique ou à un état de grossesse, est apparente ou connue de son auteur, pour obliger ce mineur ou cette personne à un acte ou à une abstention qui lui sont gravement préjudiciables, est puni de trois ans d'emprisonnement et de 2 500 000 F d'amende*". Les sociologues ont défini la vulnérabilité comme la probabilité de voir sa situation ou ses conditions de vie se dégrader ou s'enfoncer, quel que soit son niveau de richesse, face aux fluctuations de la vie (Burton *et al.*, 2018). Dans le domaine de la santé, une personne vulnérable sera plus souvent malade du fait de la fragilité de son système immunitaire (Fdez-Arroyabe *et al.*, 2020). Dans l'aménagement du territoire, la vulnérabilité est définie comme le niveau d'effet prévisible d'un phénomène naturel sur un enjeu (D'Ercole et Metzger, 2009). Dans le domaine hydrogéologique, c'est la probabilité que la ressource en eau puisse être affectée en quantité (diminution de disponibilité en eau) et en qualité (pollution)(Ahmed *et al.*, 2015).

Cette caractéristique multidisciplinaire peut engendrer des problèmes dans la compréhension et dans l'opérationnalisation de la vulnérabilité. D'après ces différentes définitions, chaque spécialité rajoute sa spécificité à la définition de la vulnérabilité. Ainsi, d'une manière générale, la vulnérabilité peut être assimilée à une faiblesse, une déficience, un manque, une grande fragilité à partir desquels l'intégrité d'un être, d'un lieu, se trouve menacée d'être détruite, diminuée, altérée. Elle est définie comme un état de moindre résistance aux différentes menaces.

1.2. Évolution du concept de la vulnérabilité

Le concept de vulnérabilité a pris ancrage dans l'histoire des sciences, dans les travaux conduits sur la notion de risque et notamment de risque naturel. En effet, le risque a été traité au début par les naturalistes en raison des aléas et de leurs conséquences nuisibles sur les hommes et leur environnement : éruptions, tremblements de terre, cyclones, etc. (Murty *et al.*, 1988). Plusieurs études ont d'abord montré l'existence d'une différence terminologique entre le risque et la catastrophe (Cutter, 2010). Le risque fait référence à la survenue probable d'une perturbation et la catastrophe en présente les conséquences réelles. Cette émergence de la notion de risque a donc imposé d'élargir les réflexions aux facteurs du risque posant ainsi les fondements nécessaires à l'émergence de la notion de vulnérabilité (Provitolo *et al.*, 2009). Ensuite, d'autres scientifiques se sont intéressés aux aspects humains des catastrophes (Adger, 1999; Adger, 2006).

Il est possible de synthétiser l'évolution des notions de risque et de vulnérabilité par la succession de trois paradigmes. Cette évolution conceptuelle résulte essentiellement de l'intégration d'autres facteurs que physiques dans le concept de risque et de vulnérabilité notamment les facteurs sociaux. Selon les travaux de Hilhorst (2004) on distingue donc les trois paradigmes suivant :

- Un premier paradigme, physique a été développé dans les années 1950. Cette approche évalue les conséquences d'une catastrophe par les caractéristiques physiques de la perturbation et du processus d'impact. Cette conception est basée sur les sciences dures (géologie, climatologie...) dans l'étude des perturbations naturelles. Le rôle des sciences sociales est limité à l'identification des comportements des individus face au risque et à la catastrophe.
- Un paradigme structurel est ensuite basé sur le postula que "*les catastrophes ne sont pas d'abord tout le résultat de processus géographiques*" (Hilhorst, 2004). Dans cette compréhension renouvelée, plusieurs nouveaux facteurs sont évoqués, comme la pauvreté et plus généralement les processus sociaux et économiques. Ceci permet d'enrichir la notion de « catastrophe », et de faire la distinction entre processus physiques (aléa) et humains (vulnérabilité). D'où la naissance de la formule désormais classique "*Risque = Aléa × Vulnérabilité*". Cette approche opère une segmentation entre processus physiques et humains. Elle se révèle finalement insatisfaisante pour expliquer l'interaction entre société et milieu. Dans le même temps, les sciences

Chapitre 1. Conceptualisation et évaluation de la vulnérabilité au changement climatique

sociales montrent qu'il existe une vulnérabilité sociale en mettant en évidence l'importance des facteurs sociaux (Adger, 1999; Brooks, 2003).

- Enfin, un paradigme complexe ou paradigme de la réciprocité est fondé sur la réciprocité des processus physiques et humains, c'est-à-dire que l'aléa affecte directement le fonctionnement de la société et que les activités humaines ont en retour un impact sur la probabilité qu'un aléa se déclenche. À une échelle locale, ce principe de réciprocité est particulièrement évident. Ainsi le "*mutuality paradigm*" considérant les liens plus complexes entretenus entre vulnérabilité, perturbation et capacité de réponse, apparaît plus équilibré (Didier *et al.*, 2010). Ce concept, difficile à comprendre, fait avancer les réflexions sur les concepts de risque et de vulnérabilité.

Le concept de vulnérabilité est introduit dans les études de risque par les sciences sociales, en étudiant la sensibilité et la fragilité de la population, des bâtiments, des systèmes politiques, économiques ou techniques, des infrastructures et des territoires suite à leur exposition à un aléa (Murty *et al.*, 1988; Adger, 1999; Burton *et al.*, 2018). L'idée centrale de la définition souvent citée dans la totalité des revues consultées (GIEC, 2001; Brooks *et al.*, 2005; Adger, 2006; GIEC, 2007, 2014; Shukla *et al.*, 2019), est que la vulnérabilité est le degré auquel un système est susceptible d'être incapable de faire face à des effets néfastes.

Selon Hewitt (1983), la vulnérabilité a pour origine un manque d'accès aux ressources lié à la pauvreté et la marginalisation des individus et des populations. Cette vulnérabilité se manifeste à travers des comportements et des mécanismes d'adaptation au stress de la part de la population affectée. Pour Downing (1990) la vulnérabilité est une mesure relative, pour une population ou une région, elle est liée à des facteurs sous-jacents qui influencent l'exposition à la famine et la prédisposition aux conséquences de la famine. À son tour Brooks (2003) définit la vulnérabilité biophysique par la quantité de dommages causés à un système par un événement ou un aléa particulier, par exemple la perte de rendement ou le nombre de morts (Tzilivakis *et al.*, 2015). Sur la base de l'approche des capacités, Dubois et Rousseau (2008) dans le domaine des sciences sociales considèrent que l'amélioration des capacités des gens permet d'atténuer la vulnérabilité aux divers risques rencontrés et ils définissent la vulnérabilité par le rapport entre capacité et risque ($Vulnérabilité = \frac{Capabilité}{Risque}$). L'idée centrale apportée par les scientifiques des sciences sociales est que la vulnérabilité est socialement différenciée (Adger, 1999) et que les facteurs sociaux figurent parmi les causes les plus importantes de vulnérabilité des communautés exposées (Fatemi *et al.*, 2017). Parmi

ces facteurs on peut citer la densité de la population, la discrimination fondée sur le sexe, le statut socioéconomique et les conditions de santé publique. Concernant la vulnérabilité au CC, ce sont les approches intégrées combinant aspects sociaux et biophysiques de la vulnérabilité, qui sont prônées (Neset *et al.*, 2019).

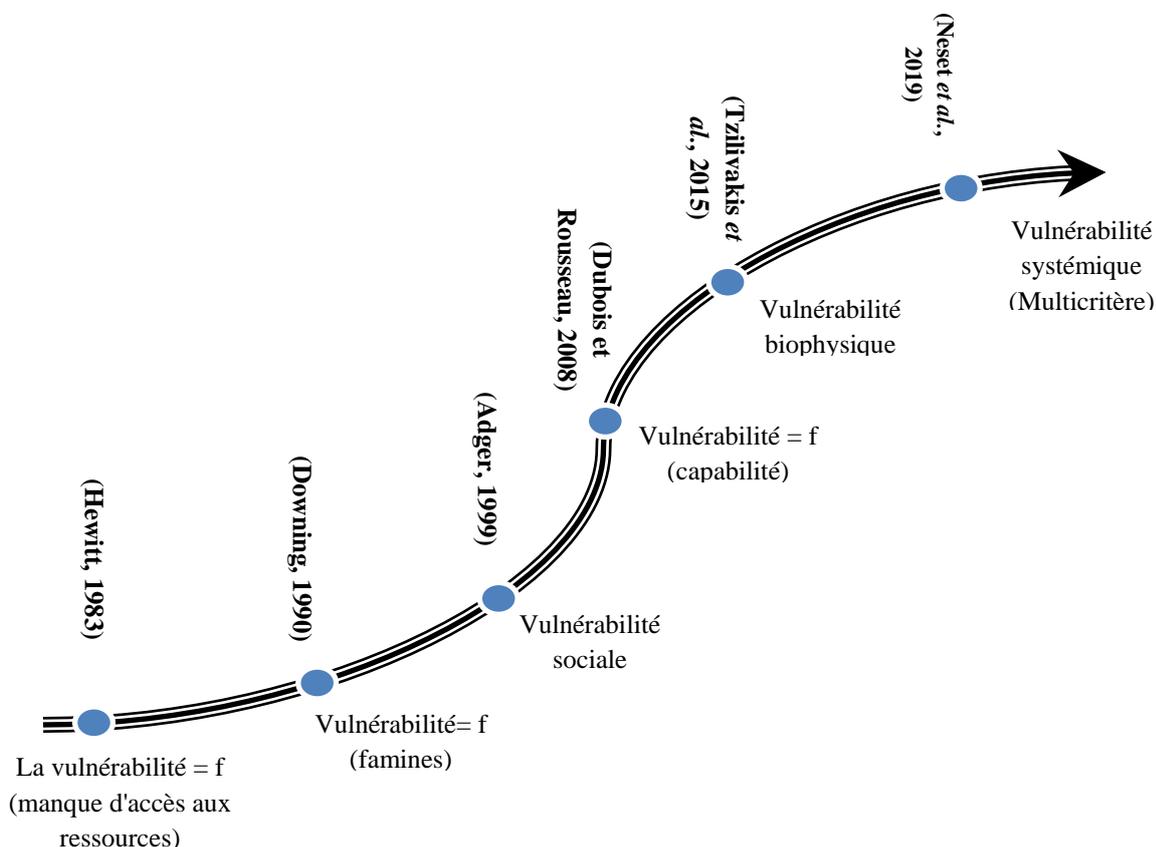


Figure 4: Les différents concepts de la vulnérabilité

Source : synthétisé par l'auteur

1.3. La vulnérabilité au changement climatique

La vulnérabilité est un terme commun, utilisé dans plusieurs disciplines et contextes qui a son origine dans la littérature sur les catastrophes naturelles, la sécurité alimentaire et la pauvreté (Adger, 1999; Polsky *et al.*, 2007). Elle est de plus en plus appliquée dans les évaluations des impacts du CC. Avec une population mondiale en augmentation, une demande croissante en nourriture et des ressources naturelles (eau, énergies, ...) limitées, le CC agira comme un multiplicateur de menace aggravant la pénurie de ressources et imposant un stress supplémentaire sur le fonctionnement des systèmes socio-écologiques.

Le concept de vulnérabilité au CC permet de mieux traiter les relations de cause à effet de la variabilité climatique sur les personnes, les secteurs économiques et les systèmes socio-écologiques. Dans la plupart des travaux, la vulnérabilité au CC est définie comme une fonction de l'exposition du système au CC (nature, ampleur, rythme des changements), de sa sensibilité (conséquences possibles) et de sa capacité d'adaptation. La définition la plus largement utilisée est issue du cinquième rapport d'évaluation du GIEC (2014) qui définit la vulnérabilité de la façon suivante : "*La propension ou la prédisposition à être affectée de manière négative par les changements climatiques. La vulnérabilité recouvre plusieurs concepts et éléments, notamment la sensibilité ou la susceptibilité d'être atteint et le manque de capacité à réagir et à s'adapter*".

1.4. Les composantes de la vulnérabilité

La vulnérabilité au CC est très souvent définie comme une fonction de l'exposition, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation, chacune capturant différents éléments de vulnérabilité (GIEC, 2001, 2007; Polsky *et al.*, 2007; Tesso, 2013; Tziliavakis *et al.*, 2015; Rana et Routray, 2016; Fatemi *et al.*, 2017; Maiti *et al.*, 2017).

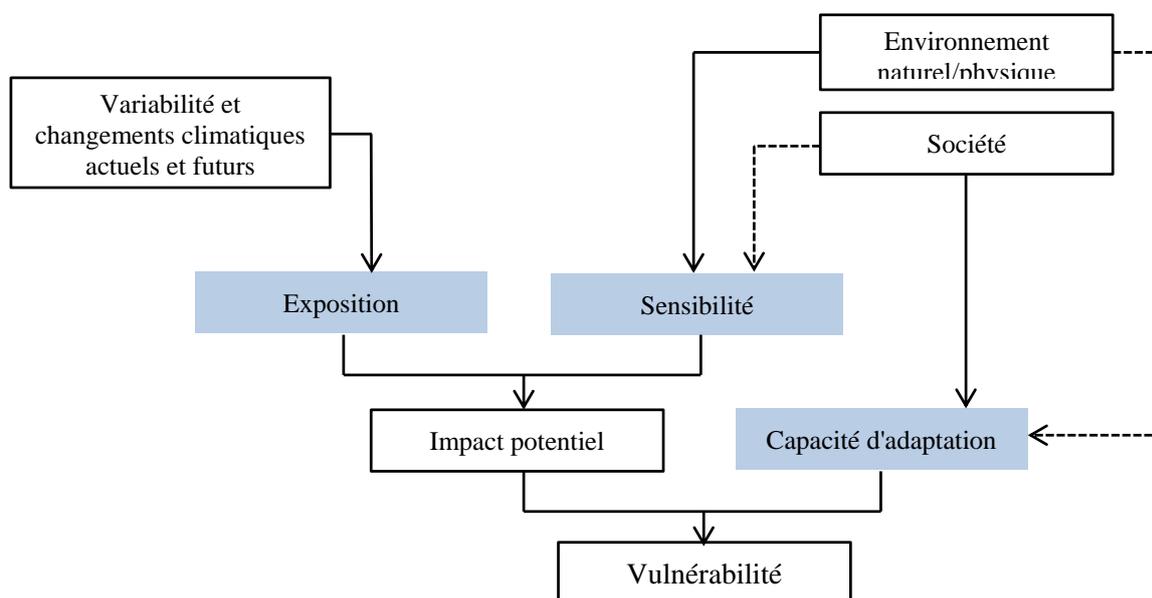


Figure 5: Les composantes de la vulnérabilité

Source: Fritzsche *et al.* (2015)

L'exposition rend compte de dimensions externes liées à la présence de personnes, de biens, d'infrastructures, d'écosystèmes (ressources ou services environnementaux) susceptibles de subir des dommages par rapport à un aléa fonction des paramètres climatiques (GIEC, 2014).

La sensibilité et la capacité d'adaptation quant à elles relèvent des caractéristiques internes au sens d'intrinsèques à un système (GIEC, 2014). La sensibilité exprime la réactivité aux aléas climatiques, c'est-à-dire la propension à être plus ou moins affecté (Preston et Stafford-Smith, 2009; GIEC, 2014). Elle peut varier considérablement selon les systèmes. Enfin, la capacité d'adaptation rend compte de la capacité d'un système à gérer son exposition et/ou sa sensibilité au CC, c'est-à-dire la capacité à générer et à mettre en œuvre des mesures d'adaptation (Downing, 1990; Berry *et al.*, 2006; Füssel et Klein, 2006; Deressa *et al.*, 2008; Fatemi *et al.*, 2017; Maiti *et al.*, 2017; European Environment Agency (EEA), 2017).

1.4.1. L'exposition

L'exposition est définie comme la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, ressources ou services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu ou dans un contexte susceptibles de subir des dommages (GIEC, 2014). Parmi tous les éléments qui contribuent à la vulnérabilité, l'exposition est la seule qui soit directement liée aux paramètres climatiques. Dans la majorité des travaux sur la vulnérabilité (O'Brien *et al.*, 2004; Deressa *et al.*, 2008; Preston et Stafford-Smith, 2009; Maiti *et al.*, 2017), l'exposition a été conceptualisée par la variabilité climatique (par exemple; augmentation des températures, variabilité et changement des précipitations) ou tout événement susceptible de se produire et pouvant entraîner des dommages à un système donné.

Les éléments exposés sont les éléments tangibles et intangibles d'un milieu (populations, bâtiments systèmes écologiques), susceptibles d'être affectés par un aléa naturel ou anthropique. Selon la définition de GIEC (2014), par exemple, les zones inondables et le besoin en eau d'irrigation pour un territoire rural constituent des variables d'exposition à la variation de la température et la pluviométrie. L'exposition peut être réduite par la mise en place de mesures structurelles (équipement de protection : digues) et non structurelles (actions de prévention : réglementation de l'utilisation des sols).

1.4.2. La sensibilité

La sensibilité fait référence à la réactivité d'un système aux aléas climatiques. Elle se réfère également aux activités humaines qui influent sur la composition physique d'un système, tels que les méthodes de culture, la gestion de l'eau, l'exploitation des ressources et la pression démographique (Preston et Stafford-Smith, 2009; Fritzsche *et al.*, 2015). Ceci est souvent

représenté conceptuellement comme un modèle "dose-réponse" : plus un système est sensible, plus le taux ou l'ampleur d'une réponse négative à un danger donné est grand (Preston et Stafford-Smith, 2009). La sensibilité peut varier considérablement d'un système, d'un secteur ou d'une population à l'autre.

Deressa *et al.* (2008) ont considéré dans leur étude de cas sur l'agriculture éthiopienne, que les zones avec des fréquences plus élevées d'extrêmes climatiques (la sécheresse et les inondations) seront plus sensibles en raison de la perte de rendement et donc de la perte de moyens de subsistance. O'Brien *et al.* (2004) ont développé un indice de sensibilité climatique à partir des variables climatiques (sécheresse, précipitation). À son tour Maiti *et al.* (2017) ont utilisé comme indicateurs de sensibilité le revenu, la productivité agricole, le pourcentage de pauvres, le pourcentage de population rurale, la superficie pluviale, le nombre d'exploitations marginales, les ménages ruraux n'ayant pas de sources d'eau potable et les ménages ayant des maisons dans un état dégradé..

Finalement, la sensibilité est une condition intrinsèque d'un système qui le rend particulièrement vulnérable. Elle se traduit par une propension à être affecté, favorablement ou défavorablement, par la manifestation d'un aléa.

1.4.3. La capacité d'adaptation

La capacité d'adaptation (Adaptive capacity) fait référence à la capacité d'un système à évoluer de manière à mieux gérer son exposition et / ou sa sensibilité aux aléas climatiques. Le GIEC (2014) l'a définie comme la capacité d'ajustement des systèmes, des institutions, des êtres humains et des autres organismes, leur permettant de s'adapter aux contraintes climatiques réelles ou prévues ou de faire face à leurs conséquences.

Les principales caractéristiques de la capacité d'adaptation d'une communauté ou d'une région comprennent la richesse économique, la technologie, l'information et les compétences, l'infrastructure, les institutions et l'équité (GIEC, 2001, 2014). La capacité d'adaptation est souvent calculée sur le base de la disponibilité des ressources ou des différents capitaux: physique, humain, naturel, économique et social (Preston et Stafford-Smith, 2009). Dans l'approche des moyens d'existence, ces capitaux ne sont pas nécessairement spécifiques aux chocs climatiques, mais sont également pertinents pour traiter d'autres types de chocs, comme les pénuries alimentaires, etc. (Maiti *et al.*, 2017). Afin, d'améliorer la capacité d'adaptation, les réseaux institutionnels et la bonne gouvernance sont nécessaires pour des questions

d'organisation collective, notamment pour lever les contraintes sociopolitiques dans la gestion de ces ressources (Adger, 2006; Preston et Stafford-Smith, 2009).

Il n'existe pas d'approche unique de la capacité d'adaptation étant donné que ses facteurs sont fortement dépendants du système étudié et de contexte. Dans la majorité des travaux sur la vulnérabilité, la capacité d'adaptation est toujours considérée comme un ensemble de facteurs qui détermine la capacité d'un système à générer et à mettre en œuvre des mesures d'adaptation. La pertinence de ces facteurs est propre à chaque cas et à chaque système.

1.4.4. Comparaison des composantes de la vulnérabilité au changement climatique entre le 4^{ème} et le 5^{ème} rapport du GIEC

Les concepts de 4^{ème} et 5^{ème} rapports du GIEC identifient tous les deux des composantes conduisant à des conséquences négatives causées par les effets du CC sur les systèmes naturels ou sociaux (Figure 6). Tant dans le 4^{ème} rapport que dans le 5^{ème} rapport, seule la combinaison de toutes les composantes conduit au résultat final : vulnérabilité (exposition, sensibilité et exposition) dans le 4^{ème} rapport et risque (danger, vulnérabilité et exposition) dans le 5^{ème} rapport. Les deux concepts distinguent les causes externes liées au climat (dans le 4^{ème} rapport « exposition », dans le 5^{ème} rapport « danger ») des caractéristiques du système. Ces aspects inhérents au système, sont la vulnérabilité, la sensibilité et la capacité. De plus, le concept du 5^{ème} rapport considère explicitement la présence et la pertinence des éléments exposés comme un élément supplémentaire (dans le 4^{ème} rapport seulement implicitement inclus dans la sensibilité) (GIZ et EURAC, 2017).

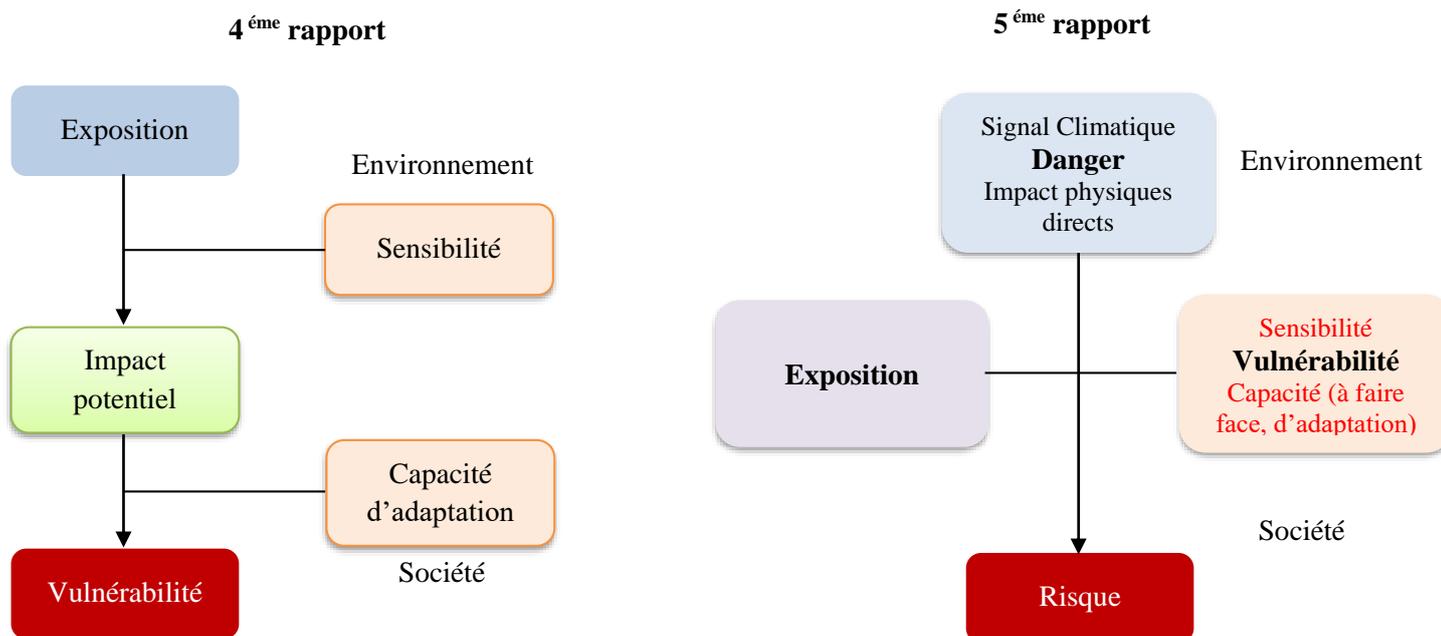


Figure 6: Comparaison des composantes de la vulnérabilité au changement climatique entre le 4^{ème} et le 5^{ème} rapport du GIEC

Source : (GIZ et EURAC, 2017)

Malgré que, dans le 5^{ème} rapport du GIEC la vulnérabilité est fonction seulement de deux composantes (sensibilité et CA), plusieurs travaux récents (Tesso, 2013; Tzilivakis *et al.*, 2015; Rana et Routray, 2016; Fatemi *et al.*, 2017; Maiti *et al.*, 2017; Neset *et al.*, 2019) continuent à étudier la vulnérabilité est fonction de l'exposition, de la sensibilité et de la capacité d'adaptation. De même, dans cette recherche on va adopter la définition classique de la vulnérabilité (celle du 4^{ème} rapport) et on a gardé l'exposition dans une perspective de contextualiser et de traiter finement la vulnérabilité

1.4.5. Résumé

Il n'existe pas d'approche unique pour identifier les variables des différentes composantes de la vulnérabilité, elles sont spécifiques à chaque étude. Polsky *et al.* (2007) a présenté les différentes composantes de vulnérabilité dans un diagramme (Figure 7) intitulé "*The Vulnerability Scoping Diagram*" pour faciliter la comparaison des évaluations avec des mesures différentes.

Pour opérationnaliser la notion de vulnérabilité dans sa multi-dimensionnalité et dans sa multidisciplinarité, les recherches font appel à l'utilisation de nombreux indicateurs. De fait, la vulnérabilité est souvent considérée comme une fonction associant un éventail de facteurs

Chapitre 1. Conceptualisation et évaluation de la vulnérabilité au changement climatique

biophysiques et socio-économiques et elle est caractérisée par la combinaison de très nombreux indicateurs (Downing, 1990; O'Brien *et al.*, 2004; Berry *et al.*, 2006; Füssel et Klein, 2006; Deressa *et al.*, 2008; Fatemi *et al.*, 2017; Maiti *et al.*, 2017; European Environment Agency (EEA), 2017). Dans la pratique, la sélection de ces indicateurs résulte d'un processus itératif en fonction de leur pertinence par rapport à un contexte donné et de la disponibilité des données.

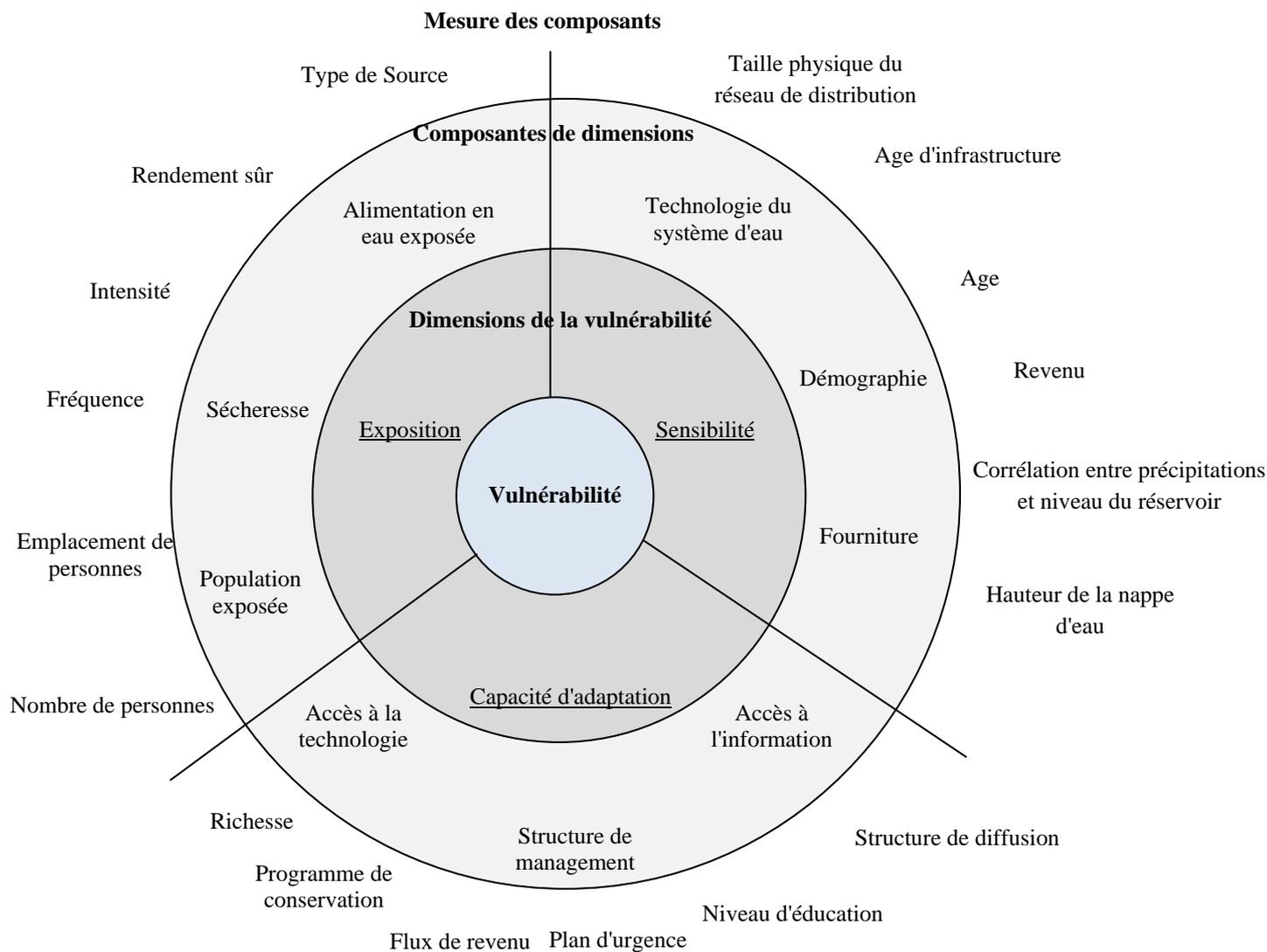


Figure 7: Outil de visualisation: diagramme de la vulnérabilité

Source: Polsky *et al.* (2007)

1.5. Les principaux facteurs de la vulnérabilité

Plusieurs études fournissent des classifications intéressantes des facteurs et indicateurs de vulnérabilité (Moss *et al.*, 2001; United Nations, 2004; Füssel Hans-Martin, 2007), avec des catégories souvent liées aux dimensions du développement durable à savoir des facteurs physiques, économiques, sociaux, environnementaux et institutionnels concernant la gouvernance. À titre d'exemple on peut citer les classifications suivantes.

Les Nations Unies (United Nations, 2004) distinguent quatre groupes de facteurs de vulnérabilité:

- ✓ Facteurs physiques qui décrivent l'exposition des éléments vulnérables dans une région ;
- ✓ Facteurs économiques qui décrivent les ressources économiques des individus, des groupes de populations et des communautés ;
- ✓ Facteurs sociaux qui décrivent les facteurs non économiques qui déterminent le bien-être des individus, des groupes de population et des communautés, tels que le niveau d'éducation, la sécurité, l'accès aux droits humains fondamentaux et la bonne gouvernance ;
- ✓ Et les facteurs environnementaux, qui décrivent l'état de l'environnement dans une région.

Moss *et al.* (2001) identifient trois dimensions de la vulnérabilité au CC.

- ✓ La dimension physico-environnementale explique les dommages causés par le climat. Il se réfère aux conditions climatiques d'une région et aux impacts biophysiques du CC, tels que les changements dans la productivité agricole ou la répartition des vecteurs de maladies.
- ✓ La dimension socioéconomique se réfère à la capacité d'une région à se remettre des événements extrêmes et à s'adapter aux changements à plus long terme.
- ✓ La troisième dimension, l'aide extérieure, est définie comme la mesure dans laquelle une région peut être aidée dans ses tentatives de s'adapter au changement par ses alliés et ses partenaires commerciaux et les arrangements internationaux pour fournir de l'aide.

Füssel (2007) a distingué entre deux catégories de facteurs :

- ✓ Les facteurs socio-économiques se rapportent aux caractéristiques des groupes sociaux (revenus, politiques des eaux souterraines, prix du marché)
- ✓ Les aspects biophysiques concernent les propriétés du système étudié par les sciences physiques (qualité du sol, mauvaise mousson).

Pour évaluer correctement la vulnérabilité au CC et identifier les mesures d'adaptation essentielles, il est particulièrement nécessaire d'améliorer nos connaissances sur les facteurs biophysiques et socio-économiques qui diminuent la sensibilité ou augmentent la capacité d'adaptation de systèmes étudiées.

1.6. Approches conceptuelles et évaluation de la vulnérabilité

La littérature sur l'étude de la vulnérabilité (Tableau 1), présente de nombreuses approches conceptuelles et méthodologiques. La connaissance de différentes méthodes et concepts est utile pour l'évaluation de la vulnérabilité, soit en créant une nouvelle méthode ou soit en adoptant des méthodes, existantes. Ce choix dépend essentiellement des types de systèmes étudiés, du contexte de l'étude et des bases de données disponibles.

Tableau 1: Présentation de quelques études sur la vulnérabilité

| Auteurs | Échelle | Objectif de l'étude | Méthodes |
|-----------------------------------|--|---|---|
| Cutter <i>et al.</i> (2003) | Régionale/comté (county) (États-Unis) | Étudier les facteurs de la vulnérabilité sociale pour construire un index de vulnérabilité sociale aux aléas environnementaux. | Analyse statistique (analyse en composantes principales) |
| (Neset <i>et al.</i> , 2019) | Secteur agricole (l'agriculture suédoise) | Analyser le rôle des indicateurs dans l'évaluation de la vulnérabilité de l'agriculture au CC. | Analyse participative (analyse des perceptions) |
| Adger (1999) | Locale (Xuan Thuy / Vietnam) | Étudier les facteurs de la vulnérabilité sociale au CC en identifiant la vulnérabilité au niveau individuel et collectif. | Analyse statistique |
| O'Brien <i>et al.</i> (2004) | Régionale (Inde) | Évaluer la vulnérabilité régionale à de multiples facteurs de stress: le CC et de la mondialisation (la vulnérabilité différentielle). | Cartographie (SIG) |
| D'Ercole <i>et Metzger</i> (2009) | Territoire urbain (la municipalité de Quito) | Identifier les enjeux majeurs du territoire et analyser leur vulnérabilité. | Analyse statistique et cartographie (SIG) |
| Tounsi (2013) | Écosystème (la forêt de subéraie/Tunisie) | Évaluer la vulnérabilité des écosystèmes face au CC. | Analyse statistique (analyse factorielle) et cartographie (SIG) |
| (Tzilivakis <i>et al.</i> , 2015) | Internationale (UE) | Étudier la vulnérabilité des services écosystémiques en utilisant des indicateurs qu'expriment l'état des quelques services écosystémiques. | Analyse statistique et cartographie (Arc SIG) |

Source : synthétisé par l'auteur

La vulnérabilité est une notion interdisciplinaire émergente qui s'appuie sur les recherches sur les risques, les aléas et les catastrophes. Ce concept incorpore des approches qualitatives et quantitatives, de la géographie avec une diversité d'échelles, du local au mondial, des études historiques aux ou prospectives. L'évaluation de cette vulnérabilité est souvent basée sur un ensemble d'approches, selon les données disponibles, analyse multicritère, télédétection et systèmes d'aide à la décision spatialisés (SIG)), et elle les intègre dans une perspective de développement, social, environnemental et économique.

1.6.1. Les approches conceptuelles

Trois approches conceptuelles majeures peuvent être distinguées dans la littérature. Une approche socio-économique (Adger, 1999; Allen, 2003; André, 2004; Adger, 2006; Fussel Hans-Martin, 2007; Maiti *et al.*, 2017) concerne principalement les aspects sociaux, économiques et politiques de la société. Dans cette approche la vulnérabilité est étudiée essentiellement en fonction des variables socio-économiques (éducation, genre, richesse, d'état de santé, accès au crédit, accès à l'information et à la technologie, etc.). L'approche biophysique permet d'étudier les dommages physiques causés par le CC (Adams, 1989; Cutter *et al.*, 2000; Fussel et Klein, 2006; Tzilivakis *et al.*, 2015; Sehgal et Dhakar, 2016). Elle est basée essentiellement sur des variables biophysiques, les impacts sont plus souvent estimés en fonction des prévisions climatiques ou des indicateurs de sensibilité, par exemple les effets du CC sur le rendement peuvent être analysés en modélisant les relations entre les rendements des cultures et les variables climatiques. Concernant la vulnérabilité au CC l'approche intégrée est privilégiée en combinant à la fois les caractéristiques socio-économiques et biophysiques (O'Brien *et al.*, 2004; Deressa *et al.*, 2008; Tesso, 2013; Fatemi *et al.*, 2017). Par exemple, O'Brien *et al.* (2004) ont associé les aspects socio-économiques et les facteurs biophysiques pour cartographier la vulnérabilité de l'agriculture.

Chaque approche présente des limites et des avantages, d'une part les approches biophysiques et sociales traitent séparément les aspects socio-économiques et biophysiques, d'autre part l'approche intégrée pose un problème dans la façon de combiner les variables biophysiques et socioéconomiques.

Tableau 2: les approches conceptuelles de la vulnérabilité

| Approche socio-économiques (Adger, 1999; Allen, 2003; Adger, 2006; Füssel Hans-Martin, 2007) | |
|--|---|
| Caractéristiques | <ul style="list-style-type: none"> - Elle concerne principalement les aspects sociaux, économiques et politiques de la société. Par exemple la vulnérabilité peut être fonction d'éducation, de genre, de richesse, d'état de santé, d'accès au crédit, d'accès à l'information et à la technologie etc. - La vulnérabilité est considérée comme un point de départ ou un état (c'est-à-dire une variable décrivant l'état interne d'un système) qui existe dans un système avant de rencontrer un événement dangereux. - La vulnérabilité est considérée comme construite par la société à la suite de changements institutionnels et économiques. - Elle se concentre sur l'identification de la capacité d'adaptation des individus ou des communautés en fonction de leurs caractéristiques internes. |
| Limites | <ul style="list-style-type: none"> - Elle néglige les variables environnementales, comme la sécheresse et les inondations (intensité, fréquence et probabilité de choc environnemental). - Deux groupes sociaux ayant des caractéristiques socioéconomiques similaires, mais différents paramètres environnementaux peuvent entraîner différents niveaux de vulnérabilité et vice versa. - Elle ne tient pas en compte de la disponibilité et de l'accessibilité des ressources naturelle. |
| Approche biophysiques (Adams, 1989; Füssel et Klein, 2006; Tzilivakis <i>et al.</i> , 2015; Sehgal et Dhakar, 2016) | |
| Caractéristiques | <ul style="list-style-type: none"> - Ou analyse d'impact évalue le niveau de dégâts causé par un stress environnemental donné sur les systèmes sociaux et biologiques (revenu, rendement). - Les impacts sont le plus souvent estimés en fonction des prévisions climatiques ou des indicateurs de sensibilité. - Constitue une analyse de point final permet d'évaluer l'étendue du problème du CC. |
| Limites | <ul style="list-style-type: none"> - L'approche se concentre principalement sur les dommages physiques, tels que le rendement, le revenu, etc. Par exemple, une réduction de rendement à cause du CC n'a pas le même effet sur les agriculteurs pauvres et sur les grands agriculteurs. - Elle néglige la capacité d'adaptation des individus ou des groupes sociaux. |
| Approche intégrées (O'Brien <i>et al.</i> , 2004; Deressa <i>et al.</i> , 2008; Tesso, 2013; Fatemi <i>et al.</i> , 2017) | |
| Caractéristiques | <ul style="list-style-type: none"> - Combine à la fois les caractéristiques socio-économiques et biophysiques dans l'analyse de vulnérabilité. - L'approche de la cartographie de la vulnérabilité est un bon exemple de cette approche, dans laquelle les aspects socio-économiques et les facteurs biophysiques sont systématiquement associés pour déterminer la vulnérabilité. |
| Limites | <ul style="list-style-type: none"> - Manque de méthode standard pour combiner les indicateurs biophysiques et socioéconomiques. - Cette approche utilise différents ensembles de données (socioéconomiques et biophysiques) ont certainement des poids différents et inconnus. - Cette analyse ne fournit pas de mesure commune pour déterminer l'importance relative de la vulnérabilité sociale et biophysique. - Elle ne tient pas en compte du dynamisme de la vulnérabilité. |

Il existe des différences disciplinaires significatives en ce qui concerne la manière dont la vulnérabilité est définie et évaluée. Dans certains cas, l'approche adoptée se réfère à la vulnérabilité biophysique et prend en compte les concepts de danger, d'exposition, de sensibilité ou de risque. Dans d'autres cas, la démarche met l'accent sur les processus sociaux,

économiques ou politiques qui se rapprochent davantage du concept de capacité d'adaptation. Enfin, certaines approches ont recours à des conceptualisations intégrées de la vulnérabilité en tant que résultat de processus biophysiques et socio-économiques qui sont susceptibles de rendre ensemble les systèmes fragiles. Les différentes manières de conceptualiser la vulnérabilité influencent les méthodes d'évaluation utilisées et les types de résultats obtenus, ainsi que l'usage qui peut être fait de ces informations finales par les décideurs publics.

1.6.2. Les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité

Déterminer comment évaluer de manière quantitative la vulnérabilité est une tâche difficile et une question nécessaire pour mieux comprendre la vulnérabilité. Un point de départ essentiel pour le développement de méthodes d'évaluation quantitative de la vulnérabilité consiste à sélectionner des indicateurs représentatifs suffisamment complets pour être applicables dans différents systèmes (Dong *et al.*, 2015; Neset *et al.*, 2019). La recherche interdisciplinaire sur la vulnérabilité préconise généralement deux principales approches d'évaluation quantitative de la vulnérabilité, les approches économétriques et les approches multicritères basées sur les indicateurs (Füssel Hans-Martin, 2007; Deressa *et al.*, 2008; Maiti *et al.*, 2017; Neset *et al.*, 2019).

1.6.2.1. Méthode économétrique

La méthode économétrique est basée sur la reconstitution d'un modèle économique pour un système donné (ménage, région pays, etc.) permet d'évaluer les effets attendus ou observés d'un enjeu (CC). Par exemple, dans plusieurs études la vulnérabilité d'une personne est conçue comme la probabilité que cette personne devienne prochainement pauvre si elle n'est pas actuellement pauvre ou si cette personne continue d'être pauvre si elle est actuellement pauvre (Christiaensen et Subbarao, 2005; Chaudhuri *et al.*, 2011).

La modélisation de la vulnérabilité peut être envisagée de plusieurs façons. Généralement elle basée sur des fonctions qui permettent d'exprimer les interactions entre les facteurs de vulnérabilité et le niveau de vulnérabilité exprimé par une variable (pauvreté, utilité, etc.).

Tableau 3: Quelques exemples de méthodes économétriques de l'évaluation de la vulnérabilité

| Méthodes | Description | Références |
|--|--|---|
| La vulnérabilité comme la pauvreté prévue | <ul style="list-style-type: none"> - La vulnérabilité d'une personne est conçue comme la probabilité que cette personne devienne prochainement pauvre si elle n'est actuellement pas pauvre ou si cette personne continue d'être pauvre si elle est actuellement pauvre - La consommation (revenu) est utilisée comme base de procuration pour le bien-être. - Cette méthode est basée sur l'estimation de la probabilité qu'un choc donné, ou un ensemble de chocs, déplace la consommation des ménages en dessous d'un niveau minimum donné (par exemple, ligne de pauvreté de consommation) ou oblige le niveau de consommation à rester en dessous de l'exigence minimale requise si elle est déjà inférieure à ce niveau | (Christiaensen et Subbarao, 2005; Chaudhuri <i>et al.</i> , 2011) |
| La vulnérabilité comme une faible utilité attendue | <ul style="list-style-type: none"> - La vulnérabilité est définie comme la différence entre l'utilité dérivée d'un certain niveau de certitude - la consommation équivalente au-delà de laquelle le ménage ne serait pas considéré comme vulnérable et l'utilité attendue de la consommation. - L'inconvénient de cette méthode est qu'il est difficile de tenir compte de la préférence des individus. | (Ligon et Schechter, 2003) |
| Vulnérabilité comme exposition au risque non assurée | <ul style="list-style-type: none"> - Elle est basée sur une évaluation ex post de perte de bien-être entraîné par un choc. - L'impact des chocs est évalué en utilisant des données de panel pour quantifier la variation de la consommation induite. - La valeur de la perte encourue en raison de chocs équivaut au montant payé en tant qu'assurance pour garder un ménage aussi bien que précédemment (avant le choc). - Cette méthode nécessite plusieurs bases de données. | (Hoddinott et Quisumbing, 2003) |

Source: Deressa *et al.* (2008)

1.6.2.2. Méthode d'indicateur

Comme la vulnérabilité est un concept théorique qui ne peut pas être mesuré comme phénomène observable, les évaluateurs ont recours à des indicateurs pour rendre ce concept théorique opérationnel. À l'issue d'un cadrage théorique, ils mobilisent un ensemble de variables qui servent de représentations opérationnelles des caractéristiques, des qualités et des propriétés du système étudié (Hinkel, 2011; Becker *et al.*, 2015; Neset *et al.*, 2019). Cette méthode permet de quantifier la vulnérabilité en combinant systématiquement les différents indicateurs sélectionnés (Adger, 1999; Brooks, 2003; André, 2004; O'Brien *et al.*, 2004; Deressa *et al.*, 2008; D'Ercole et Metzger, 2009; Neset *et al.*, 2019). On parle d'approche multicritère dans la mesure où les différentes dimensions de la vulnérabilité peuvent être synthétisées par l'intermédiaire des indicateurs et des variables qui sont mobilisés.

Chapitre 1. Conceptualisation et évaluation de la vulnérabilité au changement climatique

Généralement, une évaluation quantitative de la vulnérabilité basée sur des indicateurs multicritères implique plusieurs étapes : la définition de l'objectif ; le contexte et le cadre conceptuel de l'étude; la sélection d'indicateurs; la collecte et gestion des données; l'agrégation d'indicateurs; et la présentation des résultats (Becker *et al.*, 2015; Naset *et al.*, 2019).

Lors de la conceptualisation de la vulnérabilité, l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation sont explicitées. Cela permet de justifier la mobilisation de différents indicateurs qui sont donc utilisés pour représenter ces composantes. Ils permettent de définir la vulnérabilité du système étudié et sont souvent combinés dans un indice composite multicritère (Moss *et al.*, 2001; Ligon et Schechter, 2003; Adger, 2006; Nhemachena *et al.*, 2006; Hinkel, 2011; Ford *et al.*, 2018; Naset *et al.*, 2019; European Environment Agency (EEA), 2017). Ces indices multicritères qui prennent en compte les multiples dimensions de la vulnérabilité sont aussi couramment utilisés pour cartographier la vulnérabilité (Preston et Stafford-Smith, 2009; Nelson *et al.*, 2010; Naset *et al.*, 2019).

Ces approches multicritères ont fait l'objet de nombreuses critiques : plusieurs études ont signalé des lacunes, par exemple concernant la sélection des indicateurs, leur mise à l'échelle, l'incertitude sur leur validité et leur robustesse, ainsi que l'incertitude sur la relation présumée des indicateurs avec la vulnérabilité, concernant l'agrégation et la pondération des indicateurs également, etc.(Vincent, 2004; Nelson *et al.*, 2010; Hinkel, 2011; Becker *et al.*, 2015; Naset *et al.*, 2019).

Ainsi, le choix des méthodes de pondération et de synthèse des indicateurs qui détermine significativement le résultat de l'indice composite figure parmi les inconvénients majeurs de cette approche. Deux principales options peuvent être distinguées. La première suppose que tous les indicateurs de vulnérabilité ont une importance égale et leur donne ainsi des poids égaux (Cutter *et al.*, 2000). La deuxième option consiste à attribuer des poids différents pour éviter l'incertitude de la pondération égalitaire et compte tenu de la diversité des indicateurs utilisés. Par exemple Deressa *et al.* (2008) ont utilisé la méthode d'analyse en composante principale pour attribuer une pondération à chaque indicateur.

Les indices de vulnérabilité peuvent donc différer fortement les uns des autres selon les indicateurs sélectionnés, les mécanismes de pondération et les méthodes de synthèse. Malgré, toutes les critiques, les méthodes basées sur des indicateurs restent des outils précieux pour

déterminer et réduire systématiquement les causes de la vulnérabilité (Vincent, 2004; Adger, 2006; Tesso, 2013; Becker *et al.*, 2015; Neset *et al.*, 2019).

1.6.2.3. Résumé

Les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sont aujourd'hui fréquemment utilisées pour mesurer les niveaux de vulnérabilité de différents systèmes étudiés. Les techniques disponibles sont certes multiples, et il est important de rappeler que leurs spécificités et leurs hypothèses conditionnent fortement les résultats. Pour l'essentiel, ces méthodes ont pour objectif d'identifier plusieurs classes de vulnérabilité et d'effectuer des comparaisons en fonction des niveaux de vulnérabilité. Cependant, la nature quantitative de ces évaluations peut rendre leur paramétrage difficile et peut rapidement conduire à une complexité analytique. L'exécution d'un tel travail pour évaluer la vulnérabilité nécessite en effet de mieux comprendre les relations qualitatives et quantitatives entre les différentes variables explicatives et les différentes composantes de la vulnérabilité.

1.7. Récapitulatif

L'état de l'art sur le concept de vulnérabilité montre qu'il existe de nombreux termes liés à ce concept, dont les définitions se chevauchent dans leur signification (par exemple résilience, capacité d'adaptation, adaptabilité). Cette diversité de notions proches de la vulnérabilité s'accompagne d'une diversité semblables dans les méthodes d'évaluation qui sont appliquées à une grande diversité de systèmes, ainsi qu'à des échelles spatiales et temporelles différentes (Gallopín, 2006; Janssen *et al.*, 2006; Hinkel, 2011; Wolf et Moser, 2011). Une difficulté pour rendre la définition de la vulnérabilité opérationnelle tient au fait que les concepts qui la définissent eux-mêmes sont vagues et difficiles à rendre opérationnels (Hinkel, 2011). La pluralité des définitions et des approches d'évaluation de la vulnérabilité a conduit à des travaux conceptuels qui tentent à clarifier les concepts et les méthodologies.

À ce jour, le travail conceptuel n'a cependant pas résolu la confusion terminologique et méthodologique associée à la vulnérabilité et aux concepts connexes. On trouve peu de consensus dans la littérature au-delà du fait qu'il existe des conceptualisations multiples de la vulnérabilité et qu'elle est spécifique à chaque contexte (Burton *et al.*, 2018; Debra, 2018; de Sherbinin *et al.*, 2019; Neset *et al.*, 2019).

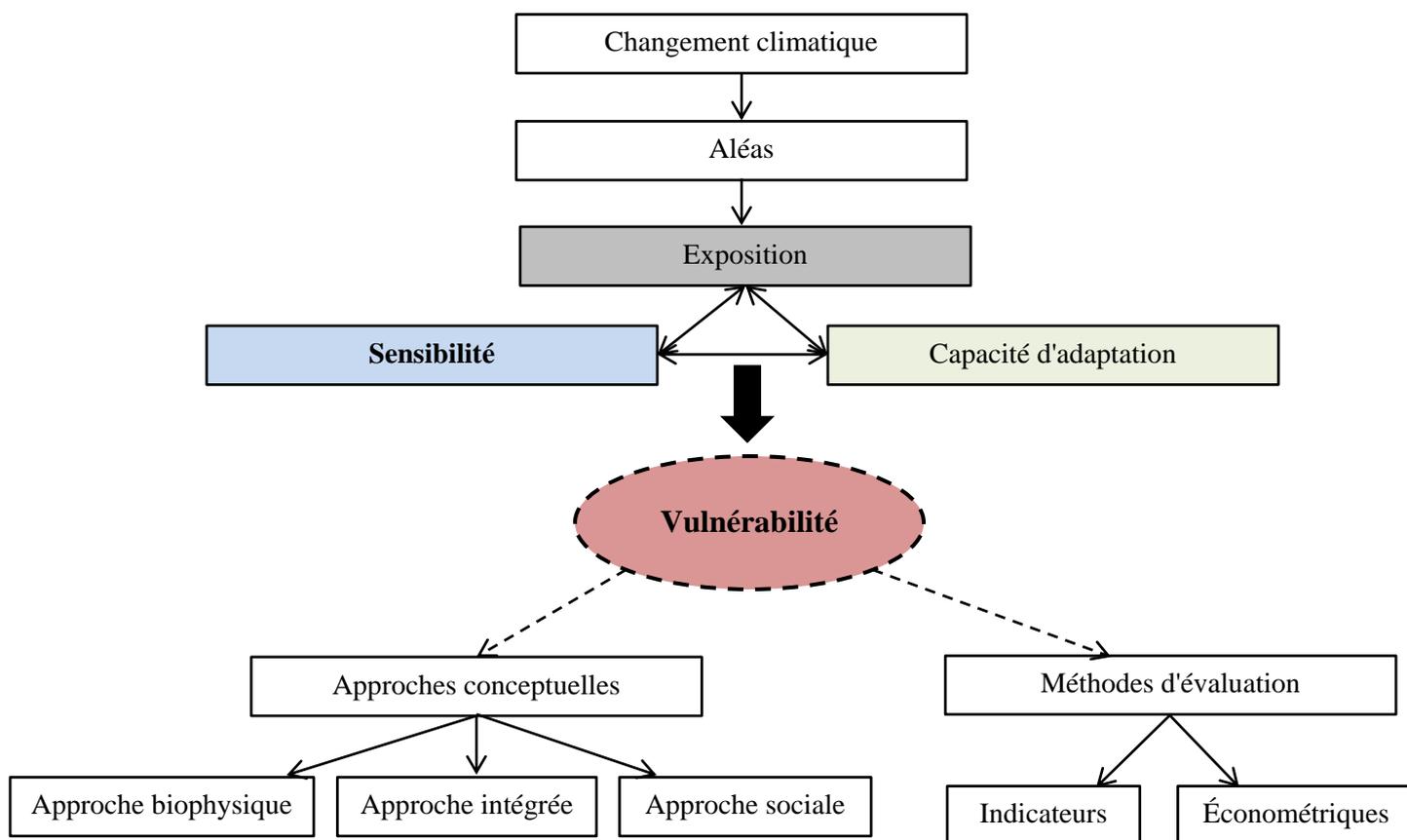


Figure 8 : Schéma récapitulatif

Source : synthétisé par l'auteur

Cette recherche bibliographique sur la vulnérabilité a abouti aux conclusions suivantes :

- ✓ Toutes les définitions et méthodologies analysées sont d'accord sur le principe que la vulnérabilité est une mesure de la fragilité et des dommages futurs possibles.
- ✓ Les définitions des scientifiques fournissent peu ou pas d'orientation pour la conception de méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité. Il existe une ambiguïté dans la mise en œuvre des définitions en raison de la généralité et du flou des termes impliqués dans les définitions.
- ✓ Les définitions scientifiques ne fournissent pas beaucoup de recommandations pour évaluer la vulnérabilité. Par conséquent, des méthodologies pour évaluer la vulnérabilité doivent être développées sur la base de la recherche spécifique plutôt que sur des définitions générales.
- ✓ La conception des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité nécessite un choix normatif pour rendre la vulnérabilité et les concepts connexes opérationnels.

Chapitre 1. Conceptualisation et évaluation de la vulnérabilité au changement climatique

L'évaluation de la vulnérabilité fournit une base fiable pour concevoir l'adaptation au CC et elle peut contribuer par la suite au développement durable. Elle est considérée comme un moyen principal d'informer le besoin d'adaptation en facilitant la sélection d'options d'adaptation spécifiques (Preston et Stafford-Smith, 2009). À cette fin, elle apparaît comme une partie fondamentale de la prise de décision adaptative, par la détermination des caractéristiques du système vulnérable, l'établissement des priorités, l'évaluation des décisions alternatives et la mise en œuvre effective d'une politique ou d'une mesure d'adaptation particulière.

CHAPITRE 2. L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Dans ce chapitre, nous présentons une revue de littérature sur le concept de l'adaptation. L'objectif est de contribuer à une meilleure compréhension de différentes terminologies et différents concepts développés autour de l'adaptation en mettant l'accent sur le secteur agricole.

2.1. Introduction

L'adaptation est un terme polysémique et un concept transdisciplinaire. Il tire ses origines de la théorie de l'évolution essentiellement basée sur le développement des caractéristiques génétiques ou comportementales qui permettent aux organismes ou aux systèmes de faire face aux changements environnementaux afin de survivre et de se reproduire (Winterhalder, 1980; Smit et Wandel, 2006; Simonet, 2010). La prise en compte de l'adaptation dans les sciences naturelles englobe des échelles allant de l'organisme ou de l'individu à la population d'une seule espèce ou d'un écosystème entier (Krimbas, 2004; Smit et Wandel, 2006). Le concept d'adaptation a été utilisé de manière explicite et implicite dans plusieurs domaines (biologie, sociologie, écologie, géographie, ...). Simonet (2010) a présenté dans son étude sémantique et historique du concept d'adaptation un résumé des définitions en fonction des disciplines (Tableau 4).

Tableau 4: Définitions du concept d'adaptation et des concepts associés selon les disciplines

| Discipline | Définition | Concepts associés |
|---------------|---|---|
| Biologie | «On entend par adaptation biologique l'ensemble des corrélations internes et externes (relations organismes-milieu) qui font qu'un organisme peut vivre d'une certaine manière dans un habitat donné, et y contribuer à la perpétuation de l'espèce à laquelle il appartient » (Bocquet, 2002). | Évolution Interactions Acclimatation |
| Psychologie | «Processus qui entoure l'incessante interaction entre l'homme et le monde dynamique dans lequel il évolue et interagit» (Jakubowicz, 2002). | Équilibration Habituation |
| Anthropologie | « Processus par lequel les organismes ou populations d'organismes effectuent des ajustements biologiques ou comportementaux qui facilitent ou assurent leur succès reproducteur, et donc leur survie, dans leur environnement. Le succès ou l'échec des réponses adaptatives peuvent uniquement se mesurer sur le long terme et les conséquences évolutives des comportements observés ne sont pas prédictibles » (Bates, 2005). | Ajustement Comportement |
| Sociologie | Malgré des racines entremêlées avec la biologie, la sociologie utilise peu le concept d'adaptation, préférant les termes acculturation, déviance ou socialisation. Le concept d'adaptation existe néanmoins via l'adaptation sociale, qui s'attarde sur les changements, chez l'individu, à l'origine du développement des aptitudes à s'intégrer et à acquérir un sentiment d'appartenance à un groupe (Boudon, 2002). | Intégration Socialisation Acculturation |
| Géographie | L'école de géographie de Chicago emprunta à l'écologie le concept d'adaptation pour le définir comme le fruit de choix délibérés afin d'échapper aux contraintes du milieu, se démarquant ainsi du déterminisme biologique issu de la sélection naturelle en s'appuyant davantage sur la notion d'ajustement : « l'objet de la géographie est l'ajustement de l'homme à l'environnement et non à l'influence de cet environnement » (Barrows (1923) cité par (Reghezza, 2007)). | Ajustement |

Source : Simonet (2010)

L'adaptation a une longue histoire multidisciplinaire. La signification du terme diffère selon le domaine et la pratique (Moser et Ekstrom, 2010; Simonet, 2015). Par conséquent,

l'application du terme adaptation aux systèmes humains a permis d'étudier l'adaptation des "noyaux culturels" (c'est-à-dire les sociétés régionales) à l'environnement naturel par des activités de subsistance (Butzer (1989) cité par (Smit et Wandel, 2006)). Dans le même domaine O'Brien et Holland (1992) définissent le processus d'adaptation comme un processus par lequel des groupes de personnes ajoutent de nouvelles méthodes améliorées à leur répertoire culturel pour faire face à un changement de l'environnement. En sciences sociales, l'adaptation d'un système humain est basée sur le succès ou la survie d'une culture. O'Brien et Holland (1992) et Smit et Wandel (2006) suggèrent qu'un groupe qui ne dispose pas de méthodes adéquates pour faire face au stress environnemental ne sera pas en mesure de concourir pour des ressources rares et ne pourra pas perdurer. Alors que, les sociétés qui sont capables de réagir au changement ou d'y faire face rapidement et facilement sont considérées comme ayant une adaptabilité ou une capacité d'adaptation élevée (Adger, 2000; Smit et Wandel, 2006). Les études sur l'adaptation montrent que le concept d'adaptation, varie d'un domaine à un autre et selon les chercheurs, laissant une large marge d'interprétation (Smit et Wandel, 2006; Füssel H.-M., 2007; Simonet, 2010). Généralement, l'adaptation évoque une aptitude d'ajustement et d'évolution comme réponse à un environnement changeant. *"L'adaptation n'est qu'un changement en réponse à un changement"* (Simonet (2016): p.7).

Face à l'accélération et à l'intensification des changements environnementaux et socioéconomiques globaux, l'intérêt porté au concept d'adaptation est croissant en sciences de l'environnement (Winterhalder, 1980; Smit et Wandel, 2006; Füssel H.-M., 2007; Simonet, 2010). Des études sur l'adaptation au CC ont émergé parallèlement à la prise de conscience croissante du CC (Smit et Wandel, 2006; Simonet, 2010; Rickards et Howden, 2012).

2.2. L'adaptation au changement climatique

Le CC est susceptible de changer radicalement les sociétés et les écosystèmes au cours des prochaines décennies (GIEC, 2007, 2014). Pour limiter les conséquences négatives du CC deux options sont possibles et complémentaires, réduire les émissions de gaz à effet de serre (atténuation) et s'adapter au changement du climat (adaptation). Depuis la prise de conscience des conséquences du CC, les réponses se sont davantage focalisées sur la réduction des gaz à effet de serre (GES), que sur la réduction de la vulnérabilité. Au début, l'adaptation dans un contexte du CC a été perçue par certains acteurs comme une solution inférieure, qui s'intéresse uniquement aux conséquences et non aux causes, voire comme une alternative dangereuse qui risquait de freiner l'atténuation. Aujourd'hui, le CC est perçu comme

inévitables, ces impacts augmentent et s'intensifient (GIEC, 2007, 2014). Même si l'on cessait toute émission de gaz à effet de serre, les conséquences constatées impliquent des décennies voire siècles de perturbations des écosystèmes. De plus, dans un contexte de crise écologique et socio-économique, les politiques d'atténuation n'ont pas réussi suffisamment à diminuer les émissions globales de gaz à effet de serre, ni à stopper la dégradation de ses puits naturels de carbone. L'adaptation prend donc une importance croissante dans les politiques à différentes échelles (internationale nationale et locale). Néanmoins, les politiques abordent l'atténuation et l'adaptation de manière distincte alors qu'elles doivent être toutes deux mises en œuvre de façon complémentaires (Becken, 2005; Laukkonen *et al.*, 2009; Landauer *et al.*, 2019). "*L'atténuation vise à éviter l'ingérable et l'adaptation vise à gérer l'inévitable*" (Laukkonen *et al.*, 2009).

Au cours des deux dernières décennies, l'adaptation est de plus en plus présente dans la littérature scientifique, elle est devenue un objet d'études et de réflexion central (Moser, 2011; Wise *et al.*, 2014; Simonet, 2016; Owen, 2020). Une meilleure compréhension scientifique, une sensibilisation accrue des différents acteurs et des possibilités de financement importantes ont aidé les gouvernements, les organisations communautaires, les centres de recherche et les organisations non gouvernementales à lancer un éventail d'initiatives d'adaptation pour faire face aux conséquences du CC et réduire la vulnérabilité des sociétés et des écosystèmes (Smit *et al.*, 2000; Adger *et al.*, 2005; Smit et Wandel, 2006; De Perthuis *et al.*, 2010; Simonet, 2016; Fedele *et al.*, 2019; Owen, 2020). Ces initiatives d'adaptation englobent plusieurs systèmes, notamment l'agriculture, les zones côtières, l'environnement, la santé, l'eau et les zones urbaines. Par exemple en France, l'adaptation a été intégrée dans les processus d'aménagement du territoire et de pilotage du développement durable via le Plan climat-air-énergie territorial (PCAET) (ONERC, 2018).

Selon plusieurs scientifiques (Smit *et al.*, 2000; Brooks, 2003; Smit et Pilifosova, 2003), l'adaptation fait généralement référence à un processus, une action ou un résultat dans un système (ménage, secteur, région, pays) pour mieux gérer, faire face ou s'adapter à certains changements d'état, de stress, de risque ou d'opportunité. Théoriquement, l'adaptation au CC semble simple en ajustant les comportements, les actions et les décisions en réponse aux impacts du CC (Smit et Pilifosova, 2003; Smit et Wandel, 2006; Owen, 2020). Les ajustements peuvent intervenir en réaction aux impacts actuels ou être anticipés en réponse à des conséquences futures; spontanés ou planifiés; à court terme ou à long terme et individuels ou collectifs (Smit *et al.*, 2000; Smit et Wandel, 2006; Moser et Ekstrom, 2010). Dans la

Chapitre 2. L'adaptation au changement climatique

littérature sur le CC il existe de nombreuses définitions de la notion d'adaptation dont la compréhension a évolué depuis qu'elle constitue une réaction potentielle au CC.

Compte tenu de l'accroissement et l'accélération de la mise en œuvre effective des initiatives d'adaptation, le GIEC (2014) a porté une attention particulière à l'adaptation dans son cinquième rapport, en rappelant l'urgence d'adapter les sociétés et les écosystèmes à de nouvelles réalités climatiques. Il a défini l'adaptation comme une *"démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Dans les systèmes humains, il s'agit d'atténuer ou d'éviter les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. Dans certains systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'adaptation au climat attendu ainsi qu'à ses conséquences"* (GIEC, 2014). Pour Smit et Pilifosova (2003) *"l'adaptation fait référence aux ajustements des systèmes écologiques, sociaux ou économiques en réponse aux stimuli climatiques réels ou prévus et à leurs effets ou impacts. Il s'agit de changements dans les processus, les pratiques et les structures pour atténuer les dommages potentiels ou pour profiter des opportunités associées au changement climatique"*.

Dans leurs réflexions sur l'adaptation, Moser et Ekstrom (2010) ont donné la même importance aux systèmes naturels et humains, en s'intéressant à l'adaptation aux systèmes socio-écologiques. En plus ils ont mis l'accent sur le fait que l'adaptation doit prendre en compte, en plus des contraintes climatiques, d'autres enjeux non climatiques à savoir les politiques (par exemple certains accords commerciaux peuvent créer une précarité pour les agriculteurs qui n'ont pas les ressources nécessaires pour être compétitifs (Owen, 2020)) et les projets de développement. Les résultats de l'adaptation dépendent de nombreux autres facteurs, et pas seulement de l'action d'adaptation elle-même. À partir de ces paramètres Moser et Ekstrom (2010) ont défini l'adaptation comme suit : *"L'adaptation implique des changements dans les systèmes socio-écologiques en réponse aux impacts réels et attendus du changement climatique en interaction avec des changements non climatiques. Les stratégies et actions d'adaptation peuvent aller de l'adaptation à court terme à des transformations plus profondes et à plus long terme, viser à atteindre plus que les seuls objectifs du changement climatique, et peuvent ou non réussir à atténuer les dommages ou à exploiter les opportunités bénéfiques"*.

Aussi, dans la littérature sur l'adaptation on remarque un glissement d'une vision d'ajustement vers une adaptation transformationnelle (Howden *et al.*, 2010; Rickards et Howden, 2012; Simonet, 2016; Fedele *et al.*, 2019). La notion de transformation est définie comme un changement dans les attributs fondamentaux d'un système naturel ou humain (GIEC, 2014;

Simonet, 2016). Selon Pelling (2010) l'adaptation transformationnelle décrit les actions qui peuvent entraîner le renversement des systèmes de droits actuels et l'imposition de nouveaux régimes. Sur la base de cette définition Howden *et al.* (2010) ont défini l'adaptation transformationnelle au CC dans l'agriculture comme une action majeure et ciblée au niveau de l'exploitation agricole ou à une échelle plus large en réponse aux impacts potentiels ou actuels du CC et aux opportunités dans le contexte d'autres stimulus. L'adaptation transformationnelle présente des avantages potentiels importants (capacité à adopter une perspective systémique) mais aussi des risques majeurs (une remise en question des politiques en place) (Howden *et al.*, 2010; Pelling, 2010; Simonet, 2016).

Bien que le domaine de l'adaptation au CC soit relativement nouveau, il découle de plusieurs décennies de recherche (première étude en 1980 par Butzer (1980) cité par (Smit et Wandel, 2006)). L'adaptation est un concept fondamental dans les études sur les risques et les aléas climatiques, les écosystèmes et l'environnement. Aujourd'hui, elle est considérée comme un outil crucial pour penser le rapport entre les sociétés, les écosystèmes et les impacts climatiques actuels et potentiels dans la perspective de réduire la vulnérabilité et d'améliorer la capacité d'adaptation. L'adaptation au CC est largement acceptée comme une nécessité et une opportunité, mais reste un sujet et une tâche ambiguë et difficile à mettre en œuvre (Rickards et Howden, 2012).

2.3. Caractéristiques de l'adaptation au CC

Dans la littérature on trouve plusieurs caractéristiques (Figure 9) de l'adaptation au CC, qui sont importantes pour faciliter les initiatives d'adaptation (Smit *et al.*, 2000; Moss *et al.*, 2001; Adger *et al.*, 2005), mais qui rendent le processus complexe (Russel *et al.*, 2018). La mise en œuvre des pratiques d'adaptation peut aller de l'adaptation à court terme à des transformations plus profondes et à plus long terme ((Smit et Wandel, 2006; Moser et Ekstrom, 2010). Les décisions concernant l'adaptation peuvent être prises à des échelles spatiales localisées (par exemple un écosystème) ou très larges (par exemple à l'échelle nationale). Une grande partie de cette adaptation est réactive, dans le sens où elle est déclenchée par des événements passés ou actuels, mais elle est également anticipative dans le sens où elle est basée sur une évaluation des impacts futurs (Adger *et al.*, 2005). En fonction de son degré de spontanéité, elles peuvent être autonomes ou planifiées (Smit *et al.*, 2000). Comme toutes mesures, l'adaptation au CC peut entraîner des coûts importants. Compte tenu de sa complexité conceptuelle, l'évaluation de sa performance à travers plusieurs critères économiques

Chapitre 2. L'adaptation au changement climatique

(efficacité, efficience, durabilité etc.) est très utile pour clarifier les relations entre les impacts du CC et les initiatives d'adaptation, mais complexe à mettre en œuvre. Par exemple Owen (2020) a évalué l'efficacité de certaines mesures d'adaptation à l'aide de cinq indicateurs: réduction des risques et de la vulnérabilité, développement de systèmes sociaux résilients, amélioration de l'environnement, augmentation des ressources économiques et renforcement de la gouvernance et des institutions. De même Adger *et al.* (2005) ont évalué l'adaptation en fonction de l'équité, la légitimité sociale et la durabilité. L'adaptation peut être motivée par de nombreux facteurs, notamment la protection du bien-être économique ou l'amélioration de la sécurité (Adger *et al.*, 2005). Plusieurs analyses ont permis de mieux identifier et comprendre les mesures d'adaptation possibles et susceptibles d'avoir un impact, si elles étaient mises en œuvre (Smit *et al.*, 2000; Adger *et al.*, 2005; Smit et Wandel, 2006; Barnett et O'Neill, 2010; Moser, 2011). Ces adaptations sont basées essentiellement sur l'expérience et l'observation et peuvent prendre de nombreuses formes (Biagini *et al.*, 2014). Elles peuvent être politiques (accord régional sur l'exploitation d'une ressource naturelle), institutionnelles (création d'une coopérative), structurelles (infrastructure), économiques (subventions), réglementaires (faciliter l'accès à l'assurance) et techniques (plantation de variétés tolérantes).

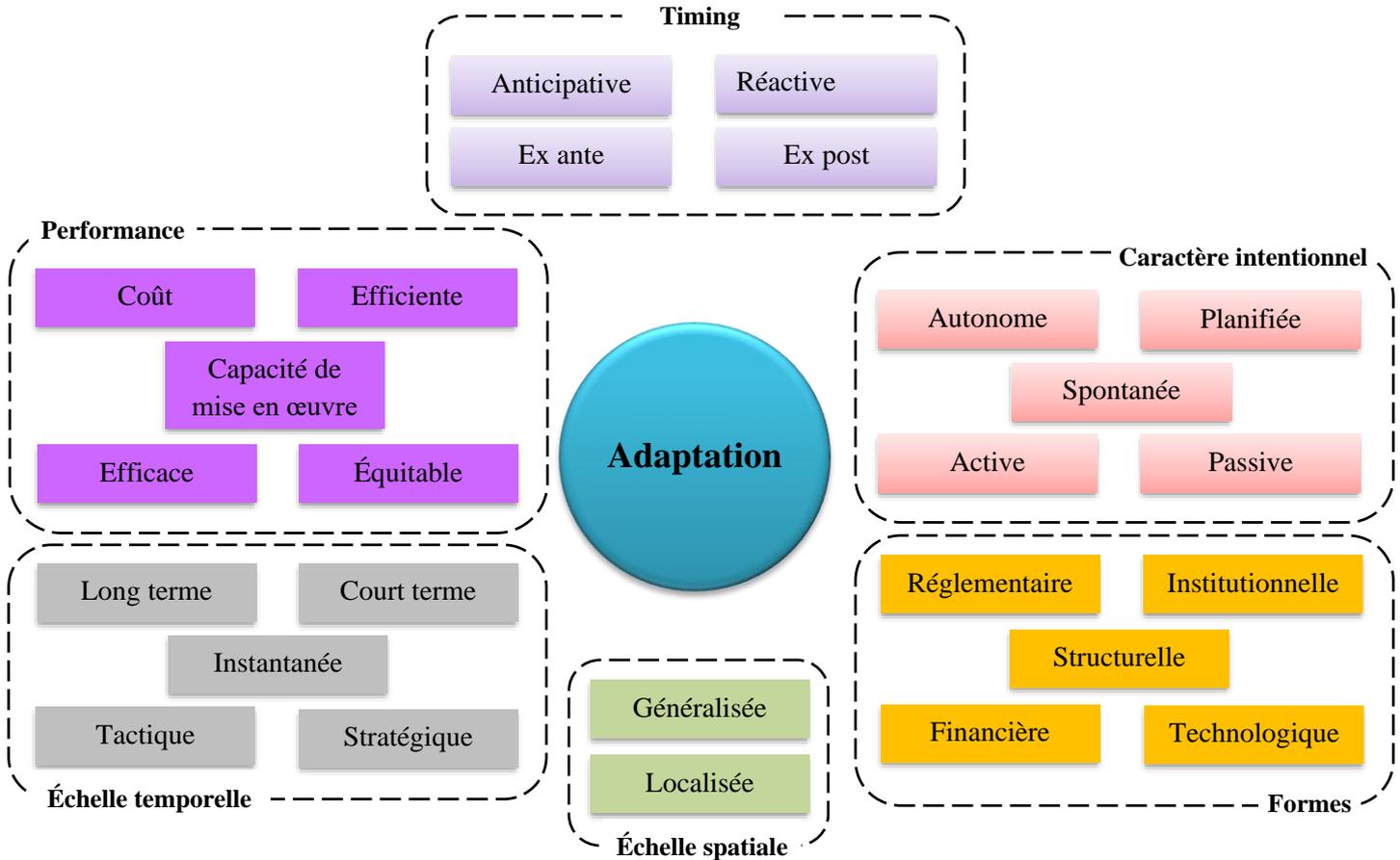


Figure 9: Caractéristiques de l'adaptation au CC

Source: Smit *et al.* (2000)

Diverses mesures d'adaptation ont été identifiées au cours des dernières décennies (Burton, 1996; Smit *et al.*, 2000; Smit et Skinner, 2002; Biagini *et al.*, 2014). Dans plusieurs travaux ces mesures ont été classées en différentes catégories en fonction des caractéristiques de l'adaptation (objectif, mode de mise en œuvre, forme, etc.). Smit et Skinner (2002) ont par exemple classé les mesures d'adaptation agricole au Canada en quatre catégories: les développements technologiques, les programmes gouvernementaux et assurances, les pratiques de production agricole et la gestion financière des exploitations agricoles. Dans le secteur des transports Eisenack *et al.* (2012) proposent trois catégories d'adaptation : institutionnelles, techniques et de connaissances. Sur la base de l'analyse de 92 projets d'adaptation dans plusieurs Pays, Biagini *et al.* (2014) ont identifié 158 activités d'adaptation distinctes regroupées en dix catégories: le renforcement des capacités, la gestion et planification, les pratiques ou les comportements, les politiques, les informations, les infrastructures physiques, les systèmes d'alerte ou de l'observation, les infrastructures vertes, les financements et les technologies.

2.4. Les objectifs de l'adaptation au CC

Face à l'accélération du CC et des changements socioéconomiques globaux, l'intérêt porté à l'adaptation des sociétés et des écosystèmes est de plus en plus important (Smit et Wandel, 2006; Howden *et al.*, 2010; Owen, 2020). De nombreuses raisons ont été identifiées dans la littérature (Burton, 1996; Smit et Pilifosova, 2003; Smit et Wandel, 2006) montrant l'importance de mettre en place des mesures d'adaptation. En effet, le CC ne peut être totalement évité, il pourrait être plus rapide et plus prononcé que le suggèrent les estimations actuelles et des conséquences inattendues sont possibles. De plus, il devient de plus en plus clair que de telles mesures d'atténuation seront difficiles à réaliser. Selon plusieurs autres auteurs (Burton, 1996; Smit et Wandel, 2006; Moser et Ekstrom, 2010), l'adaptation anticipée et de précaution sont plus efficaces et moins coûteuses que l'adaptation de dernière minute forcée par le changement. Enfin, le CC apporte des opportunités ainsi que des menaces, les meilleures adaptations aux variations climatiques pourraient engendrer des avantages immédiats et futurs. Ainsi, l'adaptation présente donc un intérêt grandissant pour les sociétés et les écosystèmes (Smit et Wandel, 2006; Moser, 2011; GIEC, 2014), et une adaptation aux effets inévitables du CC est nécessaire. Entre autres, l'adaptation permet de :

- Estimer dans quelle mesure les impacts actuels ou potentiels du CC pourraient être modérés ou compensés ou permettre des effets positifs qui seraient issus des mesures d'adaptation,
- Augmenter la capacité d'adaptation ou la capacité d'un système (société ou un écosystème) à répondre efficacement, à continuer de fonctionner lorsqu'il est confronté à un choc ou à un stress,
- Freiner les variables qui augmentent la vulnérabilité, ou la sensibilité d'un système aux différents aléas climatiques,
- Renforcer la robustesse de la conception des infrastructures, des politiques et des investissements à long terme,
- Renforcer la capacité à adopter des perspectives systémiques pour éviter ou ajuster les politiques et pratiques inadaptées (mal adaptation) et réaliser des opportunités.

Ces objectifs génériques d'adaptation sont interconnectés (Smit et Wandel, 2006; Owen, 2020) et devraient être affinés en fonction du contexte. L'adaptation consiste essentiellement à gérer efficacement les risques climatiques potentiels et actuels au cours des prochaines décennies (Howden *et al.*, 2007). En plus elle permet d'instaurer un processus de prise de

décision lié au CC pour aider les décideurs publics à mettre en œuvre des politiques pertinentes.

2.5. Le processus d'adaptation

Plusieurs analyses ont présenté des processus d'adaptation permettant de sélectionner et mettre en œuvre des mesures d'adaptation (Smit et Wandel, 2006; Moser et Ekstrom, 2010; Park *et al.*, 2012; Eyzaguirre et Warren, 2014). Pour Smit et Wandel (2006) l'adaptation fait référence à un processus qui permet au système de mieux gérer certains changements d'état. Il s'agit d'un processus continu, cyclique et dynamique, sans point final distinct (Smit et Pilifosova, 2003). Par ailleurs Simonet (2016) a souligné l'importance de concevoir un processus d'adaptation continu et dynamique comme réponse à des systèmes dynamiques complexes et en changement permanent. Le processus d'adaptation permet (i) de faciliter la prise de décision, (ii) de mieux comprendre les problèmes liés à l'adaptation (contraintes), (iii) de faciliter la planification, la mise en œuvre et la gestion des actions d'adaptation sélectionnées.

Plusieurs configurations du processus d'adaptation existent dans la littérature (Moser et Ekstrom, 2010; Park *et al.*, 2012; Eyzaguirre et Warren, 2014) avec de nombreux points communs. Par exemple, Eyzaguirre et Warren (2014) ont proposé une configuration (Figure 10) en 4 phases pour un total de sept étapes:

- Sensibilisation au CC : le processus d'adaptation débute une fois que la personne ou l'organisation considère que le CC représente une menace ou une occasion.
- Prise de conscience sur la nécessité de s'adapter : le fait de reconnaître l'ampleur du problème permet d'envisager l'adoption de mesures d'adaptation comme solution.
- Mobilisation des ressources : la prise de conscience peut conduire les personnes et les organisations à consacrer au problème des ressources humaines ou financières, afin d'aider à préciser la nature des menaces ou des occasions.
- Renforcement de la capacité d'adaptation : l'application de données scientifiques, de ressources financières et de compétences à des activités ciblées telles que l'examen des enjeux, l'évaluation des risques et l'analyse approfondie des processus, permet d'acquérir les connaissances aptes à favoriser des décisions adaptées.

Chapitre 2. L'adaptation au changement climatique

- Mise en œuvre de mesures d'adaptation ciblées : des mesures concrètes sont mises, en œuvre en vue de réduire la vulnérabilité (risque ou exposition) au CC ou de tirer profit des occasions qui se présentent.
- Mesure et évaluation des progrès : le fait de mesurer et d'évaluer l'efficacité des mesures d'adaptation, de même que les hypothèses et incertitudes connexes, fournit les observations nécessaires à la mise en place de pratiques de gestion améliorées.
- Apprentissage, partage des connaissances et modification : la dernière étape porte sur les améliorations apportées aux mesures d'adaptation mises en œuvre et au transfert des leçons aux initiatives d'adaptation à venir.

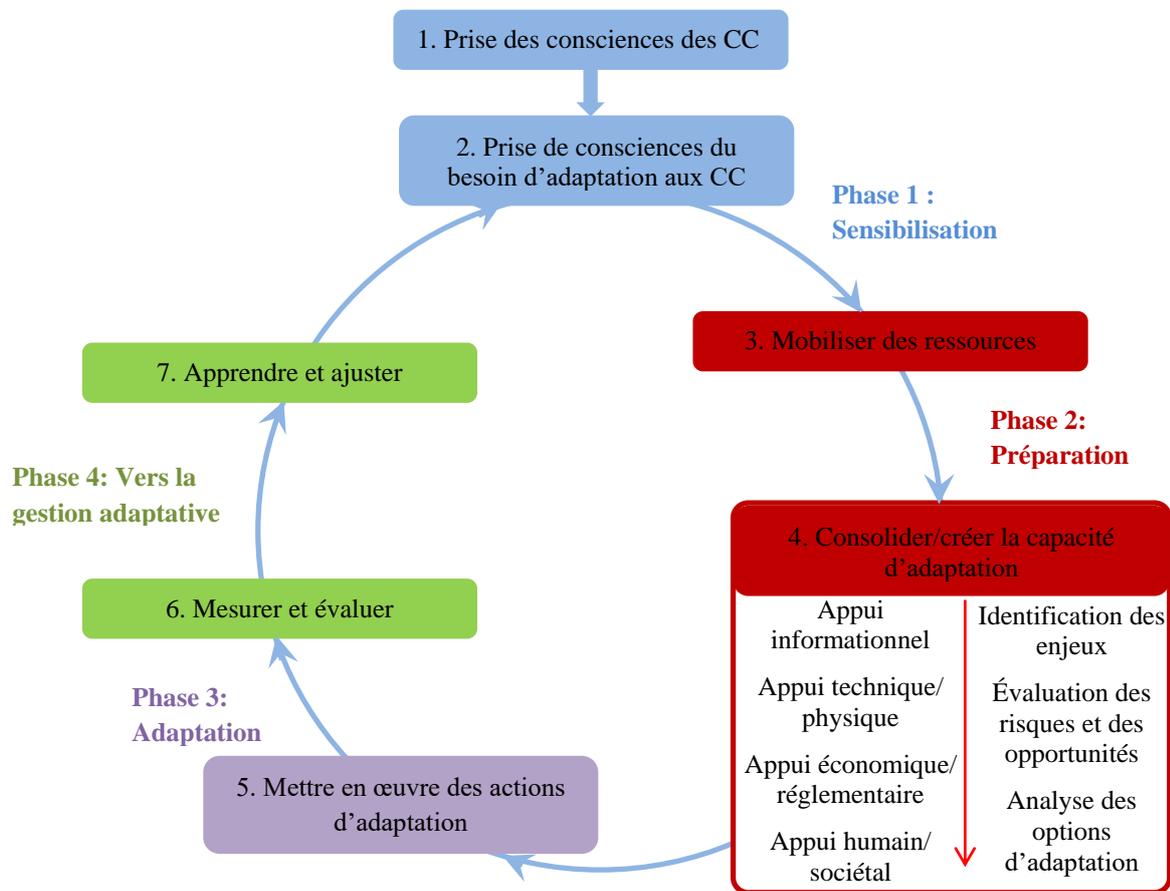


Figure 10: Phases et étapes du processus d'adaptation

Source: Eyzaguirre et Warren (2014)

Le processus d'adaptation est primordial dans la conception et la mise en œuvre d'une politique d'adaptation. Pour réussir l'adaptation, il est nécessaire d'améliorer le processus d'adaptation en apportant des connaissances supplémentaires à savoir, les justifications des décisions, le traitement des incertitudes, le choix de types et des modalités d'adaptation, les

conditions qui stimulent ou atténuent l'adaptation et les conséquences ou la performance des stratégies ou mesures d'adaptation (Smit et Pilifosova, 2003). Par exemple Moser et Ekstrom (2010) ont montré l'existence de contraintes à l'adaptation qui peuvent survenir dans le processus d'adaptation au CC.

2.6. Contraintes à l'adaptation

Plusieurs analyses des processus d'adaptation ont été réalisées avec des objectifs différents (Adger, 2000; Smit et Wandel, 2006; Moser et Ekstrom, 2010; Simonet, 2010; Rickards et Howden, 2012; Eyzaguirre et Warren, 2014; Owen, 2020). La littérature montre clairement que les initiatives d'adaptation, visent à améliorer les moyens de subsistance, à modifier certaines stratégies de gestion des ressources ou à mettre en œuvre un plan de développement durable. Malgré le fait que les études sur l'adaptation au CC ont fourni de nombreuses informations et clarifications, à ce jour, elles n'ont montré que des résultats modérés dans la réduction de la vulnérabilité (Smit et Wandel, 2006; Simonet, 2010; Owen, 2020). Burton (1996) considère l'adaptation au CC comme une question complexe et urgente. Ce constat peut être justifié par l'ambiguïté du concept d'adaptation (Burton, 1996; Simonet, 2010) et l'absence de consensus sur ce qui peut être considéré comme une adaptation efficace dans la pratique (Owen, 2020). En outre d'importantes contraintes peuvent intervenir dans l'élaboration et la mise en œuvre des mesures d'adaptation (Moser et Ekstrom, 2010; Simonet, 2010; Biesbroek *et al.*, 2013).

Au cours des dernières années, un nombre croissant de recherches a porté sur les contraintes et les limites qui freinent la mise en place des mesures d'adaptation (Burton, 1996; Smit *et al.*, 2000; Moser et Ekstrom, 2010; Rickards et Howden, 2012; Eyzaguirre et Warren, 2014). Selon Moser et Ekstrom (2010) les contraintes à l'adaptation constituent des seuils au-delà desquels le processus d'adaptation pourrait être arrêté, retardé ou détourné. Notamment, le GIEC (2014) a défini les contraintes à l'adaptation comme des obstacles qui contraignent la planification et la mise en œuvre des mesures d'adaptation. Ces obstacles découlent de certaines situations telles que des ressources insuffisantes, des politiques inadaptées, des priorités d'action concurrentes ou conflictuelles et l'incertitude quant au changement futur (Moser et Ekstrom, 2010; Eyzaguirre et Warren, 2014; Owen, 2020).

Dans la littérature on observe une amélioration de la connaissance quant aux obstacles et aux difficultés auxquels se heurte la mise en œuvre des mesures d'adaptation (Moser et Ekstrom, 2010; Johnston et Hesseln, 2012; Eyzaguirre et Warren, 2014). Un nombre impressionnant

d'obstacles est identifié : ils concernent essentiellement les dimensions économiques institutionnelles et sociales de l'adaptation (Biesbroek *et al.*, 2013). Les principaux obstacles évoqués sont les suivants :

L'accès à l'information : la disponibilité et l'accessibilité aux données et aux connaissances sur les conditions climatiques, les prévisions climatiques et leur interprétation sont très importantes pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation. Elles permettent d'approfondir la compréhension des problèmes. L'intégration des données sur le CC au processus décisionnel est fréquemment citée comme un facteur déterminant pour concevoir l'adaptation (Moser et Ekstrom, 2010; Eyzaguirre et Warren, 2014).

Les ressources: pour Eyzaguirre et Warren (2014) les ressources économiques, les compétences, l'expertise et les technologies constituent les principaux obstacles à l'adoption de mesures d'adaptation. D'abord, les décideurs publics et privés perçoivent les coûts d'adaptation comme l'obstacle le plus important à la prise en considération des changements climatiques dans le processus de développement. Même si des mesures d'adaptation s'avèrent coûteuses, les coûts de l'inadaptation sont souvent sous-estimés (Rickards et Howden, 2012; Eyzaguirre et Warren, 2014). Néanmoins, certaines entreprises ont peu d'intérêt à investir actuellement dans des mesures d'adaptation compte tenu que les résultats n'interviendront qu'à moyen et long terme. À ce niveau la taille de l'entreprise semble jouer un rôle important dans l'engagement financier pour s'adapter, en relation avec leurs ressources financières ainsi que leurs horizons de planification (court, moyen et long terme) (Eyzaguirre et Warren, 2014). L'accès aux connaissances, aux compétences peut être une contrainte pour évaluer les risques climatiques, élaborer des stratégies d'adaptation et mettre en œuvre des mesures d'adaptation. Enfin, les solutions technologiques actuelles et potentielles peuvent atténuer les impacts liés au climat, mais elles impliquent des coûts et des compétences qui peuvent être une contrainte et supposent alors des mécanismes d'incitations adéquates.

La gouvernance : elle est indispensable dans la conception et la mise en œuvre de l'adaptation. Un nombre croissant de chercheurs (Moser et Ekstrom, 2010; Johnston et Hesseln, 2012; Biesbroek *et al.*, 2013) soulignent le besoin de collaboration des différents acteurs (décideurs, planificateurs, ingénieurs, individus, etc.) pour favoriser l'adoption de mesures d'adaptation. En effet, une structure de gouvernance fondée sur les communications et les négociations entre acteurs est nécessaire pour élaborer des mesures cohérentes et concertées à l'échelle de l'ensemble des secteurs et par là renforcer la capacité d'adaptation. Bauer *et al.* (2012) et Eyzaguirre et Warren (2014) ont considéré que l'élaboration d'une

politique d'adaptation est confrontée à une longue démarche de gouvernance liée à la nécessité d'assurer l'intégration à l'ensemble des secteurs d'activité publics et privés et de mobiliser l'ensemble des savoirs scientifiques.

Obstacles psychologiques : des obstacles interviennent au niveau des déterminants des choix de comportement et des décisions en faveur de l'adaptation. Les personnes et les groupes perçoivent et interprètent différemment le CC et peuvent prendre diverses mesures. Parmi les facteurs psychologiques intervenant sur le processus d'adaptation, on peut citer le rôle des perceptions, des représentations, de l'idéologie, du niveau de connaissance, de la mémoire du risque, des attitudes, des émotions notamment concernant l'interprétation des risques et l'évaluation des coûts irrécupérables (Eyzaguirre et Warren, 2014; Simonet, 2016). Ces facteurs limitent la mise en œuvre des mesures d'adaptation (Gifford, 2011; Eyzaguirre et Warren, 2014; Simonet, 2016).

Leadership : la présence d'acteurs porteurs d'idées innovantes et proactifs par rapport au changement peut jouer un rôle déterminant sur les autres acteurs concernés par l'adaptation. Il s'agit de tenir compte ainsi des compétences en leadership (Moser et Ekstrom, 2010; Eyzaguirre et Warren, 2014). Pour Tribbia et Moser (2008) et Noble *et al.* (2014) le manque de leadership peut affaiblir la capacité et la volonté de prendre des décisions d'adaptation.

Il apparaît que la mise en œuvre des mesures d'adaptation au CC ne fonctionne pas souvent comme prévu (Moser et Ekstrom, 2010; Johnston et Hesseln, 2012; Biesbroek *et al.*, 2013; Owen, 2020). Johnston et Hesseln (2012) mettent l'accent sur les risques financiers comme contrainte à l'adoption de mesures d'adaptation, sachant que les contraintes peuvent intervenir tout au long du processus d'adaptation. Il est donc crucial d'identifier la nature des obstacles à l'adaptation afin de trouver des moyens pour les maîtriser. Certaines contraintes comme les ressources limitées, l'accès à l'information sont de plus en plus reconnues alors que, d'autres plus intangibles, tels que les facteurs psychologiques, les conditions de gouvernance ou de sensibilisation sont moins appréhendés (Biesbroek *et al.*, 2013; Eyzaguirre et Warren, 2014). Or la méconnaissance de certaines contraintes peut induire des mal adaptations (Moser et Ekstrom, 2010). Ainsi les recherches pour pallier les contraintes et difficultés liés à l'adaptation ont tendance à se concentrer sur l'amélioration et le renforcement des capacités d'adaptation (Smit et Wandel, 2006; Eyzaguirre et Warren, 2014). La réussite des mesures d'adaptation nécessite donc d'accorder plus d'attention aux conditions visant à créer un environnement favorable à l'adaptation (Biesbroek *et al.*, 2013; Wise *et al.*, 2014). Selon Moser et Ekstrom (2010) les obstacles peuvent être surmontés grâce à un effort concerté, une

gestion créative, un changement de comportement, une hiérarchisation des priorités et une meilleure allocation des ressources.

2.7. Les risques de maladaptation

L'adaptation constitue une science empirique et pratique qui est complexe et les mesures d'adaptation sont difficiles à élaborer et à mettre en œuvre. Par ailleurs, certaines mesures d'adaptation jugées pertinentes par un groupe peuvent être jugées inefficaces par d'autres groupes en fonction des contextes (Adger *et al.*, 2005; Barnett et O'Neill, 2010). Ainsi l'adaptation au CC doit être contextualisée, spatialement et temporellement. Si les mesures d'adaptation peuvent ne pas atteindre leurs objectifs, ou conduire à des résultats non conformes aux attentes, elles peuvent aussi accroître la vulnérabilité conduisant à des cas dit de mal adaptation (Burton, 1996; Smit *et al.*, 2000). Le GIEC (2014) a défini la mal adaptation comme étant "*des mesures d'adaptation inadéquates pouvant conduire à une augmentation du risque de conséquences néfastes associées au climat, à une augmentation de la vulnérabilité aux changements climatiques ou à une dégradation des conditions de vie, à présent ou dans le futur*". Une situation de mal adaptation peut par exemple survenir suite à (i) une mauvaise conception des mesures d'adaptation, (ii) une mauvaise anticipation de la nature ou de l'ampleur du changement futur ou du fait d'une réponse inadéquate à cette anticipation et aussi (iii) à un transfert de vulnérabilité d'un système à un autre ou d'une période à une autre (De Perthuis *et al.*, 2010). Barnett et O'Neill (2010) ont défini cinq effets de mal adaptation au CC; (i) l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, (ii) des impacts disproportionnés sur les plus vulnérables, (iii) des coûts d'opportunité élevés, (iv) une réduction de l'incitation à s'adapter et (v) une réduction des choix pour les générations futures.

Les risques de « maladaptation » ne doivent pas être sous-estimés. Cette problématique doit faire l'objet de beaucoup d'attention et de réflexion afin de pouvoir prévoir la maladaptation à long terme. Par exemple, un projet d'adaptation peut être considéré comme efficace à court terme, mais le CC futur peut par la suite conduire à une augmentation de la vulnérabilité.

2.8. Les processus d'adaptation

En fonction du rapport entre les effets du CC et les avantages découlant de l'adaptation, les réponses peuvent être classées en trois types (Howden *et al.*, 2010; Rickards et Howden, 2012; Bassett et Fogelman, 2013; Fedele *et al.*, 2019). Les deux premiers types sont nommés différemment dans la littérature : incrémentale et systémique pour Howden *et al.* (2010); faire

Chapitre 2. L'adaptation au changement climatique

face et incrémentale pour Fedele *et al.* (2019); et ajustée et réformatrice pour Bassett et Fogelman (2013). Par contre le troisième type est défini comme adaptation transformationnelle dans la plupart des travaux. Au-delà des dénominations, les caractéristiques des différents types sont identiques avec un niveau de changement de plus en plus important lorsqu'on va du premier au troisième niveau. Ainsi, l'adaptation incrémentale s'applique lorsque les changements climatiques ont peu d'effets sur le système socio-écologiques. Elle implique une adaptation à la marge en réaction à un changement d'ampleur limitée. Ce type d'adaptation présente de faibles avantages et suppose le maintien de la nature et de l'intégrité d'un système à une échelle donnée (Noble *et al.*, 2014; Simonet, 2016). L'adaptation systémique quant à elle intervient lorsque les changements climatiques ont des effets marqués et qu'il est impossible d'y faire face par des mesures d'adaptation ponctuelles et ciblées. Ces deux types de mesures restent conventionnels et peuvent s'avérer inappropriés à long terme lorsque les impacts sont plus prononcés. Des changements plus radicaux, plus profonds et à plus long terme sont de plus en plus recommandés dans la littérature (Howden *et al.*, 2010; Pelling, 2010; Rickards et Howden, 2012; Noble *et al.*, 2014; Simonet, 2016; Fedele *et al.*, 2019). Dans ce cas, c'est une adaptation transformationnelle qui est prônée pour mieux prendre en compte la complexité des systèmes. Il est alors nécessaire de remettre en question la pertinence de mécanismes, institutionnels, techniques et financiers existants (Pelling, 2010; Simonet, 2016).

Par exemple, pour Howden et al. (2010) selon l'ampleur des impacts du CC sur les systèmes agricoles et de leur capacité de réponse, les agriculteurs peuvent mettre en œuvre plusieurs types d'adaptation. Ils peuvent (i) choisir les variétés les plus adaptées, la date de semis et la densité de semis (adaptation incrémentale), (ii) ou planter des cultures adaptées au CC, intégrer l'agriculture de précision et diversifier la production (adaptation systémique), (iii) ou modifier l'utilisation des terres et introduire de nouveaux produits tels que les services écosystémiques (adaptation transformationnelle).

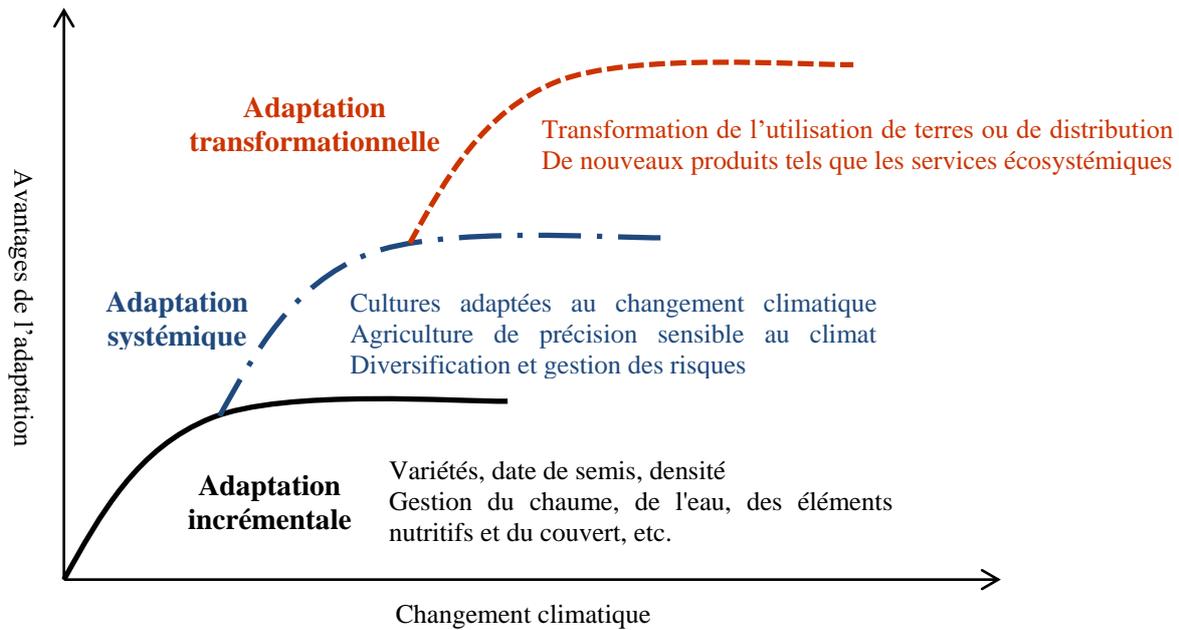


Figure 11: Types d'adaptation en fonction des niveaux du CC dans le cas de l'agriculture.

Source :Rickards et Howden (2012)

Les trois types d'adaptation se chevauchent conceptuellement et dans la pratique. Alors que, la première considère les impacts climatiques comme la source principale de la vulnérabilité des systèmes, la dernière met l'accent sur l'importance des sources de vulnérabilité structurelles. Le deuxième type d'adaptation est un intermédiaire (Bassett et Fogelman, 2013; Simonet, 2016). Le choix du type d'adaptation dépend en grande partie du type de décision ou de la stratégie à prendre, de la volonté de s'adapter ainsi que de la capacité d'adaptation (Moser et Ekstrom, 2010; Rickards et Howden, 2012). Il convient de souligner que le passage de changements incrémentaux à des changements transformationnels peut augmenter la complexité, le coût et les risques de ces changements (Howden *et al.*, 2010). La relation entre les différents types d'adaptation dans la pratique reste ambivalente. Par exemple si le cumul des adaptations incrémentales peut créer ou déclencher des mesures transformationnelles, ces mesures peuvent aussi constituer un blocage pour l'adaptation transformationnelle en augmentant l'investissement dans le système actuel et en restreignant les alternatives. On parle alors de "*résilience négative*" (Rickards et Howden, 2012). Néanmoins dès lors que le CC s'accéléra, un certain degré d'adaptation transformationnelle deviendra probablement indispensable (Howden *et al.*, 2010; Pelling, 2010; Rickards et Howden, 2012; Noble *et al.*, 2014; Simonet, 2016; Fedele *et al.*, 2019).

Chapitre 2. L'adaptation au changement climatique

Certaines mesures d'adaptation conventionnelles pourront devenir inappropriées à long terme : plus généralement, il apparaît que l'adaptation incrémentale seule ne pourra pas constituer une réponse pertinente aux pressions climatiques et anthropiques sur les sociétés et les écosystèmes. Ces dernières années, l'adaptation transformationnelle a soulevé de réels débats en mettant en question la nature et de l'intégrité des systèmes actuels. Ainsi Simonet (2016) souligne le danger que représente le système actuel pour lui-même et prône une adaptation transformationnelle, c'est-à-dire des changements fondamentaux qui s'attaquent aux causes profondes de la vulnérabilité. Ce type d'adaptation transformationnelle est de plus en plus évoqué (Howden *et al.*, 2010; Rickards et Howden, 2012; Noble *et al.*, 2014; Fedele *et al.*, 2019). Elle se définit comme un processus dynamique qui implique une succession de trajectoires de changement (Pelling, 2010; Simonet, 2016).

À partir de l'analyse de 80 études sur l'adaptation transformationnelle dans les systèmes sociaux, écologiques et socio-écologiques, Fedele *et al.* (2019) identifient six caractéristiques récurrentes de l'adaptation transformationnelle:

- Une restructuration en lien avec des changements majeurs dans les propriétés, fonctions ou interactions fondamentales au sein du système concerné,
- Un changement des trajectoires actuelles des systèmes vers une autre direction,
- L'existence d'innovations en termes de nouvelles connaissances, politiques ou technologies qui conduisent les systèmes vers de nouveaux états
- Les interactions multi-échelles avec des effets de l'adaptation transformationnelle à plusieurs échelles (trophiques, spatiales, ou sectorielles...),
- Le besoin d'une approche globale et holiste lié au fait que l'adaptation transformationnelle intervient à grande échelle et conduit à des changements systémiques dans des régions, des écosystèmes, des paysages ou des communautés,
- La nécessité d'une continuité en lien avec un processus permanent de changement à long terme évitant toute irréversibilité.

Dans le secteur agricole, Rickards et Howden (2012) identifient deux types d'adaptation transformationnelle, (i) un changement des objectifs ou des attributs fondamentaux (entraînant par exemple un changement majeur dans l'utilisation des terres et / ou l'emploi dans un processus croissant de changement de pratiques); et/ou (ii) un changement de localisation de l'activité agricole. Les deux stratégies permettent de réduire la vulnérabilité des exploitations agricoles en agissant sur leur sensibilité pour le premier type tandis que le changement de lieu réduit l'exposition mais génère des migrations. Ces stratégies de substitution et de

déplacement peuvent faciliter le maintien de l'activité agricole ou au contraire induire une réduction de l'activité sachant que les deux options peuvent être combinées en fonction de la distance des zones de repli (Howden *et al.*, 2010; Moser et Ekstrom, 2010; Rickards et Howden, 2012). Selon les cas ces stratégies impactent l'identité de l'agriculture et elles peuvent se heurter à l'attachement des agriculteurs à leurs terres et à leurs pratiques.

Ainsi il ressort que l'adaptation transformationnelle est un concept multidimensionnel, contextualisé et complexe qui présente des gains potentiels importants mais aussi des risques majeurs. D'une part, elle permet de concevoir des stratégies à long terme pour anticiper, guider ou se remettre de l'impact du CC. D'autre part, elle met en question les systèmes et les politiques actuels, impliquant des contraintes de faisabilité et d'acceptabilité qui restent peu étudiées. On observe en effet un besoin de recherche concernant les facteurs psychologiques et les dispositifs de sensibilisation et d'engagement des acteurs et des citoyens en faveur de ces stratégies transformationnelles.

2.9. Résumé

Face au caractère désormais inévitable du CC, la question de l'adaptation représente un enjeu majeur. Il s'agit de renforcer la capacité à s'adapter aux changements et de réduire la vulnérabilité des sociétés et des écosystèmes. Elle constitue un processus complexe pouvant paraître ambigu du fait de la diversité des contextes et des interprétations, mais aussi des difficultés de sa mise en œuvre (objectifs non atteints, réponses induisant des mal adaptations, augmentation de la vulnérabilité, etc.). Dans la littérature scientifique sur le CC, le concept d'adaptation occupe une place primordiale et continuellement croissante. Les travaux sont largement concentrés sur (i) des analyses critiques essentiellement sur les contraintes à l'adaptation et la mal adaptation, (ii) l'identification de stratégies d'adaptation pertinentes à savoir notamment la distinction entre adaptation incrémentale, systémique et transformationnelle et (iii) la diversité des modalités de mise en œuvre des mesures d'adaptation et leurs effets sur les inégalités. Trois constats principaux ressortent des travaux effectués :

- La recherche et les connaissances sur l'adaptation au CC ont considérablement progressé au cours des dix dernières années. Le niveau de compréhension du processus, des contraintes et des difficultés s'est largement amélioré. Cependant malgré ce développement des recherches, les exemples de mise en œuvre de mesures d'adaptation restent limités.

Chapitre 2. L'adaptation au changement climatique

- Les mesures d'adaptations conventionnelles s'avèrent le plus souvent être limitées ou inefficaces par rapport aux changements importants attendus à moyen et long terme et il est nécessaire d'envisager les conditions et les modalités de mise en œuvre de changements radicaux (transformationnels).
- L'adaptation doit être envisagée de façon intégrée dans le cadre des politiques publiques existantes notamment en matière d'aménagement du territoire et de développement durable en lien avec le développement local, la réduction de la pauvreté, etc. avec lesquelles elles doivent s'articuler. En effet les décisions d'adaptations ne doivent pas être isolées des autres décisions, sachant que les problèmes multidisciplinaires nécessitent des solutions multidisciplinaires (Howden *et al.*, 2010). Ainsi selon plusieurs auteurs (Howden *et al.*, 2010; GIEC, 2014; Simonet, 2016) l'intégration de l'adaptation au CC dans les stratégies de développement durable se traduira par des solutions gagnant-gagnant.

PARTIE 2 : MÉTHODOLOGIE

Plusieurs outils existent pour entreprendre les évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation (Voir chapitre 1 et 2). Il est important de bien connaître la nature du système étudié et les concepts liés à la vulnérabilité et à l'adaptation, pour mieux choisir les outils appropriés qui permettront de faire les évaluations. Les conditions pratiques d'une évaluation telles que le temps et les ressources disponibles, les caractéristiques du public-cible et les résultats attendus sont tout aussi importants. Dans cette recherche, le développement du modèle conceptuel global a été alimenté par trois éléments principaux : 1) une étude bibliographique détaillée sur les concepts de vulnérabilité et d'adaptation ; 2) un diagnostic de la zone d'étude ; 3) et une discussion et validation du modèle conceptuel avec plusieurs experts.

Notre approche globale vise à rendre compte et à évaluer la vulnérabilité des différents types des exploitations agricoles mais aussi à déterminer les préférences des agriculteurs vis-à-vis des différentes options d'adaptation. L'originalité de cette approche réside dans la combinaison d'une évaluation de la vulnérabilité et une analyse des préférences d'adaptation. L'ambition de combiner ces deux concepts est de déterminer comment le niveau de vulnérabilité affecte les comportements d'adaptation des agriculteurs afin de proposer des nouvelles manières de concevoir des politiques d'adaptation.

Pour développer notre approche, un processus itératif entre la conceptualisation et l'implémentation, d'une part, et la collecte de données, d'autre part, a été mis en œuvre. Ce modèle conceptuel repose sur une représentation systémique des différentes étapes de l'étude et permet de prendre en compte les principales interactions entre les différentes étapes. Comme le montre la Figure 12, la démarche de cette recherche est basée sur quatre grandes étapes principales :

- Cette a reposé, dans un premier temps sur une analyse approfondie de la littérature sur les principaux concepts et méthodes d'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation qui a montré l'importance de prendre en compte les spécificités du système sur lequel porte l'analyse.
- Un diagnostic de la zone d'étude basé essentiellement sur la collecte des bases de données génériques sur la zone (statistiques, cartes, rapports) et la réalisation des entretiens auprès des acteurs ressources. Ce diagnostic permet d'identifier les principaux enjeux de la zone d'étude et de contextualiser cette recherche.
- Étude de la vulnérabilité des exploitations agricoles : afin d'analyser la vulnérabilité un indice de la vulnérabilité des exploitations agricoles a été élaboré sur la base de la

définition classique de la vulnérabilité à savoir le produit de l'exposition et de la sensibilité divisé par la capacité d'adaptation. Cette évaluation est réalisée à l'échelle des exploitations en associant des variables biophysiques et des variables socioéconomiques, sélectionnées à partir de la bibliographie et d'entretiens avec des acteurs locaux et des experts de chaque type de culture.

- Évaluer les préférences d'adaptation : il s'agit de comprendre et hiérarchiser les choix et les comportements des agriculteurs vis-à-vis à quelques options d'adaptation de façon à identifier quels types et formes d'adaptation sont possibles, faisables et probables, à partir d'un modèle économétrique (méthode de discret choice experiment (DCE))

Cette partie présente les démarches méthodologiques pour évaluer la vulnérabilité des exploitations agricoles au CC et déterminer les préférences des agriculteurs vis-à-vis certaines options d'adaptation dans le but de concevoir des politiques d'adaptation. Elle est divisée en trois chapitres. Dans le chapitre 3 nous présentons le territoire du Pays Haut Languedoc et Vignoble (PHLV) et le protocole d'enquête. Le chapitre 4 expose une méthodologie d'évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles au CC à l'échelle du territoire du PHLV. Enfin, le chapitre 5 permet de mettre en œuvre la méthode de discrete choice experiment (DCE) pour analyser les arbitrages que les agriculteurs effectuent, en situation de choix entre plusieurs options d'adaptation qui leurs sont présentées, en fonction de certaines caractéristiques (attributs).

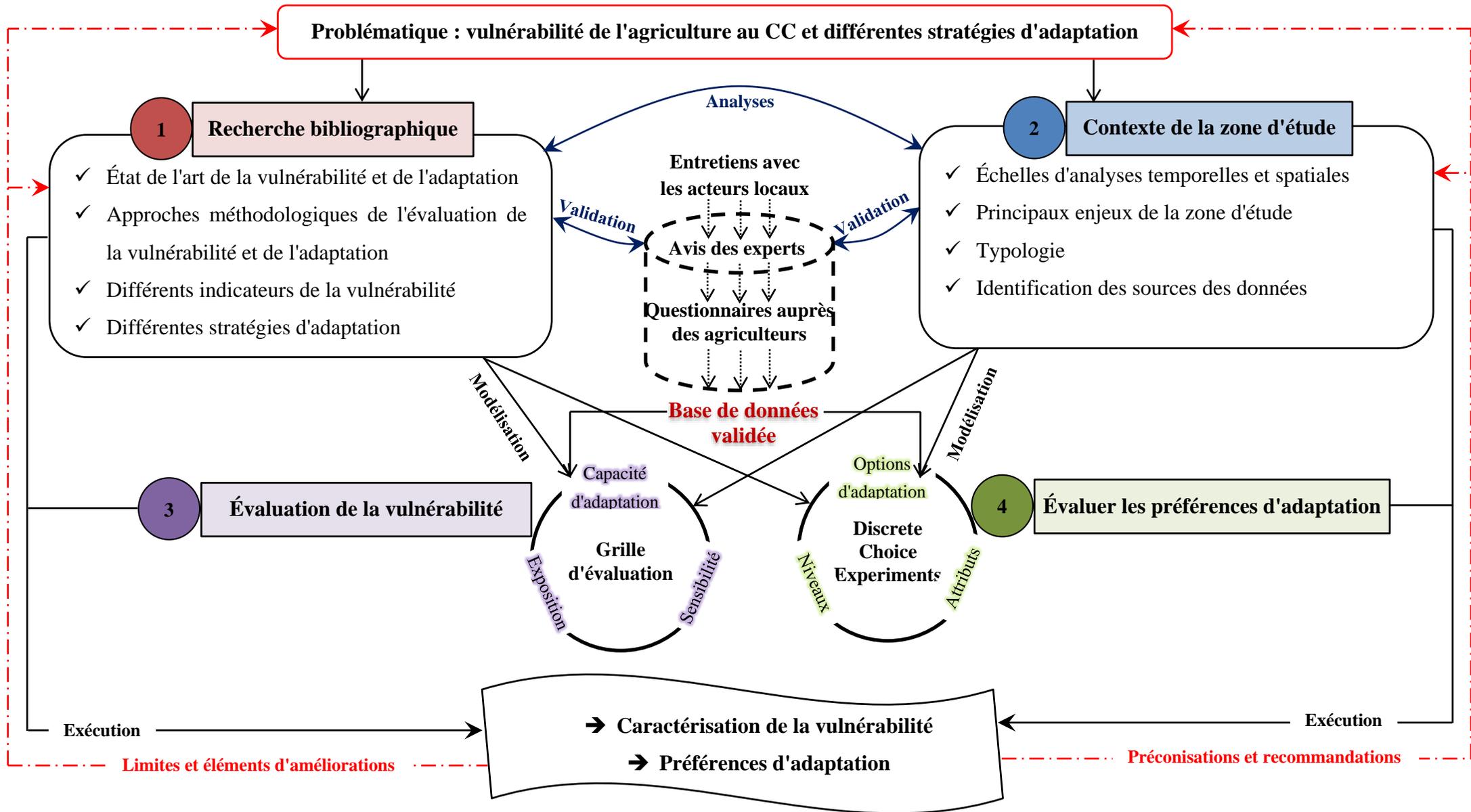


Figure 12: Démarche méthodologique globale

CHAPITRE 3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET PROTOCOLES DE COLLECTE DES DONNÉES

Ce chapitre est composé de trois parties. La première présente les principales caractéristiques de développement de notre zone d'étude pour se concentrer sur la place de l'agriculture dans le territoire et sur l'analyse de données climatiques locales permettant de mieux appréhender les caractéristiques et les évolutions du climat dans la zone. Puis, à travers l'étude de deux principaux paramètres, la variation de la pluviométrie et celle de la température, ce travail nous permet de voir à quel point le territoire est affecté par le CC. La troisième partie illustre l'organisation de la démarche de collectes des données auprès des différents acteurs (acteurs locaux, experts et agriculteurs) et le rôle des différents types d'entretiens dans l'élaboration et la mise en œuvre de la méthodologie du travail.

3.1. Présentation de la zone d'étude

3.1.1. Démographie

Le territoire du PHLV regroupe 102 communes, réparties en 4 communautés de communes (Les Avant-Monts ; Grand Orb ; Sud Hérault ; Minervois, Saint-Ponais, Orb-Jaur). Le territoire du PHLV est très étendu, et se compose principalement de zones rurales à faible densité démographique. En 2015, sa population totale est de 79 000 habitants pour une superficie de 1 912 km² et sa densité démographique s'élève à 41 habitants au km².

Entre 2010 et 2015, la population du PHLV a connu une augmentation de 2697 habitants, ce qui représente un taux de croissance global de 4% (Figure 13).

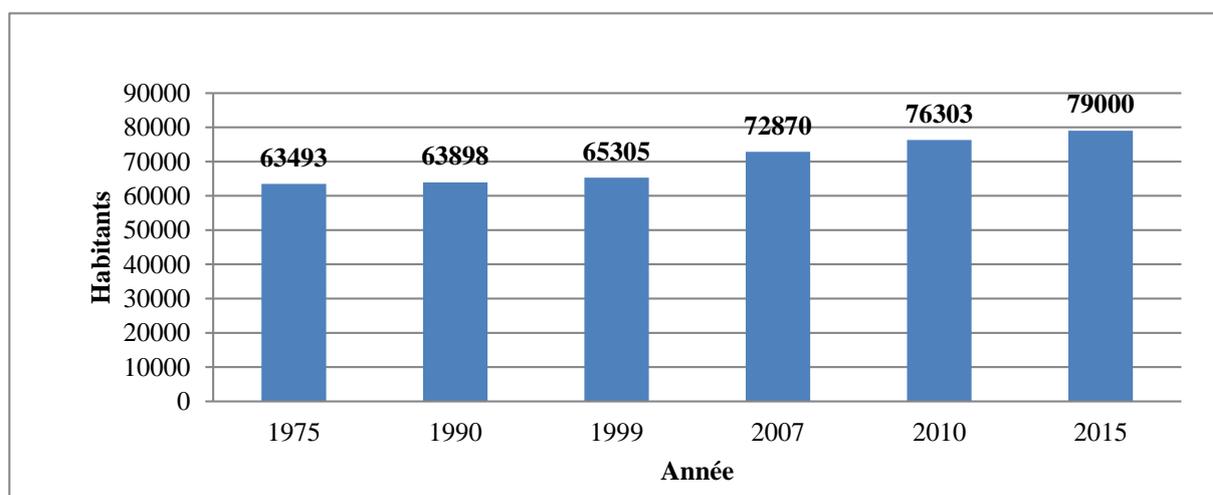


Figure 13: Évolution de la population du territoire du PHLV

Source: INSEE (2015)

Cette croissance démographique entre 2010 et 2015 (Tableau 5) est variable suivant les communautés de communes, allant de -1 % pour la communauté de communes du Grand Orb (-165 habitants) à 9 % pour la communauté de communes des Avant-Monts (+ 2077 habitants). Les quatre communautés de communes qui composent le territoire du PHLV ont des caractéristiques très différentes liées à leur histoire (Ulrich, 2017).

- La communauté de communes du Grand Orb est composée de 24 communes situées dans la partie nord-ouest du territoire du PHLV. Ce territoire relativement isolé est principalement organisé autour de Bédarieux, son centre économique et administratif. Historiquement, cette zone a connu des périodes de forte activité industrielle, en déclin depuis plusieurs décennies. Toutes les communes de la communauté de communes du Grand Orb sont en zone de revitalisation rurale.

Chapitre 3. Présentation de la zone d'étude et protocoles de collecte des données

- La communauté de communes des Avant-Monts se situe au sud-ouest du territoire du PHLV et se compose de 25 communes. Proche des grands pôles extérieurs de Béziers, le territoire des Avant-Monts connaît une certaine concentration démographique, ce qui se traduit à la fois par une densité élevée (74 habitant/m²) et par une croissance démographique significative (9%). La proximité de Béziers et de Clermont l'Hérault constitue un facteur déterminant dans l'organisation du territoire. Magalas, Roujan, Murviel-les-Béziers et Thézan-les-Béziers sont les principales communes de cette communauté de communes.
- La communauté de communes du Minervois, Saint-Ponais, Orb-Jaur est composée de 36 communes. Elle est fortement rurale, avec une densité de 22 habitants/m² et toutes les communes sont en zone de revitalisation rurale. La commune de Saint-Pons-de-Thomières constitue le centre administratif et économique de ce territoire.
- La communauté de communes du Sud Hérault est composée de 17 communes rurales dans la partie sud du territoire du PHLV. La commune de Saint Chinian est un pôle économique important du territoire, qui est aussi influencé par les villes de Béziers et de Narbonne.

Tableau 5: les communautés de communes du territoire du PHLV

| Communautés de communes | Superficie (km ²) | Nombres communes | Population 2010 (hab) | Population 2015 (habitants) | Taux de croissance 2010-2015 | Densité 2015 (hab/ m ²) |
|--|-------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Les Avant-Monts | 353 | 25 | 24 174 | 26 251 | 9% | 74 |
| Grand Orb, | 460 | 24 | 20 669 | 20 504 | -1% | 45 |
| Sud Hérault, | 314 | 17 | 16 962 | 14 695 | 3% | 47 |
| Le Minervois, Saint-Ponais, Orb et Jaur, | 785 | 36 | 14 498 | 17 550 | 1% | 22 |
| Territoire de PHLV | 1912 | 102 | 76 303 | 79 000 | 4% | 41 |

Source: INSEE (2015)

La carte (Figure 14) montre la disparité de la population entre les communes. On constate une faible densité de population sur une grande partie du territoire du PHLV : 77 communes ont une population de moins de 1000 habitants en 2015. Ce territoire ne compte qu'une seule commune de plus de 5000 habitants (Bédarieux), et seulement trois communes entre 3 000 et 4 000 habitants (Magalas, Capestang, Murviel les Béziers).

Entre 2010 et 2015, 27 communes ont connu une baisse de la population en perdant 1239 habitants sur cinq ans. Sur la même période, les deux communes les plus touchées sont

Bédarieux qui a perdu 487 habitants soit 8% de sa population et Saint Pons de Thomières avec une baisse de 8%.

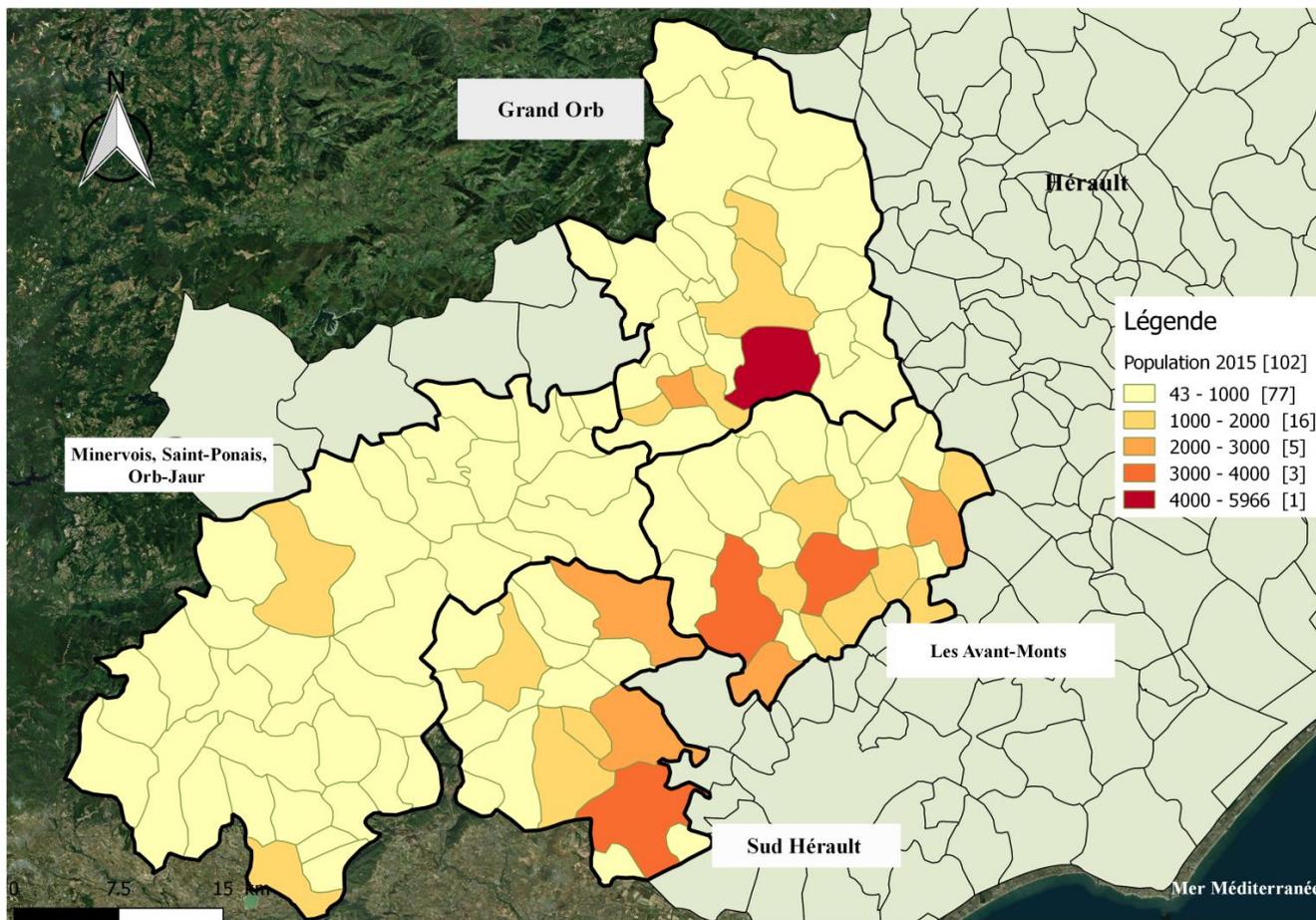


Figure 14: Répartition de la population de 2015 de territoire de PHLV en fonction des différentes communes

Source: INSEE (2015)

3.1.2. Taux de dépendance de la population

Le ratio de dépendance démographique est fonction de la structure par âge de la population. C'est le rapport du nombre d'individus supposés « dépendre » des autres pour leur vie quotidienne (jeunes et personnes âgées) et le nombre d'individus capables d'assumer cette charge (population en âge de travail). Plus ce ratio est faible plus la population est jeune.

$$\text{Ratio de dépendance} = \frac{Pop_{[0-20]} + Pop_{[\geq 64]}}{Pop_{[20-64]}}$$

Le ratio de dépendance est élevé dans toutes les communautés de communes avec une moyenne de 0.89, qu'est supérieur à la moyenne de département de l'Hérault (0.77). Stânga et

Grozavu (2012) ont considéré dans leur étude sur la quantification de la vulnérabilité humaine dans les zones rurales qu'un ratio de dépendance supérieur à 0.6 exprime une forte vulnérabilité humaine pour un territoire donné. Dans le territoire du PHLV, la population d'âges inactifs (enfants et personnes âgées) représente 89% de la population en âge de travailler. L'opposition entre population dépendante et population active n'est cependant pas toujours effective, par exemple en cas de chômage, d'invalidité, de travail des enfants, d'inexistence de retraite, etc.

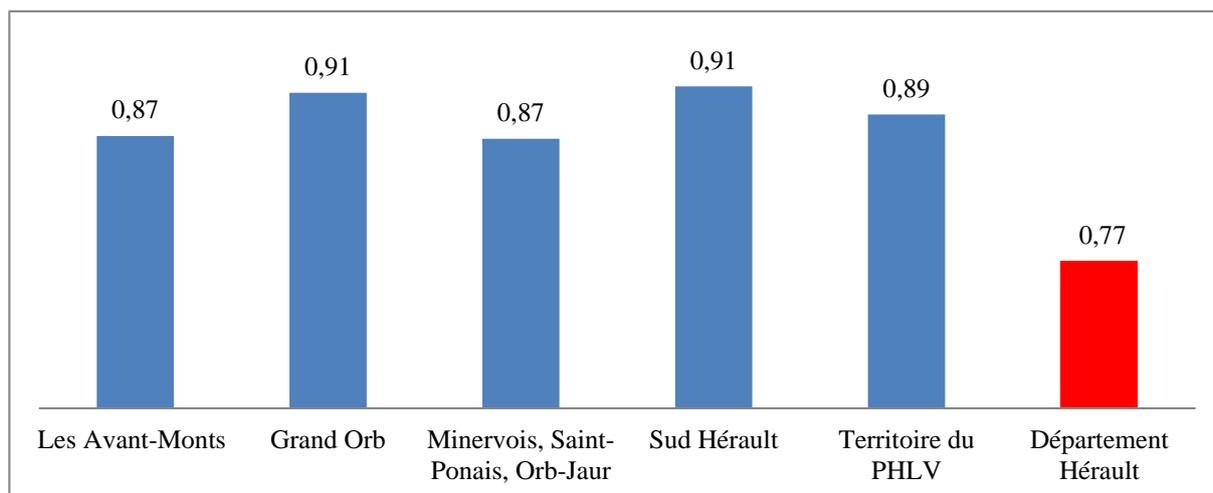


Figure 15: Ratio de dépendance démographique 2015

Source: INSEE (2015)

3.1.3. Emplois

En 2015, le nombre d'emplois sur le territoire du PHLV est de 20925 emplois. D'après le Tableau 6 on constate que le secteur des services absorbe une grande partie de la main d'œuvre aux différentes échelles (communauté de communes, territoire du PHLV, département) avec un pourcentage qui dépasse 65% des emplois existants.

Dans le territoire du PHLV, les emplois agricoles représentent 12 % des emplois, et ce chiffre est quatre fois plus élevé que la moyenne du département de l'Hérault ce qui indique le caractère rural de ce territoire. Il existe de forts contrastes selon les différentes communautés de communes du territoire. En effet, dans la communauté de communes du Grand Orb, les emplois agricoles représentent seulement 3% du total. Ceci s'explique par une faible SAU (moins de 7000 ha en 2010) et par l'importance économique de la commune de Bédarieux qui fournit une offre importante d'emplois dans le secteur des services. A l'opposé, dans la

Chapitre 3. Présentation de la zone d'étude et protocoles de collecte des données

communauté de communes Minervois, Saint-Ponais, Orb-Jaur, l'économie agricole est plus importante, elle représente 21% des emplois.

Tableau 6: Répartition des emplois en fonction des catégories socioprofessionnelles en 2015

| Catégorie socioprofessionnelle | Les Avant-Monts | Grand Orb | Minervois, Saint-Ponais, Orb-Jaur | Sud Hérault | Territoire du PHLV | Département Hérault |
|---|-----------------|-----------|-----------------------------------|-------------|--------------------|---------------------|
| Emplois agriculture | 16% | 3% | 21% | 16% | 12% | 3% |
| Emplois industrie | 5% | 11% | 7% | 5% | 8% | 7% |
| Emplois construction | 14% | 9% | 7% | 12% | 10% | 7% |
| Emplois commerce, transports, services divers | 32% | 32% | 28% | 31% | 31% | 48% |
| Emplois administrations publique, enseignement, santé, activité sociale | 33% | 44% | 37% | 37% | 38% | 36% |

Source: INSEE (2015)

Le taux de chômage est le pourcentage de chômeurs dans la population active (actifs occupés et chômeurs). En 2015, le taux de chômage de la population entre 15 ans et 64 ans pour le territoire du PHLV est de 17% ce qui est plus élevé que le taux de chômage du département de l'Hérault (14%). La Figure 16 montre que ce taux de chômage est moindre pour les communautés de communes Sud Hérault et des Avant-Monts avec un pourcentage de 16%. Ce taux légèrement plus faible est justifié par les emplois extérieurs dans les agglomérations de Narbonne et de Béziers. Le taux de chômage le plus élevé est enregistré dans la communauté de communes du Grand Orb (19%). Par conséquent, le chômage constitue un problème socio-économique majeur du territoire du PHLV.

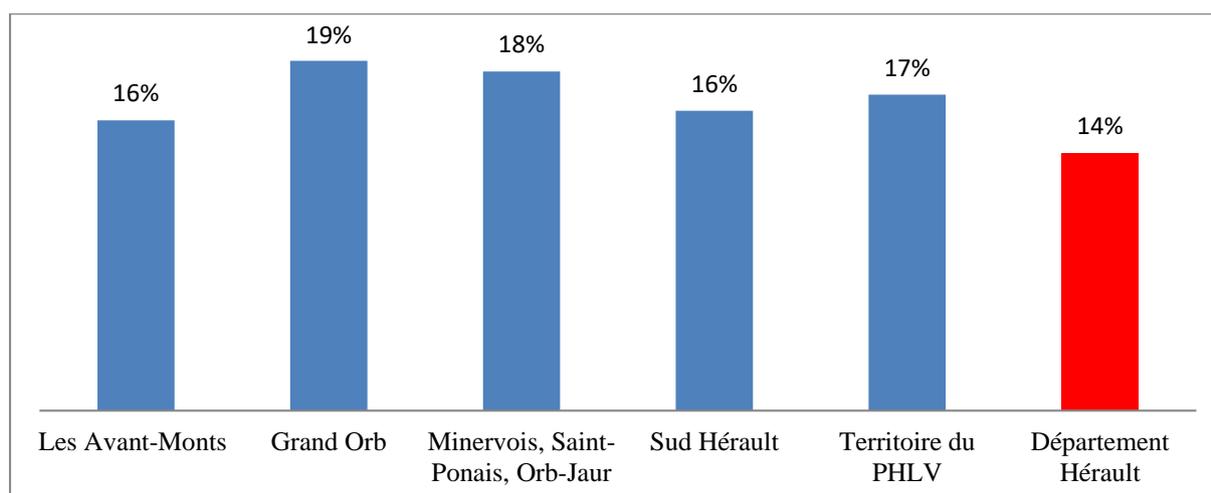


Figure 16: Taux de chômage : population entre 15 ans et 64 ans (2015)

Source: INSEE (2015)

3.1.4. Niveau d'éducation

Le niveau d'éducation de la population résume l'enseignement qu'elle a reçu. Il est considéré comme un élément très important du « capital humain », qui est le stock de connaissances et de savoir-faire d'une population (OCDE, 2016). Les richesses retirées de l'enseignement sont appréciées en comparant, sur le marché du travail, les revenus, l'accès à l'emploi, le taux de chômage, de différentes catégories d'individus inégalement éduqués.

Dans le territoire du PHLV, le pourcentage de la population de 16 ans ou plus diplômée au moins du CAP ou du BEP en 2014 est de 65 % ce qui est inférieur au niveau départemental (70%). Dans ce territoire, on compte en 2014 22 280 habitants âgés de plus de 16 ans qui n'ont aucun diplôme.

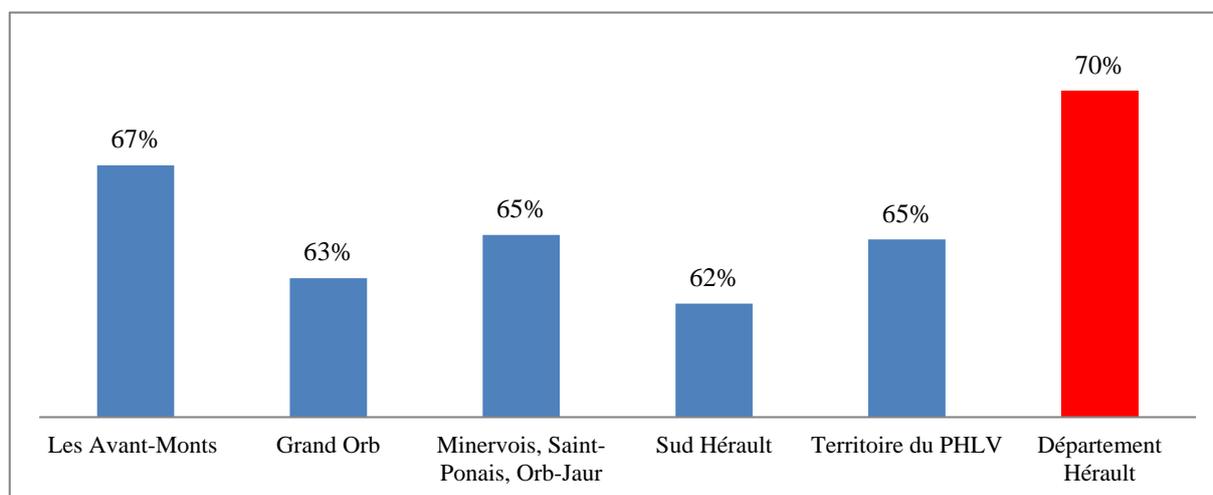


Figure 17: Pourcentage de la population de 16 ans ou plus diplômée au moins du CAP ou du BEP en 2014

Source: (INSEE, 2014)

3.1.5. Occupation des sols et paysages

Le territoire du PHLV est un territoire fortement rural. En effet, il est caractérisé par la prédominance des forêts qui occupent la majeure partie du territoire, soit 63% de la superficie totale et aussi par l'importance des surfaces agricoles qui représentent 34% de la superficie totale. On constate aussi que les surfaces artificialisées représentent seulement 2% de la surface totale du territoire.

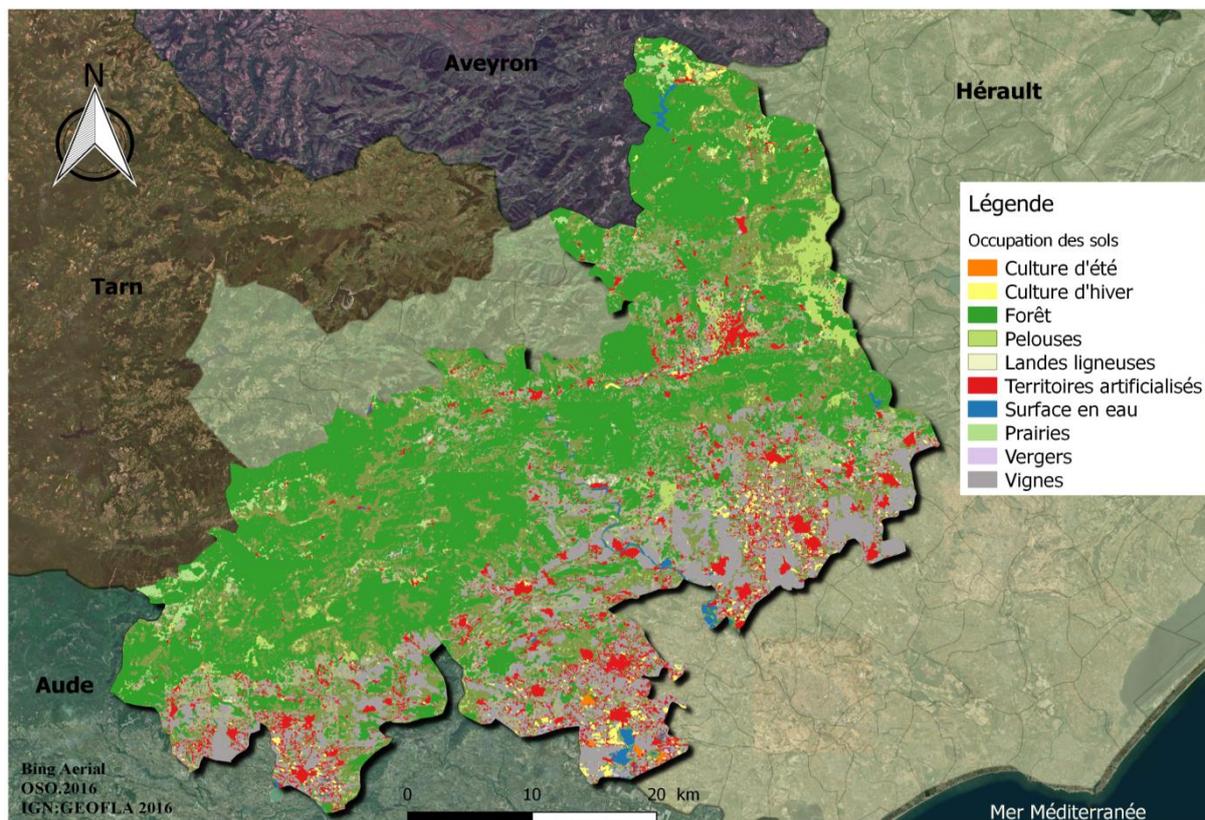


Figure 18: Occupation des sols de territoire du PHLV 2016

Source : réalisée par l'auteur

Cette superficie artificialisée a augmenté de 3364 ha à 4030 ha entre 1990 et 2012. Pendant cette période, la communauté de communes les Avant-Mont a connu une augmentation importante de son territoire artificialisé en passant de 1076 ha à 1514 ha. Cette évolution est due à sa proximité avec les agglomérations de Béziers et de Clermont l'Hérault.

Depuis 1990, les surfaces agricoles ont évolué dans le sens inverse de celui de la superficie des forêts et des milieux naturels. Entre 1990 et 2000, les territoires agricoles ont connu une augmentation de 1721 ha, alors que la superficie des forêts et milieux naturels a enregistré une diminution de 1893 ha. A l'inverse, sur la période de 2000 à 2006 on remarque une baisse des surfaces agricoles de 1090 ha et une augmentation de la superficie des forêts et des milieux naturels de 778 ha.

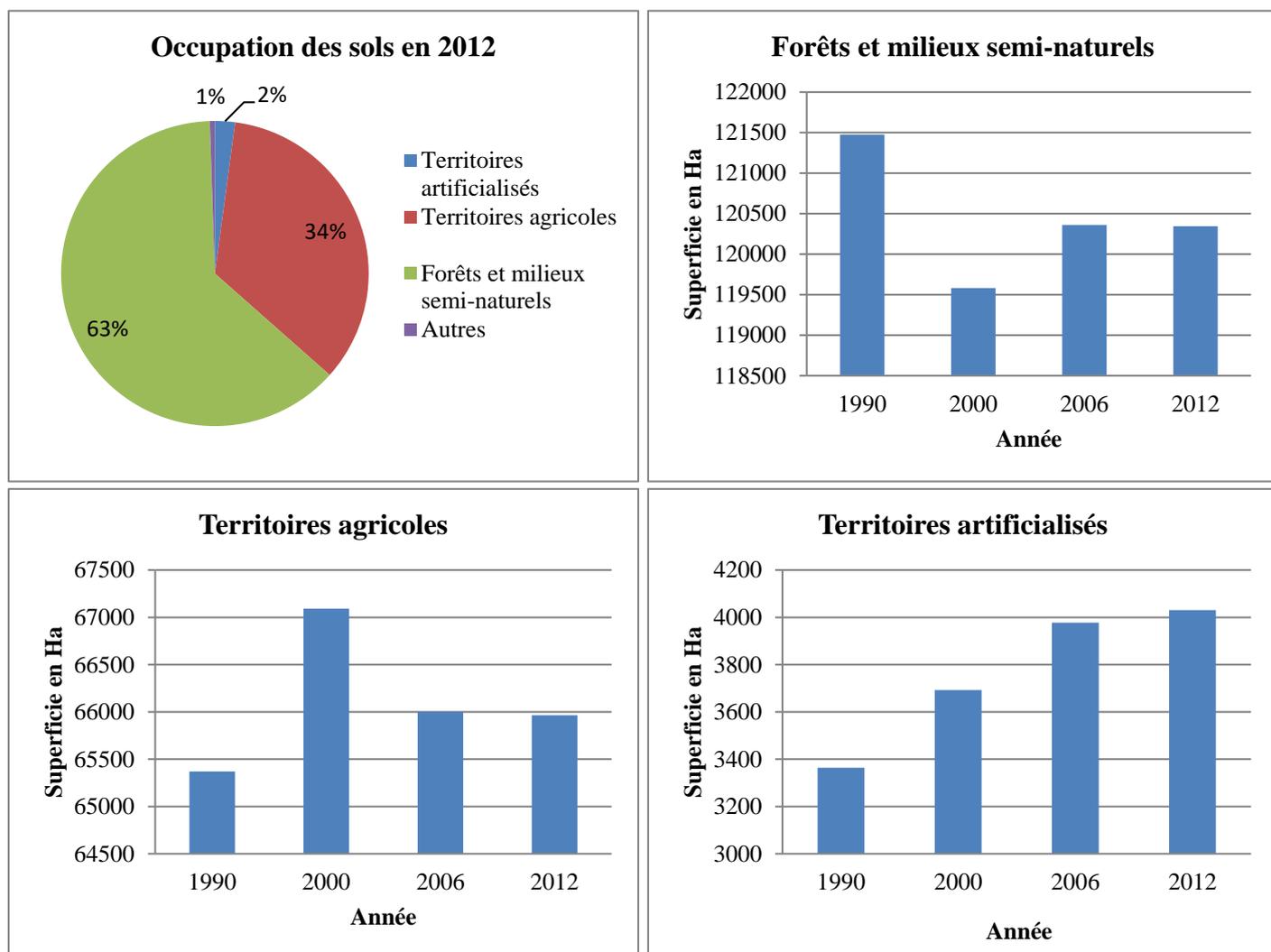


Figure 19: Évolution de l'occupation du sol du territoire du PHLV

Source: Ministère de la Transition Ecologique (2012)

L'organisation paysagère du territoire du PHLV repose sur deux espaces principaux, qui sont la plaine viticole dans sa partie sud et la zone de montagne au nord. 48 communes se trouvent incluses dans le périmètre du parc naturel régional du Haut-Languedoc et le PHLV se caractérise donc par un patrimoine naturel privilégié et diversifié.

1.1. L'agriculture dans le territoire du PHLV

Les paysages du territoire du PHLV sont fortement marqués par l'agriculture. Celle-ci repose essentiellement sur la viticulture, l'élevage et la forêt. En montagne, l'espace est surtout consacré à l'élevage (ovins) et à la culture du châtaignier, tandis que la plaine est quasiment exclusivement réservée à la viticulture et à quelques vergers. La SAU du territoire du PHLV est de 41 765 ha soit 21,8 % de la superficie totale du territoire (Agreste, 2010). La viticulture

Chapitre 3. Présentation de la zone d'étude et protocoles de collecte des données

constitue la culture principale avec une superficie de 22 135 ha soit 53% de la SAU totale. Les vignobles se trouvent essentiellement dans les plaines (partie sud du territoire). En deuxième rang, on trouve les cultures fourragères qui représentent 16% de la SAU totale.

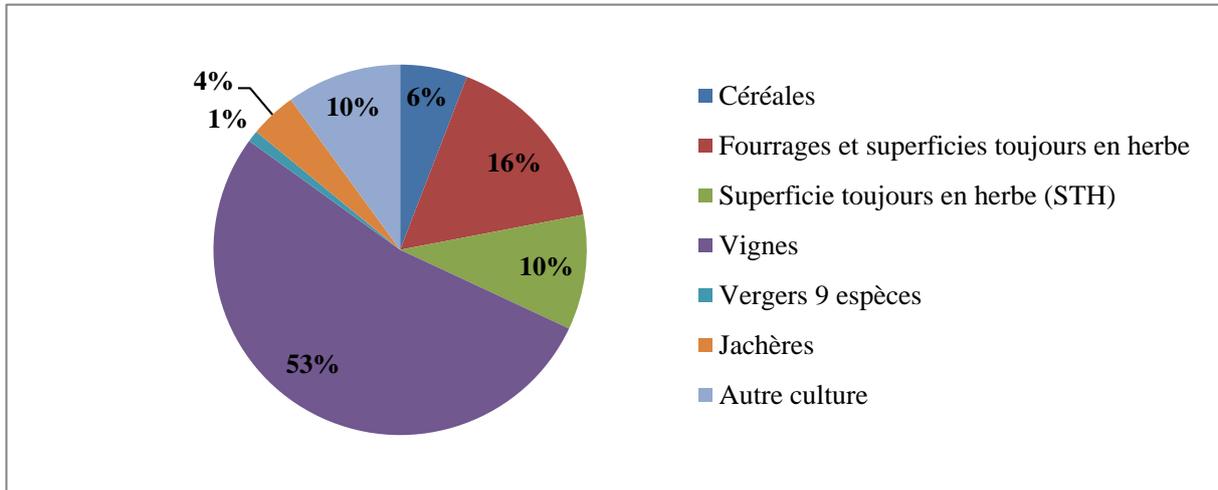


Figure 20: Répartition des superficies agricoles utilisées du territoire du PHLV

Source: Agreste (2010)

La Figure 21 montre une baisse généralisée du nombre d'exploitations sur toutes les communautés de communes entre 1988 et 2010. Le nombre d'exploitations a fortement diminué entre 1988 et 2010 dans le territoire du PHLV, passant de 6 625 à 2 628 soit une diminution de 60%. Sur la même période, on constate aussi une forte baisse de la SAU totale qui passe de 53 684 ha à 43028 ha. Ceci s'explique par la déprise agricole. Une part importante de ces espaces a été mise en friche puis est absorbée par la forêt. Ces évolutions montrent que le secteur agricole est confronté à plusieurs types de problèmes notamment l'absence de transmission des exploitations et un accès difficile aux ressources foncières pour de nouveaux arrivants.

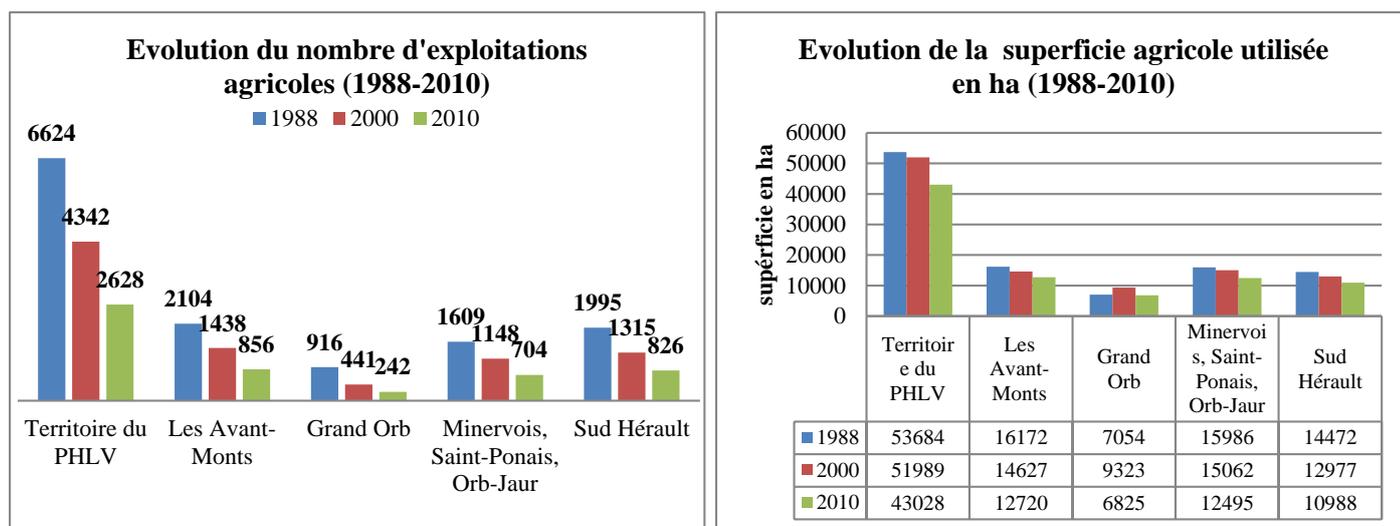


Figure 21: Évolution du nombre d'exploitations agricoles et de la SAU totale

Source: Agreste (2010)

3.2. Contexte climatique du territoire du PHLV

Le CC est un phénomène avéré par la grande majorité des scientifiques. Ce changement se traduit essentiellement par des variations dans les paramètres météorologiques, notamment l'augmentation de la température et la forte variabilité des précipitations. Le territoire du PHLV est soumis à deux principales influences climatiques :

- Méditerranéenne : une grande partie du territoire (sud et sud-est) est marquée par des températures élevées et des périodes de sécheresse estivales.
- Continentale : les montagnes (partie nord du territoire) se caractérisent par un climat modéré avec des températures moins élevées et des précipitations importantes.

Pour mieux comprendre le CC sur ce territoire et ses effets, on a étudié l'évolution des températures et des précipitations en se basant sur la base de données de l'association climatologique de l'Hérault (ACH) pour la station météorologique de la commune de Roquebrun (Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral, 2018). Cette station possède une longue série de données, de 1961 à 2017 pour la pluviométrie et de 1975 à 2017 pour la température.

3.2.1. Étude de la température

La température est un paramètre météorologique très important car elle influence directement les phases de croissance des cultures. Entre 1975 et 2017 la température moyenne annuelle varie entre 13,72 °C et 17,26 °C. La Figure 22 montre une tendance à la hausse de la température moyenne annuelle, soit une augmentation moyenne de 0,5 °C chaque 10 ans.

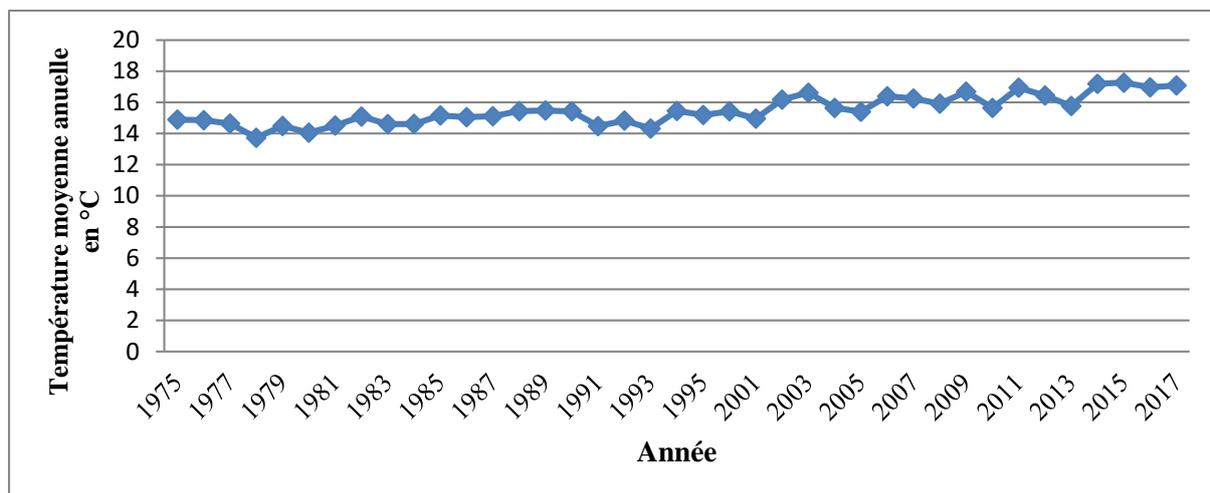


Figure 22: Évolution de la température moyenne annuelle en °C (station Roquebrun)

Source: Réalisé par l'auteur à partir de données Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral (2018)

L'écart à la normale (1975 - 2017) reste quasi constamment positif de 2002 jusqu'à 2017, ce qui confirme la tendance au réchauffement. Au-delà des tendances annuelles, il faut prendre en compte la variabilité interannuelle du climat avec des écarts pouvant être très importants. L'analyse saisonnière est pertinente car en fonction de la période, les conséquences sur l'écosystème seront différenciées.

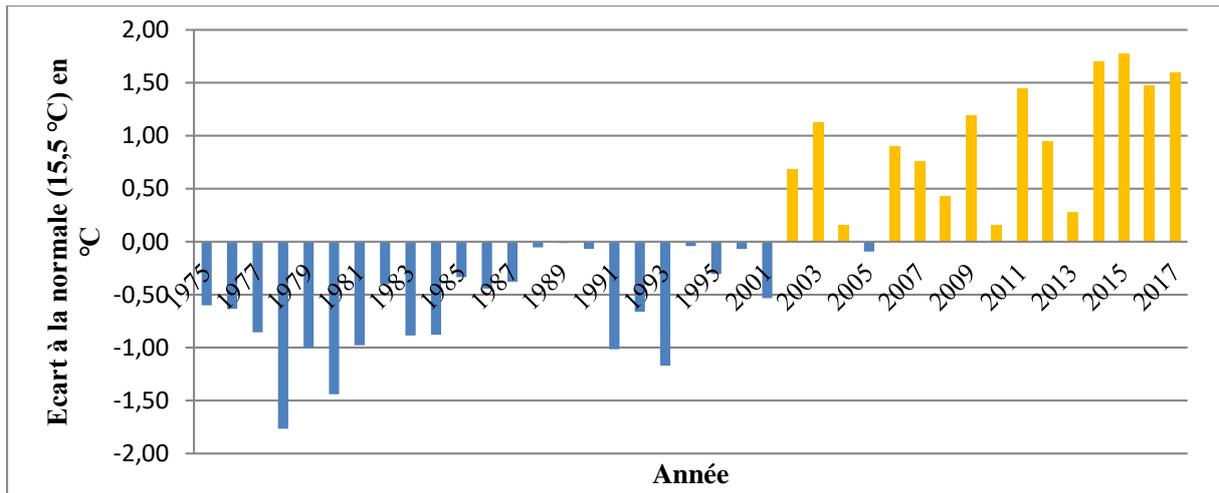


Figure 23: Anomalie de la température moyenne annuelle en °C (station Roquebrun)

Source: Réalisé par l'auteur à partir de données Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral (2018)

L'étude des moyennes saisonnières (Figure 24) met en évidence des augmentations de température modérées en hiver avec une augmentation moyenne de 0.1°C chaque 10 ans et très marquées pour les autres saisons avec une augmentation moyenne de 0.5°C chaque 10 ans. Par exemple la température moyenne saisonnière du printemps, varie entre 14.1°C (en 1978) et 19,1°C (en 2003).

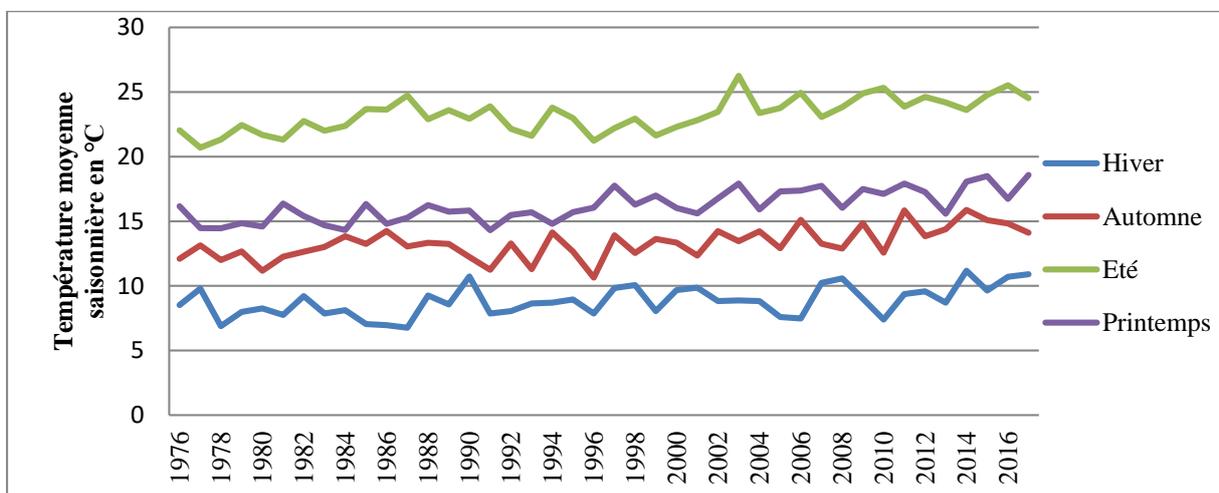


Figure 24: Évolution de la température moyenne saisonnière en °C (station Roquebrun)

Source: Réalisé par l'auteur à partir de données Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral (2018)

3.2.2. Étude des précipitations

La pluviométrie est un paramètre météorologique majeur qui influence directement les cultures. L'histogramme des cumuls de pluies (Figure 25) sur près de 56 ans présente des séquences de plusieurs années consécutives d'alternance entre des périodes plus ou moins humides. C'est ainsi que la Figure 25 ne montre pas de tendances significatives à la baisse ou à la hausse (à la différence de la température). Les cumuls de précipitations sont variables d'une année à l'autre avec une moyenne annuelle de 672 mm entre 1961 et 2017. Durant cette période, l'année 1996 est l'année la plus humide avec un cumul de précipitation annuelle de 1753 mm. Cependant, sur la dernière décennie on enregistre de plus faibles précipitations, avec 490 mm par exemple en 2015.

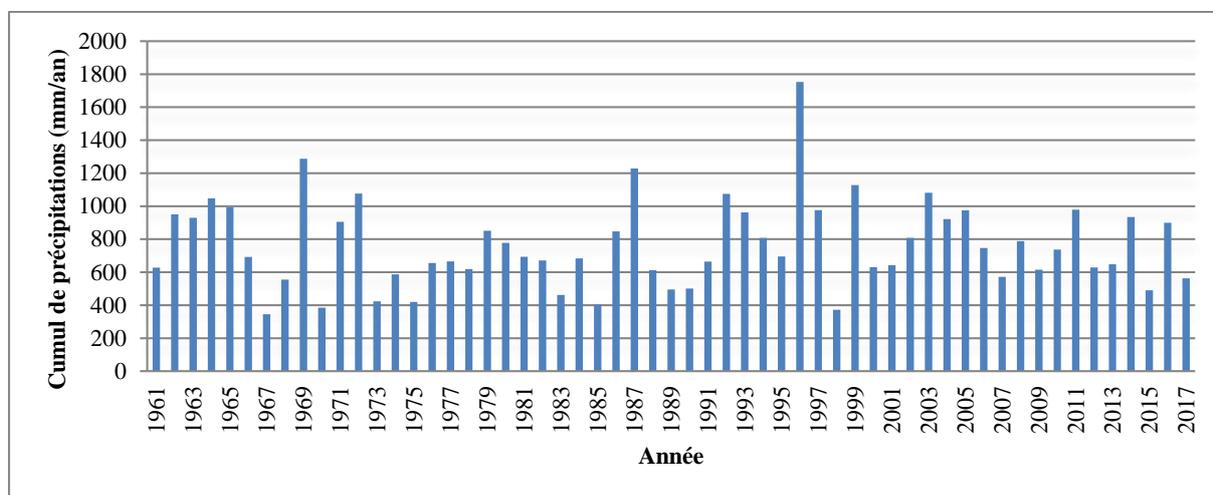


Figure 25: Évolution des cumuls annuels de précipitations en mm/an de 1961 au 2017 (station Roquebrun)

Source: Réalisé par l'auteur à partir de données Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral (2018)

Il est également intéressant d'étudier la répartition saisonnière des précipitations qui influence le cycle végétatif des cultures. Par exemple une diminution des précipitations estivales n'aura pas les mêmes impacts que sur la période automnale.

Les évolutions interannuelles des cumuls de précipitations saisonnières ne montrent pas de tendances significatives à la baisse ou à la hausse (à la différence de ce qui a pu être constaté pour la température). Le Tableau 7 montre cependant une forte variabilité interannuelle des précipitations avec des écarts pouvant atteindre 600 mm par exemple entre l'hiver 1995 et l'hiver 1996.

Chapitre 3. Présentation de la zone d'étude et protocoles de collecte des données

Tableau 7: Évolution saisonnière de la précipitation en mm (station Roquebrun)

| Année | Cumul annuel | Hiver | Printemps | Eté | Automne |
|------------|--------------|-------|-----------|-----|---------|
| 1980 | 778 | 251 | 254 | 121 | 141 |
| 1981 | 694 | 227 | 151 | 159 | 136 |
| 1982 | 671 | 268 | 132 | 94 | 220 |
| 1983 | 462 | 87 | 114 | 129 | 132 |
| 1984 | 684 | 151 | 153 | 44 | 342 |
| 1985 | 404 | 96 | 189 | 21 | 103 |
| 1986 | 847 | 336 | 99 | 97 | 326 |
| 1987 | 1229 | 223 | 54 | 133 | 821 |
| 1988 | 612 | 134 | 212 | 13 | 253 |
| 1989 | 495 | 73 | 151 | 49 | 217 |
| 1990 | 501 | 67 | 120 | 184 | 131 |
| 1991 | 665 | 192 | 213 | 96 | 178 |
| 1992 | 1074 | 126 | 249 | 212 | 483 |
| 1993 | 962 | 94 | 290 | 125 | 438 |
| 1994 | 808 | 135 | 103 | 270 | 321 |
| 1995 | 696 | 25 | 44 | 109 | 486 |
| 1996 | 1753 | 676 | 138 | 366 | 589 |
| 1997 | 976 | 127 | 201 | 152 | 482 |
| 1998 | 372 | 76 | 107 | 116 | 53 |
| 1999 | 1128 | 121 | 357 | 312 | 345 |
| 2000 | 630 | 99 | 221 | 98 | 137 |
| 2001 | 642 | 348 | 160 | 110 | 137 |
| 2002 | 808 | 86 | 264 | 112 | 343 |
| 2003 | 1082 | 259 | 95 | 115 | 606 |
| 2004 | 922 | 201 | 316 | 252 | 161 |
| 2005 | 975 | 85 | 117 | 239 | 540 |
| 2006 | 746 | 333 | 42 | 190 | 185 |
| 2007 | 572 | 108 | 214 | 70 | 173 |
| 2008 | 788 | 236 | 254 | 82 | 155 |
| 2009 | 615 | 256 | 213 | 67 | 138 |
| 2010 | 737 | 309 | 167 | 26 | 204 |
| 2011 | 979 | 362 | 148 | 94 | 417 |
| 2012 | 629 | 11 | 226 | 108 | 279 |
| 2013 | 648 | 207 | 244 | 49 | 156 |
| 2014 | 935 | 67 | 113 | 251 | 500 |
| 2015 | 490 | 99 | 123 | 186 | 102 |
| 2016 | 899 | 162 | 189 | 73 | 475 |
| 2017 | 563 | 257 | 127 | 51 | 128 |
| Min | 372 | 11 | 42 | 13 | 53 |
| Max | 1753 | 676 | 357 | 366 | 821 |
| Médiane | 716 | 143 | 157 | 111 | 218 |
| Écart-type | 265 | 126 | 74 | 83 | 180 |



Source: Réalisé par l'auteur à partir de données Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral (2018)

3.3. Protocoles de collectes des données

L'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation a nécessité une consultation de plusieurs sources de données, allant des données secondaires et génériques à grande échelle à des données spécifiques au niveau des exploitations agricoles. Dans un premier temps, des enquêtes préliminaires ont été menées dans plusieurs communes du territoire du PHLV auprès d'acteurs ressources (maires, chargés de mission, techniciens, etc.). Dans un second temps, des entretiens ont été conduits auprès d'experts pour avoir leurs avis à propos notre démarche méthodologique et pour en valider certains choix. Finalement, 90 agriculteurs ont fait l'objet d'un questionnaire détaillé.

3.3.1. Entretiens de cadrage auprès des acteurs locaux

Cette phase qui s'est déroulée pendant 2 mois dans le syndicat mixte du Pays Haut Languedoc et Vignobles (PHLV), c'est un établissement public qui fonctionne comme une agence de développement sur le territoire du PHLV est basée essentiellement sur la collecte des données disponibles sur la zone d'étude (statistiques, cartes, rapports) et sur la réalisation d'entretiens auprès des acteurs ressources du territoire du PHLV (élus, agents de développements, représentants du parc.). Cette première étape dans la collecte de données avait pour objectifs de :

- Connaître les principales caractéristiques du territoire (démographie, emplois, agriculture, ressources) et d'identifier les principaux enjeux, ainsi que les opportunités de développement qui y existent ;
- Savoir à quel point le territoire est affecté par le CC et de comprendre comment cette variation climatique a impacté le secteur agricole.
- Étudier la place de l'agriculture dans le développement territorial ;
- Comprendre les priorités des différents acteurs en matière d'adaptation au CC selon leurs métiers et leur niveau d'implication dans le développement du territoire ;
- Savoir à quel point l'enjeu climatique est intégré dans la construction des stratégies et des actions de développement du territoire et de connaître les perspectives futures du territoire pour l'adaptation ;

- Voir si les politiques publiques locales ont tendance à soutenir le secteur agricole dans la problématique de développement territorial en réduisant sa vulnérabilité et à créer de nouvelles opportunités d'adaptation ;

Pour répondre à ces différents points, on a élaboré une grille d'entretien qui présente les différents thèmes à aborder lors de nos changes. Elle est adressée à titre indicatif pour la préparation de chaque entretien. Certaines questions ont été approfondies, de façon semi-directive selon la fonction de l'acteur questionné.

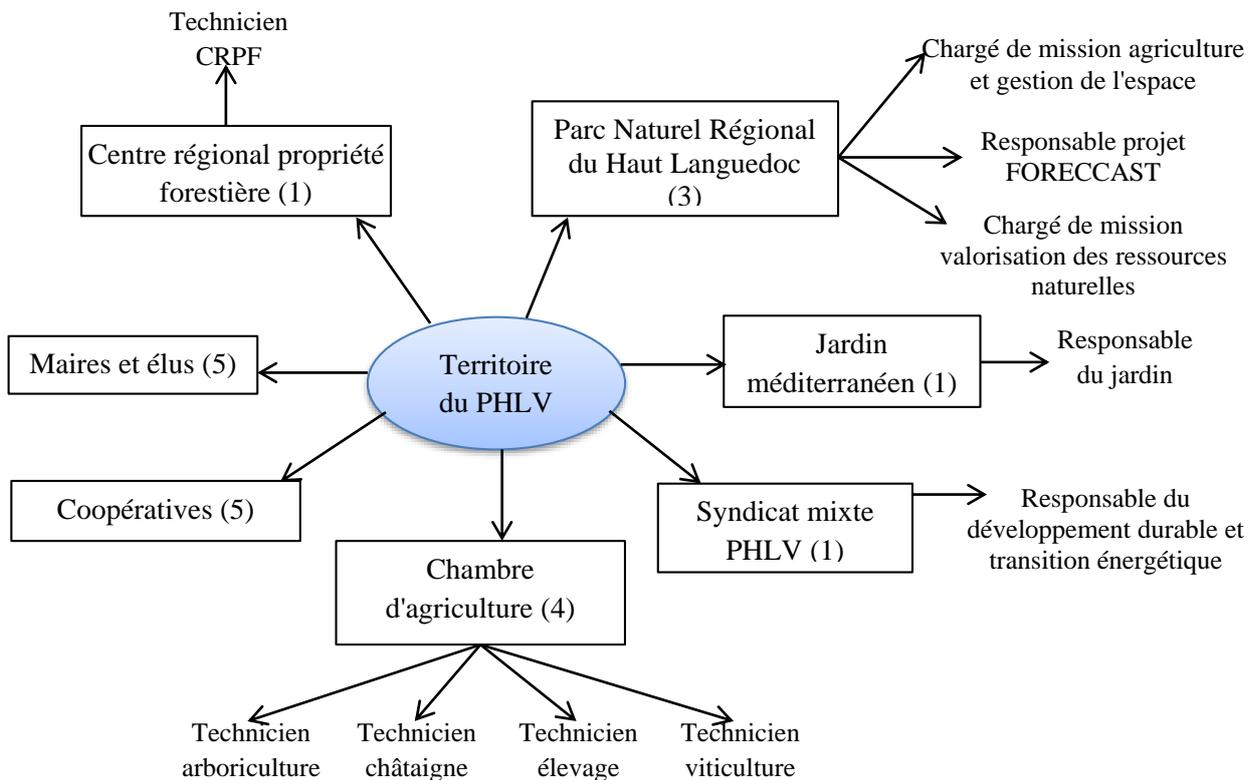


Figure 26: Les différents acteurs locaux enquêtés

Suite à ces entretiens, la problématique de la recherche a été précisée. Pour élaborer la méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité, le recours à une consultation d'experts s'est avéré nécessaire.

3.3.2. Consultation des experts

Il s'agit d'une série d'entretiens semi-directifs visant à obtenir un certain nombre de réponses sur les concepts de vulnérabilité et d'adaptation de l'agriculture. Cette seconde étape permet de cadrer et de valider notre approche méthodologique. Elle est cruciale dans la mesure où elle débouche sur la sélection et la validation des variables qui servent à construire le

protocole d'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation qui composent la méthodologie du travail.

Dans cette phase, des entretiens ont été menés auprès d'experts spécialistes des cultures présentes dans la zone d'étude. La liste des entretiens réalisés est présentée dans le Tableau 8. Ces entretiens ont été organisés autour de plusieurs thématiques : les approches d'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation de l'agriculture ; les principaux facteurs de vulnérabilité de l'agriculture et les principales pistes d'adaptation de l'agriculture dans la zone d'étude ; la pertinence et la faisabilité de notre cadre méthodologique et les variables sélectionnées pour l'évaluation

Tableau 8: Liste des entretiens réalisés auprès des experts

| | Organisme | spécialité | Date |
|----|---|--|------------|
| 1 | INRAE | Viticulture | 18/03/2019 |
| 2 | CIHEAM-IAMM | Grandes cultures | 19/02/2019 |
| 3 | SUDEXPE | Arboriculture | 25/03/2019 |
| 4 | SUDEXPE | Cultures maraichères | 4/04/2019 |
| 5 | CIRAD | Changement Climatique et Agricultures | 13/03/2019 |
| 6 | chambre d'agriculture | Arboriculture et maraichage | 06/07/2018 |
| 7 | Parc naturel régional du Haut- Languedoc | Chargée de mission projet FORECCAST) | 12/07/2018 |
| 8 | chambre d'agriculture | Arboriculture | 29/06/2018 |
| 9 | chambre d'agriculture | Viticulture | 29/06/2018 |
| 10 | Coopérative SICA du Caroux | Arboriculture | 25/07/2018 |
| 11 | Parc naturel régional du Haut- Languedoc | Responsable agriculture | 29/06/2018 |

3.3.3. Réalisation de l'enquête auprès des agriculteurs

Les entretiens menés auprès des acteurs locaux et des experts ont permis de construire de façon appropriée l'enquête réalisée auprès des agriculteurs et d'établir un échantillon représentatif des exploitations. Conçue sous la forme d'un questionnaire, cette enquête visait à collecter les données spécifiques sur les facteurs de vulnérabilité des exploitations agricoles et les préférences d'adaptation des agriculteurs. Ces enquêtes ont été menées en face à face auprès de 90 agriculteurs représentatifs des systèmes de production du territoire : ces derniers ont été différenciés selon l'orientation de la production d'une part et selon leur localisation, plaine ou montagne d'autre part (Tableau 9 et Figure 27).

Tableau 9: Présentation de l'échantillon des exploitations enquêtées

| | Viticulture | | Arboriculture | | Grandes cultures | | Cultures maraichères | | Mixtes | | Ensemble | |
|----------|-------------|------|---------------|------|------------------|------|----------------------|------|--------|------|----------|------|
| | Nb | % | Nb | % | Nb | % | Nb | % | Nb | % | Nb | % |
| Montagne | 27 | 54% | 4 | 45% | 2 | 22% | 6 | 60% | 5 | 42% | 44 | 49% |
| Plaine | 23 | 46% | 5 | 55% | 7 | 78% | 4 | 40% | 7 | 58% | 46 | 51% |
| Total | 50 | 100% | 9 | 100% | 9 | 100% | 10 | 100% | 12 | 100% | 90 | 100% |

Les agriculteurs ont été sélectionnés de manière aléatoire en fonction des strates par type de culture et avec une partition équilibrée des exploitations selon leur situation en plaine ou en zone de montagne. Le questionnaire était organisé autour de 11 modules permettant d'identifier les caractéristiques générales des agriculteurs (âge, niveau de formation, expérience, etc.) et des exploitations agricoles (surface des cultures, type de sol, etc.), les pratiques culturales (travail du sol, désherbage, irrigation, etc.), les perceptions du CC, les avis des agriculteurs sur l'importance des facteurs la vulnérabilité de l'exploitation et les préférences des exploitations concernant les mesures d'adaptation privilégiées. La réalisation de l'enquête durait environ 2 heures.

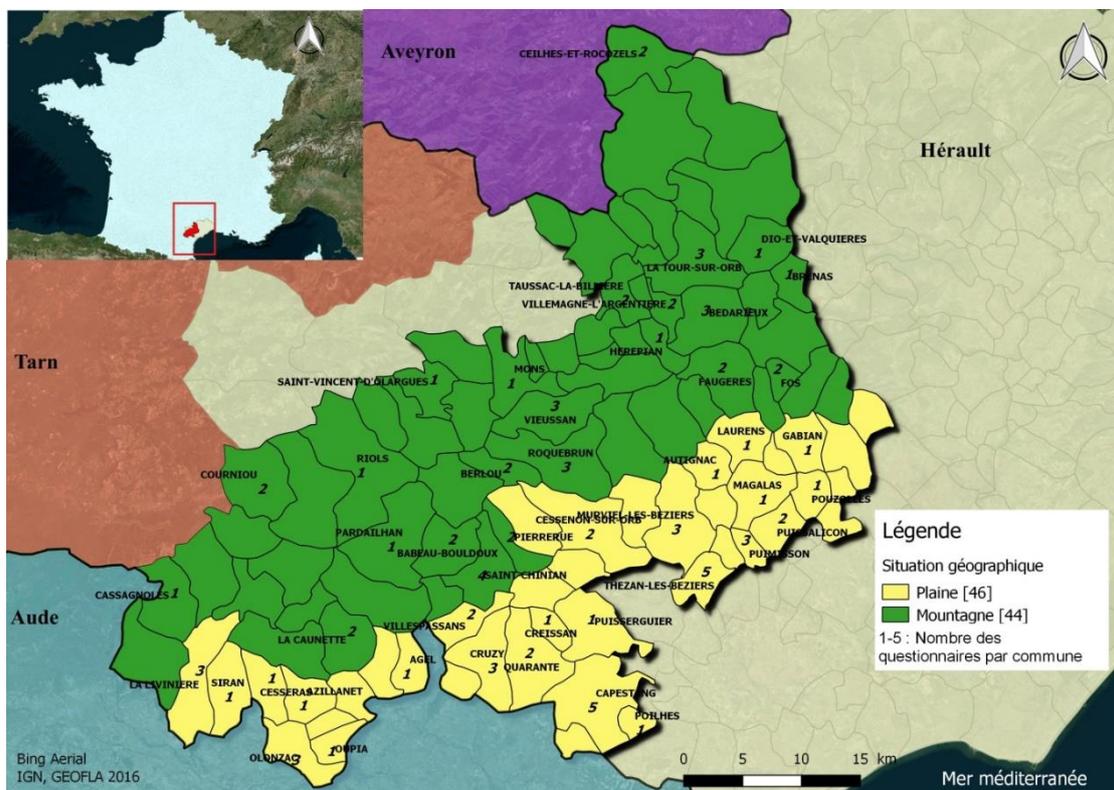


Figure 27: Présentation du territoire du PHLV et du nombre d'enquêtes réalisées par commune

3.3.4. Récapitulatif

L'élaboration de la démarche de terrain a été réalisée en croisant des références bibliographiques, les bases de données disponibles pour la zone d'étude, et un ensemble d'enquêtes.

- Une enquête initiale exploratoire a été conduite auprès de quelques agriculteurs et des principales parties prenantes de la zone dans le domaine agricole pour identifier les facteurs locaux de vulnérabilité. Ces sources de données ont permis d'identifier les principales caractéristiques du territoire (démographie, emplois, agriculture, ressources), de connaître la place de l'agriculture dans le développement territorial, d'étudier la variation des paramètres climatiques et de savoir à quel point l'agriculture est impactée par le CC (variation de la pluviométrie, variation de la température, événement climatiques sévère, dégâts, etc.)
- Des interviews d'experts pour chaque type de culture ont complété cette première exploration et permis de construire la méthodologie d'évaluation, de valider les variables de la vulnérabilité des exploitations agricoles et de déterminer les préférences des agriculteurs dans le processus d'adaptation au CC. Ces deux étapes ont conduit à la formulation d'un questionnaire d'enquêtes détaillée à destination des agriculteurs, sélectionnés aléatoirement dans un objectif de représentativité.

3.4. Résumé

L'économie territoriale du PHLV est marquée par l'importance de l'agriculture (et des établissements agricoles). Le secteur occupe (12%) des emplois, un taux quatre fois plus élevé que la moyenne départementale (INSEE, 2015a). Dans ce territoire, 63% des surfaces sont des forêts tandis que les terres agricoles occupent 34% de l'espace. L'agriculture est caractérisée par la prédominance d'une agriculture plutôt familiale (SAU moyenne < 15 ha) et dominée par la monoculture viticole (53% de la SAU totale) et les exploitations sont réparties entre une zone de montagne et une zone de plaine. Le territoire dispose d'un patrimoine naturel exceptionnel lié à la présence du Parc Naturel Régional du Haut Languedoc.

Conformément à la tendance régionale (difficulté de reprise et déprise agricole), on note une forte régression du nombre d'exploitations agricoles passant de 6 625 à 2 628 entre 1988 et 2010, soit une diminution de 60%. De même la SAU totale passe sur la même période de 53 684 ha à 43 028 ha avec un développement des friches, puis des forêts. La topographie

Chapitre 3. Présentation de la zone d'étude et protocoles de collecte des données

limite les possibilités d'irrigation (réservée essentiellement à la plaine) et le territoire est exposé à plusieurs risques naturels (inondations, sécheresse, gel printanier et grêle), qui le rendent vulnérable au CC. Les données météorologiques disponibles font état d'une augmentation de la température de 0.5°C par décennie avec une forte variabilité intra annuelle et interannuelle de la pluviométrie.

CHAPITRE 4. ÉVALUATION MULTICRITÈRE DE LA VULNÉRABILITÉ DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Pour créer un système de production agricole robuste, il est essentiel de comprendre sa vulnérabilité au CC c'est-à-dire les facteurs qui la déterminent. Plusieurs études (Brooks *et al.*, 2005; Adger, 2006; Berry *et al.*, 2006; Füssel Hans-Martin, 2007; Deressa *et al.*, 2008; Aulong et Kast, 2011; Murphy et Scott, 2014; Fatemi *et al.*, 2017; Neset *et al.*, 2019; European Environment Agency (EEA), 2017) ont développé une gamme de conceptualisations et de méthodes pour évaluer la vulnérabilité des systèmes agricoles. La recherche interdisciplinaire préconise généralement des évaluations intégrées de la vulnérabilité qui abordent à la fois les dimensions biophysiques et socio-économiques.

Ce chapitre présente une approche méthodologique détaillée qui permet d'évaluer de façon intégrée la vulnérabilité des exploitations agricoles d'un territoire de l'Occitanie et d'en déterminer les variables explicatives. Ce travail s'est également inspiré des techniques d'évaluation basées sur des systèmes de scores, tels qu'elles ont pu être développées dans des travaux comme que ceux de Bourdeau-Lepage (2020) sur le bien-être territorial, de Vilain *et al.* (2008) dans la méthode IDEA d'évaluation de la durabilité des exploitations agricoles ou encore de Prescott-Allen (2001) sur l'évaluation du bien-être des nations. L'originalité est ici d'en faire une application pour mesurer la vulnérabilité des exploitations agricoles au CC. Pour traiter la question des pondérations, nous avons différencié une vulnérabilité calculée, sans pondération particulière des variables qui la composent, et une vulnérabilité déclarée qui endogénéise les notes attribuées à l'importance de chaque variable pour chaque acteur enquêté. C'est donc au niveau de déclaration de chaque exploitant agricole que s'effectue ici la pondération des variables de vulnérabilité.

Dans un premier temps on présente l'approche globale de l'évaluation de la vulnérabilité. Ensuite, on détaille et on justifie les différentes variables sélectionnées pour chaque composante de la vulnérabilité (Annexe 3).

4.1. Démarche globale de l'évaluation de la vulnérabilité

Le modèle d'évaluation de la vulnérabilité prend comme point de départ la définition de la vulnérabilité du GIEC qui est basée sur trois composantes principales l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation (CA) (GIEC, 2001). Le cadre conceptuel de l'évaluation de la vulnérabilité permet d'évaluer quantitativement la vulnérabilité des différentes exploitations agricoles au CC en générant des indices composites basés sur des ensembles d'indicateurs, qui couvrent les différentes composantes de la vulnérabilité (exposition, sensibilité et CA).

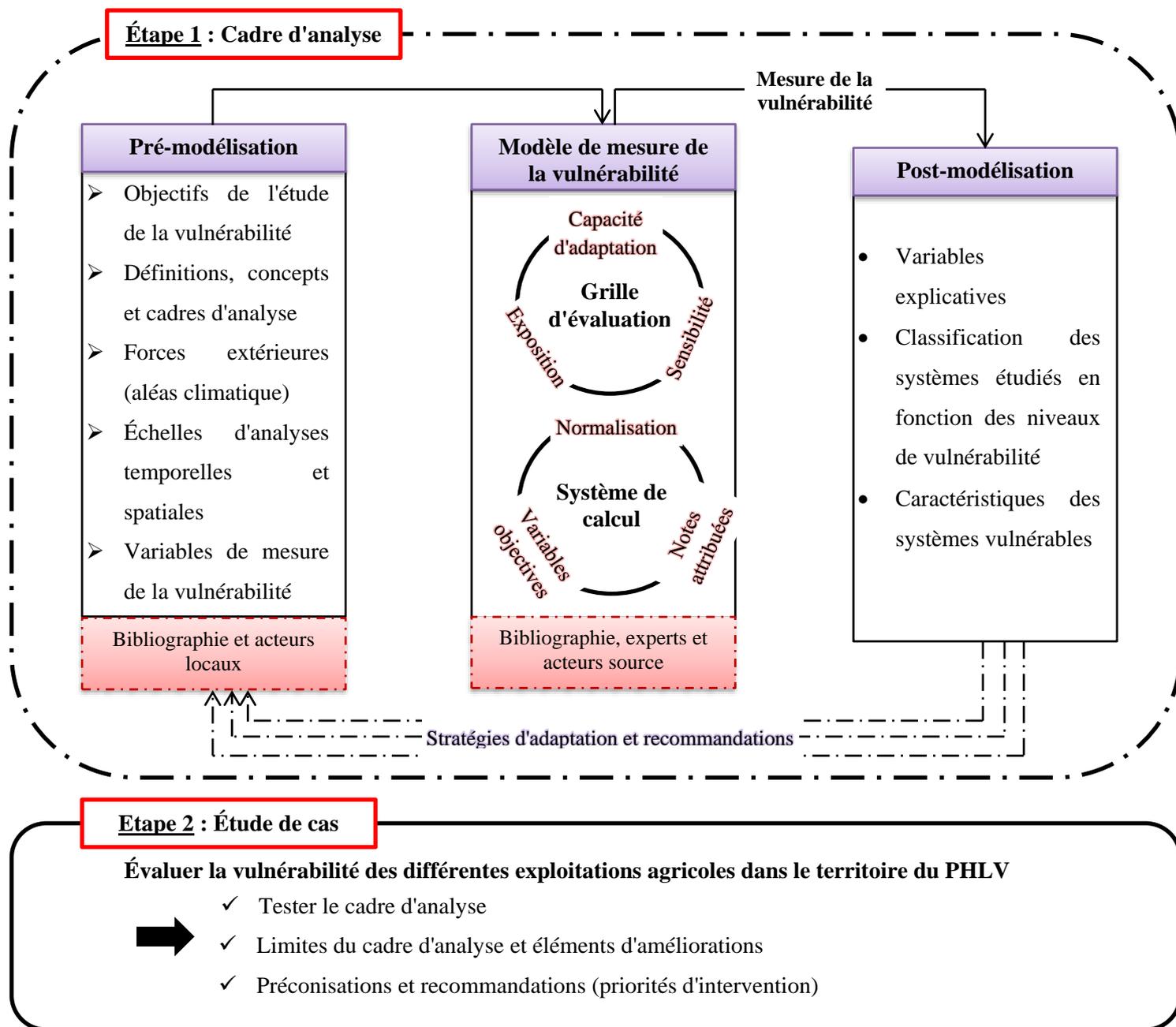


Figure 28: Cadre conceptuel de l'évaluation de la vulnérabilité

4.1.1. Identification des variables

Pour évaluer la vulnérabilité, on a adopté une approche intégrée combinant des variables socio-économiques (âge, formation, assurance récolte, etc.) et des variables biophysiques (type du sol, travail du sol, irrigation etc.). Ces variables ont été sélectionnées et validées en fonction de la bibliographie, des documents et diagnostics disponibles sur la zone, d'entretiens auprès d'acteurs ressources dans le territoire, ainsi que d'une consultation d'experts spécialistes des différents types de cultures rencontrées (Annexe 3). Cette consultation a permis de caractériser les facteurs climatiques déterminants de la vulnérabilité selon les cultures : 2 experts en viticulture, 2 experts en arboriculture, 1 expert en grandes cultures et 1 expert en cultures maraîchères. Le cadre d'évaluation associe des variables simples calculées directement (âge, l'expérience, etc.) et des variables composites calculées par la moyenne de plusieurs variables élémentaires (par exemple la gestion du sol pour les cultures pérennes est estimée par la couverture du sol, le travail du sol et l'amendement du sol). Selon les cas, les variables peuvent être calculées à l'échelle de l'exploitation ou par type de cultures (essentiellement les variables de la sensibilité et de la CA liée au capital technique). Dans ce dernier cas, l'extrapolation à l'échelle de l'exploitation est effectuée en fonction de la part de chaque culture dans la SAU (surface agricole utilisée) totale. Le Tableau 10 présente les variables retenues pour chaque composante de la vulnérabilité en distinguant les cas des cultures pérennes et des cultures annuelles.

Les différentes variables de la vulnérabilité seront traitées en détail dans les parties suivantes.

Tableau 10: Présentation des variables de vulnérabilité

| Variables | Références |
|---|--|
| Exposition | |
| Nombre d'évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 | (Deressa <i>et al.</i> , 2008; Maiti <i>et al.</i> , 2017) |
| Sensibilité | |
| Type de sol | (Seguin, 1986; Tesso, 2013; Tzilivakis <i>et al.</i> , 2015) |
| Age des arbres des cultures pérennes (pour les cultures pérennes) | (Techniciens des coopératives) |
| Orientation des parcelles (pour les cultures pérennes) | (Techniciens des coopératives) |
| Diversification culturelle | (Tesso, 2013; Meynard, 2017; Neset <i>et al.</i> , 2019) |
| Diversification variétale | (Tesso, 2013; Meynard, 2017; Neset <i>et al.</i> , 2019) |
| CA liée au capital humain | |
| Formation | (Droy et Rasolofo, 2004; Tesso, 2013) |
| Expérience agricole | (Tesso, 2013) |
| Age du chef de l'exploitation | (Cutter <i>et al.</i> , 2003; Cutter, 2010) |
| Réseau agricole | (Nelson <i>et al.</i> , 2010; Fatemi <i>et al.</i> , 2017) |
| CA liée au capital technique | |
| Pratiques de gestion du sol en fonction des cultures | (Chenu et Chevallier, 2015; ADEME, 2016) |
| Irrigation | (Boutin et Payan, 2012; Owen, 2020) |
| Pratiques de gestion des plantes en fonction des cultures | (Weiss <i>et al.</i> , 2006; Meynard, 2017) |
| Infrastructures agro-écologiques | (Wezel <i>et al.</i> , 2014) |
| CA liée au capital économique | |
| Commercialisation | (Maréchal <i>et al.</i> , 2018; Owen, 2020) |
| Revenus extra-agricoles | (Mishra et Sandretto, 2002; Butault <i>et al.</i> , 2005; Jetté-Nantel <i>et al.</i> , 2011) |
| Statut juridique | (Chambre d'agriculture) |
| Statut foncier | (Razafimahatratra <i>et al.</i> , 2017) |
| Assurance récolte | (Howden <i>et al.</i> , 2003; Smit et Wandel, 2006; Owen, 2020) |

4.1.2. Construction d'indices de vulnérabilité au CC et méthode de calcul de la vulnérabilité

La vulnérabilité des exploitations a été appréhendée en référence à la définition du GIEC avec un indice de vulnérabilité mesuré par le produit de l'exposition et de la sensibilité divisé par la CA (GIEC, 2001; Yohe *et al.*, 2006; Rana et Routray, 2016; Ofori *et al.*, 2017). Les variables

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

déterminantes pour chaque composante ont été calculées à partir des résultats de l'enquête en normalisant les variables quantitatives par la méthode min-max et les variables qualitatives en définissant les classes selon un champ standardisé de 0 à 1. Le sens de variation de chaque variable est croissant des notations négatives vers les notations positives. Par ailleurs pour chacune des variables il a été demandé aux exploitants de noter sur une échelle de 0 à 10 à partir de leur expérience et de leurs connaissances, leurs avis de l'importance de chaque variable sur la vulnérabilité de leur exploitation.

Les interactions entre les variables de chaque composante de la vulnérabilité ont été modélisées sur la base d'un modèle linéaire simple avec deux options pour évaluer la vulnérabilité calculée et déclarée. Dans un premier cas la vulnérabilité de chaque exploitation résulte d'une moyenne simple de l'ensemble des variables, toutes les variables ayant un même poids et chaque composante étant calculée par la moyenne des variables. Pour une composante X l'équation prend la forme :

$$X_{calculée} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n};$$

avec y_i : valeur calculé d'une variable i et n : le nombre de variables.

Parallèlement, la vulnérabilité déclarée implique d'attribuer des poids différents aux variables en fonction des notes attribuées par chacun des agriculteurs à l'importance de ces variables dans la vulnérabilité de leur exploitation. Dans ce cas pour une composante X l'équation est la suivante :

$$X_{déclaré} = \frac{\sum_{i=1}^n n t_i * y_i}{\sum_{i=1}^n n t_i};$$

avec y_i : valeur calculée d'une variable i ; $n t_i$: note attribuée à la variable i et n : le nombre de variables.

Sur la base de la distribution des indices de vulnérabilité des exploitations, une classification des exploitations a été établie en fonction de leur niveau de vulnérabilité (faible, moyenne et élevée) et en veillant à minimiser la variance intra-groupe (classification unidimensionnelle). Une analyse discriminante a été réalisée (logiciel SAS) pour identifier les variables explicatives les plus discriminantes.

4.2. L'exposition des exploitations agricoles au CC

4.2.1. Définition de l'exposition des exploitations agricoles

L'exposition au CC est définie par la présence des exploitations agricoles dans un contexte susceptible de subir des aléas climatiques (sécheresse, inondation, etc.). Dans cette recherche, l'identification des aléas climatiques a été faite avec les acteurs locaux à partir des études historiques et des variables climatiques sur la zone, en distinguant quatre aléas : la sécheresse, l'inondation, la grêle et le gel printanier. L'exposition pour chacun de ces aléas a été calculée par le nombre d'évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 en postulant que plus le nombre d'évènements moyens annuels est élevé, plus la probabilité d'être touché est forte et plus l'exposition est élevée. Pour la grêle et le gel printanier en l'absence de données par commune, les indicateurs ont été évalués sur la base des données départementales (Conseil départemental de l'Hérault (2019)). La récurrence des évènements de sécheresse et d'inondation a quant à elle été quantifiée en fonction du nombre d'arrêtés de catastrophe naturelle issus de la base de données de la CCR (Caisse Centrale de Réassurance) (2019).

D'après le Tableau 11, on enregistre en moyenne 14 évènements climatiques par an entre 2009 et 2018. On remarque que chaque année sur la période entre 2009 et 2018, il y a au moins 2 évènements de sécheresse, 2 évènements d'inondation et 2 évènements de grêle. La sécheresse et l'inondation présentent les évènements climatiques les plus fréquentés, soit 38% pour la sécheresse et 34 % pour l'inondation des évènements annuels moyens. Alors que la grêle et le gel printanier présentent les évènements climatiques les moins fréquents avec 22% pour la grêle et 6% pour le gel printanier des évènements annuels moyens.

Tableau 11: Étude historique des événements climatiques dans le département de l'Hérault entre 2009 et 2018

| Années | Sécheresse* | Inondation* | Grêle** | Gel printanier** | Somme des événements climatiques |
|--------|-------------|-------------|---------|------------------|----------------------------------|
| 2009 | 4 | 5 | 2 | 1 | 12 |
| 2010 | 4 | 3 | 2 | 1 | 10 |
| 2011 | 5 | 7 | 3 | 0 | 15 |
| 2012 | 8 | 4 | 2 | 0 | 14 |
| 2013 | 7 | 3 | 3 | 0 | 13 |
| 2014 | 7 | 7 | 6 | 1 | 21 |
| 2015 | 5 | 8 | 2 | 1 | 16 |
| 2016 | 4 | 2 | 5 | 1 | 12 |
| 2017 | 6 | 4 | 3 | 1 | 14 |
| 2018 | 5 | 6 | 3 | 2 | 16 |
| Somme | 55 | 49 | 31 | 8 | 143 |

Source: *CCR (Caisse Centrale de Réassurance) (2019) **Conseil départemental de l'Hérault (2019)

4.2.2. Les variables de l'exposition

Plus le nombre des évènements moyens annuels entre 2009 et 2018 d'un aléa est élevé, plus la probabilité d'être touché par cet aléa est élevée ce qui engendre un niveau d'exposition élevé. Le Tableau 12 présente la grille d'évaluation de l'exposition, composée de 3 classes :

- La 1^{ère} classe exprime une exposition faible avec un nombre d'évènements annuels moyens entre 2009 et 2018 inférieur ou égale à 2 évènements ; la variable exposition est égale à la moyenne de son intervalle de variation soit (0.165),
- La deuxième classe exprime une exposition moyenne pour un nombre moyen annuel d'aléas entre 3 et 4 évènements sur la période 2009 et 2018 ; dans ce cas, la variable exposition prend une valeur moyenne de 0.495
- Et enfin, la troisième classe désigne une exposition élevée ; elle correspond au cas où le nombre d'évènements annuels moyens entre 2009 et 2018 est supérieur à 4 évènements ; dans ce cas, la variable d'exposition prend une valeur moyenne de 0.83.

Cette étude historique des évènements climatiques n'a pas pu être faite à l'échelle des exploitations, mais seulement à l'échelle du département de l'Hérault, qui était le seul niveau où ce type de données est disponible. Dans notre approche, on est ainsi contraint à considérer que le territoire du PHLV est exposé de la même façon que le département de l'Hérault aux aléas climatiques. Les exploitations de notre étude ont donc le même niveau d'exposition mesuré.

Tableau 12: Grille d'évaluation de l'exposition

| Classes | Intervalle | Description | Exposition normalisée |
|--|-------------|--------------------|-----------------------|
| Nombre d'évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 est inférieur ou égale à 2 évènements. | 0 – 0.33 | Faible Exposition | 0.165 |
| Nombre d'évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 est entre 3 et 4 évènements. | 0.33 - 0.66 | Exposition moyenne | 0.495 |
| Nombre d'évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 est supérieur à 4 évènements. | 0.66 – 1 | Exposition élevée | 0.83 |

Vu la complexité de trouver des données à l'échelle de l'exploitation, l'exposition a été évaluée à l'échelle territoriale. Ceci a neutralisé l'effet de l'exposition sur la vulnérabilité des exploitations agricole, ce qui rapproche notre modèle à la définition de la vulnérabilité du 5^{ème} rapport du GIEC qu'est basé uniquement sur la sensibilité et la CA.

4.3. La sensibilité des exploitations agricoles

4.3.1. Définition de la sensibilité des exploitations agricoles

La sensibilité renvoie à des contraintes internes aux exploitations agricoles et liées aux variations climatiques. Généralement, elle fait référence à des variables qui varient très peu dans le temps comme le type de sol.

Dans ce travail la sensibilité a été appréhendée par des variables biophysiques spécifiques à chaque type de culture. Pour les cultures pérennes, elle est évaluée sur la base du type du sol, de l'orientation des parcelles, de l'âge des arbres des cultures pérennes, de la diversification variétale et de la diversification culturelle. Pour les cultures annuelles, elle est évaluée seulement par le type du sol, la diversification des variétés et la diversification culturelle. La mesure de cette sensibilité à l'échelle de l'exploitation est ensuite effectuée proportionnellement en fonction de la part de chaque culture dans la SAU totale.

4.3.2. Les variables de la sensibilité

4.3.2.1. Sensibilité liée au type de sol

Dans le territoire du PHLV, les exploitations agricoles sont installées sur plusieurs types de sol qui vont des sols schisteux généralement dans la montagne aux sols alluvionnaires en bord des cours d'eau. Il est difficile de déterminer d'une manière absolue le type de sol le plus sensible ou le moins sensible au CC. Certainement, il existe des relations entre les variables

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

climatiques et les différentes caractéristiques du sol, mais il est difficile d'établir des règles claires pour évaluer la sensibilité de chaque type de sol.

Il existe une grande diversité de sols que l'on peut distinguer selon leurs propriétés (texture, pH, composition chimique, etc.). Le type de sol apporte des informations utiles à la gestion de la culture (par exemple irrigation, fertilisation). À titre d'exemple, les sols à faible réserve utile entraînent des contraintes hydriques pour les cultures. Dans cette étude, pour étudier la sensibilité au CC par rapport au type de sol, on a utilisé une approche qualitative basée essentiellement sur la littérature et les avis des experts.

Pour chaque type de sol, un ensemble de caractéristiques biophysiques a été étudié en se basant sur un gradient de sensibilité à 5 niveaux : très faible (--); faibles (-); moyenne (.); élevée (+) et très élevée (++). En considérant que les différentes caractéristiques du sol ont la même importance, cette méthode permet de donner une note globale à chaque type de sol, sachant que les sols avec des bonnes caractéristiques ont une note globale élevée. Puis, on a normalisé les différents types de sol par la méthode min-max. Les sols avec des bonnes caractéristiques ont des valeurs proches de 1 (faible sensibilité) et inversement. Pour avoir le même sens de variation, la sensibilité est égale donc à 1-note globale normalisée.

Le Tableau 13 permet d'évaluer qualitativement la sensibilité par rapport au type de sol. On constate que les sols schisteux et gréseux présentent les niveaux de sensibilités les plus élevés. On peut justifier ça par le fait que ces types de sol sont des sols pauvres caractérisés par une structure très grossière, une faible profondeur et une perméabilité très importante. Ils sont généralement destinés à la culture des vignes qui est moins exigeante que les autres cultures et préfère les sols composites avec une importante porosité qui permet une percolation rapide de l'eau et empêche ainsi sa stagnation au niveau des racines (Seguin, 1986). La sensibilité par rapport au type de sol de l'exploitation agricole est déterminée par les surfaces de différents types de sol qui la composent. Pour une exploitation agricole i , elle est égale à :

$$Sen(\text{type de sol})_i = \sum_{j=1}^9 \frac{\text{surface}_j}{\text{surface totale des cultures}} * \text{sensibilité}_j;$$

où j est le type de sol.

Les différentes caractéristiques du sol étudiées ne sont pas exhaustives, il y en a d'autres qui ne sont pas traitées comme l'impact du type de sol sur la qualité de la production, le PH du sol, etc. Néanmoins, chaque type de sol doit avoir une méthode de gestion spécifique et adaptée en fonction de ses caractéristiques (irrigation, travail du sol, amendement du sol, etc.).

Tableau 13: Évaluation de la sensibilité des différents types de sol

| Type de sol | Profondeur | Matière organique | Réserve utile | Perméabilité | Sensibilité à la sécheresse | Potentiel cultural | Note globale | Note globale normalisée | Sen. normalisée |
|-----------------|------------|-------------------|---------------|--------------|-----------------------------|--------------------|--------------|-------------------------|-----------------|
| Schiste | -- | -- | -- | ++ | -- | -- | -8 | 0,17 | 0,83 |
| gréseux | -- | -- | -- | ++ | -- | -- | -8 | 0,17 | 0,83 |
| Sableux | - | -- | - | + | - | . | -4 | 0,33 | 0,67 |
| sablo-limoneux | . | . | . | . | . | + | 1 | 0,54 | 0,46 |
| Calcaire | . | . | . | + | - | . | 1 | 0,54 | 0,46 |
| Alluvionnaire | + | ++ | ++ | + | ++ | ++ | 10 | 0,92 | 0,08 |
| Argilo-calcaire | + | + | + | - | + | ++ | 5 | 0,71 | 0,29 |
| Argilo-limoneux | + | + | + | -- | . | . | 2 | 0,58 | 0,42 |
| Argile rouge | ++ | ++ | ++ | -- | . | - | 3 | 0,63 | 0,38 |

Source : élaboré d'après les jugements des experts interviewés et la littérature

4.3.2.2. Sensibilité liée à l'âge des arbres des cultures pérennes

L'âge des arbres des cultures pérennes est une variable très importante. Plus les arbres sont vieux, plus leurs racines se développent dans le sol. Ceci favorise une meilleure maîtrise de l'environnement et une meilleure régulation hydrique. Les vieux arbres sont résistants à la sécheresse et aux maladies par rapport aux jeunes arbres. On suppose que plus les arbres sont vieux, plus leur sensibilité au CC est faible. Sachant que l'âge impacte d'autres variables comme le rendement et la qualité de production qui ne sont pas prises en compte dans cette étude.

Pour calculer la sensibilité des arbres par rapport à l'âge on a identifié trois classes d'âge. Ces classes ont été définies avec des techniciens agricoles sur la zone d'étude. La 1^{re} classe présente les jeunes arbres qui ont un âge inférieur à 15 ans (sensibilité élevée), la 2^{ème} classe présente les arbres âgés entre 15 et 40 ans (Sensibilité moyenne) et les vieux arbres (supérieur à 40 ans) présentent la 3^{ème} classe (Faible sensibilité). La grille d'évaluation est présentée dans le Tableau 14. Pour une culture pérenne *i* la sensibilité par rapport à l'âge des arbres est :

$$Sen. (\hat{a}ge des arbres)_i = \sum_{j=1}^3 \frac{surface_j}{surface\ totale\ des\ cultures\ p\erennes} * sensibilit\acute{e}_j$$

avec *j* la classe d'âge.

Tableau 14: Grille d'évaluation de la sensibilité liée à l'âge des arbres des cultures pérennes

| Classe d'âge | Intervalles | Description | Sen. normalisée |
|------------------------|-------------|---------------------|-----------------|
| >40 ans | 0 – 0.33 | Faible sensibilité | 0.165 |
| entre 15 ans et 40 ans | 0.33 - 0.66 | Sensibilité moyenne | 0.495 |
| <15 ans | 0.66 – 1 | Sensibilité élevée | 0.83 |

4.3.2.3. Sensibilité liée à l'orientation des parcelles

L'ensoleillement joue un rôle important dans la maturité de la production et la qualité du produit agricole. Dans un climat méditerranéen et dans un contexte du CC qui se caractérise par une augmentation de la température, on considère qu'un ensoleillement important pourrait impacter négativement la qualité et la quantité de la production essentiellement pendant l'été. L'ensoleillement d'une parcelle est lié à son exposition. Généralement, les expositions sud, sud-est permettent aux arbres de recevoir un ensoleillement plus important. On considère que les parcelles avec une orientation qui favorise un nombre d'heures d'ensoleillement important sont plus sensibles que les parcelles avec une orientation qui favorise moins d'heures d'ensoleillement.

La grille d'évaluation de la sensibilité par rapport à l'orientation des parcelles est présentée dans le Tableau 15. Les cultures pérennes où la majorité des parcelles avec une orientation qui favorise moins d'ensoleillement se caractérisent par une faible sensibilité (0.165). Les cultures pérennes dont la majorité des parcelles ont une orientation qui favorise un ensoleillement important (généralement expositions sud, sud-est) sont caractérisées par une sensibilité élevée (0.83). Enfin, les cultures avec des orientations de parcelles différentes sont considérées comme moyennement sensibles avec une sensibilité qui est égale à 0.495.

Tableau 15: Grille d'évaluation de la sensibilité liée à l'orientation des parcelles

| Type d'orientation des parcelles | Intervalles | Description | Sen. normalisée |
|--|-------------|---------------------|-----------------|
| Orientation des parcelles qui favorise un ensoleillement faible | 0 – 0.33 | Faible sensibilité | 0.165 |
| Plusieurs orientations | 0.33 - 0.66 | Sensibilité moyenne | 0.495 |
| Orientation des parcelles qui favorise un ensoleillement important | 0.66 – 1 | Sensibilité élevée | 0.83 |

4.3.2.4. Sensibilité liée à la diversification variétale

Le choix des variétés (cépage pour la viticulture) et du porte-greffe est une décision stratégique des agriculteurs et déterminant dans la réussite de leurs exploitations. Pour les

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

cultures pérennes cette décision engage l'agriculteur sur plusieurs décennies et conditionne le développement de la plante, le volume et la qualité de la récolte. Les critères de choix sont liés aux conditions pédoclimatiques de la parcelle ainsi qu'aux objectifs de production (quantité et en qualité). Il existe un grand nombre de variétés (cépages) et de porte-greffes. À l'heure actuelle, il n'existe aucune variété (cépage) ou porte-greffe apte à résister à tous les contraintes biophysiques et climatiques (sécheresse, maladies, etc.). On distingue différents niveaux de sensibilité, par exemple, certaines variétés (cépages) et porte-greffes qui se développent très bien sous conditions sèches et chaudes en été mais qui sont sensibles aux gels d'hiver en contrepartie. D'autres sont adaptés au climat frais et possèdent une haute tolérance aux gels, mais sont sensibles à la sécheresse et au stress hydrique.

L'évaluation de la sensibilité par rapport à la diversification variétale des cultures pérennes est basée essentiellement sur la diversification des porte-greffes et des variétés (cépages) dans une optique de partage de risques pour garantir un minimum de production. On suppose que plus le nombre de portes greffes et de variétés (cépages) est important plus la sensibilité par rapport à diversification variétale est faible.

Selon la grille d'évaluation la sensibilité par rapport à la diversification variétale (Tableau 16), la culture avec un faible nombre de variétés et des portes greffes (pour les cultures pérennes) a une sensibilité très élevée. Pour les cultures pérennes la sensibilité par rapport à la diversification variétale est la moyenne de la sensibilité par rapport aux deux sous-variables, diversification des variétés et diversification des portes greffes. Pour les cultures annuelles, la sensibilité par rapport à la diversification variétale est exprimée seulement par la diversification des variétés.

Tableau 16: Grille d'évaluation de la sensibilité liée à la diversification variétale

| Diversification des porte-greffes | | | |
|--|-------------|---------------------|-----------------|
| Nombre de porte-greffes utilisés | Intervalles | Description | Sen. normalisée |
| Supérieur à 3 porte-greffes | 0 – 0.33 | Faible sensibilité | 0.17 |
| Égale à 3 porte-greffes | 0.33 - 0.66 | Sensibilité moyenne | 0.5 |
| Inférieur à 3 porte-greffes | 0.66 – 1 | Sensibilité élevée | 0.83 |
| Diversification des variétés (cépages) | | | |
| Nombre de variétés (cépages) utilisées | Intervalles | Description | Sen. normalisée |
| Supérieur à 6 variétés (cépages) | 0 – 0.33 | Faible sensibilité | 0.17 |
| Entre 4 et 6 variétés (cépages) | 0.33 - 0.66 | Sensibilité moyenne | 0.5 |
| Inférieur à 4 variétés (cépages) | 0.66 – 1 | Sensibilité élevée | 0.83 |

4.3.2.5. Sensibilité liée à la diversification culturelle

Les conséquences de la spécialisation croissante des exploitations sont bien connues, tensions sur l'eau, accroissement de l'usage des pesticides ou réduction de la biodiversité. La diversification des cultures, apparaît donc comme un levier majeur pour « produire autrement », afin d'accroître la durabilité des systèmes de production agricoles (Meynard *et al.*, 2013). Selon, Wezel *et al.* (2014), la diversification fait référence à l'intégration de plusieurs cultures dans les systèmes de culture, ou à la valorisation de la biodiversité naturelle à des fins agricoles telles que le contrôle biologique. Elle est considérée comme une des bases de l'agroécologie.

Plusieurs études (Meynard *et al.*, 2013; Tesso, 2013; Wezel *et al.*, 2014; Meynard, 2017) ont affirmé que la diversification des cultures devrait être intégrée dans les systèmes de culture pour plusieurs raisons comme la répartition de divers risques dont ceux climatiques entre différentes cultures, dans le temps et dans l'espace, l'adaptation des agroécosystèmes, la diminution des invasions de ravageurs et de mauvaises herbes et la préservation de la biodiversité. La diversification permet également de compenser les pertes économiques potentielles sur certaines cultures engendrées par le CC et de garantir un minimum de revenu. Compte tenu de la fréquence élevée des périodes de sécheresses et du raccourcissement de la saison des pluies, les agriculteurs diversifient leurs cultures au profit de variétés résistantes à la sécheresse et à cycle végétatif court. Enfin, la diversification des cultures est indispensable pour réduire l'usage massif des intrants agricoles (pesticides, engrais et eau) et les nuisances environnementales associées à leur utilisation excessive (Meynard *et al.*, 2013; Tesso, 2013; Neset *et al.*, 2019). Tesso (2013) a montré dans son étude que les agriculteurs qui cultivent des cultures diversifiées sont moins vulnérables aux chocs climatiques.

Il est utile d'étudier la diversification comme une variable de sensibilité des exploitations agricoles en évaluant le degré de diversification de cultures. On suppose que plus l'exploitation est diversifiée plus son niveau de sensibilité est faible. On évalue la diversification des exploitations agricoles par la part de chaque culture dans la production brute standard (PBS) totale.

Selon la grille d'évaluation de la sensibilité par rapport à la diversification culturelle (Tableau 17), les exploitations où une seule culture présente plus de 80% de PBS total ont une sensibilité très élevée (0.83), celles avec une diversification moyenne de la production (une

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

seule culture présente entre 80% et 60% de la PBS totale) sont moins sensibles (0.495) alors que, les exploitations avec une PBS totale représentée par plusieurs cultures principales ont une faible sensibilité de l'ordre de 0.165.

Tableau 17: Grille d'évaluation de la sensibilité liée à la diversification culturale

| Classes | Intervalles | Description | Sen. normalisée |
|--|-------------|---------------------|-----------------|
| La PBS totale est présentée par plusieurs cultures principales | 0 – 0.33 | Sensibilité faible | 0.165 |
| Une seule culture présente entre 80% et 60% de la PBS totale | 0.33- 0.66 | Sensibilité moyenne | 0.495 |
| Une seule culture présente plus de 80% de la PBS totale | 0.66 – 1 | Sensibilité élevée | 0.83 |

4.4. La Capacité d'Adaptation des exploitations agricoles

4.4.1. Définition de la CA des exploitations agricoles

Rappelons que la CA fait référence à la capacité d'un système à évoluer de manière à mieux gérer son exposition et/ou sa sensibilité au CC (Engle, 2011; Neset *et al.*, 2019). Dans la majorité des travaux sur la vulnérabilité, la CA est toujours considérée comme un ensemble de facteurs qui détermine la capacité d'un système à concevoir et à mettre en œuvre des mesures d'adaptation.

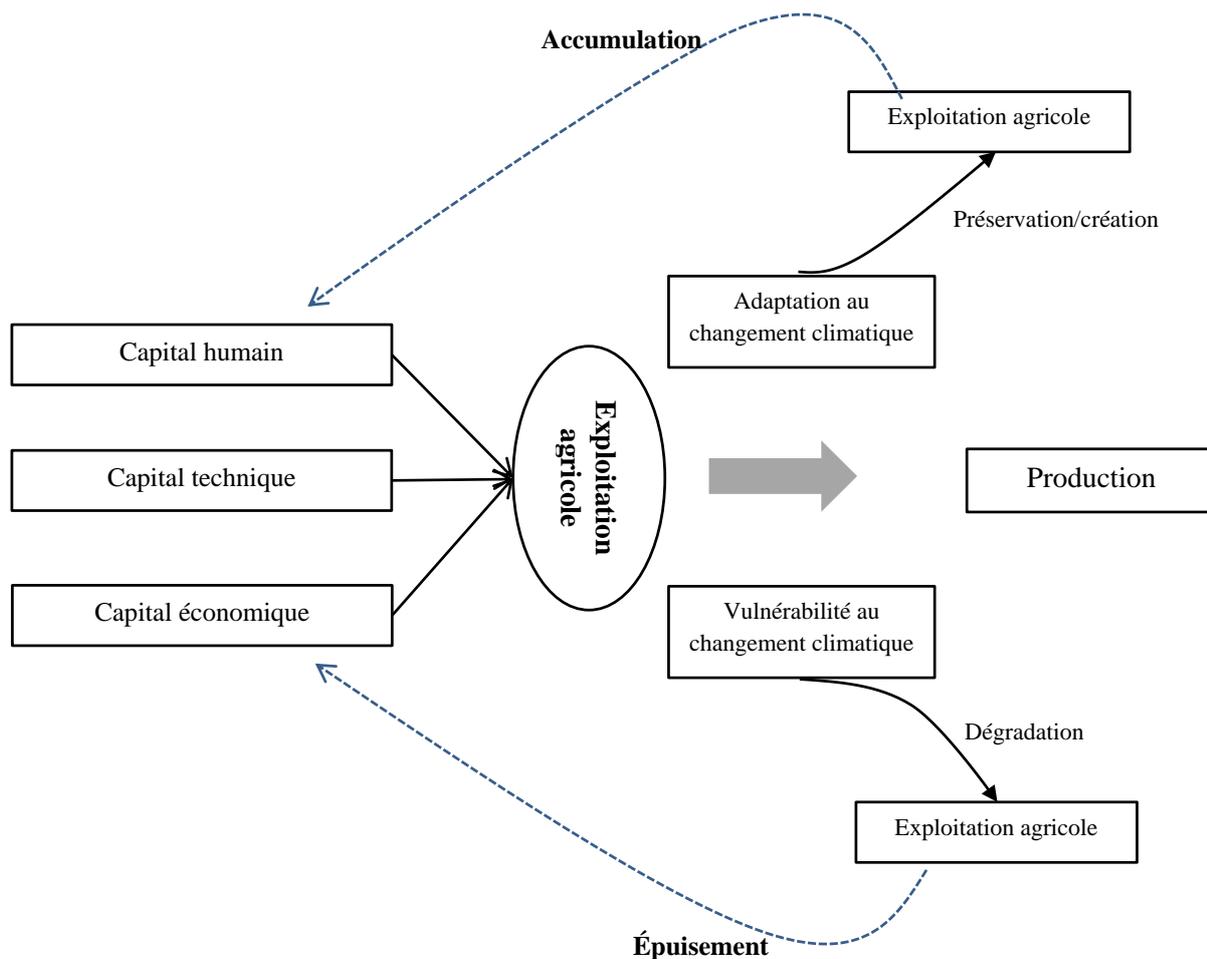


Figure 29: Modèle basé sur les moyens de subsistance d'une exploitation agricole, inspiré du modèle "assets-based" de Pretty et Hine (2000)

Alors que la CA est souvent calculée en termes de disponibilité des ressources, nous avons eu recours au modèle des moyens d'existence (Chambers et Conway, 1992; Scoones, 1998; Ellis, 2000; Dubois et Rousseau, 2008; Ekins *et al.*, 2008) pour évaluer cette capacité en différenciant les variables qui relèvent de la CA liée au capital humain, celles liées au capital économique et celles liées au capital technique. L'évaluation des capitaux humain et économique est appréhendée à l'échelle de l'exploitation tandis que le capital technique est spécifique en fonction des types de culture. Au total la CA globale correspond à la moyenne des différents capitaux.

4.4.2. La CA liée au capital humain des exploitations agricoles

Le capital humain est constitué des connaissances (formation, expériences, etc.), des habiletés et de l'âge des exploitants qui influencent la productivité et la capacité de gestion (Garrabé,

2012; Ducos et Barreau, 2014). Nous avons retenu trois variables : le niveau de formation, l'âge et l'expérience agricole de l'agriculteur. Enfin la variable appartenance aux réseaux agricoles permet de rendre compte du capital social, plus difficile à mesurer (Garrabé, 2012).

4.4.2.1. CA liée au niveau de formation

Le niveau de formation exprime un stock de connaissances et savoir-faire. Les agriculteurs ayant un niveau de formation plus élevé ont plus d'accès aux informations et sont mieux en mesure de faire face aux différents problèmes et notamment ceux causés par le CC. Par contre un faible niveau de formation peut réduire leur capacité à exploiter les informations climatiques et à adopter une technologie améliorée (Tesso, 2013). Le niveau formation facilite également l'accès à certains avantages financiers : par exemple c'est un critère d'attribution des aides à l'installation (dotation jeune agriculteur: DJA) et les prêts bonifiés sont conditionnés par la détention d'un niveau minimal de formation agricole (Agreste, 2016). On considère donc que les agriculteurs avec un niveau de formation élevé ont plus de facilités pour s'adapter aux différentes contraintes. Cette variable formation a été évaluée par trois sous-variables :

- Le niveau de formation initiale qui renseigne sur les connaissances génériques de l'agriculteur,
- Le niveau de formation agricole qui permet de savoir quel est le niveau de connaissance agronomique de l'agriculteur pour gérer son exploitation
- Et le suivi d'une formation professionnelle agricole durant les 5 dernières années pour connaître l'aptitude de l'agriculteur à mettre à jour ses connaissances et à en acquérir de nouvelles.

Le Tableau 18 présente la grille d'évaluation du niveau de formation des agriculteurs. Le niveau de formation le plus élevé exprime une CA très élevée, et inversement. Par exemple, pour la formation initiale on a attribué la valeur de CA la plus élevée (0.875) pour le niveau supérieur à bac+3.

En supposant que les différentes sous variables du niveau de formation ont la même importance dans l'accumulation des connaissances, la CA liée au niveau de formation sera la moyenne des CA liées aux différentes sous-variables du niveau de formation.

Tableau 18: Grille d'évaluation de la CA liée au niveau de formation

| Niveau de formation principale | | | |
|---|-------------|----------------|---------------|
| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
| BEPC, CAP, BEP | 0 – 0.25 | CA très faible | 0.125 |
| BAC | 0.25- 0.5 | CA faible | 0.375 |
| BTS, licence | 0.5 – 0.75 | CA élevée | 0.625 |
| Supérieur à BAC+3 | 0.75 - 1 | CA très élevée | 0.875 |
| Niveau de formation agricole | | | |
| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
| Aucune formation | 0 – 0.25 | CA très faible | 0.125 |
| CAPA, BEPA, ... | 0.25- 0.5 | CA faible | 0.375 |
| BTSA | 0.5 – 0.75 | CA élevée | 0.625 |
| Supérieur à BAC+3 | 0.75 - 1 | CA très élevée | 0.875 |
| Formation agricole durant les 5 dernières années | | | |
| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |

4.4.2.2. CA liée à l'expérience agricole

L'expérience d'un agriculteur améliore sa capacité à se développer et à s'adapter aux variations climatiques. Tesso (2013) a montré que les ménages agricoles ayant de nombreuses années d'expérience se caractérisent par un niveau de vulnérabilité au CC plus faible que ceux ayant très peu d'expérience. L'expérience agricole concerne les connaissances pratiques et le savoir-faire des agriculteurs. Elle permet de connaître les spécificités des parcelles et les caractéristiques de la zone et du climat. En effet, avec l'expérience, les agriculteurs prennent d'avantage conscience des problèmes auxquels est confrontée l'exploitation agricole au cours du temps. Ainsi, une longue expérience permet aux agriculteurs d'élargir leurs horizons de diagnostic, d'améliorer leurs actions en cas de chocs ou de prédire certains changements futurs par exemple l'évolution des précipitations.

Ainsi, dans un contexte du CC l'expérience déjà vécue par un agriculteur dans une situation difficile peut contribuer à ce qu'il perçoive mieux l'avenir, les mesures préventives appropriées et finalement qu'il puisse mieux s'adapter pour réduire sa vulnérabilité. Une longue expérience agricole joue un rôle important dans la vision qu'ont les agriculteurs vis-à-vis des problèmes climatiques parce qu'ils ont accumulé une expérience par rapport aux précédentes crises et aux adaptations possibles, par exemple concernant leurs choix de cultures et leurs pratiques d'entretien des sols et des cultures.

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

Selon la grille d'évaluation de la CA liée à l'expérience agricole (Tableau 19), les agriculteurs avec une longue expérience agricole ont un niveau de CA très élevée : par exemple, les agriculteurs avec 30 ans ou plus d'expérience ont une CA liée à l'expérience agricole égale à 0.875.

Tableau 19: Grille d'évaluation de la CA liée à l'expérience agricole

| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
|-----------------|-------------|----------------|---------------|
| Moins de 10 ans | 0 – 0.25 | CA très faible | 0.125 |
| de 10 à 19 ans | 0.25- 0.5 | CA faible | 0.375 |
| de 20 à 29 ans | 0.5 – 0.75 | CA élevée | 0.625 |
| 30 et plus | 0.75 - 1 | CA très élevée | 0.875 |

4.4.2.3. CA liée à l'âge de l'exploitant

L'âge du chef de l'exploitation est une variable importante pour l'étude de la vulnérabilité aux changements climatiques. D'une part, les personnes âgées sont susceptibles d'être plus vulnérables et nécessitent un traitement spécial tel un soutien financier, des soins ou une aide aux activités (Cutter *et al.*, 2003) ce qui pourrait avoir un impact négatif sur la productivité de leur travail ; d'autre part, les chefs d'exploitations âgés sont moins intéressés par les investissements et la diversification de leurs activités. De plus, l'âge pourrait limiter l'accès à certains aides financières et crédits. On considère donc que les jeunes agriculteurs ont une CA plus élevée que les agriculteurs âgés.

Le Tableau 20 présente la grille d'évaluation de CA liée à l'âge de l'exploitant. On a attribué :

- Aux jeunes agriculteurs (inférieur à 40 ans) le niveau CA liée à l'âge d'exploitant le plus élevé (0.875),
- Aux agriculteurs âgés entre 40 et 49 ans un niveau élevé (0.625),
- Aux agriculteurs âgés entre 50 et 59 ans un niveau faible (0.375)
- Et pour les agriculteurs âgés plus de 60 ans le niveau de CA le plus faible (0.125).

Tableau 20: Grille d'évaluation de la CA liée à l'âge de l'exploitant

| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
|-----------------|-------------|----------------|---------------|
| 60 et plus | 0 – 0.25 | CA très faible | 0.125 |
| de 50 à 59 ans | 0.25- 0.5 | CA faible | 0.375 |
| de 40 à 49 ans | 0.5 – 0.75 | CA élevée | 0.625 |
| Moins de 40 ans | 0.75 - 1 | CA très élevée | 0.875 |

4.4.2.4. CA lié au réseau agricole

On désigne par réseau agricole l'ensemble des liens formels et informels entre les agriculteurs et les différents opérateurs agricoles (par exemple les organisations professionnelles agricoles, conseillers agricoles, association de développement agricole, etc.). Le réseau agricole constitue une plateforme d'échange et une source d'information importante pour les agriculteurs. Dans ce contexte, les agriculteurs font recours à différents opérateurs agricoles afin d'avoir des conseils et des recommandations à propos leurs problèmes rencontrés dans leur exploitation agricole.

Grâce au réseau agricole les agriculteurs connaissent les enjeux agricoles actuels et d'avenir et acquièrent des connaissances importantes qui facilitent la mise en œuvre des actions d'adaptation. Ce réseau offre la possibilité de confronter les réflexions des agriculteurs et des autres acteurs agricoles et de partager leurs expertises. En effet, l'implication des agriculteurs dans un réseau agricole *via* l'échange avec les différents opérateurs agricoles pourrait les aider à s'adapter aux différents types de problèmes notamment ceux liés au CC. Ces échanges permettent d'accroître et de renforcer les compétences des agriculteurs en développant chez eux une réflexivité sur leurs pratiques à l'échelle de l'exploitation.

Dans cette recherche on a considéré le réseau agricole comme une variable importante de la CA liée au capital humain, car il permet la diffusion des informations climatiques et de certaines pratiques d'adaptation à moindre coût. Pour évaluer cette variable on a essayé de savoir à quel point l'agriculteur est en situation d'échange avec les différents opérateurs agricoles, à travers les sous-variables suivantes :

- La participation à des évènements agricoles,
- L'adhésion à des organisations professionnelles agricoles (OPA),
- Le recours au conseil agricole
- Et la recherche d'information sur les impacts du CC.

La grille d'évaluation de la CA liée au réseau agricole (Tableau 21) est basée sur le principe que les agriculteurs avec un niveau d'échange très élevé avec les autres opérateurs agricoles ont un niveau de CA liée au réseau agricole très élevé. En considérant que l'ensemble des sous-variables ont la même importance dans le réseau agricole, la CA liée au réseau agricole d'un agriculteur est la moyenne de différentes valeurs obtenues pour chaque sous-variable.

Tableau 21: Grille d'évaluation de la CA liée au réseau agricole

| Participation à des événements agricoles | | | |
|--|-------------|-------------|---------------|
| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.33 | CA faible | 0.165 |
| de temps en temps | 0.33- 0.66 | CA moyenne | 0.495 |
| très souvent | 0.66 – 1 | CA élevée | 0.83 |
| Adhésion à des organisations professionnelles agricoles (OPA) | | | |
| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
| 0 | 0 – 0.33 | CA faible | 0.165 |
| 1 | 0.33- 0.66 | CA moyenne | 0.495 |
| 2 et plus | 0.66 – 1 | CA élevée | 0.625 |
| Recours aux conseillers agricoles | | | |
| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |
| Recherche de l'information sur les impacts du CC | | | |
| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |

4.4.3. La CA liée au capital économique des exploitations agricoles

Sachant que le capital économique désigne l'ensemble des ressources économiques d'une entreprise, la CA liée au capital économique permet de rendre compte des ressources, stratégies et décisions permettant de garantir et d'améliorer le revenu agricole. Cette CA est appréhendée à partir de cinq variables, le mode de commercialisation de la production, la part du revenu extra-agricole, le statut juridique de l'exploitation, le statut foncier de la terre et l'existence d'une assurance pour la récolte.

4.4.3.1. CA liée à la commercialisation

Une meilleure valorisation de la production favorise la durabilité de l'exploitation agricole en garantissant des retombées économiques, et encourage l'agriculteur à bien gérer et à améliorer le fonctionnement de son exploitation. L'accès à des marchés profitables permettant une meilleure commercialisation des produits agricoles représentent un défi important pour les exploitations agricoles. Une bonne valorisation de la production aide l'agriculteur à s'adapter à différentes contraintes notamment économiques. Nous considérons le niveau de valorisation des produits agricoles comme un déterminant principal de l'adaptation aux chocs économiques de façon large, dont certains peuvent être induits par les variations climatiques. Nous faisons l'hypothèse que ce niveau de valorisation des produits agricoles varie en fonction des circuits de distribution et des labélisations choisies par les agriculteurs. Dans ce

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

contexte, on considère que les exploitations avec une meilleure valorisation de la production ont un niveau de CA liée à la commercialisation plus élevée que les autres.

La labélisation constitue une démarche de valorisation d'un produit agricole et apporte des garanties spécifiques au consommateur en suivant un cahier des charges bien défini contrôlé par un organisme tiers et indépendant. Elle amène des avantages importants en termes d'environnement et de santé des agriculteurs et des consommateurs, et elle pourrait être un vecteur d'adaptation aux effets du CC. La recherche de la qualité des produits dans un objectif sanitaire ou de protection de l'environnement est considérée comme une forme d'adaptation à la contrainte climatique (Owen, 2020). Par exemple, d'après plusieurs auteurs (Borron, 2006; Scialabba et Müller-Lindenlauf, 2010), l'agriculture biologique contribue positivement à l'adaptation des territoires au CC. Pour cette sous-variable, le niveau de CA dépend du label de la production sur le marché.

De plus, les agriculteurs choisissent leurs circuits de distribution pour valoriser au mieux leurs productions et assurer une durabilité économique de leur exploitation. Chaque type de distribution présente des avantages et des inconvénients. D'une part, il y a des circuits de distribution qui permettent de préserver un taux de marge, mais qui nécessitent des investissements lourds (entrepôts, stocks, personnel, etc.) comme l'exportation ; d'autre part, il y a des circuits de distribution qui dégradent la marge du producteur mais permettent d'écouler un volume de production important comme la vente aux coopératives.

Par ailleurs, la relocalisation des circuits de distribution et la recherche d'une meilleure autonomie territoriale constituent des formes d'adaptation de l'agriculture d'un territoire dans un contexte de CC (Maréchal *et al.*, 2018). L'émergence récente des Programmes Alimentaires Territoriaux qui favorisent la qualité des produits et des circuits courts (PAT) exprime concrètement cette adaptation territoriale de l'agriculture à la contrainte climatique (Maréchal *et al.*, 2018).

Compte tenu de ces hypothèses (Tableau 22), la production sans label a un niveau très faible de CA liée à la labélisation alors que la production biologique a le niveau de capacité le plus élevé par rapport à cette sous-variable. Dans l'évaluation de la CA liée au circuit de distribution on considère que les circuits avec des retombées économiques importantes présentent une CA très élevée par rapport à cette sous-variable. Il s'agit de :

- La vente directe (circuit court) qui contribue à une reterritorialisation de l'agriculture. L'agriculteur a la possibilité de mieux gérer le prix de vente d'une part, grâce à un

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

contrôle direct de la distribution et un contact direct avec les consommateurs et d'autre part, en réalisant d'économies sur les coûts des autres segments de la chaîne (transports, conditionnement).

- Ensuite, nous avons choisi de retenir l'exportation parmi les circuits longs, car elle permet de générer plusieurs avantages économiques à savoir l'augmentation du chiffre d'affaires en prospectant de nouveaux marchés étrangers et l'augmentation de la rentabilité grâce aux économies d'échelle. Aussi, pour ce circuit l'agriculteur doit avoir les ressources nécessaires pour être compétitifs (Owen, 2020).

Pour ces deux circuits de distribution on a attribué un niveau de CA élevé. Le circuit de distribution par les coopératives vient en deuxième position, car dans ce cas, les agriculteurs vendent leurs productions aux coopératives, qui par la suite, vont les stocker et les vendre. Les coopératives essaient toujours de vendre les produits agricoles au prix optimal afin de favoriser la rentabilité des exploitations adhérentes que ce soit en les vendant simplement ou en les valorisant via la transformation ou grâce à des opérations de promotion. Enfin, on trouve le circuit long (hors exportation) avec un niveau de CA faible. Ce mode de distribution comprend au minimum quatre niveaux indépendants ou, autrement dit, avec au moins deux intermédiaires entre le producteur et le consommateur ce qui augmente les coûts de transaction (Owen, 2020). Les intermédiaires peuvent influencer le prix en raison de leur position de force dans la négociation.

Tableau 22: Grille d'évaluation de la CA liée à la commercialisation

| Labélisation | | | |
|---------------------------------|-------------|----------------|---------------|
| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
| Sans labélisation | 0 – 0.25 | CA très faible | 0.125 |
| IGP | 0.25–0.5 | CA faible | 0.375 |
| AOP/AOC | 0.5 – 0.75 | CA élevée | 0.625 |
| Bio | 0.75 – 1 | CA très élevée | 0.875 |
| Circuits de distribution | | | |
| Classes | Intervalles | Description | CA normalisée |
| Circuit long | 0 – 0.33 | CA faible | 0.165 |
| Vente pour les coopératives | 0.33 – 0.66 | CA moyenne | 0.495 |
| Vente directe ou exportation | 0.66 – 0.75 | CA élevée | 0.83 |

Pour déterminer la CA liée à chaque sous-variable, il faut déterminer pour chaque exploitation la part de la production dans chaque label et circuit de distribution. Pour une exploitation i les deux sous-variables de la commercialisation se calculent de la façon suivante :

$$\begin{aligned} & CA(\text{labélisation})_i \\ &= \%Prd.\text{ sans labélisation} * 0.125 + \%Prd.\text{ IGP} * 0.375 \\ &+ \%Prd.\text{ AOC}\backslash\text{AOP} * 0.625 + \%Prd.\text{ bio} * 0.875 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & CA(\text{circuits de distribution})_i \\ &= \%Prd.\text{ circuit long} * 0.165 + \%Prd.\text{ vente pour les coopératives} \\ &* 0.495 + \%Prd.\text{ vente directe ou exportation} * 0.83 \end{aligned}$$

Avec %Prd qui est le pourcentage de la production

En supposant que la labélisation et le circuit de distribution influencent de la même façon la commercialisation de la production, la CA liée à la commercialisation est donc la moyenne de CA liée à ces deux sous-variables.

4.4.3.2. CA lié au revenu extra-agricole

Le revenu extra-agricole constitue une source de revenu importante et un facteur déterminant du bien-être des agriculteurs qui peuvent avoir des sources alternatives du revenu, pour être moins vulnérables aux enjeux agricoles (subvention, travail du conjoint, autres activités etc.) et réduire la variabilité de leurs revenus. Jetté-Nantel *et al.* (2011), Butault *et al.* (2005) et Mishra et Sandretto (2002) ont montré qu'il existe des interactions considérables entre le revenu extra-agricole et la stabilisation du revenu agricole. Dans leurs travaux, les auteurs ont conclu que le revenu extra-agricole a joué un rôle important pour réduire la variabilité du revenu total et a contribué à amener le revenu des ménages agricole à un niveau comparable à celui des ménages non agricoles et a concouru à la diminution des risques associés à la variabilité ou à la faiblesse du revenu agricole.

Le revenu extra-agricole peut donc renforcer le potentiel de l'agriculteur à gérer les crises. Dans un contexte de CC, il peut compenser pour partie la perte de la productivité causée par la variation de la température et de la pluviométrie. Le développement de revenus extra-agricoles constitue pour certaines entreprises une stratégie d'adaptation aux différents risques, notamment ceux climatiques, auxquels l'agriculteur doit faire face. Notons que les agriculteurs avec plusieurs sources du revenu extra-agricole ont une CA très élevée.

Le Tableau 23 présente la grille d'évaluation de la CA liée au revenu extra-agricole. Elle a été évaluée par trois sous-variables. D'abord, on trouve la subvention comme outil principal de soutien financier des agriculteurs. Pour cette sous-variable on suppose que l'agriculteur doit avoir un minimum de soutien financier sans en être trop dépendant financièrement. On a

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

attribué un niveau faible de CA lorsque la subvention représente moins de 10% du chiffre d'affaires, un niveau moyen quant elle est supérieure à 20% et un niveau élevé entre 10% et 20% du chiffre d'affaires. La deuxième sous-variable est le travail du conjoint qui permet de garantir un minimum de bien-être des ménages agricoles. On a attribué une CA élevée aux agriculteurs dont les conjoints travaillent à temps complet en dehors de l'exploitation et une CA moyenne pour ceux dont les conjoints travaillent à temps partiel en dehors de l'exploitation. Les agriculteurs dont les conjoints ne travaillent pas ont une faible CA. Enfin, l'existence d'autres sources de revenus (immobilier, location des terres ou des matériels, etc.) constitue la troisième sous-variable : les agriculteurs avec d'autres sources de revenus ont une CA élevée pour cette sous-variable et inversement.

Tableau 23: Grille d'évaluation de la CA liée au revenu extra-agricole

| Subvention | | | |
|---------------------------------|------------|-------------|---------------|
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| <10% du CA | 0 – 0.33 | CA faible | 0.165 |
| supérieur à 20% du CA | 0.33- 0.66 | CA moyenne | 0.495 |
| entre 10 et 20% du CA | 0.66 – 1 | CA élevée | 0.83 |
| Travail du conjoint | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.33 | CA faible | 0.165 |
| En temps partiel | 0.33- 0.66 | CA moyenne | 0.495 |
| en temps complet | 0.66 – 1 | CA élevée | 0.83 |
| Autres sources du revenu | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |

En supposant que toutes les sous-variables ont la même importance dans le développement du revenu extra-agricole, la CA liée au revenu extra agricole est la moyenne des CA liées aux différentes sous-variables.

4.4.3.3. CA liée au statut juridique

Le statut juridique des entreprises agricoles définit le caractère légal de l'exploitation. Les formes juridiques les plus courantes sont l'exploitation individuelle et les formes sociétaires (GAEC, EARL, etc.). Le choix du statut juridique de l'exploitation agricole fait partie des décisions stratégiques importantes. Il détermine également la répartition des responsabilités, les rapports avec les tiers mais aussi les risques encourus. Chaque forme a des avantages et des limites. Pour les exploitations individuelles l'exploitant a la responsabilité financière totale et les patrimoines professionnels et privés sont confondus. Les sociétés ont l'avantage de

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

protéger le patrimoine personnel en le séparant du patrimoine professionnel. Elles permettent aussi l'amélioration des conditions d'exploitation en regroupant des moyens matériels, financiers et humains. Ces formes juridiques permettent la création d'exploitations de moyennes ou de grandes dimensions. La forme sociétaire est basée sur le principe de partage des risques entre les différents associés (Agreste, 2014).

Sur la base du partage des risques, le statut juridique a été considéré comme une variable de CA, de sorte que les exploitations agricoles avec un statut juridique qui partage les risques ont une CA plus élevée.

Selon le Tableau 24 les exploitations avec un statut juridique sociétaire (EARL/GFA/SCEA) ont une CA élevée et les exploitations sous forme de GAEC (forme sociétaire avec un caractère familial) ont une CA moyenne alors que les exploitations individuelles ont une faible CA.

Tableau 24: Grille d'évaluation CA liée au statut juridique

| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
|---------------|------------|-------------|---------------|
| Individuel | 0 – 0.33 | CA faible | 0.165 |
| GAEC | 0.33- 0.66 | CA moyenne | 0.495 |
| EARL/GFA/SCEA | 0.66 – 1 | CA élevée | 0.83 |

4.4.3.4. CA liée au statut foncier

La terre est un support incontournable de toute activité agricole. Le foncier agricole constitue un capital important pour une exploitation agricole à la fois en tant que capital naturel mais aussi en tant que capital économique. La surface agricole peut être en: (i) faire valoir direct (FVD) lorsque l'exploitant est propriétaire ou a un statut équivalent (Razafimahatratra *et al.*, 2017); ou (ii) en faire valoir indirect (FVI) lorsque les terres lui ont été confiées par un autre propriétaire en contrepartie d'un partage en nature des produits de la récolte (métayage), ou moyennant une location monétaire (fermage) (Andriamanalina *et al.*, 2013). Ces différents modes d'accès à la terre déterminent les usages qui peuvent être faits de la terre agricole et constituent soit une contrainte soit un atout pour la production agricole.

Dans le cas où l'exploitant est propriétaire de la terre (FVD), il a la responsabilité totale de la gestion de son patrimoine en choisissant les types des investissements. Ce mode d'accès à la terre constitue une opportunité. Par exemple, le propriétaire est en mesure de réaliser des investissements à long terme (cultures pérennes, bâtiments, etc.).

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

Dans l'autre cas où l'exploitant est en fermage ou en métayage (FVI), ce mode d'accès peut constituer une contrainte pour la production agricole en limitant les choix des investissements de l'exploitant. Il peut aussi avoir des effets négatifs sur l'environnement. En effet, les contrats de courte durée peuvent pousser le preneur à un usage minier des sols (réduire les amendements organiques du sol, éviter la rotation des cultures) en appliquant un système de culture intensif dans une logique de rentabilité à court terme.

Dans cette étude, le statut foncier a été considéré comme une variable d'adaptation au CC pour deux raisons. D'une part, il constitue un capital financier dans le cas du FVD, par exemple en cas de crise causée par des variations climatiques, l'agriculteur pourrait vendre ou louer une partie de sa terre afin de surmonter cette situation. D'autre part, le mode d'acquisition de la terre a une influence sur le comportement de l'agriculteur à l'échelle de parcelle (choix de culture, travail de sol, etc.). En tant que locataire on a intérêt à tirer le maximum de profit en surexploitant les ressources naturelles et en adoptant un système de production intensif. Ce comportement limite les actions d'adaptation de l'agriculteur.

Le Tableau 25 présente la grille d'évaluation de la CA liée au statut foncier. La variable statut foncier a été évalué de façon que les agriculteurs propriétaires de la majorité de leurs terres agricoles aient une CA très élevée et inversement.

Tableau 25: Grille d'évaluation de la CA liée au statut foncier

| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
|-------------|------------|----------------|---------------|
| FVI>80% | 0 – 0.25 | CA très faible | 0.125 |
| 40%<FVI<80% | 0.25- 0.5 | CA faible | 0.375 |
| 10%<FVI<40% | 0.5 – 0.75 | CA élevée | 0.625 |
| FVI < 10% | 0.75 - 1 | CA très élevée | 0.875 |

4.4.3.5. CA liée à l'assurance récolte

L'agriculture constitue l'un des secteurs les plus directement menacés par le CC. Les agriculteurs doivent faire face aux variations climatiques qui peuvent avoir des conséquences sur la viabilité de leurs exploitations. La souscription à un contrat d'assurance contre les risques climatiques constitue un instrument pertinent de gestion des risques climatiques *a posteriori*. L'assurance récolte peut protéger les agriculteurs en couvrant les pertes dues à des phénomènes climatiques défavorables (Smit et Skinner, 2002; Howden *et al.*, 2003; Owen, 2020). Elle peut contribuer à maintenir le niveau de revenu des exploitants et leur permettre de poursuivre leurs activités agricoles. Donc, les exploitations avec un contrat d'assurance contre les risques climatiques ont une CA liée à cette variable élevée. Ainsi (Tableau 26) on a

attribué un niveau faible de CA aux agriculteurs qui n'ont pas d'assurance récolte et une CA moyenne pour ceux qui ont souscrit une assurance qui couvre un seul aléa (mono-risque), alors que les agriculteurs avec une assurance qui couvre plusieurs aléas climatique (multirisques) ont un niveau élevé de CA.

Tableau 26: Grille d'évaluation de la CA liée à l'assurance récolte

| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
|------------------------|------------|-------------|---------------|
| Pas d'assurance | 0 – 0.33 | CA faible | 0.165 |
| Assurance mono-risque | 0.33- 0.66 | CA moyenne | 0.495 |
| Assurance multirisques | 0.66 – 1 | CA élevée | 0.83 |

4.4.4. La CA liée au capital technique des exploitations agricoles

Le capital technique est appréhendé ici seulement sur la base des pratiques culturales et des installations à partir de quatre variables : l'irrigation, les infrastructures agro-écologiques, le mode de gestion du sol et le mode de gestion des cultures.

4.4.4.1. CA liée à l'irrigation

L'eau est le principal vecteur par lequel le CC impacte les écosystèmes. Le stress hydrique est considéré parmi les principaux impacts climatiques pour l'agriculture (Vogel et Meyer, 2018). Il influence la croissance végétative et la production (quantité et qualité) selon le stade où il intervient et son niveau d'intensité. La gestion de la sécheresse en agriculture nécessite de concevoir des systèmes d'irrigation plus économes en eau et de développer de petits aménagements hydrauliques à l'échelle de l'exploitation. L'irrigation permet de surmonter le problème du stress hydrique. Elle varie selon l'objectif de production, l'année et le type de sol. Pour un objectif de production donné, la culture doit suivre un itinéraire hydrique équilibré en suivant de références techniques approuvées, ou en se basant sur une expérience acquise sur l'exploitation. Une irrigation menée à bon escient aura pour effet la stabilisation des rendements et la conservation d'un fort potentiel qualitatif (Smith, 2004; Boutin et Payan, 2012). De plus, l'irrigation encourage les agriculteurs à investir et à diversifier leurs productions. Les agriculteurs qui n'irriguent pas leurs parcelles, sont souvent plus vulnérables ou plus susceptibles de subir de chocs que ceux qui n'ont pas de problème d'accès à l'eau. Assurer un accès fiable à l'eau, est donc une priorité pour garantir la productivité de l'exploitation agricole. L'irrigation est une variable importante de la CA, elle est nécessaire pour renforcer l'adaptation des exploitations agricoles à la variabilité climatique accrue. Elle a été évaluée de sorte que les agriculteurs qui ont plus de surfaces irriguées et qui utilisent des

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

techniques d'économie d'eau ont un niveau de CA très élevé (Tableau 27). Ainsi on a attribué un niveau de CA très faible pour les surfaces en sec, un niveau faible pour les surfaces irrigables (surfaces susceptibles d'être irriguées), un niveau élevé pour les surfaces irriguées sans techniques d'économie d'eau et un niveau très élevé pour les surfaces irriguées avec techniques d'économie d'eau.

Tableau 27: Grille d'évaluation de la CA liée à l'irrigation

| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
|--|------------|----------------|---------------|
| Surface en sec | 0 – 0.25 | CA très faible | 0.125 |
| surface irrigable | 0.25- 0.5 | CA faible | 0.375 |
| Surface irriguée sans technique d'économie d'eau | 0.5 – 0.75 | CA élevée | 0.625 |
| Surface irriguée avec technique d'économie d'eau | 0.75 - 1 | CA très élevée | 0.875 |

Pour calculer la CA liée à cette variable il faut déterminer la surface de chaque classe. Pour une exploitation i , elle est égale à :

$$\begin{aligned} CA(irrigation)_i &= \frac{\text{surface en sec}}{\text{surface totale}} * 0.125 + \frac{\text{surface irrigable}}{\text{surface totale}} * 0.375 \\ &+ \frac{\text{Surface irriguée sans technique d'économie d'eau}}{\text{surface totale}} * 0.625 \\ &+ \frac{\text{Surface irriguée avec technique d'économie d'eau}}{\text{surface totale}} * 0.875 \end{aligned}$$

4.4.4.2. CA liée aux infrastructures agro-écologiques

Les infrastructures agro-écologiques (IAE) sont des milieux semi-naturels à proximité des parcelles cultivées qui ne reçoivent ni engrais, ni pesticides. Elles font partie de l'exploitation agricole et sont gérées de manière extensive par les agriculteurs à des fins de services pour les cultures et pour l'environnement. Elles désignent des formations arborés linaires ou surfaciques (haies, bosquets, arbres, agroforesterie, ...), des surfaces herbacées (prairies extensives, surfaces en couvert environnemental, ...), des surfaces cultivées (jachères à caractère environnemental, bandes culturales extensives...), des surfaces rudérales (murets, terrasses, chemins enherbés), et des zones humides (mares, sources, fossés humides) (Pointereau *et al.*, 2007). Les IAE contribuent à la durabilité des agroécosystèmes à travers divers processus écologiques et services écosystémiques tels que la fixation biologique de l'azote, la lutte biologique, la conservation des sols et des eaux, la conservation de la biodiversité et la séquestration du carbone (Wezel *et al.*, 2014). À proximité des cultures elles

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

permettent aussi d'améliorer la fertilité des sols et de réduire l'usage de certains intrants. Elles réduisent aussi l'érosion et le ruissellement et peuvent créer des microclimats favorables aux cultures.

Les IAE ont été considérées comme une variable de la CA et on a attribué un niveau de CA élevé pour les exploitations ayant des IAE et un niveau faible pour celles sans IAE (Tableau 28).

Tableau 28: Grille d'évaluation de la CA liée aux infrastructures agro-écologiques

| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
|---------|------------|-------------|---------------|
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |

4.4.4.3. CA liée à la gestion du sol

Avec des sécheresses plus prononcées, les cultures souffriront des conséquences du CC. L'usage du sol est aujourd'hui considéré comme un levier important dans la lutte contre le CC. Le sol peut contribuer à l'adaptation au CC car il a la capacité de stocker et de restituer l'eau aux plantes (Chenu et Chevallier, 2015). Le maintien de cette capacité, notamment via une gestion durable du sol, est primordial pour les cultures et permet de réduire le recours à l'irrigation, dans un contexte où l'accès à l'eau d'irrigation est difficile. Le sol peut aussi jouer un rôle important dans l'atténuation du CC en tant que puit de carbone (Chenu et Chevallier, 2015; ADEME, 2016). Enfin il constitue un réservoir de biodiversité qui joue un rôle important dans sa fertilité. En dégradant le sol par des pratiques irresponsables ou par l'absence de mesures convenables d'amélioration, l'agriculteur met en péril l'équilibre de son exploitation agricole. Ce comportement peut entraîner une érosion hydrique excessive, l'épuisement des matières organiques du sol, le compactage et la détérioration de la structure. Le sol doit être protégé et considéré comme une ressource naturelle indispensable à la durabilité de l'exploitation agricole.

La gestion du sol s'effectue à travers l'ensemble des mesures prises par l'agriculteur pour améliorer et maintenir la productivité du sol. L'adoption et la bonne planification de certaines mesures agricoles appropriées offrent la possibilité de restaurer le sol ce qui permet d'assurer un rendement et une qualité élevés de la production et réduit l'impact négatif des cultures sur l'environnement. Les agriculteurs peuvent contribuer à cet enjeu en diminuant les pertes de matière organique, grâce à un travail réduit du sol, au maintien d'une couverture végétale, à l'incorporation de matières organiques exogènes (pailles, fumiers, composts), à la rotation des

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

cultures, etc. Ces mesures varient d'une culture à une autre, le Tableau 29 présente quelques mesures pour les cultures annuelles et pérennes.

Tableau 29: Mesures de gestion du sol selon les cultures

| | Cultures annuelles | Cultures pérennes |
|----------------|---|---------------------------------|
| Gestion du sol | Travail du sol | |
| | Amendement du sol | |
| | Durée de rotation des cultures | Couverture du sol (enherbement) |
| | Intégration des friches dans la rotation | |
| | Intégration des légumineuses dans la rotation | |

La gestion du sol peut constituer une solution d'adaptation au CC. Une gestion responsable des sols par des mesures agricoles appropriées permet d'améliorer la CA des exploitations agricoles aux impacts du CC.

4.4.4.3.1. CA liée au travail du sol

Passer d'un travail du sol conventionnel à un travail du sol réduit ou à l'absence de travail du sol (semis direct) contribue à réduire la consommation d'énergie, à réduire l'érosion éolienne et hydrique, à réduire le compactage du sol, à accroître l'activité biologique du sol, à conserver la matière organique du sol et à piéger le carbone (la séquestration du carbone) (Arrouays, 2008; Wezel *et al.*, 2014; Chenu et Chevallier, 2015; ADEME, 2016). Le travail du sol réduit reste avantageux malgré ses inconvénients à savoir notamment la difficulté à lutter efficacement contre les mauvaises herbes et le risque d'impacts négatifs sur l'environnement lorsque de grandes quantités d'herbicides sont utilisées. En effet, plusieurs études montrent une augmentation des teneurs en matière organique des couches les plus superficielles du sol pour les parcelles où le travail du sol est réduit par rapport aux parcelles avec un travail du sol conventionnel (labour profond) (Arrouays, 2008; Wezel *et al.*, 2014; Chenu et Chevallier, 2015; ADEME, 2016). La CA liée au travail du sol augmente donc avec la réduction du travail du sol. Pour l'évaluation de cette CA, on a identifié quatre principales techniques.

- Labour profond avec retournement : c'est une opération de travail du sol profond avec retournement du sol et mélange de ses horizons. Les labours peuvent être supérieurs à 30 cm de profondeur. Ce travail a le désavantage d'exposer la couche superficielle du sol nécessaire aux cultures (la couche arable) à la pluie et au vent, ce qui favorise parfois l'érosion de celle-ci. On a attribué un niveau de CA très faible à cette technique.

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

- Le pseudo-labour se pratique à une profondeur comprise entre 20 et 30 cm. L'absence de retournement induit quelques débris végétaux en surface non enfouis. On a attribué un niveau de CA faible à cette technique.
- Le travail superficiel correspond à une perturbation minimale du sol sans inversion du sol (contrairement au labour). Le sol n'est travaillé qu'à une profondeur inférieure à 20 cm. Cette technique permet de conserver la matière organique et protège le sol contre l'érosion. Elle traduit un niveau élevé de CA.
- Aucun travail du sol : par exemple le semis direct, est une technique qui perturbe encore moins le sol, car le semoir enfonce moins profondément les semences et on n'effectue aucun labour du sol entre les rangs de semis. Cette technique exprime un niveau de CA liée au travail du sol très élevé.

4.4.4.3.2. CA liée à la couverture du sol (*enherbement*)

La protection du sol est essentielle contre les agressions du climat et l'érosion. L'enherbement consiste à planter, à maintenir et à entretenir un couvert végétal entre les rangs de cultures. Cette pratique a plusieurs avantages, elle constitue une alternative au désherbage chimique et au travail du sol, elle permet de renforcer la biodiversité, de protéger le sol en minimisant les effets de l'érosion et en améliorant sa qualité, et de garder une certaine humidité du sol afin de protéger les cultures contre l'augmentation de la température (Trioli *et al.*, 2009). Dans plusieurs travaux sur l'adaptation de l'agriculture aux changements climatiques (Trioli *et al.*, 2009; Soussana, 2013; Ollat et Touzard, 2014; Quénol, 2014), l'enherbement est considéré comme une technique indispensable pour s'adapter. On a évalué cette sous-variable en attribuant une CA faible pour les cultures pérennes sans enherbement, une CA moyenne pour les cultures pérennes où l'enherbement est temporaire et une CA élevée pour les cultures pérennes avec un enherbement permanent.

4.4.4.3.3. CA liée à l'amendement du sol

La matière organique est nécessaire pour maintenir une bonne structure du sol et améliorer sa capacité de rétention de l'eau. Une bonne gestion du sol exige l'incorporation de matières organiques exogènes (pailles, fumiers, composts) qui permet d'augmenter les stocks de matière organique du sol (Roussel *et al.*, 2001). Pour cette sous-variable, les exploitations qui font de l'amendement du sol ont une CA élevée et inversement.

4.4.4.3.4. CA liée à la rotation des cultures

La rotation des cultures est basée sur l'organisation de la succession ordonnée et répétée des cultures sur une même parcelle. Cette rotation préserve la structure du sol et sa teneur en matières organiques, tout en réduisant les dommages causés par les agents pathogènes et les maladies ainsi que la baisse de la qualité de la production (Lupwayi *et al.*, 1999). Une rotation diversifiée permet de développer des systèmes plus résistants, et facilite ainsi la réduction des intrants. Cette diversification s'accompagne en effet d'un allongement de la rotation qui permet de rompre le cycle des ravageurs. Plus la rotation des cultures est longue plus ses avantages sont importants (Lupwayi *et al.*, 1999). Pour cette sous-variables on considère que la CA augmente avec l'augmentation de la durée de rotation avec le niveau d'adaptation le plus faible pour les exploitations sans rotation.

4.4.4.3.5. CA liée à l'intégration des jachères dans la rotation

La jachère est définie comme "*l'état de la terre d'une parcelle entre la récolte d'une culture et le moment de la mise en place de la culture suivante*" (Sébillotte, 1977). L'intégration de la jachère dans la rotation (quelques mois à quelques années) à la suite d'une période plus ou moins longue de culture est importante dans la protection de l'environnement et le maintien de la production. La jachère joue plusieurs rôles, elle est considérée comme une méthode de restauration de la fertilité du sol après quelques années de culture, comme un outil de lutte contre les adventices de cultures et comme une réserve de biodiversité (Sebillotte *et al.*, 1993). Dans l'évaluation de la CA liée à l'intégration des jachères dans la rotation des cultures on a attribué une CA élevée pour les exploitations qui intègrent les jachères dans la rotation et une faible CA pour celles qui ne les intègrent pas.

4.4.4.3.6. CA liée à l'intégration des légumineuses dans la rotation

L'intégration des légumineuses dans la rotation des cultures présente de nombreux avantages. Les légumineuses sont capables de capter l'azote atmosphérique pour enrichir le sol en azote, ce qui facilite la réduction de la fertilisation. La présence de légumineuses au sein de la rotation réduit la pression phytosanitaire en apportant de la diversité végétale dans les systèmes de cultures et en facilitant la gestion des parasites. Leur présence au sein d'une rotation permet de réduire les charges liées aux intrants, tout en étant positive sur le rendement de la culture suivante. Ces multiples intérêts font aujourd'hui consensus (Schneider et Huyghe, 2015). On a évalué cette sous-variable de façon que les exploitations

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

qui intègrent les légumineuses aient une CA élevée et que celles qui ne les intègrent une faible CA.

4.4.4.3.7. Récapitulatif de la CA liée à la gestion du sol

L'ensemble de ces mesures permettent de restaurer et conserver le sol et rendront l'exploitation agricole plus résistante aux chocs climatiques. Le Tableau 30 présente la grille d'évaluation de la CA liée à la gestion du sol. En considérant que ces mesures ont tous la même importance dans la gestion du sol, pour chaque culture, la CA liée à la gestion du sol est la moyenne des CA liées aux différentes sous-variables.

Tableau 30: Grille d'évaluation de la CA liée à la gestion du sol

| Couverture du sol | | | |
|---|------------|----------------|---------------|
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| pas de couverture du sol | 0 – 0.33 | CA faible | 0.165 |
| couverture du sol temporaire | 0.33- 0.66 | CA moyenne | 0.495 |
| couverture permanente | 0.66 – 1 | CA élevée | 0.83 |
| Travail du sol | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| labour profond avec retournement | 0 – 0.25 | CA très faible | 0.125 |
| pseudo labour | 0.25- 0.5 | CA faible | 0.375 |
| travail du sol superficiel | 0.5 – 0.75 | CA élevée | 0.625 |
| zéro travail du sol | 0.75 - 1 | CA très élevée | 0.875 |
| Amendement du sol | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |
| Durée de rotation des cultures | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| sans rotation | 0 – 0.33 | CA faible | 0.165 |
| 2 (biennale) ou 3 ans (triennale) | 0.33- 0.66 | CA moyenne | 0.495 |
| supérieure à 3 ans | 0.66 – 1 | CA élevée | 0.83 |
| Intégration des friches dans la rotation | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |
| Intégration des légumineuses dans la rotation | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |

La CA liée à la gestion du sol de l'exploitation agricole est exprimée par l'ensemble des CA des différentes cultures. Pour une exploitation agricole i , elle est égale à :

$$CA(\text{gestion du sol})_i = \sum_{j=1}^n \frac{\text{surface}_j * CA(\text{gestion du sol})_j}{\text{surface totale}};$$

Avec j est une culture ; n : nombre des cultures.

4.4.4.4. CA liée à la gestion des plantes

La gestion des plantes correspond à l'ensemble des techniques culturales favorisant le bon développement des plantes (par exemple la fertilisation) et renforçant leur résistance vis-à-vis des bio-agresseurs (par exemple traitement phytosanitaire). La prise de conscience de la nécessité de lier la protection de l'environnement à la production agricole conduit également à réduire et à optimiser l'utilisation des produits chimiques (herbicides, insecticides...). La gestion durable des cultures est basée sur l'adoption des techniques culturales qui permettent d'obtenir le meilleur compromis entre les besoins de la plante, la préservation de l'environnement et les contraintes liées à l'obtention d'un produit de qualité à un rendement économiquement satisfaisant (Meynard, 2010, 2017). Pour chaque culture, l'agriculteur doit être attentif au développement des plantes en tenant compte de leurs besoins, des conditions climatiques et en les protégeant contre les maladies, les mauvaises herbes et les insectes.

Aujourd'hui, la société civile et les politiques publiques incitent les agriculteurs à développer des pratiques culturales plus durables, moins dépendants de la chimie. Raisonner ou supprimer l'utilisation de produits chimiques permet de limiter leurs impacts sur les milieux naturels mais aussi sur la biodiversité et sur la santé de l'agriculteur. Il s'avère indispensable de choisir le type d'intervention le mieux adapté en fonction des cultures. Il est vrai que les aléas climatiques peuvent avoir des répercussions sur la quantité et la qualité de la production et sur la nécessité d'augmenter les traitements chimiques. Mais la durabilité de l'exploitation agricole n'est pas uniquement quantitative, l'agriculteur doit garantir un minimum de qualité pour faciliter l'adaptation du milieu au CC. Le recours à des pratiques culturales durables est une forme d'adaptation pertinente au CC par la préservation de la biodiversité et de la qualité de l'environnement (Weiss *et al.*, 2006; Meynard, 2017). C'est aussi une source d'atténuation des émissions agricoles de GES. La gestion durable des plantes peut donc être considérée comme une variable de CA.

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

Cette variable a été traitée en se basant sur plusieurs pratiques culturales (sous-variables) qui varient d'une culture à une autre. Le Tableau 31 présente les différentes sous-variables de la gestion des plantes en fonction des cultures pérennes et annuelles.

Tableau 31: Les différentes sous variables de la gestion des plantes

| | Cultures annuelles | Cultures pérennes |
|---------------------|---|-------------------|
| Gestion des plantes | Désherbage | |
| | Traitement phytosanitaire | |
| | Fertilisation | |
| | Cultures dérobées | |
| | Association des cultures | |
| | Faux semis | |
| | Surface sous abri (pour les cultures maraichères) | |
| | | |

La question du CC ne peut pas être traitée indépendamment des autres questions environnementales. Les pratiques culturales actuelles engendrent des problèmes environnementaux dont la solution conduit à s'orienter vers des pratiques responsables qui permettraient la création d'importants puits de carbone. Visant la protection des sols, de l'air, de l'eau et de la biodiversité, les agriculteurs doivent adapter leurs pratiques culturales de façon à réduire la pression sur l'environnement en apportant des solutions d'adaptation aux enjeux climatiques. Les sous-variables de la gestion des plantes ont été traitées selon cette logique (Tableau 32).

4.4.4.4.1. CA liée au désherbage

La concurrence entre les cultures et les mauvaises herbes sera probablement modifiée par le CC. Un certain nombre de mauvaises herbes devraient profiter du CC et, en particulier, de l'augmentation de la concentration en CO₂. Il s'avère indispensable de désherber certaines cultures. La gestion des mauvaises herbes fondée majoritairement sur l'utilisation des herbicides est remise en question à cause de son impact sur la qualité de la production, sur l'environnement et sur la santé des agriculteurs et des consommateurs. En revanche, le désherbage mécanique peut représenter une alternative réelle d'un point de vue environnemental par rapport au désherbage chimique. Pour l'évaluation de cette sous-variable on a attribué une CA faible pour les exploitations qui font uniquement le désherbage chimique, une CA moyenne pour les exploitations qui alternent entre le désherbage chimique et celui mécanique et une CA élevée pour les exploitations qui pratiquent uniquement le désherbage mécanique.

4.4.4.2. *CA liée au traitement phytosanitaire*

Le CC a un impact majeur sur le fonctionnement des bio-agresseurs et sur leur agressivité vis-à-vis des différentes cultures. Les conditions climatiques interannuelles sont également susceptibles de modifier le cycle de développement des bio-agresseurs. En contrepartie, la réduction de l'usage des produits phytosanitaires représente un réel défi pour les agriculteurs. La gestion durable de la résistance des plantes aux bio-agresseurs contraint les agriculteurs à raisonner l'utilisation des produits phytosanitaires et à développer une capacité d'anticipation en fonction des prévisions climatiques, des risques de maladies et de ravageurs en mettant en œuvre des interventions préventives. Ainsi, pour l'évaluation de la CA liée au traitement phytosanitaire, on a attribué une CA très faible pour les exploitations qui ne font pas des traitements phytosanitaires, une CA faible pour les exploitations avec des traitements phytosanitaires systémiques (conventionnels), une CA élevée pour les exploitations qui font des traitements phytosanitaires raisonnés et une CA très élevée pour les exploitations avec des traitements phytosanitaires raisonnés et préventifs.

4.4.4.3. *CA liée à la fertilisation*

Le but de la fertilisation est d'apporter une alimentation équilibrée et suffisante pour les plantes. Dans un contexte de CC, la fertilisation s'inscrit dans un champ de mesures d'adaptation en vue de minimiser les impacts du CC. Elle est indispensable pour une agriculture productive. Elle peut se faire avec des engrais minéraux industriels ou avec des engrais organiques. Réduire les émissions de GES liées à l'épandage des fertilisants minéraux sur les sols agricoles est une solution pour lutter contre le CC. Les engrais organiques, pourraient remplacer les engrais minéraux et ainsi éviter des émissions de GES. Réduire la dépendance aux engrais minéraux est un défi important pour les agriculteurs. On a évalué la CA liée à la fertilisation en se basant sur son importance pour une agriculture productive et le recours aux engrais organique dans une optique de réduire la pression sur l'environnement et de garantir une production de qualité. En effet, on a attribué une CA très faible pour les exploitations sans fertilisation, une CA faible pour les exploitations avec une fertilisation minérale, une CA élevée pour les exploitations avec une fertilisation organo-minérale et une CA très élevée pour les exploitations avec une fertilisation organique uniquement.

4.4.4.4.4. *CA liée à la technique de faux semis*

Le faux semis est une technique culturale qui permet de réduire le stock de graines de mauvaises herbes avant l'implantation de la culture principale. Pour les cultures annuelles, le faux semis constitue une mesure préventive pour réduire la pression des mauvaises herbes sur la culture à venir. Pour les cultures annuelles on a évalué la CA liée à cette sous-variable en attribuant une CA faible pour les exploitations qui ne pratiquent pas le faux semis et une CA élevée pour celles qui y ont recours.

4.4.4.4.5. *CA liée à la techniques des cultures dérobées*

Les cultures dérobées sont des cultures qui peuvent être mises en place entre deux cultures principales. Ces cultures ont plusieurs avantages ; elles participent à la couverture permanente du sol tout en permettant la production d'une culture supplémentaire notamment lors de sécheresses et le maintien de la biodiversité ; elles accroissent le taux de matière organique, la séquestration du carbone et la rétention d'eau pour une meilleure adaptation de la culture principale suivante aux aléas climatiques. Pour les cultures annuelles on a évalué la CA liée à cette sous-variable en attribuant une CA faible pour les exploitations qui ne pratiquent pas les cultures dérobées et une CA élevée pour celles qui les pratiquent.

4.4.4.4.6. *CA liée à la technique d'association de cultures*

L'association de cultures consiste à associer et à cultiver plusieurs plantes complémentaires au même endroit et en même temps. Les plantes associées peuvent avoir des effets bénéfiques les unes envers les autres. En fonction des objectifs des agriculteurs, l'association de cultures peut jouer plusieurs rôles, elle permet de limiter la pression des maladies et ravageurs (certaines plantes éloignent les insectes et ravageurs ou peuvent prévenir des maladies), d'augmenter la productivité (par exemple moins d'engrais azoté minéral nécessaire dans les cultures associées à une légumineuse), et garantir une grande biodiversité et une meilleure occupation de l'espace. Pour les cultures annuelles l'association de cultures a été considérée comme une sous-variable de la gestion des plantes. En effet, la CA liée à cette sous-variable est faible pour les exploitations qui ne pratiquent pas l'association des cultures et élevée pour celles qui la pratiquent.

4.4.4.4.7. *CA liée aux cultures sous serres (seulement pour les cultures maraichères)*

La forte variation des conditions climatiques influence le développement des cultures. Pour les cultures maraichères, certains agriculteurs cultivent leurs légumes sous serre ou sous abris.

Chapitre 4. Évaluation multicritère de la vulnérabilité des exploitations agricoles

En effet, la serre permet de maîtriser les conditions climatiques. La culture sous serre possède beaucoup d'avantages, elle permet de maintenir les conditions optimales adaptées pour chaque culture et d'assurer une productivité continue et maximale. Elle permet d'établir une diversité en termes de cultures en produisant des cultures hors-saison, elle peut être également un bon moyen de lutter contre la plupart des maladies et des ravageurs. Ainsi elle garantit une meilleure production avec des rendements importants et des produits de bonne qualité. Pour les cultures maraichères la CA liée à cette sous-variable est faible s'il n'y a pas des cultures sous serres et élevée dans le cas contraire.

4.4.4.4.8. *Récapitulatif de la CA liée à la gestion des plantes*

La faisabilité et les limites de mise en place de ces pratiques (Tableau 32) ne sont pas traitées, l'objectif est d'évaluer dans quelle mesure les agriculteurs ont pris des mesures d'adaptation liées à la gestion des plantes pour chaque culture. Pour les cultures pérennes la CA liée à la gestion des plantes a été traitée à partir de trois variables le désherbage, le traitement phytosanitaire et la fertilisation. Alors que, pour les cultures annuelles les agriculteurs pourraient envisager d'autres pratiques culturales complémentaires permettant de contrôler la croissance des mauvaises herbes et le développement des bio-agresseurs et d'apporter des éléments nutritifs. Leurs capacités d'adaptation liées à la gestion des plantes ont été appréhendé par plusieurs variables ; le désherbage, le traitement phytosanitaire, la fertilisation, la pratique du faux semis, la pratique des cultures dérobées, l'association des cultures et les cultures sous serres (seulement pour les cultures maraichères).

Tableau 32: Grille d'évaluation de la CA liée à la gestion des plantes

| Désherbage | | | |
|---|------------|----------------|---------------|
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| chimique | 0 – 0.33 | CA faible | 0.165 |
| mécanique et chimique | 0.33- 0.66 | CA moyenne | 0.495 |
| mécanique | 0.66 – 1 | CA élevée | 0.83 |
| Traitement phytosanitaire | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| non | 0 – 0.25 | CA très faible | 0.125 |
| systemique | 0.25- 0.5 | CA faible | 0.375 |
| raisonné | 0.5 – 0.75 | CA élevée | 0.625 |
| raisonné et préventif | 0.75 - 1 | CA très élevée | 0.875 |
| Fertilisation | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| Pas de fertilisation | 0 – 0.25 | CA très faible | 0.125 |
| chimique | 0.25- 0.5 | CA faible | 0.375 |
| Organo-minérales | 0.5 – 0.75 | CA élevée | 0.625 |
| organique | 0.75 - 1 | CA très élevée | 0.875 |
| Cultures dérobées | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |
| Association des cultures | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |
| Faux semis | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |
| Cultures sous serres (cultures maraichères) | | | |
| Classes | Intervalle | Description | CA normalisée |
| Non | 0 – 0.5 | CA faible | 0.25 |
| Oui | 0.5 – 1 | CA élevée | 0.75 |

On considère que pour chaque culture, l'ensemble des sous-variables influencent de la même façon la gestion des plantes. La CA liée à la gestion des plantes est donc la moyenne des capacités d'adaptation par rapport aux différentes sous-variables. Pour une exploitation agricole elle est exprimée par l'ensemble des CA liées à la gestion des plantes des différentes cultures. Pour une exploitation i , elle est égale à :

$$CA (gestion des plantes)_i = \sum_{j=1}^n \frac{surface_j * CA(\%gestion des plantes)_j}{surface totale};$$

Avec j est une culture ; n : nombre des cultures.

4.5. Résumé

L'évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles au CC constitue un préalable nécessaire pour comprendre les facteurs de cette vulnérabilité et pour proposer des mesures d'adaptation à la fois pertinentes et appropriables par les agriculteurs.

L'évaluation multicritère proposée permet t d'évaluer la vulnérabilité des différentes exploitations agricoles. Les composantes de la vulnérabilité (exposition, sensibilité et CA) ont été traitées par un ensemble plus large de variables qualitatives et quantitatives sélectionnés et validées sur la base d'études antérieures ainsi que d'une consultation d'experts dans les domaines agronomique, agricole et de l'adaptation des agricultures de la région d'Occitanie au CC. Comme discuté dans la section (4.1.2) les différentes composantes de la vulnérabilité ont été calculées par deux méthodes. D'une part chaque composante résulte d'une moyenne simple non pondérée de l'ensemble des variables qui la composent tandis que la deuxième approche pondère le poids des variables en fonction des notes que chaque agriculteur a attribué à l'importance de ces variables dans la vulnérabilité de son exploitation. Cela permet donc d'endogénéiser leurs avis dans l'évaluation de la vulnérabilité de leur exploitation au CC.

Cette approche permet d'analyser le rôle des différentes variables dans l'évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles. Elle montre la façon dont les variables sont comprises et mobilisées par différents acteurs, y compris les producteurs, ainsi que leur pertinence et applicabilité pour évaluer et traiter la vulnérabilité au CC. Elle conduit à l'élaboration d'un indice global de vulnérabilité, qui constitue un résumé des différentes dimensions dont la pertinence est fonction des variables retenues, sachant que les interactions (cumul d'adaptation/d'impact) n'ont pas pu être prises en compte et que les effets de ces facteurs dépendent aussi du contexte géographique et climatique. Ces questions sur le choix des variables, des seuils et des méthodes de quantification seront reprises dans la discussion.

CHAPITRE 5. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DES PRÉFÉRENCES DES AGRICULTEURS VIS-À-VIS DES MODES D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Après avoir présenté la grille d'évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles, dans ce chapitre, nous proposons un cadre méthodologique pour modéliser les préférences d'adaptation des agriculteurs basé sur la méthode DCE. Il s'agit en effet d'une méthode qui trouve ses fondements dans la théorie de l'utilité aléatoire de McFadden (1973) et qui reflète le type de décision que les agriculteurs prennent. Ce chapitre permet d'expérimenter un DCE dans le domaine d'adaptation au CC et de déterminer son potentiel informationnel. Il fournit une description détaillée du déroulement de la mise en place d'un DCE ainsi que les principaux paramètres économétriques à déterminer.

5.1. Introduction

Les méthodes de préférence déclarée notamment le Discret Choice Expériment (DCE) sont de plus en plus utilisées pour identifier et évaluer l'importance relative de diverses alternatives dans les décisions. La mise en place d'un DCE peut être décrite en plusieurs étapes clés (Figure 30). À chaque étape des choix interviennent, en fonction de l'objet sur lequel porte les préférences et des questions de recherche sous-jacentes. Le choix des attributs et des niveaux de ces attributs sont les principales composantes du DCE. Les attributs peuvent porter sur des caractéristiques telles que le temps, le coût avec plusieurs classes de valeurs ou de modalités qui décrivent ainsi les niveaux d'attribut.

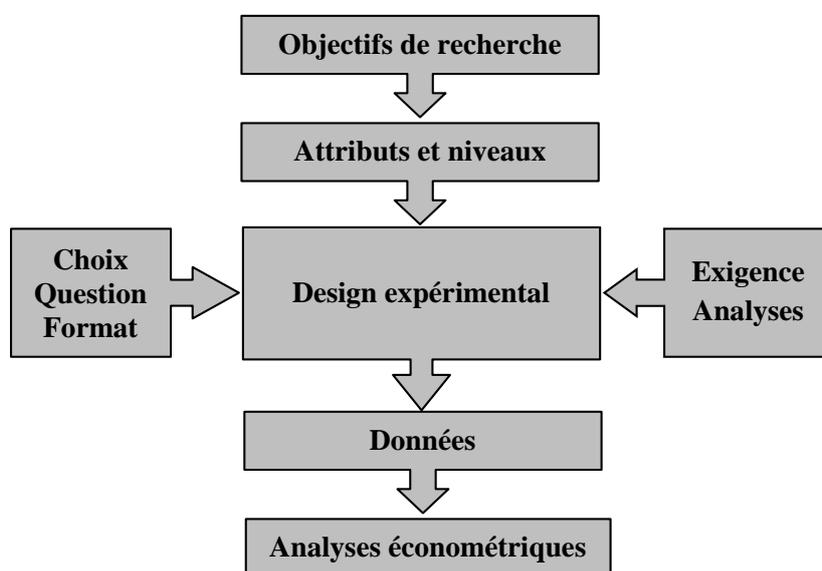


Figure 30: Étapes clés pour développer un Discrete Choice Experiments (DCE)

Source: Reed Johnson *et al.* (2013)

5.2. Enjeux et principes de la construction d'un DCE pour évaluer les stratégies d'adaptation

L'identification et le choix des attributs pouvant caractériser les stratégies d'adaptation des agriculteurs doivent être faits en fonction de la connaissance des facteurs de vulnérabilité et des travaux déjà menés sur l'adaptation de l'agriculture au CC, sachant que sans adaptation, l'impact du CC sur la production et le développement agricole sera considérable (Smit et Wandel, 2006; Simonet, 2010; Rickards et Howden, 2012; Soussana, 2013; Russel *et al.*, 2018; Vogel et Meyer, 2018). Une large variété d'options d'adaptation relevant de mesures

Chapitre 5. Méthodologie d'évaluation des préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation au changement climatique

techniques, financières, et institutionnelles ou de changements des pratiques est proposée dans la littérature pour réduire la vulnérabilité de l'agriculture. Ces mesures dépendent fortement des types d'exploitations agricoles, de la région et du scénario climatique considéré (Smit et Skinner, 2002; Johnston et Hessel, 2012; Rickards et Howden, 2012; Vogel et Meyer, 2018). Par exemple, pour les régions qui devraient devenir plus chaudes et plus sèches, le choix des variétés ou des cultures résistantes à la sécheresse, le recours à l'irrigation et à l'assurance sont considérés comme des options d'adaptation importantes (Smit et Skinner, 2002; Moser, 2011; Vogel et Meyer, 2018). Bien que l'adaptation soit souvent structurée et accompagnée par les politiques publiques, elle implique également des prises de décision des agriculteurs au niveau de l'exploitation (Adger, 1999; Smit et Skinner, 2002). Le recours au DCE, permet donc de comprendre et hiérarchiser les choix et les comportements des agriculteurs vis-à-vis à quelques options d'adaptation de façon à identifier quels types et formes d'adaptation sont possibles, faisables et probables. Cette connaissance des préférences relatives aux options d'adaptation permet de faciliter et rationaliser la conception des politiques d'adaptation et les besoins d'accompagnement des acteurs, en l'occurrence ici une meilleure compréhension des préférences des agriculteurs vis-à-vis des options d'adaptation permettra de contribuer efficacement aux décisions et à la mise en œuvre des politiques de développement agricole. En effet le DCE permet d'analyser les arbitrages que les agriculteurs effectuent, en situation de choix entre plusieurs options qui leur sont présentées, en fonction de certaines caractéristiques (attributs). Ce type d'évaluation permet de caractériser les préférences des agriculteurs sur la base de leur consentement à payer pour la mise en place de chacune des options ou mesures d'adaptation proposées.

5.3. Définition des options d'adaptation

En fonction de la revue de la littérature (Soussana, 2013; Torquebiau, 2015; Touzard *et al.*, 2017), le diagnostic du territoire du PHLV et la consultation des experts sur le territoire du PHLV, nous avons retenu les options d'adaptation suivantes :

- Le recours à l'irrigation, étant donné que la ressource en eau est un facteur essentiel pour le développement de l'agriculture. L'irrigation permet de modérer la baisse d'humidité associée au CC et réduire le risque de perte de rendement due à une sécheresse récurrente. Dans le territoire du PHLV, l'irrigation est aujourd'hui au cœur des débats des projets de territoires.

Chapitre 5. Méthodologie d'évaluation des préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation au changement climatique

- La diversification des productions, sachant qu'il existe une très large gamme de cultures et de variétés, avec des exigences climatiques différentes. En se basant sur les caractéristiques des variétés et des cultures et sur les prévisions climatiques, les agriculteurs doivent choisir les variétés et les cultures qui sont plus tolérantes aux conditions climatiques telles que la chaleur la sécheresse ou l'humidité. Par exemple, avec des températures plus élevées, il est recommandé d'utiliser des variétés ou des cultures à maturation plus lente pour compenser la baisse des rendements causée par des stades phénologiques plus courts (Howden *et al.*, 2003). La diversification variétale et culturale est souvent proposée comme une option importante d'adaptation (Smit et Skinner, 2002; Howden *et al.*, 2003; Vogel et Meyer, 2018). Elle permet d'améliorer et d'assurer (auto-assurance) les revenus et ainsi réduire les risques liés au CC.
- La souscription à une assurance récolte constitue une réponse institutionnelle aux risques économiques associés au CC. Elle permet de réduire les risques de perte de revenus en couvrant les pertes de la production dues à des phénomènes climatiques défavorables, et de maintenir un niveau minimum de revenu des agriculteurs et leur permettre de poursuivre leurs activités agricoles.

Ces mesures d'adaptation permettent de couvrir, transférer ou atténuer les risques. Bien entendu, elles sont souvent interdépendantes. Par exemple, le recours à l'irrigation pourrait être associé à une diversification culturale ou variétale. Vu leur complexité des associations possibles, les relations entre les différentes options n'ont pas été étudiées. Le recours au DCE vise à connaître et hiérarchiser les préférences des agriculteurs pour ces trois options, irrigation, diversification et assurance par rapport à une situation de référence sans changement (statu-quo).

5.4. Sélection des attributs et définition des niveaux

Une fois les trois options choisis, il s'agit de définir de quelles façons elles peuvent être mises en œuvre, sachant que dans la littérature on qualifie les attributs en fonction de diverses caractéristiques (coût, délais, forme, ...) (Smit *et al.*, 2000; Adger *et al.*, 2005; Smit et Wandel, 2006; Moser, 2011). En se basant sur la littérature (Lancsar et Louviere, 2008), nous avons identifié 4 attributs pour décrire les options d'adaptation qui sont quantitatifs (coût et avantages de l'adaptation) et qualitatifs (la durée d'adaptation et degré de l'action d'adaptation). Il s'agit des attributs suivants :

Chapitre 5. Méthodologie d'évaluation des préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation au changement climatique

- La durée d'adaptation différencie temporellement les réponses, qui peuvent relever de tactique à court terme ou de stratégie à plus long terme. Cet attribut permet de caractériser à quel horizon l'agriculteur souhaite planifier une mesure d'adaptation. Étant donné que les agriculteurs dans le territoire du PHLV sont moyennement âgés, pour cet attribut, on distingue seulement deux classes à court terme « dans 5 à 10 ans" ou à moyen terme « dans 10 à 15 ans".
- Degré de l'action d'adaptation pour caractériser l'importance de l'action d'adaptation c'est-à-dire si l'agriculteur envisage d'agir plutôt progressivement ou par un investissement spécifique à un moment donné. On a donc identifié 2 niveaux pour cet attribut avec des classes spécifiques pour chacune des options. Par exemple pour l'irrigation, l'enquêté a le choix entre irriguer seulement en cas de sécheresse" ou "irriguer à volonté". Pour la diversification il doit opter entre le fait de, "changer seulement la variété" ou "changer progressivement la production" tandis que pour l'assurance l'alternative porte sur "assurer une partie de l'exploitation" ou "assurer toute l'exploitation".
- Les avantages de l'adaptation appréhendent les conséquences des mesures d'adaptation, ce qui permet d'aborder l'adaptation non pas seulement en termes de coûts mais aussi en fonction des avantages pour les agriculteurs. Pour ce faire on a supposé que les mesures d'adaptation devraient garantir un pourcentage de chiffre d'affaires avec 3 niveaux possibles : 80%,100% ou 120% pour l'irrigation et la diversification et 50% ,70% ou 90% pour l'assurance.
- Enfin la dernière caractéristique concerne les coûts de l'adaptation, qui sont souvent la principale contrainte à l'adaptation. Cet attribut permet d'évaluer le montant que l'agriculteur peut supporter en plus de ses charges habituelles pour la mise en œuvre des mesures d'adaptation. Comme les investissements initiaux peuvent être très importants et dépendre des situations (endettement en cours, âge) on a considéré le cout hors investissement en euro par hectare et par an avec pour chaque option trois niveaux de cout.

Au total le Tableau 33 résume les niveaux attributs

Chapitre 5. Méthodologie d'évaluation des préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation au changement climatique

Tableau 33: Les niveaux des attributs de différentes options d'adaptation

| Attributs | Irrigation | Diversification | Assurance |
|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| La durée d'adaptation | irriguer dans 5 à 10 ans | diversifier dans 5 à 10 ans | Assurer dans 5 à 10 ans |
| | irriguer dans 10 à 15 ans | diversifier dans 10 à 15 ans | Assurer dans 10 à 15 ans |
| Degré de l'action d'adaptation | irriguer en cas de sécheresse | Changer seulement la variété | assure une partie de l'exploitation |
| | irriguer à volonté | changer progressivement la production | Assurer toute l'exploitation |
| Les avantages de l'adaptation | 80% du chiffre d'affaire | 80% du chiffre d'affaire | 50% du chiffre d'affaire |
| | 100% du chiffre d'affaire | 100% du chiffre d'affaire | 75% du chiffre d'affaire |
| | 120% du chiffre d'affaire | 120% du chiffre d'affaire | 90% du chiffre d'affaire |
| Cout hors investissement (euro/ha/an) | 350 | 900 | 180 |
| | 500 | 1800 | 250 |
| | 650 | 2100 | 350 |

5.5. Le design expérimental

Après la détermination des attributs et de leurs niveaux, il convient d'élaborer une combinaison des niveaux d'attributs pour définir les situations de choix qui seront présentées aux agriculteurs. Le design expérimental est crucial pour la conduite d'un DCE, il joue sur la précision des estimations voire sur les estimations elles-mêmes. À ce titre, il mérite une attention spécifique. Les cartes de choix doivent être compatibles avec la réalité afin d'encourager les agriculteurs à révéler leurs vraies préférences.

Dans cette recherche les alternatives de choix sont labélisées (étiquetées). Les agriculteurs interrogés doivent choisir entre 3 options d'adaptation (irrigation, diversification et assurance) et le statu quo. Dans le cas d'un plan factoriel complet qui permet de prendre en considération toutes les combinaisons des niveaux des attributs on doit avoir 46656 ($2^{2*3} * 3^{2*3}$) situations hypothétiques de choix (2 attributs avec deux modalités et 2 avec trois modalités). Cette structure est la seule qui garantisse l'indépendance statistique de l'estimation des effets de chaque attribut sur les réponses, mais sa mise en pratique est ingérable voire impossible. La définition d'un plan factoriel fractionnaire permet de répondre à ces contraintes. Le principe est qu'il n'est pas nécessaire de tester toutes les combinaisons du plan en ne sélectionnant que les plus efficaces ou efficientes (efficient design en anglais). La définition de ces combinaisons efficaces s'effectue à partir d'un test qui permet de maximiser la précision des paramètres estimés du modèle de choix pour un nombre donné de questions de choix. Ce plan expérimental plus réduit, sur la base de blocs de choix, permet réduire le fardeau cognitif des agriculteurs en diminuant le nombre total de choix par agriculteur. Ainsi nous avons retenu

Chapitre 5. Méthodologie d'évaluation des préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation au changement climatique

une structure en 3 blocs de 6 cartes de choix. Chaque agriculteur étant confronté à un des 3 blocs soit 6 cartes de choix elles-mêmes constituées chacune de 3 options d'adaptation (irrigation, diversification et assurance) et du statu quo. Le Tableau 34 présente un exemple de cartes de choix.

Tableau 34: Exemple d'une carte de choix (Situation 1 dans le bloc 1)

| Attributs \ Options | Irrigation | Diversification | Assurance | Statu quo |
|---|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| La durée d'adaptation (Quand souhaitez-vous agir ?) | Irriguer dans 5 à 10 ans | Diversifier dans 10 à 15 ans | Assurer dans 10 à 15 ans | |
| Degré de l'action d'adaptation (Avec quel degré souhaitez-vous agir ?) | Irriguer en cas de sécheresse | Changer seulement la variété | Assurer toute l'exploitation | |
| Les avantages de l'adaptation (Quel niveau du CA souhaitez-vous garantir ?) | 120% | 80% | 75% | |
| Cout hors investissement (euro/ha/an) (Quel est votre capacité de paiement ?) | 500 | 2100 | 180 | |
| Votre choix | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ce plan expérimental a été généré par le logiciel Ngene qui est actuellement l'outil de référence pour générer des plans expérimentaux (Soekhai *et al.*, 2019). La conception du design avec le logiciel Ngène nécessite des enquêtes préliminaires constituant des tests pilotes qui permettent outre l'identification des choix pertinent d'évaluer la complexité des tâches, la durée et les taux de réponse probables.

Tableau 35: Informations sur la conception expérimentale

| Caractéristiques | Catégories |
|---|----------------------|
| Nombre d'attribut | 4 |
| Nombre de cartes de choix par agriculteur | 6 |
| Nombre d'alternatives (hors statu quo) | 3 |
| Étude avec statu quo | Oui |
| Type de design | Fractionnaire |
| Blocs | Oui |
| Logiciel de conception | Ngene |
| Méthode de conception | D-efficace |
| Administration de l'enquête | Questionnaire papier |

Une fois le plan expérimental créé, il est intégré dans le questionnaire et accompagné de descriptions et d'illustrations pour aider les agriculteurs à comprendre les options. Cette partie

Chapitre 5. Méthodologie d'évaluation des préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation au changement climatique

expérimentale a été complétée par des informations supplémentaires sur l'agriculteur (par exemple données socio-économiques), ses préférences ou habitudes de façon à analyser les déterminants choix.

5.6. Passation de l'enquête

La définition de l'échantillon des agriculteurs enquêtés tient compte de plusieurs conditions, le coût, la population à laquelle les résultats seront généralisés et le contexte d'étude. Le calcul des tailles d'échantillon optimales pour estimer les modèles de DCE est compliqué (Lancsar et Louviere, 2008). La taille est également liée au design expérimental et au nombre d'observations, qui dépend du nombre d'ensembles de choix par répondant et du nombre de répondants dans l'échantillon. Dans cette recherche, la taille de l'échantillon a été choisie de façon à assurer la fiabilité des estimations du modèle, sous contraintes des moyens limités. L'enquête a été menée en face à face auprès de 90 agriculteurs représentatifs des types d'exploitation. Les agriculteurs ont été sélectionnés de manière aléatoire en fonction des strates par type de culture et avec une partition équilibrée des exploitations selon leur situation en plaine ou en zone de montagne. Chaque agriculteur a rempli 6 cartes de choix, soit au total on a eu 540 observations.

5.7. Analyse économétrique et interprétation

Les données du DCE sont ensuite analysées pour établir les paramètres de la modélisation des choix, analyser les préférences individuelles déclarées en réponse aux choix hypothétiques et quantifier l'importance relative de chaque attribut. Des statistiques descriptives seront aussi utilisées pour décrire le profil socioéconomique et les caractéristiques de l'échantillon et des sous-groupes identifiés.

5.7.1. Fondement théorique

La méthode de DCE s'appuie sur un cadre théorique identique à celui de la méthode d'évaluation contingente (OCDE, 2019). Elle a tout d'abord été utilisée en marketing pour évaluer les préférences des consommateurs. Ensuite elle a été dérivée et adaptée afin d'être utilisée comme un instrument pour l'évaluation environnementale (Lancaster, 1966; Hensher, 2007; Louviere et Lancsar, 2009; Hoyos, 2010). Le DCE est fondé sur la théorie du consommateur de Lancaster (1966) qui postule que l'utilité retirée d'un bien par les

Chapitre 5. Méthodologie d'évaluation des préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation au changement climatique

consommateurs est égale à la somme des utilités générées par chacune des caractéristiques de ce bien.

De plus, la méthode de DCE est compatible avec la théorie de l'utilité aléatoire (Marschak, 1974). Pour un échantillon de N décideurs où chaque individu $n \in N$ a une utilité déterministe. Le décideur fait face à un ensemble J des choix possibles. Ces choix sont discrets et en nombre fini $j = 1 ; 2 ; \dots ; J$. À chaque choix j l'individu n associe une utilité U_{nj} . Cette utilité est composée en V_{nj} , qui est la part déterministe observable de l'utilité, et ε_{nj} la composante aléatoire, également non observable. L'utilité réellement procurée par l'alternative j s'écrit comme suit :

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj}$$

La partie observée V_{nj} est expliquée par les attributs X_{nj} qui caractérisent chaque choix j et les caractéristiques Z_n propres aux individus, mais invariantes aux alternatives de choix (par exemple l'âge). On peut synthétiser cette utilité par $V_{nj} = V(X_{nj}; Z_n)$ dont la forme fonctionnelle et les liens entre les variables X_{nj} et Z_n dépendent de paramètres à estimer (Train, 2009).

Conformément à la théorie de maximisation de l'utilité aléatoire (Marschak, 1974), selon laquelle un individu n est supposé choisir l'option i qui maximise son utilité face à un ensemble de choix J . Ainsi, l'individu n préférera l'alternative i à l'alternative j si et seulement si : $U_{ni} > U_{nj}, \forall j \neq i$. Et la probabilité que l'individu n choisisse l'alternative i est donnée par :

$$\begin{aligned} P_{ni} &= P(U_{ni} > U_{nj}, \forall j \neq i) \\ &= P(V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj}, \forall j \neq i) \end{aligned}$$

En supposant que la part connue de l'utilité V_{ni} est linéaire en ses paramètres, c'est-à-dire que $V_{ni} = \beta X_{ni}$, avec β le vecteur des coefficients associés aux attributs des choix X_{ni} . L'expression finale de la probabilité que l'alternative i soit choisie est donc :

$$P_{ni} = P(\beta X_{ni} + \varepsilon_{ni} > \beta X_{nj} + \varepsilon_{nj}, \forall j \neq i)$$

L'objectif est donc d'estimer le vecteur de paramètres β associé aux attributs supposés explicatifs. L'estimation de β dépend du modèle choisi. On y retrouve deux grandes familles : les modèles Probit (Bliss, 1934), où ε_n suit la loi normale et les modèles de la famille Logit (Berkson, 1944), où ε_n est distribuée suivant la loi de Gumbel des valeurs extrêmes. Le logit

Chapitre 5. Méthodologie d'évaluation des préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation au changement climatique

est le modèle de choix discret le plus simple et le plus utilisé (Train, 2009). Il est basé sur l'hypothèse que les termes d'erreur ε_n sont indépendamment et identiquement distribués (Train, 2009). Cette hypothèse, bien que restrictive, fournit une forme très pratique d'évaluation de la probabilité de choix et facilement interprétable, c'est qui explique sa popularité.

Dans notre étude nous allons utiliser le modèle conditionnel logit développé par McFadden (1973) ; il est basé sur trois hypothèses: (i) l'indépendance des alternatives non pertinentes (IIA: *independence from irrelevant alternatives*) c'est-à-dire que le rapport des probabilités pour deux alternatives est supposé être indépendant des niveaux d'attribut dans une tierce alternative; (ii) les termes d'erreur sont indépendants et répartis de manière identique entre les observations; et (iii) absence d'hétérogénéité des préférences c'est-à-dire des préférences homogènes entre les répondants (Adams *et al.*, 2015). Pour exécuter ce modèle le logiciel SAS sera utilisé.

5.7.2. Test de la propriété IIA

Le modèle logit conditionnel considère une homogénéité des préférences des agriculteurs enquêtés. Il donne ainsi des estimations moyennes des paramètres expliquant leurs préférences. La spécification du modèle Logit Conditionnel implique que la sélection d'une option dans un ensemble de choix doit vérifier l'hypothèse d' « indépendance des alternatives non pertinentes » (*Independence of Irrelevant Alternatives – IIA*). Cette dernière stipule que les probabilités relatives entre deux alternatives choisies au sein d'un ensemble de choix ne sont pas affectées par l'introduction, ou par le retrait d'autres alternatives dans cet ensemble de choix. Par exemple dans cette étude, si l'alternative irrigation est préférée à l'alternative diversification dans l'ensemble des choix (irrigation, diversification), alors l'introduction d'une troisième alternative assurance (c'est-à-dire l'extension de l'ensemble des choix à (irrigation, diversification, assurance) ne doit pas rendre la diversification préférable à l'irrigation. Ainsi, la préférence pour l'irrigation ou la diversification ne doit pas être modifiée par la disponibilité de l'assurance, qui est non pertinente lors du choix entre l'irrigation et la diversification.

Avant de proposer une autre spécification du modèle de choix, on doit tester la propriété IIA que doit vérifier le logit conditionnel. La vérification de cette propriété IIA peut se faire par le test de Small et Hsiao (1985), en examinant si le fait de retirer une option d'adaptation

Chapitre 5. Méthodologie d'évaluation des préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation au changement climatique

possible influe sur les autres choix. Le déroulement du test de Small et Hsiao suit la logique ci-dessous :

- On estime d'abord le modèle sur l'échantillon total où les quatre possibilités de choix sont offertes (Irrigation, Diversification, Assurance et Statu quo). On obtient la log-vraisemblance du modèle complet (L_{complet}) ;
- On réduit ensuite l'ensemble de choix par suppression d'un mode (Irrigation par exemple) et on ré-estime le modèle. On obtient la log-vraisemblance du modèle restreint ($L_{\text{restreint}}$)
- Enfin, on empile les données qui ont servi à l'estimation des 2 modèles précédents et on ré-estime le modèle. On obtient la log-vraisemblance du modèle empilé ($L_{\text{empilé}}$)

Le test de Small et Hsiao s'apparente à un test du rapport des vraisemblances. La statistique du test de Small et Hsiao est égale à : $SH = -2 (L_{\text{empilé}} - (L_{\text{complet}} + L_{\text{restreint}}))$. Elle suit une loi du Khi^2 à k d.d.l. avec k le nombre de paramètres estimés du modèle restreint (6 dans ce cas).

- Hypothèse nulle (H_0) : La propriété IIA est valide.
- Règle de décision : si la statistique calculée SH est inférieure à la statistique tabulée du Khi^2 à k degrés de liberté, on accepte l'hypothèse nulle H_0 .

Le Tableau 36 présente les résultats du test de Small et Hsiao (1985) relatif à la validité de l'hypothèse IIA pour le modèle logit conditionnel. Pour les trois alternatives considérées, on a accepté l'hypothèse (H_0), ce qui signifie selon le test de Small et Hsiao (1985) que la propriété IIA est validée et donc que l'on peut utiliser le logit conditionnel.

Tableau 36: Test de l'hypothèse IIA selon Small et Hsiao (1985)

| Diversification-Assurance-Statu quo | | | | | |
|---|------------------------|---------------------|------|------------|----------------------|
| L_{complet} | $L_{\text{restreint}}$ | $L_{\text{empilé}}$ | SH | χ_6^2 | Décision |
| -748.60 | -454.70 | -1203 | 0.6 | 12.59 | Acceptation de H_0 |
| Irrigation-Assurance-Statu quo | | | | | |
| L_{complet} | $L_{\text{restreint}}$ | $L_{\text{empilé}}$ | SH | χ_6^2 | Décision |
| -748.60 | -497.68 | -1246 | 0.56 | 12.59 | Acceptation de H_0 |
| Irrigation-Diversification-Statu quo | | | | | |
| L_{complet} | $L_{\text{restreint}}$ | $L_{\text{empilé}}$ | SH | χ_6^2 | Décision |
| -748.60 | -676.51 | -1425 | 0.22 | 12.59 | Acceptation de H_0 |
| Irrigation-Diversification-Assurance | | | | | |
| L_{complet} | $L_{\text{restreint}}$ | $L_{\text{empilé}}$ | SH | χ_6^2 | Décision |
| -748.60 | -616.90 | -1365 | 1 | 12.59 | Acceptation de H_0 |

5.7.3. La probabilité de choisir une option d'adaptation

L'agriculteur a des préférences qui lui sont propres, il peut les ordonner selon une utilité *a priori*, et il se décide toujours pour le choix dont l'utilité est maximale. La fonction de décision est alors le choix qui maximise la fonction d'utilité et cette fonction varie selon les attributs et leurs niveaux ainsi que selon les caractéristiques des agriculteurs. On s'intéresse ainsi aux probabilités des décisions individuelles possibles qui découlent de ces niveaux d'utilité. Ces résultats constituent une aide à la décision intéressante pour la conception des politiques futures d'adaptation. Selon McFadden (1973) la probabilité du choix d'une option *i* parmi un ensemble de choix *J* s'exprime par:

$$P_{ni} = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_{j \in J} e^{V_{nj}}}$$

Supposons que la part connue de l'utilité V_n est linéaire en ses paramètres, l'expression finale de la probabilité que l'alternative *i* soit choisie est donc:

$$P_{ni} = \frac{e^{\beta X_{ni}}}{\sum_{j \in J} e^{\beta X_{nj}}}$$

Avec β le vecteur des paramètres associés aux attributs des choix X_{ni}

5.7.4. Le consentement à payer

En associant les choix que les agriculteurs effectuent suite au changement de niveau d'un des attributs au coût associé à chaque scénario on peut obtenir les valeurs marginales de chaque attribut quand son niveau varie de l'état initial à un autre état. L'analyse de l'apport au bien-être des agriculteurs s'effectue sur la base du calcul des consentements à payer (CAP) pour les niveaux des attributs à partir des coefficients estimés. Selon Kalish et Nelson (1991) le CAP est défini comme le prix maximum qu'un acheteur consent à payer pour une quantité donnée d'un bien ou d'un service. Dans cette étude, le CAP permet d'évaluer monétairement les préférences des agriculteurs pour les différents niveaux d'attributs. Il correspond au montant que les agriculteurs sont prêts à payer pour des variations positives des attributs. Si l'attribut est continu, l'estimation concerne une variation de l'attribut d'un point. Dans le cas des attributs qualitatifs, il s'agit du montant que l'agriculteur est prêt à payer ou à recevoir pour avoir une modalité *k* plutôt que la modalité de référence. Ce CAP s'apparente à un taux marginal de substitution entre l'attribut considéré (non monétaire) et l'attribut monétaire. Les

ratios de ce type sont souvent appelés des prix implicites (OCDE, 2019). Ils sont donnés par la formule suivante :

$$CAP_x = \frac{\frac{\delta V}{\delta \text{attribut}_x}}{\frac{\delta V}{\delta \text{attribut}_p}} = \frac{\beta_x}{\beta_p}$$

Avec x et p respectivement l'attribut x et l'attribut monétaire p ; et β_x et β_p leur paramètre estimé par le logit conditionnel.

5.7.5. Les élasticités

Il est utile d'estimer l'effet de chaque variable explicative (ou attribut) sur les différentes options d'adaptation. On cherche ainsi à établir comment varie la probabilité de choisir une option donnée en cas de variation d'une des variables (attributs). Pour apprécier véritablement ce changement, il faudrait calculer les élasticités des probabilités de choix en dérivant les probabilités de ces choix par rapport à la variable (attribut), cette dernière ayant l'avantage d'être indépendante des unités de mesure. Ces élasticités décrivent l'effet de l'augmentation de 1% de la variable (attribut) sur la probabilité qu'un agriculteur choisisse l'alternative i. On trouve deux types d'élasticité (Schmidheiny et Brülhart, 2011):

- Les élasticités directes : mesurent l'effet, sur la probabilité de choisir i, d'une augmentation de la caractéristique z de i. Pour un logit conditionnel, elle est égale à:

$$E_i = \frac{\partial \ln P(i/z)}{\partial \ln z_i} = \frac{\partial P(i/z)}{\partial z_i} \frac{z_i}{P(i/z)} = [1 - P(i/z)]\beta_{z_i}$$

- les élasticités croisées : mesurent les effets, sur les probabilités des autres choix (h), d'une augmentation de la caractéristique z de i, elles décrivent les substitutions possibles entre i et h du fait de l'augmentation de z_i . Pour un logit conditionnel elle est égale à :

$$E_{hi} = \frac{\partial \ln P(h/z)}{\partial \ln z_i} = \frac{\partial P(h/z)}{\partial z_i} \frac{z_i}{P(h/z)} = -P(j/z)\beta_{z_j}, h \neq i$$

PARTIE 3 : RÉSULTATS

Cette partie est consacrée à une synthèse des principaux résultats obtenus de l'application de notre approche globale dans le territoire du PHLV. Elle est composée de 3 chapitres. D'abord, dans le chapitre 6, nous avons jugé judicieux de présenter une analyse descriptive des différents questionnaires réalisés auprès des agriculteurs. Puis, l'évaluation de la vulnérabilité des différents types d'exploitations est réalisée dans le chapitre 7 avec une comparaison entre trois profils d'exploitants. Enfin, le chapitre 8 est consacré aux résultats de l'analyse économétrique des préférences d'adaptation des agriculteurs et à l'identification des facteurs qui influencent la décision de l'agriculteur d'adopter des mesures d'adaptation.

CHAPITRE 6. PERCEPTIONS DES ACTEURS LOCAUX ET PRINCIPAUX RÉSULTATS DESCRIPTIFS

Après la collecte de données, dans ce chapitre, nous proposons dans un premier temps une analyse exploratoire des impacts du CC sur l'agriculture dans le territoire du PHLV et les mesures d'adaptation possible de l'agriculture, en faisant appel à la littérature et en analysant les perceptions des parties prenantes locales. Ensuite nous allons procéder à une analyse descriptive des résultats de l'enquête auprès des agriculteurs pour caractériser notre échantillon (profils des enquêtés et caractéristiques de leurs exploitations agricoles).

6.1. Les impacts du CC déjà observés sur le territoire du PHLV

L'évaluation des impacts du CC sur l'agriculture a fait objet de plusieurs études (Seguin, 2007; Lavallo *et al.*, 2009; Seguin, 2010; Tripathi *et al.*, 2016; Lichtfouse, 2018; Vogel et Meyer, 2018; Leisner, 2020). Il existe plusieurs méthodes d'étude de ces impacts par exemple, l'observation des séries chronologiques (rendement, pratiques : dates de semis et récolte), l'expérimentation en conditions contrôlées (CO₂, T, eau) et la modélisation avec des données sur les évolutions futures du climat. Les travaux effectués dans ce sens et les entretiens avec les acteurs locaux nous ont permis d'identifier les différents impacts potentiels du CC sur l'agriculture dans le territoire du PHLV.

À l'occasion des entretiens avec des acteurs locaux qui occupent plusieurs types de fonctions en lien avec l'agriculture et le projet de territoire, on a pu constater que l'observation des impacts du CC faisait l'objet d'un consensus très large, sur les dix dernières années. La variation des paramètres météorologiques (température, pluviométrie) a eu des impacts considérables sur les activités agricoles, plus d'impacts négatifs que positifs.

La baisse marquée des précipitations printanières et estivales et l'accroissement de l'évapotranspiration potentielle ont une pression sur l'utilisation de l'irrigation dans les zones sujettes à la sécheresse (concurrences d'usages). Les tendances actuelles et les scénarios futurs illustrent une augmentation de la demande en eau dans l'agriculture (GIEC, 2014). Au Sud de la France la demande en eau a augmenté de 150 à 200 m³/ha/an (Lavallo *et al.*, 2009). Selon les acteurs locaux du territoire du PHLV, une augmentation significative de la demande en eau s'est produite principalement dans les plaines (Sud du territoire du PHLV) essentiellement pour l'irrigation des vignes, qui a un impact économique négatif (augmentation de coût de production) et environnemental (pression sur la ressource en eau). En effet, les pénuries d'eau accrues devraient accroître la concurrence entre les secteurs (tourisme, agriculture, énergie, etc.). Le territoire du PHLV est marqué par une sécheresse intense, en effet le nombre de jours chauds (température maximale > 35°C) ont augmenté depuis 2001 avec un maximum de 45 jours chauds en 2003. Or, des stades de développement végétatif spécifique (floraison, remplissage du grain) sont particulièrement sensibles à l'augmentation de température. Les plantes possèdent en effet une température optimale pour leurs fonctionnements physiologiques, qui est souvent déjà atteinte, voire dépassée dans le Sud de la France notamment le territoire du PHLV (Lavallo *et al.*, 2009; Seguin, 2010; Brisson et Levrault, 2012). Les parties prenantes enquêtées ont constaté un raccourcissement de la saison de croissance de la plupart des cultures et une baisse de rendements pouvant

atteindre 20 à 50 % sur les dernières années. Ils ont aussi noté l'extinction de certains ravageurs à cause d'augmentation de la température, mais aussi l'apparition et l'envahissement d'autres espèces qui dépendent généralement du climat chaud, par exemple le « *Cynips du châtaignier* », « *Xylella fastidiosa* » et « *Drosophila Suzukii* ».

6.1.1. Impacts du CC sur les cultures pérennes (vignes et autres)

Les cultures pérennes, comme la vigne et les vergers témoignent des effets du CC essentiellement par l'avancement constaté des stades phénologiques (floraison et maturité). À cause du manque de froid on risque d'avoir une levée de dormance tardive. Par exemple, pour l'abricotier, les hivers doux peuvent créer des troubles physiologiques à savoir la chute de bourgeons, et l'avortement des fruits (Seguin, 2007, 2010). Puis, l'augmentation de la température affecte de manière significative la longueur de la saison de croissance (les arbres fleurissent plus tôt). L'avancement de la phénologie aura chez les cultures pérennes des répercussions particulières en générant des risques du gel printanier au moment de la floraison. Par ailleurs les températures très élevées pendant le stade de maturation peuvent avoir des conséquences négatives sur la qualité des produits.

Dans le territoire du PHLV la majorité des parties prenantes enquêtées ont observé une floraison et une maturité précoces dans différentes parties du territoire pour les cultures pérennes (vigne, cerisier, ...). Par exemple, la vigne est devenue plus précoce dans son calendrier "*généralement les dates de vendanges ont lieu au moins deux semaines plus tôt qu'en 1990*". Pour ce territoire, la viticulture représente plus 50% de la SAU. Bien que les vignes soient peu exigeantes en eau, et pourraient supporter des épisodes de sécheresse, aujourd'hui cette culture est très touchée par le CC. Sa récolte se situe actuellement après les maximums annuels de température, donc une maturité plus tôt en été. Des précipitations importantes pendant le mois de mai 2018 dans le territoire du PHLV ont favorisé le développement de mildious (maladies cryptogamiques) sur les vignes. Ces contraintes climatiques ont provoqué une perte de rendement, une augmentation du taux d'alcool et des baisses d'acidité. En Occitanie, le taux d'alcool a augmenté de 11,5°C en 1980 à plus de 14°C aujourd'hui (Touzard *et al.*, 2017). Cette dégradation de la qualité a de multiples impacts économiques potentiels, comme la perte possible de compétitivité et de revenus notamment par rapport à des régions où les effets du CC sur la viticulture sont positifs (Nord de France (Lavalle *et al.*, 2009)).

6.1.2. Impacts du CC sur les cultures annuelles

Le CC a entraîné des changements dans le cycle végétatif des cultures annuelles en accélérant le rythme de développement, de sorte qu'elle raccourcit la durée de fonctionnement de la photosynthèse et par suite, le stade de croissance des plantes (Lavalle *et al.*, 2009; Seguin, 2010; AgriAdapt, 2017; European Environment Agency (EEA), 2017). La majorité des parties prenantes enquêtées sur le territoire du PHLV ont observé une réduction de la période de floraison pendant laquelle le nombre des grains est établi, la période de remplissage du grain et la période de maturité, ce qui affectera négativement les rendements. Dans ce territoire on a constaté que les dates de semis ou de plantation de plusieurs cultures ont été avancées, par exemple *"d'environ 20 jours pour la céréaliculture d'hiver"*. Dans sud-ouest de la France une analyse globale des rendements des cultures céréalières (blé, maïs et orge) a montré des baisses de rendements en raison de l'augmentation des températures moyennes (Lavalle *et al.*, 2009; Seguin, 2010; European Environment Agency (EEA), 2017). Ces observations sont confirmées pour le territoire du PHLV par les parties prenantes enquêtées *"On remarque que, depuis 2000 environ, les rendements pour la céréaliculture d'hiver diminuent d'année en année. Il n'y a plus l'évolution que l'on observait dans le passé, celle-ci est justifiée par des sécheresses pendant la période de remplissage des grains"*.

6.1.3. Impacts du CC sur l'élevage

Les systèmes d'élevage sont fortement exposés aux impacts du CC au niveau local (fourrages disponibles) et mondial (importations d'aliments concentrés) (AgriAdapt, 2017). Le CC affecte directement et indirectement l'élevage. Les impacts directs sont principalement liés à la dégradation des performances animales (production de lait ou de viande) à cause de l'augmentation des températures et les risques accrus d'inondations et de sécheresses. *"Dans le territoire du PHLV le stress thermique vécu par les animaux préoccupe beaucoup les éleveurs"*. Les impacts indirects résultent de la disponibilité réduite en eau et fourrage ainsi que de la propagation de maladies infectieuses qui dépendent des conditions climatiques (European Environment Agency (EEA), 2017). De même, les systèmes d'élevage sont sensibles à la forte variabilité interannuelle de la production fourragère (prairies, grandes cultures, etc.) liée au CC (Brisson et Levrault, 2012). Cependant, la réduction de la productivité des surfaces fourragères constitue le risque climatique le plus important pour les animaux. Les conséquences du CC sur les ressources fourragères sont multiples :

Chapitre 6. Perceptions des acteurs locaux et principaux résultats descriptifs

- Une avancée de la phénologie des plantes au printemps et un raccourcissement de la période de production (prairies plus précoces) ce qui réduit la période du pâturage.
- Les dates clés de la conduite du troupeau ne sont pas en adéquation avec l'avancée de la phénologie.
- Une croissance des prairies naturelles stoppée en été sur une période qui peut atteindre 4 semaines et une baisse des rendements des grandes cultures (baisse de l'autonomie fourragère).

Pour conclure l'agriculture est soumise à une grande pression à cause du CC qui menace la durabilité des exploitations agricoles et remet en cause les moyens de subsistance des agriculteurs (Tripathi *et al.*, 2016; Leisner, 2020). La majorité des parties prenantes enquêtées, a observé des évolutions notables liées aux évolutions climatiques récentes surtout dans le secteur agricole. Certes, le CC n'est pas le seul facteur qui affecte l'agriculture, mais son impact sur la productivité des cultures et la durabilité des exploitations, est clairement significatif. Par ailleurs, l'éventualité d'un accroissement de la variabilité climatique et d'une augmentation des événements extrêmes (en particulier des sécheresses) pourrait renforcer ces impacts et renforcer les besoins d'adaptation.

6.2. Analyse descriptive de l'enquête auprès des agriculteurs

Les résultats de l'enquête permettent de caractériser les exploitations agricoles enquêtées, sachant que la structure de l'échantillon a été choisie de façon à refléter la diversité des spécialisations agricoles sur le territoire du PHLV qui est dominé par la monoculture viticole. Les exploitations enquêtées sont pour 56% d'entre elles des exploitations viticoles, pour 11% des exploitations des cultures maraichères, pour 10% des exploitations des grandes cultures, pour 10% des exploitations arboricoles et pour 13% des exploitations mixtes. Les données collectées portent sur les caractéristiques des agriculteurs (âge, niveau de formation, expérience, etc.) et des exploitations agricoles (surface des cultures, type de sol, etc.), sur les pratiques culturales (travail du sol, désherbage, irrigation, etc.) et sur les perceptions du CC. Le but de ce chapitre est de présenter les statistiques descriptives relatives à ces variables.

6.2.1. Âge des agriculteurs

Notre échantillon présente un âge qui varie entre 26 ans et 66 ans avec un âge moyen de 49 ans. Selon la Figure 31 on remarque que la majorité des agriculteurs (66 %) sont dans la classe d'âge 40 et 60 ans. En fonction des types d'exploitation, on observe les agriculteurs les moins âgés pour les cultures maraichères (âge moyen = 42 ans) et mixtes (âge moyen = 46 ans), puis pour la viticulture (âge moyen = 49 ans), les agriculteurs les plus âgés correspondant aux exploitations arboricoles (âge moyen = 51 ans) et de grandes cultures (âge moyen = 54 ans).

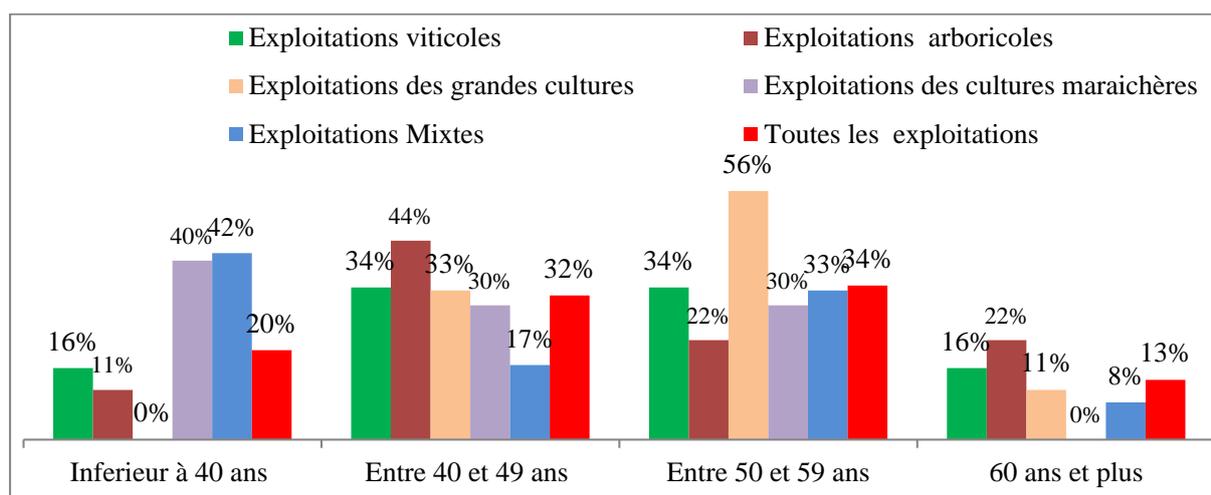


Figure 31: Répartition des agriculteurs par tranche d'âge

Source : Enquête 2019

6.2.2. Niveau de formation des agriculteurs

Concernant le niveau de formation, notre échantillon se compose d'agriculteurs ayant globalement (87%) un niveau de formation supérieur ou égal au baccalauréat tandis qu'ils sont 57% à avoir bénéficié d'une formation agricole. Les agriculteurs disposent d'un bon niveau de formation générale et agricole mais accusent un retard en matière de mise à jour des connaissances. En effet durant les 5 dernières années seulement 36 % des agriculteurs ont suivi une formation agricole professionnelle.

Le niveau de formation agricole varie selon les types d'exploitation. Les exploitants viticoles et mixtes, ont un niveau de formation élevé par rapport aux autres types des exploitations.

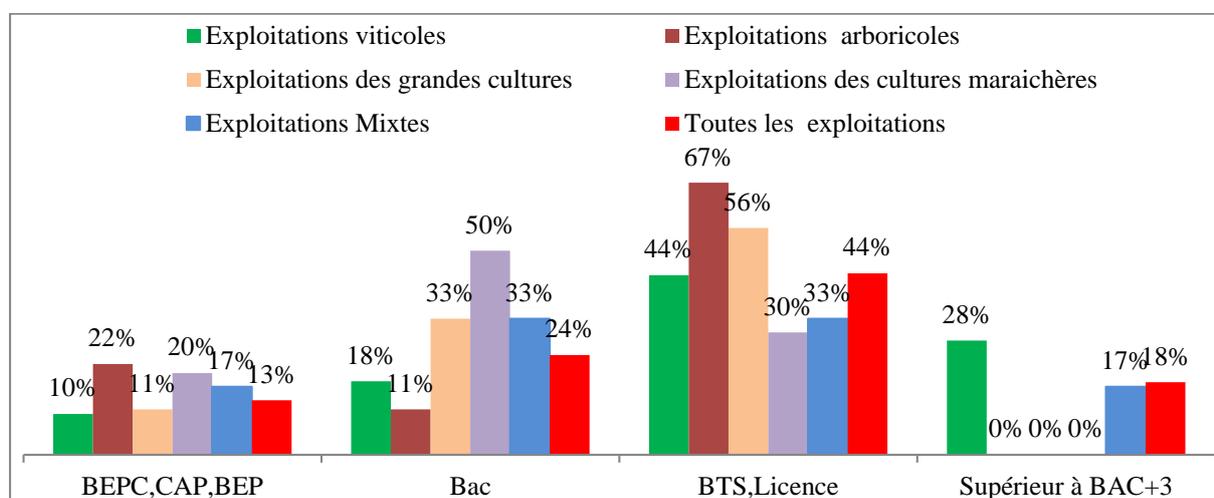


Figure 32: Niveau de formation principale des agriculteurs enquêtés

Source : Enquête 2019

6.2.3. Expérience agricole

Les agriculteurs enquêtés ont une expérience agricole importante avec en moyenne 19 ans d'expérience et seulement 12% des agriculteurs qui ont une expérience de moins de 10 ans. C'est plutôt pour les exploitations viticoles et mixtes que l'expérience de l'agriculteur est la plus longue (20 ans en moyenne), puis chez les exploitations de grandes cultures (17.5 ans) et arboricoles (16.5 ans), les agriculteurs disposant d'une expérience plus courte, souvent plus jeunes, relevant plutôt des cultures maraichères (15 ans).

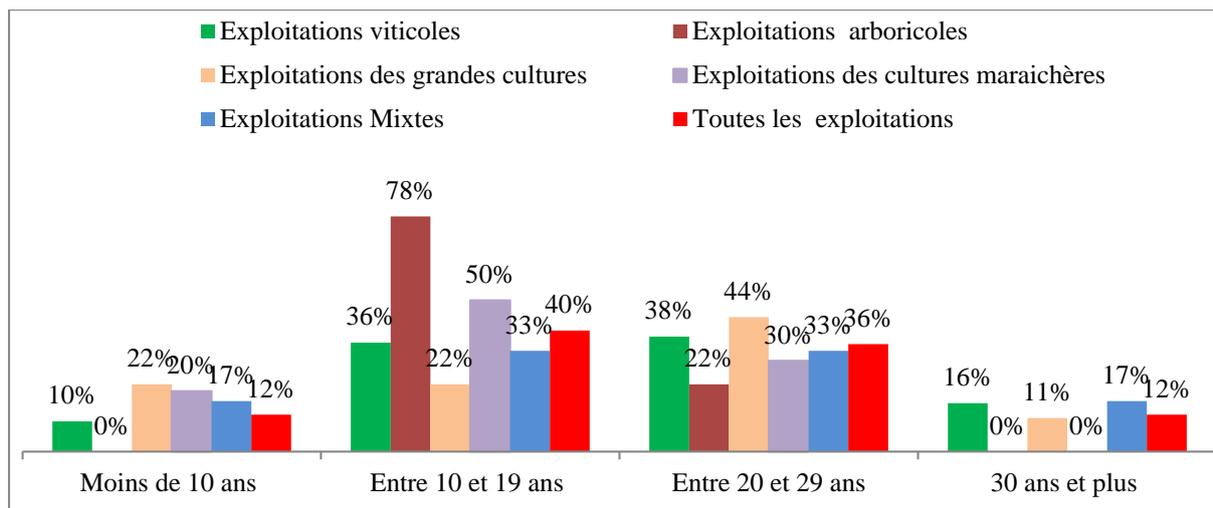


Figure 33: Expérience agricole des agriculteurs

Source : Enquête 2019

6.2.4. Le foncier agricole

La surface agricole utilisée (SAU) moyenne par exploitation agricole est 23.29 ha. Les SAU sont très inégalement réparties en fonction des types d'exploitation : les plus grandes SAU sont observées chez les exploitations des grandes cultures (SAU moyenne = 79.77 ha), puis on trouve les exploitations mixtes (26.57 ha) et viticoles (19.64 ha), les petites SAU étant observées chez les exploitations arboricoles (6.33 ha) et des cultures maraichères (2.1 ha).

Compte tenu de leurs petites tailles (SAU moyenne = 23.29 ha), la majorité des exploitations enquêtées sont des exploitations individuelles (68%), suivi par celles en GAEC (16%) ou en SCEA (10%), les statuts EARL et GFA représentant respectivement 6% et 1 % de notre échantillon. On observe la même répartition en fonction des types d'exploitation.

Concernant l'appartenance des terres exploitées, la majorité des agriculteurs (65%) sont propriétaires de moins 90% des terres exploitées, par contre une minorité de 11% qui est quasi totalement locataire. Le mode de faire valoir indirect (MFVI) est essentiellement observé chez les exploitations des grandes cultures et des cultures maraichères. Ce faible pourcentage de terre en MFVI peut refléter le problème d'accès au foncier. En effet, pour 72% des agriculteurs, l'accès au foncier agricole est plutôt difficile. Selon eux, le prix des terres agricoles a augmenté ; sur le territoire du PHLV et le nombre d'exploitations a diminué de 60% entre 1988 et 2010, passant de 6625 à 2628, sans que leur soient proposés une animation et un accompagnement à la hauteur de cet enjeu foncier (enquêtes, 2019). Malgré les difficultés d'accès au foncier agricole, 50% des agriculteurs enquêtés ont augmenté la taille de

Chapitre 6. Perceptions des acteurs locaux et principaux résultats descriptifs

leurs exploitations au cours des 10 dernières années. Pour autant, 73% d'entre eux n'ont pas de projet foncier pour le futur de leur exploitation.

Tableau 37: Caractéristiques du foncier agricole

| | | Exploitations viticoles | Exploitations arboricoles | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations mixtes | Toutes les exploitations |
|--|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| Surface agricoles utilisée moyenne en ha | | 19.64 | 6.33 | 79.77 | 2.1 | 26.57 | 23.29 |
| Statut juridique | Individuel | 68% | 78% | 67% | 80% | 50% | 68% |
| | GAEC | 16% | 0% | 22% | 10% | 25% | 16% |
| | SCEA | 10% | 11% | 11% | 0% | 17% | 10% |
| | EARL | 4% | 11% | 0% | 10% | 8% | 6% |
| | GFA | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Statut foncier | Surface en MFVI inférieur à 10% | 72% | 100% | 0% | 40% | 75% | 64% |
| | Surface en MFVI entre 10 et 40% | 26% | 0% | 0% | 0% | 8% | 16% |
| | Surface en MFVI entre 40 et 80% | 0% | 0% | 55% | 10% | 17% | 9% |
| | Surface en MFVI supérieur à 80% | 2% | 0% | 45% | 50% | 0% | 11% |
| Accès au foncier | Difficile | 16.00% | 44.44% | 0.00% | 50.00% | 33.33% | 23.33% |
| | Facile | 6.00% | 11.11% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 4.44% |
| | Plutôt difficile | 64.00% | 44.44% | 22.22% | 40.00% | 50.00% | 53.33% |
| | Plutôt facile | 14.00% | 0.00% | 77.78% | 10.00% | 16.67% | 18.89% |
| Variation de la taille des EA au cours des 10 dernières années | Agrandie | 44.00% | 44.44% | 66.67% | 60.00% | 58.33% | 50.00% |
| | Aucun changement | 44.00% | 55.56% | 33.33% | 20.00% | 41.67% | 41.11% |
| | Réduite | 12.00% | 0.00% | 0.00% | 20.00% | 0.00% | 8.89% |

Source : Enquête 2019

6.2.5. La main-d'œuvre agricole

La quasi-totalité des agriculteurs font appel à de la main-d'œuvre extérieure saisonnière et permanente, avec 72% des exploitations qui n'ont recours qu'à une main d'œuvre saisonnière (essentiellement pendant la récolte). Il s'agit notamment des petites exploitations viticoles. En contrepartie, les gros domaines viticoles et les exploitations basées sur des cultures exigeantes en main-d'œuvre (cultures mixtes, maraichage et arboriculture) font appel à la main-d'œuvre saisonnière ainsi qu'à celle permanente.

Chapitre 6. Perceptions des acteurs locaux et principaux résultats descriptifs

La majorité des agriculteurs (72%) considère que l'accès à la main-d'œuvre est difficile d'une part à cause de sa faible disponibilité sur le territoire surtout pour ce qui est de la main-d'œuvre agricole qualifiée, et d'autre part à cause de son coût de plus en plus élevé.

Pour 57% des agriculteurs, ce besoin en main-d'œuvre est stable au cours de 10 dernières années, les autres ayant une augmentation de leurs besoins en main-d'œuvre essentiellement liée à la diversification et à l'amélioration de la production. C'est le cas notamment de ceux qui réduisent le recours aux produits chimiques et à la mécanisation : par exemple désherbage et vendange manuelles.

Tableau 38: Caractéristiques de main d'œuvre agricole

| | | Exploitations viticoles | Exploitations arboricoles | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations mixtes | Toutes les exploitations |
|--|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| Main d'œuvre agricole | Permanentes et saisonnières | 18.00% | 22.22% | 0.00% | 20.00% | 41.67% | 20.00% |
| | Uniquement saisonnières | 80.00% | 55.56% | 77.78% | 70.00% | 50.00% | 72.22% |
| | Non | 2.00% | 22.22% | 22.22% | 10.00% | 8.33% | 7.78% |
| Accès à la main-d'œuvre | Difficile | 79.59% | 100.00% | 0.00% | 100.00% | 90.91% | 78.31% |
| | Moyenne | 10.20% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 9.09% | 7.23% |
| | Facile | 10.20% | 0.00% | 100.00% | 0.00% | 0.00% | 14.46% |
| Besoins en main-d'œuvre durant les 10 dernières années | Augmentation | 38.78% | 75.00% | 0.00% | 66.67% | 66.67% | 45.88% |
| | stable | 61.22% | 25.00% | 100.00% | 33.33% | 33.33% | 54.12% |
| | Diminution | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |

Source : Enquête 2019

6.2.6. L'irrigation

À l'échelle de l'échantillon, les exploitations enquêtées sont faiblement irriguées : 62% des exploitations ont une surface irriguée inférieure à 10% de leur SAU. Les exploitations qui sont irriguées sont généralement basées sur des cultures exigeantes en eau comme les cultures maraichères et l'arboriculture tandis que l'on observe des surfaces irriguées très importantes pour l'arboriculture, le maraichage et les exploitations mixtes.

La part des exploitations pratiquant l'irrigation est sensiblement le même entre la zone de plaine et celle de montagne. En revanche les surfaces irriguées sont très variables selon la

localisation : la surface totale irriguée en plaine (129.5 ha) est beaucoup plus élevée qu'en montagne (45.26 ha). En montagne on trouve des exploitations en cultures maraichères irriguées avec de petites surfaces ; en plaine les exploitations irriguées sont des exploitations arboricoles avec des SAU importantes.

Cette faible irrigation globale résulte de deux facteurs principaux : le coût important des investissements d'irrigation et pour les zones de montagne une topographie non favorable à l'irrigation.

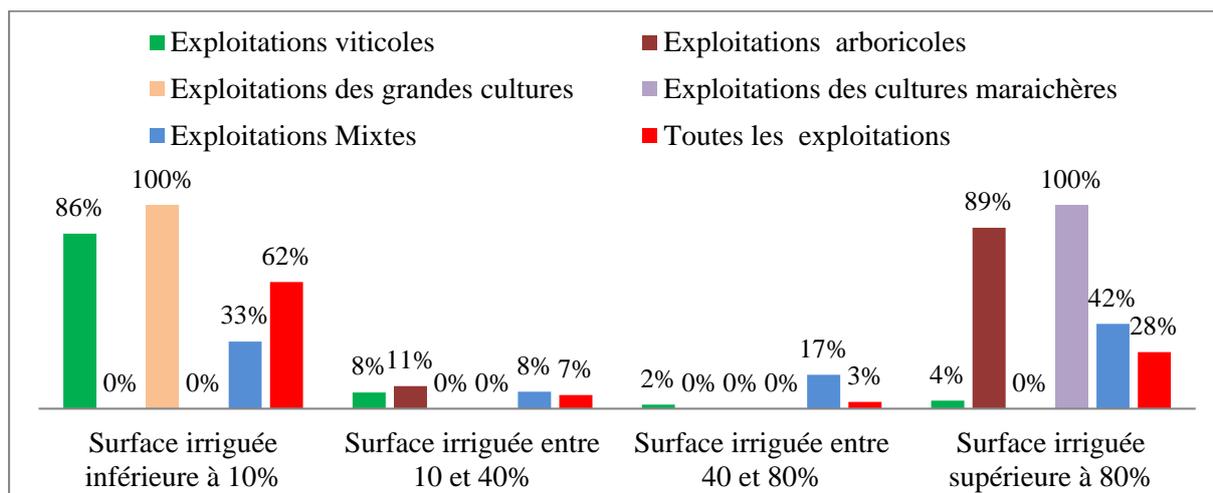


Figure 34: Répartitions des exploitations agricoles en fonction de surface irriguée

Source : Enquête 2019

6.2.7. Aspects économiques des exploitations enquêtées

La majorité des exploitations enquêtées ont des chiffres d'affaires plutôt faibles, c'est-à-dire inférieurs à 100 000 € pour 64% des exploitations. Seulement, 8% des exploitations (essentiellement des gros domaines) ont un chiffre d'affaires supérieur à 250 000 €. Les chiffres d'affaires les plus importants sont observés essentiellement chez les exploitations viticoles et mixtes, tandis que, les exploitations de cultures maraichères présentent les plus faibles chiffres d'affaires.

De nombreuses coopératives sont présentes dans la zone : des caves coopératives, mais aussi de coopératives de commercialisation des produits maraîchers et arboricoles comme bio orb et sica de caroux. Ainsi, 90% des agriculteurs ne rencontrent pas de problèmes de commercialisation. Le mode de commercialisation dépend essentiellement du type de production. Pour les viticulteurs, la production a été commercialisée par les coopératives

tandis que pour les maraîchers le circuit principal de commercialisation est la vente directe (exploitation ou marchés locaux).

Cette facilité de commercialisation est essentiellement liée à la présence de grandes coopératives sur le territoire du PHLV avec plusieurs appellations d'origine contrôlée très connues surtout pour le vin comme le vin de Saint-Chinian, le vin de Fougères. De plus, on observe que 23% des exploitations sont en production bio.

Le revenu extra-agricole est important surtout pour les petites exploitations comme un complément de salaire ou comme une garantie en cas de faible production ou de chocs économiques et climatiques. Ce revenu non agricole peut provenir d'un soutien public, de l'emploi du conjoint à l'extérieur de l'exploitation ou d'autres sources de revenus (pluriactivité, agrotourisme, immobilier, etc.). Seulement 24% des agriculteurs possèdent une autre source de revenus. L'incitation pour les conjoints à exercer un emploi salarié est renforcée lorsque le revenu agricole est faible. Vu leurs petits chiffre d'affaires 63% des agriculteurs enquêtés ont un conjoint qui travaille à l'extérieur de l'exploitation.

Les subventions perçues illustrent la situation des exploitations vis-à-vis de l'attribution des aides et autres primes. La majorité des exploitations (93%) touchent un soutien financier sous forme de subvention lié à l'investissement (plantation, arrachage, irrigation etc.) et à l'indemnité compensatoire de handicaps naturels (ICHN). Toutes orientations confondues, ces subventions représentent moins de 10% de chiffre d'affaires pour 56% des exploitations, entre 10 et 20% du chiffre d'affaires pour 30% des exploitations et elle est supérieure à 20% du chiffre d'affaires pour le reste des exploitations (14%). De fortes disparités des niveaux de subvention entre les différents types d'exploitation sont notamment observées, les niveaux les plus importants étant pour les grandes cultures. À l'inverse, les exploitations de cultures maraichères, viticoles et mixtes sont peu dépendantes des subventions.

Tableau 39: Aspects économiques des exploitations enquêtées

| | | Exploitations viticoles | Exploitations arboricoles | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations mixtes | Toutes les exploitations |
|--------------------------|---|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| Chiffre d'affaire annuel | Inférieur à 25 000 € | 2% | 22% | 0% | 30% | 0% | 7% |
| | Entre 25 000 et 100 000€ | 56% | 56% | 100% | 40% | 42% | 57% |
| | Entre 100 000 et 150 000€ | 20% | 22% | 0% | 30% | 42% | 22% |
| | Entre 150 000 et 250.000€ | 12% | 0% | 0% | 0% | 0% | 7% |
| | Supérieur à 250 000€ | 10% | 0% | 0% | 0% | 17% | 8% |
| Commercialisation | Vente directe | 19% | 41% | 50% | 53% | 42% | 33% |
| | Vente pour les coopératives | 59% | 47% | 50% | 41% | 42% | 51% |
| | Exportation | 16% | 0% | 0% | 0% | 8% | 9% |
| | Circuit long | 6% | 12% | 0% | 6% | 8% | 7% |
| Subvention | Inférieure à 10% du chiffre d'affaires | 62% | 44% | 0% | 80% | 58% | 56% |
| | Entre 10 et 20% du chiffre d'affaires | 38% | 56% | 0% | 10% | 17% | 30% |
| | Supérieure à 20 % du chiffre d'affaires | 0% | 0% | 100% | 10% | 25% | 14% |
| Autres source de revenu | Non | 88% | 44% | 67% | 70% | 58% | 76% |
| | Oui | 12% | 56% | 33% | 30% | 42% | 24% |

Source : Enquête 2019

6.2.8. Perception du CC

Les agriculteurs enquêtés font face à plusieurs types de contraintes. On observe que les contraintes climatiques (sécheresse, forte variation de la précipitation etc.) et la lutte contre les ravageurs et les maladies sont les principales contraintes évoquées. La totalité des agriculteurs a constaté une manifestation du CC au cours des 10 dernières années. Ils signalent notamment une nette augmentation de la température, des périodes de sécheresse plus longue et une répartition des précipitations très aléatoire dans l'espace et dans le temps. Ce CC a entraîné essentiellement une baisse des rendements, une maturité précoce des productions et un développement des maladies et des ravageurs.

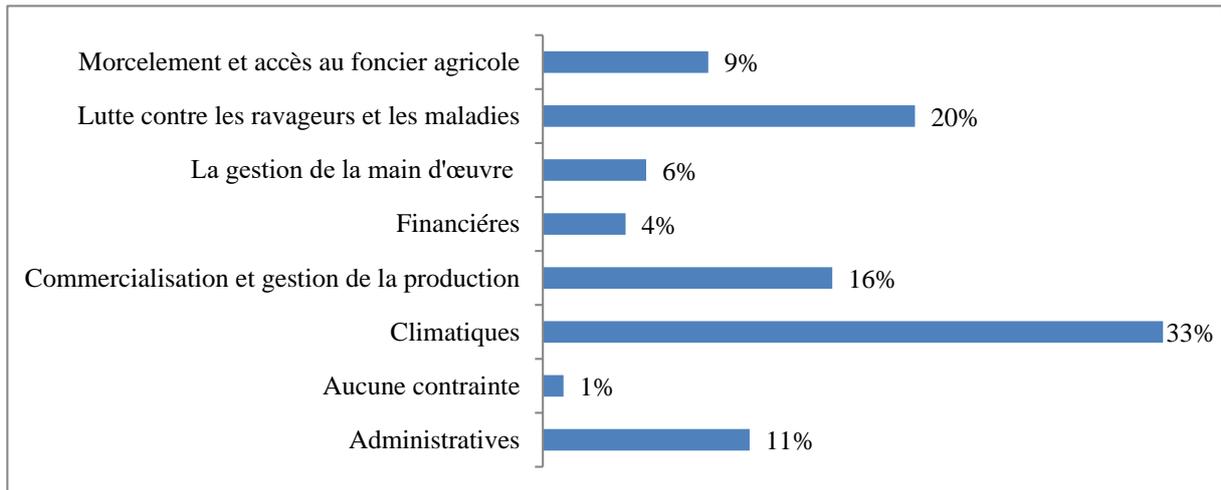


Figure 35: Les principales contraintes rencontrées par les exploitations agricoles

Source : Enquête 2019

Le CC est déjà considéré comme un enjeu central pour l'activité agricole par la plupart des agriculteurs. Ces derniers ont pris des mesures ou vont prendre des mesures à court terme (dans moins de 5 ans) pour intégrer les variations climatiques dans le fonctionnement de leurs exploitations.

6.2.9. Résumé

Cette analyse descriptive montre plusieurs similitudes entre les caractéristiques de l'échantillon des agriculteurs enquêtés et celles du secteur agricole sur le territoire du PHLV. Ils se caractérisent essentiellement par des petites exploitations agricoles en monoculture (viticulture) réparties sur deux zones. On distingue une agriculture de plaine caractérisée par des exploitations avec des SAU et des surfaces irriguées importantes et une agriculture de montagne avec des petites SAU et des petites surfaces irriguées.

CHAPITRE 7. CARACTÉRISATION ET ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DANS LE TERRITOIRE DU PHLV

Dans le CHAPITRE 6 nous avons présenté une image globale des exploitations enquêtées sur le territoire du PHLV. Ce chapitre-ci reprend et approfondit l'analyse de ces enquêtes pour présenter une évaluation multicritère de la vulnérabilité à l'échelle des exploitations agricoles en associant des variables biophysiques et des variables socioéconomiques.

En premier lieu un indice de la vulnérabilité des exploitations agricoles a été élaboré sur la base de la définition classique de la vulnérabilité à savoir le produit de l'exposition et de la sensibilité divisé par la capacité d'adaptation (cf. CHAPITRE 4). L'analyse est menée à partir des scores non pondérés des variables sélectionnées (vulnérabilité calculée) d'une part et à partir de ces mêmes scores pondérés par les notes attribuées par les agriculteurs en fonction de leurs poids dans la vulnérabilité de leurs exploitations (vulnérabilité déclarée). Les modes de calcul relatifs aux deux formes de vulnérabilité, calculée et déclarée sont présentées dans le chapitre méthodologique de façon détaillée.

Ainsi, dans ce chapitre de résultats, sur la base d'une classification des exploitations en 3 classes de vulnérabilité (faible, moyenne et élevée), une analyse discriminante a permis d'identifier les facteurs déterminants des classes de vulnérabilité.

Ce chapitre est structuré en trois parties. Dans une première partie nous présentons les résultats concernant l'évaluation des différentes composantes de la vulnérabilité. Ensuite, nous analysons la vulnérabilité globale des différentes exploitations agricoles. Enfin sur la base d'une analyse discriminante nous présentons les principaux facteurs de la vulnérabilité.

7.1. L'exposition des exploitations agricoles au CC

L'exposition pour chacun des aléas sélectionnés (la sécheresse, l'inondation, la grêle et le gel printanier) a été évaluée par le nombre d'évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 en postulant que plus le nombre d'évènements moyens annuels est élevé, plus la probabilité d'être touché est forte et plus l'exposition est élevée.

Dans un premier cas l'exposition de chaque exploitation résulte d'une moyenne simple (exposition calculée) de l'ensemble des variables normalisées (nombre d'évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 pour les différents aléas). Pour une exploitation i l'équation prend la forme :

$$Exp. calculée_i = \frac{Exp.(gel) + Exp.(grêle) + Exp.(inondation) + Exp.(sécheresse)}{4}$$

Parallèlement, l'exposition déclarée implique d'attribuer des poids différents aux variables en fonction des notes que chacun des agriculteurs a attribué à l'importance de ces variables dans l'exposition de leur exploitation. Pour une exploitation i l'exposition déclarée prend la forme :

$$Exp. déclarée_i = \frac{(nt(gel)_i * Exp.(gel)) + (nt(grêle)_i * Exp.(grêle)) + (nt(inondation)_i * Exp.(inondation)) + (nt(sécheresse)_i * Exp.(sécheresse))}{\sum_{i=1}^4 Per_i}$$

Avec : nt : note attribuée par l'agriculteur ; $Exp.$: exposition normalisée.

7.1.1. Exposition calculée des exploitations agricoles

Les résultats montrent que les exploitations agricoles ont le même niveau d'exposition calculée (à cause de l'utilisation de données à grande échelle). Elles sont moyennement exposées au CC avec une exposition calculée égale à **0.58**.

Le Tableau 40 présente le niveau d'exposition des exploitations agricoles : on constate qu'elles sont très exposées à la sécheresse et à l'inondation (0.83). Cette exposition est justifiée par un nombre d'évènements annuels moyens de 5.5 pour les sécheresses et de 4.9 pour les évènements d'inondation sur la période 2009-2018. L'exposition à la grêle est moyenne (0.495) avec un nombre d'évènements annuels moyens égal à 3.1 sur la période 2009-2018. Les exploitations sont faiblement exposées au gel printanier (0.165), avec un nombre d'évènements annuels moyens inférieur à 1 sur la période 2009-2018.

Tableau 40: Exposition calculée des exploitations agricoles aux différents aléas

| Aléas | Nombre d'évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 | Description | Exposition |
|----------------|---|--------------------|------------|
| Gel printanier | 0.8 | Faible Exposition | 0.165 |
| Grêle | 3.1 | Exposition moyenne | 0.495 |
| Inondation | 4.9 | Exposition élevée | 0.83 |
| Sécheresse | 5.5 | Exposition élevée | 0.83 |

Source : enquêtes 2019

7.1.2. Importance des facteurs de l'exposition selon les déclarations des agriculteurs

Les avis des agriculteurs permettent d'enrichir et de contextualiser le calcul d'exposition aux différents aléas climatiques. Chaque agriculteur enquêté a évalué sur les 10 dernières années l'ampleur de l'exposition de son exploitation aux différents aléas climatiques identifiés en attribuant une note allant de 0 à 10. Au cours des enquêtes, on a demandé à l'agriculteur de faire référence à son expérience agricole et à ses connaissances de la zone pour l'aider à déterminer le niveau d'exposition. Ces notes permettent de pondérer les différentes variables d'exposition (les aléas).

La Figure 36 présente la distribution des notes attribuées à chaque aléa étudié par l'ensemble des agriculteurs enquêtés. La sécheresse est l'aléa déclaré comme le plus important avec une note moyenne de 7.5, devant la grêle (4) et le gel printanier (3). Malgré, son importance à l'échelle du département l'inondation qui représente 34% des évènements climatiques (Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral, 2018) est l'aléa déclaré comme le moins important (1.5) avec seulement un agriculteur qui a donné une note supérieure à 5. Ces différences de perception peuvent être justifiées par des différentiels de dommages et d'impacts sur la production. En effet, la sécheresse peut engendrer de lourdes conséquences sur la totalité de la production et peut durer plusieurs jours, alors que les autres aléas peuvent être plus ponctuels et/ou spatialement limités (par exemple la grêle peut impacter seulement une parcelle).

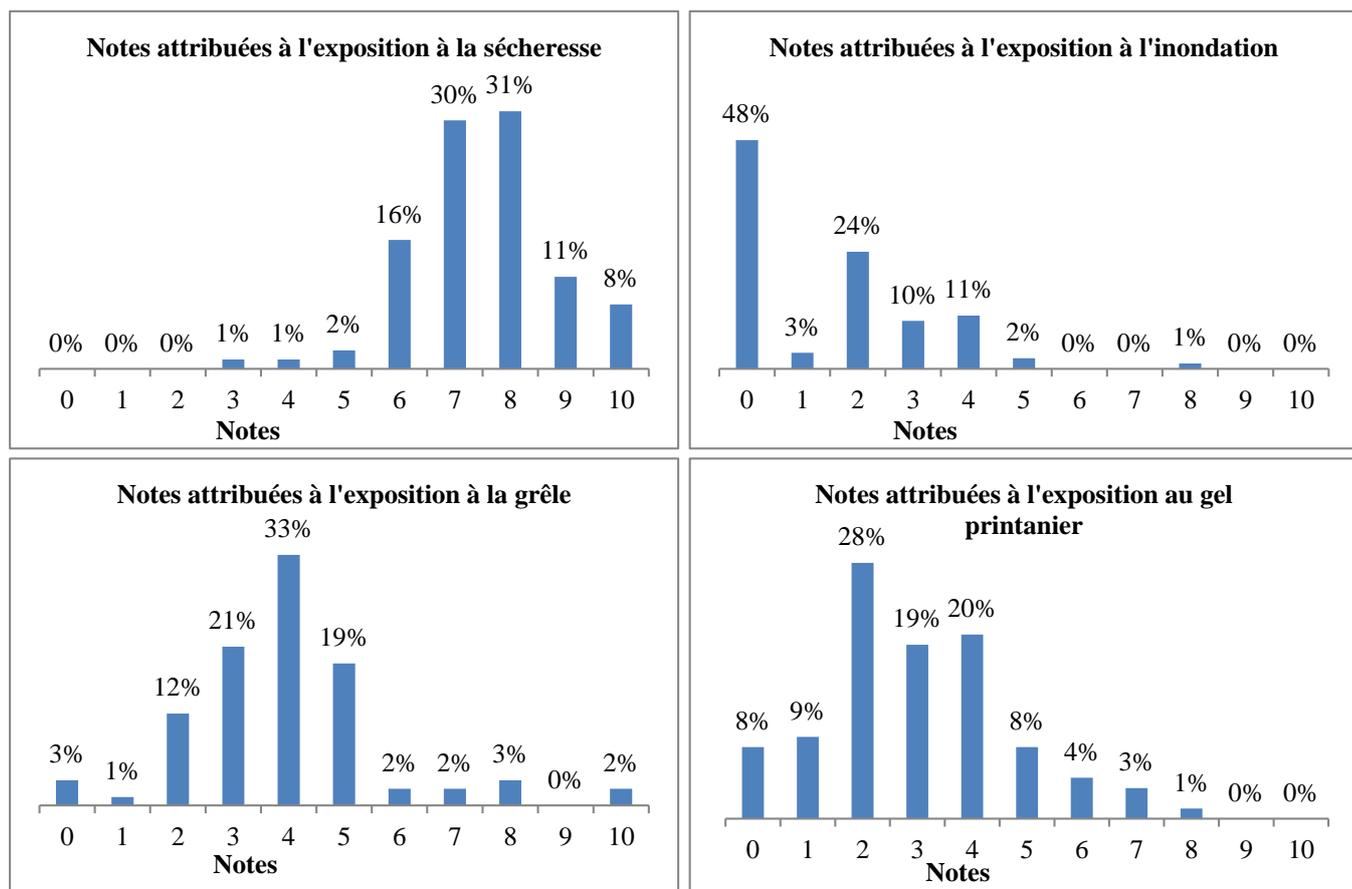


Figure 36: La distribution des notes attribuées par les agriculteurs aux différents aléas climatiques étudiés

Source : Enquêtes, 2019

7.1.3. Comparaison entre exposition calculée et exposition déclarée

La Figure 37 présente l'exposition calculée et l'exposition déclarée pour les différentes exploitations agricoles. La première est constante puisqu'on a travaillé sur des données départementales. L'exposition déclarée varie entre 0.510 et 0.778 avec une moyenne de 0.628 : on observe que 84% des exploitations agricoles ont une exposition déclarée supérieure à l'exposition calculée. Ceci est justifié essentiellement par une perception élevée de la sécheresse qui constitue l'enjeu climatique le plus important avec une exposition calculée la plus élevée et égale à 0.83.

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

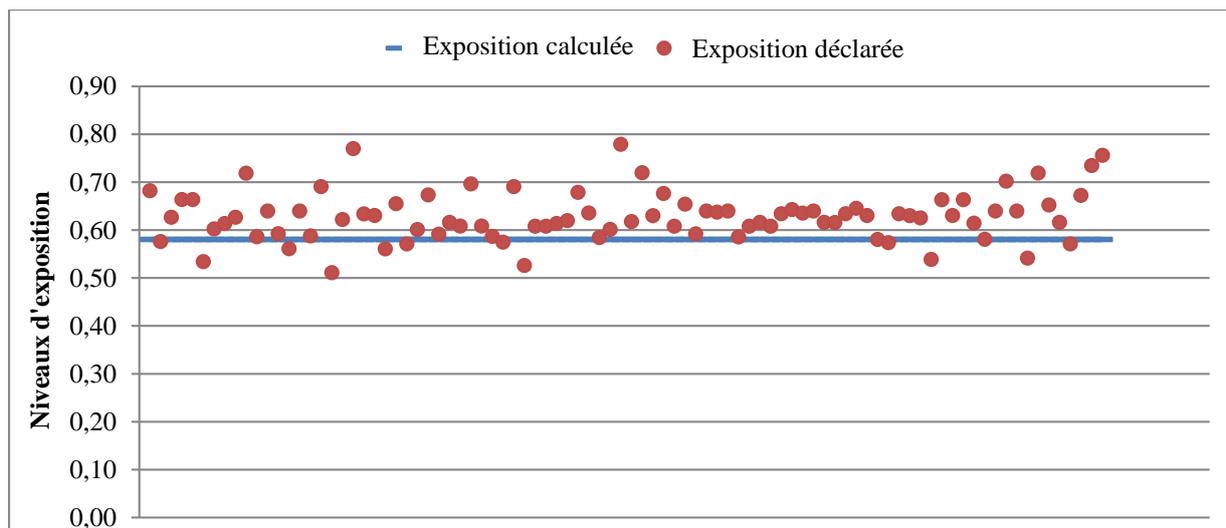


Figure 37: Exposition calculée et déclarée des différentes exploitations agricoles

Source : Enquêtes, 2019

Dans le Tableau 41 on constate que l'exposition déclarée ou issue de la déclaration des agriculteurs est supérieure à l'exposition calculée pour l'ensemble des exploitations agricole. Cela tend à montrer que les agriculteurs ont tendance à surestimer l'exposition de leurs exploitations agricoles aux différents aléas climatiques et surtout à la sécheresse. Cette surestimation pourrait être justifiée par la récurrence et la longue durée des sécheresses dans la zone du PHLV ces 10 dernières années.

On ne constate pas de différence significative entre l'exposition déclarée des différents types d'exploitations, ce qui montre que cette perception est sensiblement partagée d'un système de production à l'autre, à l'exception des cultures maraichères pour lesquelles l'exposition déclarée est légèrement inférieure aux autres exploitations.

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

Tableau 41: La comparaison entre l'exposition calculée et l'exposition déclarée

| | Intervalles | Exploitations viticulture | Exploitations arboriculture | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations Mixtes | Toutes les exploitations |
|---------------------|-------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| Exposition calculée | Moyenne | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,580 |
| | Maximum | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,580 |
| | Minimum | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,580 | 0,580 |
| | [0;0.25] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | [0.25;0.5] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | [0.5;0.75] | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| | [0.75;1] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Exposition déclarée | Moyenne | 0,629 | 0,629 | 0,637 | 0,607 | 0,634 | 0,628 |
| | Maximum | 0,769 | 0,663 | 0,778 | 0,719 | 0,690 | 0,778 |
| | Minimum | 0,510 | 0,607 | 0,538 | 0,541 | 0,574 | 0,510 |
| | [0;0.25] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | [0.25;0.5] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | [0.5;0.75] | 96% | 100% | 89% | 100% | 100% | 97% |
| | [0.75;1] | 4% | 0% | 11% | 0% | 0% | 3% |

Source : Enquêtes, 2019

L'exposition déclarée ne montre pas non plus de différence significative entre la plaine et la montagne. Les exploitations en plaine ont une exposition légèrement supérieure à celles de montagne (Figure 38). Cette ressemblance entre plaine et montagne en termes d'exposition au CC montre que la zone étudiée (territoire du PHLV) est globalement exposée aux mêmes aléas climatiques et notamment à la sécheresse.

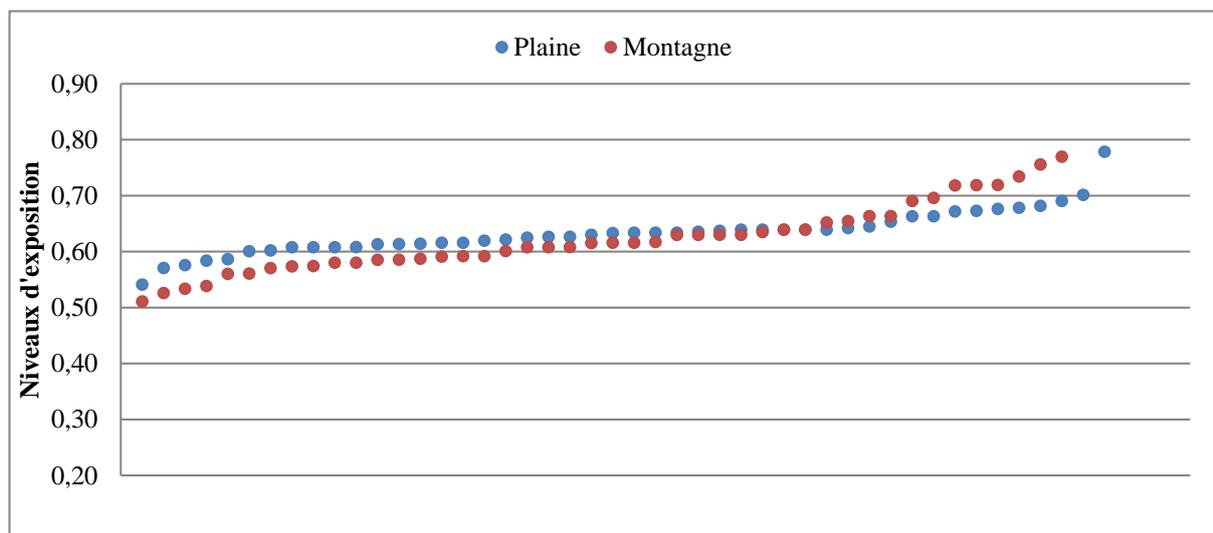


Figure 38: Exposition déclarée des exploitations agricoles de la plaine et de la montagne

Source : Enquêtes, 2019

7.2. La sensibilité des exploitations agricoles

La sensibilité a été appréhendée par des variables biophysiques spécifiques à chaque type de culture. Pour les cultures pérennes, elle est évaluée sur la base du type du sol, de l'orientation des parcelles, de l'âge des arbres des cultures pérennes, de la diversification variétale et de la diversification culturelle. Pour les cultures annuelles, elle est évaluée seulement par le type du sol, la diversification des variétés et la diversification culturelle.

La sensibilité calculée de chaque culture résulte d'une moyenne simple de l'ensemble des variables de sensibilité normalisées. Par contre la sensibilité déclarée intègre des poids différents aux variables en fonction des notes que chacun des agriculteurs a attribué à l'importance de ces variables dans la sensibilité de leur exploitation. Pour une culture i la sensibilité déclarée prend la forme :

$$Sen. déclarée_i = \frac{\sum_{j=1}^n nt_j * Sen. calculée_j}{\sum_{j=1}^n nt_j};$$

Avec j est la variable de la sensibilité ; n est le nombre des variables de la sensibilité ; $Sen. calculée_j$ est la sensibilité calculée par rapport à la variable j et nt_j est la note attribuée par l'agriculteur du rôle de la variable j dans la sensibilité.

Compte tenu des résultats par types de culture, la mesure de la sensibilité à l'échelle de l'exploitation est ensuite effectuée proportionnellement en fonction de la part de chaque culture dans la SAU totale.

7.2.1. La sensibilité calculée des exploitations agricoles

Le Tableau 42 présente les sensibilités calculées par rapport aux différentes variables et la sensibilité calculée globale pour les différentes exploitations agricoles. La sensibilité calculée des différentes exploitations agricoles varie entre 0.137 et 0.750 avec une moyenne de 0.501. Les résultats montrent que les exploitations de cultures pérennes sont plus sensibles que des cultures annuelles. On observe que 54% des exploitations ont une sensibilité calculée supérieure à 0.5 : ce sont essentiellement les exploitations viticoles et arboricoles. Les exploitations viticoles sont les plus sensibles avec un niveau moyen de sensibilité de l'ordre de 0.588 et 86% de ces exploitations qui ont une sensibilité calculée supérieure à 0.5. Ce constat est justifié par le fait que ce type d'exploitation présente les valeurs les plus élevées de sensibilités calculées par rapport aux différentes variables qui composent cette sensibilité : on peut noter une sensibilité élevée de 0.830 par rapport à la diversification culturelle, une

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

sensibilité de 0.610 par rapport à l'orientation des parcelles et une sensibilité de 0.518 par rapport au type de sol. Dans ces exploitations, les agriculteurs pratiquent la monoculture viticole sur des sols plus ou moins pauvres (une grande partie de la viticulture est installée sur des sols de type schistes ou grés qui se caractérisent une sensibilité très élevée) et la majorité orientent leurs parcelles essentiellement dans l'objectif d'avoir une longue ligne de plantation pour optimiser le temps de travail ; ils n'accordent pas beaucoup d'importance à l'ensoleillement (enquêtes parties prenantes, 2019).

Les exploitations arboricoles ont une sensibilité calculée moyenne de 0.457, et sont surtout sensibles à l'orientation des parcelles (0.571) et à l'âge des arbres (0.517). Ces exploitations sont moins sensibles que les exploitations viticoles parce qu'elles sont installées sur de meilleurs sols (sensibilité calculée par rapport au type de sol = 0.348) et cultivent plusieurs types d'arbres fruitiers (sensibilité calculée par rapport à la diversification culturelle = 0.423). Elles se caractérisent aussi par une diversification variétale importante (0.423) par rapport aux exploitations viticoles. Les exploitations des grandes cultures viennent en troisième position avec une sensibilité calculée moyenne de 0.445. Elles sont essentiellement sensibles par rapport à la diversification variétale (0.575) et par rapport au type de sol (0.412). Les exploitations mixtes ont une sensibilité calculée intermédiaire (0.441) entre les exploitations de cultures annuelles et celles de cultures pérennes. Enfin, les exploitations des cultures maraichères sont les moins sensibles (0.231). Elles ont presque les valeurs les plus faibles des différents types de sensibilité. Il s'agit d'exploitations à faible surface installées sur de bons sols avec une faible sensibilité (0.363) et qui se caractérisent par une diversification variétale (0.165) et culturelle importante (0.165).

Tableau 42: Sensibilité calculée des différentes exploitations agricoles

| | | Exploitations viticoles | Exploitations arboricoles | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations Mixtes | Toutes les exploitations |
|-------------------------------|------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| S (type de sol) | Moyenne | 0,518 | 0,348 | 0,412 | 0,363 | 0,378 | 0,455 |
| S (diversification variétale) | | 0,483 | 0,425 | 0,575 | 0,165 | 0,472 | 0,450 |
| S (diversification culturale) | | 0,830 | 0,423 | 0,348 | 0,165 | 0,386 | 0,608 |
| S (âge des arbres) | | 0,496 | 0,517 | --- | --- | 0,459 | 0,388 |
| S (orientation des parcelles) | | 0,610 | 0,571 | --- | --- | 0,505 | 0,463 |
| Sensibilité calculée | Moyenne | 0,588 | 0,457 | 0,445 | 0,231 | 0,441 | 0,501 |
| | Max | 0,750 | 0,583 | 0,538 | 0,362 | 0,611 | 0,750 |
| | Min | 0,444 | 0,278 | 0,360 | 0,137 | 0,244 | 0,137 |
| | [0-0.25] | 0% | 0% | 0% | 50% | 8% | 7% |
| | [0.25-0.5] | 14% | 78% | 89% | 50% | 67% | 39% |
| | [0.5-0.75] | 84% | 22% | 11% | 0% | 25% | 53% |
| | [0.75-1] | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% |

Source : enquêtes 2019

7.2.2. Importance des facteurs de la sensibilité selon les déclarations des agriculteurs

En fonction de leur expérience et à leurs connaissances, pour chaque culture les agriculteurs ont estimé, sur une échelle allant de 0 à 10 l'importance de chaque variable dans la sensibilité de chaque culture au CC.

7.2.2.1. Notes attribuées au rôle du type de sol dans la sensibilité des cultures

La Figure 39, montre que les notes attribuées au rôle du type de sol dans la sensibilité sont identiques pour toutes les cultures : elle est étirée vers la droite, c'est-à-dire que les agriculteurs ont attribué des notes élevées à cette variable. La quasi-totalité des agriculteurs ont attribué une note supérieure à 5 pour le type de sol, avec une note moyenne supérieure à 7 pour l'ensemble des cultures. Pour les agriculteurs, le type de sol influence beaucoup la sensibilité de leurs cultures aux variations climatiques.

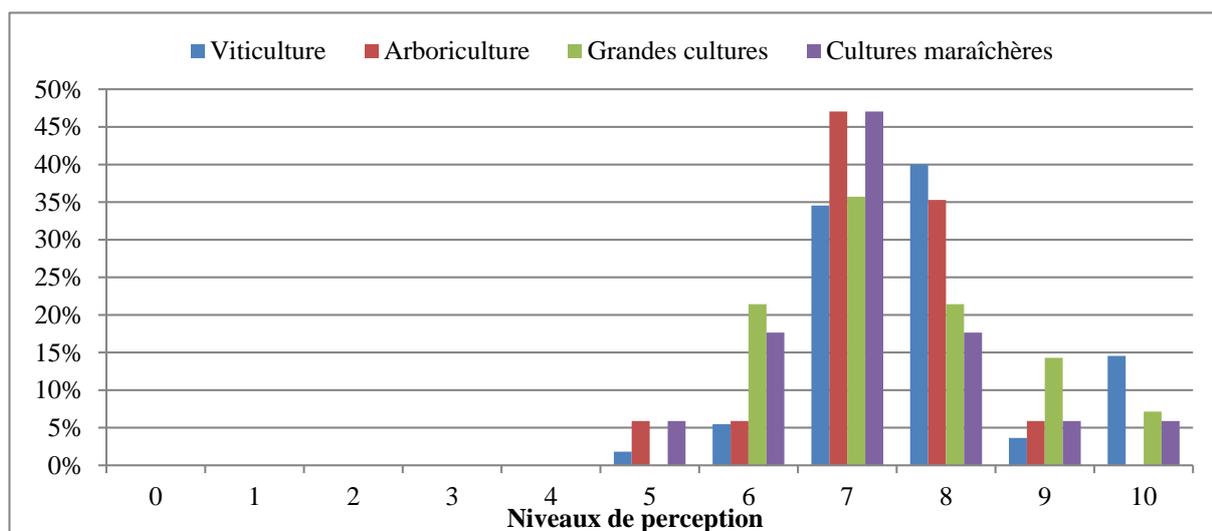


Figure 39: Distribution des notes attribuées au type de sol en fonction des différentes cultures
Source : enquêtes 2019

7.2.2.2. Notes attribuées au rôle de la diversification variétale sur la sensibilité des cultures

Les notes attribuées à la diversification variétale (Figure 40) sont homogènes pour toutes les cultures. Elle est étirée vers la droite ce qui tend à montrer que la majorité des agriculteurs perçoivent que pour toutes les cultures la diversification variétale est une variable importante de la sensibilité au CC. La quasi-totalité des agriculteurs a donné une note supérieure à 5 pour cette variable avec une note moyenne supérieure à 7 pour toutes les cultures.

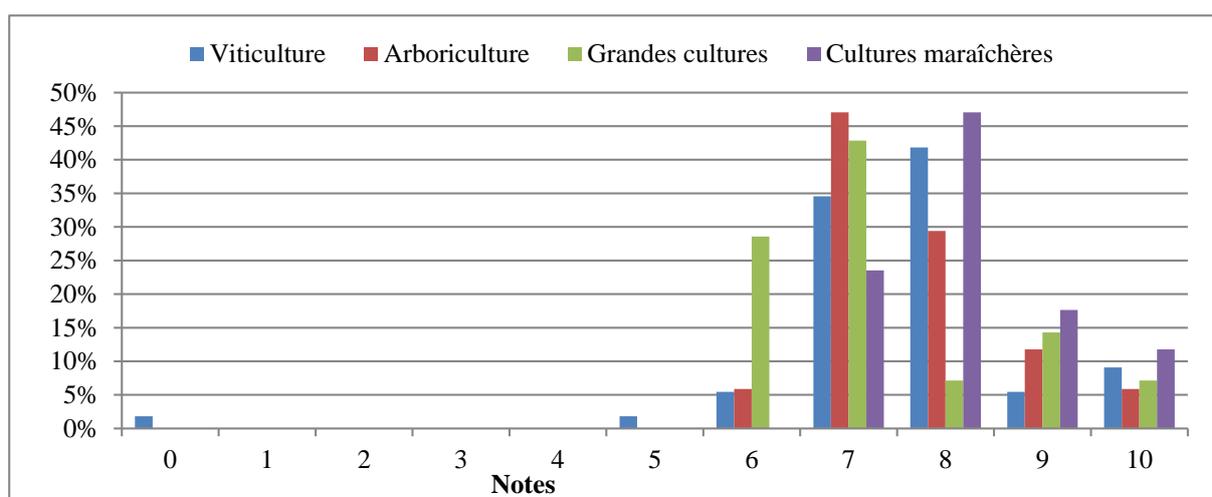


Figure 40: Distribution des notes attribuées à la diversification variétale en fonction des différentes cultures

Source : enquêtes 2019

7.2.2.3. Notes attribuées au rôle de la diversification culturelle sur la sensibilité des exploitations

La Figure 41 présente notes attribuées à la diversification culturelle en fonction des types des exploitations. Cette distribution est très hétérogène : elle varie en fonction du type d'exploitation ce qui signifie que les agriculteurs ne voient pas de la même façon l'effet de la diversification culturelle dans la sensibilité. Pour les exploitations des cultures maraichères, on observe des notes très élevées, d'où une distribution très étirée vers la droite avec une note moyenne de 8.9. Ensuite, les exploitations arboricoles, de grandes cultures et mixtes ont une distribution homogène plus ou moins étirée vers la droite avec des notes moyennes respectivement de 6.8; 7.3 et 6.4. Enfin, la majorité des viticulteurs ont attribué une note inférieure à 5 (distribution étirée vers la gauche), soit une note moyenne de 4.16.

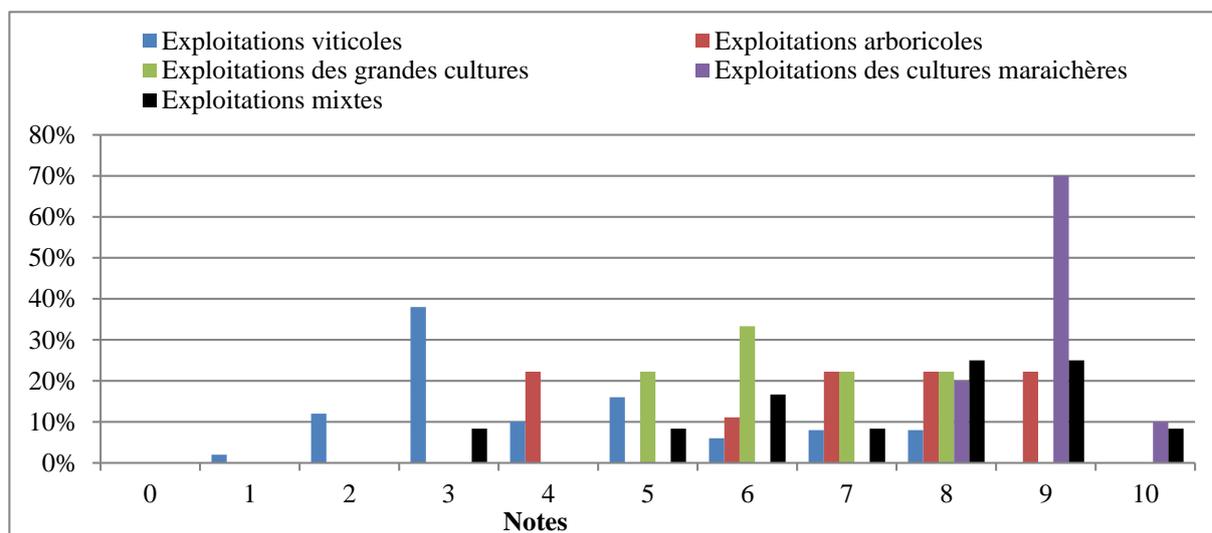


Figure 41: Distribution des notes attribuées à la diversification culturelle en fonction des différents types des exploitations

Source : enquêtes 2019

7.2.2.4. Notes attribuées au rôle de l'âge des arbres des cultures pérennes sur la sensibilité des exploitations

Pour les cultures pérennes la distribution des notes attribuées à l'âge des arbres (Figure 42) sont identiques pour les deux types des cultures, viticulture et arboriculture. Elle est étirée vers la droite avec une note moyenne de 7 ce qui tend à montrer que l'âge des arbres est déclaré comme étant une variable importante de la sensibilité au CC.

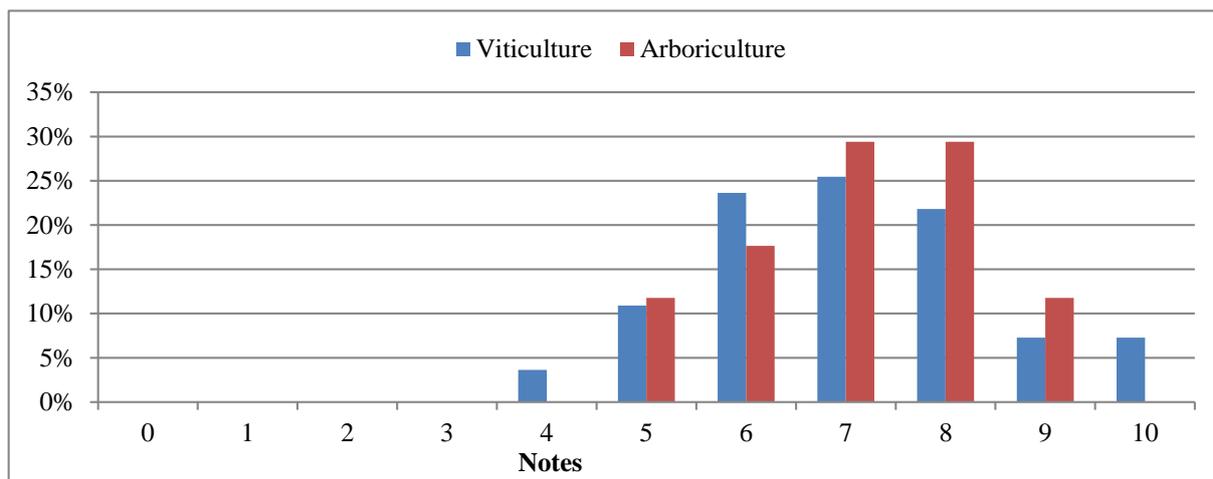


Figure 42: Distribution des notes attribuées à l'âge des arbres en fonction des cultures pérennes

Source : enquêtes 2019

7.2.2.5. Notes attribuées au rôle de l'orientation des parcelles sur la sensibilité des exploitations

La Figure 43 montre une différence nette dans les notes attribuées à l'orientation des parcelles entre la viticulture et l'arboriculture : on observe une distribution un peu étirée vers la droite et avec une moyenne 5.47 pour la viticulture ; à l'opposé, la distribution est étirée vers la gauche avec une note moyenne de 2.35 pour l'arboriculture. Pour les agriculteurs, la variable orientation des parcelles joue différemment dans la sensibilité de deux types de cultures et elle influence plus la viticulture.

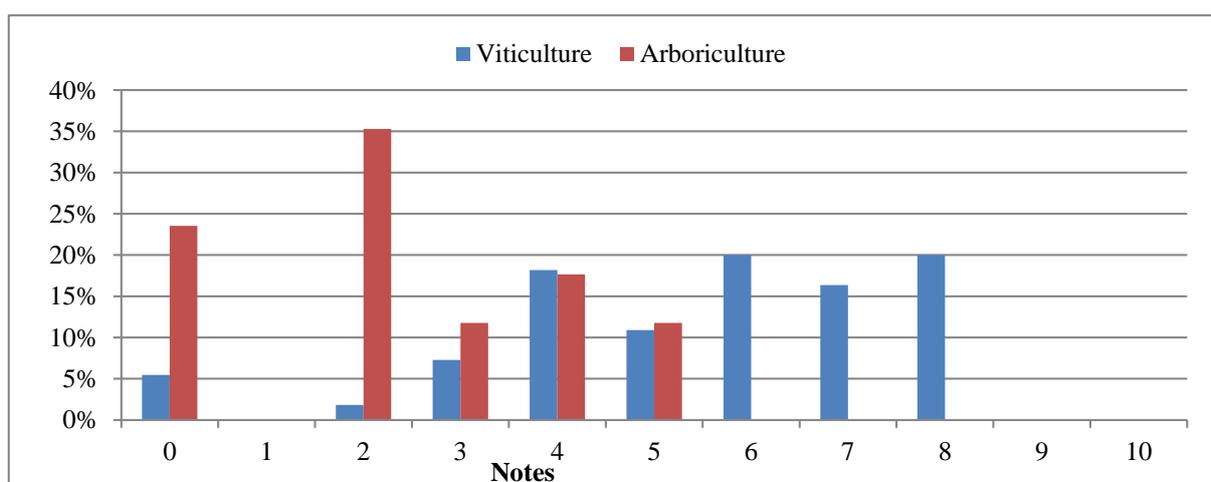


Figure 43: Distribution des notes attribuées à l'orientation des parcelles en fonction des cultures pérennes

Source : enquêtes 2019

7.2.2.6. Synthèse

Au total on distingue deux grands types de distributions des notes attribuées aux différentes variables : d'une part des distributions identiques et étirées vers la droite pour les variables type de sol, diversification variétale et âge des arbres (pour les cultures pérennes) et d'autre part, des distributions hétérogènes pour la diversification culturelle et l'orientation des parcelles. Cette différence témoigne une évaluation différente quant à l'importance du rôle des variables qui influencent la sensibilité des cultures en fonction des types de culture.

7.2.3. Comparaison entre sensibilité calculée et sensibilité déclarée

Le Tableau 43 présente les résultats des deux types de sensibilité des exploitations agricoles. On constate que pour tous les systèmes de cultures étudiés, les agriculteurs ont tendance à sous-estimer le niveau de leur sensibilité, (niveaux de sensibilité inférieurs dans le calcul basé sur leurs notes attribuées). Par exemple, 84% des exploitations viticoles ont une sensibilité calculée élevée (entre 0.5 et 0.75) alors que seulement 62% ont une sensibilité déclarée entre 0.5 et 0.75.

Cependant, dans les deux méthodes de calcul, on retrouve le même classement de la sensibilité des exploitations selon le système de culture dominant : les exploitations basées sur les cultures annuelles sont moins sensibles que les exploitations basées sur les cultures pérennes pour les deux méthodes de calcul. Cette différence est justifiée d'une part, parce que les cultures pérennes ont plus de variables de sensibilité que les cultures annuelles et d'autre part, car il est très difficile de modifier les variables de la sensibilité pour les cultures pérennes : cela demande un investissement très lourd en termes de moyens et de temps. Par exemple, pour changer la variété de vigne il faut compter au minimum 5 ans entre l'arrachage et la replantation pour avoir une production.

Pour les deux méthodes de calcul, ce sont les exploitations maraichères qui sont les moins sensibles, ce qui s'explique par une diversification culturelle et variétale importante ainsi que parce qu'elles mobilisent de petites surfaces bénéficiant de sols de bonne qualité agronomique et moins sensibles. Enfin, ce sont les exploitations viticoles qui ont les niveaux de sensibilité les plus élevés (0.554), essentiellement liée à la faible diversification culturelle et au fait qu'il s'agit de sols pauvres et secs (schiste et grés).

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

Tableau 43 : Comparaison entre sensibilité calculée et sensibilité déclarée des différentes exploitations agricoles

| | Intervalles | Exploitations viticoles | Exploitations arboricoles | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations Mixtes | Toutes les exploitations |
|----------------------|-------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| Sensibilité calculée | Moyenne | 0,588 | 0,457 | 0,445 | 0,231 | 0,441 | 0,501 |
| | Maximum | 0,750 | 0,583 | 0,538 | 0,362 | 0,611 | 0,750 |
| | Minimum | 0,444 | 0,278 | 0,360 | 0,137 | 0,244 | 0,137 |
| | [0;0.25] | 0% | 0% | 0% | 50% | 8% | 7% |
| | [0.25;0.5] | 14% | 78% | 89% | 50% | 67% | 39% |
| | [0.5;0.75] | 84% | 22% | 11% | 0% | 25% | 53% |
| | [0.75;1] | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% |
| Sensibilité déclarée | Moyenne | 0,558 | 0,429 | 0,403 | 0,223 | 0,394 | 0,470 |
| | Maximum | 0,746 | 0,515 | 0,473 | 0,347 | 0,582 | 0,746 |
| | Minimum | 0,397 | 0,292 | 0,335 | 0,136 | 0,246 | 0,136 |
| | [0;0.25] | 0% | 0% | 0% | 70% | 1% | 9% |
| | [0.25;0.5] | 38% | 78% | 100% | 30% | 74% | 51% |
| | [0.5;0.75] | 62% | 22% | 0% | 0% | 25% | 40% |
| | [0.75;1] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

Source : enquêtes 2019

La Figure 44 présente la sensibilité déclarée (même tendance pour la sensibilité calculée) pour les exploitations en zone de plaine et de montagne. On observe que les exploitations agricoles en plaine (de 0.136 à 0.666 avec une moyenne de 0.434) sont moins sensibles au CC par rapport à celles de montagne (de 0.138 à 0.746 avec une moyenne de 0.502). Cette différence s'explique par la prédominance en montagne des sols pauvres et secs (schiste et grés) qui sont par ailleurs plus sensibles à la sécheresse ainsi que par une plus faible diversification culturelle.

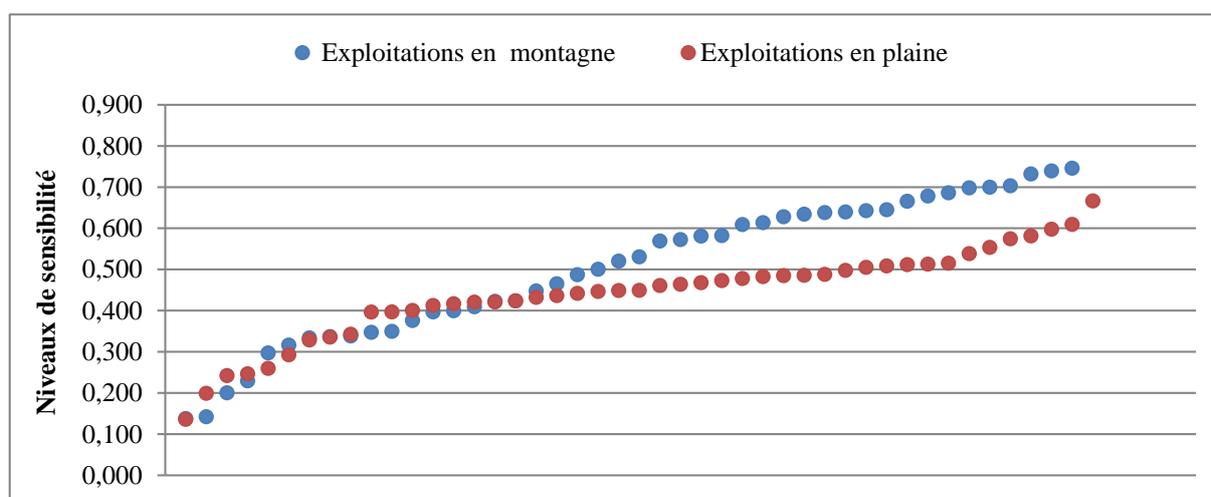


Figure 44: Sensibilités déclarées des exploitations en plaine et en montagne

Source : enquêtes 2019

7.3. Capacité d'adaptation des exploitations agricoles

La capacité d'adaptation (CA) est souvent calculée en termes de disponibilité des ressources. Elle est évaluée ici à partir d'un ensemble de dimensions rendant compte des différents types de capitaux, humain, technique et économique dont les agriculteurs disposent. L'évaluation des capitaux humain et économique est appréhendée à l'échelle de l'exploitation tandis que le capital technique est spécifique en fonction des types de culture (cf. CHAPITRE 4).

Comme les autres composantes de la vulnérabilité, la CA calculée liée à chaque capital résulte d'une moyenne simple de l'ensemble des variables normalisées de chaque capital. Alors que la CA déclarée liée à chaque capital implique d'attribuer des poids différents aux variables en fonction des notes que chacun des agriculteurs a attribué à l'importance de ces variables dans la CA de leur exploitation. La CA déclarée liée à un capital i prend la forme :

$$CA_i = \frac{\sum_{j=1}^n nt_j * CA.calculée_j}{\sum_{j=1}^n nt_j} ;$$

Avec n est le nombre de variables constituant le capital i et j est une variable de CA liée au capital i .

Au total la CA globale correspond à la moyenne des différents capitaux.

Rappelons que la CA liée au capital humain dépend du niveau de formation, de l'âge, de l'expérience agricole et de l'appartenance aux réseaux agricoles. Pour la CA liée au capital économique cinq variables ont été sélectionnées, le mode de commercialisation, la part du revenu extra-agricole, le statut juridique de l'exploitation, le statut foncier de la terre et l'existence d'une assurance pour la récolte. Enfin, la CA liée au capital technique est appréhendée sur la base des pratiques culturales et des installations à partir de quatre variables : l'irrigation, les infrastructures agro-écologiques, le mode de gestion du sol et le mode de gestion des cultures.

7.3.1. La CA calculée des exploitations agricoles

7.3.1.1. La CA calculée liée au capital humain

Le Tableau 44 présente les résultats de la CA calculée liée au capital humain. Elle varie entre 0.312 et 0.678 pour une moyenne de 0.484. On remarque que 60% des exploitations agricoles ont une CA calculée liée au capital humain plutôt faible (< 0.5). En moyenne et pour l'ensemble des exploitations on n'observe pas une grande différence dans la CA calculée liée

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

au capital humain. Ce sont les exploitations de grandes cultures qui ont la CA calculée liée au capital humain la plus faible (0.397). Ceci s'explique par le niveau de formation (CA moyenne de 0.296) et les réseaux agricoles (0.373). D'une part la totalité des agriculteurs qui font des grandes cultures n'ont pas reçu de formation agricole et n'ont pas suivi de formation durant les cinq dernières années. D'autre part, leurs réseaux agricoles sont limités à une simple adhésion aux coopératives. Les exploitations viticoles et mixtes ont la CA calculée liée au capital humain la plus élevée avec des moyennes respectivement de 0.506 et 0.517. En effet, les viticulteurs ont une expérience agricole importante (>20 ans pour 57%) et un réseau agricole bien développé. Pour les exploitations mixtes, les agriculteurs sont à la fois assez jeunes (57% ont moins de 49 ans) et expérimentés (>20 ans pur 57%).

Tableau 44: La CA calculée liée au capital humain des différentes exploitations agricoles

| | | Exploitations viticoles | Exploitations arboricoles | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations Mixtes | Toutes les exploitations |
|------------------------------------|------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| CA (niveau de formation) | Moyenne | 0,482 | 0,407 | 0,296 | 0,383 | 0,487 | 0,439 |
| CA (âge de l'agriculteur) | | 0,496 | 0,487 | 0,432 | 0,626 | 0,551 | 0,515 |
| CA (expérience agricole) | | 0,525 | 0,431 | 0,486 | 0,400 | 0,545 | 0,494 |
| CA (réseau agricole) | | 0,523 | 0,466 | 0,373 | 0,477 | 0,486 | 0,489 |
| CA calculée liée au capital humain | Moyenne | 0,506 | 0,448 | 0,397 | 0,472 | 0,517 | 0,484 |
| | Max | 0,678 | 0,584 | 0,469 | 0,552 | 0,624 | 0,678 |
| | Min | 0,323 | 0,375 | 0,312 | 0,395 | 0,343 | 0,312 |
| | [0-0.25] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | [0.25-0.5] | 44% | 77% | 100% | 60% | 58% | 60% |
| | [0.5-0.75] | 56% | 33% | 0% | 40% | 42% | 40% |
| | [0.75-1] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

Source : enquêtes 2019

7.3.1.2. La CA calculée liée au capital économique

La CA calculée liée au capital économique (Tableau 45) varie entre 0.277 et 0.794 pour une moyenne de 0.456. Cette capacité limitée est due essentiellement à de faibles niveaux concernant le statut juridique (0.327) et le recours à l'assurance récolte (0.294). En effet, 68% des exploitations sont des exploitations individuelles et 78% des exploitations n'ont pas souscrit une assurance récolte. Par contre le statut foncier présente une CA élevée (0.708), la majorité des agriculteurs (65%) sont propriétaires de moins 90% des terres exploitées. On observe les CA calculées liées au capital économique les plus limitées pour les grandes

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

cultures (0.346) et les cultures maraichères (0.365) devant les exploitations mixtes (0.460) et arboricoles (0.468) alors que, les exploitations viticoles ont la CA calculée liée au capital économique la plus élevée (0.490).

Tableau 45: La CA calculée liée au capital économique des différentes exploitations agricoles

| | | Exploitations viticoles | Exploitations arboricoles | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations Mixtes | Toutes les exploitations |
|--|------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| CA (Commercialisation) | Moyenne | 0,566 | 0,465 | 0,419 | 0,545 | 0,483 | 0,528 |
| CA (revenus extra-agricole) | | 0,396 | 0,483 | 0,568 | 0,398 | 0,383 | 0,420 |
| CA (statut juridique) | | 0,324 | 0,313 | 0,312 | 0,265 | 0,414 | 0,327 |
| CA (statut foncier) | | 0,795 | 0,875 | 0,264 | 0,450 | 0,771 | 0,708 |
| CA (Assurance récolte) | | 0,371 | 0,202 | 0,165 | 0,165 | 0,248 | 0,294 |
| CA calculée liée au capital économique | Moyenne | 0,490 | 0,468 | 0,346 | 0,365 | 0,460 | 0,456 |
| | Max | 0,794 | 0,572 | 0,454 | 0,550 | 0,722 | 0,794 |
| | Min | 0,233 | 0,322 | 0,258 | 0,233 | 0,276 | 0,277 |
| | [0-0.25] | 0% | 0% | 0% | 10% | 0% | 1% |
| | [0.25-0.5] | 62% | 56% | 100% | 70% | 75% | 68% |
| | [0.5-0.75] | 36% | 44% | 0% | 20% | 25% | 30% |
| | [0.75-1] | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% |

Source : enquêtes 2019

7.3.1.3. La CA calculée liée au capital technique

Le Tableau 46 présente la CA calculée liée au capital technique. Elle varie entre 0.267 et 0.756 pour une moyenne de 0.473. Ce sont les exploitations de grandes cultures qui ont les plus faibles valeurs (moyenne de 0.331) surtout par rapport à l'irrigation (0.125) et la gestion des plantes (0.345). Les exploitations viticoles viennent en deuxième position avec une CA moyenne de 0.425 liée à un faible recours à l'irrigation (0,282). On trouve ensuite les exploitations de cultures maraichères et mixtes avec des CA généralement supérieures à 0.5. Enfin les valeurs les plus élevées sont constatées pour l'arboriculture avec une CA calculée liée au capital technique moyenne de 0.650.

Tableau 46: La CA calculée liée au capital technique des différentes exploitations agricoles

| | | Exploitations viticoles | Exploitations arboricoles | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations Mixtes | Toutes les exploitations |
|---------------------------------------|------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|
| CA (irrigation) | Moyenne | 0,282 | 0,683 | 0,125 | 0,753 | 0,508 | 0,389 |
| CA (Infrastructures agro-écologiques) | | 0,420 | 0,639 | 0,417 | 0,500 | 0,625 | 0,478 |
| CA (gestion du sol) | | 0,418 | 0,574 | 0,437 | 0,623 | 0,485 | 0,467 |
| CA (gestion des plantes) | | 0,579 | 0,705 | 0,345 | 0,529 | 0,561 | 0,560 |
| CA calculée liée au capital technique | Moyenne | 0,425 | 0,650 | 0,331 | 0,601 | 0,545 | 0,473 |
| | Max | 0,631 | 0,756 | 0,451 | 0,698 | 0,742 | 0,756 |
| | Min | 0,278 | 0,468 | 0,267 | 0,509 | 0,319 | 0,267 |
| | [0-0.25] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | [0.25-0.5] | 72% | 11% | 100% | 0% | 42% | 57% |
| | [0.5-0.75] | 38% | 78% | 0% | 100% | 58% | 42% |
| | [0.75-1] | 0% | 11% | 0% | 0% | 0% | 1% |

Source : enquêtes 2019

7.3.2. Importance des facteurs de la CA selon les déclarations des agriculteurs

Chaque agriculteur a exprimé son appréciation (note de 0 à 10) vis-à-vis de l'importance des variables d'adaptation dans la CA de leur exploitation. Les notes attribuées au rôle des différentes variables d'adaptation seront détaillées en fonction des capitaux identifiés (humain, économique et technique).

7.3.2.1. Importance des facteurs de la CA liée au capital humain

Selon la Figure 45, on remarque que les notes attribuées sont différentes d'une variable à une autre. Pour la variable expérience agricole on a une distribution très étirée vers la droite avec presque la totalité des agriculteurs qui ont attribué une note supérieure ou égale 7 (moyenne de 8.4). Les notes attribuées au rôle du réseau agricole montrent une distribution étirée vers la droite, avec plus de 80% des agriculteurs qui ont attribué une note supérieure à 5 (moyenne de 7). La variable niveau de formation vient en troisième position avec une distribution centrée et une moyenne égale à 5. Enfin, les agriculteurs ont attribué des notes faibles pour l'âge (moyenne de 4.4). Ces déclarations montrent que les variables réseau agricole et expérience agricole influencent beaucoup plus la CA liée au capital humain que les autres variables.

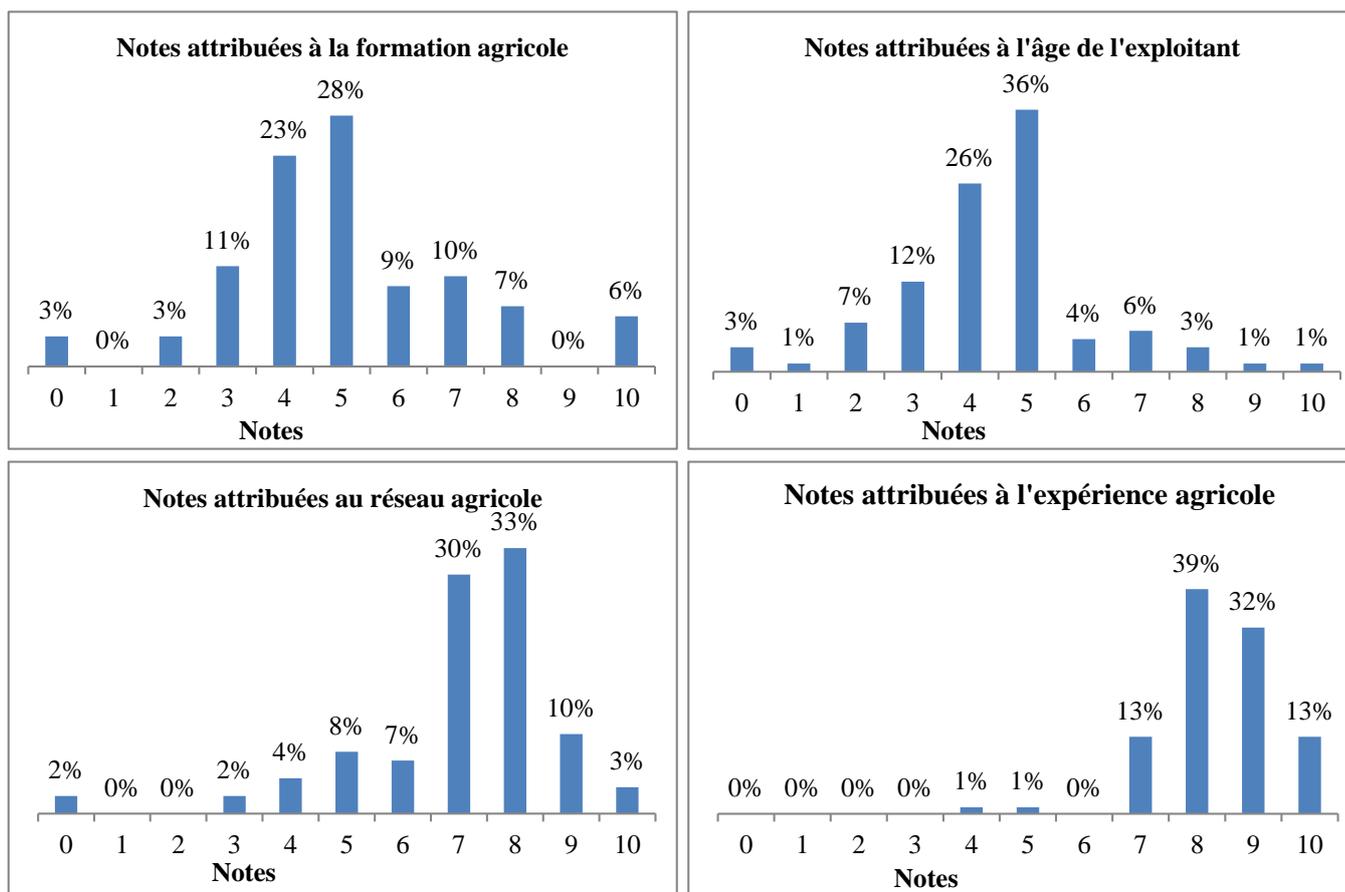


Figure 45: Distribution des notes attribuées aux différentes variables de la CA liée au capital humaine

Source : enquêtes 2019

7.3.2.2. Importance des facteurs de la CA liée au capital économique

La Figure 46 présente les notes attribuées aux différentes variables de la CA liée au capital économique. On observe plusieurs types de distributions. La distribution des notes attribuées à la variable commercialisation est très étirée vers la droite avec plus de 90% des agriculteurs ont attribué une note supérieure à 7 (moyenne de 8.4). De la même façon, la variable revenu extra-agricole a une distribution étirée vers la droite (moyenne de 6.9), tandis que les notes attribuées aux autres variables sont plus faibles avec une moyenne de 5,6 pour le statut foncier et de 2.7 et 2.8 respectivement pour l'assurance récolte et le statut juridique. Pour ces deux variables plusieurs agriculteurs ont attribué une note zéro (soit 23% pour l'assurance récolte et 14% pour le statut juridique). Ainsi les agriculteurs voient que la CA liée au capital économique dépend essentiellement des variables commercialisation, des revenus extra-agricoles et du statut foncier.

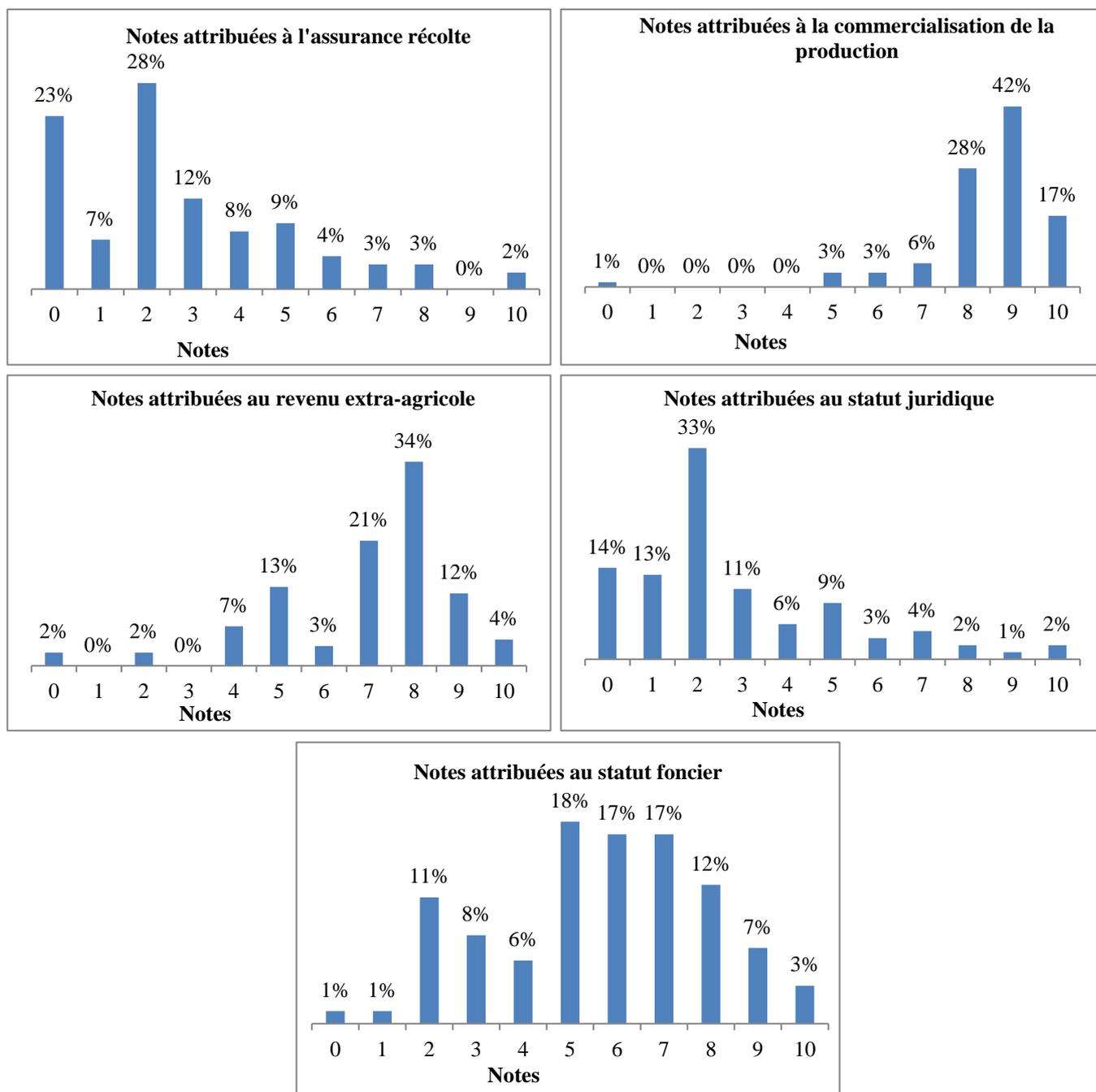


Figure 46: Distribution notes attribuées aux différentes variables de la CA liée au capital économique

Source : enquêtes 2019

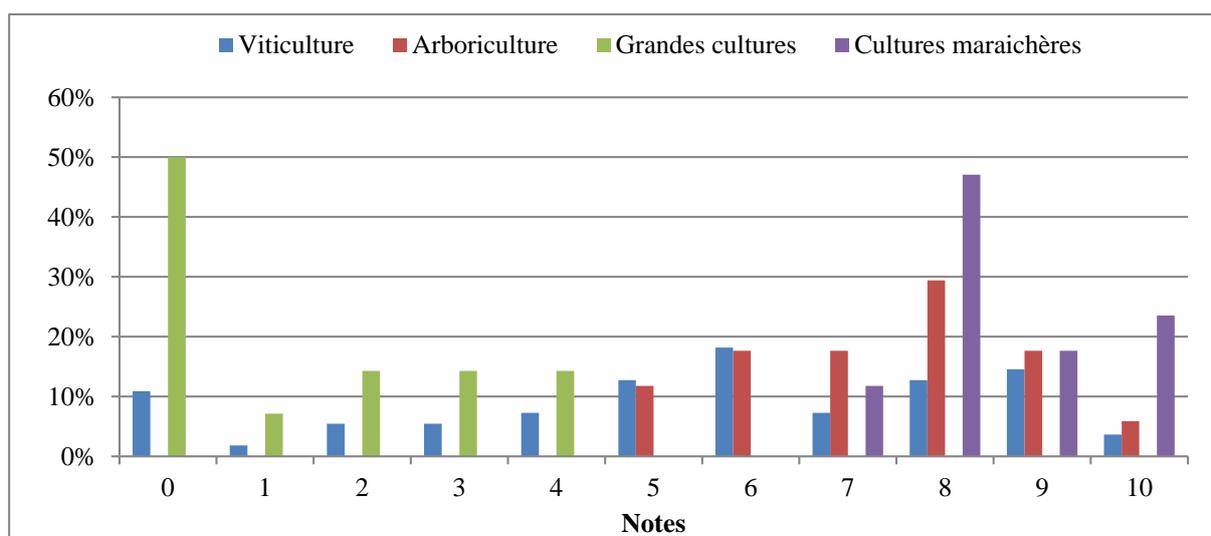
7.3.2.3. Importance des facteurs de la CA liée au capital technique

Comme chaque culture a des besoins spécifiques en termes de pratiques, les notes attribuées aux variables du capital technique ont été traitées à l'échelle des systèmes de cultures.

7.3.2.3.1. Notes attribuées au rôle de l'irrigation dans la CA liée au capital technique

Les notes attribuées à la variable irrigation en fonction des cultures (

Figure 47) sont très hétérogènes. On observe des distributions étirées vers la droite pour l'arboriculture et surtout pour les cultures maraichères avec des notes moyennes respectivement de 7.4 et 8.5. La viticulture se caractérise par une distribution très étalée avec une moyenne de 5.5. Par contre, on constate une distribution très étirée vers la gauche pour les grandes cultures (50% des agriculteurs ont attribué une note zéro) avec une moyenne de



1.35.

Figure 47: Distribution des notes attribuées à l'irrigation en fonction des différents systèmes de cultures

Source : enquêtes 2019

7.3.2.3.2. Notes attribuées au rôle des infrastructures agro-écologiques sur la CA liée au capital technique

Les distributions des notes attribuées aux infrastructures agro-écologiques sont toutes étirées vers la gauche. La majorité des agriculteurs ont attribué des notes faibles pour cette variable soit une moyenne inférieure à 5 pour toutes les cultures (4.14 pour la viticulture, 3.9 pour l'arboriculture, 2.8 pour les grandes cultures et 3.8 pour les cultures maraichères).

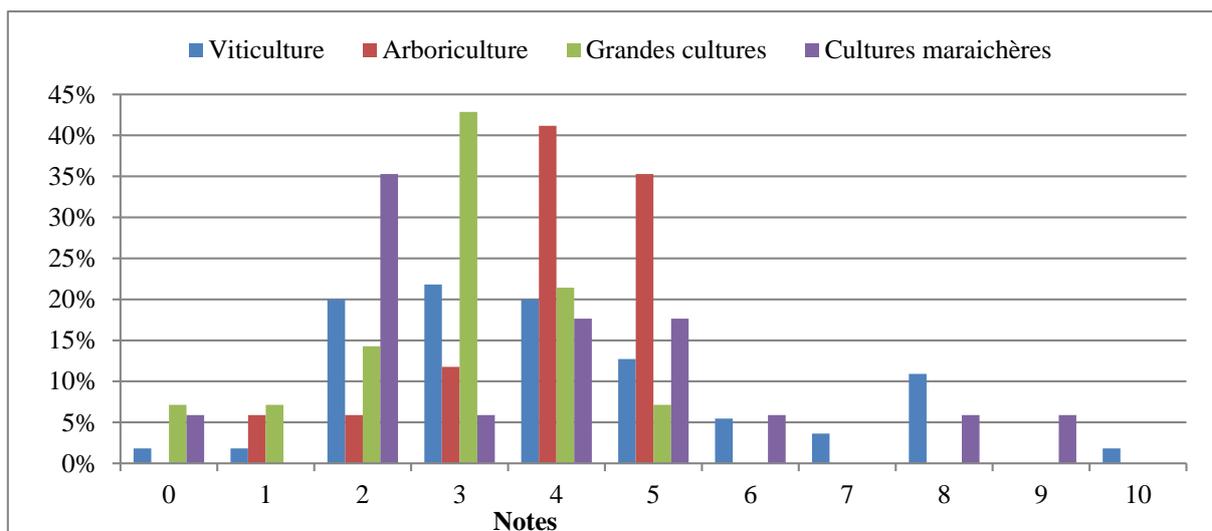


Figure 48: Distribution des notes attribuées aux infrastructures agro-écologiques en fonction des différentes cultures

Source : enquêtes 2019

7.3.2.3.3. Notes attribuées au rôle de la gestion du sol sur la CA liée au capital technique

La représentation graphique des notes attribuées à la variable gestion du sol (Figure 49) montre des distributions très étirées vers la droite pour toutes les cultures. La totalité des agriculteurs ont attribué une note supérieure ou égale à 6 avec une moyenne égale à 8 pour la viticulture, 7.6 pour l'arboriculture, 7.2 pour les grandes cultures et 8.5 pour les cultures maraichères.

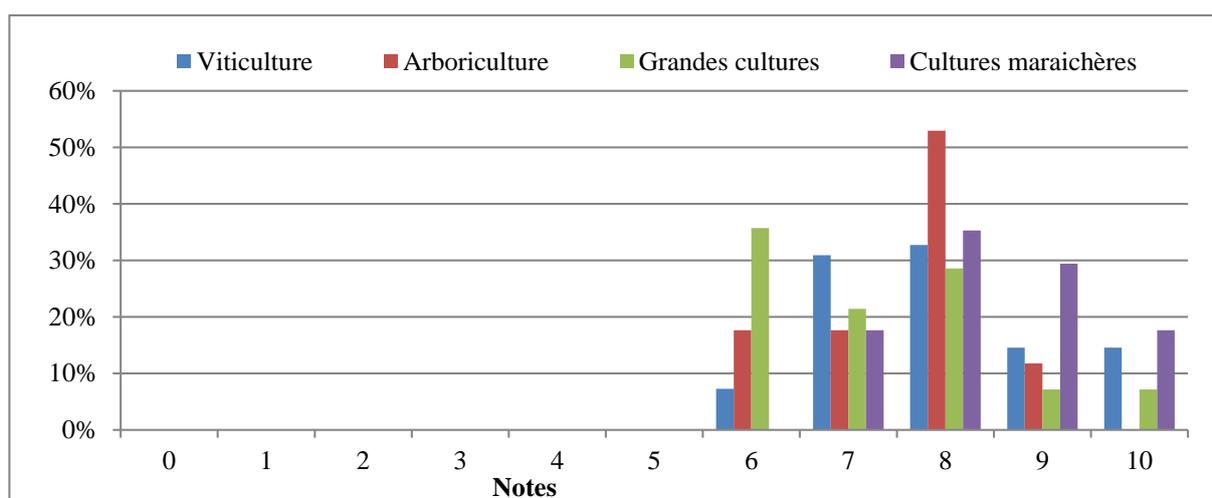


Figure 49: Distribution des notes attribuées à la gestion du sol en fonction des différentes cultures

Source : enquêtes 2019

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

7.3.2.3.4. Notes attribuées au rôle de la gestion des plantes sur la CA liée au capital technique

Selon la Figure 50, on observe pour toutes les cultures des distributions des notes attribuées à la variable gestion des plantes étirées vers la droite. La totalité des agriculteurs ont donné une note supérieure ou égale à 5 pour cette variable, soit une moyenne de 7.4 pour la viticulture, 7.6 pour l'arboriculture, 6.8 pour les grandes cultures et 7.5 pour les cultures maraichères.

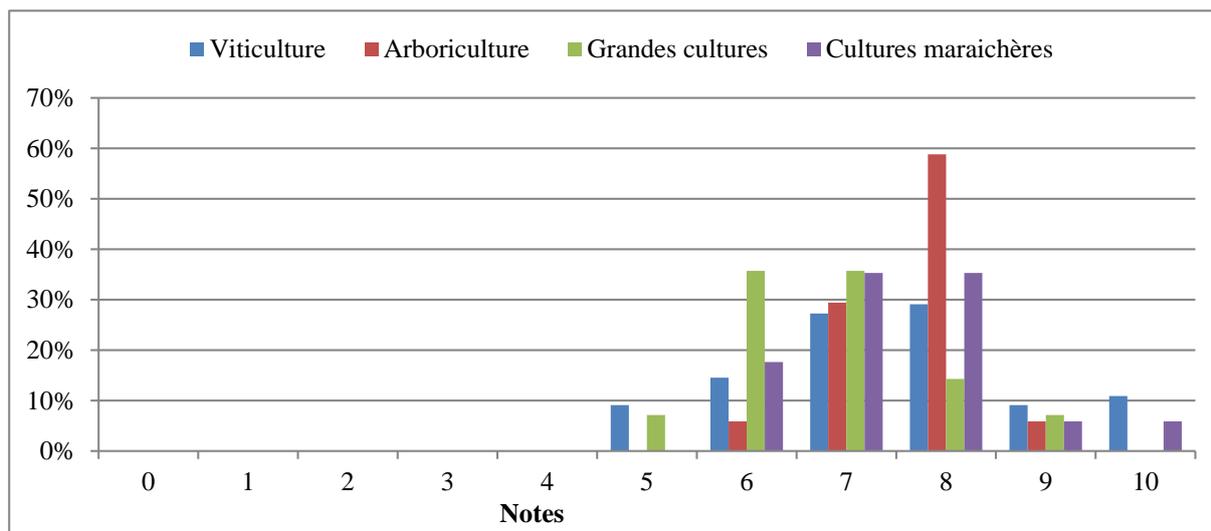


Figure 50: Distribution des notes attribuées à la gestion des plantes en fonction des différentes cultures

Source : enquêtes 2019

7.3.2.3.5. Synthèse

Au final il ressort de ces analyses que les agriculteurs voient que la CA lié au capital technique est essentiellement basée sur la gestion des plantes et surtout du sol. Malgré son importance, l'irrigation vient en troisième position. Les infrastructures agro-écologiques ont été considérées comme une variable de faible importance.

7.3.3. Comparaison entre CA calculée et CA déclarée

Le Tableau 47 expose les résultats des CA calculées et des CA déclarées des exploitations agricoles. Les notes des agriculteurs ont modifié les niveaux des CA avec des niveaux de CA déclarées plus élevés que ceux calculées. La CA déclarée varie entre 0.342 et 7.13 avec une moyenne de 0.503 alors que, la CA calculée varie entre 0.296 et 0.654 avec une moyenne de 0.471. De plus, 53% des exploitations ont une CA déclarée supérieure à 0.5 alors que

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

seulement 37% des exploitations ont une CA calculée supérieure à 0.5. Il apparaît donc que les agriculteurs ont tendance à surestimer leur CA.

Pour les deux évaluations, ce sont les exploitations arboricoles qui ont le niveau de CA le plus élevé (CA déclarée moyenne = 0.555) devant les exploitations mixtes (CA déclarée moyenne = 0.529), les exploitations viticoles et les cultures maraichères viennent en troisième position avec une CA déclarée moyenne qui est dans les deux cas presque égale à 0.504. Enfin les exploitations de grandes cultures ont la CA la plus faible (CA déclarée moyenne = 0.407).

Tableau 47: Comparaison entre la CA calculée et la CA déclarée

| | | Exploitations viticoles | Exploitations arboricoles | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations Mixtes | Toutes les exploitations | |
|--------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|-------|
| CA calculée | liée au capital humain | 0,506 | 0,448 | 0,397 | 0,472 | 0,495 | 0,484 | |
| | liée au capital économique | 0,490 | 0,468 | 0,346 | 0,365 | 0,460 | 0,456 | |
| | liée au capital technique | 0,425 | 0,650 | 0,331 | 0,601 | 0,545 | 0,473 | |
| | CA calculée | Moyenne | 0,474 | 0,522 | 0,358 | 0,479 | 0,500 | 0,471 |
| | | Maximum | 0,654 | 0,575 | 0,446 | 0,589 | 0,594 | 0,654 |
| | | Minimum | 0,341 | 0,451 | 0,296 | 0,404 | 0,389 | 0,296 |
| | | [0;0.25] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | | [0.25;0.5] | 68% | 33% | 100% | 60% | 42% | 63% |
| | | [0.5;0.75] | 32% | 67% | 0% | 40% | 58% | 37% |
| | [0.75;1] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | |
| CA déclarée | liée au capital humain | 0,519 | 0,451 | 0,403 | 0,463 | 0,489 | 0,490 | |
| | liée au capital économique | 0,541 | 0,558 | 0,444 | 0,433 | 0,538 | 0,521 | |
| | liée au capital technique | 0,451 | 0,656 | 0,376 | 0,619 | 0,561 | 0,498 | |
| | CA déclarée | Moyenne | 0,504 | 0,555 | 0,407 | 0,505 | 0,529 | 0,503 |
| | | Maximum | 0,713 | 0,682 | 0,542 | 0,607 | 0,645 | 0,713 |
| | | Minimum | 0,387 | 0,474 | 0,342 | 0,443 | 0,419 | 0,342 |
| | | [0;0.25] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| | | [0.25;0.5] | 44% | 22% | 89% | 60% | 33% | 47% |
| | | [0.5;0.75] | 56% | 78% | 11% | 40% | 67% | 53% |
| | [0.75;1] | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | |

Source : enquêtes 2019

7.4. Importance des facteurs de la vulnérabilité selon les déclarations des agriculteurs

Le Tableau 48 présente l'importance déclarée de la contribution des différentes variables à la vulnérabilité des exploitations. Les scores correspondent à la somme des notes attribuées divisée par le total des notes possibles. À l'échelle de l'ensemble des exploitations cet indicateur varie d'un minimum de 0.147 pour l'inondation à un maximum de 0.844 pour la commercialisation. Pour la composante exposition, c'est la sécheresse qui est déclarée comme l'enjeu climatique le plus important (score de 0.749). Viennent ensuite la grêle et le gel printanier avec des scores respectivement de 0.394 et de 0.299, tandis que l'inondation malgré sa fréquence avec 34% des événements climatiques (Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral, 2018)), obtient globalement le plus faible score (0.147). La prise en compte des déclarations des agriculteurs permet ainsi de tenir compte des différentiels d'impacts selon les aléas et pas seulement de leur récurrence. On note ainsi qu'aux dires des agriculteurs c'est la sécheresse du fait qu'elle intervienne à l'échelle de l'ensemble de l'exploitation qui génère la vulnérabilité la plus forte. Concernant la sensibilité c'est la variable diversification variétale qui est déclarée comme le facteur le plus important (score moyen de 0.765) pour l'ensemble des exploitations tandis que pour les autres facteurs, les résultats varient selon les types de culture avec une note attribuée à l'importance de la diversification culturelle très élevée pour les exploitations maraichères (0.890) et très faible pour les exploitations viticoles (0.416). Pour la CA liée au capital humain, les notes attribuées sont très homogènes à l'échelle de l'ensemble des exploitations, avec des indices moyens pour la formation (0.504) et l'âge de l'exploitant (0.444), et forts pour l'expérience agricole (0.838) et le réseau agricole (0.707). Dans le domaine économique, la CA est surtout liée au mode de commercialisation (0.844), puis à l'existence de revenus extra-agricoles (0.696) et au statut foncier (0.566), alors que le statut juridique et l'assurance obtiennent des scores très faibles (0.281 et 0.271). Enfin, pour la dimension technique de la CA, on observe aussi une assez grande homogénéité quelles que soient les cultures avec des scores très élevés pour la gestion du sol (0.790) et des plantes (0.740) et très faibles pour les infrastructures agro-écologiques (0.388), tandis que le rôle de l'irrigation varie selon les types d'exploitation (faible pour les exploitations des grandes cultures (0.166), moyen pour celles viticoles et mixtes (respectivement 0.542 et 0.616) et élevé pour l'arboriculture (0.720) et le maraichage (0.880).

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

Tableau 48: Importance des facteurs de la vulnérabilité selon les déclarations des agriculteurs

| | | Exploitations viticoles | Exploitations arboricoles | Exploitations des grandes cultures | Exploitations des cultures maraichères | Exploitations Mixtes | Toutes les exploitations | |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------------|-------|
| Exposition | Sécheresse | 0.766 | 0.733 | 0.778 | 0.690 | 0.717 | 0.749 | |
| | Inondation | 0.134 | 0.211 | 0.189 | 0.190 | 0.083 | 0.147 | |
| | Gel printanier | 0.300 | 0.289 | 0.311 | 0.370 | 0.233 | 0.299 | |
| | Grêle | 0.412 | 0.433 | 0.322 | 0.380 | 0.358 | 0.394 | |
| Sensibilité | Type de sol | 0.782 | 0.777 | 0.755 | 0.73 | 0.72 | 0.758 | |
| | Age des arbres des cultures pérennes | 0.708 | 0.766 | --- | --- | 0.646 | 0.704 | |
| | Orientation des parcelles | 0.562 | 0.267 | --- | --- | 0.277 | 0.423 | |
| | Diversification culturelle | 0.416 | 0.689 | 0.644 | 0.890 | 0.733 | 0.561 | |
| | Diversification variétale | 0.758 | 0.8 | 0.733 | 0.940 | 0.744 | 0.765 | |
| Capacité d'adaptation | liée au capital humain | Formation | 0.546 | 0.544 | 0.422 | 0.450 | 0.408 | 0.504 |
| | | Expérience agricole | 0.844 | 0.867 | 0.778 | 0.870 | 0.808 | 0.838 |
| | | Age de l'exploitant | 0.482 | 0.322 | 0.389 | 0.470 | 0.400 | 0.444 |
| | | Réseau agricole | 0.720 | 0.722 | 0.622 | 0.740 | 0.650 | 0.703 |
| | liée au capital économique | Commercialisation | 0.846 | 0.867 | 0.778 | 0.890 | 0.833 | 0.844 |
| | | Revenus extra-agricoles | 0.688 | 0.733 | 0.822 | 0.770 | 0.542 | 0.696 |
| | | Statut juridique | 0.302 | 0.211 | 0.244 | 0.260 | 0.292 | 0.281 |
| | | Statut foncier | 0.606 | 0.700 | 0.200 | 0.550 | 0.583 | 0.566 |
| | | Assurance récolte | 0.342 | 0.233 | 0.133 | 0.280 | 0.117 | 0.273 |
| | liée au capital technique | Gestion du sol | 0.796 | 0.810 | 0.730 | 0.900 | 0.740 | 0.790 |
| | | Irrigation | 0.542 | 0.720 | 0.166 | 0.880 | 0.616 | 0.575 |
| | | Gestion des plantes | 0.738 | 0.744 | 0.700 | 0.770 | 0.748 | 0.740 |
| | | Infrastructures agro-écologiques | 0.412 | 0.400 | 0.333 | 0.510 | 0.308 | 0.388 |

Source : Enquêtes 2019

7.5. Évaluation de la vulnérabilité calculée et déclarée des exploitations agricoles

La vulnérabilité calculée des exploitations agricoles varie globalement entre 0.167 et 1.232 avec une moyenne de 0.636, soit des scores très proches de la vulnérabilité déclarée qui varie entre 0.178 à 1.275 pour une moyenne de 0.601. Pour les deux approches de la vulnérabilité on note que c'est au sein des exploitations d'arboriculture que l'écart est le plus faible et pour les grandes cultures qu'il est le plus important. De même quelle que soit l'approche, on note qu'en moyenne le poids des différentes composantes est relativement équilibré. La

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

comparaison des évaluations calculées et déclarées à l'échelle des composantes permet de montrer une surestimation assez nette de la CA liée au capital économique quel que soit le type d'exploitation. En fonction des types d'exploitation, on note que ce sont les exploitations viticoles qui sont les plus vulnérables (moyenne 0.742), puis celles relevant des grandes cultures (0.730), les scores les plus faibles étant observés pour les exploitations maraichères (0.281). Cette moindre vulnérabilité des exploitations maraichères s'explique par une faible sensibilité (0.231) alors que la sensibilité la plus forte concerne la viticulture (0.588). Concernant la CA, ce sont les exploitations arboricoles et les exploitations mixtes pour lesquelles elle est la plus élevée (0.522 et 0.500) et la plus faible pour les exploitations de grande culture (0.358).

Tableau 49: Comparaison des scores de vulnérabilité calculée et déclarée selon les types d'exploitations

| | | Viticulture | Arboriculture | Grandes cultures | Cultures maraichères | Mixtes | Ensemble | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------|---------------|------------------|----------------------|--------|----------|-------|
| Vulnérabilité calculée | Exposition | 0.580 | 0.580 | 0.580 | 0.580 | 0.580 | 0.580 | |
| | Sensibilité | 0.588 | 0.457 | 0.445 | 0.231 | 0.441 | 0.501 | |
| | CA liée au capital humain | 0.506 | 0.448 | 0.397 | 0.472 | 0.495 | 0.484 | |
| | CA liée au capital économique | 0.490 | 0.468 | 0.346 | 0.365 | 0.460 | 0.456 | |
| | CA liée au capital technique | 0.425 | 0.650 | 0.331 | 0.601 | 0.545 | 0.473 | |
| | CA globale | 0.474 | 0.522 | 0.358 | 0.479 | 0.500 | 0.471 | |
| | Score global | Moyenne | 0.742 | 0.506 | 0.730 | 0.281 | 0.518 | 0.636 |
| | | Maximum | 1.232 | 0.621 | 0.866 | 0.489 | 0.763 | 1.232 |
| | | Minimum | 0.416 | 0.347 | 0.493 | 0.167 | 0.294 | 0.167 |
| | Vulnérabilité déclarée | Exposition | 0.629 | 0.629 | 0.637 | 0.607 | 0.634 | 0.628 |
| Sensibilité | | 0.558 | 0.429 | 0.403 | 0.223 | 0.394 | 0.470 | |
| CA liée au capital humain | | 0.519 | 0.451 | 0.403 | 0.463 | 0.489 | 0.490 | |
| CA liée au capital économique | | 0.541 | 0.558 | 0.444 | 0.433 | 0.538 | 0.521 | |
| CA liée au capital technique | | 0.451 | 0.656 | 0.376 | 0.619 | 0.561 | 0.498 | |
| CA globale | | 0.504 | 0.555 | 0.407 | 0.505 | 0.529 | 0.503 | |
| Score global | | Moyenne | 0.712 | 0.487 | 0.646 | 0.263 | 0.474 | 0.601 |
| | | Maximum | 1.275 | 0.596 | 0.848 | 0.425 | 0.736 | 1.275 |
| | | Minimum | 0.386 | 0.392 | 0.402 | 0.178 | 0.319 | 0.178 |

Source : Enquêtes 2019

Comme en témoigne la Figure 51 on constate que les exploitations agricoles en plaine ont une vulnérabilité déclarée (mêmes résultats concernant la vulnérabilité calculée) légèrement plus faible que les exploitations agricoles de montagne. Elle varie entre 0.178 et 0.929 avec une moyenne de 0.586 pour les exploitations agricoles de plaine, et entre 0.185 et 1.275 avec une moyenne de 0.618 pour les exploitations de montagne. Cette différence est liée essentiellement à la variable irrigation dans la CA (la surface irriguée est très importante en plaine) et à une faible sensibilité par rapport au type de sol (dominance de sol moins sensible comme argilo-calcaire en plaine).

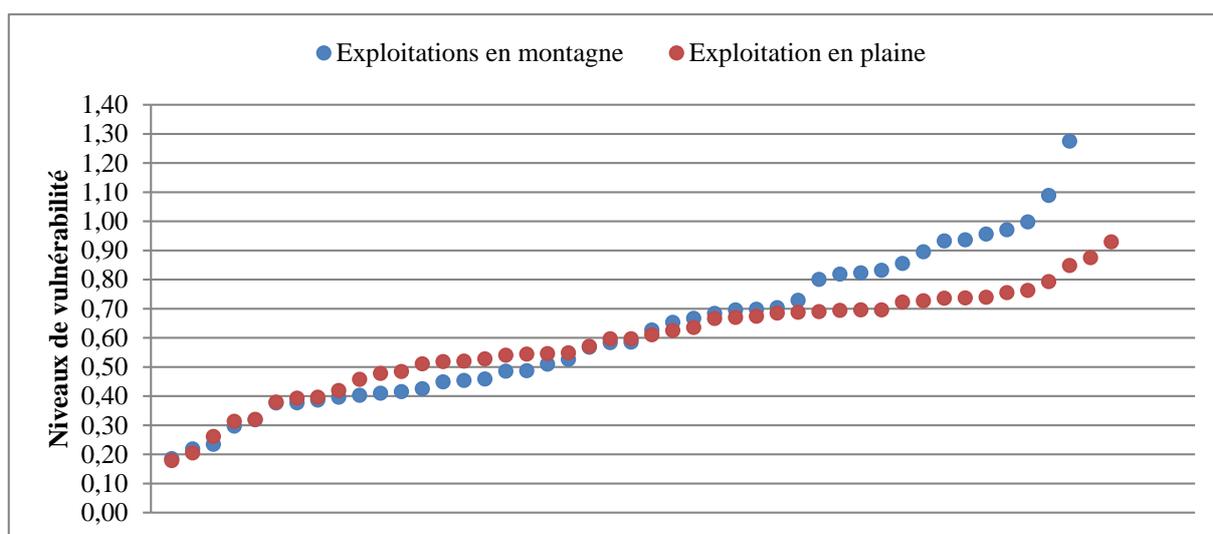


Figure 51: Comparaison entre la vulnérabilité déclarée des exploitations en plaine et des exploitations en montagne

Source : enquêtes 2019

7.6. Typologie des exploitations en fonction de leur vulnérabilité

Sur la base des résultats précédents, nous avons regroupé les exploitations agricoles en trois grandes classes de vulnérabilité dont les caractéristiques moyennes sont présentées par la Figure 52, soit une classe de vulnérabilité faible (moyenne de 0.332) regroupant 24% des exploitations, une classe de vulnérabilité moyenne (0.612) où se concentre près de la moitié des exploitations (57%) et enfin une classe fortement vulnérable (moyenne de 0.919) qui correspond à près d'un cinquième des exploitations (19%). Pour cette classification on a utilisé la vulnérabilité déclarée afin de prendre en compte les déclarations des agriculteurs dans la caractérisation de leurs vulnérabilités.

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

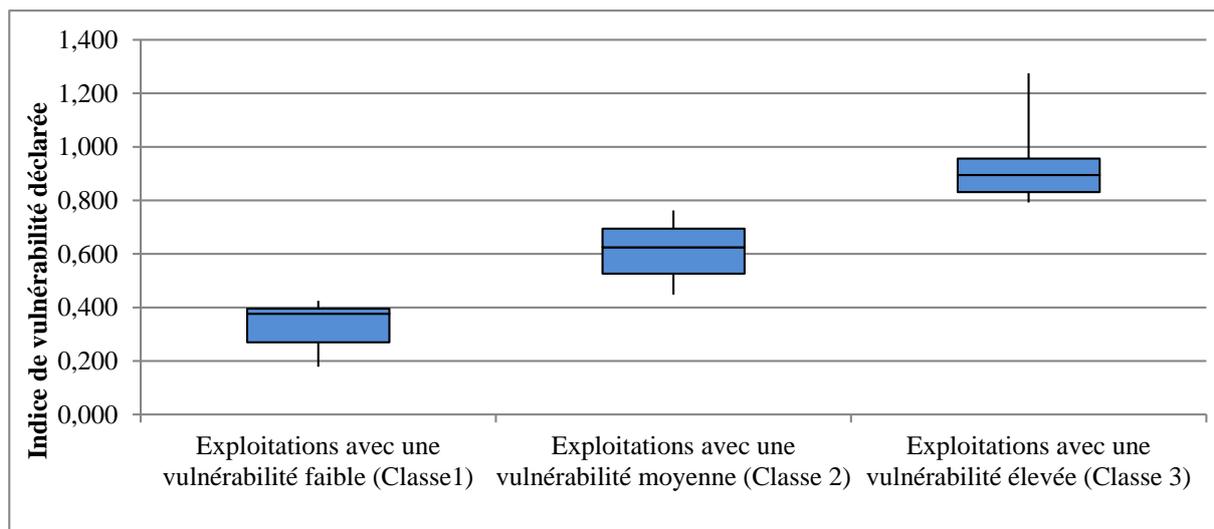


Figure 52: Typologie des exploitations en fonction des niveaux de vulnérabilité déclarée

(Source : enquêtes 2019)

Sur la base de cette typologie en 3 classes de vulnérabilité, nous avons ensuite réalisé une analyse discriminante. La matrice de contingence (Tableau 50) permet d'évaluer le pouvoir discriminant du modèle. Elle présente en ligne les valeurs réelles de la variable à expliquer (classe) et en colonne ses valeurs prédites, chaque case contenant le nombre et le pourcentage d'observations concernées. On voit ici que le modèle est fiable puisque les observations sont bien classées dans leur classe d'origine et avec des erreurs de prédiction faibles (18.18% pour la classe 1, 31.27% pour la classe 2 et 17.65% pour la classe 3).

Tableau 50: Matrice de confusion obtenue par re-substitution

| Nombre d'observations et pourcentage classés en Classe | | | | |
|--|----------|----------|----------|--------|
| | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Total |
| Classe 1 | 18 | 4 | 0 | 22 |
| | 81.82 | 18.18 | 0.00 | 100.00 |
| Classe 2 | 7 | 35 | 9 | 51 |
| | 13.73 | 68.63 | 17.65 | 100.00 |
| Classe 3 | 0 | 3 | 14 | 17 |
| | 0.00 | 17.65 | 82.35 | 100.00 |
| Total | 25 | 42 | 23 | 90 |
| | 27.78 | 46.67 | 25.56 | 100.00 |
| Priors | 0.33333 | 0.33333 | 0.33333 | |

L'analyse discriminante (Annexe 4) permet également d'identifier 16 variables déterminantes (Test du Chi2 <5%) sur un total de 31 variables et de caractériser le profil des exploitations en fonction des classes (Tableau 51). On remarque que l'ensemble des variables de sensibilité sont significatives avec une sensibilité déclarée croissante en fonction des classes (de 0.318

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

pour la classe 1 à 0.670 pour la classe 3). Seulement trois variables de capacité d'adaptation sont significatives, à savoir le statut juridique, le recours à l'irrigation et le mode de gestion du sol. Les autres variables permettent de caractériser les profils d'exploitation selon les classes. On note que la classe 1 est plutôt constituée par des exploitations maraichères et mixtes (80%), alors que les exploitations viticoles représentent 61% des exploitations de la classe 2 et la quasi-totalité (94%) de la classe 3. On note que la plupart des exploitations situées en plaine sont plutôt moyennement vulnérables avec une SAU importante (classe 2). Inversement les exploitations de montagne qui ont une SAU faible se concentrent dans la classe de vulnérabilité faible (classe 1) ou élevée (classe 3) avec respectivement 60% et 77% des exploitations de ces classes. Ainsi il apparaît que la situation géographique et la taille des exploitations influencent la vulnérabilité. Enfin il est intéressant de noter que les exploitations les moins vulnérables ont enregistré des changements de type de culture au cours des 10 dernières années (68%) et qu'elles ont quasiment toutes pris des mesures d'adaptation (96% pour la classe 1 contre 57% pour la classe 2 et 24% pour la classe 3). Ces changements ont généré des besoins en main-d'œuvre croissants pour 73% des exploitations de la classe 1 alors qu'ils sont plus stables dans les autres classes.

Chapitre 7. Caractérisation et évaluation de la vulnérabilité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV

Tableau 51: Caractéristiques des profils d'exploitation en fonction des classes de vulnérabilité

| | Classe 1 | Classe 2 | Classe3 |
|--|---|---|--|
| Vulnérabilité déclarée moyenne | 0.333 | 0.612 | 0.919 |
| Effectif | 22 | 51 | 17 |
| Pourcentage | 24% | 57% | 19% |
| Variables de la vulnérabilité | | | |
| S (type de sol) | 0.350 | 0.428 | 0.670 |
| S (diversification variétale) | 0.291 | 0.473 | 0.583 |
| S (diversification culturale) | 0.256 | 0.693 | 0.810 |
| S (âge des arbres pour les cultures pérennes) | 0.229 | 0.425 | 0.486 |
| S (orientation des parcelles) | 0.241 | 0.466 | 0.742 |
| CA (statut juridique) | 0.331 | 0.380 | 0.165 |
| CA (irrigation) | 0.646 | 0.344 | 0.191 |
| CA (gestion du sol) | 0.594 | 0.435 | 0.398 |
| Autres variables | | | |
| Score de la vulnérabilité globale | 0.527 | 0.631 | 0.688 |
| Surface agricole utilisée moyenne | 13 | 30 | 17 |
| Type des exploitations | 80% des exploitations marichères et mixtes | 61% des exploitations viticoles | 94% des exploitations viticoles |
| Situation géographique | 60% des exploitations en montagne | 65% des exploitations en plaine | 77% des exploitations en montagne |
| Mesures d'adaptation actuelles | 96% des agriculteurs ont pris des mesures d'adaptation | 57% des agriculteurs ont pris des mesures d'adaptation | 24% des agriculteurs ont pris des mesures d'adaptation |
| Évolution du besoin en main d'œuvre | 73% leurs besoins en main d'œuvre ont augmenté | 37% leurs besoins en main d'œuvre ont augmenté | 24% leurs besoins en main d'œuvre ont augmenté |
| Cultures introduites durant les 10 dernières années | 68% ont introduit des nouvelles cultures durant les 10 dernières années | 24% ont introduit des nouvelles cultures durant les 10 dernières années | 29 % ont introduit des nouvelles cultures durant les 10 dernières années |
| Cultures abandonnées durant les 10 dernières années | 59% ont abandonné des cultures durant les 10 dernières années | 16% ont abandonné des cultures durant les 10 dernières années | 12% ont abandonné des cultures durant les 10 dernières années |
| Politiques d'adaptation devraient être privilégiées par les politiques publiques | 77% diversification de la production | 69% diversification variétale et irrigation | 82% diversification variétale |

Source : enquêtes 2019

7.7. Résumé

Cette recherche a permis d'établir un cadre d'évaluation de la vulnérabilité de l'agriculture face au CC et de le valider à partir d'une enquête auprès d'un échantillon représentatif de la diversité des exploitations agricoles dans le territoire du PHLV. La construction d'un indice synthétique de vulnérabilité a permis ensuite, par une analyse discriminante d'identifier les principaux facteurs de vulnérabilité et de déterminer plusieurs classes de vulnérabilité croissante (faible, moyenne et élevée). Ce cadre d'évaluation de la vulnérabilité s'appuie sur la définition de référence du GIEC (2001) en adoptant une approche intégrée qui combine les variables socio-économiques et les variables biophysiques. Deux approches sont proposées selon que l'on intègre ou pas les déclarations des agriculteurs. Dans ce dernier cas il s'agit de pondérer chacune des variables de vulnérabilité par les notes que les agriculteurs ont attribuées à l'importance de chaque variable sur la vulnérabilité. Il ressort des résultats de l'enquête que ce cadre d'évaluation est opérationnel et peut-être appliqué en distinguant plusieurs types de systèmes ou de contexte, notamment les situations d'agriculture de plaine et de montagne. Cependant ce type d'évaluation multicritère se heurte à des difficultés de combinaison des variables socioéconomiques et biophysiques dont les unités et les échelles de mesure sont différentes et à des biais possibles liés aux difficultés de pondération, de segmentation des modalités des variables qualitatives et de normalisation de certaines variables. Dans tous les cas il s'agit d'approche multicritère qui visent à élaborer des mesures d'adaptation pertinentes mais qui doivent plus généralement contribuer à renseigner les projets de territoires au sens où adaptation au CC et développement durable sont de plus en plus inter-reliés.

CHAPITRE 8. ÉVALUATION DES PRÉFÉRENCES D'ADAPTATION DES AGRICULTEURS

Ce chapitre est consacré à l'étude économétrique des préférences des agriculteurs vis-à-vis des modes d'adaptation au CC (statu quo, assurance, irrigation et diversification). Son objectif est de connaître les mesures d'adaptation préférées par les agriculteurs et de déterminer quelles sont les variables qui influencent leurs décisions. En effet, la connaissance des préférences des agriculteurs vis-à-vis de différents modes d'adaptation au CC est de nature à aider l'administration publique dans la définition et la mise en œuvre des stratégies de développement agricole d'adaptation au CC.

Cette analyse s'appuie sur une enquête expérimentale menée auprès d'un échantillon de 90 agriculteurs auxquels on a demandé de choisir, à partir de scénarios hypothétiques, quelle mesure d'adaptation ils souhaitaient mettre en place pour faire face au CC (cf. CHAPITRE 5). Plus précisément, ce travail s'appuie sur la méthode du discrete choice experiment (DCE) afin d'évaluer les différents types de mesures d'adaptation selon les agriculteurs, et en se basant sur des paramètres économétriques (consentement à payer, utilité, probabilité, etc.) d'évaluer les facteurs déterminants de ces choix qui relèvent des caractéristiques de l'exploitation agricole (taille, niveau de revenus, niveau de formation de l'agriculteur, etc.).

Dans un premier temps, on présente la spécification des modèles économétriques de choix. Une fois les modèles estimés, on développera l'analyse économique des résultats (les consentements à payer, les utilités, les probabilités, etc.) afin de caractériser les options et mesures privilégiés de l'adaptation au CC. Enfin, à partir de ces résultats, des recommandations seront proposées en appui aux décisions publiques d'adaptation de l'agriculture et des territoires ruraux.

8.1. Quelques statistiques descriptives et présentation des réponses des agriculteurs

Rappelons que les agriculteurs de notre échantillon sont âgés de 26 à 66 ans (avec un âge moyen de 49 ans) avec environ 48% qui ont une expérience agricole supérieure à 20 ans. Plus de la moitié des agriculteurs interrogés ont un niveau d'études supérieur au BAC (66%) et un chiffre d'affaire annuel inférieur à 100 000€ (64%). La surface agricole utilisée (SAU) moyenne des exploitations agricoles est de 23.3 ha avec une prépondérance de la viticulture (56 % de monoculture viticole). Le statut individuel est prédominant pour la majorité des exploitations (68%) et 64% des agriculteurs sont propriétaires de la majorité de leur terre agricole (surface en mode de faire valoir indirecte (MFVI) <10% SAU totale). Seulement 36% des agriculteurs ont un projet de succession pour leur exploitation. Tous les enquêtés déclarent avoir senti des impacts négatifs du CC sur leur exploitation agricole et se disent conscients de la nécessité de mettre en place des mesures d'adaptation.

Plusieurs variables sociodémographiques sont utilisées pour expliquer les choix des agriculteurs quant à leurs modes d'adaptation au CC. Chaque agriculteur a en effet effectué 6 choix successifs proposés (soit un total de 540 observations). Chaque ensemble de choix est présenté via une carte exposant 4 options disponibles d'adaptation (statu quo, assurance, irrigation et diversification), ainsi que les informations relatives aux niveaux de ces attributs dans chacune de ces options.

Les résultats présentés dans la

Figure **53** montrent que les agriculteurs sont conscients du CC et qu'ils veulent apporter des changements, principalement par l'irrigation (39% des choix) et la diversification (34% des choix). Le statu-quo a été choisi dans 18% des cas et cette option vient en 3^{ème} place dans les préférences des agriculteurs. Enfin, seulement 10% des cas correspondent à une stratégie d'assurance.

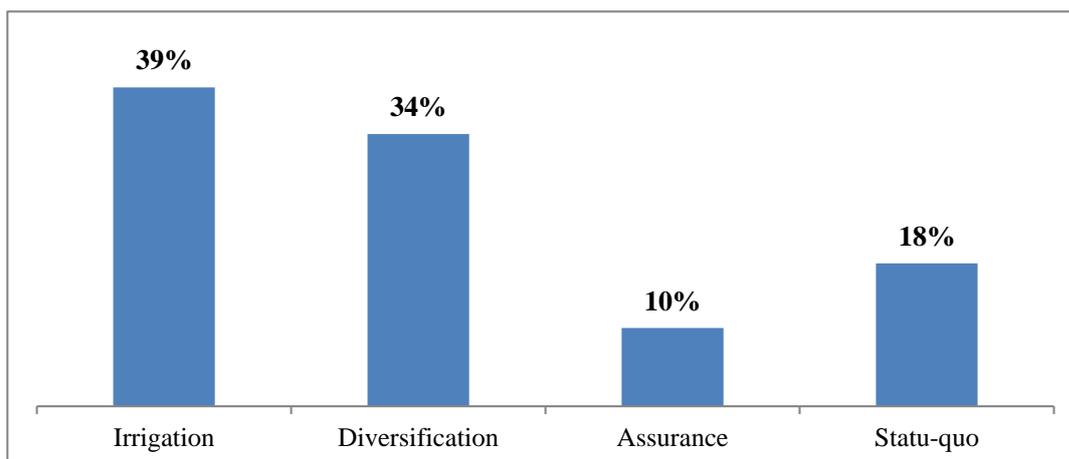


Figure 53: Part relative des modes d'adaptation

Source : enquêtes 2019

8.2. Estimation des modèles

Le modèle logit conditionnel permet d'analyser la probabilité qu'un agriculteur choisisse une option donnée parmi un ensemble d'alternatives. L'analyse économétrique implique en premier lieu d'estimer les modèles. Cette analyse a été menée en utilisant le logiciel SAS (version 9.4) et la procédure Mdc (*multinomial discrete choice*) qui ne peut estimer un logit multinomial que sous la forme d'un logit conditionnel. Quatre attributs (Tableau 52) ont été utilisés pour ce modèle : deux sont continus (avantages de l'adaptation et coût) et les deux autres sont qualitatifs avec deux modalités chacun (délai d'adaptation et le degré de l'action d'adaptation). Avant d'estimer le modèle, il est nécessaire de coder les attributs, s'ils ne sont pas continus. En effet pour les attributs qualitatifs (à deux modalités dans notre cas), il faut identifier une modalité de référence (codée 0).

Tableau 52: Attributs du modèle

| | Type de l'attribut | Nombre des modalités | Codage |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| Délai d'adaptation | Qualitative | 2 | = 0 si "dans 5 à 10 ans" = 1 si "dans 10 à 15 ans" |
| Degré de l'action d'adaptation | Qualitative | 2 | = 0 si "changement partiel" = 1 si "changement total" |
| Les avantages de l'adaptation | Quantitative (pourcentage) | -- | -- |
| Coût | Quantitative (euros/ha) | -- | -- |

Chapitre 8. Évaluation des préférences d'adaptation des agriculteurs

Deux méthodes ont été utilisées pour estimer le modèle, la première attribue des coefficients génériques aux attributs pour les différentes options, et la seconde permet de donner des coefficients spécifiques aux mêmes attributs pour chaque alternative de choix. Ces deux méthodes ont permis d'obtenir les estimations ci-après (Tableau 53).

La qualité d'ajustement des deux modèles est bonne avec des pseudos- R^2 de 0.205 pour le modèle à coefficients génériques et de 0.237 pour le modèle à coefficients spécifiques. L'indicateur d'Estrella, qui tient compte de la taille de l'échantillon, est également élevé pour les deux modèles. Les régressions selon le modèle logit conditionnel montrent que les deux modèles sont globalement significatifs à 1%.

Le signe d'un coefficient, donne une indication de la façon dont la variable intervient. Un signe négatif implique qu'une plus grande valeur de l'attribut réduit l'utilité (inconvenient de l'adaptation), l'attribut est donc perçu comme négatif, et un signe positif implique une relation inverse, donc positive (avantage de l'adaptation), c'est-à-dire qu'un coefficient positif induit une hausse de la probabilité de choisir une option d'adaptation et augmente l'utilité.

Considérons d'abord le modèle à coefficients génériques ; les coefficients estimés associés au degré de l'action d'adaptation, aux avantages de l'adaptation et au coût d'adaptation sont significatifs au seuil de 1%. Le coefficient associé au délai d'adaptation est le seul non significatif, ce qui signifie que l'attribut délai d'adaptation n'influence pas le choix des agriculteurs (c'est-à-dire que les agriculteurs ont donné peu d'importance à l'attribut délai d'adaptation par rapport aux autres attributs).

On observe aussi que le coefficient associé aux avantages de l'adaptation est positif et le coefficient associé aux inconvénients de l'adaptation est négatif, conformément à l'intuition : ainsi, la perception des avantages de l'adaptation encourage les agriculteurs à s'adapter, alors qu'une perception de ses inconvénients, par exemple son coût réduit d'une manière générale la probabilité que les agriculteurs choisissent une autre alternative que le statu-quo. Enfin, le coefficient du degré de l'action d'adaptation est négatif c'est-à-dire que si l'adaptation consiste en un changement plus profond de leur système de production, les agriculteurs ne souhaitent pas s'adapter.

Le modèle à coefficients spécifiques permet de mieux comprendre les préférences des agriculteurs en rendant les différents attributs (délai d'adaptation, degré de l'action d'adaptation et les avantages de l'adaptation) spécifiques à chaque alternative. Conformément au 1^{er} modèle, les coefficients associés au coût et aux avantages de l'adaptation ont des signes

Chapitre 8. Évaluation des préférences d'adaptation des agriculteurs

attendus (effet négatif pour le coût et effet positif pour les avantages d'adaptation). On peut cependant observer quelques différences notables par rapport au modèle précédent concernant les deux attributs délai d'adaptation et degré de l'action d'adaptation. Tout d'abord, l'attribut délai d'adaptation est devenu significatif pour les trois options d'adaptation (irrigation, diversification et assurance). Le coefficient associé à cet attribut est positif pour l'irrigation et l'assurance c'est-à-dire que la probabilité de choisir l'irrigation ou l'assurance est élevée pour un délai d'adaptation de 10 à 15 ans par rapport au niveau de référence (5 à 10 ans). Malgré le coût très élevé de cette option, les agriculteurs préfèrent recourir rapidement à la diversification, à une échelle de 5 à 10 ans. C'est ce que traduit le coefficient négatif du délai d'adaptation pour l'alternative diversification.

Enfin, on observe que le coefficient associé au degré de l'action d'adaptation est significatif pour l'assurance et la diversification. Pour la première option, cet attribut a un effet positif (coefficient positif) sur les choix des agriculteurs qui privilégient une assurance totale de l'exploitation agricole à une assurance partielle. Mais pour la diversification, le degré de l'action d'adaptation influence négativement le choix des agriculteurs (coefficient négatif) qui sont beaucoup plus intéressés par la diversification variétale que par le changement de productions. On peut souligner ici que le changement de productions demande un élargissement plus radical des savoirs et des savoirs faire en agriculture que la seule modification des variétés.

Tableau 53: Résultats de l'estimation (procédure Mdc)

| Modèle à coefficients génériques | | Modèle à coefficients spécifiques | |
|---|----------------------------|--|---------------------------|
| Attributs | Coefficients | Attributs | Coefficients |
| Délai d'adaptation (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | -0.3111 (0.1126) | Délai d'adaptation (irrigation) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | 0.4788** (0.2255) |
| Degré de l'action d'adaptation (Réf= "changement partiel") | -0.0609*** (0.1170) | Délai d'adaptation (diversification) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | -0.7813*** (0.2809) |
| Les avantages de l'adaptation | 0.0431*** (0.003885) | Délai d'adaptation (assurance) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | 0.9321** (0.4018) |
| Constante irrigation | -3.1697*** (0.4326) | Degré de l'action d'adaptation (irrigation) (Réf= " irriguer en cas de sécheresse") | 0.0949 (0.2228) |
| Constante diversification | -2.7013*** (0.5160) | Degré de l'action d'adaptation (diversification) (Réf= changer seulement la variété) | -0.8203*** (0.2252) |
| Constante assurance | -3.6658*** (0.3760) | Degré de l'action d'adaptation (assurance) (Réf= assure une partie de l'exploitation) | 0.9005** (0.4178) |
| Coût d'adaptation | -0.000615*** (0.000194) | Les avantages de l'adaptation (irrigation) | 0.0426*** (0.007555) |
| | | Les avantages de l'adaptation (diversification) | 0.0345*** (0.008343) |
| | | Les avantages de l'adaptation (assurance) | 0.1355*** (0.0276) |
| | | Constante irrigation | -3.7038*** (0.8528) |
| | | Constante diversification | -1.4895* (0.9034) |
| | | Constante assurance | -12.7368*** (2.5072) |
| | | Coût d'adaptation | -0.000414** (0.000212) |
| Observation | 540 | Observation | 540 |
| Log Likelihood | -748.60 | Log Likelihood | -748.60 |
| Pseudo-R ² | 0.205 | Pseudo-R ² | 0.237 |
| Estrella | 0.470 | Estrella | 0.527 |

*significativité à 10 **significativité à 5% ***significativité à 1% (erreur standard)

8.3.L'utilité et la probabilité des différentes options d'adaptation

Le DCE constitue, à cet égard, un cadre d'analyse pertinent pour estimer, à partir des observations données, la probabilité qu'un agriculteur sélectionne une option d'adaptation particulière parmi un ensemble de choix possibles. Le Tableau 54 présente les probabilités et les utilités de différentes options d'adaptation calculées au point moyen (toutes choses égales par ailleurs) selon les deux modèles estimés précédemment.

Les préférences des agriculteurs occupent une place importante dans notre réflexion puisqu'elles constituent le point de départ de leurs stratégies d'adaptation, ou du moins de leur volonté d'adaptation. Les probabilités estimées par les deux modèles s'accordent bien

Chapitre 8. Évaluation des préférences d'adaptation des agriculteurs

avec les observations réelles exprimées par les parties prenantes enquêtées (cf. Figure 26). L'analyse de la probabilité montre que les agriculteurs sont motivés pour s'adapter notamment par le recours à l'irrigation et à la diversification, avec des probabilités respectivement de 0.37 et 0.33 (modèle à coefficients spécifiques). L'assurance et le statu-quo sont considérés comme des options moins privilégiées par les agriculteurs.

Tableau 54: L'utilité et la probabilité des différentes options d'adaptation selon les différentes méthodes d'estimation

| Options d'adaptation | Modèle à coefficients génériques | | Modèle à coefficients spécifiques | | Observations réelles |
|----------------------|----------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|----------------------|
| | Utilité | Probabilité | Utilité | Probabilité | Probabilité |
| Irrigation | 1.098 | 0.43 | 1.033 | 0.37 | 0.39 |
| Diversification | 0.818 | 0.32 | 0.902 | 0.33 | 0.34 |
| Assurance | -0.256 | 0.11 | 0.244 | 0.17 | 0.10 |
| Statu-quo | 0 | 0.14 | 0 | 0.13 | 0.17 |

Ces résultats montrent aussi que les agriculteurs ne sont pas satisfaits de leur situation actuelle (statu-quo) qui est potentiellement impactées par le CC et qu'ils veulent réagir en instaurant des mesures durables et rentables (irrigation et diversification). L'assurance constitue l'option la moins choisie. Ce faible choix pourrait s'expliquer par la complexité administrative (évaluation des dégâts) et par les coûts trop élevés.

8.4. Consentement à payer

Le Tableau 55 présente l'estimation des CAP des différents attributs. Les valeurs nulles correspondent aux attributs pas significativement différents de 0 dans l'estimation économétrique. Des ratios positifs désignent un impact négatif des attributs sur l'utilité : l'agriculteur est prêt à payer pour voir ces impacts réduits (consentement à payer). À l'inverse, des ratios négatifs traduisent un impact positif des attributs sur l'utilité : et informent sur le montant minimum que l'agriculteur est prêt à recevoir si les changements positifs ne s'opèrent pas (consentement à recevoir).

La majorité des prix sont ici négatifs et statistiquement significatifs au seuil de 5 %. L'attribut délai d'adaptation a un effet positif sur l'utilité des options d'irrigation et d'assurance ; en effet les agriculteurs ont une disposition à recevoir de 1157 euros/ha et de 2251 euros/ha respectivement pour irriguer et pour s'assurer dans un délai de 5 à 10 ans (situation de référence). Par contre, ils sont prêts à payer 1887 euros/ha (effet négatif) pour diversifier la production dans un délai 5 à 10 ans (niveau de référence). Concernant l'attribut degré

Chapitre 8. Évaluation des préférences d'adaptation des agriculteurs

d'adaptation, pour assurer une partie de l'exploitation (niveau de référence) les agriculteurs ont une disposition à recevoir de 2175 euros/ha. Au contraire, ils sont prêts à payer 1981 euros/ha pour se diversifier en changeant seulement la variété (niveau de référence). Enfin, l'attribut avantage d'adaptation a un effet positif sur l'utilité de différentes options d'adaptation, c'est-à-dire que les agriculteurs sont prêts à recevoir un montant minimum de 103 euros/ha pour l'irrigation, de 83 euros/ha pour la diversification et de 327 euros/ha pour l'assurance s'il n'y a pas une augmentation de 10% des avantages d'adaptation.

Tableau 55: Les consentements à payer pour les différents attributs selon le modèle à coefficients spécifiques

| Attributs | CAP (euros/ha) |
|--|----------------|
| Délai d'adaptation (irrigation) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | -1157 |
| Délai d'adaptation (diversification) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | 1887 |
| Délai d'adaptation (assurance) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | -2251 |
| Degré de l'action d'adaptation (irrigation) (Réf= " irriguer en cas de sécheresse") | 0 |
| Degré de l'action d'adaptation (diversification) (Réf= changer seulement la variété) | 1981 |
| Degré de l'action d'adaptation (assurance) (Réf= assure une partie de l'exploitation) | -2175 |
| Les avantages de l'adaptation (irrigation) | -103 |
| Les avantages de l'adaptation (diversification) | -83 |
| Les avantages de l'adaptation (assurance) | -327 |

L'analyse de probabilité et du CAP a permis de hiérarchiser et de caractériser les différentes options d'adaptation. Globalement, la situation actuelle (statu-quo) et l'assurance ne sont pas appréciées par les agriculteurs interrogés. Le statu-quo est une situation qui ne plaît pas, ceci peut être justifié par les impacts actuels du CC déjà sentis par les agriculteurs. De la même façon, les agriculteurs ont une faible préférence (probabilité = 0.17) pour une assurance totale à moyen terme dans un délai de 10 à 15 ans avec une disposition à recevoir minimale de 327 euros/ha.

Pour s'adapter au CC, les agriculteurs ont des préférences qui penchent vers des options plus pérennes (l'irrigation et la diversification). D'abord, ils souhaitent irriguer (probabilité = 0.37), de façon permanente ou occasionnelle et à moyen terme (délai de 10 à 15 ans) avec une disposition à recevoir minimale de 103 euros/ha. Ils ont aussi une préférence pour la diversification variétale en changeant seulement les variétés (probabilité = 0.33) sur le court terme et dans un délai de 5 à 10 ans avec une disposition à recevoir minimale de 83 euros/ha.

Ces résultats sur la diversification peuvent être expliqués par la prédominance de la viticulture dans l'échantillon, car la majorité des viticulteurs privilégient une diversification variétale (garder la viticulture comme production principale) pour s'adapter au CC.

8.5. Les variables explicatives caractérisant les choix des agriculteurs

Les comportements des agriculteurs peuvent être expliqués non seulement par les caractéristiques des options de choix mais aussi par l'environnement de choix ou, par des facteurs sociodémographiques. Le choix des variables explicatives conditionne à la fois la robustesse des résultats et la qualité de leur interprétation.

Les variables explicatives retenues pour cette analyse sont présentées dans le Tableau 56. Les variables continues sont plus simples à interpréter. Par contre, pour les variables qualitatives le choix de leur modalité de référence conditionne les résultats. Lorsqu'elles sont ordonnées, on a très souvent intérêt à prendre comme référence la modalité la plus basse. Dans le cas de variables non ordonnées, il convient de choisir une modalité de référence qui ait un sens comme point de comparaison. Dans le cas des variables qualitatives, les modalités prendront les valeurs 0 à k, où k est le nombre de modalités différentes de la variable.

Tableau 56: Les variables à tester

| Variables quantitatives | | | |
|--|----------------------|---|---------|
| Variables | Min | max | Moyenne |
| Age | 26 | 66 | 48.64 |
| Age au carré | 676 | 4356 | 2449.53 |
| Expérience agricole | 3 | 38 | 18.89 |
| Vulnérabilité déclarée | 0.178 | 1.275 | 0.601 |
| Surface agricole utilisée | 1.000 | 144.000 | 23.300 |
| Variables explicatives qualitatives | | | |
| | Nombre des modalités | Codage | |
| Niveau de formation initiale | 4 | = 0 si "BEPC, CAP, BEP" =1 si "Bac" = 2 si "BTS, Licence" =3 si "Supérieur à BAC+3" | |
| Chiffre d'affaire de l'exploitation agricole | 5 | = 0 si "< 25 000" = 1 si "entre 25 000 et 100 000" = 2 si "entre 100 000 et 150 000" = 3 si "entre 150 000 et 250 000" = 4 si "> 250 000" | |
| Situation géographique | 2 | = 0 si "plaine" = 1 si "montagne" | |
| Projet transmission de l'exploitation agricole | 3 | = 0 si "non" = 1 si "peut-être" = 2 si "oui" | |

Chapitre 8. Évaluation des préférences d'adaptation des agriculteurs

Le modèle logit conditionnel permet d'identifier les caractéristiques spécifiques des agriculteurs.

Le Tableau 57 rassemble les résultats estimés des paramètres associés aux différentes variables. L'introduction uniquement des variables âge et vulnérabilité déclarée peut être insuffisant. Car il se peut que ces deux variables aient un effet non linéaire sur les probabilités de choisir une option d'adaptation. Par exemple, il se peut que l'effet de l'âge sur le choix d'une telle option soit important quand l'agriculteur est jeune et qu'il le soit moins pour les classes d'âges plus élevées (de même pour la vulnérabilité). Pour prendre en compte ce fait, on a introduit dans le modèle, les variables âge au carré, et vulnérabilité déclarée au carrée.

La qualité d'ajustement du modèle est globalement bonne avec un pseudo- R^2 de 0.268 et un indicateur d'Estrella de 0.579 et la majorité des attributs sont statistiquement significatifs au seuil de 5%. Pour les caractéristiques individuelles, à l'exception des variables chiffre d'affaire de l'exploitation agricole, niveau de formation initial et situation géographique, les autres variables testées sont significatives à 5% et ont donc une influence sur les préférences des agriculteurs pour les différentes options d'adaptation et, sur l'importance relative qu'ils accordent aux combinaisons d'attributs.

Les résultats montrent que la probabilité de choisir une option d'adaptation est négativement affectée par l'âge au carré des agriculteurs, ce qui signifie que les agriculteurs les plus âgés sont plus susceptibles de choisir le statu quo (c'est-à-dire qu'ils préfèrent conserver la situation actuelle de leurs exploitations agricoles). De la même façon la variable SAU affecte cette probabilité, on peut dire que les exploitations avec des petites SAU ont plus de probabilité de mettre en place une option d'adaptation

A l'inverse, cette probabilité de choisir une option d'adaptation est positivement affectée par les variables expérience agricole et projet de transmission de l'exploitation agricole. En effet, les agriculteurs avec une expérience agricole importante sont plus susceptibles de choisir une option d'adaptation.

Il n'est pas surprenant qu'une augmentation de la vulnérabilité (associée généralement à une fragilité de l'exploitation (sensibilité) et des moyens d'existence modeste (capacité d'adaptation) affecte négativement la probabilité de choisir une option d'adaptation. C'est-à-dire que plus l'exploitation agricole est vulnérable moins l'agriculteur est capable de mettre en place des mesures d'adaptation.

Chapitre 8. Évaluation des préférences d'adaptation des agriculteurs

Tableau 57: Résultats de l'estimation (procédure Mdc) associés aux variables explicatives

| Paramètre | DDL | Valeur estimée | Erreur type | Valeur du test t | Approx. de Pr > t |
|--|-----|----------------|-------------|------------------|--------------------|
| Degré de l'action d'adaptation (irrigation) (Réf= " irriguer en cas de sécheresse") | 1 | 0.1292 | 0.2283 | 0.57 | 0.5714 |
| Degré de l'action d'adaptation (diversification) (Réf= changer seulement la variété) | 1 | -0.8688 | 0.2298 | -3.78 | 0.0002 |
| Degré de l'action d'adaptation (assurance) (Réf= assure une partie de l'exploitation) | 1 | 0.9509 | 0.4212 | 2.26 | 0.0239 |
| Délai d'adaptation (irrigation) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | 1 | 0.5417 | 0.2328 | 2.33 | 0.0200 |
| Délai d'adaptation (diversification) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | 1 | -0.8273 | 0.2898 | -2.85 | 0.0043 |
| Délai d'adaptation (assurance) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | 1 | 0.9561 | 0.4039 | 2.37 | 0.0179 |
| Les avantages de l'adaptation (irrigation) | 1 | 0.0421 | 0.007803 | 5.39 | <.0001 |
| Les avantages de l'adaptation (diversification) | 1 | 0.0356 | 0.008539 | 4.17 | <.0001 |
| Les avantages de l'adaptation (assurance) | 1 | 0.1381 | 0.0281 | 4.92 | <.0001 |
| Constante irrigation | 1 | -3.0991 | 1.0489 | -2.95 | 0.0031 |
| Constante diversification | 1 | -0.9620 | 1.1009 | -0.87 | 0.3822 |
| Constante assurance | 1 | -12.3978 | 2.6190 | -4.73 | <.0001 |
| Coût d'adaptation | 1 | -0.000407 | 0.000215 | -1.90 | 0.0578 |
| Age au carré | 1 | -0.000738 | 0.000197 | -3.75 | 0.0002 |
| Expérience agricole | 1 | 0.1033 | 0.0223 | 4.63 | <.0001 |
| Chiffre d'affaire de l'exploitation agricole | 1 | -0.2587 | 0.1452 | -1.78 | 0.0748 |
| Niveau de formation initial | 1 | 0.0553 | 0.1499 | 0.37 | 0.7124 |
| Situation géographique | 1 | -0.1823 | 0.2679 | -0.68 | 0.4961 |
| Surface agricole utilisé | 1 | -0.009151 | 0.004410 | -2.07 | 0.0380 |
| Projet de transmission de l'exploitation agricole | 1 | 0.4869 | 0.1570 | 3.10 | 0.0019 |
| Vulnérabilité déclarée au carré | 1 | -0.9955 | 0.4296 | -2.32 | 0.0205 |
| Observation = 540 | | | | | |
| Log Likelihood = -748.60 | | | | | |
| Pseudo-R ² = 0.268 | | | | | |
| Estrella = 0.579 | | | | | |

La Figure 54 présente les préférences des agriculteurs en fonction des 3 classes de vulnérabilité (classe 1: vulnérabilité faible, classe 2: vulnérabilité moyenne et classe 3: vulnérabilité élevée). On observe des préférences d'adaptation différentes en fonction des niveaux de vulnérabilité. Pour la classe 1 il y a une dominance de la diversification et l'irrigation, et dans 86% de réponses les agriculteurs ont choisi l'une ou l'autre de ces deux options. On constate la même tendance pour la classe 2 qui regroupe des exploitations avec une vulnérabilité moyenne, les agriculteurs ont préféré la diversification ou l'irrigation dans 71% des réponses. Pour la classe 3 dans près d'un tiers des réponses les agriculteurs ont choisi le statu quo. Cette analyse montre que, plus la vulnérabilité des exploitations agricoles

augmente plus la probabilité de mettre en place des mesures d'adaptation structurelles (irrigation et diversification) baisse. En termes de politiques publiques, une intention particulière devrait donc être accordée aux exploitations les plus vulnérables.

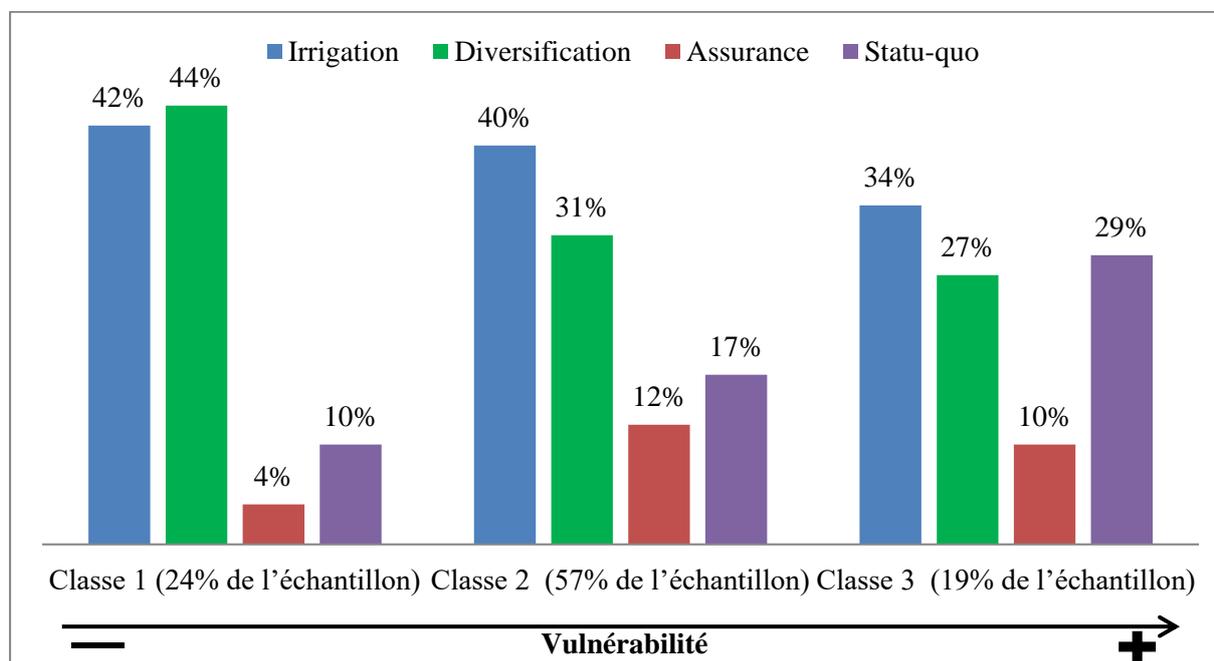


Figure 54: Préférences des agriculteurs en fonction de leurs niveaux de vulnérabilité

8.6. Les élasticités

Les élasticités estimées à partir notre modèle (logit conditionnel) pour les attributs et variables explicatives sont présentées dans le Tableau 58. Soulignons que l'augmentation d'une variable (attribut) associée à une élasticité positive induit une hausse de la probabilité de choisir une option d'adaptation. Inversement, la hausse d'une variable associée à une élasticité négative induit une baisse de cette probabilité.

On rappelle que l'attribut degré de l'action d'adaptation (irrigation) n'a pas d'effet sur les préférences des agriculteurs (non significatif). L'élasticité par rapport à l'attribut degré de l'action d'adaptation (diversification) est négative (-0.565), c'est-à-dire que le fait de passer de la modalité "changer seulement la variété" (modalité de référence) à la modalité supérieure (changer progressivement la production) se traduit par une baisse de 56% de la probabilité de choisir la diversification. Ce résultat confirme le fait que les agriculteurs sont très attachés à leurs cultures classiques. A l'inverse, l'élasticité par rapport à l'attribut degré de l'action d'adaptation (assurance) est positive (0.77). Ainsi, le passage de la modalité "assurer une partie de l'exploitation" (modalité de référence) à la modalité supérieure (assurer toute l'exploitation) entraîne une augmentation de 77% de la probabilité de choisir l'assurance. Pour

Chapitre 8. Évaluation des préférences d'adaptation des agriculteurs

cette option les agriculteurs ont tendance à assurer toute l'exploitation agricole. L'élasticité par rapport à l'attribut délai d'adaptation est positive pour les options irrigation (0.333) et assurance (0.781) et négative pour la diversification (-0.538). Le passage de la modalité assurer "dans 5 à 10 ans" (modalité de référence) à la modalité supérieure (dans 10 à 15 ans) se traduit par une augmentation de la probabilité de 33% pour l'irrigation et 78% pour l'assurance, et par contre ce changement entraîne une baisse de probabilité de 53% pour la diversification. Cette élasticité peut exprimer le fait que les agriculteurs souhaitent plutôt diversifier à court terme (dans 5 à 10 ans) et ont des préférences pour l'assurance et pour l'irrigation plutôt à moyen terme (dans 10 à 15 ans). Enfin, les élasticités par rapport à l'attribut avantages de l'adaptation sont positives pour toutes les options. Elles sont très faibles pour l'irrigation (0.026) et la diversification (0.023), seule une variation très importante de cet attribut pourra modifier sensiblement la probabilité d'irriguer et de diversifier. Par contre une augmentation de 10% des avantages d'adaptation pour l'assurance se traduit par une augmentation de 1% de la probabilité de s'assurer.

Concernant les variables déterminantes des choix des agriculteurs, on constate de faibles élasticités par rapport aux variables âge au carré, expérience agricole et surface agricole utilisée, seule une variation très importante de ces variables explicatives pourra modifier sensiblement la probabilité. L'élasticité de la probabilité pour la variable projet de transmission montre que, le fait d'avoir un projet de transmission de l'exploitation agricole (modalité supérieure) se traduit par une augmentation de la probabilité de 30% de choisir l'irrigation, de 32% de choisir la diversification et de 40% de choisir l'assurance. Inversement, la vulnérabilité a un effet négatif (élasticité négative). En effet une augmentation de 10% de la vulnérabilité déclarée au carré entraîne une baisse de la probabilité de 6% pour l'irrigation et la diversification et 8% pour l'assurance.

Tableau 58: Différentes élasticités au point moyen de l'échantillon

| Les élasticités directes et croisées des attributs de modèle | | | | | | |
|--|------------|----------|-----------------|----------|-----------|----------|
| Les attributs | | | Directes | Croisées | | |
| Degré de l'action d'adaptation (irrigation) (Réf= " irriguer en cas de sécheresse") | | | --- | * | --- | |
| Degré de l'action d'adaptation (diversification) (Réf= changer seulement la variété) | | | -0.565 | 0.304 | | |
| Degré de l'action d'adaptation (assurance) (Réf= assure une partie de l'exploitation) | | | 0.777 | -0.174 | | |
| Délai d'adaptation (irrigation) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | | | 0.330 | -0.212 | | |
| Délai d'adaptation (diversification) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | | | -0.538 | 0.289 | | |
| Délai d'adaptation (assurance) (Réf= "Dans 5 à 10 ans") | | | 0.781 | -0.175 | | |
| Les avantages de l'adaptation (irrigation) | | | 0.026 | -0.015 | | |
| Les avantages de l'adaptation (diversification) | | | 0.023 | -0.012 | | |
| Les avantages de l'adaptation (assurance) | | | 0.113 | -0.025 | | |
| Les élasticités directes et croisées des attributs des variables explicatives | | | | | | |
| Variables | Irrigation | | Diversification | | Assurance | |
| | Directes | Croisées | Directes | Croisées | Directes | Croisées |
| Age au carré | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -0.001 | 0.000 |
| Expérience agricole | 0.063 | -0.040 | 0.067 | -0.036 | 0.084 | -0.019 |
| Surface agricole utilisé | -0.006 | 0.004 | -0.006 | 0.003 | -0.007 | 0.002 |
| Projet de transmission de l'exploitation agricole (Réf= "Non") | 0.296 | -0.190 | 0.317 | -0.170 | 0.398 | -0.089 |
| Vulnérabilité déclarée au carré | -0.606 | 0.389 | -0.647 | 0.348 | -0.814 | 0.182 |

*: non significatif

8.7. Résumé

Globalement, la situation actuelle (statu quo), est peu choisie par les agriculteurs interrogés ($p = 0.13$), confirmant la prise de conscience des impacts négatifs du CC sur les exploitations agricoles. Les préférences sont en effet beaucoup plus orientées vers des options pérennes essentiellement *via* l'irrigation ($p = 0.37$) et la diversification ($p = 0.33$) malgré leurs coûts très importants. On constate aussi une insatisfaction générale vis-à-vis la mise en place d'une assurance récolte ($p = 0.17$).

L'analyse économétrique a permis de valoriser chaque option d'adaptation. Il apparaît que l'option de l'irrigation permanente ou occasionnelle et à moyen terme (délai de 10 à 15 ans) correspond à une valeur moyenne de 103 euros/ha (CAP = 103 euros/ha). Concernant la diversification, les préférences privilégient une diversification variétale en changeant seulement les variétés à court terme et dans un délai de 5 à 10 ans. Ils attribuent une valeur

Chapitre 8. Évaluation des préférences d'adaptation des agriculteurs

plus faible, de 83 euros/ha, à cette option d'adaptation (CAP = 83 euros/ha). Enfin, les agriculteurs souhaitent mettre en place une assurance globale (sur toute l'exploitation) et à moyen terme (10 à 15 ans) et ont une perception élevée de la valeur des avantages de ce choix, de l'ordre de 327 euros/ha (CAP = 327 euros/ha).

L'analyse de déterminants des préférences montre qu'il s'agit principalement de l'âge, de l'expérience agricole, de la surface agricole utilisée, de l'existence d'un projet de transmission de l'exploitation et de la vulnérabilité déclarée. Des fortes variations de l'âge et de la surface agricole pourraient affecter négativement (faible élasticité négative) la probabilité de s'adapter. Par contre, une forte variation de l'expérience agricole pourrait affecter positivement (faible élasticité positive) la probabilité de s'adapter. Les agriculteurs qui ont un projet de transmission de l'exploitation agricole ont plus tendance (élasticité positive) à mettre en place des options s'adaptation. Enfin, concernant la vulnérabilité, plus l'exploitation agricole est vulnérable moins l'agriculteur souhaite (élasticité négative) mettre en place une mesure d'adaptation.

DISCUSSION GÉNÉRALE

Les principales ambitions de cette recherche étaient de faire un état des lieux des connaissances sur les vulnérabilités des exploitations agricoles ; d'identifier les enjeux prioritaires à étudier et de sensibiliser les agriculteurs, les acteurs locaux et les décideurs politiques sur les problématiques de l'adaptation et les nouvelles manières de concevoir des politiques d'adaptation. Pour répondre à ces objectifs, deux grandes étapes méthodologiques ont été nécessaires, d'abord la création d'une grille d'évaluation pour analyser la vulnérabilité des exploitations agricoles, puis une évaluation économétrique des préférences des agriculteurs vis-à-vis de quelques options d'adaptation par la méthode de Discret Choice Exprimment (DCE). La combinaison de ces deux volets constitue la principale originalité scientifique de notre approche.

Au plan pratique, cette recherche vise à concevoir un outil d'aide à la décision destiné aux chambres consulaires agricoles et aux décideurs politiques locaux pour leur permettre d'évaluer la vulnérabilité des exploitations agricoles face au risque de CC ainsi que d'anticiper les mesures d'adaptation à mettre en place. Il offre un outil permettant l'identification des zones agricoles et des systèmes agricoles les plus vulnérables, qui constitue un préalable nécessaire à l'estimation des aides ainsi qu'à la définition et au calibrage de mesures d'adaptation. Les résultats obtenus permettent de raisonner à l'échelle de la commune de façon à pouvoir cibler précisément les zones et les types d'exploitation à soutenir en priorité. Enfin le cadre d'analyse proposé et validé pour le territoire du pays a été conçu de façon à être facilement transférable à d'autres systèmes agricoles et territoires ruraux.

9.1. Synthèse des principaux apports

9.1.1. L'apport d'une évaluation de la vulnérabilité associant les déclarations des agriculteurs

9.1.1.1. Une grille originale de l'évaluation de la vulnérabilité

L'évaluation de la vulnérabilité s'est appuyée sur un cadre méthodologique original, qui a permis de classer les variables de CA retenues en fonction des différents capitaux (humain, économique et technique) caractérisant les exploitations, en lien avec la théorie des capitaux multiples qui montre la multi dimensionnalité des facteurs de développement (Garrabé, 2012). Ce choix méthodologique basée sur l'hypothèse que les producteurs ont plusieurs dimensions

à la source de leur CA a permis de mettre en évidence l'importance des capitaux humain et technique dans la CA globale des agriculteurs de l'échantillon.

Une autre originalité de notre approche est de comparer et de combiner une mesure de la vulnérabilité et une évaluation subjective de l'importance de cette vulnérabilité qui permet d'offrir un indice pondéré original.

9.1.1.2. Déclarations divergentes des facteurs de vulnérabilité

Contrairement aux approches d'évaluation classiques, principalement basées sur des données objectives, ce travail met l'accent sur l'endogénéisation des déclarations des agriculteurs dans l'évaluation de la vulnérabilité. Ces déclarations qui correspondent à une évaluation personnelle et subjective du rôle des différentes variables dans la vulnérabilité de l'exploitation agricole par les producteurs, ont contribué à une meilleure connaissance des facteurs qui façonnent la vulnérabilité. Au cours de l'exercice d'auto-évaluation, les agriculteurs ont attribué des notes faibles aux variables qu'ils jugeaient non pertinentes, mais aussi à celles dont ils ne connaissaient pas l'influence en tant que composante de leur vulnérabilité (incertitude). Leurs déclarations peuvent aussi être liées aux difficultés qu'ils ont vécues; à leurs décisions et pratiques courantes; et aux compétences et moyens susceptibles d'être mis en œuvre à l'échelle de l'exploitation ou du territoire ainsi que l'indiquent différents travaux de recherche scientifique (Adger *et al.*, 2009; Gbetibouo, 2009; Bryan *et al.*, 2013).

Notre approche est comparable aux travaux de Neset *et al.* (2019) par l'importance accordée aux avis des acteurs les plus directement concernés. En effet, Neset *et al.* (2019) ont mis en place un protocole participatif de sélection des indicateurs et d'évaluation de la vulnérabilité de l'agriculture au CC pour les opérateurs et les experts agricoles suédois. Leur approche permet de réévaluer les indicateurs habituellement utilisés pour évaluer la sensibilité, l'exposition et la CA à l'aune de leur praticité et de leur applicabilité, ainsi que de leur lien avec le CC. Il leur permet aussi d'identifier des indicateurs manquants.

La Figure 55 montre les différences des notes attribuées aux différentes variables de la vulnérabilité. Pour l'exposition au CC, c'est la sécheresse qui est déclarée comme l'enjeu climatique le plus important et qui génère la vulnérabilité la plus forte. Plusieurs études ont suggéré que les agriculteurs accordent une plus grande importance aux événements climatiques récents pour former leurs perceptions du risque (Gbetibouo, 2009; Bryan *et al.*, 2013). Concernant la sensibilité, ce sont les variables type de sol et diversification variétale

Discussion générale

qui sont déclarées comme les facteurs de sensibilité les plus importants. Pour la CA, les facteurs déclarés comme les plus importants sont, pour le capital humain, l'expérience agricole et le réseau agricole, pour le capital économique, le mode de commercialisation et l'existence de revenus extra-agricoles et pour le capital technique la gestion du sol et des plantes.

Les agriculteurs ont attribué des faibles notes essentiellement, aux variables : statut juridique, assurance récolte et les infrastructures agro-écologiques (IAE). La faible note attribuée au statut juridique est peut-être liée à la méconnaissance des agriculteurs des caractéristiques de chaque statut possible. La difficulté de mise en place des IAE, ainsi que la faible connaissance de leurs avantages peuvent expliquer la faible note attribuée aux IAE par les agriculteurs. En revanche, plusieurs autres pratiques agro-écologiques sont déclarées comme des facteurs importants de la CA. Ces pratiques sont présentées à travers deux types de variables celle de la gestion du sol (travail du sol, apport de la matière organique, etc.) et des plantes (rotation, fertilisation organique, etc.). On note bien évidemment que l'assurance est peu valorisée par les agriculteurs. En France, il apparaît que le système d'assurance reste assez peu généralisé dans le monde agricole (Fédération Française de l'Assurance, 2018; Boucher *et al.*, 2019).

| | <i>Exposition</i> | <i>Sensibilité</i> | <i>CA liée au capital humain</i> | <i>CA liée au capital économique</i> | <i>CA liée au capital technique</i> |
|---------------------|------------------------------|---|--|--|---------------------------------------|
| Note faible 0-3 | Gel printanier Inondation | | | Assurance récolte Statut juridique | Infrastructures agro-écologiques |
| Note moyenne 4-6 | Grêle | Orientation des parcelles Age des arbres des cultures pérennes Diversification culturelle | Formation Age de l'exploitant | Statut foncier | Irrigation |
| Note élevée 7-10 | Sécheresse | Type de sol Diversification variétale | Expérience agricole Réseau agricole | Revenus extra-agricoles Commercialisation | Gestion du sol Gestion des plantes |

Figure 55: Importance des facteurs de la vulnérabilité selon les déclarations des agriculteurs

9.1.1.3. *Analyse des écarts entre vulnérabilité déclarée et calculée*

Notre évaluation de la vulnérabilité permet de comparer la vulnérabilité calculée et déclarée. L'intégration de la vulnérabilité déclarée s'explique par l'importance du rôle des perceptions sur les comportements et sur l'acceptabilité des politiques d'adaptation avec notamment dans le cas de la gestion des risques de nombreux travaux attestant de ce rôle (Kahneman et Frederick, 2002). Ainsi cette évaluation conjointe de la vulnérabilité calculée et déclarée vise à identifier les éventuels biais cognitifs des agriculteurs face aux risques générés par le CC (Kahneman et Tversky, 1996). Il apparaît un assez faible écart entre les indices moyens issus des deux approches et de ce fait une correspondance entre les classes de vulnérabilité calculée et déclarée. Ces constats permettent donc de montrer qu'il existe une bonne adéquation entre la mesure de la vulnérabilité basée sur les caractéristiques des exploitations et les pratiques des exploitants et celle intégrant les déclarations des agriculteurs, donc une auto-évaluation assez objective des risques par les agriculteurs. Cette convergence est notable par rapport aux écarts fréquents généralement observés (Kahneman et Frederick, 2002) qui conduisent généralement à une sous-estimation de la vulnérabilité par les populations les plus exposées et qui relèvent de l'existence d'un biais qualifié d'optimisme par les psychologues du risque (Kahneman et Tversky, 2013; Dachary-Bernard *et al.*, 2019). Ce faible écart témoigne d'une bonne connaissance locale de la situation du territoire et des limites et contraintes liées au choix des itinéraires techniques. Il milite en faveur de la prise en compte des savoirs locaux des agriculteurs comme le recommande un nombre croissant de travaux en lien avec les besoins à la fois de contextualiser et de faciliter l'acceptabilité des mesures d'adaptation mises en œuvre (Wolf et Moser, 2011; Brooks *et al.*, 2013; Van Der Wolf *et al.*, 2019).

Sans que les différences soient importantes, on note cependant une vulnérabilité déclarée systématiquement légèrement plus faible que celle calculée. Pour la CA, les agriculteurs sous-estiment principalement l'effet du statut juridique et de l'assurance récolte. Tandis que, pour la sensibilité les variables liées à l'ensoleillement et à diversification culturale sont sous-estimées surtout dans les exploitations viticoles. La réalisation de ces deux types d'évaluation permet d'identifier les thèmes surévalués ou sous-évalués par les agriculteurs, et par là, d'identifier les besoins de formation et de sensibilisation à mettre en place pour accompagner des politiques territoriales en faveur de l'adaptation de l'agriculture. Dans ce sens, on constate qu'il est nécessaire de mettre en place des programmes de sensibilisation et de formation des agriculteurs essentiellement sur l'importance de souscrire à une assurance récolte ; par rapport

au choix du statut juridique le plus adapté aux caractéristiques de l'exploitation agricole ; et sur les avantages de la diversification culturelle.

9.1.1.4. L'hétérogénéité de la vulnérabilité selon les systèmes de production

Comme on l'a constaté, le territoire est particulièrement exposé à la sécheresse. La sensibilité des exploitations est principalement liée à des sols relativement pauvres et à de faibles niveaux de diversifications variétale et culturelle. Concernant la CA et conformément à la littérature (Moser, 1998; Wiréhn *et al.*, 2015), la vulnérabilité élevée des exploitations agricoles peut être associée à un faible niveau de moyens notamment ici la faiblesse du capital humain liée à un réseau agricole peu développé et un faible niveau de formation. Cet aspect est d'autant plus intéressant que les agriculteurs de l'échantillon perçoivent le réseau agricole comme un facteur important de la vulnérabilité (voir supra 9.1.1.2). On note aussi qu'un faible niveau de capital économique va de pair avec la prépondérance du statut juridique individuel, le manque de ressources extra-agricoles et l'absence d'une assurance récolte. Enfin, le faible niveau du capital technique est lié à une mauvaise gestion du sol et à un faible recours à l'irrigation.

L'analyse des niveaux de vulnérabilité permet d'identifier des différences selon les types d'exploitations. Pour les deux méthodes de calcul (vulnérabilité déclarée et vulnérabilité calculée), ce sont les exploitations viticoles et de grandes cultures qui sont les plus vulnérables, puis celles relevant de l'arboriculture et des cultures mixtes ; enfin, les scores les plus faibles sont observés pour les exploitations maraichères. Cette moindre vulnérabilité des exploitations maraichères s'explique par une faible sensibilité alors que la sensibilité la plus forte concerne la viticulture. La CA la plus élevée concerne les exploitations arboricoles et les exploitations mixtes tandis que c'est pour les exploitations de grande culture qu'elle est la plus faible.

Les résultats de l'évaluation à l'échelle des exploitations concordent finalement avec le diagnostic réalisé à l'échelle du territoire dans le cadre de l'enquête auprès des parties prenantes sur les évolutions récentes de l'agriculture dans le territoire. Dans ce territoire le nombre d'exploitations est passé de 4 325 à 2 583 entre 2000 et 2010 (Agreste, 2010). Seul le nombre d'exploitations en cultures maraichères a enregistré une augmentation sur la même période. Comme le CC est un enjeu majeur dans ce territoire, cette baisse pourrait s'accroître avec les effets du CC dans les décennies à venir. Dans le Sud de la France, la viticulture et les grandes cultures sont en effet les cultures les plus sensibles aux variations climatiques

Discussion générale

(Seguin, 2010; Ollat et Touzard, 2014), puisqu'elles sont généralement installées sur des sols pauvres et avec de faibles surfaces irriguées. Ces constats sont en accord avec le niveau de vulnérabilité élevé enregistré chez les exploitations viticoles et des grandes cultures. Nos résultats dans le cas du territoire viticole du PHLV fortement exposé à la sécheresse, confirment également les constats des acteurs sociaux qui avaient relié la vulnérabilité des exploitations viticoles aux délais de changement de variétés, aux ressources en eau limitées pour les solutions fondées sur l'irrigation et aux modes de gestion du sol.

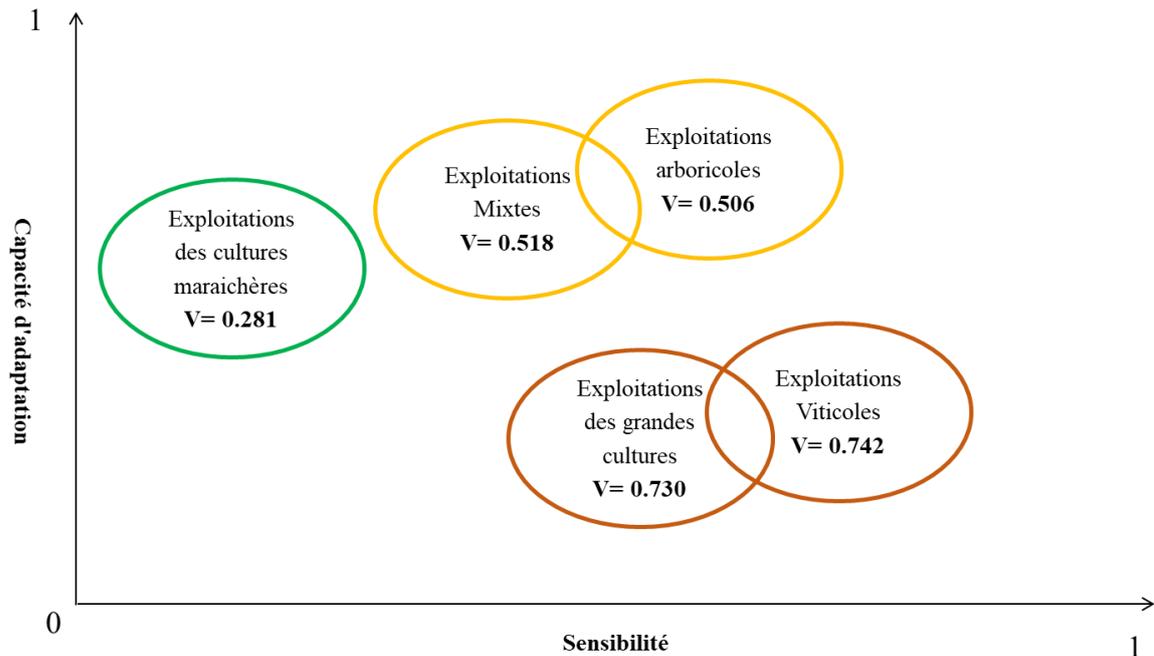


Figure 56: Comparaison de la vulnérabilité en fonction des types de systèmes de production

Enfin, l'analyse multidimensionnelle de la vulnérabilité (analyse discriminante) des différentes exploitations nous a permis de distinguer trois profils d'exploitations, selon que les exploitations ont un niveau de vulnérabilité faible (classe 1), moyen (classe 2) et très fort (classe 3). La typologie réalisée confirme que ce sont les exploitations viticoles qui sont les plus vulnérables (classe 3), du fait de leur forte sensibilité avec une faible diversification culturelle et une qualité moindre des sols, plus pauvres et secs (schiste et grès) (Ollat et Touzard, 2014; Touzard *et al.*, 2017). La très faible sensibilité des systèmes maraîchers et mixtes explique la faible vulnérabilité de ces exploitations (classe 1). Elle est liée à une diversification culturelle et variétale importante du fait de productions intervenant sur des petites surfaces bénéficiant de sols de qualité. On note que la plupart des exploitations situées dans la plaine sont plutôt moyennement vulnérables avec une SAU importante (classe 2).

Discussion générale

Inversement les exploitations en montagne qui ont une SAU faible se répartissent entre les classes de faible vulnérabilité (classe 1) et de vulnérabilité élevée (classe 3), représentant respectivement 60% et 77% des exploitations de ces deux classes.

La typologie réalisée témoigne aussi d'un lien intéressant entre le niveau de vulnérabilité et les efforts d'adaptation déjà réalisés au cours des dix dernières années (irrigation, diversification, gestion durable du sol, etc.) par les exploitations. En effet, les exploitations qui ont changé ou introduit des cultures et qui ont amélioré leurs pratiques culturales sur cette période se retrouvent dans la classe de vulnérabilité faible. Ainsi notre typologie permet de montrer que les exploitations les plus vulnérables sont celles qui n'ont pas pris de mesures d'adaptation. Dans le cas du territoire étudié, on note d'ailleurs que ce sont plutôt les exploitations situées dans les zones de montagne qui sont déjà inscrites dans une logique et un processus d'adaptation au CC. Cependant, si ces pratiques sont positives au sens où elles participent à légitimer les changements en faveur de l'adaptation, il convient de souligner dans les cas observés que ces modifications observées dans les exploitations se sont traduites par une augmentation du besoin en main-d'œuvre et donc par des coûts d'exploitation plus importants, ce qui est une contrainte pour la faisabilité opérationnelle et financière de l'adaptation.

À l'exception du réseau agricole qui relève de facteurs plus qualitatifs, et du statut juridique des exploitations, les autres variables de notre approche sont largement déjà traitées dans la littérature comme les facteurs déterminants de la vulnérabilité agricole (Berry *et al.*, 2006; Deressa *et al.*, 2008; Tesso, 2013; Dong *et al.*, 2015; Wiréhn *et al.*, 2015; Shukla *et al.*, 2016; Neset *et al.*, 2019). Par exemple, Tesso (2013) a évalué la vulnérabilité des ménages agricoles d'une région éthiopienne en différenciant les aspects socio-économiques (CA) et les aspects biophysiques (sensibilité et exposition). La CA de la vulnérabilité y est évaluée à travers un jeu de 25 variables portant notamment sur l'éducation, l'expérience agricole ou la participation institutionnelle pour les aspects sociaux et sur la taille des terres, la possession de bétail, la diversité des productions ou encore le niveau de revenu pour les aspects économiques. Pour les aspects biophysiques (sensibilité et exposition) l'étude a recours à une série de 7 variables sur les caractéristiques des sols de la végétation et du climat.

9.1.2. Acceptabilité sociale des mesures d'adaptation

9.1.2.1. Identification des préférences d'adaptation des agriculteurs

Les préférences des agriculteurs occupent une place importante dans notre réflexion puisqu'elles constituent le point de départ de leurs stratégies d'adaptation, ou de leur volonté d'adaptation. Plusieurs options d'adaptation ont été étudiées et sélectionnées sur la base des entretiens préalables (agriculteurs, conseillers agricoles, agriculteurs, experts, etc.). Il s'agit d'identifier les options d'adaptation les plus souhaitables et à travers la prise en compte de seuils d'identifier les contraintes à la mise en œuvre des politiques d'adaptation, en particulier les incertitudes et les coûts liés à ces mesures et les barrières institutionnelles et comportementales (Kates *et al.*, 2012).

Pour étudier ces préférences on a utilisé la méthode de DCE qu'a conduit à estimer plusieurs paramètres économétriques (le consentement à payer, l'utilité et le score de probabilité) en fonction des options et des attributs. Conformément à la littérature (Howden *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2012; Vogel et Meyer, 2018; Owen, 2020), les résultats des consentements à payer selon les options montrent que la majorité des options d'adaptation envisagées par les agriculteurs concernent des changements progressifs à court terme d'un système agricole existant (irrigation et diversification variétale). Il s'agit essentiellement d'une adaptation incrémentale (Vogel et Meyer, 2018). L'analyse de la probabilité montre que le statu-quo ($p = 0.13$) est une situation qui ne plaît pas, ceci peut être justifié par les impacts actuels du CC déjà perçus par les agriculteurs. L'assurance constitue l'option la moins sélectionnée ($p = 0.17$) par les agriculteurs, et ceci pourrait s'expliquer par la complexité administrative de sa mise en œuvre (essentiellement la question de l'évaluation de dégâts) et par les coûts liés trop élevés (coûts d'assurance) qui peuvent être non rentabilisés, (Erdlenbruch *et al.*, 2013; Boucher *et al.*, 2019). Les agriculteurs peuvent aussi anticiper que ces coûts d'assurance seront croissants au fur et à mesure de l'accroissement des effets et des dommages liés au CC. Pour s'adapter au CC, les préférences des agriculteurs privilégient l'irrigation ($p = 0.37$) et la diversification ($p = 0.33$). D'abord, ils souhaitent irriguer, de façon permanente ou occasionnelle dans un délai de 10 à 15 ans (moyen terme). Ils ont aussi une préférence pour la diversification variétale en changeant seulement les variétés dans un délai de 5 à 10 ans (court terme).

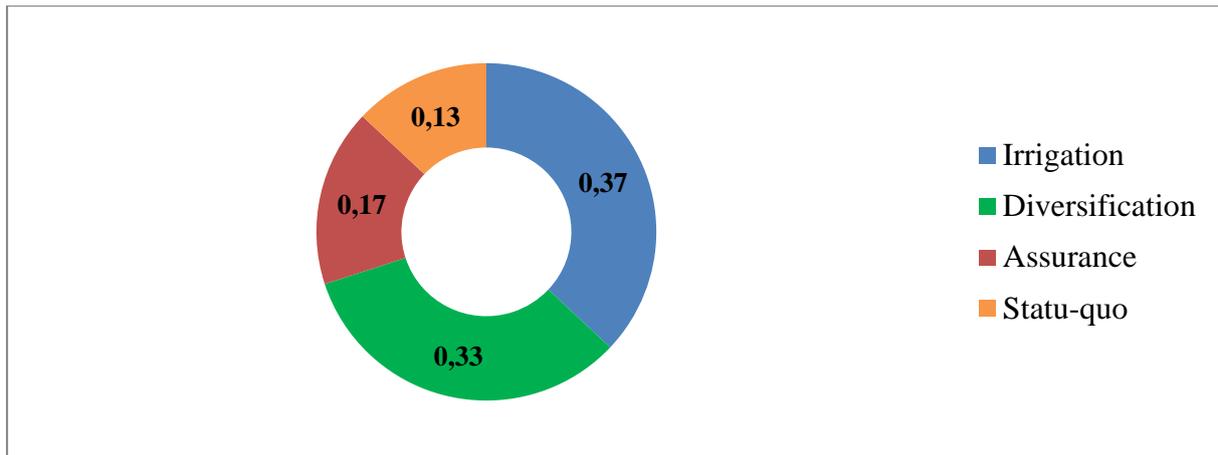


Figure 57: Probabilité de mettre en place les différents types de mesure d'adaptation

9.1.2.2. *Les principaux facteurs déterminants des décisions d'adaptation des agriculteurs*

L'adaptation de l'agriculture au CC implique des prises de décision par les agriculteurs au niveau de l'exploitation (Smit et Skinner, 2002; Birkmann, 2007; Fellmann, 2012; Hagenlocher *et al.*, 2016). Ainsi, il est nécessaire de mieux comprendre la relation entre les options d'adaptation potentielles et les processus décisionnels. Dans notre recherche il apparaît que cinq facteurs principaux (Figure 58) impactent la volonté des agriculteurs à prendre des décisions d'adaptation. Il s'agit de (1) l'expérience agricole, (2) de la SAU, (3) et de l'âge des exploitants, qui sont largement traités dans la littérature (Esham et Garforth, 2013; Belay *et al.*, 2017; Abid *et al.*, 2019; Ojo et Baiyegunhi, 2020) ainsi que (4) du niveau de vulnérabilité et (5) du projet de transmission de l'exploitation qui sont eux, moins évoqués dans la littérature. Dans le cas de l'âge et de la vulnérabilité, la modélisation de l'influence de la variable montre qu'il s'agit de l'âge et de la vulnérabilité au carré ce qui témoigne d'un effet non linéaire avec l'existence de seuils déterminant l'influence exercées par la variable.

La majorité des études montrent que l'âge a un effet négatif sur les stratégies d'adaptation des agriculteurs (Gbetibouo, 2009; Quayum et Ali, 2012; Esham et Garforth, 2013; Uddin *et al.*, 2014). On note bien évidemment que la probabilité d'adaptation diminue avec l'âge de l'agriculteur, ce qui rejoint les travaux anciens sur la volonté d'investissement selon qu'il y a ou non une reprise de l'exploitation par les descendants. Pour mieux garantir la pérennité et la durabilité des exploitations agricoles, les agriculteurs avec un projet de transmission ont tendance à mettre en place des mesures d'adaptation. L'influence de l'âge fait intervenir un seuil (âge au carré) à partir duquel les agriculteurs ne sont plus intéressés par les mesures

Discussion générale

d'adaptation. En effet, les agriculteurs plus âgés sont moins intéressés ou moins incités à prendre des mesures d'adaptation et ne voient peut-être pas la nécessité de s'adapter. De plus, au niveau de leur capacité d'innovation, ils peuvent avoir développé des routines ou des habitudes et vouloir suivre des méthodes traditionnelles qui leur sont familières plutôt qu'à adopter des nouvelles techniques agricoles (North, 1990).

Globalement, l'expérience agricole a des effets positifs sur la probabilité de s'adapter (Gbetibouo, 2009; Esham et Garforth, 2013; Uddin *et al.*, 2014; Belay *et al.*, 2017; Abid *et al.*, 2019). Une longue expérience y compris de situations difficiles peut contribuer à une meilleure perception de l'avenir et conduire l'agriculteur à prendre des mesures préventives appropriées et finalement à s'adapter pour réduire sa vulnérabilité.

Conformément, aux travaux de Acquah et Onumah (2011) et Uddin *et al.* (2014) on note que les agriculteurs ayant de grandes exploitations ont moins de chances d'adopter des mesures d'adaptation. Ce constat pourrait s'expliquer par une plus grande capacité de l'agriculteur à s'adapter sur de petites SAU plutôt que sur de grandes SAU qui impliquent généralement des investissements plus importants. La pénurie de main-d'œuvre agricole peut être également un motif supplémentaire de ne pas s'engager dans l'adoption de stratégies adaptatives pour les grandes exploitations. On a vu en effet dans notre enquête que les exploitations qui avaient déjà mis en œuvre des mesures d'adaptation avaient pour la plupart recruté de la main d'œuvre. À l'inverse Hassan et Nhemachena (2008); Gbetibouo (2009) ont constaté un lien positif significatif entre la taille de l'exploitation et la probabilité de s'adapter.

En fin le niveau de vulnérabilité constitue un facteur déterminant des préférences d'adaptation : on constate en particulier l'existence d'un seuil de vulnérabilité qui constitue un point de rupture entre des exploitations qui prévoient d'introduire des adaptation (préférences pour l'une ou l'autre des options proposées) et d'autres qui ne prévoient d'introduire aucune adaptation (statu quo) bien que leurs producteurs reconnaissent les effets négatifs du CC. Les exploitations dont la capacité d'adaptation est la plus réduite ou celles dont la sensibilité est la plus élevée ressortent finalement comme celles qui ont tendance à s'adapter le moins, Or, la fréquence des événements météorologiques extrêmes devraient augmenter au cours des prochaines décennies surtout dans le Sud de France (ADEME, 2015; Watkiss *et al.*, 2015; Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral, 2018).

On peut ainsi évoquer la notion de "trappes à vulnérabilité" pour rendre compte de ce constat (cf. section suivante). Ce résultat est très important et nécessite un suivi de la vulnérabilité des exploitations, afin de concevoir des politiques capables de soutenir les exploitations vulnérables au point de ne pas envisager de modifier spontanément leurs pratiques. Il s'agit de mettre en œuvre des politiques qui sont non seulement anticipées et progressives mais aussi distributives.

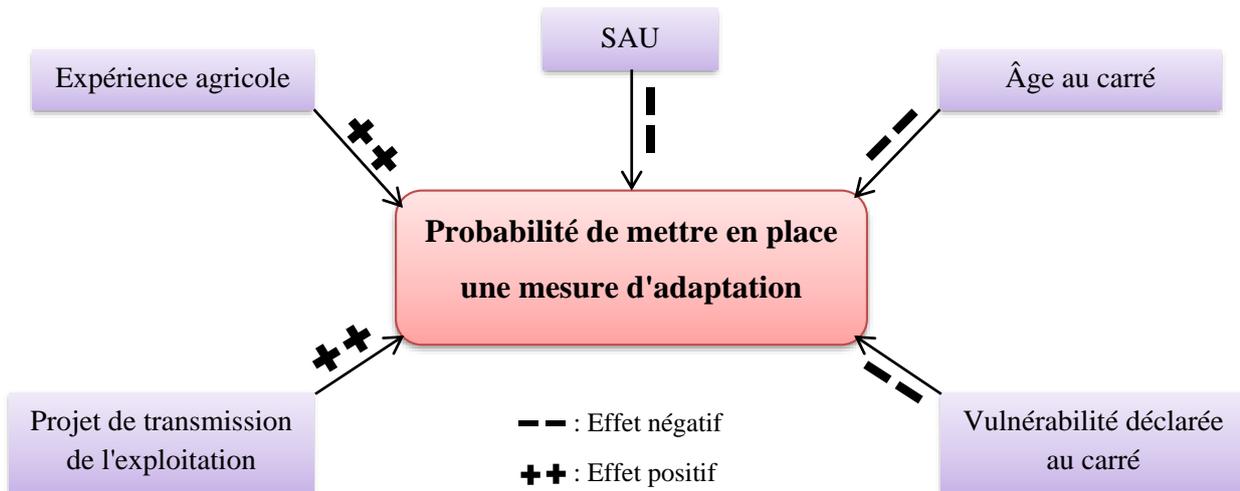


Figure 58: Facteurs influençant l'adaptation des agriculteurs face au CC

9.1.3. L'apport de l'analyse de la vulnérabilité et de préférences d'adaptation aux politiques sectorielle et territoriale

L'identification des principales variables de vulnérabilité qui pourraient constituer des contraintes à l'adaptation des exploitations est donc nécessaire pour mettre en place des mesures de réduction de la vulnérabilité et donc de pérennisation de l'activité. Les indices de vulnérabilité peuvent fournir un outil pour examiner et discuter des causes de cette vulnérabilité (Birkmann, 2007; Maiti *et al.*, 2017; Ford *et al.*, 2018; de Sherbinin *et al.*, 2019; Neset *et al.*, 2019; Shukla *et al.*, 2019). L'analyse de la vulnérabilité des exploitations montre que certains facteurs de vulnérabilité sont inhérents aux caractéristiques du territoire (type de sol, exposition à la sécheresse, etc.) tandis que d'autres sont des conséquences des politiques publiques (accès à l'irrigation, assurance, etc.) qui peuvent être gérées par des mesures à différentes échelles locales, régionales ou nationales (aménagement des périmètres irrigués, subvention, etc.). D'autres enfin sont le résultat d'une gestion inadaptée de l'exploitation

Discussion générale

(gestion du sol, diversification, etc.) qui nécessite des mesures de sensibilisations, d'accompagnement et d'encouragement.

Étant donné le large éventail de mesures d'adaptation possible, l'identification des principaux facteurs de la vulnérabilité permet d'aider à identifier des options d'adaptation individuelles et des politiques en fonction du degré du changement attendu (Figure 59) et de la situation du territoire. En effet, la littérature met l'accent sur le caractère dynamique des politiques d'adaptation et différencie l'adaptation en fonction de la complexité du changement, allant de l'adaptation incrémentielle à une adaptation systémique et transformationnelle plus profonde (Howden *et al.*, 2010; Kates *et al.*, 2012; Rickards et Howden, 2012; Vogel et Meyer, 2018; Fedele *et al.*, 2019).

En premier lieu, l'adaptation incrémentale comprend des mesures à court terme en maintenant les systèmes agricoles actuels et en améliorant les mesures d'adaptation existantes. À l'échelle de l'exploitation agricole cette adaptation est basée particulièrement sur la sélection des variétés adaptées, la gestion durable du sol, gestion durable de l'eau d'irrigation, etc. Ces mesures individuelles devraient être renforcées par des politiques qui permettent de développer des nouvelles variétés adaptées au CC et les mettre à disposition des agriculteurs ; de favoriser l'accès à l'eau d'irrigation en aménageant des nouveaux périmètres irrigués et de sensibiliser les agriculteurs sur les pratiques agricoles adéquates. Néanmoins la diffusion de l'irrigation doit être pensée en lien avec des mesures d'économie d'eau (par exemple généralisation du goutte à goutte) et en fonction des prévisions d'évolution de la ressource en eau, compte tenu des perspectives de renforcement des situations de sécheresse dans la zone. Ce type d'adaptation s'applique lorsque le CC a peu d'effets sur les exploitations agricoles (faible niveau de vulnérabilité).

En second lieu, lorsque le CC a des effets marqués sur l'agriculture et que les mesures incrémentales deviennent moins efficaces, les agriculteurs doivent procéder à une adaptation plus importante mais plus complexe et plus risquée. Elle comprend des changements plus structurels des exploitations à moyen terme et des changements profonds et à long terme (l'adoption de la pluriactivité et la diversification des types de culture ou d'élevage (agrotourisme, élevage)) des exploitations agricoles, et peut aller jusqu'à la relocalisation des exploitations dans des zones moins exposées. Ces mesures devraient être soutenues par des politiques qui permettent de sensibiliser les agriculteurs à la diversification et la transformation de leur mode de production (par exemple mesures agro-écologiques). Le changement radical nécessite une volonté politique qui permet d'encourager les agriculteurs

surtout les jeunes à diversifier leurs sources de revenus et d'aménager d'autres zones plus adaptées au CC.

Les solutions agro-écologiques peuvent aborder la question de l'adaptation. Une grande variété de pratiques agro-écologiques localement appropriées ont un grand potentiel d'adaptation car elles permettent d'adapter la production agricole à de nouveaux contextes climatiques, augmentant ainsi la résilience des exploitations (Debray *et al.*, 2019; Sinclair *et al.*, 2019). En effet, l'agroécologie est basée sur la valorisation des services écosystémiques dans la production agricole. Elle implique le recours à un ensemble de techniques applicables à tous les systèmes agricoles, qui permettent de diminuer les pressions sur l'environnement et de préserver les ressources naturelles (Altieri *et al.*, 2015; Debray *et al.*, 2019; Sinclair *et al.*, 2019). Elle possède plusieurs avantages pour être proposée comme une stratégie d'adaptation des systèmes agricoles (Bàrberi, 2018; Sinclair *et al.*, 2019). Bon nombre de pratiques agro-écologiques peuvent être mises en œuvre au niveau de l'exploitation pour réduire la vulnérabilité. Il s'agit particulièrement des mesures systémiques qui comprennent la diversification des cultures, l'intégration de l'élevage, la conservation de l'eau, etc. Dans ce sens la loi d'avenir³ du 13 octobre 2014 permet la mise en œuvre concrète de l'agroécologie dans l'objectif d'une performance à la fois économique, environnementale et sociale des exploitations. Cependant, l'adoption de ces pratiques agro-écologiques dépend la CA des agriculteurs (disponibilité des capitaux), qui à son tour rend les exploitations plus ou moins vulnérables (Altieri *et al.*, 2015; Bàrberi, 2018). Certaines pratiques nécessitent de grands investissements et une main-d'œuvre importante qui sont souvent indisponible notamment dans les exploitations les plus vulnérables.

Le premier type de mesures est conventionnel et peut être assimilé à des mesures dites sans regret (Wise *et al.*, 2014). Cependant elles peuvent s'avérer insuffisantes à long terme lorsque les impacts seront plus prononcés (Rickards et Howden, 2012; Vogel et Meyer, 2018) et peuvent donc être choisies en fonction de l'âge et de horizon temporel auquel raisonnent les agriculteurs.

Il est important pour les gestionnaires du territoire d'inciter les agriculteurs à intégrer des contraintes de long terme pour éviter des risques de friches agricoles au moment de la transmission des exploitations. Les résultats obtenus montrent que les producteurs sont réticents à adopter des mesures de long-terme relevant d'une adaptation transformationnelle.

³ <https://www.gouvernement.fr/action/la-loi-d-avenir-pour-l-agriculture-l-alimentation-et-la-foret>

Discussion générale

En effet, l'adaptation transformationnelle présente des risques financiers car elle est très coûteuse d'une part, et nécessite d'autre part l'acquisition de nouvelles connaissances et compétences par les agriculteurs. Or, ces risques peuvent conduire à des cas de mal adaptation surtout en absence des politiques à long terme (Rickards et Howden, 2012; Fedele *et al.*, 2019). Outre les facteurs comportementaux et les perceptions des agriculteurs (Gifford, 2011; Eyzaguirre et Warren, 2014; Simonet, 2016), les choix d'adaptation à l'échelle de l'exploitation agricole dépendent en grande partie de la disponibilité des moyens et de la CA (Rickards et Howden, 2012; Fedele *et al.*, 2019), mais aussi des politiques agricoles et des incitations publiques (Johnston et Hessel, 2012; Biesbroek *et al.*, 2013).

Discussion générale

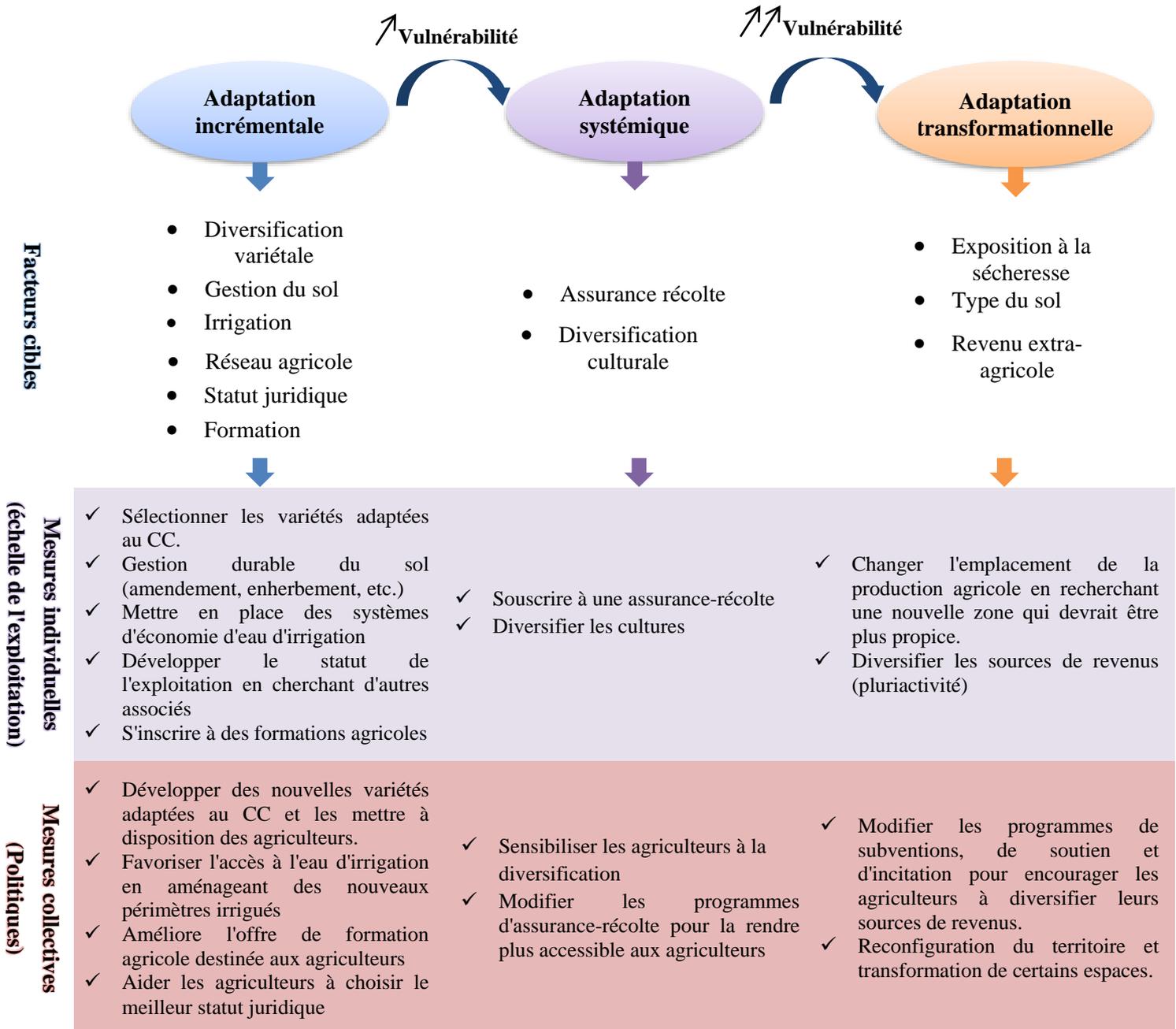


Figure 59: Mesures d'adaptation de l'agriculture

Il ressort de notre analyse que les agriculteurs du territoire ne semblent pas privilégier des mesures d'adaptation profondes (systémiques et transformationnelles). Par exemple, ils veulent bien changer leurs variétés mais pas leurs productions. Ceci est peut-être justifié par le fait que la diversification culturelle demande un capital humain important (connaissance, expérience, etc.) que les agriculteurs n'ont pas nécessairement, d'où le besoin en formation et en accompagnement. Par ailleurs ces transformations doivent être graduelles et progressives. En effet ce changement est lié à un niveau important de risque qui décourage les agriculteurs

à s'engager. Dans ce sens plusieurs projets (CLIMAGRI Occitanie, LIFE AgriAdapt, etc.) ont proposé des mesures d'adaptation moins radicales. Elles concernent l'évolution des productions et des pratiques agricoles (assolement, gestion de la fertilisation...), l'évolution des systèmes (introduction de légumineuse, polyculture élevage, agriculture biologique, agriculture de conservation...) ainsi que des innovations (efficacité de l'eau et de l'énergie, ...) ou le développement des énergies renouvelables (méthanisation).

On peut souligner ici que les types de mesures visant une adaptation transformationnelle doivent être pensés et financés à une échelle plus large que le territoire et de façon progressive. Le territoire joue cependant un rôle déterminant dans la sensibilisation et l'accompagnement à la mise en œuvre de ces mesures. Cependant, selon notre analyse de la vulnérabilité, il apparaît qu'un nombre important d'exploitations essentiellement du type viticoles (surtout les classes 3 et 2) n'ont pas les moyens suffisants (faible CA) pour mettre en place des mesures d'adaptation transformationnelles voire même des mesures plus simples. Par contre, selon l'évaluation des préférences d'adaptation on constate également que le statu-quo n'est pas apprécié par les agriculteurs. Des subventions adaptées doivent donc être proposées à une large échelle, par exemple celle de la politique commune agricole, de façon à veiller à l'articulation entre les mesures de transformation et celles de compensation et soutien aux effets du CC qui peuvent entraîner des inerties et des comportements en faveur du statut quo.

Les comportements des agriculteurs, montrent bien que la majorité des options d'adaptation envisagées concernent des changements progressifs à court terme ponctuels et ciblés d'un système agricole existant. Par exemple on a constaté que le passage de la modalité "changer seulement la variété" (modalité de référence) à la modalité supérieure (changer progressivement la production) se traduit par une baisse de 56% de la probabilité de choisir la diversification, ce qui confirme le fait que les agriculteurs sont très attachés à leurs cultures classiques. Ceci est peut-être justifié par la dominance de la monoculture de vigne dans le territoire de notre étude.

Cette recherche constitue ainsi une aide à la décision importante pour la planification territoriale. Elle fournit des informations très fines qui permettent d'élaborer des politiques contextualisées et d'orienter les actions d'adaptation. Dans ce sens la formation et la sensibilisation seront nécessaires pour sensibiliser les agriculteurs à changer les pratiques agricoles (pratiques agro-écologiques); à mieux choisir son statut juridique; et à s'intégrer dans des réseaux agricoles. Par ailleurs, une politique d'aménagement territoriale est

indispensable notamment pour développer l'irrigation. Enfin des mécanismes de soutiens financiers peuvent améliorer les stratégies des agriculteurs et faciliter l'accès aux services agricoles (par exemple l'assurance).

Plusieurs auteurs (Smit et Pilifosova, 2003; Landauer *et al.*, 2019; Shukla *et al.*, 2019; Leal Filho *et al.*, 2020) identifient ainsi des facteurs déterminants de l'adaptation tels que la richesse économique, la technologie, l'information, les compétences et les infrastructures. Certains de ces éléments déterminants ont essentiellement un caractère local tandis que d'autres relèvent des systèmes socioéconomiques et politiques plus généraux. Dans un territoire rural, ces éléments limitent la capacité des exploitations agricoles à atténuer leur vulnérabilité et à tirer parti des avantages qui se présentent. Ces facteurs doivent être pris en compte dans toute stratégie visant à renforcer la CA et la résilience des exploitations.

9.2. Implications pour l'aide à la décision

9.2.1. Une prise de conscience globale de l'adaptation

Plusieurs études concernant l'impact du CC sur l'agriculture et les voies d'adaptation ont été menées à différentes échelles (Tableau 59), avec plus récemment des études portant sur l'Occitanie. On peut citer en premier lieu le projet LIFE-AgriAdapt⁴ (Métayer, 2019) qui a permis de mettre en place un socle commun de pistes d'adaptation de l'agriculture à l'échelle de l'Europe. Ce socle commun est organisé autour de 4 axes : diversification, conservation des sols, extensification et bâtiments d'élevage en spécifiant des mesures d'adaptation en fonction des systèmes agricoles étudiés (grandes cultures, élevages, cultures permanentes) et des zones climatiques (Europe du nord, Europe du sud, zone méditerranéenne, zone continentale et zone atlantique). Il s'agit essentiellement de mesures sans regret (gagnant-gagnant) porteuses de bénéfices pour les agriculteurs, indépendamment des risques climatiques, et qui sont prônées sur tous les territoires et pour toutes les filières agricoles. À l'échelle nationale pour la viticulture le projet LACCAVE⁵ (Ollat et Touzard, 2020) étudie les impacts et les stratégies d'adaptation au CC. À partir d'une recherche prospective pluridisciplinaire (climatologie, écophysiologie, génétique, agronomie, pathologie végétale œnologie, économie, sociologie, géographie, mathématiques) ce projet propose de multiples mesures d'adaptation autour de quatre axes (i) tester et combiner des innovations; (ii) réorganiser les plantations dans l'espace; (iii) changer les règlements et l'organisation des

⁴ <https://agriadapt.eu/?lang=fr>

⁵ <https://www6.inrae.fr/laccave/Projet>

Discussion générale

institutions et (iv) construire des connaissances en intégrant les consommateurs et les acteurs des filières. Une des spécificités de cette démarche est d’offrir un large éventail de réponses dans différents domaines et intégrant des mesures structurelles notamment le déplacement de la production viticoles dans zones moins sensibles au CC (Ollat et Touzard, 2020).

À l’échelle régionale le cadre du projet Climagri⁶, une réflexion prospective sur l’avenir de l’agriculture à l’horizon 2050 a été menée afin de poser des bases sur les évolutions possibles des types de productions, des niveaux de productivité, et des pratiques culturales et d’élevage. Cette étude prospective a identifié 4 scénarios contrastés offrant des pistes relatives aux leviers d’actions pour l’agriculture régionale. Il s’agit de développer (i) l’irrigation ; (ii) l’agriculture de conservation ; (iii) la logique de trois cultures en 2 ans (iv) les productions de qualité dont l’agriculture biologique (v) l’optimisation de la gestion des systèmes fourragers (vi) les énergies renouvelables et les économies d’énergie et (vii) la valorisation de la production en local et le commerce équitable. De même toujours à l’échelle régionale le projet AP3C⁷ a pour ambition d’obtenir des informations localisées permettant une analyse fine des impacts du CC sur le territoire, en vue d’adapter les systèmes de production et de sensibiliser l’ensemble des acteurs. Ce projet associe une approche climatique, agronomique et systémique et propose une liste d’adaptations possibles en fonction des systèmes de production.

Tableau 59: Synthèse de quelques études récentes relatives à l'adaptation de l'agriculture

| Projets | Objectif | Financement (échelle) |
|--|--|--|
| LIFE-AgriAdapt | Vulnérabilité climatique des exploitations agricoles (grandes cultures, élevage et cultures permanentes) et mesures d'adaptation. | Commission Européenne (Union Européenne) |
| Climagri | Scénarios contrastés permettant de mesurer les conséquences (économies d'énergie, émissions de gaz à effet de serre et le potentiel agronomique) et les conséquences sur les types de productions, et les pratiques. | ADEME et Région Occitanie (Région Occitanie) |
| AP3C (Adaptation des pratiques culturales au CC) | Caractériser les scénarios d'évolution des systèmes d'exploitation, adapter les outils de conseil au CC et sensibiliser les acteurs du monde agricole. | Ministère de l'Agriculture, la Région Auvergne-Rhône-Alpes et la Région Nouvelle-Aquitaine. (Massif central) |
| LACCAVE | Étudier les stratégies d'adaptation au CC de la viticulture et de l'industrie du Vin sur le long terme en France. | INRAE Méta programme ACCAF (France métropolitaine) |

⁶ <https://occitanie.chambre-agriculture.fr/agroenvironnement/changement-climatique/climagrir-occitanie/>

⁷ <https://www.sidam-massifcentral.fr/developpement/ap3c>

Discussion générale

La finalité de ces projets est de proposer des mesures d'adaptation pour les différents systèmes agricoles et de partager les connaissances et les solutions avec les acteurs cibles (agriculteurs, décideurs, agriculteurs etc.). Ces projets ont développé des outils d'aide à la décision et des plateformes collaboratives pour partager les connaissances et les initiatives telles que par exemple les plateformes VINEAS et AWA. Bien qu'il existe des différences méthodologiques on note d'importantes similitudes concernant les mesures d'adaptation avec toutefois des spécificités notamment selon les systèmes agricoles. Ce type d'approche exploratoire et bottom-up à parti d'études pilote ne permet bien évidemment pas à d'offrir une liste exhaustive et hiérarchisée des mesures d'adaptation, mais d'illustrer les orientations à mettre en œuvre dès aujourd'hui pour tendre vers des pratiques agro-écologiques et une agriculture qui réponde aux enjeux sociétaux et environnementaux du futur. Il ressort que la mise en œuvre de nombreuses de ces mesures demande un besoin important de formation et de communication auprès des agriculteurs mais aussi de recherche-développement pour accompagner l'adaptation (Touzard *et al.*, 2015). Au-delà de ces projets, les orientations des politiques en matière d'agriculture et de développement rural témoignent de l'importance des enjeux d'adaptation. À l'échelle Européenne l'adaptation de l'agriculture au CC est devenue un élément essentiel dans la politique agricole commune post 2020, ce qui pourrait amener les États membres de l'UE à accroître leur financement des mesures d'adaptation. En complément des actions d'atténuation, le plan national d'adaptation au CC (PNACC-1 et PNACC-2) vise, par des mesures adaptatives, à limiter les effets négatifs du CC régionaux sur les activités socioéconomiques et les écosystèmes. À l'échelle locale, le plan local d'urbanisme (PLU), le schéma de cohérence territoriale (Scot) et le schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) sont considérés comme des outils de transformation des territoires favorisant la mise en œuvre d'actions d'adaptation.

Cependant, les contraintes à la mise en place de ces mesures restent importantes et multiformes, depuis des obstacles d'ordre cognitif, à ceux d'ordre économique ou institutionnel, constituant un champ de recherche scientifique en émergence dans lequel s'inscrit notre recherche. Ainsi notre recherche permet d'étudier les préférences pour des mesures d'adaptation similaire à celles proposées par les autres projets et de préciser certains leviers d'adaptation, notamment en étudiant les déterminants des comportements et l'articulation entre l'évaluation de la vulnérabilité et l'étude des préférences d'adaptation. Il est ainsi possible d'identifier quatre enjeux importants de l'adaptation des unités et territoires agricoles : (i) l'acceptabilité sociale des mesures d'adaptation; (ii) l'incapacité des certaines

exploitations à mettre en place des mesures d'adaptation (trappe à vulnérabilité); (iii) une faible perception des agriculteurs quant au rôle de certaines variables dans la vulnérabilité de leurs exploitations et (iv) l'existence des seuils d'adaptation liés aux niveaux de vulnérabilité et à l'âge.

9.2.2. Vers une approche d'adaptation multi acteurs et multiniveaux

Comme en témoigne nos résultats le cadre méthodologique proposé constitue un outil pertinent en termes d'aide à la décision pour identifier les domaines prioritaires et les objectifs à prioriser pour élaborer une politique d'adaptation de l'agriculture à l'échelle d'un territoire. À ce titre il constitue un outil pour les agences de développement, les chambres d'agriculture, les collectivités territoriales leur permettant de concevoir et de quantifier les effets positifs de leurs interventions. Cette approche permet notamment de définir les types d'exploitations ou les zones prioritaires, les axes d'intervention pour faciliter la prévention et la réduction de la vulnérabilité, et *in fine* pour mieux concevoir une planification adaptative de développement agricole à moyen et long terme. Il est évident qu'une plus grande connaissance des groupes les plus vulnérables est nécessaire pour permettre d'élaborer des mesures mieux ciblées.

Elle peut aider à surmonter les contraintes existantes qui entravent la mise en œuvre des mesures d'adaptation, en particulier la capacité de l'agriculteur et l'acceptabilité des mesures d'adaptation. À court terme, il est préférable d'adopter des mesures incrémentales réactives qui permettent d'éviter la dégradation de leur situation. En effet, les gestionnaires publics doivent mettre en place des politiques pour sensibiliser et encourager les agriculteurs à adopter des mesures de gestion de risque (assurance) et d'adopter des pratiques plus durables (pratiques agro-écologiques). À moyen et à long terme il est recommandé de favoriser les politiques qui encouragent les agriculteurs à prendre des mesures de plus en plus structurelles.

Discussion générale

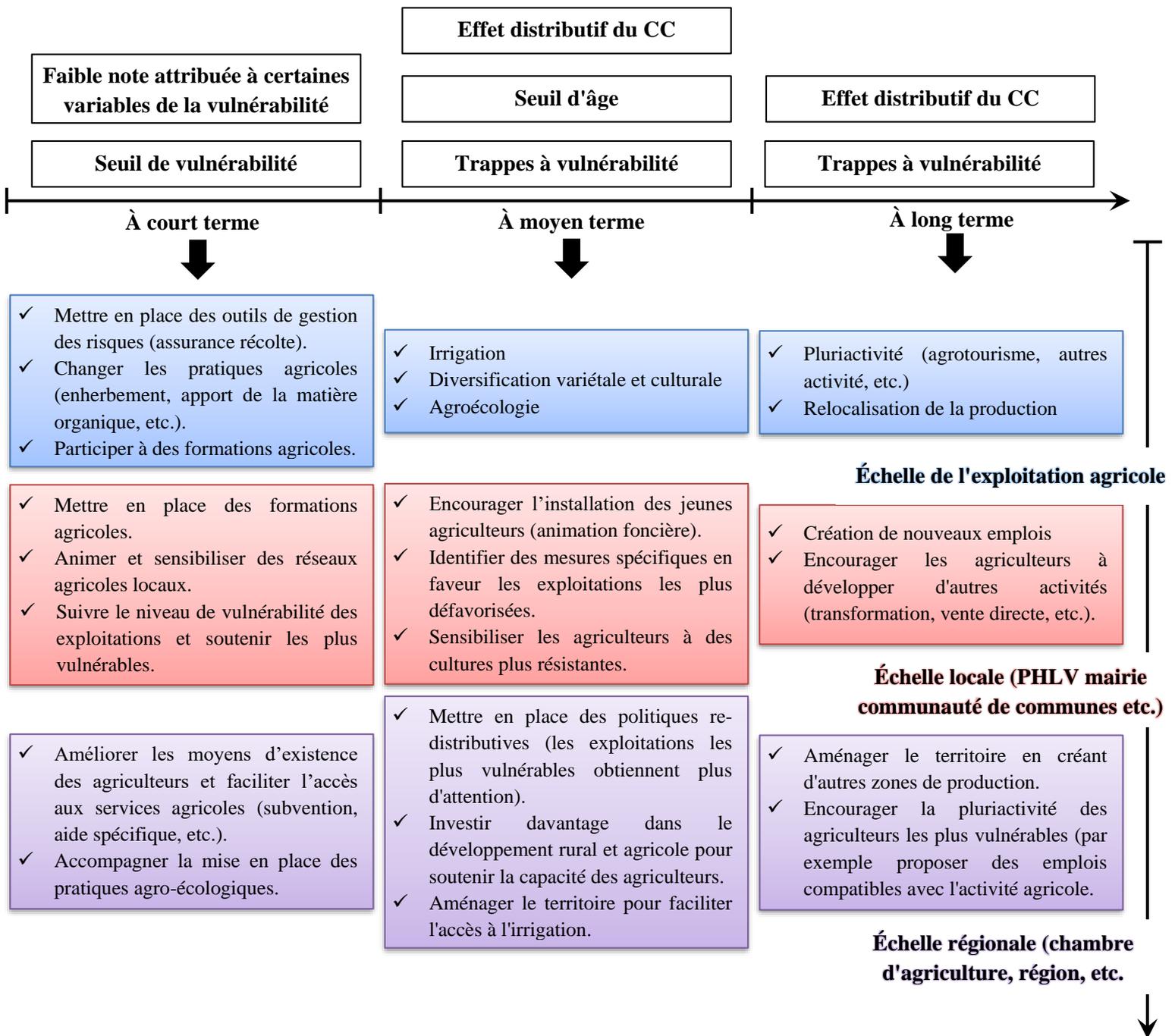


Figure 60: Principaux apports à la décision

9.2.2.1. Le besoin d'une politique différenciée et re-distributive

L'étude de la vulnérabilité en fonction des types d'exploitations et la classification de l'échantillon en trois classes de vulnérabilité mettent en évidence les effets distributifs forts du CC. Le fait que la vulnérabilité soit répartie de manière inégale et généralement plus importante pour les exploitations défavorisées implique de prendre en compte ces aspects lors

Discussion générale

de la conception des politiques d'adaptation et des interventions. Les conséquences sociales sur les différents groupes de vulnérabilité devraient être prises en compte lors de la planification de l'adaptation pour produire des interventions plus équitables ou pour identifier des mesures spécifiques en faveur des exploitations les plus défavorisées (Rios *et al.*, 2014; Watkiss et Cimato, 2016). Ainsi par exemple la banque mondiale a utilisé des indices de risque et de vulnérabilité pour justifier les priorités de l'aide au développement dans certains pays (Guillaumont *et al.*, 2020). Néanmoins très peu d'études sur l'adaptation étudient et tiennent compte des effets distributifs dans la conception des politiques d'adaptation à l'échelle des territoires (Rios *et al.*, 2014; Watkiss et Cimato, 2016) sachant que des travaux existent à l'échelle internationales entre pays développés et pays en voie de développement. Selon Watkiss et Cimato (2016) cette question a été reconnue, mais elle n'a pas été intégrée aux plans d'adaptation. Dans le territoire du PHLV les réflexions concernant les questions de répartition pourraient être intégrées à l'aide de "*pondérations distributives*" (Watkiss et Cimato, 2016) en fonction de classes de vulnérabilité ou des systèmes de cultures, de façon que les systèmes de cultures ou les exploitations les plus vulnérables obtiennent plus d'attention dans la conception des politiques. Cette conception permet d'améliorer l'utilité sociale (Watkiss et Cimato, 2016) principalement pour les exploitations très vulnérables et de proposer des politiques plus inclusives.

La prise en compte des effets distributifs affecte ainsi la façon dont les politiques et les mesures d'adaptation sont classées et sélectionnées. Les décideurs peuvent alors accorder plus d'importance aux politiques et mesures d'adaptation qui pourraient accroître la part des avantages accordés aux plus vulnérables en intégrant explicitement les questions d'équité. Ainsi l'étude de la vulnérabilité des exploitations agricoles et les préférences d'adaptation dans le territoire offrent un éventail d'informations pour appliquer les pondérations distributives dans la planification de l'adaptation au CC. Étant donné que ce territoire est dominé par la viticulture, des politiques et des mesures spécifiques pour les exploitations viticoles sont recommandées. Dans ce sens par exemple le syndicat mixte du PHLV accompagne et suit la diversification agricole des agriculteurs par le programme Bio-Orb PPAM. Ce programme permet pour les exploitations viticoles la mise en culture bio de plantes à parfums aromatiques et médicinales entre les lignes des vignes ou dans les parcelles en jachères.

9.2.2.2. *Le risque de la trappe à vulnérabilité*

L'identification d'un processus de "trappes à vulnérabilité", renvoie au concept économique de trappes à pauvreté (Azariadis et Stachurski, 2005; Matsuyama, 2008; Kraay et McKenzie, 2014) étudié aux échelles nationales et internationales. Cette notion de "trappe de vulnérabilité" pour des exploitations agricoles correspond à un mécanisme en spirale qui conduit les exploitations vulnérables à rester vulnérables, voire à devenir de plus en plus vulnérables en ne pouvant pas s'adapter. Cette trappe résulte d'une faible CA et donc d'une faible résilience des systèmes agricoles existants du fait de l'absence des stratégies réactives au CC. Les exploitations fragiles (niveau de vulnérabilité élevé) incapables de mettre en place des mesures d'adaptation futures sont les victimes de cette trappe de vulnérabilité. Conformément au concept de trappes à pauvreté (Azariadis et Stachurski, 2005; Skoufias *et al.*, 2011), la vulnérabilité engendre la vulnérabilité, de sorte que la vulnérabilité actuelle est elle-même une cause directe de la vulnérabilité dans le futur. Dans un contexte du CC Skoufias *et al.* (2011) ont considéré que les impacts du CC sont généralement régressifs, c'est-à-dire qu'ils pèsent plus lourdement sur les pauvres que sur les riches. Dans ce sens les exploitations vulnérables sont vulnérables et restent vulnérables et en absence des stratégies d'adaptation ceci renvoie à une vulnérabilité extrême qui constitue un facteur important de pauvreté (Barrientos, 2013).

Les politiques d'adaptation et de développement agricole, le faible niveau de CA, le niveau de sensibilité élevé et la sous-estimation des risques peuvent être la cause directe de cette trappe à vulnérabilité, conduisant à la perpétuation d'un statu quo inefficace. La lutte contre les "trappes à vulnérabilité" implique de revoir la conception des politiques d'adaptation, notamment en tenant compte des inégalités et de l'effet distributif du CC (Rios *et al.*, 2014; Watkiss et Cimato, 2016). Il est alors nécessaire d'investir davantage dans le développement rural et agricole pour soutenir la capacité des agriculteurs à prendre des décisions d'adaptation qui affectent leur bien-être futur (Bryan *et al.*, 2013). Par exemple des incitations spécifiques (économiques, institutionnelles, techniques, etc.) pour les exploitations les plus vulnérables pour briser les "trappes à vulnérabilité" peuvent avoir des effets durables à long terme. Dans la lutte contre les "trappes à vulnérabilité" il faut accompagner davantage les jeunes agriculteurs. Par contre, cette problématique peut être résolue par le départ à la retraite par les agriculteurs âgés.

9.2.2.3. Le besoin d'une approche adaptative et itérative pour les mesures structurelles

Tous ces résultats montrent que les mesures simples (incrémentales et systémiques) allant de la gestion du sol à la diversification des cultures sont socialement acceptables et pourront être facilement soutenues par les politiques territoriales plutôt qu'un changement transformationnel qui doit être pensé de façon multiniveaux en articulant les échelles, sachant que les mesures incrémentales ne pourront suffire à terme qu'il faut donc penser les politiques d'appui en termes dynamique de trajectoires d'adaptation (Haasnoot *et al.*, 2013) de façon à renforcer les capacités d'adaptations des différents systèmes agricoles et leur résilience (Watkiss et Cimato, 2016). De façon à maintenir l'identité du territoire (territoire viticole) et d'éviter des décisions irréversibles, il est utile de mettre l'accent sur les possibilités pour les agriculteurs d'améliorer les systèmes existants et d'adopter des pratiques agricoles plus durables. En effet un des principes global de l'adaptation est de faciliter la résilience et l'adaptation naturelle des fonctionnalités des écosystèmes, naturels ou exploités, et notamment par la préservation de leur biodiversité et de la qualité des services écosystémiques rendus, dans la logique du référentiel One Earth (Ward et Dubos, 1972). Ainsi il est important de prendre en compte l'analyse de la vulnérabilité et des préférences d'adaptation pour mettre en place une gestion et une planification adaptative et itérative (Haasnoot *et al.*, 2013; Watkiss *et al.*, 2015). Cette approche nécessite de re-conceptualiser les mesures d'adaptation (Figure 61). En effet cette gestion adaptative se traduit par une planification qui peuvent être adaptée au fil du temps à des conditions futures imprévues (Watkiss *et al.*, 2015) en identifiant le plus tôt possible les points de bifurcations possibles. Cela permet de s'assurer que les décisions appropriées sont prises au bon moment, en référence aux préférences des agriculteurs et l'évolution de la vulnérabilité. Aussi, l'utilisation de la planification itérative permet de renforcer la CA et la mise en œuvre des mesures incrémentales et systémiques (mesures sans regrets) à court et à moyen terme et d'anticiper et de se préparer à des mesures transformationnelles à long terme.

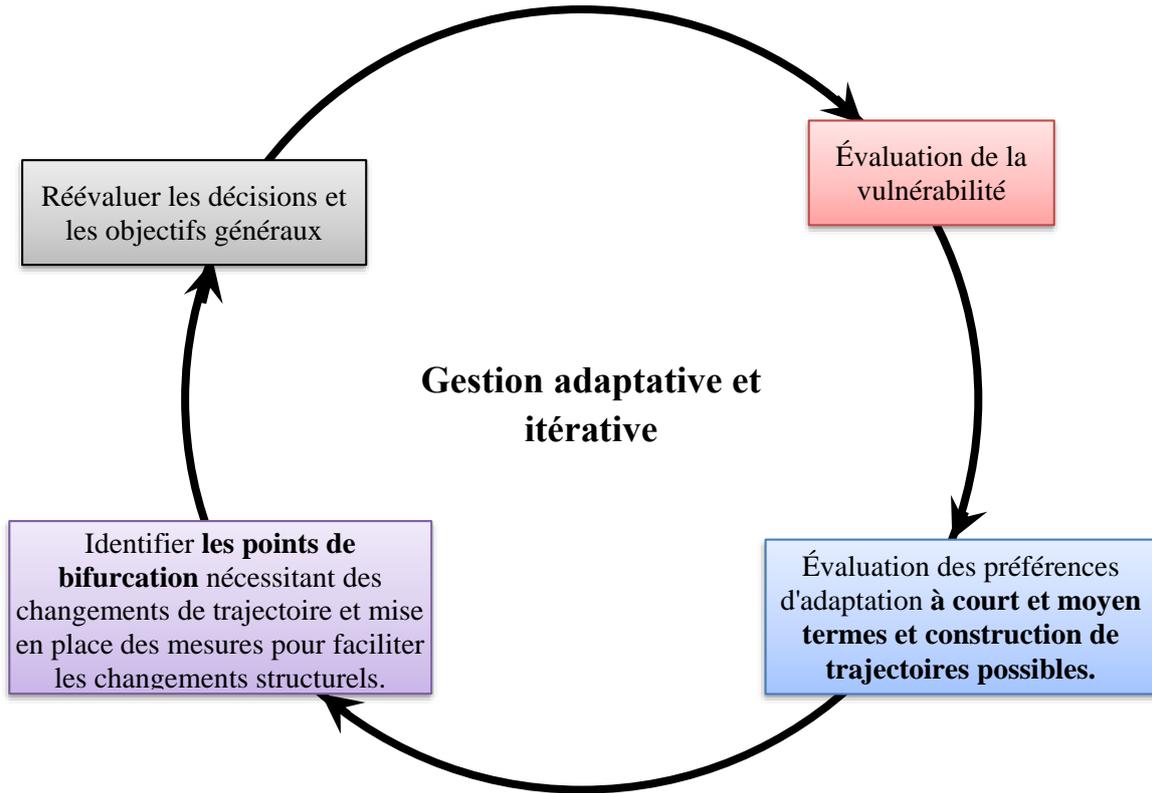


Figure 61: Ré-conceptualisation et planification de l'adaptation au CC

9.2.2.4. *Apport de l'étude aux parties prenantes sectorielles et territoriales*

Cette recherche a fait l'objet d'une restitution auprès des parties prenantes du territoire (acteurs sectoriels et territoriaux). Il est apparu que la majorité des acteurs est consciente de la nécessité de s'adapter et a validé les principaux enjeux liés à la vulnérabilité et à l'adaptation de l'agriculture traités dans cette recherche. L'action territoriale menée en matière d'adaptation ne se réduit pas aux actions explicitement rattachées à cette notion (Simonet, 2015). Les actions d'adaptation sont transversales aux enjeux du développement durable. À l'exception des projets menés par la chambre d'agriculture pour encourager la diversification culturelle et instaurer des pratiques agro-écologiques, sur ce territoire on observe assez peu de projets sur l'adaptation au CC financés par des acteurs locaux.

Cependant, quelques initiatives plus centrées sur le CC ont été mises en œuvre par différents acteurs. En effet, le syndicat AOP Faugères soutient une expérimentation de la mise en culture des portes greffes qui tolèrent la sécheresse. De même ce syndicat encourage et incite les viticulteurs à adopter des pratiques agroenvironnementales. Parallèlement la coopérative

Discussion générale

de la sica caroux est en train de penser à des mesures spécifiques pour soutenir les petits producteurs vulnérables et qui sont incapables de garantir un revenu minimum face au CC. Il s'agit de mettre à disposition des agriculteurs des unités de transformation pour des légumes qui ne sont pas commercialisables du fait des effets du CC mais qui peuvent être valorisés autrement (par la transformation). Ces acteurs sont très sensibles au changement des pratiques et à la diversification. Ces initiatives nécessitent d'étudier l'acceptabilité des pratiques par les agriculteurs, de les sensibiliser par la formation et l'expérimentation et de les accompagner.

Le syndicat mixte du PHLV a quant à lui mené plusieurs projets pour améliorer les revenus des producteurs. On peut citer le projet Orb-bio-PPAM pour la préservation des espaces remarquables et la diversification des productions, le projet alimentaire territorial (PAT) pour soutenir l'installation des agriculteurs et développer les circuits courts ; et le programme d'animation foncière pour développer la polyculture par l'utilisation de parcelles viticole non utilisées pour installer un jeune agriculteur sur des productions alimentaires et agroécologie. On peut constater que le syndicat mixte du PHLV est sensible à l'enjeu "trappes à vulnérabilité" et voudrait mettre en place des interventions spécifiques en faveur des exploitations les plus vulnérables.

Les leviers d'adaptations mobilisables pour s'adapter au CC sont diversifiés et complémentaires. La concertation et l'échange entre les acteurs collectifs présents sur le territoire est apparu comme un préalable nécessaire à l'existence d'une démarche territorialisée en matière d'adaptation de l'agriculture. L'adaptation nécessite aussi de juxtaposer un ensemble d'initiatives à différentes échelles (exploitation agricole, locale, régionale et nationale) pour limiter les effets du CC et encourager les agriculteurs à s'adapter à un futur incertain (Touzard *et al.*, 2015; Simonet, 2016; Watkiss et Cimato, 2016; Ollat et Touzard, 2020). Ceci demande une volonté politique et une meilleure gouvernance de l'action collective. Pour un territoire très spécifique comme le PHLV, les initiatives d'adaptation devraient être renforcées au niveau local (les agriculteurs, les coopératives, les syndicats d'appellation, le parc-Haut-Languedoc et les collectivités locales) pour plusieurs raisons. D'abord, les effets du CC se manifestent au plan local, affectant ainsi les activités de subsistance locales (particulièrement la viticulture). Puis, la vulnérabilité et la CA des exploitations sont fonction du contexte local. Enfin, les mesures d'adaptation peuvent être mieux conçues au niveau local. Enfin, les décisions des agriculteurs sont des manifestations concrètes de l'adaptation.

9.3. Les limites

Cette recherche peut fournir un outil important pour examiner les causes profondes de la vulnérabilité agricole et proposer des lignes directrices pour conceptualiser l'adaptation. Cependant les concepts de vulnérabilité et d'adaptation dans le secteur agricole ont été critiqués pour leur limite, leur applicabilité, leur utilité et leur implication politique (Jones et Andrey, 2007; Hinkel, 2011; Moser, 2011; Vogel et Meyer, 2018; Neset *et al.*, 2019). Le présent travail de recherche a rencontré un certain nombre de limites en particulier liées à l'échelle spatiale des données, à la sélection et la quantification des variables et à l'intégration de la vulnérabilité et de l'adaptation dans les politiques de développement (Vincent, 2004; Birkmann, 2007; Tate, 2012; Tesso, 2013). La diversité des variables prises en compte pourrait générer un risque de redondance et introduire des colinéarités dans la modélisation par exemple pour l'âge et l'expérience agricole souvent corrélés. Enfin, comme pour toute approche multicritère, la question de l'identification de seuils pertinents constitue une tâche complexe. En effet l'établissement des seuils constitue un facteur déterminant de la pertinence des résultats (Hinkel, 2011) et il est essentiel que les variables et leurs seuils soient adaptés aux enjeux spécifiques et à l'échelle d'étude (Birkmann, 2007; Fellmann, 2012; Hagenlocher *et al.*, 2016). On rappelle que dans cette recherche les variables ont été calculées à partir des résultats de l'enquête en normalisant les variables quantitatives par la méthode min-max et les variables qualitatives en définissant des classes selon un champ standardisé de 0 à 1. Cette approche a permis de comparer le niveau de vulnérabilité entre les différents types d'exploitations.

Conformément à la littérature (Birkmann, 2007; Füssel Hans-Martin, 2007; Hinkel, 2011; Fatemi *et al.*, 2017; Neset *et al.*, 2019), notre évaluation de la vulnérabilité est très sensible à la sélection et la représentation des variables, modérément sensible aux décisions sur la pondération des variables (faible écart entre vulnérabilité déclarée et vulnérabilité calculée) et peu affectés par les décisions concernant la mise à l'échelle des variables. En effet, dans cette recherche la sélection et la validation des variables ont été faites en fonction de la bibliographie, du diagnostic du territoire, et de la consultation des acteurs ressource et des experts. Aussi pour chaque composante de la vulnérabilité deux méthodes de calcul ont été utilisées. Une première méthode suppose que tous les variables de la vulnérabilité ont une importance égale en les attribuant le même poids. Alors que, la deuxième méthode consiste à attribuer des poids différents en prenant en compte la diversité de l'impact des variables utilisés. Pour cela on a eu recours aux déclarations des agriculteurs pour pondérer les

Discussion générale

différentes variables. Une autre limite généralement observée pour l'évaluation de la vulnérabilité, (Deressa *et al.*, 2008; Hinkel, 2011; Fatemi *et al.*, 2017; Neset *et al.*, 2019) tient au fait que ces évaluations ne permettent pas de traiter les interactions entre les différentes composantes de la vulnérabilité (CA, sensibilité, exposition).

Cependant, si ce type d'évaluation permet d'identifier le poids de chaque type de capital sur la vulnérabilité, il ne permet pas d'appréhender les interactions entre capitaux, ce qui constitue une limite. En effet c'est aussi à travers les interactions entre les différents capitaux que se définissent les caractéristiques globales du capital d'une exploitation et ses possibilités de développement et par suite d'adaptation (Ekins *et al.*, 2008). Enfin, nous n'avons pas considéré la spécificité du capital social qui a été intégré au capital humain comme c'est souvent le cas à l'instar de la Banque mondiale dans son évaluation de la richesse des nations et de leurs composantes qui regroupe en effet l'ensemble des capitaux intangibles (Banque Mondiale, 2007; Stiglitz *et al.*, 2009). Néanmoins l'inscription dans les réseaux et plus généralement l'influence du capital social est déterminante de l'appropriation des principes d'adaptation, de la connaissance des comportements des proches au sein de la profession et des changements de représentation qui sont nécessaire pour s'inscrire dans une logique de résilience en accord avec les référentiels d'adaptation transformationnelle (Rickards et Howden, 2012; Noble *et al.*, 2014; Simonet, 2016). Pareil le capital financier n'a pas été retenu et le revenu agricole a été approché par des proxis comme la commercialisation, la taille de l'exploitation.

L'analyse de l'adaptation au CC du fait de la méthode d'évaluation, n'a pu considérer qu'un nombre très limité d'options d'adaptation, choisies à partir des résultats des entretiens préalables concernant les principales voies d'adaptation. Outre l'acceptabilité et la faisabilité de ces mesures d'adaptation il existe plusieurs facteurs qui peuvent ralentir l'adaptation tels que les coûts et bénéfices de l'adaptation, les incertitudes des impacts, les barrières institutionnelles, la faisabilité, la gouvernance, etc. qui doivent être pris en compte (Howden *et al.*, 2010; Moser et Ekstrom, 2010; Acquah et Onumah, 2011; Rickards et Howden, 2012; Vogel et Meyer, 2018). Le choix des attributs pour les options d'adaptation testées et leurs niveaux, peut avoir des conséquences sur les estimations et les résultats. En effet la méthode DCE nécessite un grand échantillon et un nombre d'attribut limité pour répondre aux conditions de faisabilité de la passation de l'enquête et la qualité des choix de réponse et éviter tout biais lié à la complexité des questions. En effet, si le nombre d'options d'adaptation est trop important les agriculteurs interrogés sont confrontés à une tâche décourageante et sont

susceptibles de recourir à des règles heuristiques ou empiriques pour simplifier les choix de réponse. Ces risques de biais largement identifiés dans les travaux méthodologiques (Lancsar et Louviere, 2008; Schmidheiny et Brühlhart, 2011), nous ont conduit à limiter la diversité des options pour préserver la qualité des résultats.

9.4. Perspectives et recommandations

Il ressort de cette recherche que l'adaptation et la vulnérabilité sont deux concepts multidisciplinaires et très interconnectés avec plusieurs autres concepts (risque, résilience, acceptabilité, faisabilité, etc.). Ces caractéristiques reflètent la nécessité de combiner des compétences diversifiées (modélisation du climat, évaluation environnementale, économie institutionnelle, etc.) pour faire progresser l'adaptation. Cependant, cette diversité peut être problématique car elle complexifie la communication entre les chercheurs, les décideurs et les parties prenantes et nécessite un langage commun. Il serait nécessaire après plusieurs applications de pouvoir réduire la liste des indicateurs pour développer une version plus pragmatique de l'approche tout en maintenant un certain degré de rigueur. Il pourrait s'agir d'un noyau d'indicateurs communs qui pourraient être complété selon les cas pour tenir compte des contextes territoriaux. Il serait nécessaire de pouvoir penser l'adaptation selon une approche souple et structurée en appui à la décision pour planifier et hiérarchiser les mesures. L'approche de types *Adaptation Pathways* (Haasnoot *et al.*, 2013) semble être utile pour améliorer continuellement les résultats des interventions à la lumière des leçons tirées des politiques et des pratiques antérieures. Elle constitue un outil de suivi évaluation en continu qui aide à identifier les décisions à différents horizons temporels. Cette approche doit s'appuyer aussi sur l'apprentissage collectif.

Cette recherche fournit une base pour transformer le système actuel, en encourageant et en intensifiant les pratiques agro-écologiques et en soutenant des réseaux agricoles qui transfèrent des connaissances techniques et des savoir-faire. L'amélioration des connaissances et les besoins de sensibilisation des différents acteurs concernés (élus, techniciens, public, etc.) sont des préalables nécessaires. Au sens large, l'adaptation est considérée comme un enjeu de développement qui nécessite des effets de coordination et de gouvernance. Il faudra donc revoir le cadre de gouvernance actuel et ajuster les réglementations et les normes au regard des nouveaux défis climatiques. En effet, l'adaptation doit être pensée à tous les échelles ; au niveau national par des politiques et des plans nationaux d'adaptation ; au niveau sectoriel par des programmes de développement et des investissements sectoriels et aux

Discussion générale

niveaux régional et local par des stratégies territoriales et des projets. Les différents niveaux jouent des rôles différents dans la planification et la mise en œuvre des stratégies d'adaptation. Chaque niveau doit faire l'objet d'une analyse détaillée pour montrer son importance dans le contexte de l'adaptation et déterminer les acteurs clés et les principaux processus décisionnels. Cela permet de favoriser la prise en compte des mesures d'adaptation aux différents niveaux.

L'articulation et les synergies entre les niveaux relèvent alors de la gouvernance multi niveaux. En effet, malgré le fait que les acteurs locaux soient les plus concernés par les effets du CC, l'adaptation au niveau local est étroitement liée aux autres niveaux de décision (sectorielle et nationale). Pour concevoir des stratégies d'adaptation mieux adaptées, les acteurs locaux devraient être consultés au cours des processus de décision et l'articulation entre les niveaux devraient aussi être renforcée. Ils doivent non seulement bénéficier des décisions prises en matière d'adaptation à d'autres niveaux mais aussi à participer dans la conception de l'adaptation, par exemple à partir de programmes pilotes à l'échelle locale, comme cela a été fait pour les risques de submersion marine (Rocle et Salles, 2018). Il s'agira de mettre en place une démarche plus souple et dynamique permettant d'élaborer les politiques en tenant compte des enjeux climatiques locaux. Les expériences en matière d'adaptation au niveau local doivent être prises en considération aux niveaux de décision supérieurs pour une adaptation pertinente et appropriée. Des moyens de communication efficaces, et une participation effective des acteurs locaux sont essentiels pour atteindre les objectifs d'adaptation. Les structures de gouvernance décentralisées semblent les plus prometteuses pour mieux comprendre et bien gérer les enjeux de l'adaptation.

Les initiatives d'adaptation exigent une coordination horizontale (entre les différents acteurs de même niveau) et verticale (entre les différents niveaux) effectives. Cette coordination est nécessaire pour (i) identifier rapidement les contraintes, (ii) mieux articuler les efforts de mise en œuvre entre niveaux tout en veillant à éviter toute forme de mal-adaptation et (iii) assurer que les politiques d'adaptation sont bien comprises par les différents acteurs et bénéficient de leur adhésion.

Depuis quelques années, des phénomènes migratoires nouveaux marquent un renouveau du monde rural. Le rural redevient accueillant par la périurbanisation, puis la rurbanisation. La période actuelle marquée par un contexte sanitaire inédit questionne encore plus largement ces flux. Les campagnes apparaissent comme une alternative au modèle urbain hyper-concentré et capitaliste. Les principaux facteurs tendant à amplifier l'exode urbain sont les

Discussion générale

activités économiques immatérielles (comme le e-commerce), télétravail, qualité de vie, développement durable, autonomie alimentaire et la politique du logement. L'arrivée de nouvelles populations déstabilise la sociologie classique des campagnes et fait circuler de nouveaux modes de vie. Bien que cette transition rurale permette de développer la consommation sur le territoire (développement de circuits courts) et de contribuer à la main-d'œuvre agricole, elle implique une pression sur le foncier agricole et les ressources naturelles, notamment les ressources en eau qui interviennent dans la définition des zones urbanisables. Ainsi les modèles de transition et d'adaptation de l'agriculture au CC devront être pensés plus largement en tenant compte de ces évolutions sociétales.

Pour prendre les décisions d'adaptation, il est indispensable, de s'appuyer sur les informations les plus complètes possibles concernant les impacts du CC, le climat actuel et futur, les caractéristiques des exploitations et des parcelles. Il est donc essentiel de disposer d'informations plus détaillées et de meilleure qualité. Les différents acteurs du milieu agricole pourront intégrer ces informations dans leurs prises de décision. L'initiative de l'Institut Digitag à Montpellier s'inscrit dans cette logique. Il conviendra pour ce faire de faciliter l'accès aux différents outils technologiques pour soutenir les mesures d'adaptation. La généralisation de l'utilisation des outils d'information mobilisés actuellement par l'agriculture de précision semble offrir plusieurs avantages, notamment pour l'agroécologie qui implique une adaptation précise des pratiques aux caractéristiques des parcelles. Il s'agit d'outils d'information faisant référence à l'utilisation d'un ensemble de technologies (GPS, drones, système d'information géographique, imagerie satellitaire, capteurs connectés, etc.) afin de mieux gérer la variabilité spatiale et temporelle des cultures en optimisant le rendement et l'utilisation des intrants ou de l'irrigation. L'agriculture de précision définie comme un concept de conduite des cultures qui prend en compte l'hétérogénéité intra-parcellaire pour moduler les interventions culturales, en surveillant l'état des cultures tout au long de la saison de croissance, pourrait voir son périmètre s'étendre plus largement et être mise à profit des agriculteurs pour faciliter l'adoption de certaines pratiques d'adaptation. Selon Zwaenepoel et Le Bars (1997) elle peut être définie comme "*la bonne intervention au bon endroit et au bon moment*". Par exemple, une irrigation de précision permet de réduire les risques de stress hydriques et augmenter l'efficacité de l'irrigation. L'adoption de ces pratiques pourrait potentiellement accroître la résilience des exploitations face au CC et contribuer à l'atténuation des CC. L'usage de ces dispositifs et outils d'information permet non seulement des réponses locales, telles qu'une utilisation plus responsable des ressources, mais aussi un

Discussion générale

suivi et des réponses à l'échelle supérieure, pour éclairer la prise de décision et l'élaboration des politiques d'adaptation. Plusieurs auteurs (Janowiak *et al.*, 2016; Barnes *et al.*, 2018; Jacobs *et al.*, 2019) ont considéré l'agriculture de précision comme une voie d'adaptation potentielle pour l'agriculture, mais soulignons que l'extension de ces pratiques suppose de nouvelles compétences et l'appui de réseaux d'échanges entre les agriculteurs à différentes échelles, c'est-à-dire qu'elles doivent s'inscrire dans un projet territorial renouvelé avec une gouvernance élargie.

Annexes

Annexe 1. Entretien avec les acteurs ressources

Nom :

Organisme :

Zone d'action :

I. Présentation générale du territoire du Pays Haut Languedoc et Vignoble (102 communes) : historiques et perspectives de développement

(1) Quels sont les enjeux du territoire ?

.....
.....
.....
.....

(2) Selon vous, quels sont les éléments/atouts qui constituent ou peuvent constituer un support pour le développement de cette zone ?

- Tourisme : oui non; parce que
- Activité agricole : oui non; parce que
- Artisanat: oui non; parce que
- Activité industrielle : oui non; parce que
- Commerce : oui non; parce que
- Patrimoine naturel : oui non; parce que
- Fonction résidentielle : oui non; parce que

(3) Selon vous, quels sont les actions prioritaires pour le développement de territoire et pourquoi ?

.....
.....

(4) Avez-vous le sentiment que le territoire du PHLV est une zone-en

- Dynamique Essor Stagnation Perte de vitesse

.....

(5) Un certain nombre d'action a été mis en œuvre sur le territoire d'étude pour un meilleur développement depuis plusieurs années, quelles sont celles qui, selon vous, ont été ou sont les plus efficaces en termes des résultats ?

.....
.....

(6) À contrario, selon vous pourquoi d'autres actions sont-elles moins efficaces (exemples) ?

.....
.....

II. Variations climatiques et impacts de changement climatique sur le territoire

(7) Avez-vous observé des changements de climat dans votre territoire au cours des dernières années ? Lesquels ?

Annexes

- Est-ce que la pluie a changé ?
.....
.....
- Que s'est-il passé avec les ravageurs ?
.....
.....
- Est-ce que la température a changé ?
.....
.....
- Est-ce que votre mode de vie a changé ?
.....
.....

- (8) Quels sont les parties ou les secteurs du territoire les plus touchées ?
.....
.....
- (9) Quelles sont les zones les plus vulnérables au changement climatique sur le territoire du PHLV et comment caractérisez-vous leur vulnérabilité ?
.....
.....
- (10) Avez-vous des procédures standard en place pour faire face à des aléas climatiques sévères ?
.....
.....
- (11) Utilisez-vous des appareils ou des outils afin de suivre ces évolutions climatiques ? Exemple : cartes SIG, prévisions météorologiques, etc.
.....
.....
- (12) Quelles sont vos sources de connaissances sur les effets locaux des CC ? (rapports, experts, liste de discussion, séminaire...). Quels besoins de connaissances additionnelles identifieriez-vous pour vous ? et pour les acteurs locaux ?
.....
.....

III. Politiques publiques mises en place pour le développement territorial et changement climatique

- (13) On prévoit que les événements climatiques majeurs vont se multiplier dans le futur. Est-ce que votre organisme n'a jamais considéré le climat comme un élément à prendre en compte au sein de sa stratégie avant cette réunion ? Exemple : réunion sur le thème, etc.
.....
.....
- (14) Que pensez-vous du changement climatique pour le territoire
- Il faut l'envisager et commencer à s'y adapter dans les 10 ans à venir
 - Il faut l'envisager et commencer à s'y adapter après 10 ans
 - Les conséquences ne seront pas très importantes et il est inutile de s'en préoccuper
 - Les prévisions ne sont pas prouvées
 -
- (15) Comment pensez-vous que votre organisme peut réagir face au changement climatique ? Quelles actions spécifiques ou mesures d'adaptation votre service peut-il prendre face à un aléa climatique ?
.....
.....

Annexes

(16) Comment votre territoire est-il préparé par rapport à d'autres territoires sur la problématique de changement climatique ? Quelles actions, actuelles ou à venir, pourraient constituer des mesures d'adaptation ?

.....
.....

(17) Comment évaluez-vous la conscience des citoyens de votre territoire vis-à-vis du changement climatique ?

.....
.....

(18) Selon vous, quels sont les principaux acteurs ou institution qui s'occupent de la problématique de changement climatique sur votre territoire ?

.....
.....

(19) Comment définissiez-vous les actions d'adaptation au changement climatique ?

.....
.....

(20) Pourriez-vous citer quelques exemples des actions d'adaptation ?

.....
.....

(21) Est-ce que les actions d'adaptation constituent des actions de développement territorial ?

.....
.....

(22) Est-il possible d'aborder l'adaptation non uniquement en termes de coûts mais de recettes à venir pour les acteurs et territoires qui sauront se positionner ?

.....
.....

(23) Comment le changement climatique est intégré dans la mise en œuvre des politiques locales ?

.....
.....

(24) Considérez-vous que les actions d'adaptation actuelles dans votre territoire doivent être ?

Maintenues renforcées limitées changées

(25) De 1 à 10, quelle note vous mettiez sur la priorité de prendre en compte le changement climatique dans les politiques locales ?

.....
.....

(26) Quel est votre avis sur le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) ? Est-il considéré comme un outil d'adaptation ?

.....
.....

IV. Place de l'agriculture et son rôle sur territoire (conjonction entre agriculture et territoire rural)

(27) Quelles sont les différentes fonctions de l'agriculture dans le territoire de PHLV (emplois, nourriture, fixation de la population, etc.) ?

Annexes

.....
.....
.....
.....

- (28) Selon vous, quelles sont les principales conséquences à venir des changements climatiques pour l'agriculture ? (en termes de qualité, de disponibilité de la ressource, de biodiversité...) et les transformations que l'a connue?

.....
.....
.....
.....

- (29) Les agriculteurs disposent-t-ils aujourd'hui des compétences et qualifications nécessaires pour faire face au changement climatique ou devront-t-ils évoluer ?

.....
.....

- (30) Selon vous quels sont les pratiques les plus efficaces pour adapter l'agriculture au changement climatique ? De quoi auriez-vous besoin pour les appliquer ?

.....
.....

- (31) Quelle échelle (exploitation, territoire ou régionale) serait pertinente pour concevoir et mettre en œuvre des stratégies et des mesures d'adaptation appropriées de l'agriculture ?

.....
.....

- (32) Existe-t-il des mesures que vous pensez pouvoir mettre en place afin de réduire la vulnérabilité de l'agriculture au changement climatique à l'échelle de votre territoire ?

.....
.....

Avez-vous d'autres remarques ?

Annexe 2. Enquête auprès des exploitants agricoles

Mesdames, Messieurs, bonjour,

Tout d'abord, nous vous remercions de participer à cette enquête. Notre étude (projet de thèse) s'intéresse à l'évaluation de la vulnérabilité et les modes d'adaptation des exploitations agricoles au changement climatique sur le territoire du Pays Haut Languedoc et Vignoble (PHLV).

Le questionnaire va se dérouler en quatre temps :

- Des questions sur les caractéristiques socio-économiques, biophysiques et techniques votre exploitation : histoire, évolution, foncier, pratiques agricoles, etc.
- Des questions sur vos avis des différentes composantes de la vulnérabilité : exposition, sensibilité et capacité d'adaptation.
- Un éventail de choix pour étudier vos préférences vis-à-vis de quelques options d'adaptation futures : irrigation, diversification et assurance.
- Enfin, des questions annexes relatives à votre profil, qui contribueront à l'analyse statistique de vos perceptions et permettront d'affiner nos données.

Ce questionnaire durera en moyenne 1 heures. Nous vous rappelons qu'il est anonyme et vous remercions pour l'intérêt que vous accordez à notre enquête !

Partie 1 : caractéristiques générales de l'exploitation

Q1. Quel âge avez-vous ?

Q2. Quel est votre niveau de formation ?

- BEPC, CAP, BEP
- BAC
- BTS, licence
- Supérieur à BAC+3

Q3. Quel est votre niveau de formation agricole hors stage d'installation ?

- Aucune formation agricole
- CAPA, BEPA, ...
- BTSA
- Supérieur à BAC+3 (agricole)

Q4. Avez-vous suivi une ou plusieurs formations agricoles durant les 5 dernières années (hors formation d'installation) ?

- Oui
- Non

Q5. Depuis quelle année travaillez-vous dans l'agriculture ?

Q6. Quel est le statut juridique de votre exploitation ?

- Individuel
- GAEC
- EARL
- Autres (à préciser)

Annexes

Q7. Quelle est la structure de votre exploitation en 2018 ?

| Cultures | Contrat de production (Labélisation) | Surface (ha) | Pourcentage de surface en propriétaire (%) | Rendement (qx ou hl/ha) |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------|--|-------------------------|
| Vigne | AOP/AOC | | | |
| | IGP | | | |
| | SIG | | | |
| | raisins de table | | | |
| Arboriculture (hors vigne) | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Grandes cultures | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Cultures maraichères | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Autres | | | | |

Q8. Dans quelles communes se trouvent vos parcelles ?

.....

Q9. Avez-vous une assurance récolte ?

- Oui
 Non

Q10. Si oui, quel type d'assurance avez-vous ?

- Mon-risque
 Multirisques

Q11. Si oui, précisez s'il s'agit d'une assurance totale ou partielle et pour quelle culture ?

- %
 %
 %

Q12. Comment avez-vous commercialisé votre production pour la campagne 2018 ? Pour chaque culture, donnez le pourcentage de volume de production par type de circuit de commercialisation.

| | Coopérative | Vente directe | CRH | Exportation | Grossiste |
|----------------------------|-------------|---------------|-----|-------------|-----------|
| Vigne | | | | | |
| Arboriculture (hors vigne) | | | | | |
| Grandes cultures | | | | | |
| Cultures maraichères | | | | | |

Q13. Avez-vous un problème de commercialisation sur les 5 dernières années ?

- Oui
 Non

Q14. Si oui, pour quelle production et quel est le pourcentage de volume de production non vendue et pourquoi la production n'a pas pu être vendue ?

- %
 %

Partie 2 : réseau agricole de l'agriculteur

Q15. Durant les 5 dernières campagnes, avez-vous eu recours à des conseillers agricoles ?

- Oui
 Non

Annexes

Q16. Actuellement, avez-vous besoin d'améliorer vos connaissances ?

- Oui
- Non

Q17. Si oui, dans quel domaine ?

.....

Q18. Participez-vous en tant qu'exposant ou public à des événements agricoles (foires, journées de sensibilisations (chambre d'agriculture, coopérative, parc) ...) ?

- Non
- De temps en temps
- Très souvent

Q19. À quel type des organismes professionnels agricoles adhérez-vous ?

.....

Partie 3 : foncier et main-d'œuvre

Q20. Depuis 10 ans votre exploitation s'est-elle :

- Agrandie
- Réduite
- Aucun changement

Q21. Pour les 10 prochaines années avez-vous un projet foncier ?

- L'agrandissement de votre exploitation
- La réduction de votre exploitation
- Aucun projet

Q22. Dans votre territoire l'accès au foncier (achat, location, ...) est :

- Facile
- Plutôt facile
- Plutôt difficile
- Difficile

Q23. Avez-vous un projet de transmission familiale de votre exploitation ?

.....

Q24. Faites-vous appel à la main d'œuvre salariale dans votre exploitation ?

- Oui, saisonnière
- Oui, permanente
- Oui, les deux
- Non

Q25. Est-ce que c'est facile de trouver de la main-d'œuvre agricole dans votre territoire ?

- Oui
- Non

Q26. Sur les 10 dernières années comment a évolué votre besoin en main d'œuvre ?

- Augmentation
- Stable
- Diminution

Q27. En cas de variation, quels sont les raisons de cette évolution ?

.....

Partie 4 : caractéristiques biophysique de l'exploitation agricole

Q28. Quel est le taux de matière organique (M.O.) du sol ?

.....

Q29. Quel est le type de du sol ?

.....

Q30. Quel est la profondeur du sol ?

.....

Q31. Quel est la réserve utile ?

.....

Partie 5 : pratiques agricoles

Q32. Quel est le type d'amendement apporté à vous sol ?

.....

Q33. Quel est le type d'engrais apporté ?

.....

Q34. Déterminer les surfaces irriguées et irrigables pour chaque culture.

| Cultures | Surface irriguée (ha) | Surface irrigable (ha) |
|----------------------|-----------------------|------------------------|
| Vigne | | |
| Arboriculture | | |
| Grandes cultures | | |
| Cultures maraichères | | |

Q35. En cas d'irrigation, quel est le pourcentage de surface pour chaque technique d'irrigation utilisée?

| | irrigation de surface | irrigation par aspersion | Goutte à goutte | Autres |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|-------------|
| Vignes | | | | |
| Arboricultures | | | | |
| Grandes cultures | | | | |
| Cultures maraichères | | | | |

Q36. D'où vient l'eau d'irrigation ?

.....

Q37. En cas d'irrigation, êtes-vous satisfait de votre irrigation ?

.....

Q38. Avez-vous un système de collecte d'eau sur votre exploitation ?

- Oui
- Non car c'est impossible
- Non bien que ce serait possible

Q39. Quelle est la profondeur du labour ?

.....

Q40. Avez-vous pris des mesures antiérosives (haies, brises vent, cordons pierreux et autres) pour protéger vos cultures ? Lesquelles et pour quelle culture ?

.....

.....

Q41. Quel est le pourcentage de surface pour chaque technique de désherbage ?

| | Désherbage chimique | Désherbage mécaniques | Les deux | Pas de désherbage |
|----------------------|---------------------|-----------------------|----------|-------------------|
| Vignes | | | | |
| Arboricultures | | | | |
| Grandes cultures | | | | |
| Cultures maraichères | | | | |

Annexes

Q42. Quel type de traitements phytosanitaires utilisez-vous ?

| | Traitements raisonnés avec des traitements préventifs | Traitements raisonnés | Traitements conventionnels (systématiques) |
|----------------------|---|-----------------------|--|
| Vignes | | | |
| Arboricultures | | | |
| Grandes cultures | | | |
| Cultures maraichères | | | |

Q43. Pour chaque culture, comment a évolué votre consommation des intrants par hectare ?

.....
.....

Q44. Comment vous expliquer cette évolution ?

.....

Pour la viticulture

Q45. Quelle est la date de plantation de votre vigne et pour quelle surface ?

- < 15 ans :ha
- Entre 15 et 40 ans :ha
- > 40 ans :ha

Q46. Sur quels critères choisissez-vous l'orientation des parcelles ?

.....

Q47. Quel est l'orientation dominante de vos parcelles ?

.....

Q48. Quels sont les différents cépages utilisés et avec quelle surface ?

.....
.....
.....

Q49. Quels sont les différentes portes greffes utilisés et avec quelle surface ?

.....
.....
.....

Q50. Comment gérer la couverture du sol (enherbement/ paillage) ?

- Pas de couverture du sol
- Couverture du sol temporaire
- Couverture du sol permanente

Q51. Avez-vous une cave particulière ? Si oui pour quel pourcentage de volume de production ?

- Oui %
- Non

Q52. Si oui, avez-vous modifié vos processus œnologiques pour améliorer la qualité de vos vins ?

.....

Pour l'arboriculture

Q53. Quelles sont les différents types d'arbres plantés et avec quel pourcentage de surface ?

.....
.....

Q54. Pour chaque espèce, quel est la densité de plantation ?

.....
.....

Q55. Quelle est la date de plantation de vos arbres et pour quelle surface ?

- Date de plantation : Surfaceha

Annexes

- Date de plantation : Surfaceha

Q56. Quels sont les différentes variétés utilisées et pour quelle surface ?

.....
.....

Q57. Quels sont les différentes portes greffes utilisés ?

.....
.....

Q58. Sur quels critères choisissez-vous l'orientation des parcelles ?

.....
.....

Q59. Quel est l'orientation dominante de vos parcelles ?

.....
.....

Q60. Comment gérez-vous la couverture du sol (enherbement paillage).

- Pas de couverture du sol
- Couverture du sol temporaire
- Couverture du sol permanente

Q61. Quel est le pourcentage de surface d'arboriculture occupée par des filets paragrêles ?

.....
.....

Pour les grandes cultures

Q62. Quelles sont les différentes espèces semées et avec quel pourcentage ?

.....
.....

Q63. Quel est le pourcentage des cultures d'hiver ?%

Q64. Quelle est la date de plantation ?

| | Tardive | Précoce | Autre |
|------------------|---------|---------|-------|
| Cultures d'hiver | | | |
| Cultures d'été | | | |

Q65. Quelle est la durée de rotation des cultures ?

.....
.....

Q66. Cochez les techniques qui vous pratiquez.

| | |
|---|--|
| Techniques | |
| Intégration des légumineuses dans la rotation | |
| Intégration des friches dans la rotation ? | |
| Faux semis | |
| Association des cultures | |
| Cultures dérobées | |

Pour les cultures maraichères

Q67. Quelles sont les différentes espèces plantées et avec quel pourcentage ?

.....
.....

Q68. Quel est le pourcentage des cultures d'hiver ?%

Q69. Quelle est la date de plantation ?

| | Tardive | Précoce | Autre |
|------------------|---------|---------|-------|
| Cultures d'hiver | | | |
| Cultures d'été | | | |

Q70. Quelle est la durée de rotation des cultures ?

.....
.....

Annexes

Q71. Cochez les techniques qui vous pratiquez.

| | |
|---|--|
| Techniques | |
| Intégration des légumineuses dans la rotation | |
| Intégration des friches dans la rotation ? | |
| Faux semis | |
| Association des cultures | |
| Cultures dérobées | |

Partie 6 : perception générale du changement climatique

Q72. Quelles sont les principales contraintes rencontrées dans le fonctionnement de votre exploitation ?

.....
.....

Q73. Quelles sont parmi les cultures pratiquées celles qu'ont été introduites dans les 10 dernières années ? Pourquoi ?

.....

Q74. Quelles sont les cultures que vous avez arrêté de pratiquer ces 10 dernières années ? Pourquoi ?

.....

Q75. Quels sont les changements souhaités dans votre exploitation et pourquoi ?

.....
.....

Q76. Avez-vous constaté des manifestations du changement climatique au cours des 10 dernières années ? Lesquelles ?

.....
.....

Q77. Est-ce que ce changement a un impact sur votre activité agricole ? Si oui, comment ?

.....
.....

Q78. Selon vous dans combien d'années pensez-vous que ce changement soit préoccupant ?

.....

Q79. Discutez-vous du climat et des changements climatiques avec autres agriculteurs ?

- Oui, très souvent
- Oui, occasionnellement
- Non pas du tout

Q80. Est-ce que vous cherchez à vous informer sur les impacts du changement climatique ?

- Oui
- Non

Q81. Si oui, quelles sont vos sources d'information ? Est-ce que ces informations influencent vos décisions dans le fonctionnement de votre exploitation ?

.....

Q82. Est-ce que vous prenez actuellement des mesures pour vous adapter à la variabilité du climat ? Si oui, lesquelles ? Si non, pourquoi ?

.....
.....

Q83. Si, non pensez-vous à des changements particuliers pour vous adapter dans les 10 prochaines années ?

- Oui certainement
- Peut être
- Non

Annexes

Q84. Sur une échelle de 0 (faible vulnérabilité) à 10 (vulnérabilité très élevée) notez la vulnérabilité globale au changement climatique de votre exploitation.

.....

Q85. Sur une échelle de 0 à 10 notez la vulnérabilité de chaque culture.

- Vigne
- Arboricultures
- Grandes cultures
- Cultures maraichères

Q86. Voici quelques actions qui pourraient favoriser l'adaptation de votre exploitation au changement climatique. Pour chacune, dites-moi si...

| | Vous le faites déjà | Vous pourriez le faire assez facilement | Vous pourriez le faire mais assez difficilement | Vous ne pouvez pas le faire |
|---|---------------------|---|---|-----------------------------|
| Réduire le travail du sol | | | | |
| Assurer une longue couverture du sol | | | | |
| Introduire l'irrigation | | | | |
| Augmenter la capacité d'irrigation | | | | |
| Changer la variété | | | | |
| Introduire ou substituer des cultures | | | | |
| Introduire d'autres activités (agrotourisme, artisanat,...) | | | | |
| Assurances agricoles | | | | |
| Utilisation des filets paragrêles | | | | |

Partie 7 : perception de l'exposition au changement climatique

Q87. Sur une échelle de 0 à 10, quel est le niveau d'exposition de vos cultures pour chaque type d'aléa ?

| | Vigne | Arboricultures | Grandes cultures | Culture maraichères |
|----------------|-------|----------------|------------------|---------------------|
| Sécheresse | | | | |
| Inondation | | | | |
| Gel printanier | | | | |
| Grêle | | | | |

Partie 8 : perception de l'adaptation humaine et sociale

Q88. Notez de 0 (C.A. très faible) à 10 (C.A. très élevée) les variables suivantes en fonction de leurs importances dans la capacité d'adaptation de l'exploitation agricole aux changements climatiques.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Niveau de formation | | | | | | | | | | | |
| Expérience agricole | | | | | | | | | | | |
| Age | | | | | | | | | | | |
| Réseau agricole (relations avec les coopératives, chambre d'agriculture, ...) | | | | | | | | | | | |
| Assurance agricole | | | | | | | | | | | |
| Commercialisation des produits | | | | | | | | | | | |
| Revenu extra-agricole | | | | | | | | | | | |
| Statut foncier (FVD/FVI) | | | | | | | | | | | |
| Statut juridique | | | | | | | | | | | |
| Cahier de charge de production | | | | | | | | | | | |
| Subvention agricole | | | | | | | | | | | |
| Diversification des productions | | | | | | | | | | | |

Annexes

Q95. Pour *les grandes cultures*, notez de 0 à 10 les variables techniques suivantes en fonction de leurs importances dans la capacité d'adaptation au changement climatique.

| | Note de 0 à 10 |
|---|----------------|
| Diversification (durée de rotation, association des cultures, cultures dérobées) | |
| Gestion du sol (travail du sol, apport de la matière organique, intégration des légumineuses et friches dans la rotation) | |
| Irrigation (accès et techniques d'irrigation) | |
| Systèmes de protection (mesures antiérosives) | |
| Gestion de la plante (désherbage, faux semis, date de semis, fertilisation) | |
| Autres | |

Q96. Pour *les cultures maraichères*, notez de 0 à 10 les variables techniques suivantes en fonction de leurs importances dans la capacité d'adaptation au changement climatique.

| | Note de 0 à 10 |
|---|----------------|
| Diversification (durée de rotation, association des cultures, cultures dérobées) | |
| Gestion du sol (travail du sol, apport de la matière organique, intégration des légumineuses et friches dans la rotation) | |
| Irrigation (accès et techniques d'irrigation) | |
| Systèmes de protection (mesures antiérosives) | |
| Gestion de la plante (désherbage, faux semis, date de semis, fertilisation) | |
| Autres | |

Partie 11 : préférences des modes d'adaptation

Q97. Nous voulons à travers les questions suivantes connaître vos préférences pour un certain nombre d'options du changement. Vous allez devoir chaque fois choisir une des trois options de changement (irrigation, diversification et assurance) en fonction des options proposées et du coût annuel par hectare que cela suppose et la 4^{ème} option qui est le statut quo c'est à dire que vous préférez ne pas changer et rester tel que vous êtes à présent et sans coût supplémentaire. Pour les trois options (irrigation, diversification et assurance) vous avez divers choix possibles en fonction des délais, du degré et de la possibilité de garantir plus ou moins votre chiffre d'affaire.

⚠ Attention les options peuvent vous sembler parfois très voisines mais cela permet d'appréhender différentes modalités pour ces options et il est important de bien vous projeter dans les différentes hypothèses en fonction des possibilités d'adaptation que cela permet mais aussi des coûts que cela suppose.

Il n'y a pas de bonne ou mauvaise réponse. L'idée est surtout de pouvoir détailler le plus possibles vos préférences en fonction des caractéristiques de votre exploitation et de votre vision du futur par rapport au maintien de votre exploitation. Vous devez pour chaque cadre choisir celle des quatre colonnes que vous préférez sachant qu'au final vous avez ainsi un éventail de choix très large.

Annexes

Scenario 1

| | Irrigation | Diversification | Assurance | statu quo |
|---|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|
| Délais d'action (Quand souhaitez-vous agir ?) | Irriguer dans 5 à 10 ans | Diversifier dans 10 à 15 ans | Assurer dans 10 à 15 ans | |
| Degré d'action (A quel degré souhaitez-vous agir ?) | Irriguer en cas de sécheresse | Changer la variété | Assurer toute l'exploitation | |
| Maintien du chiffre d'affaire (Quel niveau du CA souhaitez-vous garantir ?) | 120% | 80% | 75% | |
| Cout hors investissement (euro/ha/an) (Quel est votre capacité de paiement ?) | 500 | 2100 | 180 | |
| Votre choix | | | | |

Scenario 2

| | Irrigation | Diversification | Assurance | statu quo |
|---|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------|
| Délais d'action (Quand souhaitez-vous agir ?) | Irriguer dans 5 à 10 ans | Diversifier dans 10 à 15 ans | Assurer dans 10 à 15 ans | |
| Degré d'action (A quel degré souhaitez-vous agir ?) | Irriguer en cas de sécheresse | Changer progressivement la production | Assurer toute l'exploitation | |
| Maintien du chiffre d'affaire (Quel niveau du CA souhaitez-vous garantir ?) | 100% | 120% | 50% | |
| Cout hors investissement (euro/ha/an) (Quel est votre capacité de paiement ?) | 500 | 2100 | 180 | |
| Votre choix | | | | |

Scenario 3

| | Irrigation | Diversification | Assurance | statu quo |
|---|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Délais d'action (Quand souhaitez-vous agir ?) | Irriguer dans 5 à 10 ans | Diversifier dans 10 à 15 ans | Assurer dans 5 à 10 ans | |
| Degré d'action (A quel degré souhaitez-vous agir ?) | Irriguer en cas de sécheresse | Changer progressivement la production | Assure une partie de l'exploitation | |
| Maintien du chiffre d'affaire (Quel niveau du CA souhaitez-vous garantir ?) | 120% | 80% | 75% | |
| Cout hors investissement (euro/ha/an) (Quel est votre capacité de paiement ?) | 350 | 1800 | 350 | |
| Votre choix | | | | |

Annexes

Scenario 4

| | Irrigation | Diversification | Assurance | statu quo |
|---|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Délais d'action (Quand souhaitez-vous agir ?) | Irriguer dans 5 à 10 ans | Diversifier dans 10 à 15 ans | Assurer dans 10 à 15 ans | |
| Degré d'action (A quel degré souhaitez-vous agir ?) | irriguer à volonté | Changer la variété | Assure une partie de l'exploitation | |
| Maintien du chiffre d'affaire (Quel niveau du CA souhaitez-vous garantir ?) | 120% | 100% | 50% | |
| Cout hors investissement (euro/ha/an) (Quel est votre capacité de paiement ?) | 350 | 2100 | 250 | |
| Votre choix | | | | |

Scenario 5

| | Irrigation | Diversification | Assurance | statu quo |
|---|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Délais d'action (Quand souhaitez-vous agir ?) | irriguer dans 10 à 15 ans | Diversifier dans 5 à 10 ans | Assurer dans 10 à 15 ans | |
| Degré d'action (A quel degré souhaitez-vous agir ?) | irriguer à volonté | Changer la variété | Assure une partie de l'exploitation | |
| Maintien du chiffre d'affaire (Quel niveau du CA souhaitez-vous garantir ?) | 120% | 80% | 75% | |
| Cout hors investissement (euro/ha/an) (Quel est votre capacité de paiement ?) | 650 | 1800 | 180 | |
| Votre choix | | | | |

Scenario 6

| | Irrigation | Diversification | Assurance | statu quo |
|---|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|
| Délais d'action (Quand souhaitez-vous agir ?) | irriguer dans 10 à 15 ans | Diversifier dans 5 à 10 ans | Assurer dans 5 à 10 ans | |
| Degré d'action (A quel degré souhaitez-vous agir ?) | irriguer à volonté | Changer la variété | Assurer toute l'exploitation | |
| Maintien du chiffre d'affaire (Quel niveau du CA souhaitez-vous garantir ?) | 100% | 80% | 90% | |
| Cout hors investissement (euro/ha/an) (Quel est votre capacité de paiement ?) | 500 | 900 | 350 | |
| Votre choix | | | | |

Annexes

Q99. Est-ce que vous avez toujours choisi la même option c'est-à-dire la même colonne ? Et si oui pourquoi ?

.....

Q100. Classez les attributs selon l'importance que vous leur avez accordée durant votre choix.

- Délais d'action
- Degré d'action
- Maintien du chiffre d'affaire

Q101. Quelle affirmation vous semble la plus appropriée pour décrire la façon dont vous avez procédé pour choisir entre les différentes alternatives ? 1 seule réponse

- Les impacts du changement climatique ne seront pas très importants et il est inutile de s'adapter
- J'ai toujours choisi l'alternative qui ne coûtait rien
- J'ai toujours choisi l'alternative qui me proposait le meilleur rapport « maintien du chiffre d'affaire-cout ».
- J'ai toujours choisi l'alternative la plus durable.
- J'ai toujours choisi les mesures qui me manquent
- Les impacts du changement climatique sont prouvés, il faut commencer à s'y adapter très vite.
- L'adaptation dépend un investissement important, je prévois des mesures d'adaptation dans 10 à 15 ans
- Autres

Q102. Comment avez-vous trouvé les choix entre les scénarios ?

| | | | | | | | | | |
|--------------|--|----------------|--|-------------------|--|-----------------|--|-------------|--|
| Très faciles | | Plutôt faciles | | Plutôt difficiles | | Très difficiles | | Ne sait pas | |
|--------------|--|----------------|--|-------------------|--|-----------------|--|-------------|--|

Q103. Comment jugez-vous la pertinence des différentes options d'adaptations proposées ?

| | | | | | | | | | |
|------------------|--|--------------------|--|------------------------|--|-----------------|--|-------------|--|
| Très pertinentes | | Plutôt pertinentes | | Plutôt non pertinentes | | Non pertinentes | | Ne sait pas | |
|------------------|--|--------------------|--|------------------------|--|-----------------|--|-------------|--|

Q104. Quelle mesure d'adaptation pensez-vous que les politiques publiques doivent privilégier ?

.....

Partie 11 : Aspects économiques

Q105. Est-ce que votre femme travaille ?

- Oui dans l'exploitation
- Oui hors de l'exploitation à temps partiel
- Oui hors de l'exploitation à temps complet
- Non

Q106. Dans quelle classe se situe votre chiffre d'affaire ?

- Inférieur à 25 000 euros
- Entre 25 000 et 100 000 euros
- Entre 100 000 et 150 000 euros
- Entre 150 000 et 250 000 euros
- Supérieur à 250 000 euros

Q107. Qu'est-ce que vous avez comme subvention, pour quelle culture et avec quel pourcentage du chiffre d'affaires ?

.....

.....

Annexes

Q108. En dehors des subventions avez-vous d'autres sources de revenu (agrotourisme, immobilier placement, allocation sociales...) ? Si oui, lesquels et quels pourcentages elles présentent par apport à votre chiffre d'affaires ?

.....
.....
.....

Annexes

Annexe 3: Grille d'évaluation détaillée

| Composantes | Variables | Description | Sous-variables | Grille d'évaluations | | | |
|---------------------------|--|--|---|--|--------------------|-------------------|--------------------|
| | | | | Classes | Nombre des classes | Valeur normalisée | Sens de variations |
| Exposition | Gel printanier | Plus le nombre des évènements moyens annuels entre 2009 et 2018 d'un aléa est élevé, plus la probabilité d'être touché par cet aléa est élevée d'où une exposition élevée | | Nombre des évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 inférieur ou égale à 2 évènements. | 3 | 0.165 | Faible |
| | Grêle | | | Nombre des évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 entre 3 et 4 évènements. | | 0.495 | Moyenne |
| | Inondation | | | Nombre des évènements annuels moyens sur la période 2009-2018 supérieur à 4 évènements. | | 0.83 | Élevée |
| | Sécheresse | | | | | | |
| Sensibilité | Type du sol | Les sols avec des bonnes caractéristiques ont une sensibilité faible et inversement | Quantitative | Annexe 1 | | | |
| | Diversification variétale | La diversification variétale permet de partager les risques et de garantir un minimum de production. Plus le nombre de portes greffes et de variété (cépages) est important plus la sensibilité par rapport à diversification variétale est faible | Nombre des porte-greffes | Supérieur à 3 porte-greffes | 3 | 0.17 | Faible |
| | | | | Égale à 3 porte-greffes | | 0.5 | Moyenne |
| | | | | Inférieur à 3 porte-greffes | | 0.83 | Élevée |
| | Diversification variétale | La diversification a des avantage agronomique (la diminution des invasions de ravageurs et de mauvaises herbes et la conservation de la biodiversité) et des avantage économique (compenser les pertes potentielles des certaines cultures engendrées par le changement climatique et garantir un minimum du revenu) | Nombre des variétés | Supérieur à 6 variétés (cépages) | 3 | 0.17 | Faible |
| | | | | Entre 4 et 6 variétés (cépages) | | 0.5 | Moyenne |
| | | | | Inférieur à 4 variétés (cépages) | | 0.83 | Élevée |
| | Diversification culturelle | La diversification a des avantage agronomique (la diminution des invasions de ravageurs et de mauvaises herbes et la conservation de la biodiversité) et des avantage économique (compenser les pertes potentielles des certaines cultures engendrées par le changement climatique et garantir un minimum du revenu) | | La PBS totale est présentée par plusieurs cultures principales | 3 | 0.165 | Faible |
| | | | | Une seule culture présente entre 80% et 60% de la PBS totale | | 0.495 | Moyenne |
| | | | | Une seule culture présente plus de 80% de la PBS totale | | 0.83 | Élevée |
| | Age des arbres | Les vieux arbres sont résistants à la sécheresse et aux maladies par rapport aux jeunes arbres. Donc, plus les arbres sont vieux, plus leurs sensibilités au changement climatique sont faibles. | | >40 ans | 3 | 0.165 | Faible |
| | | | | entre 15 ans et 40 ans | | 0.495 | Moyenne |
| <15 ans | | | | 0.83 | | Élevée | |
| Orientation des parcelles | Un ensoleillement important pourrait impacter négativement la qualité et la quantité de la production essentiellement pendant l'été. | | Orientation des parcelles qui favorise un ensoleillement faible | 3 | 0.165 | Faible | |
| | | | Plusieurs orientations | | 0.495 | Moyenne | |

Annexes

| | | | | | Orientation des parcelles qui favorise un ensoleillement important | | 0.83 | Élevée |
|--|------------------------------------|--|--|--|--|--------|-------------|-------------|
| Capacité d'adaptation | CA humaine | Niveau de formation | Les agriculteurs ayant un niveau de formation plus élevé ont plus d'accès aux informations et sont mieux en mesure de faire face aux différents problèmes et notamment ceux causés par le changement climatique. | Niveau de formation principale | BEPC, CAP, BEP | 4 | 0.125 | Très faible |
| | | | | | BAC | | 0.375 | faible |
| | | | | | BTS, licence | | 0.625 | Élevée |
| | | | | | Supérieur à BAC+3 | | 0.875 | Très élevée |
| | | | | Niveau de formation agricole | Aucune formation | 4 | 0.125 | Très faible |
| | | | | | CAPA, BEPA, ... | | 0.375 | faible |
| | | | | | BTSA | | 0.625 | Élevée |
| | | | | Formation agricole durant les 5 dernières années | Supérieur à BAC+3 | 2 | 0.875 | Très élevée |
| | | | | | Non | | 0.25 | Faible |
| | | Expérience agricole | Une longue expérience permet aux agriculteurs d'élargir leurs horizons de diagnostic, d'améliorer leurs actions aux chocs et prédire certains changements futurs. | Expérience agricole | Oui | 4 | 0.75 | Élevée |
| | | | | | Moins de 10 ans | | 0.125 | Très faible |
| | | | | | de 10 à 19 ans | | 0.375 | faible |
| | de 20 à 29 ans | | | | 0.625 | | Élevée | |
| | Âge | les agriculteurs âgées sont également susceptibles d'être plus vulnérables et nécessitent un traitement spécial (soutien financier, soins, aide aux activités etc.) | | 30 et plus | 4 | 0.875 | Très élevée | |
| | | | | 60 et plus | | 0.125 | Très faible | |
| | | | | de 50 à 59 ans | | 0.375 | faible | |
| | | | | de 40 à 49 ans | | 0.625 | Élevée | |
| | réseau agricole | Grâce au réseau agricole les agriculteurs connaissent les enjeux agricoles actuels et d'avenir et acquissent des connaissances importantes qui facilitent la mise en œuvre des actions d'adaptation. | Participation à des évènements agricoles | Moins de 40 ans | 3 | 0.875 | Très élevée | |
| | | | | Non | | 0.165 | Faible | |
| | | | | de temps en temps | | 0.495 | Moyenne | |
| | | | Adhésion à des OPA | très souvent | 3 | 0.83 | Élevée | |
| | | | | 0 | | 0.165 | Faible | |
| | | | | 1 | | 0.495 | Moyenne | |
| | | | Recours aux conseillers agricoles | 2 et plus | 2 | 0.625 | Élevée | |
| Non | | | | 0.25 | | Faible | | |
| Recherche de l'information sur les impacts du CC | Oui | 2 | 0.75 | Élevée | | | | |
| | Non | | 0.25 | Faible | | | | |
| CA économique | Commercialisation de la production | La meilleure valorisation de la production a des avantages économiques sur le fonctionnement de l'exploitation, elle pourrait aider l'agriculteur à mettre en place des actions d'adaptation à | Labélisation | Sans labélisation | 4 | 0.125 | Très faible | |
| | | | | IGP | | 0.375 | faible | |
| | | | | AOP/AOC | | 0.625 | Élevée | |
| | | | | Bio | | 0.875 | Très élevée | |

Annexes

| | | | | | | | | |
|------------------------|---|---|---|--|-----------------------|--------|-------------|---------|
| | | différentes contraintes à savoir les contraintes climatiques. | Circuits de distribution | Circuit long | 3 | 0.165 | Faible | |
| | | | | Vente pour les coopératives | | 0.495 | Moyenne | |
| | | | | Vente directe ou exportation | | 0.83 | Élevée | |
| | | Revenu extra-agricole | Le revenu extra-agricole peut renforcer le potentiel de l'agriculture à gérer les crises. Dans un contexte de changement climatique, le revenu extra-agricole compense la perte de la productivité causée par la variation de la température et de la pluviométrie. | Subvention | <10% du CA | 3 | 0.165 | Faible |
| | | | | | supérieur à 20% du CA | | 0.495 | Moyenne |
| | | | | | entre 10 et 20% du CA | | 0.83 | Élevée |
| | | | | Travail du conjoint | Non | 3 | 0.165 | Faible |
| | | | | | En temps partiel | | 0.495 | Moyenne |
| | | | | | en temps complet | | 0.83 | Élevée |
| | | Autres sources du revenu | Non | 2 | 0.25 | Faible | | |
| | Oui | | 0.75 | | Élevée | | | |
| | statut juridique | les exploitations agricoles avec un statut juridique qui partage plus les risques ont une capacité d'adaptation importante | | Individuel | 3 | 0.165 | Faible | |
| | | | | GAEC | | 0.495 | Moyenne | |
| | | | | EARL/GFA/SCEA | | 0.83 | Élevée | |
| | Statut foncier | Le foncier constitue un capital important pour une exploitation agricole à la fois en tant que capital naturel mais aussi en tant que capital économique. | | FVI>80% | 4 | 0.125 | Très faible | |
| | | | | 40%<FVI<80% | | 0.375 | faible | |
| | | | | 10%<FVI<40% | | 0.625 | Élevée | |
| | | | | FVI < 10% | | 0.875 | Très élevée | |
| | Assurance récolte | L'assurance récolte peut protéger les exploitations agricoles en couvrant les pertes dues à des phénomènes climatiques défavorables. | | Pas d'assurance | 3 | 0.165 | Faible | |
| | | | | Assurance mono-risque | | 0.495 | Moyenne | |
| Assurance multirisques | | | | 0.83 | | Élevée | | |
| CA technique | Irrigation | Les agriculteurs qui n'irriguent pas leurs parcelles, sont souvent plus vulnérables ou plus susceptibles de subir de chocs que ceux qui n'ont pas un problème d'accès à l'eau. | | Surface en sec | 4 | 0.125 | Très faible | |
| | | | | surface irrigable | | 0.375 | faible | |
| | | | | Surface irriguée sans technique d'économie d'eau | | 0.625 | Élevée | |
| | | | | Surface irriguée avec technique d'économie d'eau | | 0.875 | Très élevée | |
| | Les infrastructures agroécologiques (IAE) | Les IAE contribuent dans la durabilité des agroécosystèmes par la fixation biologique de l'azote, la lutte biologique, la conservation des sols et des eaux. | | Non | 2 | 0.25 | Faible | |
| | | | | Oui | | 0.75 | Élevée | |
| | Gestion du sol | La réduction du travail du sol contribue à réduire la consommation d'énergie, à réduire l'érosion, à réduire le compactage du sol, à accroître l'activité biologique du sol, à conserver la matière organique du sol et à piéger le carbone | Travail du sol | labour profond avec retournement | 4 | 0.125 | Très faible | |
| | | | | pseudo labour | | 0.375 | faible | |
| | | | | travail du sol superficiel | | 0.625 | Élevée | |
| | | | | zéro travail du sol | | 0.875 | Très élevée | |
| | La matière organique est nécessaire pour | Amendement | Non | 2 | 0.25 | Faible | | |

Annexes

| | | | | | | | | |
|--|---------------------|--|---|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------|-------------|
| | | maintenir une bonne structure du sol et améliorer sa capacité de rétention de l'eau. | | Oui | | 0.75 | Élevée | |
| | | Elle permet de protéger le sol en minimisant les effets d'érosion et en améliorant sa qualité, et de garder une certaine humidité du sol afin de protéger les cultures contre l'augmentation de la température | Couverture du sol | pas de couverture du sol | 3 | 0.165 | Faible | |
| | | | | couverture du sol temporaire | | 0.495 | Moyenne | |
| | | | | couverture permanente | | 0.83 | Élevée | |
| | | La rotation permet de préserver la structure du sol et sa teneur en matières organiques, tout en réduisant les dommages causés par les agents pathogènes et les maladies | Durée de rotation des cultures | sans rotation | 3 | 0.165 | Faible | |
| | | | | 2 (biennale) ou 3 ans (triennale) | | 0.495 | Moyenne | |
| | | | | supérieure à 3 ans | | 0.83 | Élevée | |
| | | La jachère contribue à la restauration de la fertilité du sol après quelques années de culture et la lutte contre les adventices et les ravageurs. | Intégration des jachères dans la rotation | Non | 2 | 0.25 | Faible | |
| | | | | Oui | | 0.75 | Élevée | |
| | | Les légumineuses apportent l'azote au sol et facilitent la gestion des agresseurs. | Intégration des légumineuses dans la rotation | Non | 2 | 0.25 | Faible | |
| | | | | Oui | | 0.75 | Élevée | |
| | Gestion des plantes | Réduire les impacts de produits chimiques sur les milieux naturels et sur la santé de l'agriculteur. | Désherbage | chimique | 3 | 0.165 | Faible | |
| | | | | | | mécanique et chimique | 0.495 | Moyenne |
| | | | | | | mécanique | 0.83 | Élevée |
| | | | Il est nécessaire de raisonner l'utilisation des produits phytosanitaires et de développer une capacité d'anticipation, afin de mettre en œuvre des interventions prédictives et préventives. | Traitement phytosanitaire | non | 4 | 0.125 | Très faible |
| | | | | | systemique | | 0.375 | faible |
| | | | | | raisonné | | 0.625 | Élevée |
| | | | | | raisonné et préventif | | 0.875 | Très élevée |
| | | | Réduire la dépendance aux engrais minéraux est un défi important pour les agriculteurs. | Fertilisation | Pas de fertilisation | 4 | 0.125 | Très faible |
| | | | | | chimique | | 0.375 | faible |
| | | | | | Organo-minérales | | 0.625 | Élevée |
| | | | | | organique | | 0.875 | Très élevée |
| | | | le faux semis est une mesure préventive pour réduire la pression des mauvaises herbes sur la culture à venir | Faux semis | Non | 2 | 0.25 | Faible |
| | | | | | Oui | | 0.75 | Élevée |
| | | | Elles ont de plusieurs avantages: couverture permanente du sol, fertilité du sol, et la rétention de l'eau. | Cultures dérobées | Non | 2 | 0.25 | Faible |
| | | | | | Oui | | 0.75 | Élevée |
| | | Elle permet de limiter la pression des maladies et ravageurs, d'augmenter la productivité et garantir une meilleure occupation de l'espace. | Association des cultures | Non | 2 | 0.25 | Faible | |
| | | | | Oui | | 0.75 | Élevée | |
| | | Elle permet de maintenir les conditions optimales | Cultures sous serres | Non | 2 | 0.25 | Faible | |

Annexes

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|-----|--|------|--------|
| | | adaptées pour chaque culture et assurer une productivité continue et maximale | | Oui | | 0.75 | Élevée |
|--|--|---|--|-----|--|------|--------|

Annexe 4: Résultats de l'analyse discriminante

The DISCRIM Procedure

| | | | |
|-------------------|----|--------------------|----|
| Total Sample Size | 90 | DF Total | 89 |
| Variables | 31 | DF Within Classes | 87 |
| Classes | 3 | DF Between Classes | 2 |

| | |
|-----------------------------|----|
| Number of Observations Read | 90 |
| Number of Observations Used | 90 |

| | |
|----------------------|-----------|
| Average R-Square | |
| Unweighted | 0.1329693 |
| Weighted by Variance | 0.0794961 |

| Statistiques de tests à une variable | | | | | | | |
|---|----------------------|--------------------------|----------------------|---------|----------------------|----------|--------|
| F Statistics, Num DF=2, Den DF=87 | | | | | | | |
| Variable | Total Ecart- type | Ecart- type groupé | Ecart- type intra | r-carré | r-carré/ (1- RSq) | Valeur F | Pr > F |
| Score de la vulnérabilité globale | 1.6507 | 1.5724 | 0.6757 | 0.1130 | 0.1273 | 5.54 | 0.0054 |
| Chiffre d'affaire | 0.9969 | 0.9877 | 0.2446 | 0.0406 | 0.0423 | 1.84 | 0.1650 |
| Type des exploitations | 1.4491 | 1.1667 | 1.0683 | 0.3664 | 0.5782 | 25.15 | <.0001 |
| Situation géographique | 0.5027 | 0.4798 | 0.2027 | 0.1096 | 0.1231 | 5.35 | 0.0064 |
| S (type de sol) | 0.2147 | 0.1869 | 0.1331 | 0.2591 | 0.3498 | 15.22 | <.0001 |
| S (diversification culturelle) | 0.2991 | 0.2190 | 0.2514 | 0.4762 | 0.9092 | 39.55 | <.0001 |
| S (diversification variétale) | 0.1828 | 0.1551 | 0.1211 | 0.2960 | 0.4204 | 18.29 | <.0001 |
| S (âge des arbres des cultures pérennes) | 0.2302 | 0.2124 | 0.1150 | 0.1681 | 0.2020 | 8.79 | 0.0003 |
| S (orientation des parcelles) | 0.3331 | 0.2929 | 0.2004 | 0.2440 | 0.3227 | 14.04 | <.0001 |
| CA (âge de l'exploitant) | 0.2319 | 0.2283 | 0.0644 | 0.0521 | 0.0549 | 2.39 | 0.0977 |
| CA (formation) | 0.1703 | 0.1713 | 0.0212 | 0.0105 | 0.0106 | 0.46 | 0.6320 |
| CA (expérience agricole) | 0.2160 | 0.2158 | 0.0411 | 0.0244 | 0.0250 | 1.09 | 0.3415 |
| CA (réseau agricole) | 0.1294 | 0.1306 | 0.009715 | 0.0038 | 0.0038 | 0.17 | 0.8474 |
| CA (statut juridique) | 0.2551 | 0.2446 | 0.0990 | 0.1016 | 0.1130 | 4.92 | 0.0095 |
| CA (statut foncier) | 0.2596 | 0.2602 | 0.0432 | 0.0186 | 0.0190 | 0.83 | 0.4411 |
| CA (commercialisation) | 0.1707 | 0.1703 | 0.0336 | 0.0261 | 0.0269 | 1.17 | 0.3158 |
| CA (assurance récolte) | 0.2525 | 0.2524 | 0.0473 | 0.0236 | 0.0242 | 1.05 | 0.3532 |
| CA (revenu extra-agricole) | 0.1574 | 0.1570 | 0.0323 | 0.0283 | 0.0291 | 1.27 | 0.2868 |
| CA (gestion du sol) | 0.1486 | 0.1304 | 0.0901 | 0.2476 | 0.3291 | 14.32 | <.0001 |
| CA (gestion des plantes) | 0.1613 | 0.1616 | 0.0277 | 0.0198 | 0.0202 | 0.88 | 0.4188 |
| CA (irrigation) | 0.2768 | 0.2298 | 0.1926 | 0.3262 | 0.4841 | 21.06 | <.0001 |
| CA (infrastructures agro-écologiques) | 0.2504 | 0.2464 | 0.0705 | 0.0534 | 0.0564 | 2.45 | 0.0919 |
| Surface agricole utilisée | 27.5160 | 26.7199 | 9.3727 | 0.0782 | 0.0849 | 3.69 | 0.0289 |
| Variation de l'exploitation agricole | 0.6516 | 0.6534 | 0.1039 | 0.0171 | 0.0174 | 0.76 | 0.4712 |
| Type de main d'œuvre | 0.5156 | 0.5128 | 0.1142 | 0.0331 | 0.0342 | 1.49 | 0.2316 |
| Évolution du besoin en main d'œuvre | 0.4983 | 0.4715 | 0.2143 | 0.1247 | 0.1425 | 6.20 | 0.0030 |
| Mesures d'adaptation actuelles | 0.4926 | 0.4358 | 0.2909 | 0.2350 | 0.3073 | 13.37 | <.0001 |
| Projet foncier futur | 0.4788 | 0.4820 | 0.0557 | 0.0091 | 0.0092 | 0.40 | 0.6712 |
| Cultures introduites durant les 10 dernières années | 0.4814 | 0.4482 | 0.2289 | 0.1524 | 0.1799 | 7.82 | 0.0008 |
| Cultures abandonnées durant les 10 dernières années | 0.4447 | 0.4082 | 0.2275 | 0.1764 | 0.2142 | 9.32 | 0.0002 |
| Mesures d'adaptation devraient être privilégiées par les politiques publiques | 0.9738 | 0.8318 | 0.6352 | 0.2869 | 0.4023 | 17.50 | <.0001 |

Annexes

| Statistiques multivariées et Approximations F | | | | | |
|--|------------|----------|----------|----------|--------|
| S=2 M=14 N=27.5 | | | | | |
| Statistique | Valeur | Valeur F | DDL Num. | DDL Res. | Pr > F |
| Wilks' Lambda | 0.09591817 | 4.10 | 62 | 114 | <.0001 |
| Pillai's Trace | 1.27983296 | 3.32 | 62 | 116 | <.0001 |
| Hotelling-Lawley Trace | 5.50813992 | 4.98 | 62 | 102.22 | <.0001 |
| Roy's Greatest Root | 4.66913860 | 8.74 | 31 | 58 | <.0001 |
| NOTE: la statistique F pour la plus grande racine de Roy est une borne supérieure. | | | | | |
| NOTE: la statistique F pour Lambda de Wilks est exacte. | | | | | |

Annexe 5. Détermination du coût d'adaptation

Coût d'adaptation : c'est le montant que l'agriculteur peut supporter en plus pour la mise en œuvre des mesures d'adaptations.

- **Coût d'irrigation**

Le coût de distribution de l'eau est très hétérogène, avec une forte variabilité des coûts de l'irrigation à l'hectare non seulement selon le type de culture (en moyenne : vigne = 196€/ha ; arboriculture = 773€/ha) mais aussi à l'intérieur d'un même type de culture (ex. en vigne : soit 155€/ha via BRL à 303€/ha pour l'ASA de Gignac en moyenne). Cette grande variabilité peut en partie s'expliquer par l'hétérogénéité de structures (BRL, ASA, individuels,...) maître d'ouvrages et par l'ancienneté des réseaux (Conseil départemental de l'Hérault, 2018). On considère la moyenne entre le coût d'irrigation en vigne et en arboriculture comme le coût moyen d'irrigation par culture soit **485 €/ha**.

- **Coût de l'assurance**

Le coût (montant de la prime ou cotisation d'assurance) d'un contrat multirisque climatique varie beaucoup selon les cultures, le territoire et les garanties. Il est donc utile de demander des devis à différents assureurs pour connaître le coût d'un contrat correspondant à ses besoins et à sa situation. Ce coût doit être comparé au produit brut de chaque culture et autres postes de charges opérationnelles. Le tableau ci-dessous présente les montants moyens de prime par hectare pour différentes catégories de cultures. Ils constituent des ordres de grandeur donnés à titre indicatif ; des disparités importantes pouvant être observées selon la localisation (et donc l'exposition aux risques) et la culture (CNGRA, 2017).

| Catégorie de culture | Prime à la charge de l'exploitant (2016) €/ha |
|-------------------------------|---|
| Céréales (dont maïs fourrage) | 21.7 |
| Légumes | 92.9 |
| Vignes (raisin de cuve) | 165.4 |
| Fruits (dont raisin de table) | 640.3 |
| Moyenne | 230 |

- **Coût de la diversification**

Le coût de la diversification est appréhendé par la charge opérationnelle moyenne

| Cultures | Charges opérationnelles moyennes /ha (€/ha) | Références |
|-------------------------------|---|---|
| Céréales (dont maïs fourrage) | 1 350 | Chambre Régionale d'Agriculture de Midi-Pyrénées (2013) |
| Légumes | 2 220 | Ladrangé <i>et al.</i> (2013) |
| Vignes (raisin de cuve) | 7 550 | Chambre d'agriculture de l'Hérault (2017) |
| Fruits (dont raisin de table) | 6 730 | Chambonnière <i>et al.</i> (2012) |
| Moyenne | 4462 | |

Bibliographie

Bibliographie

- Abid M., Scheffran J., Schneider U.A., Elahi E. (2019).** Farmer perceptions of climate change, observed trends and adaptation of agriculture in Pakistan. *Environmental Management*, 2019/01/01, vol. 63, n. 1, p. 110-123. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1113-7>
- Acquah H., Onumah E.E. (2011).** Farmers perception and adaptation to climate change: an estimation of willingness to pay. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*, vol. 3, n. 4, p. 31-39. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.120241>
- Adams J., Bateman B., Becker F., Cresswell T., Flynn D., McNaughton R., Oluboyede Y., Robalino S., Ternent L., Sood B.G., Michie S., Shucksmith J., Sniehotta F.F., Wigham S. (2015).** Effectiveness and acceptability of parental financial incentives and quasi-mandatory schemes for increasing uptake of vaccinations in preschool children: systematic review, qualitative study and discrete choice experiment. *Health Technology Assessment*, November 2015, vol. 19, n. 94, p. 1-176. <https://doi.org/10.3310/hta19940>
- Adams R.M. (1989).** Global climate change and agriculture: an economic perspective. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 71, n. 5, p. 1272-1279. <http://doi.org/10.2307/1243120>
- ADEME. (2015).** *Quels changements climatiques dans le département de l'Hérault ? 40 ans de suivi des températures et précipitations.* Montpellier (France): ADEME. 32 p. (Connaître pour Agir). <https://occitanie.ademe.fr/sites/default/files/changements-climatiques-herault-temperatures-precipitations.pdf>
- ADEME. (2016).** *Sols et changement climatique.* Paris (France): ADEME. [consulté le 05/05/2021]. <https://www.ademe.fr/expertises/produire-autrement/production-agricole/chiffres-cles-observations/dossier/qualite-sols/sols-changement-climatique>
- Adger W.N. (1999).** Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam. *World Development*, vol. 27, n. 2, p. 249-269. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(98\)00136-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(98)00136-3)
- Adger W.N. (2000).** Institutional adaptation to environmental risk under the transition in Vietnam. *Annals of the association of American Geographers*, vol. 90, n. 4, p. 738-758. <https://doi.org/10.1111/0004-5608.00220>
- Adger W.N. (2006).** Vulnerability. *Global Environmental Change*, vol. 16, n. 3, p. 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Adger W.N., Arnell N.W., Tompkins E.L. (2005).** Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 2005/07/01, vol. 15, n. 2, p. 77-86. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378004000901>
- Adger W.N., Dessai S., Goulden M., Hulme M., Lorenzoni I., Nelson D.R., Naess L.O., Wolf J., Wreford A. (2009).** Are there social limits to adaptation to climate change? *Climatic Change*, 2009/04/01, vol. 93, n. 3, p. 335-354. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9520-z>
- Agreste. (2010).** *Les principaux résultats des recensements agricoles 2010, 2000 et 1988 par département et canton.* Paris (France): data.gouv.fr. [consulté le 06/05/2021]. <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/agreste-les-principaux-resultats-des-recensements-agricoles-2010-2000-et-1988-par-departement-et-can/>
- Agreste. (2014).** *Le statut juridique des exploitations agricoles: évolutions 1970-2010.* Montreuil-sous-bois (France): Agreste. 27 p. (Agreste Les Dossiers, n. 20). <https://www.epsilon.insee.fr/jspui/handle/1/22418>
- Agreste. (2016).** *La formation des exploitants agricoles : une formation agricole plus élevée chez les hommes.* Montreuil-sous-bois (France): Agreste. 4 p. (Agreste Primeur, n. 335). <https://www.epsilon.insee.fr/jspui/handle/1/41693>

Bibliographie

- AgriAdapt. (2017).** *Vers une adaptation durable de l'agriculture européenne au changement climatique : état des lieux pour les 4 principales régions à risque climatique de l'UE.* AgriAdapt. 45 p. www.agriadapt.eu
- Ahmed I., Nazzal Y., Zaidi F.K., Al-Arifi N.S.N., Ghrefat H., Naeem M. (2015).** Hydrogeological vulnerability and pollution risk mapping of the Saq and overlying aquifers using the DRASTIC model and GIS techniques, NW Saudi Arabia. *Environmental Earth Sciences*, 2015/07/01, vol. 74, n. 2, p. 1303-1318. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4120-5>
- Allen K. (2003).** Vulnerability reduction and the community-based approach. In: Pelling M. *Natural disasters and development in a globalizing world.* Londres (UK): Routledge. p. 170-185. <https://doi.org/10.4324/9780203402375>
- Altieri M., Nicholls C., Henao A., Lana M. (2015).** Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for sustainable Development*, vol. 35, p. 869-890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- André G. (2004).** Cartographie du risque naturel dans le monde. Etude comparative entre une approche d'ordre social et une approche d'ordre économique de la vulnérabilité. *Cybergeo: European Journal of Geography*, n. 286, p. 1-12. <https://cybergeo.revues.org/2614>
- Andriamanalina B.S., Ratsialonana A., Burnod P. (2013).** *Métayage et fermage : quels logiques et enjeux au niveau local.* Antananarivo (Madagascar): Observatoire du Foncier. 24 p. (Landscape. Notes de l'Observatoire du Foncier à Madagascar, n. 9). <http://www.observatoire-foncier.mg/downloads/LandScope-9-OFN.pdf>
- Arrouays D. (2008).** Changement climatique et évolution du stockage de carbone dans les sols-enjeux et incertitudes. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, vol. 15, n. 5, p. 314-316. <https://doi.org/10.1051/ocl.2008.0223>
- Asrat P., Simane B. (2018).** Farmers' perception of climate change and adaptation strategies in the Dabus watershed, North-West Ethiopia. *Ecological Processes*, 2018/02/28, vol. 7, n. 1, p. 7. <https://doi.org/10.1186/s13717-018-0118-8>
- Aulong S., Kast R. (2011).** *A conceptual framework to assess vulnerability: application to global change stressors on South Indian farmers.* Montpellier (France): Université Montpellier 1. 17 p. (Document de Recherche LAMETA, n. 2011-03). <http://prodinra.inra.fr/record/43073>
- Azariadis C., Stachurski J. (2005).** Poverty traps. In: Aghion P., Durlauf S.N. *Handbook of economic growth.* Amsterdam (Pays Bas): Elsevier. p. 295-384. (vol. 1, n. A). [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01005-1](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01005-1)
- Banque Mondiale. (2007).** *D'où vient la richesse des nations.* Paris (France): Economica. 201 p.
- Bàrberi P. (2018).** Agroecological solutions for climate change. Mitigation and adaptation. In: Quagliarotti D.A.L., Viganò E. *Mediterranean, the sea that unites. New prospects for the agri-food system.* Milan (Italie): Istituto Editoriale Universitario Cisalpino. p. 115-131.
- Barnes A.P., Soto I., Eory V., Beck B., Balafoutis A., Sánchez B., Vangeyte J., Fountas S., van der Wal T., Gómez-Barbero M. (2018).** Influencing factors and incentives on the intention to adopt precision agricultural technologies within arable farming systems. *Environmental Science and Policy*, vol. 93, p. 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.014>
- Barnett J., O'Neill S. (2010).** Maladaptation. *Global Environmental Change*, 2010/05/01, vol. 20, n. 2, p. 211-213. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378009000995>

Bibliographie

- Barrientos A. (2013).** Does vulnerability create poverty traps? In: Shepherd A., Brunt J. *Chronic poverty: concepts, causes and policy*. Londres (UK): Palgrave Macmillan p. 85-111. (Rethinking International Development Series.). https://doi.org/10.1057/9781137316707_5
- Barrows H.H. (1923).** Geography as human ecology. *Annals of the association of American Geographers*, 1923/03/01, vol. 13, n. 1, p. 1-14. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00045602309356882>
- Basilico L., Mojašky M., Imbard M. (2012).** *Changement climatique et littoral méditerranéen : comprendre les impacts, construire l'adaptation. Synthèse des programmes de recherche CIRCLE-Med. 2008-2011*. Montpellier (France): VERSeau Développement. 62 p. <http://isidoredd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Temis/0075/Temis-0075823/20165.pdf>
- Bassett T.J., Fogelman C. (2013).** Déjà vu or something new? The adaptation concept in the climate change literature. *Geoforum*, 2013/08/01, vol. 48, p. 42-53. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.04.010>
- Bates D.G. (2005).** *Human adaptive strategies: ecology, culture, and politics*. 3 ed. Paris (France): Pearson. 272 p.
- Bauer A., Feichtinger J., Steurer R. (2012).** The governance of climate change adaptation in 10 OECD countries: challenges and approaches. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 2012/09/01, vol. 14, n. 3, p. 279-304. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2012.707406>
- Becken S. (2005).** Harmonising climate change adaptation and mitigation: the case of tourist resorts in Fiji. *Global Environmental Change*, 2005/12/01, vol. 15, n. 4, p. 381-393. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378005000506>
- Becker D., Schneiderbauer S., Forrester J.M., Pedoth L. (2015).** *Guidelines for development of indicators, indicator systems and provider challenges*. Louvain (Belgique): CRED. 128 p. <https://1library.net/document/4yrg5vjq-guidelines-development-indicators-indicator-systems-provide-challenges.html>
- Belay A., Recha J.W., Woldeamanuel T., Morton J.F. (2017).** Smallholder farmers' adaptation to climate change and determinants of their adaptation decisions in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 2017/03/06, vol. 6, n. 1, p. 24. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0100-1>
- Berkson J. (1944).** Application of the logistic function to bio-assay. *Journal of the American Statistical Association*, 1944/09/01, vol. 39, n. 227, p. 357-365. <https://doi.org/10.1080/01621459.1944.10500699>
- Berry P.M., Rounsevell M.D.A., Harrison P.A., Audsley E. (2006).** Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. *Environmental Science & Policy*, vol. 9, n. 2, p. 189-204. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2005.11.004>
- Bhave A.G., Mishra A., Raghuwanshi N.S. (2014).** A combined bottom-up and top-down approach for assessment of climate change adaptation options. *Journal of Hydrology*, vol. 518, p. 150-161.
- Biagini B., Bierbaum R., Stults M., Dobardzic S., McNeeley S.M. (2014).** A typology of adaptation actions: a global look at climate adaptation actions financed through the global environment facility. *Global Environmental Change*, 2014/03/01, vol. 25, p. 97-108. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378014000065>

- Biesbroek G.R., Klostermann J.E.M., Termeer C.J.A.M., Kabat P. (2013).** On the nature of barriers to climate change adaptation. *Regional Environmental Change*, 2013/10/01, vol. 13, n. 5, p. 1119-1129. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0421-y>
- Birkmann J. (2007).** Risk and vulnerability indicators at different scales: applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*, 2007/01/01, vol. 7, n. 1, p. 20-31. <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.04.002>
- Bliss C.I. (1934).** The method of probits. *Science*, vol. 79, n. 2037, p. 38-39. <https://doi.org/10.1126/science.79.2037.38>
- Bocquet C. (2002).** L'adaptation biologique. In: *Encyclopedia Universalis*. Paris (France): Encyclopedia Universalis. p. 244-247.
- Borron S. (2006).** *Building resilience for an unpredictable future: how organic agriculture can help farmers adapt to climate change*. Rome (Italie): Food and Agriculture Organization of the United Nations. 25 p. <http://www.fao.org/publications/card/fr/c/d736bbbe-d445-5f32-bfb0-1f7dec3d5530/>
- Boucher L., Duval L., Phélippé-Guinvarc'H M., Prudon E. (2019).** *Évaluation du Programme national de gestion des risques et d'assistance technique et en particulier de l'assurance récolte*. Paris (France): Decid & Risk. 207 p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02481118>
- Boudon R. (2002).** Adaptation sociale. In: *Encyclopedia Universalis*. Paris (France): Encyclopedia Universalis. p. 250-251.
- Bourdeau-Lepage L. (ed.) (2020).** *Évaluer le bien-être sur un territoire. Comprendre pour agir sur les facteurs d'attractivité territoriaux*. Lyon (France): VAA Conseil. 87 p. <https://www.psdr-ra.fr/BOITE-A-OUTILS/Bien-etre-et-attractivite-territoriale>
- Boutin F., Payan J. (2012).** Viticulture et changement climatique : adaptation de la conduite du vignoble méditerranéen. *Innovations Agronomiques*, vol. 25, p. 193-203. <https://www6.inrae.fr/ciag/content/download/3826/36242/file/Vol25-14-Boutin.pdf>
- Brisson N., Levrault F. (2012).** Les cultures. In: Brisson N., Levrault F. *Livre vert du Rapport Climator. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces*. Paris (France): ADEME. p. 140-244. https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/86423_c-cultures.pdf
- Brooks N. (2003).** *Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework*. Norwich (UK): Tyndall Centre for Climate Change Research. 16 p. (Working Paper, n. 38). https://www.researchgate.net/publication/200032746_Vulnerability_Risk_and_Adaptation_A_Conceptual_Framework
- Brooks N., Adger W.N., Kelly P.M. (2005).** The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, vol. 15, n. 2, p. 151-163. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006>
- Brooks N., Anderson S., Burton I., Fisher S., Rai N., Tellam I. (2013).** *An operational framework for tracking adaptation and measuring development (TAMD)*. Londres (UK): IIED. 39 p. (Climate Change Working Paper, n. 5). <https://pubs.iied.org/pdfs/10038IIED.pdf>
- Bryan E., Ringler C., Okoba B., Roncoli C., Silvestri S., Herrero M. (2013).** Adapting agriculture to climate change in Kenya: household strategies and determinants. *Journal of Environmental Management*, 2013/01/15, vol. 114, p. 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.036>

- Burton C., Rufat S., Tate E. (2018).** Social vulnerability: conceptual foundations and geospatial modeling. In: Fuchs S., Thaler T. *Vulnerability and resilience to natural hazards*. Cambridge (UK): Cambridge University Press. p. 53-81. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-02001407>
- Burton I. (1996).** The growth of adaptation capacity: practice and policy. In: Smith J.B., Bhatti N., Menzhulin G.V., Benioff R., Campos M., Jallow B., Rijsberman F., Budyko M.I., Dixon R.K. *Adapting to climate change: an international perspective*. New York (Etats-Unis): Springer. p. 55-67. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8471-7_6
- Butault J.-P., Delame N., Lerouillois P. (2005).** Activité extérieure et revenus des ménages agricoles. *Économie rurale*, n. 289-290, p. 75-90. <https://doi.org/10.4000/economierurale.139>
- Butzer K.W. (1980).** Adaptation to global environmental change. *The Professional Geographer*, 1980/08/01, vol. 32, n. 3, p. 269-278. <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1980.00269.x>
- Butzer K.W. (1989).** Cultural ecology. In: Wilmott C.J., Gaile G.L. *Geography in America*. Columbus (Etats-Unis): Merrill p. 192-208.
- CCR (Caisse Centrale de Réassurance). (2019).** *Arrêtés de catastrophe naturelle*. Paris (France): CCR. [consulté le 05/05/2021]. <https://catastrophes-naturelles.ccr.fr/les-arretes>
- Chambers R., Conway G. (1992).** *Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century*. Brighton (UK): Institute of Development Studies. 33 p. (IDS Discussion Paper, n. 296). <https://www.ids.ac.uk/publications/sustainable-rural-livelihoods-practical-concepts-for-the-21st-century/>
- Chambonnière S., Dordolo M., Ghion K., Larrieu J.-F., Sagnes J.-L., Leray C. (2012).** *Coûts de plantation en arboriculture fruitière. Année 2012*. Montauban (France): Chambre d'agriculture Tarn-et-Garonne. 24 p. https://agri82.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/075_Inst-Tarn-et-Garonne/6-PDF_PAGES_STATIQUES/1-Productions_et_techniques/Cultures/Arboriculture/coutplantation_arbofruitiere_2012.pdf
- Chambre d'agriculture de l'Hérault. (2017).** *Cout de plantation d'une vigne palissée*. Montpellier (France): Chambre d'agriculture de l'Hérault. 11 p. https://herault.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/068_Inst-Herault/Documents/3_gerer_son_exploitation/juridique_et_foncier/cout_de_plantation_de_vigne_palisee_2017.pdf
- Chambre Régionale d'Agriculture de Midi-Pyrénées. (2013).** *Références technico-économiques en systèmes de grandes cultures. Résultats 2011*. Toulouse (France): Chambre Régionale d'Agriculture de Midi-Pyrénées. 75 p. https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/Rapport2011_Observatoire_tech_eco_GC.pdf
- Chaudhuri S., Jalan J., Suryahadi A. (2011).** *Assessing household vulnerability to poverty from cross-sectional data: a methodology and estimates from Indonesia*. Columbia (Etats-unis): Department of Economics, Columbia University. 36 p. (Department of Economics Discussion Papers, n. 0102-52). <https://doi.org/10.7916/D85149GF>
- Chenu C., Chevallier T. (2015).** Les sols au coeur des effets du changement climatique. *Biofutur*, vol. 34, n. 371, p. 27-28. <https://biofutur.revuesonline.com/article.jsp?articleId=35502>
- Christiaensen L., Subbarao K. (2005).** Towards an understanding of household vulnerability in rural Kenya. *Journal of African Economies*, vol. 14, n. 4, p. 520-558. <https://doi.org/10.1093/jae/eji008>

Bibliographie

- CNGRA. (2017).** *Assurance multirisque climatique des récoltes : réponses aux questions fréquemment posées. Document à destination des prescripteurs.* France: Comité National de Gestion des Risques Agriculture (CNGRA). 15 p. <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/87233?token=e9a2f8dcd75ecea174d3792d33293104>
- Conseil départemental de l'Hérault. (2018).** *Hérault irrigation : schéma départemental 2018-2030.* Montpellier (France): Conseil Départemental de l'Hérault. 118 p. http://www.herault.fr/sites/default/files/document-lies/schema_irrigation_bd.pdf
- Conseil départemental de l'Hérault. (2019).** *Annales climatologiques et hydrologiques.* Montpellier (France): Conseil Départemental. [consulté le 05/05/2021]. <https://odee.herault.fr/index.php/thematiques/climatologie/40-annales-climatologiques-et-hydrologiques>
- Cutter S.L. (2010).** Social science perspectives on hazards and vulnerability science. In: Beer T. *Geophysical hazards: minimizing risk, maximizing awareness.* Dordrecht (Pays-Bas): Springer Netherlands. p. 17-30. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3236-2_2
- Cutter S.L., Boruff B.J., Shirley W.L. (2003).** Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, vol. 84, n. 2, p. 242-261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- Cutter S.L., Mitchell J.T., Scott M.S. (2000).** Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the association of American Geographers*, vol. 90, n. 4, p. 713-737. <https://doi.org/10.1111/0004-5608.00219>
- D'Ercole R., Metzger P. (2009).** Territorial vulnerability: a new approach of risks in urban areas. *Cybergeo: European Journal of Geography, Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud*, n. 447, p. 1-16. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.22022>
- Dachary-Bernard J., Rey-Valette H., Rulleau B. (2019).** Preferences among coastal and inland residents relating to managed retreat: influence of risk perception in acceptability of relocation strategies. *Journal of Environmental Management*, 2019/02/15, vol. 232, p. 772-780. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.104>
- De Perthuis C., Hallegatte S., Lecocq F. (2010).** *Économie de l'adaptation au changement climatique.* Paris (France): Conseil Économique pour le Développement Durable. 89 p. (Rapport du CEDD). <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/104000108.pdf>
- de Sherbinin A., Bukvic A., Rohat G., Gall M., McCusker B., Preston B., Apotsos A., Fish C., Kienberger S., Muhonda P., Wilhelmi O., Macharia D., Shubert W., Sliuzas R., Tomaszewski B., Zhang S. (2019).** Climate vulnerability mapping: a systematic review and future prospects. *WIREs Climate Change*, 2019/09/01, vol. 10, n. 5, p. 1-23. <https://doi.org/10.1002/wcc.600>
- Debra J.D. (2018).** Rethinking adaptation: emotions, evolution, and climate change. *Nature and Culture*, vol. 13, n. 3, p. 378-402. <https://doi.org/10.3167/nc.2018.130304>
- Debray V., Wezel A., Lambert-Derkimba A., Roesch K., Lieblein G., Francis C.A. (2019).** Agroecological practices for climate change adaptation in semiarid and subhumid Africa. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 2019/04/21, vol. 43, n. 4, p. 429-456. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1509166>
- del Pozo A., Brunel-Saldias N., Engler A., Ortega-Farias S., Acevedo-Opazo C., Lobos G.A., Jara-Rojas R., Molina-Montenegro M.A. (2019).** Climate change impacts and adaptation

Bibliographie

- strategies of agriculture in Mediterranean-Climate Regions (MCRs). *Sustainability*, May, vol. 11, n. 10, p. 1-16. <https://doi.org/10.3390/su11102769>
- Delphine L., Marc V. (2020).** Les impacts réciproques de l'agriculture et de la ressource en eau. *L'eau en milieu agricole: Outils et méthodes pour une gestion intégrée et territoriale*,
- Deressa T., Hassan R.M., Ringler C. (2008).** *Measuring Ethiopian farmers' vulnerability to climate change across regional states*. Washington (Etats-Unis): International Food Policy Research Institute (IFPRI). 32 p. (IFPRI Discussion Paper, n. 806). <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/13927>
- Deressa T.T., Hassan R.M., Ringler C., Alemu T., Yesuf M. (2009).** Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change*, 2009/05/01/, vol. 19, n. 2, p. 248-255. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378009000156>
- Didier R., Emmanuelle G.-M., Vincent B. (2010).** Changement climatique et développement des territoires de montagne : quelles connaissances pour quelles pistes d'action ? *Revue de Géographie Alpine*, vol. 98, n. 4, p. 1-15. <https://doi.org/10.4000/rga.1322>
- Dong Z., Pan Z., An P., Wang L., Zhang J., He D., Han H., Pan X. (2015).** A novel method for quantitatively evaluating agricultural vulnerability to climate change. *Ecological Indicators*, 2015/01/01, vol. 48, p. 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.032>
- Downing T.E. (1990).** *Assessing socioeconomic vulnerability to famine: frameworks, concepts, and applications*. Washington (Etats-Unis): U.S. Agency for International Development. 196 p. (FEWS Working Paper, n. 2.1). http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABJ875.pdf
- Droy I., Rasolofo P. (2004).** *Les approches de la vulnérabilité alimentaire dans le sud de Madagascar*. Pessac (France): CED. 21 p. (Document de travail, n. 105). <https://ideas.repec.org/p/mon/ceddtr/105.html>
- Dubois J.-L., Rousseau S. (2008).** Reinforcing households' capabilities as a way to reduce vulnerability and prevent poverty in equitable terms. In: Comim F., Qizilbash M., Alkire S. *The capability approach: concepts, measures and applications*. Cambridge (UK): Cambridge University Press. p. 421-436. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511492587.014>
- Ducos G., Barreau B. (2014).** *Quels indicateurs pour mesurer la qualité de la croissance ?* Paris (France): France stratégie. 12 p. (La note d'analyse). <https://www.strategie.gouv.fr/publications/indicateurs-mesurer-qualite-de-croissance>
- Dumenu W.K., Obeng E.A. (2016).** Climate change and rural communities in Ghana: social vulnerability, impacts, adaptations and policy implications. *Environmental Science & Policy*, 2016/01/01, vol. 55, p. 208-217. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.10.010>
- Dumont B., Andueza D., Niderkorn V., Lüscher A., Porqueddu C., Picon-Cochard C. (2015).** A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. *Grass and Forage Science*, vol. 70, n. 2, p. 239-254. <https://doi.org/10.1111/gfs.12169>
- Eisenack K., Stecker R., Reckien D., Hoffmann E. (2012).** Adaptation to climate change in the transport sector: a review of actions and actors. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2012/06/01, vol. 17, n. 5, p. 451-469. <https://doi.org/10.1007/s11027-011-9336-4>
- Ekins P., Dresner S., Dahlström K. (2008).** The four capital method of sustainable development evaluation. *European Environment*, vol. 18, n. 2, p. 63-80. <https://doi.org/10.1002/eet.471>

Bibliographie

- Ellis F. (2000).** *Rural livelihoods and diversity in developing countries*. Oxford (UK): Oxford University press. 273 p.
- Engle N.L. (2011).** Adaptive capacity and its assessment. *Global Environmental Change*, 2011/05/01, vol. 21, n. 2, p. 647-656. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.019>
- Erdlenbruch K., Loubier S., Montginoul M., Morardet S., Lefebvre M. (2013).** La gestion du manque d'eau structurel et des sécheresses en France. *Sciences Eaux Territoires*, n. 11, p. 78-85. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2013.11.16>
- Esham M., Garforth C. (2013).** Agricultural adaptation to climate change: insights from a farming community in Sri Lanka. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2013/06/01, vol. 18, n. 5, p. 535-549. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9374-6>
- European Environment Agency (EEA). (2017).** *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*. Luxembourg: Publications Office of the European. 424 p. (EEA Report, vol. 1). <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>
- Eyzaguirre J., Warren F. (2014).** Adaptation: établir un lien entre la recherche et la pratique. In: Warren F.J., Lemmen D.S. *Vivre avec les changements climatiques au Canada: perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*. Ottawa (Ontario): Gouvernement du Canada. p. 253-286. https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Rapport-complet_Fra.pdf
- Fatemi F., Ardalan A., Aguirre B., Mansouri N., Mohammadfam I. (2017).** Social vulnerability indicators in disasters: findings from a systematic review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 22, p. 219-227. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.09.006>
- Fdez-Arroyabe P., Fernández D.S., Andrés J.B. (2020).** Chapter 6 - Work environment and healthcare: a biometeorological approach based on wearables. In: Dey N., Ashour A.S., James Fong S., Bhatt C. *Wearable and implantable medical devices: application and challenges*. UK: Academic Press. p. 141-161. (Advances in ubiquitous sensing applications for healthcare, vol. 7). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128153697000069>
- Fedele G., Donatti C.I., Harvey C.A., Hannah L., Hole D.G. (2019).** Transformative adaptation to climate change for sustainable social-ecological systems. *Environmental Science & Policy*, 2019/11/01, vol. 101, p. 116-125. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901119305337>
- Fédération Française de l'Assurance. (2018).** *Grêle : un contrat d'assurance spécifique pour couvrir les dommages aux cultures*. Paris (France): Fédération Française de l'Assurance. [consulté le 05/05/2021]. <https://www.ffa-assurance.fr/infos-assures/grele-un-contrat-assurance-specifique-pour-couvrir-les-dommages-aux-cultures>
- Fellmann T. (2012).** The assessment of climate change-related vulnerability in the agricultural sector: reviewing conceptual frameworks. In: Meybeck A., Lankoski J., Redfern S., Azzu N., Gitz V. (eds). *Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector*. Rome (Italie): FAO. p. 37-62. Joint FAO/OECD Workshop "Building Resilience for Adaptation to Climate Change in the Agriculture Sector", 2012/04/23-24, Rome (Italie). <http://www.fao.org/3/i3084e/i3084e.pdf>
- Ford J.D., Pearce T., McDowell G., Berrang-Ford L., Sayles J.S., Belfer E. (2018).** Vulnerability and its discontents: the past, present, and future of climate change vulnerability research. *Climatic Change*, October, n. 151, p. 189-203. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2304-1>

Bibliographie

- François A., Gauché É., Génin A. (2016).** L'adaptation des territoires aux changements climatiques dans l'Oriental marocain : la vulnérabilité entre action et perceptions. [*VertigO*] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 16, n. 1, <https://id.erudit.org/iderudit/1037587ar>
- Fritzsche K., Schneiderbauer S., Bubeck P., Kienberger S., Buth M., Zebisch M., Kahlenborn W. (2015).** *Guide de référence sur la vulnérabilité : concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées*. Bonn (Allemagne): Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). 178 p. https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=262
- Füssel H.-M. (2007).** Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability Science*, October 01, vol. 2, n. 2, p. 265-275. <https://doi.org/10.1007/s11625-007-0032-y>
- Füssel H.-M. (2007).** Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, vol. 17, n. 2, p. 155-167. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002>
- Füssel H.-M., Klein R.J. (2006).** Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*, vol. 75, n. 3, p. 301-329. <http://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3>
- Gallopín G.C. (2006).** Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 2006/08/01, vol. 16, n. 3, p. 293-303. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>
- Garrabé M. (2012).** *Modèle à capitaux multiples et analyse sociale du cycle de vie des capacités : méthodologie générale*. Montpellier (France): Université Montpellier 1. 45 p. http://www.michel-garrabe.com/pdf/modele_capitaux.pdf
- Gbetibouo G.A. (2009).** *Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability: the case of the Limpopo Basin, South Africa*. Washington (Etats-Unis): IFPRI. 36 p. (IFPRI discussion paper, n. 849). <https://www.ifpri.org/publication/understanding-farmers-perceptions-and-adaptations-climate-change-and-variability>
- GIEC. (2001).** *Bilan 2001 des changements climatiques : conséquences, adaptation et vulnérabilité*. Genève (Suisse): GIEC. 101 p. <http://www.observatoireclimat-hautsdefrance.org/Les-ressources/Ressources-documentaires/Bilan-2001-des-changements-climatiques-Consequences-adaptation-et-vulnerabilite>
- GIEC. (2007).** *Bilan 2007 des changements climatiques : rapport de synthèse* Genève (Suisse): GIEC. 103 p. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_fr.pdf
- GIEC. (2014).** *Changements climatiques 2014: rapport de synthèse*. Genève (Suisse): GIEC. 161 p. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf
- Gifford R. (2011).** The dragons of inaction: psychological barriers that limit climate change mitigation and adaptation. *American Psychologist*, vol. 66, n. 4, p. 290-302. <https://doi.org/10.1037/a0023566>
- GIZ, EURAC. (2017).** *Guide complémentaire sur la vulnérabilité : le concept de risque. Lignes directrices sur l'utilisation de l'approche du Guide de référence sur la vulnérabilité en intégrant le nouveau concept de risque climatique de l'AR5 du GIEC*. Bonn : GIZ.:
- Guillaumont P., Guillaumont Jeanneney S., Wagner L. (2020).** *Mesurer les vulnérabilités pour allouer l'aide au développement, en particulier en Afrique*. Clermont-Ferrand (France): Fondation pour les Etudes et Recherches sur le Développement International (FERDI). 150 p.

Bibliographie

<https://ferdi.fr/publications/mesurer-les-vulnerabilites-pour-allouer-l-aide-au-developpement-en-particulier-en-afrique>

- Haasnoot M., Kwakkel J.H., Walker W.E., ter Maat J. (2013).** Dynamic adaptive policy pathways: a method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global Environmental Change*, vol. 23, n. 2, p. 485-498. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.12.006>
- Haber J., Chrostowski J., Nyman R. (2013).** Other launch safety hazards. In: Allahdadi F.A., Rongier I., Wilde P.D. *Safety design for space operations*. Oxford (UK): Butterworth-Heinemann. p. 187-253. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080969213000052>
- Hagenlocher M., Hölbling D., Kienberger S., Vanhuyse S., Zeil P. (2016).** Spatial assessment of social vulnerability in the context of landmines and explosive remnants of war in Battambang province, Cambodia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2016/03/01, vol. 15, p. 148-161. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.11.003>
- Hassan R.M., Nhemachena C. (2008).** Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: multinomial choice analysis. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 2, n. 1, p. 83-104. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.56969>
- Hensher D.A. (2007).** *Joint estimation of process and outcome in choice experiments involving attribute framing*. Sydney (Australie): Institute of Transport and Logistics Studies. 20 p. (Working Paper, n. ITLS-WP-07-04). <http://hdl.handle.net/2123/19473>
- Hervieu B., Abis S., Blanc P., Jouvenel H. (2008).** *Mediterra 2008 : les futurs agricoles et alimentaires en Méditerranée*. Paris (France): Presses de Sciences Po. 368 p. (Mediterra, n. 10). http://www.iamm.ciheam.org/ress_doc/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=23846
- Hewitt K. (1983).** *Interpretations of calamity: from the viewpoint of human ecology*. Boston (Etats-Unis): Allen and Unwin. 304 p. (The risks & hazards series, n. 1).
- Hilhorst D.J.M. (2004).** Complexity and diversity: unlocking social domains of disaster response. In: Bankoff G., Frerks G., Hilhorst D. *Mapping vulnerability: disasters, development and people*. Londres (UK): Earthscan. p. 52-66. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781849771924/chapters/10.4324/9781849771924-12>
- Hinkel J. (2011).** "Indicators of vulnerability and adaptive capacity": towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change*, 2011/02/01, vol. 21, n. 1, p. 198-208. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.08.002>
- Hochman Z., Gobbett D.L., Horan H. (2017).** Climate trends account for stalled wheat yields in Australia since 1990. *Global Change Biology*, vol. 23, n. 5, p. 2071-2081. <https://doi.org/10.1111/gcb.13604>
- Hoddinott J., Quisumbing A. (2003).** *Data sources for microeconomic risk and vulnerability assessments*. Washington (Etats-Unis): World Bank. 59 p. (Social Protection Discussion Paper Series, n. 0323). <http://documents.worldbank.org/curated/en/653621468782078702/Data-sources-for-microeconomic-risk-and-vulnerability-assessments>
- Howden M.S., Ash A., Barlow S., Booth T., Charles S., Cechet B., Crimp S., Gifford R., Hennessy K., Jones R., Kirschbaum M., McKeon G., Meinke H., Park S., Sutherst B., Webb L., Whetton P. (2003).** *An overview of the adaptive capacity of the Australian agricultural sector to climate change: options, costs and benefits*. Canberra (Australie):

- CSIRO. 155 p.
https://www.academia.edu/14357636/An_overview_of_the_adaptive_capacity_of_the_Australian_agricultural_sector_to_climate_change_options_costs_and_benefits
- Howden S., Crimp S., Nelson R. (2010).** Australian agriculture in a climate of change. In: Jubb I., Holper P., Cai W. (eds). *Managing climate change*. Melbourne (Australie): CSIRO Publishing. p. 101-111. GREENHOUSE 2009 Conference, 2009/03/23-26, Perth (Australie).
- Howden S.M., Soussana J.-F., Tubiello F.N., Chhetri N., Dunlop M., Meinke H. (2007).** Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 104, n. 50, p. 19691-19696. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701890104>
- Hoyos D. (2010).** The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments. *Ecological Economics*, 2010/06/15, vol. 69, n. 8, p. 1595-1603. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.04.011>
- Inglada J. (2017).** *Carte d'occupation des sols 2016*. France: CES OSO. [consulté le 05/05/2021]. <http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/~oso/posts/2017-03-30-carte-s2-2016/>
- INSEE. (2014).** *Recensement 2014 : résultats sur un territoire, bases de données et fichiers détail*. (France): INSEE. [consulté le 06/05/2021]. <https://www.insee.fr/fr/information/2867866>
- INSEE. (2015).** *Recensement 2015 : résultats sur un territoire, bases de données et fichiers détail*. (France): INSEE. [consulté le 06/05/2021]. <https://www.insee.fr/fr/information/3561862>
- IPCC (ed.) (2014).** *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Genève (Suisse): IPCC. 151 p. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Jacobs C., Berglund M., Kurnik B., Dworak T., Marras S., Mereu V., Michetti M. (2019).** *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 108 p. (EEA Report, n. 4/2019). <https://doi.org/10.2800/537176>
- Jakubowicz A. (2002).** L'adaptation psychologique. In: *Encyclopaedia Universalis*. Paris (France): Encyclopaedia Universalis. p. 247-250.
- Janowiak M.K., Dostie D., Wilson M., Kucera M., Skinner R., Hatfield J., Hollinger D., Swanston C. (2016).** *Adaptation resources for agriculture: responding to climate variability and change in the midwest and northeast*. Washington (Etats-Unis): U.S. Department of Agriculture. 70 p. <https://www.climatehubs.usda.gov/hubs/northeast/topic/adaptation-resources-agriculture-responding-climate-variability-and-change>
- Janssen M.A., Schoon M.L., Ke W., Börner K. (2006).** Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change. *Global Environmental Change*, 2006/08/01, vol. 16, n. 3, p. 240-252. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.001>
- Jetté-Nantel S., Freshwater D., Beaulieu M., Katchova A. (2011).** *Variabilité du revenu agricole et diversification hors ferme dans l'agriculture canadienne*. Ottawa (Canada): Statistiques Canada. 26 p. (Document de Recherche, n. 93). <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/21-601-m/21-601-m2011093-fra.pdf>
- Jha C.K., Gupta V. (2021).** Farmer's perception and factors determining the adaptation decisions to cope with climate change: An evidence from rural India. *Environmental and Sustainability Indicators*, 2021/06/01/, vol. 10, p. 100112. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972721000131>

- Johnston M., Hessel H. (2012).** Climate change adaptive capacity of the Canadian forest sector. *Forest Policy and Economics*, 2012/11/01, vol. 24, p. 29-34. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934112001256>
- Jones B., Andrey J. (2007).** Vulnerability index construction: methodological choices and their influence on identifying vulnerable neighbourhoods. *International Journal of Emergency Management*, vol. 4, n. 2, p. 269-295. <https://dx.doi.org/10.1504/IJEM.2007.013994>
- Kahneman D., Frederick S. (2002).** Representativeness revisited: attribute substitution in intuitive judgment. In: Gilovich T., Griffin D., Kahneman D. *Heuristics and biases: the psychology of intuitive judgment*. Cambridge (UK): Cambridge University Press p. 49–81. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808098.004>
- Kahneman D., Tversky A. (1996).** On the reality of cognitive illusions. *Psychological Review*, vol. 103, n. 3, p. 582-591. <https://doi.apa.org/doi/10.1037/0033-295X.103.3.582>
- Kahneman D., Tversky A. (2013).** Prospect theory: an analysis of decision under risk. In: MacLean L.C., Ziemba W.T. *Handbook of the fundamentals of financial decision making*. Londres (UK): World Scientific. p. 99-127. (World Scientific Handbook in Financial Economics Series, vol. 4). https://doi.org/10.1142/9789814417358_0006
- Kalish S., Nelson P. (1991).** A comparison of ranking, rating and reservation price measurement in conjoint analysis. *Marketing Letters*, 1991/11/01, vol. 2, n. 4, p. 327-335. <https://doi.org/10.1007/BF00664219>
- Kates R.W., Travis W.R., Wilbanks T.J. (2012).** Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, n. 19, p. 7156. <https://doi.org/10.1073/pnas.1115521109>
- Kraay A., McKenzie D. (2014).** Do poverty traps exist? Assessing the evidence. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 28, n. 3, p. 127-48. <https://doi.org/10.1257/jep.28.3.127>
- Krimbas C.B. (2004).** On fitness. *Biology and Philosophy*, 2004/03/01, vol. 19, n. 2, p. 185-203. <https://doi.org/10.1023/B:BIPH.0000024402.80835.a7>
- Ladrang B., Boutitie A., Thevier J.-M., Riquet J. (2013).** *Le groseillier : éléments techniques et économiques pour les zones de montagne sèche du Languedoc-Roussillon* Castanet Tolosan (France): Chambre d'agriculture Occitanie. 2 p. <https://occitanie.chambre-agriculture.fr/publications/toutes-les-publications/la-publication-en-detail/actualites/le-groseillier-elements-techniques-et-economiques-pour-les-zones-de-montagne-seche-du-languedoc-ro/>
- Lancaster K.J. (1966).** A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, vol. 74, n. 2, p. 132-157. <http://www.jstor.org/stable/1828835>
- Lancsar E., Louviere J. (2008).** Conducting discrete choice experiments to inform healthcare decision making. *PharmacoEconomics*, 2008/08/01, vol. 26, n. 8, p. 661-677. <https://doi.org/10.2165/00019053-200826080-00004>
- Landauer M., Juhola S., Klein J. (2019).** The role of scale in integrating climate change adaptation and mitigation in cities. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2019/04/16, vol. 62, n. 5, p. 741-765. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1430022>
- Laukkonen J., Blanco P.K., Lenhart J., Keiner M., Cavric B., Kinuthia-Njenga C. (2009).** Combining climate change adaptation and mitigation measures at the local level. *Habitat International*, 2009/07/01, vol. 33, n. 3, p. 287-292. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397508000623>

- Lavalle C., Micale F., Houston T.D., Camia A., Hiederer R., Lazar C., Conte C., Amatulli G., Genovese G. (2009).** Climate change in Europe. 3. Impact on agriculture and forestry. A review. *Agronomy for sustainable Development*, vol. 29, n. 3, p. 433-446. <https://doi.org/10.1051/agro/2008068>
- Leal Filho W., Otoara Ha'apio M., Lütz J.M., Li C. (2020).** Climate change adaptation as a development challenge to small Island states: a case study from the Solomon Islands. *Environmental Science & Policy*, 2020/05/01, vol. 107, p. 179-187. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.03.008>
- Lehmann J., Coumou D., Frieler K. (2015).** Increased record-breaking precipitation events under global warming. *Climatic Change*, vol. 132, n. 4, p. 501-515. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1434-y>
- Leisner C.P. (2020).** Review: Climate change impacts on food security- focus on perennial cropping systems and nutritional value. *Plant Science*, 2020/04/01, vol. 293, p. 110412. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110412>
- Lelieveld J., Hadjinicolaou P., Kostopoulou E., Chenoweth J., El Maayar M., Giannakopoulos C., Hannides C., Lange M., Tanarhte M., Tyrllis E. (2012).** Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climatic Change*, vol. 114, n. 3-4, p. 667-687. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0418-4>
- Lichtfouse E. (ed.) (2018).** *Climate impact on agriculture*. Cham (Suisse): Springer International Publishing 340 p. (Sustainable Agriculture Reviews, n. 33). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-99076-7>
- Ligon E., Schechter L. (2003).** Measuring vulnerability. *The Economic Journal*, vol. 113, n. 486, p. 95-102. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00117>
- Lobell D.B., Schlenker W., Costa-Roberts J. (2011).** Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, vol. 333, n. 6042, p. 616-620. <http://doi.org/10.1126/science.1204531>
- Louviere J.J., Lancsar E. (2009).** Choice experiments in health: the good, the bad, the ugly and toward a brighter future. *Health Economics, Policy and Law*, vol. 4, n. 4, p. 527-546. <https://doi.org/10.1017/s1744133109990193>
- Lupwayi N.Z., Rice W.A., Clayton G.W. (1999).** Soil microbial biomass and carbon dioxide flux under wheat as influenced by tillage and crop rotation. *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 79, n. 2, p. 273-280. <https://doi.org/10.4141/S98-052>
- Maiti S., Jha S.K., Garai S., Nag A., Bera A.K., Paul V., Upadhaya R.C., Deb S.M. (2017).** An assessment of social vulnerability to climate change among the districts of Arunachal Pradesh, India. *Ecological Indicators*, vol. 77, p. 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.006>
- Maracchi G., Sirotenko O., Bindi M. (2005).** Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. In: Salinger J., Sivakumar M.V.K., Motha R.P. *Increasing climate variability and change: reducing the vulnerability of agriculture and forestry*. Dordrecht (Pays-Bas): Springer Netherlands. p. 117-135. https://doi.org/10.1007/1-4020-4166-7_6
- Maréchal G., Noël J., Wallet F. (2018).** Les projets alimentaires territoriaux (PAT) : entre rupture, transition et immobilisme ? *Pour*, vol. 234-235, n. 2, p. 261-270. <https://doi.org/10.3917/pour.234.0261>
- Marquet V., Salles D. (2014).** L'adaptation au changement climatique en France et au Québec. Constructions institutionnelles convergentes et diffusions contrastées. *Critique internationale*,

Bibliographie

vol. 62, n. 1, p. 73-91. <https://www.cairn.info/revue-critique-internationale-2014-1-page-73.htm>

- Marschak J. (1974).** Binary-choice constraints and random utility indicators (1960). In: Marschak J. *Economic information, decision, and prediction*. Dordrecht (Pays-Bas): Springer. p. 218-239. (vol. 1, n. 1). https://doi.org/10.1007/978-94-010-9276-0_9
- Matsuyama K. (2008).** Poverty traps. In: Vernengo M., Perez Caldentey E., Rosser B.J.J. *The new palgrave dictionary of economics*. Londres (UK): Palgrave Macmillan. p. 1-6. https://doi.org/10.1057/978-1-349-95121-5_2700-1
- McFadden D. (1973).** Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In: Zarembka P. *Frontiers in econometrics*. New York (Etats Unis): Academic Press. p. 105-142. <https://eml.berkeley.edu/reprints/mcfadden/zarembka.pdf>
- Métayer N. (2019).** Life AgriAdapt : caractérisation de la vulnérabilité au changement climatique des exploitations agricoles. In: Lupton S., Chauveau-Aussourd V., Randrianasolo-Rakotobe H. *Faire face aux risques en agriculture: perspectives croisées de chercheurs et de professionnels*. Paris (France): L'Harmattan. p. 331-342.
- Météo-France. (2020).** *Le changement climatique en France*. <https://meteofrance.com/changement-climatique/observer/le-changement-climatique-en-france>
- Meynard J.-M. (2010).** Reinventer les systèmes agricoles : quelle agronomie pour un développement durable ? In: Bourg D., Papaux A. *Vers une société sobre et désirable*. Paris (France): Presses Universitaires de France. p. 342-363. (Développement durable et innovation institutionnelle). <https://hal.inrae.fr/hal-02824740>
- Meynard J.-M. (2017).** L'agroécologie, un nouveau rapport aux savoirs et à l'innovation. *OCL*, vol. 24, n. 3, p. 1-9. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017021>
- Meynard J.-M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Le Bail M., Magrini M.-B., Savini I. (2013).** Freins et leviers à la diversification des cultures: étude au niveau des exploitations agricoles et des filières. *OCL*, vol. 20, n. 4, p. 1-10. <https://doi.org/10.1051/ocl/2013007>
- Ministère de la Transition Ecologique. (2012).** *CORINE Land Cover - Occupation des sols en France (base de données géographique)*. Paris (France): Ministère de la Transition Ecologique. [consulté le 05/05/2021]. <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/corine-land-cover-occupation-des-sols-en-france/>
- Ministère de la transition écologique et solidaire. (2015).** *Les impacts potentiels du changement climatique à l'horizon 2050 en France*. <http://www.donnees.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lesessentiels/climat/climat-impacts-changement-climatique-france-2050.html>
- Ministère de la transition écologique et solidaire et I4CE. (2021).** *Chiffres clés du climat – France, Europe et Monde*. https://www.i4ce.org/wp-core/wp-content/uploads/2020/12/datalab_81_chiffres_cles_du_climat_edition_2021.pdf
- Mishra A.K., Sandretto C.L. (2002).** Stability of farm income and the role of nonfarm income in US agriculture. *Review of Agricultural Economics*, vol. 24, n. 1, p. 208-221. <https://naldc.nal.usda.gov/download/39007/PDF>
- Moser C.O.N. (1998).** The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. *World Development*, 1998/01/01, vol. 26, n. 1, p. 1-19. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(97\)10015-8](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(97)10015-8)
- Moser S.C. (2011).** Entering the period of consequences: the explosive US awakening to the need for adaptation. In: Ford J.D., Berrang-Ford L. *Climate change adaptation in developed*

Bibliographie

- nations: from theory to practice*. Dordrecht (Pays Bas): Springer Netherlands. p. 33-49. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0567-8_3
- Moser S.C., Ekstrom J.A. (2010)**. A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, n. 51, p. 22026-22031. <https://www.pnas.org/content/pnas/107/51/22026.full.pdf>
- Moss R.H., Brenkert A.L., Malone E.L. (2001)**. *Vulnerability to climate change: a quantitative approach*. Richland (Etats-Unis): Pacific Northwest National Laboratories. 70 p. <https://www.semanticscholar.org/paper/VULNERABILITY-TO-CLIMATE-CHANGE-A-Quantitative-Moss-Brenkert/56cdfdd9106a9d2264dd8a40990a9611c8c7a97c>
- Murphy E., Scott M. (2014)**. Household vulnerability in rural areas: results of an index applied during a housing crash, economic crisis and under austerity conditions. *Geoforum*, vol. 51, p. 75-86. <http://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.001>
- Murty T.S., Bernard E.N., McKay G.A. (1988)**. Meeting reports. *Natural Hazards*, 1988/09/01, vol. 1, n. 3, p. 305-308. <https://doi.org/10.1007/BF00137236>
- Nelson R., Kocic P., Crimp S., Martin P., Meinke H., Howden S.M., de Voil P., Nidumolu U. (2010)**. The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change: Part II—Integrating impacts with adaptive capacity. *Environmental Science & Policy*, 2010/02/01, vol. 13, n. 1, p. 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.09.007>
- Neset T.-S., Wiréhn L., Opach T., Glaas E., Linnér B.-O. (2019)**. Evaluation of indicators for agricultural vulnerability to climate change: the case of Swedish agriculture. *Ecological Indicators*, 2019/10/01, vol. 105, p. 571-580. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.042>
- Nhemachena C., Benhin J., Glwadys G. (2006)**. *Vulnerability to climate change and adaptive capacity in South African agriculture*. IFPRI workshop, "Food and Water Security Under Global Change: Developing Adaptive Capacity with a Focus on Rural Africa", 2006/10/16–21, Washington (Etats-Unis).
- Noble I.R., Huq S., Anokhin Y.A., Carmin J., Goudou D., Lansigan F.P., Osman-Elasha B., Villamizar A. (2014)**. Adaptation needs and options. In: Field C.B., Barros V.R., Dokken D.J., Mach K.J., Mastrandrea M.D., Bilir T.E., Chatterjee M., Ebi K.L., Estrada Y.O., Genova R.C., Girma B., Kissel E.S., Levy A.N., MacCracken S., Mastrandrea P.R., White L.L. *Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge (UK): Cambridge University Press. p. 833-868. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap14_FINAL.pdf
- North D.C. (1990)**. *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge (UK): Cambridge university press. 164 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>
- O'Brien M.J., Holland T.D. (1992)**. The role of adaptation in archaeological explanation. *American Antiquity*, vol. 57, n. 1, p. 36-59. <https://www.cambridge.org/core/article/role-of-adaptation-in-archaeological-explanation/FFA15324F4DFAE21BFF8C3C16C403AF9>
- O'Brien K., Leichenko R., Kelkar U., Venema H., Aandahl G., Tompkins H., Javed A., Bhadwal S., Barg S., Nygaard L., West J. (2004)**. Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change*, vol. 14, n. 4, p. 303-313. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.01.001>
- Observatoire Départemental Climatologie Eau Environnement Littoral. (2018)**. *Données climatologiques départementales* Montpellier (France): Conseil Départemental de l'Hérault. [consulté le 03/06/2018]. <https://odee.herault.fr/index.php/thematiques/climatologie>

Bibliographie

- OCDE. (2016).** *Panorama de la société 2016 : les indicateurs sociaux de l'OCDE*. Paris (France): OCDE. 148 p. http://dx.doi.org/10.1787/soc_glance-2016-fr
- OCDE. (2019).** *Analyse coûts-avantages et environnement : avancées théoriques et utilisation par les pouvoirs publics*. Paris (France): OCDE. 292 p. <https://doi.org/10.1787/9789264300453-fr>
- Ofori B.Y., Stow A.J., Baumgartner J.B., Beaumont L.J. (2017).** Influence of adaptive capacity on the outcome of climate change vulnerability assessment. *Scientific Reports*, n. 7, p. 1-12. <http://doi.org/10.1038/s41598-017-13245-y>
- Ojo T.O., Baiyegunhi L.J.S. (2020).** Determinants of climate change adaptation strategies and its impact on the net farm income of rice farmers in south-west Nigeria. *Land Use Policy*, 2020/06/01, vol. 95, p. 103946. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.04.007>
- Ollat N., Touzard J.-M. (2020).** *The wine industry confronted by Climate Change-Horizon 2050*. (France): INRA. 8 p. (LACCAVE PROJECT). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02548387/>
- Ollat N., Touzard J. (2014).** Stress hydrique et adaptation au changement climatique pour la viticulture et l'oenologie: le projet LACCAVE. *Innovations agronomiques*, n. 38, p. 131-141. <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/5384/41628/file/Vol38-10-Ollat.pdf>
- ONERC. (2018).** *Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC 2)*. Paris (France): Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique. 26 p. https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2018.12.20_PNACC2.pdf
- ONU. (1992).** *La Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*. New York (Etats-Unis): Nations Unies. 25 p. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf>
- ORACLE Occitanie. (2020).** *Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Occitanie*. https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/Agroenvironnement/ORACLE-crao2020.pdf
- Owen G. (2020).** What makes climate change adaptation effective? A systematic review of the literature. *Global Environmental Change*, 2020/05/01, vol. 62, p. 102071. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378019312026>
- Park S.E., Marshall N.A., Jakku E., Dowd A.M., Howden S.M., Mendham E., Fleming A. (2012).** Informing adaptation responses to climate change through theories of transformation. *Global Environmental Change*, 2012/02/01, vol. 22, n. 1, p. 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.003>
- Pecqueur B. (2006).** Le tournant territorial de l'économie globale. *Espaces et Sociétés*, n. 124-125, p. 17-32. <https://doi.org/10.3917/esp.124.0017>
- Pelling M. (2010).** *Adaptation to climate change: from resilience to transformation*. Londres (UK): Routledge. 224 p.
- Perrier-Cornet P. (ed.) (2002).** *Repenser les campagnes*. LaTour d'Aigues, Paris: Editions de l'Aube, DATAR. 280 p. (Bibliothèque des Territoires).
- Piroux M. (2021).** *Evaluer et accompagner les dispositifs de gouvernance territoriale: vers une gouvernance territoriale collaborative. Une réflexion à partir du cas brésilien*. Université Paul Valéry.
- Pointereau P., Coulon F., Fleutiaux C. (2007).** *Pertinence des infrastructures agro-écologiques au sein d'un territoire dans le cadre de la politique agricole commune*. Toulouse (France): Association SOLAGRO. 151 p. https://afac-agroforesteries.fr/wp-content/uploads/2015/11/RapportFinal_diffusion.pdf

- Polsky C., Neff R., Yarnal B. (2007).** Building comparable global change vulnerability assessments: the vulnerability scoping diagram. *Global Environmental Change*, 2007/08/01, vol. 17, n. 3, p. 472-485. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2007.01.005>
- Prescott-Allen R. (2001).** *The wellbeing of nations: a country-by-country index of quality of life and the environment*. Washington (Etats-Unis): Island Press. 342 p. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/19881>
- Preston B., Stafford-Smith M. (2009).** *Framing vulnerability and adaptive capacity assessment: discussion paper*. Aspendale (Australie): CSIRO. 52 p. (Climate Adaptation Flagship Working paper, n. 2). https://research.csiro.au/climate/wp-content/uploads/sites/54/2016/03/2_Working-Paper2_CAF_PDF-Standard.pdf
- Pretty J., Hine R. (2000).** The promising spread of sustainable agriculture in Asia. *Natural Resources Forum*, vol. 24, n. 2, p. 107-121. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2000.tb00936.x>
- Provitolo D., Müller J.-P., Dubos-Paillard E. (2009).** *Vers une ontologie des risques et des catastrophes : le modèle conceptuel*. 16 p. 16. Journées de Rochebrune. Rencontres Interdisciplinaires sur les Systèmes Complexes Naturels et Artificiels "Ontologie et dynamique des systèmes complexes, perspectives interdisciplinaires", 2009/01/19-23, Rochebrune (France). <http://agritrop.cirad.fr/550406/>
- Quayum M.A., Ali A.M. (2012).** Adoption and diffusion of power tillers in Bangladesh. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, vol. 37, n. 2, p. 307-325. <https://doi.org/10.3329/bjar.v37i2.11234>
- Quénoel H. (ed.) (2014).** *Changement climatique et terroirs viticoles*. Paris (France): Lavoisier. 444 p.
- Rahman M., Thant A., Win M., Tun M., Moet P., Thu A., Win K., Myint T., Myint O., Tuntun Y. (2015).** Participatory varietal selection (PVS): a "bottom-up" breeding approach helps rice farmers in the Ayeyarwady Delta, Myanmar. *SABRAO Journal of Breeding & Genetics*, vol. 47, n. 3,
- Rana I.A., Routray J.K. (2016).** Actual vis-à-vis perceived risk of flood prone urban communities in Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2016/10/01, vol. 19, p. 366-378. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.08.028>
- Ray D.K., Gerber J.S., MacDonald G.K., West P.C. (2015).** Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nature Communications*, 2015/01/22, vol. 6, n. 1, p. 5989. <https://doi.org/10.1038/ncomms6989>
- Razafimahatratra H.M., Raharison T., Bélières J.-F., Autfray P., Salgado P., Rakotofiringa H.Z. (2017).** *Systèmes de production, pratiques, performances et moyens d'existence des exploitations agricoles du Moyen-Ouest du Vakinankaratra*. SPAD. 103 p. <http://agritrop.cirad.fr/586881/>
- Rebotier J. (2014).** Adaptations aux changements environnementaux et territoires. Questions de (science en) société. Avant-propos. *Sud-Ouest européen. Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, n. 37, p. 5-12. <http://soe.revues.org/1037>
- Reed Johnson F., Lancsar E., Marshall D., Kilambi V., Mühlbacher A., Regier D.A., Bresnahan B.W., Kanninen B., Bridges J.F.P. (2013).** Constructing experimental designs for discrete-choice experiments: report of the ISPOR conjoint analysis experimental design good research practices task force. *Value in Health*, 2013/01/01, vol. 16, n. 1, p. 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2012.08.2223>

Bibliographie

- Reghezza M. (2007).** Adaptation (capacité d'adaptation); École de géographie de Chicago; Écologie humaine; White, GF (1911-2006). In: Veyret Y. *Dictionnaire de l'environnement*. Paris (France): Armand Colin. p. 3-4.
- Reseau Action Climat-France. (2011).** *Changements climatiques : comprendre et réagir*. Montreuil (France): Reseau Action Climat-France. 45 p. http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:44089239
- Reseau Action Climat-France. (2014).** *Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques : recueil d'expériences territoriales*.
- Rickards L., Howden S.M. (2012).** Transformational adaptation: agriculture and climate change. *Crop and Pasture Science*, vol. 63, n. 3, p. 240-250. <https://doi.org/10.1071/CP11172>
- Rios A.A., Espinosa D.M., Revollo D.A. (2014).** *Present and future of the water deposits in Calakmul, Mexico: analysis of the behaviour of inhabitants facing climate change*. Costa Rica: Latin American and Caribbean Environmental Economics Program. 46 p. (Working Papers, n. 201470). <https://ideas.repec.org/p/lae/wpaper/201470.html>
- Rocle N., Salles D. (2018).** "Pioneers but not guinea pigs": experimenting with climate change adaptation in French coastal areas. *Policy Sciences*, 2018/06/01, vol. 51, n. 2, p. 231-247. <https://doi.org/10.1007/s11077-017-9279-z>
- Roussel O., Bourmeau E., Walter C. (2001).** Evaluation du déficit en matière organique des sols français et des besoins potentiels en amendements organiques. *Etude et gestion des sols*, vol. 8, n. 1, p. 65-81. https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2017/10/EGS_8_1_roussel.pdf
- Russel D., Beck S., Campos I., Capriolo A., Castellari S., den Uyl R.M., Gebhardt O., Hildén M., Jensen A., Karali E., Mäkinen K., McGlade K., Nielsen H.Ø., Penha-Lopes G., Rendón O., Tröltzsch J., Weiland S. (2018).** Chapter 6 - Analyzing the policy framework for climate change adaptation. In: Sanderson H., Hildén M., Russel D., Penha-Lopes G., Capriolo A. *Adapting to climate change in Europe*. Amsterdam (Pays Bas): Elsevier. p. 273-313. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849887-3.00006-X>
- Sanyé-Mengual E., Specht K., Krikser T., Vanni C., Pennisi G., Orsini F., Gianquinto G.P. (2018).** Social acceptance and perceived ecosystem services of urban agriculture in Southern Europe: The case of Bologna, Italy. *PLoS one*, vol. 13, n. 9, p. e0200993-e0200993. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30208019https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6135350/>
- Schmidheiny K., Brühlhart M. (2011).** On the equivalence of location choice models: conditional logit, nested logit and Poisson. *Journal of Urban Economics*, 2011/03/01, vol. 69, n. 2, p. 214-222. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2010.09.004>
- Schneider A., Huyghe C. (eds). (2015).** *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables*. Paris (France): Quae. 512 p. <https://www.quae-open.com/produit/77/9782759223367/les-legumineuses-pour-des-systemes-agricoles-et-alimentaires-durables>
- Scialabba N.E.-H., Müller-Lindenlauf M. (2010).** Organic agriculture and climate change. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 2010/03/30, vol. 25, n. 2, p. 158-169. <https://doi.org/10.1017/S1742170510000116>
- Scoones I. (1998).** *Sustainable rural livelihoods. A framework for analysis*. Brighton (UK): Institute of Development Studies. 22 p. (IDS Working Paper, n. 72). <https://www.ids.ac.uk/publications/sustainable-rural-livelihoods-a-framework-for-analysis/>

- Sébillotte M. (1977).** Jachère, système de culture, système de production, méthodologie d'étude. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, vol. 24, n. 2-3, p. 241-264. <https://doi.org/10.3406/jatba.1977.3287>
- Sebillotte M., Allain S., Doré T., Meynard J.-M. (1993).** La jachère et ses fonctions agronomiques, économiques et environnementales. Diagnostic actuel. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, n. 20, p. 11-20. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01207237>
- Seguin B. (2007).** Le réchauffement climatique : impacts sur les agricultures européennes. *Multiciencia*, vol. 8, p. 1-14. https://nanopdf.com/download/le-rechauffement-climatique-impacts-sur-les-agricultures_pdf
- Seguin B. (2010).** Le changement climatique : conséquences pour les végétaux. *Quaderni*, n. 71, p. 27-40. <https://doi.org/10.4000/quaderni.525>
- Seguin G. (1986).** 'Terroirs' and pedology of wine growing. *Experientia*, August, vol. 42, n. 8, p. 861-873. <https://doi.org/10.1007/BF01941763>
- Sehgal V.K., Dhakar R. (2016).** Geospatial approach for assessment of biophysical vulnerability to agricultural drought and its intra-seasonal variations. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 188, n. 3, p. 1-18. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-016-5187-5>
- Shukla P.R., Skea J., Calvo Buendia E., Masson-Delmotte V., Pörtner H.-O., Roberts D.C., Zhai P., Slade R., Connors S., van Diemen R., Ferrat M., Haughey E., Luz S., Neogi S., Pathak M., Petzold J., Portugal Pereira J., Vyas P., Huntley E., Kissick K., Belkacemi M., Malley J. (eds). (2019).** *Climate change and land. An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* Genève (Suisse): Intergovernmental Panel on Climate Change. 896 p. <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- Shukla R., Sachdeva K., Joshi P.K. (2016).** Inherent vulnerability of agricultural communities in Himalaya: a village-level hotspot analysis in the Uttarakhand state of India. *Applied Geography*, 2016/09/01, vol. 74, p. 182-198. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.07.013>
- Simard P. (2021).** Réconcilier «sens» et «mesure»: plongée au cœur de l'évaluation des initiatives de développement social et territorial.
- Simonet G. (2010).** The concept of adaptation: interdisciplinary scope and involvement in climate change. *SAPIENS. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, vol. 3, n. 1, p. 1-10. <https://journals.openedition.org/sapiens/997>
- Simonet G. (2015).** Une brève histoire de l'adaptation : l'évolution conceptuelle au fil des rapports du GIEC (1990-2014). *Natures Sciences Sociétés*, vol. 23, n. Supp., p. 52-64. <https://doi.org/10.1051/nss/2015018>
- Simonet G. (2016).** De l'ajustement à la transformation : vers un essor de l'adaptation ? *Développement durable et territoires*, vol. 7, n. 2, p. 1-17. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.11320>
- Simonet G., Leseur A. (2016).** *Rapport Final - Projet de recherche ABSTRACT-coturba 2014-2015.*
- Sinclair F., Wezel A., Mbow C., Chomba S., Robiglio V., Harrison R. (2019).** *The contribution of agroecological approaches to realizing climate-resilient agriculture.* Rotterdam (Pays Bas): GCA. 45 p. (Background Paper). <https://gca.org/wp-content/uploads/2020/12/TheContributionsOfAgroecologicalApproaches.pdf>

- Skoufias E., Rabassa M., Olivieri S. (2011).** *The poverty impacts of climate change: a review of the evidence.* Washington (Etats-Unis): World Bank. 38 p. (Policy Research Working Paper, n. 5622). <https://doi.org/10.1596/1813-9450-5622>
- Small K., Hsiao C. (1985).** Multinomial logit specification tests. *International Economic Review*, vol. 26, n. 3, p. 619-27. <https://doi.org/10.2307/2526707>
- Smit B., Burton I., Klein R.J.T., Wandel J. (2000).** An anatomy of adaptation to climate change and variability. In: Kane S.M., Yohe G.W. *Societal adaptation to climate variability and change.* Dordrecht (Pays Bas): Springer Netherlands. p. 223-251. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3010-5_12
- Smit B., Pilifosova O. (2003).** Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity. In: Mc Carthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J., White K.S. *Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability.* Cambridge (UK): Cambridge University Press. p. 877-912. <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg2/chapter-18-adaptation-to-climate-change-in-the-context-of-sustainable-development-and-equity/>
- Smit B., Skinner M.W. (2002).** Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2002/03/01, n. 7, p. 85-114. <https://doi.org/10.1023/A:1015862228270>
- Smit B., Wandel J. (2006).** Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 2006/08/01, vol. 16, n. 3, p. 282-292. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Smith L.E. (2004).** Assessment of the contribution of irrigation to poverty reduction and sustainable livelihoods. *International Journal of Water Resources Development*, vol. 20, n. 2, p. 243-257. <https://doi.org/10.1080/0790062042000206084>
- Soekhai V., de Bekker-Grob E.W., Ellis A.R., Vass C.M. (2019).** Discrete choice experiments in health economics: past, present and future. *PharmacoEconomics*, 2019/02/01, vol. 37, n. 2, p. 201-226. <https://doi.org/10.1007/s40273-018-0734-2>
- Soussana J.F. (ed.) (2013).** *S'adapter au changement climatique : agriculture, écosystèmes et territoires.* Versailles (France): Editions Quae. 282 p.
- Stânga I., Grozavu A. (2012).** Quantifying human vulnerability in rural areas: case study of Tutova Hills (Eastern Romania). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 12, n. 6, p. 1987. <http://doi.org/10.5194/nhess-12-1987-2012>
- Stiglitz J., Sen A., Fitoussi J.-P. (2009).** *Richesse des nations et bien-être des individus : performances économiques et progrès social.* Paris (France): Odile Jacob. 368 p.
- Tate E. (2012).** Social vulnerability indices: a comparative assessment using uncertainty and sensitivity analysis. *Natural Hazards*, 2012/09/01, vol. 63, n. 2, p. 325-347. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0152-2>
- Tesso G. (2013).** Individual level vulnerability to climate change impact among crop dependent communities of western Ethiopia. *Journal of Agricultural Economics and Development*, September 2013, vol. 2, n. 9, p. 356-370. <https://pdfs.semanticscholar.org/5eed/ae29f8a3577a823eb6179783587e34b9ca4c.pdf>
- Torquebiau E. (ed.) (2015).** *Changement climatique et agricultures du monde.* Versailles (France) Quae. 327 p. (Agricultures et Défis du Monde).
- Tounsi K. (2013).** *Guide méthodologique : approche spatiale multifactorielle d'analyse de la vulnérabilité des écosystèmes face au changement climatique : cas de la subéraie en Tunisie.*

Bibliographie

- Tunis (Tunisie): GIZ. 23 p. <http://www.environnement.gov.tn/PICC/wp-content/uploads/Approche-spatiale-multifactorielle-d%E2%80%99analyse-de-la-vuln%C3%A9rabilit%C3%A9-sub%C3%A9raie.pdf>
- Touzard J.-M., Aigrain P., Bois B., Brugière F., Duchêne E., Garcia de Cortazar-Atauri I., Giraud-Heraud E., Gautier J., Hannin H., Ollat N. (2017).** *Lessons from a prospective on the french wine industry under climate change (2050)*. 21 p. Global Science Conference, 2017/11/28-30, Johannesburg (Afrique du Sud). https://www.researchgate.net/publication/322445793_Lessons_from_a_Prospective_on_the_French_Wine_Industry_Under_Climate_Change_2050
- Touzard J.-M., Temple L., Faure G., Triomphe B. (2015).** Innovation systems and knowledge communities in the agriculture and agrifood sector: a literature review. *Journal of Innovation Economics Management*, n. 17, p. 117-142. <https://doi.org/10.3917/jie.017.0117>
- Train K.E. (2009).** *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge (UK): Cambridge University Press. 398 p. <https://eml.berkeley.edu/books/choice2.html>
- Tribbia J., Moser S.C. (2008).** More than information: what coastal managers need to plan for climate change. *Environmental Science & Policy*, 2008/06/01, vol. 11, n. 4, p. 315-328. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.01.003>
- Trioli G., Hofmann U., Comuzzo P., Cottureau P., Jonis M., Werner M., Salmon J., Fragoulis G., Barbier J., Zironi R., Tat L., Scobioala S. (2009).** *Code de bonne pratique de viticulture et de vinification biologiques*. Oppenheim (Allemagne): Hofmann U. ECOVIN-Federal association of Organic Wine-Producer. 239 p. http://www.eurosfair.pr.d.fr/7pc/documents/1260440469_orwin_fr.pdf
- Tripathi A., Tripathi D.K., Chauhan D.K., Kumar N., Singh G.S. (2016).** Paradigms of climate change impacts on some major food sources of the world: a review on current knowledge and future prospects. *Agriculture, ecosystems & environment*, 2016/01/15, vol. 216, p. 356-373. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.034>
- Tubiello F.N., Soussana J.-F., Howden S.M. (2007).** Crop and pasture response to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 104, n. 50, p. 19686-19690. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701728104>
- Tzilivakis J., Warner D.J., Green A., Lewis K.A. (2015).** Adapting to climate change: assessing the vulnerability of ecosystem services in Europe in the context of rural development. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 20, n. 4, p. 547-572. <http://dx.doi.org/10.1007/s11027-013-9507-6>
- Uddin M.N., Bokelmann W., Entsminger J.S. (2014).** Factors affecting farmers' adaptation strategies to environmental degradation and climate change effects: a farm level study in Bangladesh. *Climate*, vol. 2, n. 4, p. 223-241. <https://doi.org/10.3390/cli2040223>
- Ulrich P. (2017).** *Diagnostic territorial - Étude préalable* Saint Chinian (France): PHLV. 62 p. <http://www.payshlv.com/files/phlv/documents/PDF/Economie/02-Rapport%20Final%20Diag%20PHLV%20FISAC%20Fact%202017.pdf>
- United Nations. (2004).** *Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives*. Geneve (Suisse): United Nations. 429 p. <https://www.undrr.org/publication/living-risk-global-review-disaster-reduction-initiatives>
- Van Der Wolf J., Jassogne L., Gram G.I.L., Vaast P. (2019).** Turning local knowledge on agroforestry into an online decision-support tool for tree selection in smallholders' farms.

Bibliographie

Experimental Agriculture, vol. 55, n. S1, p. 50-66.
<http://doi.org/10.1017/s001447971600017x>

- Vautier C., Roggero P., Adreit F., Sibertin-Blanc C. (2009).** *Evaluation by simulation of the social acceptability of agricultural policies for water quality*. Springer Berlin Heidelberg. 478-490 p. Information Technologies in Environmental Engineering, 2009//, Berlin, Heidelberg.
- Vernières M. (2009).** *Les inégalités territoriales : le cas des territoires ruraux*. 16 p. Colloque international du GDRI d'Istanbul "inégalités et développement dans les pays méditerranéens", 2009/05/21-23, Istanbul (Turquie). <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00379451>
- Vilain L., Boisset K., Girardin P., Guillaumin A., Mouchet C., Viaux P., Zahm F. (2008).** *La méthode IDEA: indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*. Dijon (France): Educagri éditions. 184 p.
- Villalba B., Petit O. (2014).** Quinze ans de recherches sur l'interface entre développement durable et territoires. Un bilan réflexif. *Développement durable et territoires*, vol. 5, n. 3, p. 1-17. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.10487>
- Villegas-González P.A., Ramos-Cañón A.M., González-Méndez M., González-Salazar Ramón E., De Plaza-Solórzano J.S. (2017).** Territorial vulnerability assessment frame in Colombia: disaster risk management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 21, p. 384-395. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.01.003>
- Vincent K. (2004).** *Creating an index of social vulnerability to climate change for Africa*. Norwich (UK): Tyndall Centre for Climate Change Research. 45 p. (Working Paper, n. 56). http://www.nrel.colostate.edu/ftp/conant/SLM-knowledge_base/Vincent_2004.pdf
- Vogel E., Meyer R. (2018).** Chapter 3 - Climate change, climate extremes, and global food production - adaptation in the agricultural sector. In: Zommers Z., Alverson K. *Resilience: the science of adaptation to climate change*. Amsterdam (Pays Bas): Elsevier. p. 31-49. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811891-7.00003-7>
- Ward B., Dubos R. (1972).** *Only one earth. The care and maintenance of a small planet*. Harmondsworth (UK): Penguin Books. 304 p.
- Watkiss P., Cimato F. (2016).** *The economics of adaptation and climate-resilient development: lessons from projects for key adaptation challenges*. Leeds (UK): Centre for Climate Change Economics and Policy. 46 p. (Working paper, n. 265). <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2016/05/Working-Paper-235-Watkiss-and-Cimato.pdf>
- Watkiss P., Hunt A., Blyth W., Dyszynski J. (2015).** The use of new economic decision support tools for adaptation assessment: a review of methods and applications, towards guidance on applicability. *Climatic Change*, vol. 132, n. 3, p. 401-416. <http://doi.org/10.1007/s10584-014-1250-9>
- Weiss K., Moser G., Germann C. (2006).** Perception de l'environnement, conceptions du métier et pratiques culturelles des agriculteurs face au développement durable. *European Review of Applied Psychology*, 2006/06/01, vol. 56, n. 2, p. 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2005.04.003>
- Wezel A., Casagrande M., Celette F., Vian J.-F., Ferrer A., Peigné J. (2014).** Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for sustainable Development*, vol. 34, n. 1, p. 1-20.

Bibliographie

- Winterhalder B. (1980).** Environmental analysis in human evolution and adaptation research. *Human Ecology*, 1980/06/01, vol. 8, n. 2, p. 135-170. <https://doi.org/10.1007/BF01531439>
- Wiréhn L., Danielsson Å., Neset T.-S.S. (2015).** Assessment of composite index methods for agricultural vulnerability to climate change. *Journal of Environmental Management*, 2015/06/01, vol. 156, p. 70-80. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.03.020>
- Wise R.M., Fazey I., Stafford Smith M., Park S.E., Eakin H.C., Archer Van Garderen E.R.M., Campbell B. (2014).** Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. *Global Environmental Change*, vol. 28, p. 325-336. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.12.002>
- Wolf J., Moser S.C. (2011).** Individual understandings, perceptions, and engagement with climate change: insights from in-depth studies across the world. *WIREs Climate Change*, 2011/07/01, vol. 2, n. 4, p. 547-569. <https://doi.org/10.1002/wcc.120>
- Ye J.-S., Gong Y.-H., Zhang F., Ren J., Bai X.-K., Zheng Y. (2017).** Which temperature and precipitation extremes best explain the variation of warm versus cold years and wet versus dry years? *Journal of Climate*, vol. 31, n. 1, p. 45-59. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0377.1>
- Yeganegi Dastgerdi V., Mh S., Dinan N. (2018).** Assessing the Social Acceptance of Agricultural Drought Adaptation Measures in Chaharmahal and Bakhtiari Province, Iran. *Journal of Geography & Natural Disasters*, vol. 08,
- Yohe G.W., Malone E., Brenkert A., Schlesinger M., Meij H., Xing X. (2006).** Global distributions of vulnerability to climate change. *Integrated Assessment*, vol. 6, n. 3, p. 35-44. http://journals.sfu.ca/int_assess/index.php/iaj/article/view/239
- Yonetani M., Albuja S., Bilak A., Ginnetti J., Glatz A.-K., Howard C., Kok F., McCallin B., Swain M., Turner W., Walicki N., Franck M., Mosneaga A., Santanen A., Zeender G. (2015).** *Global Estimates 2015: people displaced by disasters*. Geneve (Suisse): IDMC. 109 p. <http://www.internal-displacement.org/assets/library/Media/201507-globalEstimates-2015/20150713-global-estimates-2015-en-v1.pdf>
- Zwaenepoel P., Le Bars J.M. (1997).** L'agriculture de précision. *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, 1997, n. 12, p. 67-79. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00461080>