

L'Institut Agro Rennes-Angers

Site d'Angers Site de Rennes

<p>Année universitaire : 2021 - 2022</p> <p>Spécialité :</p> <p>Biologie, Agrosociétés : Amélioration, Production, Valorisation du Végétal APVV</p> <p>Spécialisation (et option éventuelle) :</p> <p>Fonctionnement et Gestion des agrosystèmes FGA</p>	<p>Mémoire de fin d'études</p> <p>De master de l'Institut Agro Rennes-Angers (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)</p>
--	--

Construction d'une méthode d'évaluation multicritère de la durabilité et de la résilience des exploitations agricoles

Par : Corentin BABIN

Soutenu à Rennes

le 22/06/2022

Devant le jury composé de :

Président : C.Bissuel

Maître de stage : M.Carof

Enseignant référent : O.Godinot

Rapporteur : J.Aubin

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle de l'Institut Agro Rennes-Angers et l'université de Rennes 1

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation « Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France » disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾.

Date et signature du maître de stage ⁽²⁾ : 22/06/2022
(ou de l'étudiant-entrepreneur)

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur ⁽³⁾ **Babin Corentin**

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-BY-NC-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur : 22/06/2022

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant : 22/06/2022

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

REMERCIEMENTS

Un grand merci à Matthieu Carof pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce stage au sein de l'UMR SAS et de m'avoir épaulé dans mon travail tout au long de ces 6 mois.

Merci à l'ensemble des membres du projet EIDER pour le temps consacré à discuter de mon travail et plus particulièrement à Olivier Godinot, Françoise Vertes, Julie Auberger et Anne-Lise Jacquot pour avoir échangé avec moi sur certains points de blocages.

Merci à l'ensemble des éleveurs du CEDAPA qui ont participé aux réunions de présentation de mon travail. Mais surtout un grand merci à Dominique et Aurélie pour avoir accepté de me consacrer une journée chacun pour tester l'outil que j'ai développé et pour les échanges constructifs que l'on a eu. Merci également à Anaïs Kernaléguen, animatrice au CEDAPA, pour l'organisation des réunions, l'interaction avec les éleveurs et les retours sur mon travail.

Merci à Aude Ridier pour m'avoir éclairé sur les notions d'économie d'entreprise que je n'avais pas.

Enfin, merci à tout le personnel d'Agrocampus Ouest avec qui j'ai pu passer de bons moments.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES ABREVIATIONS	
1 INTRODUCTION	1
1.1 <i>L'anthropocène et le franchissement des limites planétaires</i>	1
1.2 <i>Un modèle agricole atteignant ses limites, des nouveaux enjeux</i>	1
1.3 <i>Pour la transition des systèmes de production, un besoin d'évaluation</i>	3
2 ETAT DE L'ART : Ce que nous dit la littérature à propos des concepts de résilience et de durabilité.....	5
2.1 <i>Résilience : définition et application aux systèmes agricoles</i>	5
2.2 <i>Comment évaluer la résilience ?</i>	7
2.3 <i>Durabilité : définition et application aux systèmes agricoles</i>	9
2.4 <i>Comment évaluer la durabilité ?</i>	13
2.5 <i>Résilience et durabilité : relations entre ces concepts pour leur évaluation conjointe, à l'échelle d'une exploitation agricole</i>	15
3 MATERIELS ET METHODES	19
3.1 <i>La construction de l'outil d'évaluation en plusieurs étapes</i>	19
3.2 <i>Le logiciel DEXi comme support à l'évaluation</i>	19
3.3 <i>Finalités et méthodologie de détermination, des indicateurs et des valeurs seuils</i> ...	21
3.4 <i>Une étape essentielle pour la mise en œuvre de l'outil : la pondération</i>	23
4 RESULTATS	23
4.1 <i>Le cadre conceptuel et le cadre opérationnel développés</i>	23
4.2 <i>Présentation de l'outil :</i>	25
4.2.1 <i>Définitions des sous-propriétés :</i>	27
4.2.1.1 <i>Ancrage territoriale</i>	27
4.2.1.2 <i>Gestion et préservation de l'agroécosystème</i>	27
4.2.1.3 <i>Viabilité économique</i>	29
4.2.1.4 <i>Autonomie</i>	29
4.2.1.5 <i>Marge de manœuvre</i>	31
4.2.1.6 <i>Responsabilité sociétale</i>	31
4.2.2 <i>Compléments pour utiliser l'outil</i>	33
4.3 <i>Analyse statistique de l'outil par IZIEval</i>	33
4.4 <i>Test de l'outil : l'évaluation des exploitations est-elle cohérente avec les stratégies des exploitants ?</i>	37
4.4.1 <i>Présentation des deux exploitations pour le test</i>	37

4.4.2	<i>Résultats de l'évaluation</i>	37
5	DISCUSSION ET PERSPECTIVES	43
6	CONCLUSION.....	47
7	BIBLIOGRAPHIE.....	48
ANNEXES		
	Annexe I : Extrait du guide d'entretien, l'exemple du critère « Gestion de la ressource en eau ».....	
	Annexe II : Liste non exhaustive d'amélioration à apporter à l'outil.....	

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les 9 limites planétaires basées sur les travaux de Rockström et al. (2009) et leurs degrés de franchissement selon le Stockholm Resilience Center.	6
Figure 2 : Les différents outils d'évaluation de la durabilité en fonction de la finalité, de l'échelle d'évaluation, de l'approche du développement durable et des productions considérées (Issus de Lairez et al., 2015).....	12
Figure 3 : Les différentes relations possibles entre durabilité et résilience (adapté de Roostaie et al. 2019).....	14
Figure 4 : Les principales oppositions entre les concepts de résilience et de durabilité	16
Figure 5 : Les principales phases de construction de l'outil d'évaluation	18
Figure 6 : Présentation de l'interphase DEXi.....	20
Figure 7 : Représentation schématique de l'arborescence d'une évaluation multicritère (a) et de règle de décision pour l'agrégation de deux critères (b)	20
Figure 8 : Exemple d'un critère basique extrait du guide d'utilisation de l'outil.	20
Figure 9 : Représentation du cadre conceptuel et du cadre opérationnel et utilisés pour la construction de l'outil d'évaluation de la durabilité et de la résilience.....	24
Figure 10 : Arbre d'évaluation sous DEXi et indicateurs	26
Figure 11 : Arborescence d'évaluation et poids relatif des différents critères dans leur nœud d'agrégation (« local ») et dans l'évaluation globale (« global »).	32
Figure 12 : Représentation de l'indice de sensibilité pour chaque critère basique	34
Figure 13 : Représentation des résultats de l'analyse de Monte Carlo.	34
Figure 14 : Représentation globale des résultats de l'exploitation A.....	38
Figure 15 : Représentation globale des résultats de l'exploitation B.....	40
Figure 16 : Représentation en radar de l'évaluation des critères de niveau 1 de l'exploitation A (en vert) et de l'exploitation B (en rouge).....	42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Définition de la résilience selon différents domaines ou disciplines (Adapté de Quinlan et al. 2015).....	4
Tableau 2 : Propriétés d'une exploitation résiliente selon Darnhofer (2014)	6
Tableau 3 : Définitions des 11 indicateurs de l'exploitation agricole résiliente d'après Cabell et Oelofse (2012).....	8
Tableau 4 : Concordance de la perception de la durabilité d'une exploitation agricole par les 7 agriculteurs de l'atelier participatif et des propriétés identifiées dans la littérature.....	22
Tableau 5 : Concordance de la perception de la résilience d'une exploitation agricole par les 7 agriculteurs de l'atelier participatif et des propriétés identifiées dans la littérature.....	22
Tableau 6 : Présentation des deux exploitations enquêtées.....	36

LISTE DES ABREVIATIONS

ACV : Analyse de Cycle de Vie

CEDAPA : Centre d'Etudes pour un Développement Agricole Plus Autonome

EBE : Excédent Brut d'Exploitation

EDEN : Evaluation de la Durabilité des ExploitationNs

EIDER : Evaluation Intégrée de la Durabilité Et de la Résilience des systèmes de production laitiers agroécologiques

EQF : Équivalent Fuel

GES : Gaz à Effet de Serre

IDEA : Indicateur de la Durabilité des Exploitation Agricole

IFT : Indice de Fréquence de Traitements phytosanitaires

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

OTEX : Orientation Technico-Économique des eXploitations agricoles

PAC : Politique Agricole Commune

RICA : Réseau d'Information Comptable Agricole

RSE : Responsabilité Sociale des Entreprises

SAU : Surface Agricole Utile

SES : Système Socio-écologique

SET : Surface Équivalent Topographique

SIE : Surface d'Intérêt Ecologique

SHARP : Schéma Holistique pour l'Auto-évaluation Paysanne de la Résilience climatique

SRC : Stockholm Resilience Center

UTH : Unité de Travail Humain

VA : Valeur Ajoutée

VL : Vache Laitière

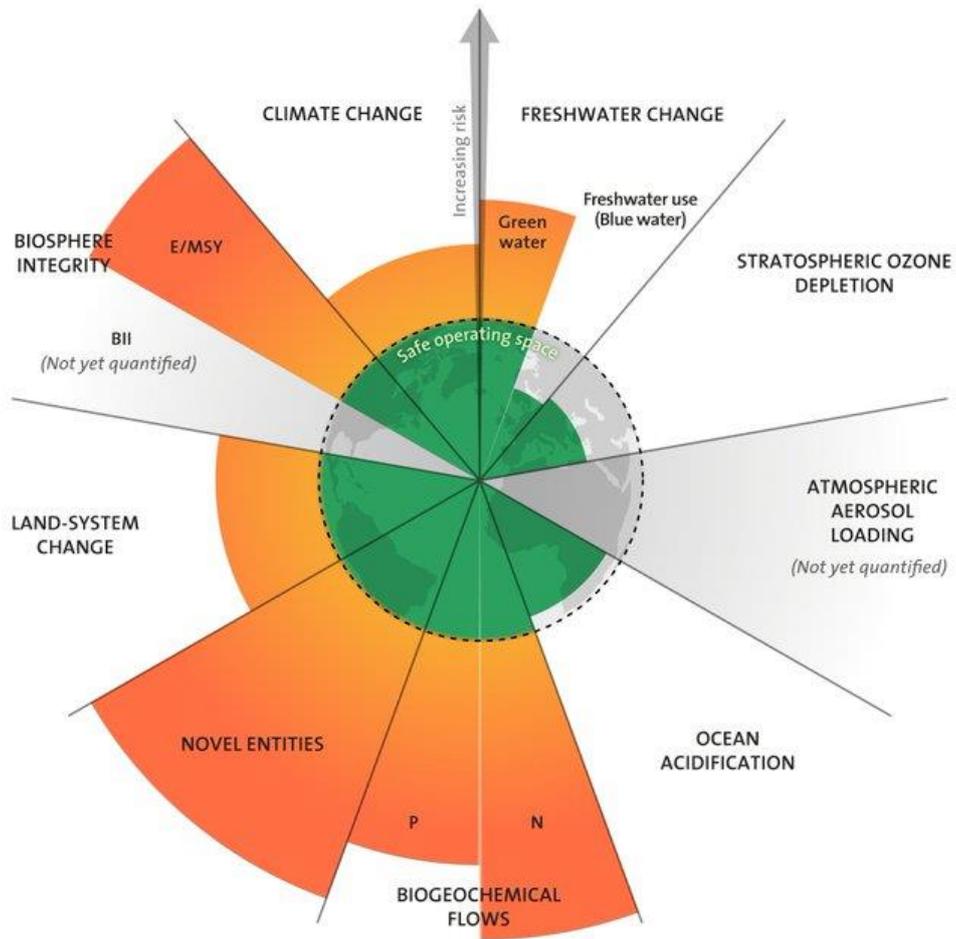


Figure 1 : Les 9 limites planétaires basées sur les travaux de Rockström et al. (2009) et leurs degrés de franchissement selon le Stockholm Resilience Center.

1 INTRODUCTION

1.1 L'anthropocène et le franchissement des limites planétaires

L'anthropocène est un concept né dans les années 2000 et qui est annoncé comme une nouvelle ère géologique dont la révolution industrielle du XIX^{ème} siècle serait l'origine. Cette nouvelle époque, succédant l'Holocène, est caractérisée par la reconnaissance des humains comme la principale force de changement sur Terre, surpassant même les forces géophysiques (Lewis et Maslin, 2015). Les activités humaines, entre autres liées à l'industrialisation, l'urbanisation, la croissance démographique, la mondialisation et le changement d'usage des terres ont un impact sur les écosystèmes en altérant les conditions pédologiques, biophysiques et biologiques (Dardonville, 2021; Foley et al., 2005). Bien que le passage de l'Holocène à l'anthropocène ne fasse pas consensus au sein de la communauté scientifique, la profonde rupture avec ce que nous connaissions avant le milieu du 20^{ème} siècle est, quant à elle, unanime. L'accroissement des concentrations en CO₂ atmosphérique, la modification des cycles biogéochimiques, le déclin de la biodiversité, les changements d'usage des terres, la dissémination des microplastiques etc. ne sont que quelques témoins de cette rupture (Lewis et Maslin, 2015). En résulte une perturbation de la capacité naturelle de la terre à maintenir les changements environnementaux dans une fourchette relativement étroite, en particulier la perturbation de sa capacité à réguler le climat sur le long terme (Rockström et al., 2009). Afin de quantifier l'impact des activités humaines sur les écosystèmes et de les limiter, Rockström et al. (2009) proposent neuf « limites planétaires » (« safe operating space »), elles correspondent à des seuils à ne pas franchir, un espace de fonctionnement « sûr » pour l'humanité par rapport au système terre. Ces limites concernent le changement climatique, l'acidification des océans, l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, la perturbation du cycle de l'azote et de celui du phosphore, l'utilisation de l'eau, les changements d'utilisation des sols, l'érosion de la biodiversité, l'augmentation des aérosols dans l'atmosphère et l'introduction d'entités nouvelles dans la biosphère (Fig. 1). Selon le Stockholm Resilience Center (SRC), quatre de ces limites avaient déjà été franchies avant 2009 : changement des usages des sols, érosion de la biodiversité, perturbation des cycles du phosphore et de l'azote et changement climatique. En janvier de cette année, le SRC annonce qu'une cinquième limite a été franchie : celle de la pollution chimique. Enfin, courant de l'année 2022, ils annoncent qu'une sixième limite a également été franchie : celle qui concerne le cycle de l'eau douce, au même moment où un quart de la population mondiale peine à avoir accès à l'eau potable et où la France risque de connaître, une nouvelle fois, une période de sécheresse inquiétante.

1.2 Un modèle agricole atteignant ses limites, des nouveaux enjeux

Parmi les activités humaines, le modèle agricole industriel est pointé du doigt comme étant le principal moteur de la transgression des limites concernant les flux biogéochimiques et l'érosion de la biodiversité. Mais il est également reconnu comme un des acteurs majeurs du changement d'usage des terres, de l'utilisation de l'eau douce et du changement climatique (Campbell et al., 2017). Pour réduire le rôle de l'agriculture dans le dépassement des limites planétaires, des changements des régimes alimentaires des consommateurs et des pratiques agricoles seront nécessaires. Ce modèle agricole dit productiviste s'est traduit par une intensification et une forte spécialisation des systèmes de production en allant au-delà des potentialités des milieux. Pour accroître les rendements, un recours massifs aux intrants a été

nécessaire (produits phytosanitaires, énergie fossile, eau, fertilisants minéraux, etc.) entraînant des modifications des sols (Foley et al., 2005), du cycle de l'eau (Shiklomanov et Rodda, 2004), des cycles biogéochimiques (X. Liu et al., 2010; Y. Liu et al., 2008; Smil, 2000), du climat (Wollenberg et al., 2016) et de la biodiversité (Steffen et al., 2015). L'agriculture participe alors à la multiplication des phénomènes d'eutrophisation des milieux, de pollution des eaux, d'émission de gaz à effet de serre, d'érosion des sols, de déclin du taux de matière organique des sols, de dépendance à des ressources non renouvelables, de raréfaction de l'eau disponible, d'érosion de la biodiversité et, par conséquent, de dégradation des services écosystémiques (Campbell et al., 2017). L'agriculture d'aujourd'hui doit alors répondre à de nombreux enjeux, en particulier celui de concilier les exigences de production, de préservation de l'environnement et de sécurité alimentaire dans un monde arrivant à ses limites (changement climatique, épuisement des ressources, etc.) et dans lequel la demande alimentaire croît avec une population humaine qui atteindra plus de 9 milliards d'individus d'ici 2050 (fao.org).

Paradoxalement, l'agriculture est également la première impactée par les changements qui occurred ces dernières années. Un ensemble de facteurs bioclimatiques est amené à se modifier tels que l'accroissement de la teneur des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, l'augmentation des températures, la modification des régimes pluviométriques et donc des différentes composantes du bilan hydrique ou encore une évolution de la couverture nuageuse modifiant le bilan radiatif (Seguin, 2010). Selon Météo France, la France devrait connaître d'ici l'horizon 2071-2100 (par rapport à l'horizon 1976-2005), une augmentation de la température moyenne de 0,9°C à 1,3°C selon le scénario optimiste de plus faible émission de gaz à effet de serre (RCP 2.6) et de 2,6°C à 5,3°C selon le scénario d'évolution constante des émissions de gaz à effet de serre (RCP 8.5). En parallèle, l'épuisement des ressources menace également le modèle agricole actuel, notamment les ressources minières et fossiles auquel il a développé une dépendance. Il est estimé que pour produire 1kcal d'énergie alimentaire, il faut consommer 3 kcal d'énergie fossile (Verma, 2015).

La reconnaissance des impacts environnementaux des activités agricoles et forestières à l'échelle mondiale a développé une volonté de changement de modèle vers la conception d'une agriculture plus « écocentree » (Landais, 1998), une agriculture écologiquement saine, économiquement viable, socialement juste et humaine (Bonny, 1994). De même, l'exposition répétée de l'agriculture aux différentes perturbations d'ordre climatique, environnementales, sociales ou encore économique a conduit à l'émergence d'une multitude de concepts. Parmi ces concepts, nous retrouvons notamment celui de durabilité qui qualifie un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs (Brundtland, 1987) et celui de résilience défini par le SRC comme la capacité d'un système à faire face aux changements en continuant à se développer.

1.3 Pour la transition des systèmes de production, un besoin d'évaluation

Dans ce contexte et pour réaliser une transition des systèmes agricoles vers des systèmes durable et résilient, des besoins de méthodes et d'outils pour mesurer et évaluer la durabilité et la résilience des systèmes de production ont vu le jour. Ces deux concepts sont souvent mobilisés pour évaluer les systèmes de production agricole face aux enjeux imposés par ce contexte de changements environnementaux. Cependant, leur quantification effective à l'échelle de systèmes complexes reste un défi scientifique et opérationnel.

Tableau 1 : Définition de la résilience selon différents domaines ou disciplines (Adapté de Quinlan et al. 2015)

Domaine Discipline	Définition	Reference clé
Ingénierie	Vitesse de retour à l'équilibre du système après un choc	Pimm (1984)
Ecologie	Capacité d'un système à résister aux chocs et à maintenir les relations et les fonctions critiques.	Holling (1996)
Socio-écologie	(i) Quantité de perturbations qu'un système peut absorber et rester dans un domaine d'attraction ; (ii) capacité d'apprentissage et d'adaptation ; (iii) degré auquel le système est capable de s'auto-organiser.	Carpenter et al. (2001)
Social	Capacité des groupes ou des communautés à faire face aux stress et aux perturbations externes résultant des changements sociaux, politiques et environnementaux.	Adger (2000)
Développement	Capacité d'une personne, d'un ménage ou d'une autre unité agrégée à éviter la pauvreté face à divers facteurs de stress et à la suite d'une myriade de chocs au fil du temps.	Pasteur (2011) ; Barrett et constas (2014)
Socio-économie	Capacité, induite par les politiques, d'une économie à se rétablir ou à s'adapter aux effets négatifs des chocs exogènes défavorables et à bénéficier des chocs positifs.	Mancini et al. (2012)
Communauté	Un processus liant un ensemble de capacités d'adaptation à une trajectoire positive de fonctionnement et d'adaptation après une perturbation.	Norris et al (2008)
Psychologie	Capacité d'un individu à s'adapter au stress et à l'adversité. La résilience est un processus et peut être apprise par quiconque utilise des émotions positives.	Tugade, Fredrickson et Feldman Barrett (2004)

C'est pourquoi l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE), en collaboration avec le Centre d'Etudes pour un Développement Agricole Plus Autonome (CEDAPA), a initié un projet de recherche participatif afin de développer un cadre méthodologique opérationnel permettant de quantifier conjointement la durabilité et la résilience de systèmes de production agricole, le projet EIDER. Un projet axé sur l'application de ces concepts à des systèmes bovins laitiers, pour qui la transition agroécologique passe souvent par l'augmentation de la part de l'herbe dans la ration des animaux (Wezel et Peeters, 2014) et se traduit par la présence et la valorisation des prairies dont les bénéfices agronomiques et environnementaux sont bien reconnus (Dumont et al., 2019; Lemaire et al., 2019), mais dont le climat conditionne fortement la croissance de l'herbe (Graux et al., 2020). C'est dans cette vision et par la volonté de « produire autant en dépensant moins » et ceux, en promouvant l'autonomie, qu'est née le CEDAPA en 1980, aujourd'hui partenaire du projet. Ce travail s'ancre dans ce projet et vise à la création d'un **outil d'évaluation pour le diagnostic de la durabilité et de la résilience des exploitations agricoles bovin-laitiers face au changement climatique**.

2 ETAT DE L'ART : Ce que nous dit la littérature à propos des concepts de résilience et de durabilité

2.1 Résilience : définition et application aux systèmes agricoles

La résilience a été conceptualisée et appliquée de multiple façon, menant ainsi à l'émergence de nombreuses définitions (Tab. 1). Initialement, elle a été utilisée dans les domaines de la psychologie et de la mécanique (Urruty et al., 2016) et rapidement appliquée dans de nombreux domaines conduisant à cette diversité de définitions, dont Darnhofer (2014) juge qu'elles donnent à la résilience un caractère « flou, vaste, malléable et polysémique ». Dans le domaine de la biologie, plus particulièrement de l'écologie, la résilience désigne la capacité d'un système à absorber un choc et à maintenir sa structure et ses fonctions essentielles (Holling, 1996); elle peut alors être mesurée par l'ampleur de la perturbation que le système peut tolérer tout en persistant (Holling, 2001). Son objectif est donc d'éviter un changement du système (Walker et al., 2006). La résilience socio-écologique a permis d'élargir la définition précédente en incorporant (i) la quantité de perturbations qu'un système peut absorber tout en restant dans un domaine d'attraction, c'est-à-dire en restant dans l'ensemble vers lequel le système évolue en l'absence de perturbations, (ii) la capacité d'un système à apprendre et à s'adapter, et (iii) le degré auquel le système est capable de s'auto-organiser (Carpenter et al., 2001).

L'application du concept de résilience aux SES permet d'intégrer l'Homme comme une composante active du système, c'est-à-dire sans positionner l'Homme en dehors du système naturel afin de mieux appréhender la complexité des interactions Homme-nature (Liu et al., 2007; Redman et al., 2004). Un système socio-écologique désigne un système intégré couplant sociétés et natures (Liu et al., 2007), ils sont définis plus précisément par Redman et al. (2004) comme (i) un système cohérent de facteurs biophysiques et sociaux qui interagissent régulièrement ; (ii) un système à plusieurs échelles : spatiales, temporelles et organisationnelles et qui peuvent être liées hiérarchiquement ; (iii) un système regroupant un ensemble de ressources critiques (naturelles, socio-économiques et culturelles) dont le flux et l'utilisation sont régulés par une combinaison de systèmes écologiques et sociaux ; (iv) un système complexe, perpétuellement dynamique, avec une adaptation continue.

Tableau 2 : Propriétés d'une exploitation résiliente selon Darnhofer (2014)

Propriétés	Définition
Capacité Tampon	Capacité du système à assimiler une perturbation sans changement de structure ou de fonction
Capacité d'adaptation	Capacité d'un système à s'ajuster face à l'évolution des facteurs externes et des processus internes, permettant ainsi le développement tout en restant dans le régime actuel
Capacité de transformation	Aptitude du système à mettre en œuvre des changements radicaux, à "créer des débuts non testés à partir desquels évoluer une nouvelle façon de vie". Il s'agit d'un changement qualitatif, dans lequel l'exploitation agricole adopte de nouvelles hypothèses de fonctionnement de base, de nouvelles "règles du jeu", c'est-à-dire une logique différente organisant le flux de ressources, les activités sur et hors de l'exploitation.

En s'appuyant sur les travaux relatifs à la résilience socio-écologique, Folke et al. (2010) ont fait évoluer la définition de la résilience ; elle se définit alors comme « la capacité d'un système à absorber les perturbations et à se réorganiser tout en subissant des changements, de manière à conserver essentiellement la même fonction, la même structure et rétroactions, et donc son identité, c'est-à-dire la capacité à changer pour conserver la même identité ». C'est la définition retenue dans ce travail. Appliquée aux systèmes agricoles, la résilience résulte de trois propriétés des exploitations agricoles : leur capacité tampon, leur capacité d'adaptation et leur capacité de transformation (définies dans le Tableau 2) (Darnhofer, 2014).

2.2 *Comment évaluer la résilience ?*

En se référant au travail de Dauphiné et Provitolo (2007), la résilience est évaluée selon trois approches différentes :

- La première approche se retrouve principalement dans le domaine de l'écologie et consiste à mesurer l'ampleur maximale de la perturbation et à déterminer un seuil critique qu'il ne faut pas franchir pour maintenir le système. Cette approche correspond par exemple à la théorie des limites planétaires de Rockström et al. (2019) présentée en introduction. Ces chercheurs ont en effet déterminé des seuils dit « de basculement » (« tipping points »), des seuils écologiques et biophysiques qui, lorsqu'ils sont franchis, induisent des changements drastiques et irréversibles faisant basculer la planète dans un autre état.
- La seconde approche se base sur des mesures systémiques, plus précisément des mesures de la dynamique du système lorsqu'il rencontre une perturbation. Cette approche s'appuie sur la théorie du cycle adaptif et de nombreux cadres conceptuels ou « pensées résilientes » en découlent (Carpenter et al., 2001; Dardonville, 2021; Folke et al., 2010; Meuwissen et al., 2019; Urruty et al., 2016; Walker et al., 2006, etc.). Cependant, dans les faits, peu d'outils d'évaluation de la résilience utilisant cette approche existent. On peut tout de même citer le travail de Meuwissen et al. (2019) cherchant à rendre possible l'évaluation de la résilience et qui a aidé à la conceptualisation de la méthode d'évaluation de la résilience des systèmes agricoles développé dans ce document (cf. partie 4.1). Ces auteurs présentent un cadre d'évaluation de la résilience des systèmes agricoles qui repose sur 3 points qui sont la robustesse (défini ici comme la capacité à résister à des perturbations non anticipées), l'adaptabilité (défini ici comme la capacité à modifier des éléments du système en réponse à une perturbation sans changer son identité) et la transformabilité (défini ici comme la capacité à modifier l'identité du système en réponse à une perturbation qui rend impossible le maintien du statu quo). Ils proposent alors 5 étapes pour l'évaluation de la résilience : (i) la caractérisation du système agricole à évaluer ; (ii) la détermination des enjeux de l'évaluation ; (iii) l'identification des fonctions du système ; (iv) l'évaluation des capacités de robustesse, d'adaptabilité et de transformation du système ; (v) l'évaluation des attributs qui renforcent la résilience. L'évaluation des attributs se fait alors l'adaptation au contexte étudié de principes génériques proposés par Resilience Alliance (2010).

Tableau 3 : Définitions des 11 indicateurs de l'exploitation agricole résiliente d'après Cabell et Oelofse (2012)

« Indicateurs » de Cabell et Oelofse (2012)	Définitions et implications
Socialement auto-organisé « Socially self-organized »	Capacité des agriculteurs et des consommateurs à s'organiser en réseaux et institutions de base comme les coopératives, les marchés de producteurs, les associations communautaires, etc.
Autorégulation écologique « Ecologically self-regulated »	Autorégulation des composantes écologiques en stabilisant et favorisant les mécanismes de rétroaction notamment par le maintien d'une couverture végétale et par les cultures pérennes.
Adéquatement connecté « appropriately connected »	Décrit la quantité et la qualité des relation entre les différents éléments du système comme la collaboration avec de multiples fournisseurs, marché, consommateurs et autres agriculteurs ou la diversité cultivée au travers des associations de cultures ou des rotations
Diversité des fonctions et des réponses « High degree of functional and response diversity »	La diversité des fonctions désigne le nombre de services écosystémiques fournis par les éléments du système et la diversité de réponse correspond à la gamme de réponse de ces éléments face à des changements environnementaux.
Redondance optimale « optimally redundant »	Désigne la duplication des éléments « critiques » du système afin d'assurer son fonctionnement si un des éléments est défaillant. C'est, par exemple, planter plusieurs variétés au lieu d'une, avoir plusieurs sources d'approvisionnement, avoir des marges de manœuvre, etc.
Hétérogénéité spatiale et temporelle « Spatial and temporal heterogeneity »	L'hétérogénéité traduit ici la non-uniformité dans paysages et dans le temps (mosaïque de terres gérées et non-gérée ; pratiques culturelles diversifiées ; rotations diversifiées ; etc.).
Prudemment exposé aux perturbations « Carefully exposed to disturbance »	Traduit le fait d'être faiblement exposé aux perturbations, suffisamment pour promouvoir l'adaptation sans pour autant pousser le système de ses retranchements.
Couplé avec le capital naturel « Responsibly coupled with local natural capital »	Assurer les fonctions du système dans les limites environnementales, un couplage avec les potentialités du milieu. Traduit l'autonomie et la gestion des « déchets ».
Apprentissage et partage de connaissance « Reflective and shared learning »	Apprendre du passé et du présent pour anticiper les changements et créer un futur désirable. Représente l'acquisition et le partage de connaissances.
Globalement autonome et localement interdépendant « Globally autonomous and locally interdependent »	Être le moins possible vulnérable aux « forces » extérieurs hors de contrôle et capacité à promouvoir l'autonomie par la coopération entre les individus et les institutions.
Honorer l'héritage « Honours legacy »	Traduit le fait que la configuration actuelle et les trajectoires futures du système est influencé par les conditions et expériences passées. Désigne-le maintien de l'héritage génétique (graines, races, etc.), l'héritage de connaissances (techniques de cultures traditionnelles, etc.).
Construire le capital humain « Builds human capital »	L'élaboration de ressources qui pourront être mobilisées par les relations sociales et par l'appartenance à un réseau. Le capital humain comprend : les éléments « construits » (activité économiques, technologies, infrastructures) ; les éléments « culturels » (compétences et capacités individuelles) ; les éléments « sociaux » (Organisation sociale, réseaux, normes)
Raisonnablement rentable « Reasonably profitable »	Traduit la capacité à gagner sa vie au travail sans être trop dépendant des subventions ou des emplois secondaires

Ces principes sont : la diversité (incluant diversité fonctionnelle et diversité de réponse à une perturbation) ; la modularité (division interne du système en modules indépendants mais reliés entre eux) ; la « flexibilité » (« openness ») qui fait référence à la connectivité du système) ; l'étroitesse des rétroactions (la réponse d'une partie du système à des changements survenus dans d'autres parties du système) ; les réserves du système (les stocks de ressources tels que le capital naturel, économique et social auxquels un système a accès lorsqu'il réagit à des stress et à des chocs).

- La troisième approche se base sur l'emploi d'indicateurs qui prennent en compte différents paramètres du système. Un indicateur est une variable positionnée par rapport à une référence [absolue ou relative] qui sert au diagnostic, à l'aide à la décision ou à la communication (Girardin et al., 2005). Cette approche reste encore peu développée en raison du débat autour de la détermination de ces indicateurs et de la simplification excessive de la dynamique des systèmes que pourrait engendrer une telle méthode. Néanmoins certains travaux tentent de développer cette approche : par exemple, le travail de Cabell et Oelofse (2012) qui a servi de base au développement de notre cadre opérationnel (cf. partie 4.1). Cabell et Oelofse (2012) ont réalisé un travail sur l'application du concept de résilience aux agroécosystèmes par la détermination « d'indicateurs basés sur le comportement » (« behavior-based indicator »). Ces indicateurs sont au nombre de 13 et traduisent les caractéristiques d'un SES agricole qui permettent de recouvrir les capacités tampon, d'adaptation et de transformation définies précédemment (Tab. 2). Ces 13 indicateurs sont présentés dans le tableau 3.

Bien qu'il existe de nombreux cadres conceptuels et méthodes assez différents les uns des autres pour évaluer la résilience, cela reste majoritairement théorique, dans la pratique il n'existe que très peu d'outils permettant d'apprécier la résilience. On retrouve cependant l'outil d'auto-évaluation de la résilience climatique SHARP (Self-evaluation and Holistic Assessment of climate Resilience of farmers and Pastoralists) qui est destiné aux agriculteurs et aux éleveurs des pays en développement. L'évaluation se base sur les « indicateurs » de l'exploitation agricole résiliente provenant du travail de Cabell et Oelofse (2012) combiné à des auto-évaluations auxquelles sont attribués un score (Choptiany et al., 2015).

2.3 Durabilité : définition et application aux systèmes agricoles

Le développement durable est un concept qui a été popularisé par le rapport de Brundtland (1987) qui le définit comme « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs [...]. Au sens le plus large, le développement durable vise à favoriser un état d'harmonie entre les êtres humains et entre l'homme et la nature ». Ce rapport a servi de référence lors du Sommet mondial de Rio De Janeiro en 1992 qui a permis d'élargir la notion de développement durable aux trois piliers que sont les piliers économique, social et environnemental, qui était préalablement très axée sur la préservation de l'environnement.

Si les objectifs du développement durable font l'objet d'un certain consensus au sein de la communauté scientifique, son application demeure une source d'oppositions. La perception de ce qui est « durable » est à l'origine d'une controverse au sujet de l'ordre hiérarchique des différents piliers (Lairez et al., 2015; Zahm et al., 2015) :

- D'une part, on retrouve un courant de pensée « économiste » où le pilier économique occupe une place centrale, il admet le principe de substitution entre les stocks de capitaux (l'environnement, l'économie et le social) du moment que la somme totale des stocks reste inchangée. Le stock total de ce qui est produit par l'homme doit alors être constant pour permettre un développement durable même si cela implique de recourir à la dégradation parfois irréversible d'un autre type de capital, notamment le capital naturel, c'est le concept de « durabilité faible ».
- D'autre part, on retrouve un courant de pensée « environnementaliste » où le capital naturel n'est dès lors pas substituable, sans qui le capital économique et le capital social ne peuvent exister. Les écosystèmes doivent alors être préservés à tout prix et ne sont ni compensables ni substituables. Le stock de capital naturel doit être maintenu sachant que certaines actions humaines peuvent conduire à des irréversibilités graves et que le capital naturel assure des fonctions extra-économiques. C'est le concept de « durabilité forte ».

Dans les années 1990, l'évolution du regard porté sur l'agriculture a été marqué par l'élaboration de la notion de développement durable et de son application aux systèmes agricoles en lien avec la reconnaissance et la promotion d'une agriculture multifonctionnelle (Barbier et Ridaura, 2010). Une multifonctionnalité qui se traduit par la reconnaissance d'une agriculture n'ayant pas comme seule fonction de produire des denrées alimentaires et de matières premières mais assure simultanément des fonctions économiques, environnementales et socio-territoriales (Zahm et al., 2015). L'application du développement durable aux systèmes agricole a fait émerger le concept d'agriculture durable qui est définie comme « une agriculture écologiquement saine, économiquement viable, socialement juste et humaine. Elle est capable d'assurer la fourniture d'aliments, de fibres et de services environnementaux tout en contribuant à la qualité de vie des agriculteurs et de la société dans son ensemble » (Bonny, 1994). Godard et Hubert (2002) délimitent deux composantes essentielles à la durabilité d'un système agricole : (i) la « viabilité » ou « durabilité autocentrée » renvoyant à la capacité du système à préserver ses ressources (ressources naturelles, ressources foncières, etc.) et ses « capacités » (capital humain, etc.) ; (ii) « la contribution de l'agriculture à la durabilité des territoires et des collectivités auxquelles elle appartient » renvoyant à l'insertion du système dans l'économie locale, l'offre des services de proximité, le maintien et la création de l'emploi, la participation aux enjeux nationaux voir mondiaux. L'agriculture durable est alors un concept qui s'ancre dans le courant de pensée de la durabilité forte.

A l'échelle de l'exploitation, Landais (1998) a défini une exploitation durable comme « une exploitation viable, vivable, transmissible et reproductible ». La viabilité est ici un terme économique pour désigner l'efficacité du système de production et la sécurisation des sources de revenus du système notamment face aux aléas climatiques, des marchés ou l'incertitude des aides (dimension économique). La vivabilité renvoi à la qualité de vie, professionnelle et personnelle, de l'exploitant et de sa famille. La transmissibilité caractérise la faculté de l'exploitation à perdurer d'une génération à l'autre. Enfin, la reproductibilité s'intéresse à l'impact de l'activité agricole sur les écosystèmes liés à l'exploitation (Briquel et al., 2001; Fortun-Lamothe, 2012; Landais, 1998).

Finalités de l'évaluation	Niveau d'évaluation						
	Parcelle système de culture	Atelier d'élevage	Exploitation	Filière	Territoire	Cycle de vie	Plusieurs niveaux
Sensibiliser en réalisant une évaluation pédagogique		Engel ^{Porc}	IDEA [™] , Arbre [™] , RAD ^{Rum.} , Idaqua ^{Pisc.}	Ovali ^{Vol.} , Avibio ^{Vol.}			
Fournir des connaissances en comparant des systèmes	MASC ^{CC} , DEXiPM ^{PV} , Grignon Model ^{CC}	DIAMOND ^{Vol,Cun.} , GEEP ^{Porc}	SAFE [™] , ADAMA [™] , Idaqua ^{Pisc.} , Apoia [™] , IndiciADes [™] , DAESE [™] , MELODIE ^{Lait, Porc.} , DIALECTE [™]			ACV-E [™] , ACVS [™]	MESMIS [™] , EVAD ^{Pisc.}
Rendre compte (réglementaire, atteinte d'objectifs)		Welfare Quality, GTTT ^{Porc.} , GTE ^{Porc.}		Ovali ^{Vol.} , Avibio ^{Vol.}	ClimAgri [™] , Territ'eau [™]		
Identifier les éléments à améliorer, recommandations	MASC ^{CC} , DEXiPM ^{PV} , Grignon Model ^{CC} , INDIGO ^{PV} , DAEG [™]	DIAMOND ^{Vol,Cun.} , Cap'2R ^{Lait,BV,Ov.} , GEEP ^{Porc.} , Welfare Quality, GTTT ^{Porc.} , GTE ^{Porc.}	ADAMA [™] , IDEA [™] , Arbre [™] , RAD ^{Rum.} , MOTIFS ^{Lait} , APOIA [™] , IndiciADes [™] , Idaqua ^{Pisc.} , Dia'Terre [™] , DIALECTE [™] , DEXEL ^{Lait} , KUL [™] , PISC'N'TOOL ^{Pisc.} , Composim ^{Porc,BV,Lait,Vbl.} , DECIBEL ^{Porc., Rum., Vol.}	Ovali ^{Vol.} , Avibio ^{Vol.}	ClimAgri [™] , EBIOTEP ^{Rum.}	ACV-E [™] , ACVS [™]	SSP [™] , MESMIS [™] , SAFA [™]
Conceptions de systèmes (démarches itératives <i>ex post</i> et évaluation <i>ex ante</i>)	MASC ^{CC} , DEXiPM ^{PV}	Engel ^{Porc}	MOLDAVI ^{Vol.}	Ovali ^{Vol.}		ACV-E [™] , ACVS [™]	MESMIS [™] , SSP [™]
Certification, chartres			DAEG [™] , Global Gap, ProTerra Standard, KUL [™]				

■ Approche globale du développement durable

■ Environnement

■ Bien-être animal

■ Social

■ Technico-économie

■ Cahier des charges

™ toutes les productions

Lait bovin lait

BV bovin viande

Porc porc

Rum. ruminant

Ov. ovin

Vol. volaille

Cun. lapin

Pisc. pisciculture

CC grandes cultures

PV grandes cultures, fruits, légumes, vigne

Figure 2 : Les différents outils d'évaluation de la durabilité en fonction de la finalité, de l'échelle d'évaluation, de l'approche du développement durable et des productions considérées (Issus de Lairez et al., 2015)

Afin d'intégrer la participation de l'exploitation aux enjeux globaux et à la durabilité du territoire, Zahm et al. (2015) proposent la définition suivante qui sera retenue dans ce présent travail : « Une exploitation agricole durable est une exploitation agricole viable, vivable, transmissible et reproductible inscrivant son développement dans une démarche socialement responsable. Cette démarche renvoie au choix de l'agriculteur, quant aux effets de ses activités et de ses modes de production, sur le développement et la qualité de vie des parties prenantes ancrées sur son territoire ainsi qu'à sa contribution à des enjeux globaux sociétaux non territorialisables (lutte contre le changement climatique, sécurité alimentaire, etc.) [...]. ».

2.4 Comment évaluer la durabilité ?

Il est possible de distinguer deux grandes approches d'évaluation de la durabilité. La première met l'accent sur la dimension environnementale, le terme de « durabilité environnementale » est alors employé, et la seconde cherche à concilier les exigences de préservation de l'environnement avec le développement économique et social (Barbier et Ridaura, 2010). Il existe aujourd'hui de nombreux outils permettant un aperçu des performances d'un système donné en termes de durabilité, c'est-à-dire qu'ils évaluent la gestion économique, sociale, environnementale et sociétale du système par rapport aux objectifs du développement durable, et ceux, à de nombreuses échelles et pour de multiples finalités (Fig. 2). Dans la plupart des cas, l'évaluation de la durabilité est basée sur des indicateurs et possède une structure hiérarchique sur 3-4 niveaux avec les piliers du développement durable au premier niveau (Cabell et Oelofse, 2012; Barbier et Ridaura, 2010) et dans chaque pilier, une liste d'éléments, d'objectifs, de thèmes, etc. est définie (Bockstaller et al., 2015). Comme évoqué, dans certains cas, ceux-ci sont organisés de manière hiérarchique, ce qui conduit à une étape d'agrégation des indicateurs. Bien souvent, les outils élaborés présentent un caractère normatif puisque qu'ils intègrent leur propre représentation de ce qui est durable et donc, de ce qui ne l'est pas.

Afin d'illustrer ces propos, deux outils ont été retenus. Il s'agit des outils IDEA (Indicateur de Durabilité des Exploitations Agricoles) et EDEN (Evaluation de la Durabilité des ExploitationNs), ils présentent de nombreux points communs avec l'outil développé dans ce travail, notamment (i) une approche d'évaluation globale de la durabilité au niveau de l'exploitation agricole ; et (ii) une compatibilité avec les systèmes de polyculture-élevage-laitiers (cf. partie 4).

- L'outil d'évaluation de la durabilité IDEA est une méthode globale d'évaluation multicritère de la durabilité de l'exploitation agricole basée sur des indicateurs qui prend en compte trois dimensions : agroécologique ; socio-territoriale et économique. C'est une méthode qui permet en outre, d'identifier les points forts et faibles de l'exploitation par rapport aux l'objectifs de durabilité. Elle a été construite de la manière suivante : (i) définition des objectifs ; (ii) choix d'hypothèses et de variables motrices ; (iii) création d'indicateurs associés ; (iv) détermination de valeurs de référence ; (v) validation à partir de test (Lairez et al., 2015). La version 3 de la méthode se base sur les trois dimensions divisées en trois ou quatre composantes chacune, représentant un total de 42 indicateurs donnant un score et permettant de renseigner la durabilité globale de l'exploitation par rapport aux 17 objectifs identifiés du développement durable qui ont servi à la construction de l'outil (Lairez et al., 2015).

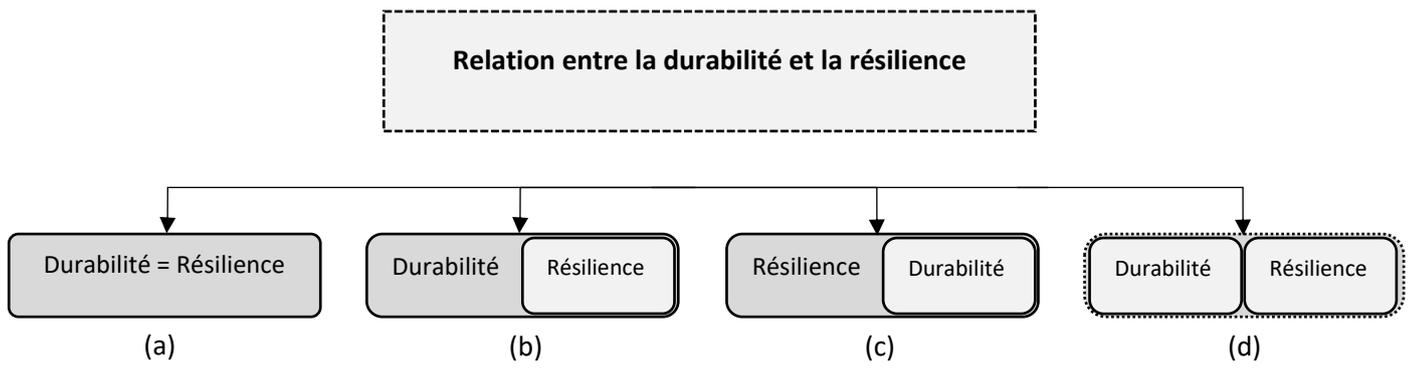


Figure 3 : Les différentes relations possibles entre durabilité et résilience (adapté de Roostaie et al. 2019)

- L'outil d'évaluation de la durabilité EDEN a été conçu pour l'évaluation des exploitations de polyculture élevage-laitier. Cet outil a la particularité d'incorporer des indicateurs d'impacts provenant du cadre conceptuel de l'ACV (analyse de cycle de vie) appliqués à l'échelle de l'exploitation pour l'évaluation de la dimension environnementale qu'il couple avec des indicateurs de performance économique et sociale (Van Der Werf et al., 2011). Les indicateurs d'impacts sont l'eutrophisation, acidification, utilisation d'énergie non renouvelable, changement climatique, toxicité terrestre et occupation des terres agricoles ; et ils sont exprimés par une valeur tandis que les indicateurs économique et sociaux sont exprimés par un score (Van Der Werf et al., 2011).

2.5 Résilience et durabilité : relations entre ces concepts pour leur évaluation conjointe, à l'échelle d'une exploitation agricole

En se basant sur le travail de Roostaie et al. (2019), l'intégration conjointe de la résilience et de la durabilité au sein d'un système d'évaluation est possible même si des recherches sur le processus d'intégration de ces concepts sont encore nécessaires. En effet, il existe de nombreuses relations possibles entre ces 2 concepts (Figure 3) ; ces relations dépendent du domaine d'application, de la définition retenue pour chacun des concepts et du caractère multidimensionnel de ces concepts. Certains considèrent la résilience et la durabilité comme synonymes et les utilisent donc de manière interchangeable (Figure 3.a) quand d'autres les considèrent comme des concepts différents (figure 3.d) (Marchese et al., 2018; Roostaie et al., 2019). Ce constat met d'autant plus en avant la nécessité d'adopter une vision claire et précise de ces concepts (cf. partie 2.1). Il existe plusieurs cadres conceptuels qui cherchent à expliciter la relation entre durabilité et résilience en vue d'un objectif de système « durable et résilient », avec la résilience comme une propriété traduisant une dynamique du système et la durabilité comme un but à atteindre (Dardonville, 2021). De ce fait, et pour beaucoup, les approches de résilience sont des sous-ensembles de la durabilité (figure 3.b) (Folke, 2016). Par exemple, Anderies et al. (2013) présentent la durabilité comme un but ou une mesure de performance du système, la durabilité est alors approchable par l'action sur certains processus, éléments et connexions, la résilience du système est alors un des leviers pour en accroître la durabilité. Un autre exemple provient des travaux de Darnhofer et al. (2010) qui définissent la résilience comme un processus dynamique des systèmes socio-écologiques dont on doit identifier les facteurs tels que l'adaptabilité ou la transformabilité et les renforcer pour parvenir à un système répondant aux attentes du développement durable.

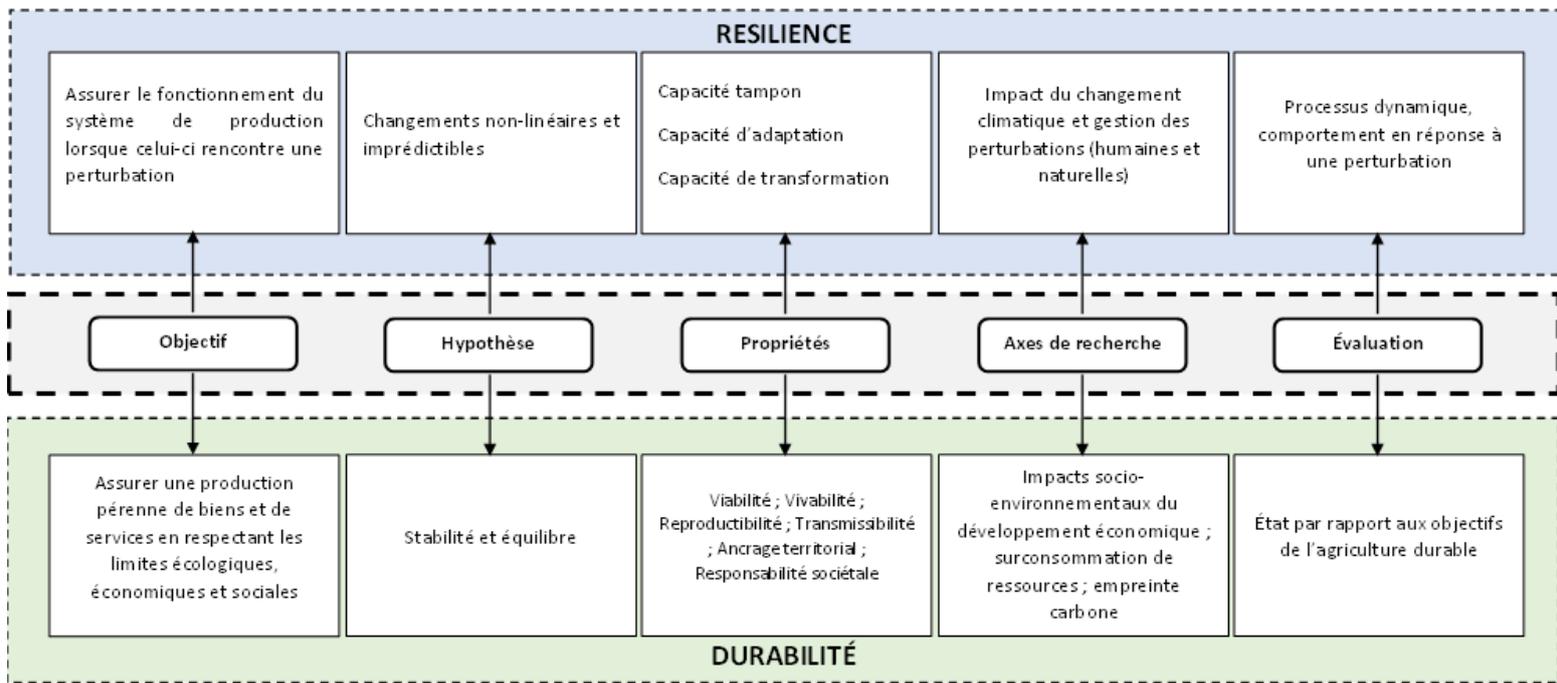


Figure 4 : Les principales oppositions entre les concepts de résilience et de durabilité

La résilience est donc souvent présentée de par sa contribution aux problématiques du développement durable. C'est un constat majoritairement retrouvé dans la littérature, Perrings (2006) affirme que toute stratégie de développement durable n'est durable uniquement si elle est résiliente dans le sens où si les effets de la stratégie mise en place sont positifs et pérennes. Pourtant, bien qu'il n'y ait pas de débat sur le caractère négatif de certains événements, notamment climatiques tels que les sécheresses ou les inondations, qu'en est-il pour d'autres types d'événements ? L'essor d'un marché où une évolution de la réglementation en vigueur par exemple, peuvent être source de perturbations mais doivent-ils être rejeté au nom de la résilience ? La résilience n'est pas toujours souhaitable, parfois le changement est préférable voire nécessaire (Walker et al., 2006). Une approche centrée sur la résilience pourrait alors conduire à un rejet de tout développement, durable ou non (Lallau, 2011). Un système peut, en effet, être très résilient sans atteindre les objectifs de durabilité, autrement dit, accroître la résilience d'un système peut diminuer sa durabilité et inversement.

La confusion observée dans la littérature peut en partie s'expliquer par le fait que leurs définitions dépendent de la vision qu'ont les auteurs de ces concepts et du fait qu'ils sont en étroite interaction. De ce fait, ces auteurs appliquent une valeur normative positive ou un état souhaité au concept de résilience. La durabilité et la résilience sont alors associées à la survivabilité du système et leur utilisation est souvent orientée sur la question de la conciliation des activités humaines et de la préservation des environnements naturels (Lew et al., 2016). Ce paradigme de la résilience comme sous ensemble de la durabilité n'est alors possible qu'en établissant un périmètre autour de ce qui doit être résilient et de ce qui ne doit pas l'être, en établissant des « objectifs » à la résilience. Malgré tout, d'autres tensions existent lorsque l'on cherche à intégrer la durabilité et la résilience dans un système d'évaluation. En premier lieu, la résilience intègre des notions de temporalité, de variations dans le temps ce qui n'est paradoxalement pas le cas pour la durabilité. En second lieu, lorsque la résilience décrit la dynamique du système face à une perturbation, la durabilité décrit son état par rapport aux objectifs du développement durable. Résulte de ces constats, des implications différentes (Figure 4) et, par conséquent, des méthodes d'évaluation différentes (cf. partie 2.2 et partie 2.4).

Au vu des différentes tensions entre les concepts et de la complexité pour se saisir du concept de résilience, évaluer conjointement la résilience et la durabilité des exploitations agricoles se révèle comme un défi scientifique et opérationnel. C'est pourtant l'ambition du projet EIDER, le projet dans lequel s'ancre ce travail au travers d'une approche collaborative associant chercheurs et agriculteurs. Ce travail se porte spécifiquement sur l'application de ces concepts aux exploitations en système bovins-laitier dans un contexte de changement, principalement porté sur le changement climatique. La stratégie de l'étude repose sur une évaluation multicritère qui permet de quantifier ou de qualifier les effets de l'agriculture sur plusieurs critères économiques, sociaux et environnementaux mais également de quantifier ou de qualifier les effets des variations économiques, sociales et environnementales sur les paramètres des systèmes agricoles en mobilisant des indicateurs et critères issus de la bibliographie. Ce stage a alors pour ambition la construction d'un outil, basé sur l'évaluation multicritère, permettant le diagnostic de la résilience et de la durabilité des exploitations agricoles. La construction de l'outil mobilisera le logiciel DEXi, précédemment mobilisé dans d'autres approches de ce type et la méthode d'évaluation devra donc répondre à la question suivante : les objectifs de durabilité sont-ils atteints et dans quelle mesure sont-ils maintenus face aux perturbations ?

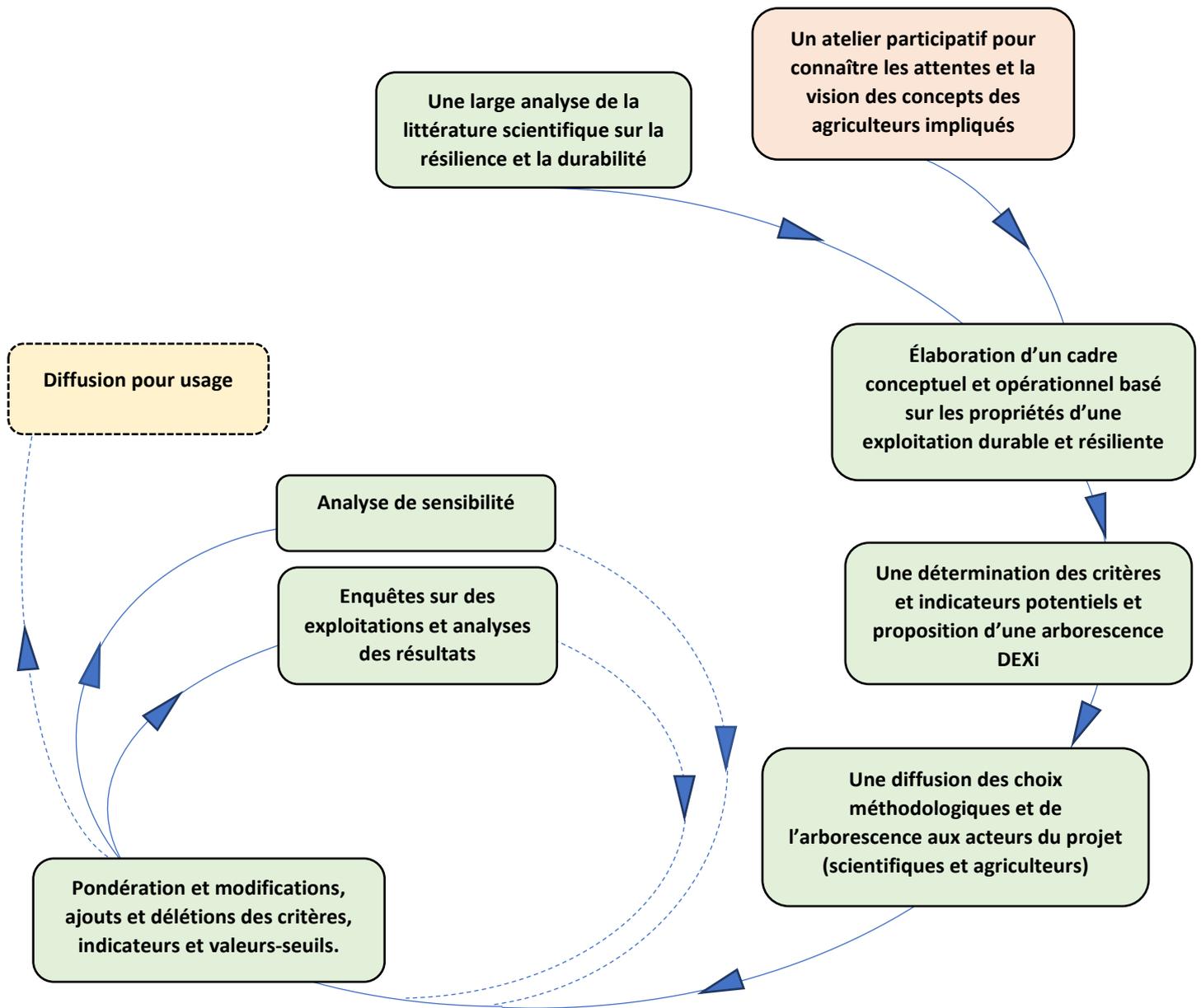


Figure 5 : Les principales phases de construction de l'outil d'évaluation

3 MATERIELS ET METHODES

3.1 *La construction de l'outil d'évaluation en plusieurs étapes*

La construction de l'outil dans sa version actuelle a été réalisée en 8 phases (Figure 5), la neuvième phase, de diffusion, ne pouvant être réalisée à ce stade. Au démarrage de ce travail (Phase 1), avant mon arrivée en stage, un atelier participatif a été organisé : il avait pour objectif de réfléchir entre agriculteurs, animateurs du CEDAPA et scientifiques à l'évaluation conjointe de la durabilité et de la résilience des systèmes herbagers face au changement climatique. Cet atelier s'est déroulé en présence de 7 agriculteurs, 3 animateurs du CEDAPA et 7 scientifiques impliqués dans le projet EIDER. Cet atelier a d'abord permis de questionner les participants sur leurs définitions des concepts de durabilité et de résilience ; il a aussi permis aux éleveurs de proposer un certain nombre de critères ou d'idées (lorsque des critères n'étaient pas facilement identifiables), à retrouver dans l'outil d'évaluation. En phase 2, une analyse de la littérature a été entreprise afin de : (i) cerner les concepts de durabilité et de résilience (cf. la partie 2) ; et (ii) d'élaborer une méthode pour une évaluation conjointe de ces concepts à l'échelle d'une exploitation agricole soumise aux conséquences du changement climatique. En a résulté, en phase 3, la création d'un cadre conceptuel basé sur les propriétés d'une exploitation durable et résiliente et sur cette base, la création d'un cadre opérationnel d'analyse multicritère sous la forme d'un arbre hiérarchique d'indicateurs caractérisant la durabilité et/ou la résilience d'une exploitation agricole. L'arbre hiérarchique a été construit en phase 4, avec le logiciel DEXi présenté ci-dessous (cf. partie 3.2) : c'est cet arbre sous DEXi qui correspond à l'outil d'évaluation. La phase 5 a permis de discuter, avec les différents acteurs du projet, des choix méthodologiques (e.g. les propriétés retenues et leur déclinaison en critères et indicateurs) et de l'outil proposé à des fins d'amélioration. Les deux dernières phases réalisées pendant mon stage ont été : (1) une analyse de sensibilité afin de valider, ou non, la pondération adoptée, c'est-à-dire valider le poids relatif attribué à chaque critère dans l'évaluation ; et (2) un test de l'outil, grâce à deux enquêtes réalisées chez des éleveurs du projet, notamment en termes de faisabilité (accessibilité des données, temps d'entretien) et d'amélioration ultérieures (discussion sur les critères, indicateurs et seuils).

3.2 *Le logiciel DEXi comme support à l'évaluation*

L'outil construit pendant mon stage l'a été grâce au logiciel DEXi. Celui-ci permet la construction de modèles multicritères à structure hiérarchique : un modèle décompose un problème décisionnel complexe en « sous-problèmes » plus simples à résoudre (Bohanec, 2011). Chaque « sous-problème » est analysé grâce à un critère d'évaluation renseigné par une valeur qualitative (de type : « Élevée », « Moyen », « Faible ») obtenue à partir d'un indicateur qualitatif ou quantitatif (dans ce dernier cas, il est nécessaire de discrétiser la valeur obtenue grâce à des « valeurs seuils »). Le logiciel se présente avec quatre onglets (Fig 6.b) permettant (1) la construction de l'arbre hiérarchique (« Model ») ; (2) la saisie des alternatives à évaluer grâce à l'arbre (« Options ») ; (3) une représentation des évaluations sous forme de texte (« Evaluation ») ; et (4) une représentation graphique des évaluations (« Charts »). Le logiciel IZIEval (Equipe Means - inrae.fr, 2017) couplé à DEXi, améliore les représentations graphiques et permet de réaliser des analyses complémentaires avec le logiciel de statistique R 4.2.0 (R Core Team - R-project.org, 2022).

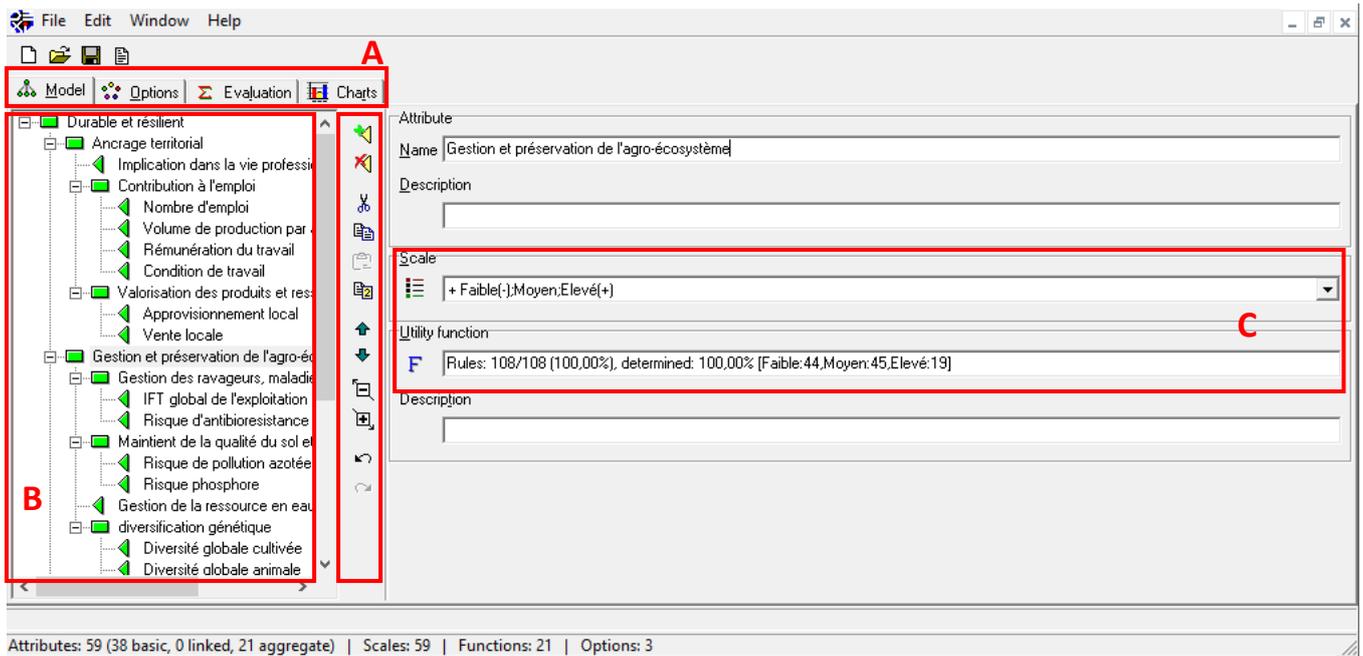


Figure 6 : Présentation de l'interphase DEXi

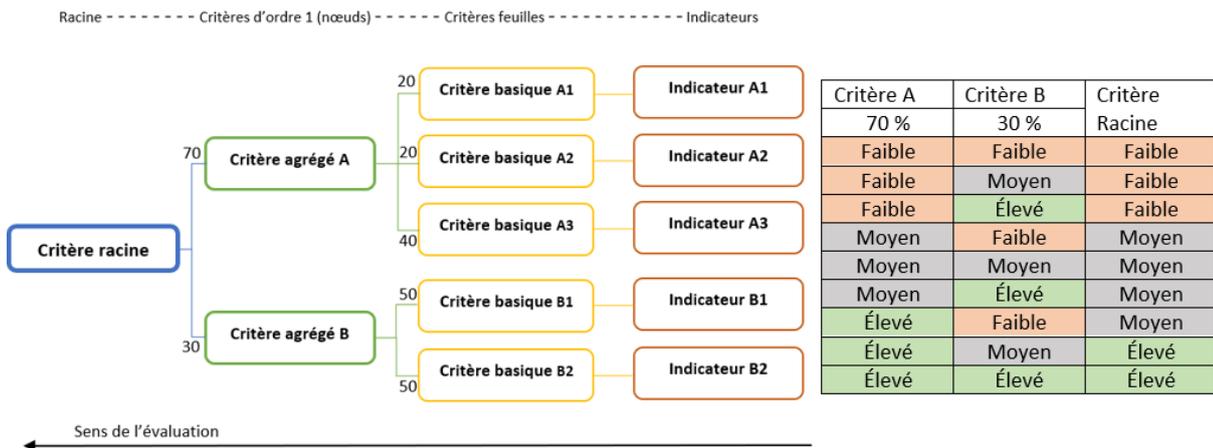


Figure 1 : représentation schématique de l'arborescence d'une évaluation multicritère (a) et de règle de décision pour l'agrégation de deux critères (b)

Figure 7 : Représentation schématique de l'arborescence d'une évaluation multicritère (a) et de règle de décision pour l'agrégation de deux critères (b)

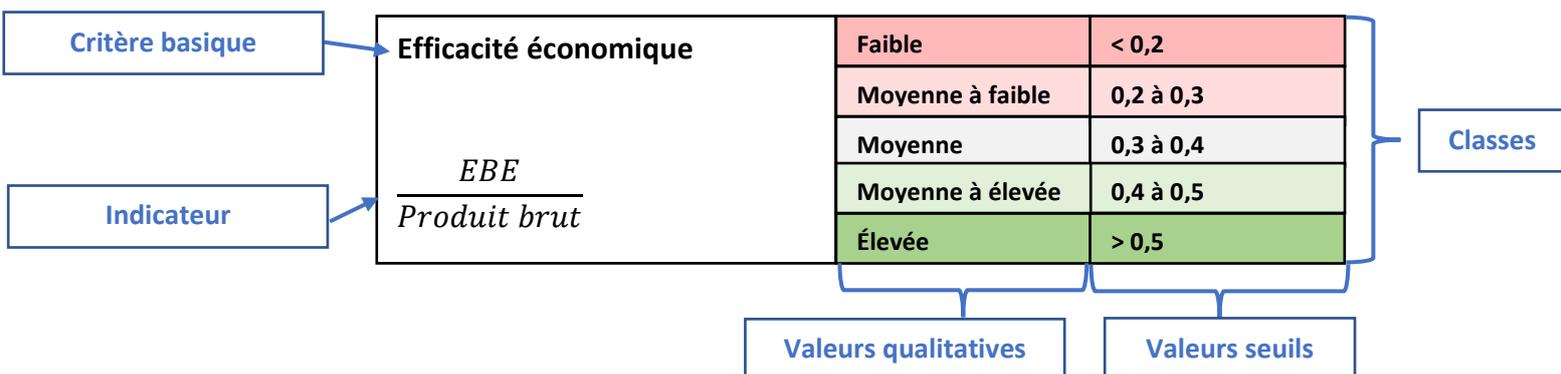


Figure 8 : Exemple d'un critère basique extrait du guide d'utilisation de l'outil.

Le modèle multicritère créé sous DEXi est en fait l'organisation de différents critères sous la forme d'un arbre hiérarchique (Fig 6.a et Fig 7). Il existe trois types de critère :

- Le critère racine est celui renseigné par l'agrégation de tous les autres critères (dans mon travail, il qualifie la durabilité et la résilience de l'exploitation).
- Les critères agrégés représentent les « nœuds de l'arbre » et sont renseignés par l'agrégation des critères de niveaux inférieurs grâce à des fonctions d'utilité (Fig 6.c et Fig 7). Les fonctions d'utilité prennent la forme d'un raisonnement qualitatif de type : « si le critère A est *Faible* et si le critère B est *Faible* alors le critère C (agrégé) est *Faible* ». C'est en renseignant chaque fonction d'utilité que l'on attribue un poids à chaque critère dans l'arbre hiérarchique (pondération).
- Les critères basiques représentent les « feuilles de l'arbre » et sont situés aux extrémités de celui-ci. Chaque critère basique est renseigné par un indicateur, qualitatif ou quantitatif, auquel on attribue des « valeurs seuils ». Par exemple, pour évaluer la rentabilité (Critère agrégé) d'une exploitation, on retrouve souvent un critère « d'efficacité économique » (Critère basique) renseigné par un indicateur de type : Excédent Brut d'Exploitation (EBE) / Produit Brut, auquel on attribue des « classes » basées sur les valeurs seuils afin de classer les exploitations (Fig.8).

3.3 Finalités et méthodologie de détermination, des indicateurs et des valeurs seuils

L'outil a été conçu pour réaliser des évaluations *a posteriori* à des fins de diagnostic, en le dotant d'une relative généricité pour ne pas restreindre son utilisation à un seul type d'exploitation bovins lait. Cette généricité m'a donc conduit à choisir des critères couvrant tous les aspects possibles d'exploitations bovin lait (par exemple, quelque soit le type de rationnement des animaux d'élevage, quelque soit la production végétale, etc.). Les indicateurs proposés ne nécessitent pas de mesures sur le terrain mais s'appuient sur la description des pratiques d'élevages, des pratiques culturelles et des documents de gestion (ce sont principalement des indicateurs de moyens). On retrouve trois types d'indicateurs : (1) les indicateurs de pratiques qui représentent la majeure partie des indicateurs (Fertilisation, rotation, prélèvements d'eau, IFT, etc.) ; (2) les indicateurs d'état (EBE, produit brut, pénibilité du travail, etc.) ; et (3) les indicateurs d'émissions (émissions de CO₂, CH₄). Ces indicateurs sont déterminés en fonction de plusieurs principes, ils doivent être : facilement mis en œuvre ; pertinents ; compréhensibles pour les utilisateurs non spécialistes ; relativement sensibles aux variations ; adaptés aux objectifs d'évaluation ; reproductibles ; applicables en exploitation bovins lait (Girardin et al., 2005). Une particularité de l'outil créé est que, dès lors que l'on s'intéresse à la résilience, certains critères sont renseignés par des indicateurs traduisant une dynamique du système évalué : ces indicateurs nécessitent des données sur plusieurs années.

Tableau 4 : Concordance de la perception de la durabilité d'une exploitation agricole par les 7 agriculteurs de l'atelier participatif et des propriétés identifiées dans la littérature.

Propriétés de l'exploitation agricole durable	Notions clés d'après des éleveurs du CEDAPA
Viabilité	Permettre de « gagner sa vie »
	Autonomie alimentaire
Vivabilité	Vivable pour « les autres » (consommateurs, famille, etc.)
	Permettre un certain degré d'épanouissement au travail
Reproductibilité	Préserver l'environnement (minimiser l'impact et être économe)
Transmissibilité	Doit être transmissible
Ancrage territoriale	Cohérence entre les activités et fourniture d'aliments locaux
Responsabilité sociétale	Bien-être animal
	Sociétalement acceptable
	Participer « l'effort que doit faire la société »

Tableau 5 : Concordance de la perception de la résilience d'une exploitation agricole par les 7 agriculteurs de l'atelier participatif et des propriétés identifiées dans la littérature.

Propriétés de l'exploitation agricole résiliente	Notions clés d'après des éleveurs du CEDAPA
Capacité tampon	Capacité à résister à une perturbation
	Capacité de retour à un état initial après perturbation (et temps de retour)
	Stock de ressources (tampon)
Capacité d'adaptation	Capacité d'adaptation
	Capacité et liberté de décision
	Apprentissage
Capacité de transformation	Transformabilité
	Transmissibilité

3.4 Une étape essentielle pour la mise en œuvre de l'outil : la pondération

La pondération (par le renseignement des fonctions d'utilité) est une étape essentielle puisqu'elle va déterminer l'importance relative de chaque critère dans l'évaluation. La pondération peut être réalisée en fonction de résultats connus montrant que tel critère est plus important qu'un autre ou sur la base d'un jugement, elle relèvera alors d'une certaine subjectivité liée à la vision du concepteur. Si aucun élément ne permet de montrer ou de juger de l'importance d'un critère par rapport à un autre, alors nous pouvons donner la même pondération à chacun des critères. Enfin, il est possible d'attribuer une pondération faible à un critère jugé important si l'impact de celui-ci est encore inconnu ou si l'un des critères agrégés dans celui-ci ou indicateur associé est discutable.

Afin de valider la pondération proposée dans ce travail et juger de la pertinence des classes des différents critères, des analyses statistiques ont été réalisées grâce à IZIEval et en mobilisant le logiciel R :

- La première analyse permet le calcul d'un indice de sensibilité (« Sensitivity Index ») qui traduit le poids relatif de chaque critère basique dans l'évaluation du critère racine. Il estime la contribution moyenne de chaque critère basique dans la variance du critère racine. Plus cet indice est élevé, plus le critère considéré a de poids dans l'évaluation du critère racine. Cet indice est, de ce fait, directement lié à la pondération attribuée lors de l'agrégation des critères et à la profondeur de ceux-ci dans l'arborescence.
- La deuxième analyse est l'analyse de Monte Carlo (« Monte Carlo analysis »). Elle permet de tester un grand nombre de scénarios, chacun correspondant à une combinaison possible d'évaluation des critères. Il simule la probabilité d'atteindre chaque classe de critère agrégé en réalisant un grand nombre de tirages aléatoires (5000 dans notre cas) sur les valeurs prises par les critères basiques sachant que les valeurs prises par les critères basiques sont équiprobables. Il permet donc d'observer la fréquence d'apparition de chaque classe de critère agrégé, jusqu'au critère racine.

4 RESULTATS

4.1 Le cadre conceptuel et le cadre opérationnel développés

Afin d'évaluer conjointement la durabilité et la résilience, une identification des propriétés d'une exploitation « durable et résiliente » sur une analyse de la littérature a été réalisée (cf. partie 2), l'identification des propriétés s'est également basée sur ce qui a résulté de l'atelier participatif. Les propriétés désignent qualités propres qu'un système se doit de posséder pour être qualifié de durable et résilient. Les propriétés de l'exploitation durable sont au nombre de 6 et compte la viabilité, la vivabilité, la transmissibilité, la reproductibilité, l'ancrage territorial et la responsabilité sociétale. Tandis que les propriétés de l'exploitation résiliente sont au nombre de trois et compte la capacité tampon, l'adaptabilité et la transformabilité (cf. partie 2). Ces propriétés issues de la littérature se devaient également de correspondre au besoin d'évaluation, c'est-à-dire à la vision et aux attentes des éleveurs du CEDAPA (Tab. 4 et Tab. 5).

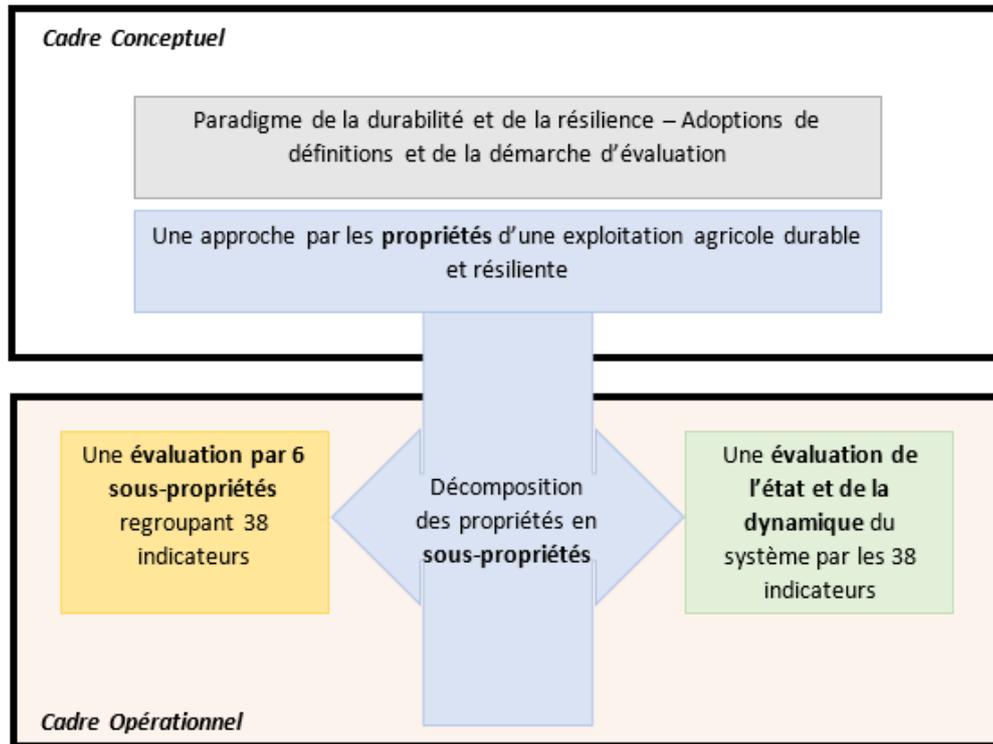


Figure 9 : Représentation du cadre conceptuel et du cadre opérationnel et utilisés pour la construction de l'outil d'évaluation de la durabilité et de la résilience.

Cependant certaines de ces propriétés sont plus ou moins liées voire corrélées, c'est-à-dire que certaines d'entre elles présentent un certain degré de chevauchement dans leurs évaluations. Par exemple, la rentabilité d'une exploitation va accroître sa viabilité économique, elle peut également accroître la vivabilité en dégagant un revenu disponible plus important et donc une meilleure rémunération du personnel de l'exploitation. Une bonne rentabilité va également permettre de constituer des stocks de trésorerie mobilisable en cas de nécessité et donc promouvoir la capacité tampon (achat d'aliments, réparations, etc.) ou promouvoir la capacité d'adaptation (investissement dans du nouveau matériel, aménagements, etc.), etc. C'est pourquoi les propriétés ont été décomposées en sous-propriétés (présentées en partie 4.2.1), distinctes les unes des autres, recouvrant l'intégralité des propriétés définies afin de répondre aux exigences d'évaluation et de limiter la redondance (Fig. 9). Cette approche construit le choix des indicateurs par rapport à leurs capacités à qualifier les sous-propriétés.

4.2 Présentation de l'outil :

L'outil développé doit évaluer conjointement la durabilité et la résilience des exploitations bovines lait en France métropolitaine (voire en Europe) et permettre, entre autres : (1) d'identifier des voies d'amélioration vers des systèmes plus durables et plus résilients ; et (2) de comparer les exploitations entre elles. L'outil repose sur 38 critères répartis en 6 branches correspondant chacune à une des sous-propriétés d'une exploitation durable et résiliente. Une représentation de l'arbre d'évaluation, comprenant tous les critères et indicateurs mobilisés est présentée en figure 10.

Dans le temps imparti pour ce travail et compte-tenu du partenariat établi avec le CEDAPA, un certain nombre de valeurs seuils ont été déterminées à partir des seules références bretonnes (ou du Grand Ouest de la France) et nécessiteront d'être adaptées si l'outil est utilisé dans d'autres régions (je précise plus bas les valeurs seuils génériques et celles devant être adaptées localement). Ce choix de valeurs seuils adaptées à un contexte local s'explique par la volonté de prendre en compte des éléments du milieu pouvant avoir une incidence sur la durabilité et la résilience des exploitations, par exemple la diversité des potentialités des milieux.

Attribute tree

Attribute	Description
Durable et résilient	
Ancrage territorial	
Implication dans la vie professionnelle agricole du territoire	temps passé en j/an
Contribution à l'emploi	
Nombre d'emploi	SAU / UTH
Volume de production par actif	Litre de lait livré / UTH lait en % de la référence
Rémunération du travail	Résultat social / ha / ref RICA selon OTEX
Condition de travail	Cf. guide
Valorisation des produits et ressources locales	
Approvisionnement local	Achat local / achat total
Vente locale	% chiffre d'affaires en vente locale
Gestion et préservation de l'agro-écosystème	
Gestion des ravageurs, maladies et adventices	
IFT global de l'exploitation	IFT
Risque d'antibiorésistance	nb traitement antibiotique / vache / an
Maintien de la qualité du sol et des eaux	
Risque de pollution azotée	System N balance (SyNB en kg N / ha / an)
Risque phosphore	cf. tableur Excel
Gestion de la ressource en eau	Cf. guide
diversification génétique	
Diversité globale cultivée	$1 / \text{somme} (\text{surface sp } i / \text{SAU})^2$
Diversité globale animale	$1 / \text{somme} (\text{effectif race } i / \text{effectif total})^2$
Infrastructures agroécologiques IAE	SET/SAU - Cf. Excel
Viabilité économique	
Transmissibilité	Capital d'exploitation (hors foncier) / UTH
Sensibilité de l'efficacité économique (EE)	EE année difficile / EE moy
Performance technico-économique	
Performance de la main d'oeuvre	VA / UTH
Efficacité économique (EE)	EBE / produit brut
Diversification des activités	
Diversité globales des activités	$1 / \text{somme} (\text{nb d'activité } i / \text{nb total d'activité})^2$
Taux de spécialisation commerciale	Client ou marché le plus important / produit de l'activité
Autonomie	
Autonomie en intrants	
Autonomie en concentrés de l'élevage	$100 - 100 * (\text{MS achetée} / \text{MS consommée})$
Autonomie azotée du SdC	N importé et épandu / total N épandu + fixé
Dépendance en phosphore NR	kg P2O5 NR / ha / an
Perte d'autonomie fourragère en année difficile (AF)	AF moyenne - AF année difficile
Autonomie financière	
Engagement financier	EBE/annuités
Sensibilité aux aides	Aides directes / EBE
Autonomie Décisionnelle	Cf. guide
Marge de manoeuvre	
Marge de manoeuvre humaine	
Polyvalence de la main d'oeuvre	cf guide
Flexibilité du temps de travail	cf guide
Marge de sécurité	
Stock fourrage	mois de consommation
Trésorerie	écart à l'équilibre (€/1000L)
Responsabilité sociétale	
bien être animal	
Modalités de réforme	Age de la réforme
Condition de vie	Nombre de jours de pâturage par an / VL
Performance nouricière	pers. nourries / ha / an - Cf tableur Excel
Participation aux enjeux environnementaux	
Consommation énergétique non produite sur l'exploitation	Total EQF / ha SAU - Cf tableur Excel
Bilan carbone	
Emissions GES	Total TeqCO2 / ha SAU - Cf tableur Excel
Potentiel de stockage Carbone	% des émissions de GES - Cf tableur Excel

Figure 10 : Arbre d'évaluation sous DEXi et indicateurs

SAU (Surface Agricole Utile) ; UTH (Unité de Travail Humain) ; RICA (Réseau d'Information Comptable Agricole) ; OTEX (Orientation Technico-Économique des eXploitations agricoles) ; IFT (Indice de Fréquence de Traitements phytosanitaires) ; SET (Surface Équivalent Topographique) ; VA (Valeur Ajoutée) ; EBE (Excédent Brut d'Exploitation) ; EQF (Équivalent Fuel) ; GES (Gaz à Effet de Serre)

4.2.1 Définitions des sous-propriétés :

4.2.1.1 Ancrage territoriale

L'ancrage territorial est défini comme un « processus de valorisation, de préservation et de production des ressources spécifiques [d'un] territoire » (Gafsi, 2006). L'exploitation est actrice du développement du territoire dans lequel elle existe de par sa capacité à participer à la dynamique économique locale et de par le développement du capital humain. L'ancrage territorial caractérise alors la nature des liens entre l'exploitation et son territoire, ses habitants et ses acteurs (Zahm et al., 2015). En participant au développement du territoire, l'exploitation agricole a la capacité d'en accroître la durabilité, un déterminant de sa propre durabilité. Une exploitation ancrée dans son territoire présente de forts liens avec celui-ci, notamment un haut degré d'organisation des agriculteurs, des consommateurs et des autres parties prenantes. Ces liens sont alors facteurs de résilience, par exemple, le capital humain, autrement dit, les ressources sociales telles que les connaissances, les compétences et l'expérience qui peuvent être mobilisées par le biais de relations sociales et de l'appartenance à des réseaux sont susceptibles de contribuer à la résilience globale du système à long terme (Cabell et Oelofse, 2012). Dans le processus d'évaluation, une exploitation ancrée dans son territoire est une exploitation qui (1) contribue à la génération d'emploi sur l'exploitation ; (2) contribue à la génération d'emploi sur le territoire par de l'approvisionnement et de la vente locales ; et (3) participe à la vie professionnelle agricole (groupes d'échanges, formations, etc.).

4.2.1.2 Gestion et préservation de l'agroécosystème

L'exploitation doit favoriser des écosystèmes sains par une gestion durable du sol, de l'eau et des autres ressources naturelles. Dans l'outil, cette capacité de gestion durable est évaluée par des indicateurs essentiellement agronomiques. La gestion de la préservation des agroécosystèmes est alors évaluée par les pratiques de gestion des bioagresseurs au travers de (1) l'IFT (Indice de Fréquence de Traitement phytosanitaire) ; et (2) du risque d'antibiorésistance, deux enjeux majeurs faisant place à des plans nationaux (Plans Ecophyto et plans Ecoantibio respectivement). Un critère également évalué par sa capacité à maintenir la qualité des eaux et des sols en minimisant les risques environnementaux liés aux pollutions dues (1) à la lixiviation des nitrates ; et (2) aux transferts de phosphore vers les eaux de surface. Un critère de gestion de la ressource en eau est pris en compte afin de quantifier la sobriété de ses prélèvements dans un contexte de tensions de plus en plus fortes liées à son usage. Enfin un critère de diversification génétique est évalué avec (1) la diversité cultivée ; (2) la diversité animale ; et (3) les infrastructures agroécologiques. Cette diversification est présentée comme un levier d'action pour accroître la durabilité et la résilience des exploitations agricoles en favorisant l'autonomie et l'économie par la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires, d'eau, d'engrais, de traitement vétérinaire, etc. Et, par conséquent, les impacts environnementaux liés à leurs utilisations (Keichinger et al., 2021; Meynard et al., 2015; Sneessens, 2014). Chercher à promouvoir la durabilité environnementale c'est aussi accroître le potentiel de résilience des agroécosystèmes. Par exemple, des pratiques vertueuses, favorisant les auto-régulations écologiques, permettent de fournir des mécanismes de rétroaction qui rendent un système réactif et capable de s'adapter aux changements internes et externes ou encore d'assurer le maintien de la plupart des services écosystémiques (Cabell et Oelofse, 2012).

4.2.1.3 Viabilité économique

La viabilité économique est une condition élémentaire des systèmes durables et résilients. Elle implique la sécurisation des sources de revenus, des investissements raisonnables et un niveau de revenu et de trésorerie suffisants afin de faire face aux aléas des marchés, des aides et des impacts climatiques (Briquel et al., 2001 ; Perrin et al., 2020). La viabilité économique est ici évaluée d'une part au travers des performances technico-économiques de l'exploitation, c'est-à-dire au travers des ressources financières qu'obtient l'exploitation à partir de ses opérations de production (« *efficacité économique* ») et par la richesse créée par rapport à la quantité de travail incorporé au processus productif (« *performance de la main d'œuvre* »). D'autre part la sensibilité de la viabilité est prise en compte via la variation des résultats économiques de l'exploitation face aux aléas climatiques. Enfin, la transmissibilité économique est évaluée au travers de sa capacité à perdurer au fil des générations, sa capacité à rester dans des « dimensions humaines » afin de ne pas dissuader un potentiel repreneur (être attractive et repreneable économiquement).

4.2.1.4 Autonomie

L'autonomie représente la capacité à produire des biens et des services à partir de ses ressources propres (Zahm et al., 2015). Elle interroge la dépendance aux ressources externes du système (semences, engrais, aliments du bétail, mais aussi matériel ou encore le conseil technique, etc.). On distingue notamment l'autonomie en intrants, l'autonomie financière et l'autonomie décisionnelle. La recherche de l'autonomie a pris un essor considérable ces dernières années (Grolleau et al., 2014), elle peut être motivée par des raisons environnementales (couplage avec l'environnement), financières (réduire la sensibilité économique) ou sociales (être maître de ses décisions). Vilain (2008) présente l'autonomie comme une « clé de voûte » des systèmes agricoles durables, la recherche d'autonomie aurait alors des conséquences immédiates et positives sur l'environnement et le territoire. Elle est également un facteur majeur des systèmes résilients en promouvant leurs capacités à se transformer ou à s'adapter aux aléas (Cabell et Oelofse, 2012) d'ordres climatiques (par exemple les sécheresses), économiques (par exemple la variation du prix du lait) ou politique (par exemple une réforme de la PAC).

C'est pourquoi trois critères ont été établis : (1) l'autonomie en intrants évalué par l'autonomie alimentaire de l'élevage en moyenne et en année climatique « difficile » et par la dépendance des systèmes de cultures en fertilisants azotés et en phosphore non renouvelable ; (2) l'autonomie financière évaluée par l'engagement financier de l'exploitation (traduit sa capacité à s'autofinancer) et par la sensibilité aux aides directes ; (3) l'autonomie décisionnelle qui évalue la capacité de l'agriculteur à exercer un certain contrôle dans les prises de décision, la liberté d'action au travers d'une auto-évaluation dirigée.

4.2.1.5 *Marge de manœuvre*

Les marges de manœuvre ne sont pas les mêmes d'une exploitation à l'autre, d'une région à l'autre, et dépendent du niveau d'optimisation initial. Elles renvoient à des niveaux de performances en deçà de l'optimum afin de à préserver une flexibilité opérationnelle du système vis-à-vis des aléas. Les marges de manœuvre désignent alors le développement de ressources potentiellement utiles, pas forcément mobilisées mais mobilisables. Elles rejoignent le concept de « redondance optimale » au sens de Cabell et Oelofse (2012) qui désigne la présence d'unités « superflues » qui présentent un certain degré de chevauchement fonctionnel au sein du système. La marge de manœuvre fournit alors une assurance en permettant à certaines unités de compenser la perte ou la défaillance d'autres unités. Elle est, de ce fait, facteur de résilience bien que pouvant réduire l'efficacité du système car elle nécessite un investissement qui ne sera peut-être jamais utile et qui occupe un espace précieux ou des ressources précieuses (Rigolot et al., 2019).

Cette sous propriété évalue donc la capacité de l'exploitation à créer ou mobiliser des ressources essentielles en cas de risques de défaut d'approvisionnement ou de fonctionnement de ses productions. Dans les critères retenus, on retrouve (1) la marge de sécurité avec un stock de fourrage qui permet la sécurité alimentaire du troupeau et une trésorerie suffisante afin d'avoir une capacité d'investissement et des possibilités de réaction face aux aléas ; (2) la marge de manœuvre humaine au travers de la polyvalence de la main d'œuvre (flexibilité fonctionnelle) et de la flexibilité du temps de travail (flexibilité opérationnelle).

4.2.1.6 *Responsabilité sociétale*

La responsabilité sociétale est directement inspirée de la Responsabilité Sociale des Entreprises (RSE) qui est défini comme « la contribution des entreprises au développement durable » (Quairel et Capron, 2013). Elle prend en compte la participation de l'exploitation agricole aux enjeux sociétaux en dépassant le caractère « autocentré » de l'exploitation vers des échelles et niveaux d'organisations plus englobants : de l'exploitation au monde. Elle renvoie aux effets des activités de l'exploitation sur la qualité de vie et sur les enjeux globaux tels que le changement climatique ou la sécurité alimentaire. Elle est évaluée au travers du bien-être animal, identifié comme une demande sociétale qui s'est fortement développée au travers l'accroissement des connaissances scientifiques sur la sensibilité des animaux et de l'élaboration et/ou de l'évolution de la réglementation. Mais elle est surtout évaluée par la participation de l'exploitation à des enjeux globaux et majeurs tels que subvenir aux besoins alimentaires humains quand la FAO prévoit une augmentation de la demande alimentaire mondiale de 50 % d'ici 2050 ; tels que les émissions de GES quand la stratégie nationale bas carbone vise une réduction de près de 46 % des émissions de GES entre 2015 et 2050 (Ministère en charge de l'écologie, 2020) ou encore tels que le stockage carbone quand l'accord de Paris stipule qu'il faut atteindre la neutralité carbone d'ici la seconde moitié du 21^{ème} siècle afin de limiter le changement climatique en deçà de + 2°C.

Attribute	Local	Global
Durable et résilient		
Ancrage territorial	5	5
Implication dans la vie professionnelle agricole du territoire	22	1
Contribution à l'emploi	48	2
Nombre d'emploi	33	1
Volume de production par actif	17	0
Rémunération du travail	22	1
Condition de travail	28	1
Valorisation des produits et ressources locales	30	2
Approvisionnement local	50	1
Vente locale	50	1
Gestion et préservation de l'agro-écosystème	31	31
Gestion des ravageurs, maladies et adventices	26	8
IFT global de l'exploitation	59	5
Risque d'antibiorésistance	41	3
Maintien de la qualité du sol et des eaux	27	8
Risque de pollution azotée	40	3
Risque phosphore	60	5
Gestion de la ressource en eau	18	6
diversification génétique	29	9
Diversité globale cultivée	33	3
Diversité globale animale	33	3
Infrastructures agroécologiques IAE	33	3
Viabilité économique	37	37
Transmissibilité	10	4
Sensibilité de l'efficacité économique	24	9
Performance technico-économique	49	18
Performance de la main d'oeuvre	33	6
Efficacité économique	67	12
Diversification des activités	17	6
Diversité globales des activités	57	3
Taux de spécialisation commerciale	43	3
Autonomie	11	11
Autonomie en intrants	40	4
Autonomie en concentrés de l'élevage	25	1
Autonomie azotée du SdC	25	1
Dépendance en phosphore NR	25	1
Perte d'autonomie fourragère en année difficile	25	1
Autonomie financière	20	2
Engagement financier	68	1
Sensibilité aux aides	32	1
Autonomie Décisionnelle	40	4
Marge de manoeuvre	8	8
Marge de manoeuvre humaine	31	3
Polyvalence de la main d'oeuvre	37	1
Flexibilité du temps de travail	63	2
Marge de sécurité	69	6
Stock fourrage	50	3
Trésorerie	50	3
Responsabilité sociétale	8	8
bien être animal	26	2
Modalités de réforme	50	1
Condition de vie	50	1
Performance nouricière	23	2
Participation aux enjeux environnementaux	51	4
Consommation énergétique non produite sur l'exploitation	37	2
Bilan carbone	63	3
Emissions GES	63	2
Potentiel de stockage Carbone	38	1

Figure 11 : Arborescence d'évaluation et poids relatif des différents critères dans leur nœud d'agrégation (« local ») et dans l'évaluation globale (« global »).

4.2.2 Compléments pour utiliser l'outil

Un guide d'utilisation a été réalisé afin de faciliter l'utilisation de l'outil. Ce guide contient la justification du choix de tous les critères de niveau 1 et de tous les critères basiques et indicateurs associés. Il présente également l'explications des calculs des indicateurs en spécifiant les particularités de chacun et explique comment ont été déterminé les valeurs seuils (cf. Annexe 1).

Un tableur Excel est également mis à disposition, il contient le guide d'entretien et les feuilles de calculs de certains indicateurs (notés « cf. tableur Excel » en figure 10).

Enfin, un questionnaire et la liste des documents à préparer pour l'entretien sont fournis avec l'outil.

4.3 Analyse statistique de l'outil par IZIEval

La Figure 11 présente l'arborescence DEXi et le poids relatif de chaque critère, de manière « local », c'est-à-dire dans son nœud d'agrégation, et de manière globale, c'est-à-dire, par rapport au critère racine. L'indice de sensibilité est utilisé en complément des résultats DEXi (Fig. 12). En ce qui concerne les critères basiques, une grande hétérogénéité est observée dans le poids relatif de chaque critère sur le critère racine, les critères agrégés dans « gestion et préservation de l'environnement » et ceux agrégés dans « viabilité économique » présentent un poids bien supérieur à tous les autres dans l'évaluation. Cela conforte deux hypothèses fortes de travail selon lesquelles une exploitation économiquement non viable et ayant un trop grand impact sur l'environnement ne peut en aucun cas s'approcher de près ou de loin de la durabilité et de la résilience. Néanmoins, ces deux sous-propriétés représentent à elles seules, 68 % de l'évaluation finale et risquent de trop fortement « diluer » l'information apportée par les autres branches de l'outil. De même, le critère basique « efficacité économique » représente à lui seul, 12 % de l'évaluation finale. Ces résultats suggèrent de revoir la pondération adoptée.

En parallèle, et de manière complémentaire, l'analyse de Monte Carlo (Fig. 12) présente la fréquence d'apparition de chaque classe de chaque critère. En général on cherchera à ce que les classes de chaque critère suivent une distribution gaussienne qui peut être légèrement décalée pour avoir des classes qui discriminent correctement les exploitations entre elles et qui valorisent les meilleures classes en les rendant « plus difficiles d'accès ». L'interprétation de cette analyse doit être réalisé en fonction des hypothèses de travail, cinq possibilités sont alors à envisager :

- Une classe possède une distribution nulle, elle sera alors supprimée.
- La distribution des classes suit une distribution gaussienne, ou une distribution gaussienne légèrement décalée, correspondant à l'attente d'évaluation. Cette situation correspond aux critères « Ancrage territorial », « Contribution à l'emploi », « Valorisation des produits et ressources locales », « Gestion et préservation des agroécosystèmes », « Performances technico-économiques », « Autonomie en intrants », « Autonomie financière » et « Marge de manœuvre humaine ».

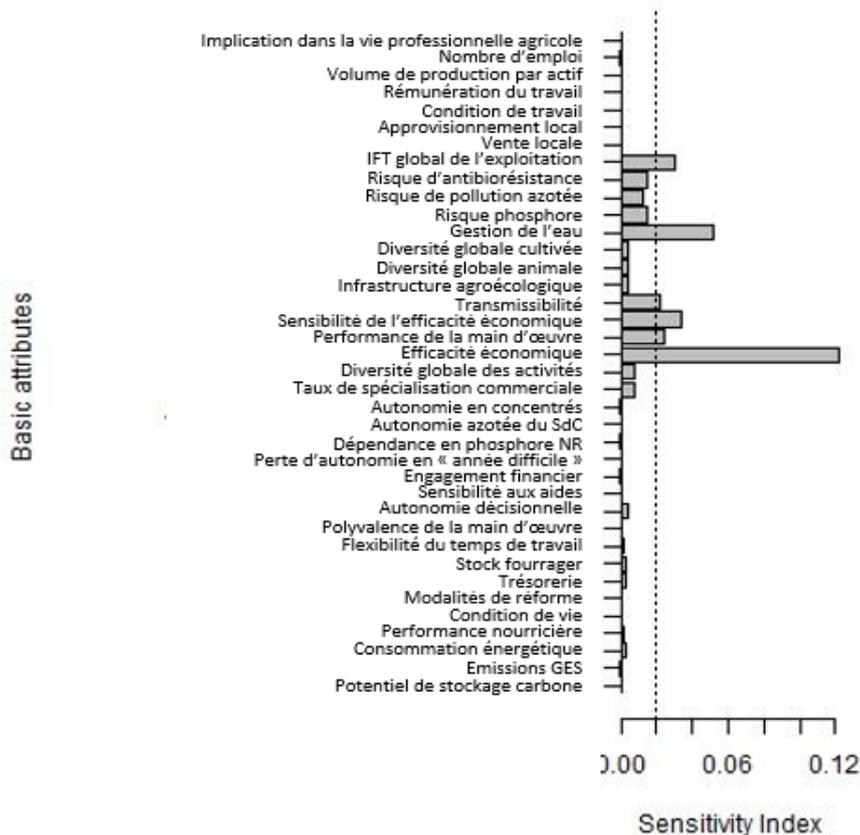


Figure 12 : Représentation de l'indice de sensibilité pour chaque critère basique

Durable et résilient				
0,7326	0,107	0,115	0,037	0,0084

Ancrage territorial		
0.3166	0.5212	0.1622
Comtribution à l'emploi		
0.3356	0.4878	0.1766
Valorisation des produits et ressources locales		
0.1904	0.6192	0.1904

Gestion et préservation de l'agroécosystème		
0.4950	0.4114	0.0936
Gestion des ravageurs maladies et adventices		
0.3724	0.3074	0.3202
Qualité du sol et des eaux		
0.5836	0.3364	0.0800
Diversification génétique		
0.1536	0.6860	0.1604

Responsabilité sociétale		
0.5420	0.3288	0.1292
Bien-être animal		
0.3342	0.3266	0.3392
Participation aux enjeux environnementaux		
0.5042	0.3068	0.1890
Bilan carbone		
0.1900	0.4254	0.3846

Viabilité économique		
0.5172	0.3102	0.1726
Performance technico-économique		
0.3592	0.3664	0.2744
Diversification des activités		
0.4332	0.3126	0.2542

Autonomie			
0.3372	0.6570	0.0058	
Autonomie en intrants			
0.1068	0.4930	0.3686	0.0316
Autonomie financière			
0.3174	0.4338	0.2488	

Marge de manœuvre			
0.4146	0.3464	0.2390	
Marge de manœuvre humaine			
0.2396	0.1788	0.4552	0.1264
Marge de sécurité			
0.3320	0.3280	0.3400	

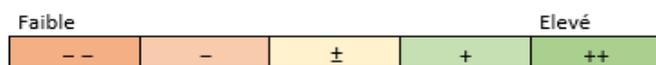


Figure 13 : Représentation des résultats de l'analyse de Monte Carlo.

Sont représentés (i) tous les critères agrégés de niveau 1 sur fond gris ; (ii) tous les critères agrégés de niveau 2 et 3 sur fond blanc ; (iii) et le critère racine « durable et résilient ». Chaque valeur correspond à la fréquence d'apparition de la classe correspondante.

- La distribution des classes est plus ou moins équiprobable, c'est le cas pour les critères « Gestion des ravageurs, maladies et adventices », « Bien-être animal » et « Marge de sécurité ». Il serait ici préférable de discriminer un peu plus les exploitations se retrouvant dans les meilleures classes en revoyant soit les fonctions d'utilités de ces critères, soit en rajoutant une classe.

- Une des classes « extrêmes » ou les classes « extrêmes » ont une très faible fréquence d'apparition mais ne sont pas supprimables pour respecter un minimum de 3 classes par critère, un rééquilibrage des fonctions d'utilités s'impose. Cela vaut aussi dans le cas où les classes « intermédiaires » sont sous représentées. Cette situation se présente pour les critères de « Diversification génétique », d'« Autonomie », et de « Bilan carbone »

- Enfin, la dernière possibilité est un déséquilibre volontaire basé sur des hypothèses de travail, à l'image des « seuils de veto ». En général, la distribution recherchée de ces classes ressemblent à une distribution inverse-gaussienne et dans ce cas, il faudra veiller à ce que chaque classe soit tout de même atteignable. De nombreux critères correspondent à cette possibilité : « Durable et résilient », « Gestion et préservation de l'agroécosystème », « Qualité du sol et des eaux », « Responsabilité sociétale », « Participation à des enjeux environnementaux globaux », « Viabilité économique », « Diversité des activités » et « Marge de manœuvre ». Néanmoins, certaines classes sont peut-être trop discriminantes, incorporant ainsi trop peu voire aucune exploitation, c'est le cas pour le critère racine « Durable et résilient » où 73% des simulations aboutissent à une l'évaluation « Pas durable et résilient », il est alors nécessaire de réduire le nombre de classes et/ou revoir les fonctions d'utilités.

Tableau 6 : Présentation des deux exploitations enquêtées

	Ferme A	Ferme B
Ateliers	Lait Arboriculture : jus de pomme et cidre	Lait
Surface	44 ha	85 ha
UTH	2	2
Troupeau	56,9 UGB	80,6 UGB
Chargement	2,0 à 2,3 UGB/ha	0,9 à 1,0 UGB/ha
Volume de production	307425 L 5700 L / vache	221695 L 3500L/ vache
Surface pâturées	25 à 30 ha	75 ha
Surface de fauche	10 ha	10 ha
Autres surfaces	4 à 6 ha de maïs ensilage 1 à 2 ha de méteil : céréales protéagineux (avoine, blé, pois, féverole) 2 ha de vergers	15 ha de forêt
Temps travail moyen	60 h / semaine hors pointe	40 h /semaine hors pointe (monotraite)
Stratégie	Diversification Autonomie alimentaire	Micro-BA Autonomie

4.4 *Test de l'outil : l'évaluation des exploitations est-elle cohérente avec les stratégies des exploitants ?*

4.4.1 *Présentation des deux exploitations pour le test*

Les deux exploitations, sur lesquelles l'outil a été testé sont adhérentes au CEDAPA, présentent des systèmes en agriculture biologique et très herbagers donc, basés sur la production d'herbe par les prairies. À ma connaissance, ce sont des exploitations peu communes qui se démarquent par les stratégies adoptées et par une recherche d'autonomie plus ou moins marquée, notamment par la valorisation des prairies par le pâturage et une implication forte dans des groupes d'échange (ou formations). Les caractéristiques de ces exploitations sont présentées dans le tableau 6.

L'exploitation A est une exploitation en phase d'installation après une reprise de la ferme en 2019. Les exploitants ont gardé le système qui était en place avec peu d'évolution. Ils ont une stratégie basée d'une part sur la diversification des activités en combinant un atelier lait et un atelier arboricole de production de cidre et de jus de pomme et d'autre part sur la diversification commerciale en fournissant un glacier en lait toute l'année en plus de fournir un organisme de collecte. Les autres éléments importants de leur stratégie sont : exploitation de prairies à rendement élevé (8,2 t / ha / an) pour l'alimentation du troupeau laitier ; externalisation des génisses afin d'abaisser le chargement à l'hectare.

L'exploitation B est en fin de phase installation qui a été faite en 2018. Les exploitants réalisent des vêlages groupés de printemps. L'exploitation possède une stratégie très marquée de réduction des charges en adaptant sa production pour rester dans un régime fiscal de micro-bénéfice agricole mais également par une autonomie très forte liée au système 100 % herbager et à la valorisation du pâturage toute l'année.

4.4.2 *Résultats de l'évaluation*

Une représentation globale de tous les critères est proposée dans les figures 14 et 15 ; une représentation sous forme de radar est proposée en figures 16 et 17.

La ferme A est évaluée, par l'outil créé pendant ce stage, « Assez durable et résiliente » (4/5). Elle possède une forte viabilité économique avec une efficacité économique moyenne mais stable d'une année à l'autre. C'est une exploitation qui sécurise un revenu en possédant plusieurs activités de vente (Lait, jus de pomme, cidre et viande) et qui génère un flux de trésorerie positif et assez élevé. Néanmoins, la vente de lait représente près de 80 % du chiffre d'affaires, un chiffre d'affaires produit par la vente à un organisme de collecte (plus de 90% du volume vendu) et à un glacier local (achat au détail et à un prix plus élevé), ce qui rend l'exploitation potentiellement vulnérable aux fluctuations du prix du lait. Cette exploitation est très autonome via la valorisation du pâturage presque toute l'année, cependant c'est une exploitation qui achète une partie des fertilisants organiques épandus, une partie de la paille nécessaire aux aires paillées. Le critère « responsabilité sociétale » est moyennement évalué en raison d'un bilan carbone assez élevé principalement due aux émissions de méthane liées au troupeau et d'une performance nourricière faible malgré l'objectif de production des exploitants. C'est aussi une exploitation qui est évaluée moyennement sur sa capacité à préserver l'agroécosystème et ceux, malgré les surfaces en prairies en raison d'une balance azotée élevée.

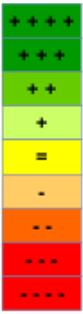


Figure 14 : Représentation globale des résultats de l'exploitation A.

La ferme B est évaluée « durable et résiliente ». Néanmoins, elle présente une évaluation moyenne pour le critère « responsabilité sociétale » en raison de son volume de production à l'hectare bien inférieur par rapport à la plupart des exploitations française en système bovin-laitier. En effet, une vache laitière produit, en moyenne, en France, entre 6000 et 7000 L / an (IDELE, 2019) quand une vache de cette exploitation produit 3500 L / an : cela est la conséquence de la stratégie des exploitants d'adaptation des volumes de production pour rester en deçà d'un certain chiffre d'affaires (micro-bénéfice agricole). La « viabilité économique » possède également une évaluation moyenne en raison de la mauvaise évaluation de la « diversité des activité » et de la « sensibilité de l'efficacité économique ». Cela est due au fait que l'exploitation ne possède qu'une réelle activité qui est la production de lait et qu'elle a un EBE ainsi qu'un produit brut qui varient assez fortement entre les années. Cependant, il est à noter que cette variation est liée avec le fait que l'exploitation était en phase d'installation et possédait des charges plus importantes sur les premières années, ce constat se fait également pour le critère « autonomie financière ». La viabilité économique peut être questionnée sur cette exploitation en raison de son faible volume de production, pourtant elle bénéficie d'une bonne évaluation des « performances économiques » mais la stratégie des exploitants permet de réduire fortement les charges financières en valorisation le pâturage toute l'année. La durabilité environnementale est également questionnée sur cette exploitation, notamment du point de vue des émissions de GES, une empreinte méthane potentiellement élevée avec une exploitation possédant beaucoup d'animaux (80,6 UGB) et une faible production de lait (3500 L/VL/an). Mais l'outil donne une bonne évaluation environnementale (« gestion et préservation de l'agroécosystème ») et des émissions de GES qui, ramenées à l'hectare, sont relativement faible, une des raisons pourrait être le faible chargement. De plus, l'exploitation possède toutes ses surfaces en Surfaces d'Intérêt Ecologique (SIE) avec 85ha de prairies permanentes, l'équivalent de 54 ha de haies et 15 ha de forêt (non compris dans le calcul), ce qui assure un bon potentiel de stockage carbone et confère une bonne évaluation au critère « bilan carbone ».



Figure 15 : Représentation globale des résultats de l'exploitation B.

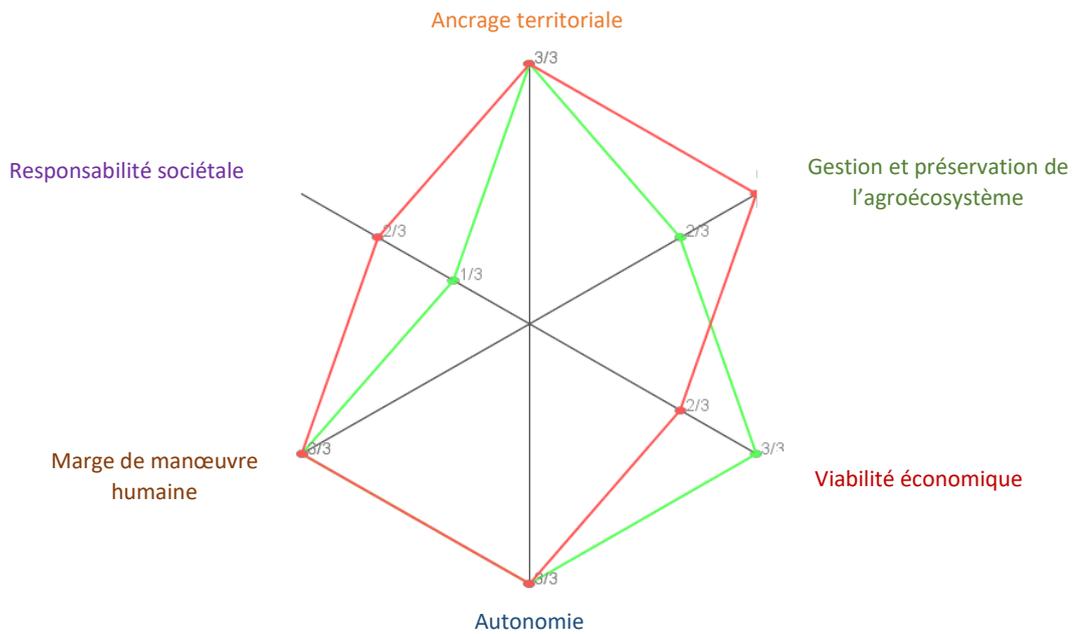


Figure 16 : Représentation en radar de l'évaluation des critères de niveau 1 de l'exploitation A (en vert) et de l'exploitation B (en rouge)

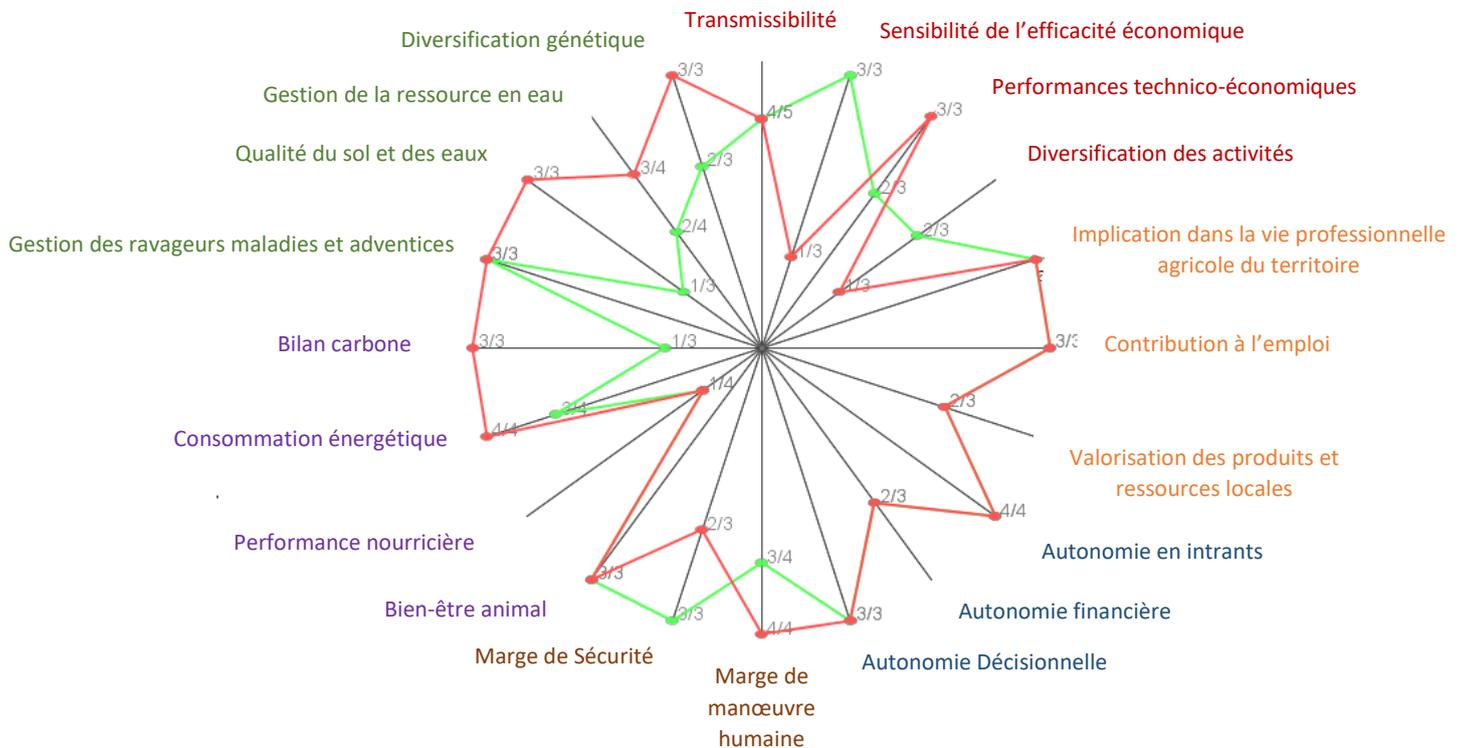


Figure 17 : Représentation en radar de l'évaluation des critères de niveau 2 de l'exploitation A (en vert) et de l'exploitation B (en rouge).

5 DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Le concept de résilience est un concept récent qui nécessite d'être davantage explicité. Appliquée aux systèmes agricoles et dans une démarche d'évaluation, associer la résilience et la durabilité reste un défi. Un défi qui s'illustre par l'élaboration d'un cadre méthodologique qui n'est pas un cadre que l'on retrouve communément dans la littérature. D'autant plus que l'évaluation conjointe des deux concepts appliqués aux systèmes de production agricole n'a, à ma connaissance, jamais été réalisé sans incrémenter de manière plus ou moins indirecte la résilience comme facteur de durabilité. Ce travail propose alors un cadre nouveau, basé sur la reconnaissance du concept de résilience comme un concept différent mais très fortement complémentaire à celui de la durabilité. L'outil développé devait alors être en mesure d'évaluer si les objectifs de durabilité sont atteints et s'ils sont maintenus face aux perturbations. Pour ce faire, un cadre méthodologique a été élaboré par la caractérisation des propriétés d'une exploitation durable et résiliente et leurs évaluations au travers d'une analyse multicritère afin de concilier les exigences d'évaluations des deux concepts. Malgré tout, des cadres d'évaluations similaires ou diamétralement opposés devront bientôt voir le jour en raison l'intérêt croissant de cette dernière décennie porté par la communauté scientifique pour le concept de résilience. De ce fait, les possibilités d'évaluations et la précision de celles-ci se verront probablement accrues ces prochaines années.

L'outil reste néanmoins en phase d'élaboration, il devra être soumis à un groupe d'expert afin de compléter et d'aller plus loin dans le processus d'amélioration entamé par les analyses de ce présent travail.

Concernant la structuration de l'outil, elle reste relativement complexe en raison du fait qu'elle s'établit sur 3 à 4 niveaux d'agrégation. L'analyse de sensibilité (Sensitive Index) a montré une trop forte hétérogénéité des critères basiques rendant certain de ces critères dérisoires dans l'évaluation et d'autres bien trop influent sur l'évaluation du critère racine. Il est pourtant important de garder ces critères même si ceux-ci n'ont que peu de poids dans l'évaluation afin de préserver l'exhaustivité de l'outil, le caractère « vaste » des concepts de durabilité et de résilience ne permet pas une réduction du nombre de critère. De plus, la fonction de l'outil n'est pas seulement de qualifier le degré de résilience d'une exploitation et sa position par rapport aux objectifs de durabilité, mais également de permettre aux utilisateurs de se questionner sur les différents éléments de leurs systèmes et d'identifier des leviers d'action, garder les critères qui n'ont que peu de poids est alors indispensable. Malgré tout, même si la pondération conforte certaines hypothèses de travail, une rééquilibrage de la pondération semble être nécessaire.

De même, l'analyse de Monte Carlo a également montré ce besoin de modification des fonctions d'utilité au niveau des critères agrégés afin de permettre une meilleure distribution des exploitations qui seront évaluées au sein des différentes classes des critères agrégés. La rééquilibrage peut aussi être réalisée par le remaniement du nombre de classes pour certains critères, soit par ajout d'une classe lorsque que ces critères possèdent 3 classes, soit par suppression d'une ou plusieurs classes lorsque ces critères en possèdent plus de 3. Dans tous les cas, l'outil nécessitera un grand nombre de cycle d'analyse de sensibilité avant d'être stabilisé.

Enfin, en lien avec la structuration, une limite rencontrée et qui présente une grosse faiblesse de l'outil est le grand nombre de règles de décision à définir lors de certaine agrégation, c'est notamment le cas pour le critère racine qui est renseigné par l'agrégation de 6 critères constitués de 3 classes chacun, ce qui représente un total de 729 règles de décision. Une restructuration de l'outil est alors recommandée pour augmenter la fiabilité et la qualité de celui-ci.

Cela peut se faire par la réduction du nombre de critère sur un nœud d'agrégation, c'est-à-dire en regroupant certains critères ensemble. C'est une méthode qui a déjà été employé dans ce travail, initialement un critère de niveau 1 (une sous-propriété) était la « *diversification* » (au niveau génétique et au niveau des activités de l'exploitations) mais afin de réduire le nombre de règles de décision, celle-ci a été divisée et incorporée au sein de la « *viabilité économique* » et de la « *gestion et préservation des agroécosystèmes* »

Concernant le contenu de l'outil, les tests sur les exploitations et le recul pris sur l'outil ont montré un besoin d'amélioration par des ajouts, des suppressions ou des modifications de certains critères, indicateurs ou seuils, une liste non exhaustive des problèmes identifiés et des pistes d'amélioration est fournie en Annexe II. Parmi les problèmes rencontrés, on distingue principalement : (1) les problèmes liés à la faisabilité des indicateurs en raison du degré d'accessibilité des données, par exemple un des indicateurs nécessite la consommation d'eau issu de prélèvement en distinguant les eaux souterraines et les eaux de surfaces, cependant la majeure partie des agriculteurs de Bretagne possèdent des forages ou des pompes individuels et sans compteur. Une des solutions envisagées est alors d'estimer, le plus précisément possible, les consommations issues de l'abreuvement du bétail, de l'irrigation et du nettoyage des bâtiments. (2) les problèmes liés aux caractéristiques des exploitations, par exemple la phase de développement de l'exploitation (installation, croisière ou transmission) influe fortement sur certains l'évaluation de certains critères, notamment sur l'« *Engagement financier* » qui prend en compte le poids des annuités or une exploitation en phase d'installation aura en général, un engagement financier important sans pour autant que cela nuise à sa durabilité ou à sa résilience. (3) les problèmes liés à la pertinence ou à la mesure de certains indicateurs, c'est le cas pour le critère « *Bilan carbone* » : il est difficile de quantifier le stockage carbone puisque bon nombre d'agriculteurs semblent ne réaliser des analyses de sol que rarement et en raison du manque de précision des indicateurs issus de la littérature permettant de quantifier ce stockage, ils se basent en effet, pour la plupart sur des valeurs moyennes nationales.

Enfin, une autre limite de ce travail est l'impossibilité de juger de la pertinence de la plupart des seuils proposés au regard du faible nombre d'exploitations échantillonnées. La situation où les valeurs-seuils délimitent des classes ne comprenant que peu voire aucune exploitation pourrait alors se présenter même si la majeure partie des valeurs-seuils sont issues d'études ou de références et, par conséquent, sont censées conférer une sensibilité satisfaisante aux indicateurs.

Cet outil devra être mis au regard des résultats de projets en lien avec la durabilité et la résilience, toujours dans une démarche d'amélioration. Je pense notamment à la publication de nouveaux outils ou méthodes tel que la version 4 d'IDEA qui donne une place importante à la résilience dans son processus d'évaluation mais qui se base sur une hypothèse différente de celle établi dans ce document, une hypothèse de la résilience comme une propriété de la durabilité, un sous ensemble de la durabilité. Ils parlent d'ailleurs de « *robustesse* » qu'ils définissent comme la « [...] capacité à s'adapter à différents types de fluctuations (environnementales, sociales, économiques), à des conditions nouvelles et à supporter des perturbations/chocs externes. Elle intègre de façon englobante les concepts de résilience, d'adaptation et de flexibilité pour signifier une continuité de l'exploitation à travers un changement plus ou moins global. Par social, on entend notamment l'environnement législatif et institutionnel » (Zahm et al. 2015). Je pense également à des projets comme CarSolEl (Construction d'une méthodologie et d'un référentiel sur les flux de carbone dans les Sols agricoles des territoires d'Élevages bovin) qui est basé sur la modélisation des flux de stockage/déstockage de carbone des sols agricoles et qui et qui pourrait fournir des références essentielles pour quantifier plus précisément la séquestration du carbone dans les sols des exploitations enquêtées.

6 CONCLUSION

Ce travail a, dans un premier temps, permis d'éclaircir la notion de résilience qui pris un essor considérable ces 20 dernières années dans la littérature scientifique en raison de l'occurrence de plus en plus importante et de l'intensité croissante des perturbations sur les systèmes agricoles. Il a également mis en lumière les tensions existantes entre les concepts de durabilité et de résilience et proposé une voie possible pour l'intégration conjointe des concepts de résilience et de durabilité dans un système d'évaluation. Afin de relever ce défi, l'élaboration d'un cadre méthodologique nouveau a été nécessaire, un cadre basé sur l'évaluation des propriétés qui rendent un système durable et résilient, des propriétés partagés ou non par les deux concepts. Cela n'avait, à ma connaissance, jamais été réalisé ni dans l'évaluation de la résilience où les cadres métrologiques semblables ne sont pas opérationnalisés, ni dans l'évaluation de la durabilité où les évaluations sont majoritairement structurées selon les trois dimensions du développement durable. Ce travail a donc conduit à la construction d'une analyse multicritère comportant 38 indicateurs réparties sur 6 branches et recouvrant les propriétés identifiées de l'exploitation durable et résiliente. Néanmoins, l'outil n'est pas encore prêt à l'emploi, il nécessite de nombreux ajustements. En effet, les analyses réalisées ont montré un besoin de modification d'un certain nombre de fonctions d'utilité, de remaniement des classes, de modification de la structuration de l'arborescence d'évaluation ainsi que d'amélioration du contenu (critères et indicateurs) afin d'affiner la précision de l'évaluation et d'accroître sa pertinence.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Auberger, J., Avadi, A., Chiffe, J., Corson, M., Labbé, T., Malnoë, C., Raimbert, V., Trochet, T., & Van Der Werf, H. M. G. (2016). Concepts, méthodes et outils pour l'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes agricoles. *La revue de l'association française d'agronomie*, 6(2), 219.
- Barbier, J. M., & Ridaura, S. L. (2010). *Evaluation de la durabilité des systèmes de production agricoles : Limites des démarches normatives et voies d'amélioration possibles*. 10.
- Bockstaller, C., Feschet, P., & Angevin, F. (2015). Issues in evaluating sustainability of farming systems with indicators. *OCL*, 22(1), D102. <https://doi.org/10.1051/ocl/2014052>
- Bonny, S. (1994a). Les possibilités d'un modèle de développement durable en agriculture; le cas de la France. *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, 23, 5-15.
- Bonny, S. (1994b). Les possibilités d'un modèle de développement durable en agriculture; le cas de la France. *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, 23, 5-15.
- Briquel, V., Vilain, L., Bourdais, J.-L., Girardin, P., & Mouchet, C. (2001). La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles) : Une démarche pédagogique. ... G, 11.
- Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future—Call for Action*. *Environmental Conservation*, 14(4), 291-294. <https://doi.org/10.1017/S0376892900016805>
- Cabell, J., & Oelofse, M. (2012). An Indicator Framework for Assessing Agroecosystem Resilience. *Ecology and Society*, 17(1). <https://doi.org/10.5751/ES-04666-170118>
- Campbell, B., Beare, D., Bennett, E., Hall-Spencer, J., Ingram, J., Jaramillo, F., Ortiz, R., Ramankutty, N., Sayer, J., & Shindell, D. (2017). Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4). <https://doi.org/10.5751/ES-09595-220408>
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement : Resilience of What to What? *Ecosystems*, 4(8), 765-781. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>
- Choptiany, J., Graub, B., Phillips, S., Colozza, D., & Dixon, J. (2015). *Self-evaluation and Holistic Assessment of Climate Resilience of Farmers and Pastoralists*. 166.
- Dardonville, M. (2021). *Caractérisation des formes d'agriculture et évaluation de leur résilience aux perturbations*. Université de Lorraine.
- Darnhofer, I. (2014). Resilience and why it matters for farm management. *European Review of Agricultural Economics*, 41, 461-484. <https://doi.org/10.1093/erae/jbu012>
- Dauphiné, A., & Provitolo, D. (2007). La résilience : Un concept pour la gestion des risques. *Annales de géographie*, 654(2), 115-125.
- Dumont, B., Ryschawy, J., Duru, M., Benoit, M., Chatellier, V., Delaby, L., Donnars, C., Dupraz, P., Lemauviel-Lavenant, S., Méda, B., Vollet, D., & Sabatier, R. (2019). Review : Associations among goods, impacts and ecosystem services provided by livestock farming. *animal*, 13, 1773-1784. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002586>
- Foley, J., Defries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., Chapin III, F. S., Coe, M., Daily, G., Gibbs, H., Helkowski, J., Holloway, T., Howard, E., Kucharik, C., Monfreda, C., Patz, J., Prentice, I.,

- Ramankutty, N., & Snyder, P. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science (New York, N.Y.)*, 309, 570-574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience Thinking : Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*, 15(4), Article 4. <https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420>
- Fortun-Lamothe, L. (2012). *L'évaluation de la durabilité des systèmes de production avicoles et cynicoles : Principes, démarche, résultats et enseignements*. INRA. <https://www.cra.wallonie.be/uploads/2012/11/lamothe.pdf>
- Girardin, P., Guichard, L., & Bockstaller, C. (2005). *Indicateurs et tableaux de bord : Guide pratique pour l'évaluation environnementale* (p. 32 p.). Tec & Doc Lavoisier. <https://hal.inrae.fr/hal-02833624>
- Godard, O., & Hubert, B. (2002). *Le développement durable*. 45.
- Graux, A.-I., Resmond, R., Casellas, E., Delaby, L., Faverdin, P., Bas, C. L., Ripoche, D., Ruget, F., Therond, O., Vertès, F., & Peyraud, J.-L. (2020). *High-resolution assessment of French grassland dry matter and nitrogen yields*. 58.
- Grolleau, L., Falaise, D., Moreau, J. C., Delaby, L., & Lusson, J.-M. (2014). Autonomie et productivité : Évaluation en élevages de ruminants grâce à trois indicateurs complémentaires. *Fourrages*, 218(218), 125-131.
- Holling, C. S. (1996). Surprise for Science, Resilience for Ecosystems, and Incentives for People. *Ecological Applications*, 6(3), 733-735. <https://doi.org/10.2307/2269475>
- Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4(5), 390-405. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0101-5>
- Keichinger, O., Viguier, L., Corre-Hellou, G., Messéan, A., Angevin, F., & Bockstaller, C. (2021). Un indicateur évaluant la diversité globale des rotations : De la diversité des cultures aux services écosystémiques. *Agronomie, environnement & sociétés*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.54800/dgr543>
- Lairez, J., Feschet, P., & Aubin, J. (2015). *Agriculture et développement durable* (1ère édition). Éditions Quae.
- Lallau, B. (2011). *La résilience, moyen et fin d'un développement durable ?* 18.
- Landais, E. (1998a). agriculture durable : Les fondements d'un nouveau contrat social ? *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 33, Article 33. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01204654/file/C33Landais.pdf>
- Landais, E. (1998b). agriculture durable : Les fondements d'un nouveau contrat social ? *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 33.
- Lemaire, G., Carvalho, P. C. de F., Kronberg, S. L., & Recous, S. (2019). *Agroecosystem Diversity* (Numéro 1, p. 453). Academic press, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-00198-5>
- Lew, A., Ng, P., Ni, C., & Wu, T.-C. (2016). Community sustainability and resilience : Similarities, differences and indicators. *Tourism Geographies*, 18, 18-27. <https://doi.org/10.1080/14616688.2015.1122664>

- Lewis, S. L., & Maslin, M. A. (2015). Defining the Anthropocene. *Nature*, 519(7542), 171-180. <https://doi.org/10.1038/nature14258>
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Pell, A., Deadman, P., Kratz, T., Lubchenco, J., Ostrom, E., Ouyang, Z., Provencher, W., Redman, C., Schneider, S., & Taylor, W. (2007). Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science (New York, N.Y.)*, 317, 1513-1516. <https://doi.org/10.1126/science.1144004>
- Liu, X., Song, L., He, C., & Zhang, F. (2010). Nitrogen deposition as an important nutrient from the environment and its impact on ecosystems in China. *Journal of Arid Land*, 2(2), 137-143. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1227.2010.00137>
- Liu, Y., Villalba, G., Ayres, R. U., & Schroder, H. (2008). Global Phosphorus Flows and Environmental Impacts from a Consumption Perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 12(2), 229-247. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00025.x>
- Marchese, D., Reynolds, E., Bates, M. E., Morgan, H., Clark, S. S., & Linkov, I. (2018). Resilience and sustainability : Similarities and differences in environmental management applications. *Science of The Total Environment*, 613-614, 1275-1283. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.086>
- MEANS - Télécharger l'interface IZIEval. (s. d.). Consulté 9 juin 2022, à l'adresse <https://www6.inrae.fr/means/Outils-d-analyse-multicritere/MASC/Telecharger-MASC/Telecharger-l-interface-IZIEval>
- Meuwissen, M. P. M., Feindt, P. H., Spiegel, A., Termeer, C. J. A. M., Mathijs, E., Mey, Y. de, Finger, R., Balmann, A., Wauters, E., Urquhart, J., Vigani, M., Zawalińska, K., Herrera, H., Nicholas-Davies, P., Hansson, H., Paas, W., Slijper, T., Coopmans, I., Vroege, W., ... Reidsma, P. (2019). A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*, 176, 102656. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102656>
- Meynard, J. M., Charlier, A., Charrier, F., Fares, M., Bail, M. L., Magrini, M.-B., & Messean, A. (2015). La diversification des cultures : Comment la promouvoir? *Ministère de l'agriculture et de la pêche*, 39, 28.
- Quairel, F., & Capron, M. (2013). Le couplage « responsabilité sociale des entreprises » et « développement durable » : Mise en perspective, enjeux et limites. *Revue Française de Socio-Économie*, 11(1), 125. <https://doi.org/10.3917/rfse.011.0125>
- Quinlan, A. E., Berbé-Blázquez, M., Haider, L. J., & Peterson, G. D. (2016). Measuring and assessing resilience : Broadening understanding through multiple disciplinary perspectives. *Journal of Applied Ecology*, 53(3), 677-687. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12550>
- Redman, C., Grove, M., & Kuby, L. (2004). Integrating Social Science into the Long-Term Ecological Research (LTER) Network : Social Dimensions of Ecological Change and Ecological Dimensions of Social Change. *Ecosystems*, 7, 161-171. <https://doi.org/10.1007/s10021-003-0215-z>
- Rigolot, C., Martin, G., & Dedieu, B. (2019). Renforcer les capacités d'adaptation des systèmes d'élevage de ruminants : Cadres théoriques, leviers d'action et démarche d'accompagnement. *INRA Productions Animales*, 32(1), 1-12. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.1.2414>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H.,

- Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Roostaie, S., Nawari, N., & Kibert, C. J. (2019). Integrated sustainability and resilience assessment framework : From theory to practice. *Journal of Cleaner Production*, 232, 1158-1166. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.382>
- Seguin, B. (2010). Le changement climatique : Conséquences pour les végétaux. *Quaderni. Communication, technologies, pouvoir*, 71, 27-40. <https://doi.org/10.4000/quaderni.525>
- Shiklomanov, I., & Rodda, J. (2004). *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*. 13.
- Smil, V. (2000). PHOSPHORUS IN THE ENVIRONMENT : Natural Flows and Human Interferences. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 53-88. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.53>
- Sneessens, I. (2014). *La complémentarité entre culture et élevage permet-elle d'améliorer la durabilité des systèmes de production agricole? : Approche par modélisation appliquée aux systèmes de polyculture-élevage ovin allaitant* [Sciences agricoles, Université Blaise Pascal]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01247596v2/document>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S., Fetzer, I., Bennett, E., Biggs, R., Carpenter, S., Vries, W., de Wit, C., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Persson, L., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). « Planetary Boundaries : Guiding Human Development on a Changing Planet ». *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Urruty, N., Tailliez-Lefebvre, D., & Huyghe, C. (2016). Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 15. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0347-5>
- Van Der Werf, H., Kanyarushoki, C., & Corson, M. (2011). L'analyse de Cycle de Vie : Un nouveau regard sur les systèmes de production agricole. *Innovations Agronomiques*, 12, 121-133.
- Verma, M. (2015). *Energy Use in Global Food Production : Considerations for Sustainable Food Security in the 21st Century*. Springer.
- Vilain, L. (2008). *La méthode IDEA : Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*. Educagri Editions.
- Walker, B., Anderies, J., Kinzig, A., & Ryan, P. (2006). Exploring Resilience in Social-Ecological Systems Through Comparative Studies and Theory Development : Introduction to the Special Issue. *Ecology and Society*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.5751/ES-01573-110112>
- Wezel, A., & Peeters, A. (2014). Agroecology and herbivore farming systems—Principles and practices. *Undefined*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Agroecology-and-herbivore-farming-systems-and-Wezel-Peeters/1a79d2855146b28c47951bc637c831d9bffd3293>
- Wollenberg, E., Richards, M., Smith, P., Havlík, P., Obersteiner, M., Tubiello, F. N., Herold, M., Gerber, P., Carter, S., Reisinger, A., van Vuuren, D. P., Dickie, A., Neufeldt, H., Sander, B. O., Wassmann, R., Sommer, R., Amonette, J. E., Falcucci, A., Herrero, M., ... Campbell, B. M. (2016). Reducing emissions from agriculture to meet the 2 °C target. *Global Change Biology*, 22(12), 3859-3864. <https://doi.org/10.1111/gcb.13340>

Zahm, F., Ugaglia, A. A., Boureau, H., Del'Homme, B., Barbier, J. M., Gasselin, P., Gafsi, M., Guichard, L., Loyce, C., Manneville, V., Menet, A., & Redlingshofer, B. (2015). Agriculture et exploitation agricole durables : État de l'art et proposition de définitions revisitées à l'aune des valeurs, des propriétés et des frontières de la durabilité en agriculture. *Innovations Agronomiques*, 46, 105.
<https://doi.org/10.15454/1.462267509242779E12>

ANNEXES

Annexe I : Extrait du guide d'entretien, l'exemple du critère « Gestion de la

3. Gestion de la ressource en eau

		Consommation d'eau annuelle				
		Consommation en eau issu de prélèvements en m ³ /an				
Zone	Type de prélèvement	≤ 2 000] 2 000 ; 10 000]] 10 000 ; 50 000]] 50 000 ; 100 000]	≥ 100 000
ZRE	surface					
	souterrain					
Hors ZRE	surface					
	souterrain					

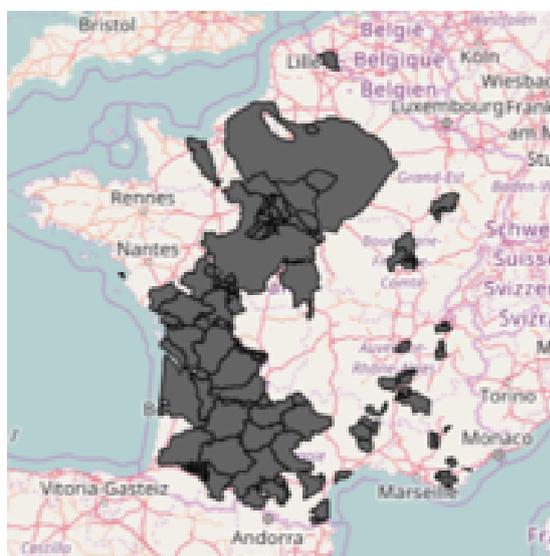
Descriptif :

En élevage, l'abreuvement du bétail est généralement le premier poste de consommation d'eau mais cela dépend du type d'élevage, du stade de développement des animaux, du type de climat, du type d'alimentation, etc. (IDELE, 2016). Néanmoins, le principal poste de consommation reste l'irrigation qui représente 70 % de l'utilisation d'eau à l'échelle mondiale (fao.org). En France, les prélèvements pour l'agriculture sont de 2,7 milliards de m³ (1,7 milliards m³ d'eau de surface et 1,0 milliard m³ d'eau souterraine), soit 8% du total des prélèvements (SOeS, 2017). Cependant, les besoins en eau de l'agriculture sont situés majoritairement sur la période estivale, une période critique dans les zones où la ressource se rarifie en été. Le changement climatique accroît les inquiétudes et les tensions liées à la ressource : Les déficits pluviométriques et les sécheresses estivales deviennent plus fréquents, des estimations annoncent que 64% de la population mondiale sera exposée à des pénuries d'ici 2025 (Corson & Doreau, 2013). En 2020, c'est 78 départements français qui sont concernés par des mesures, locales ou non, de restriction de l'usage de l'eau et de l'irrigation (Gouvernement.fr). Bien que la disponibilité de la ressource dépende fortement des conditions climatiques (pluviométrie, température, ensoleillement, etc.), la gestion de l'approvisionnement, la distribution et la pollution de l'eau sont également des facteurs de pénurie.

Ce critère vise alors à évaluer la sobriété dans l'utilisation d'eau de prélèvement par les exploitations agricoles. La répartition de la ressource est facteur d'équité et la mise en place d'alternatives ou de pratiques économes sont facteurs d'adaptabilité et plus largement, de résilience. Ce critère prend en compte le type de prélèvement qui permet de différencier la sensibilité des sources d'eau et il prend en compte la localisation ou non de l'exploitation dans une zone de répartition des eaux (ZRE). Ces zones sont caractérisées par une insuffisance (non exceptionnelle) des ressources par rapport aux besoins, elles sont soumises à des restrictions plus importantes de l'usage de l'eau afin d'assurer au mieux la préservation des écosystèmes aquatiques et la conciliation des usages anthropiques de l'eau (géodata.gouv). Un critère complémentaire d'efficacité de l'utilisation de l'eau serait intéressant à mettre en parallèle.

Mode de calcul :

Consommation en eau issu de prélèvements en m³/an, se référer au compteur si source individuelle ou au relevé si réseaux collectifs. Si prélèvement individuel et/ou type de prélèvement inconnue et/ou consommation inconnue et inestimable, noter « Élevée ». Se localiser sur la carte pour savoir s'il on se trouve en ZRE.



Source : geodata.gouv

Seuils :

Déterminés à partir de :

- Article R214-32 et L371-3 du code de l'environnement (loi sur l'eau)
- Syndicat mixte d'études et d'aménagement du bassin de l'ouche et de ses affluents, 2021, Rapport d'étude N°1741452. *Étude de détermination des volumes maximum prélevables.*
- Agence Locale de l'Énergie des Ardennes, 2008, *Economies d'eau dans les exploitations agricoles bovin-lait du département des Ardennes.*
- IDELE, 2016, *Guide abreuvement*
- Enquêtes d'irrigations des chambres d'agriculture

Annexe II : Liste non exhaustive d'amélioration à apporter à l'outil.

Critère ou indicateur	Problème identifié	Piste d'amélioration
Autonomie fourragère	La quantité d'herbe consommée peut être exprimée en « surfaces consommées » sans indication de rendement. La donnée peut être inaccessible sur certaine exploitation	Tester l'indicateur sur un plus grand nombre de ferme.
Autonomie azotée	Seuils déterminés à dire d'expert	Tester l'indicateur sur un plus grand nombre d'exploitation
Autonomie financière	Les valeurs des indicateurs des critères agrégés dans ce critère dépendent fortement de la phase dans laquelle se situe l'exploitation (phase d'installation, de croisière ou de transmission)	Adapter les seuils à chaque phase de développement
Autonomie décisionnelle	Une évaluation potentiellement biaisée car c'est un critère renseigné par une évaluation subjective de l'enquêteur après discussion avec l'agriculteur	Mieux structurer la discussion
Sensibilité de l'efficacité économique	La sensibilité veut évaluer la variation de l'EBE/produit brut provoquer par des années climatiques difficiles. Le résultat observé n'est pas forcément lié aux variations climatiques	Trouver un moyen de quantifier les variations imputables aux variations climatiques (par des variables d'exposition par exemple comme dans le travail de Dardonville (2021))
Diversité globale des activités	Les seuils semblent être trop discriminants rendant certaines classes quasi inatteignables	Tester l'indicateur sur un plus grand nombre d'exploitation et adapter les seuils si nécessaires
Approvisionnement local	Les données nécessaires pour le calcul de l'indicateur semblent être difficile à avoir	Trouver un autre moyen de renseigner ce critère
Ventes local	Les données nécessaires pour le calcul de l'indicateur semblent être difficile à avoir. Si l'exploitant vend son lait à un organisme de collecte locale et que cet organisme le revend non localement, est-ce considéré comme local ?	Trouver un autre moyen de renseigner ce critère
Gestion des maladies, adventices et ravageurs	Le risque d'antibiorésistance (animal) prend en compte uniquement les traitements antibiotiques	Ajouter un indicateur complémentaire pour les autres types de traitements (notamment les traitements systématiques)

Risque phosphore	L'indicateur utilisé ne prend pas en compte les degrés de pente.	
Gestion de la ressource en eau	L'indicateur a été créé et nécessite potentiellement d'être amélioré. Une grande partie des exploitations de Bretagne ont soit des forages individuels sans compteur, soit des systèmes de pompes également individuels sans compteur.	Il est possible d'estimer les consommations d'eau. L'indicateur doit être testé sur un plus grand nombre d'exploitations.
Diversité globale cultivée	Ne prend pas en compte les variétés	Ajouter un indicateur complémentaire
Diversité globale animale	La classe forte est très difficile d'accès	Revoir les seuils et/ou le nombre de classe
Modalité de réforme	Valeurs-seuils déterminées à dire d'expert	L'indicateur nécessite d'être testé sur un plus grand nombre d'exploitations
Condition de vie	Valeurs-seuils déterminées à dire d'expert	L'indicateur nécessite d'être testé sur un plus grand nombre d'exploitations
Performance nourricière	Ne prend en compte uniquement l'énergie alimentaire produite, il pourrait être intéressant de le mettre au regard de macronutriments par exemple, notamment les protéines (et type de protéines).	Ajouter un indicateur complémentaire pour évaluer le nombre de personnes nourries en protéines par hectare (différencier les protéines animales et végétales).
Emissions de GES	Calculées avec un tableur simplifié qui ne prend pas en compte les émissions des sols agricoles et celles liées aux déjections animales.	
Potentiel de stockage carbone	Méthode extrêmement simplifiée qui ne permet pas de rendre compte de la réalité de terrain en raison du fait que les agriculteurs ne réalisent pas d'analyse de sol en général.	Attendre les résultats du projet CarSolEl.

Auteur(s) : BABIN Corentin

Date de naissance* : 09/07/1996

Nb pages : 51 (25 texte)

Annexe(s) : 2

Année de soutenance : 2022

Organisme d'accueil : INRAE – Centre de recherche Bretagne-Normandie

Adresse : Domaine de la Motte au Vicomte, 35650 Le Rheu.

Maître de stage : CAROF Matthieu

Titre français : **Construction d'une méthode d'évaluation multicritère de la durabilité et de la résilience des exploitations agricoles**

Titre anglais : **Development of a multi-criteria assessment method for the sustainability and resilience of farms**

Résumé (1600 caractères maximum) :

La reconnaissance des impacts environnementaux des activités humaines, notamment agricoles, a conduit à l'émergence du concept de durabilité pour permettre un développement répondant à nos besoins et à ceux des générations futures. Ces dernières années, la manifestation de ces impacts s'est traduite par une exposition répétée de l'agriculture à des perturbations d'ordre climatiques ou environnementales, en résulte l'application du concept de résilience aux systèmes agricoles pour pouvoir faire face aux changements et s'y adapter. Cependant, la transition des systèmes agricoles vers des systèmes durables et résilients nécessite de pouvoir mesurer et évaluer la durabilité et la résilience des systèmes de production. Ce travail questionne alors ces concepts à partir d'une large revue de la littérature scientifique afin de permettre l'intégration conjointe de la durabilité et de la résilience dans un processus d'évaluation. Cependant, les tensions existantes entre ces concepts ont mené à un cadre méthodologique nouveau, afin de concilier les exigences d'évaluation des deux concepts, en passant par l'évaluation des propriétés d'une exploitation durable et résiliente. Ce travail a alors abouti à la création d'un outil basé sur la méthode d'analyse multicritère et sur l'agrégation de 38 critères repartis sur 6 branches. Cet outil permet d'évaluer les concepts de durabilité et de résilience appliqués aux exploitations en système bovins-laitier et plus précisément d'évaluer si les objectifs de durabilité sont atteints et s'ils sont maintenus face aux perturbations, des perturbations principalement liées au changement climatique.

Abstract (1600 caractères maximum) :

The recognition of the environmental impacts of human activities, particularly agriculture, has led to the emergence of the concept of sustainability to enable development that meets our needs and those of future generations. In recent years, the manifestation of these impacts has been the repeated exposure of agriculture to climatic and environmental disturbances, resulting in the application of the concept of resilience to agricultural systems to cope with and adapt to change. However, the transition of agricultural systems towards sustainable and resilient systems requires the ability to measure and assess the sustainability and resilience of production systems. This work questions these concepts based on a broad review of the scientific literature in order to allow the joint integration of sustainability and resilience in an evaluation process. However, the existing tensions between these concepts led to a new methodological framework, in order to conciliate the assessment requirements of both concepts, through the evaluation of the properties of a sustainable and resilient operation. This work led to the creation of a tool, based on the multi-criteria analysis method and the aggregation of 38 criteria into 6 branches. This tool makes it possible to evaluate the concepts of sustainability and resilience applied to dairy farms and, more specifically, to assess whether the sustainability objectives are achieved and maintained in the face of disturbances, mainly those related to climate change.

Mots-clés : Durabilité ; Résilience ; Évaluation multicritère ; Indicateurs ; Exploitation bovins-laitier

Key Words: Sustainability ; Resilience ; Multi-criteria assessment ; Indicators ; Dairy farm