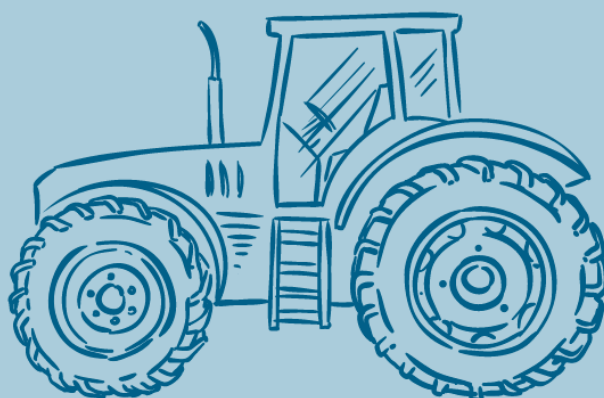


PRATIQUES DURABLES DE RÉDUCTION DES



EMISSIONS DE GES EN ELEVAGE BOVIN

Marie-Cécile Vekemans

Novembre 2021

Farm Europe est un think tank multi-culturel fondé en 2014 qui vise à stimuler la réflexion sur les économies rurales de l'Union européenne. Le think tank, met l'accent sur l'agriculture et les politiques alimentaires, en particulier la Politique Agricole Commune (PAC), les normes alimentaires, la chaîne alimentaire, l'environnement, l'énergie et le commerce.

LISTE DES ABBREVIATIONS

AGV : Acide Gras Volatil

AMS : Système de Traite Automatique

AMV : Aliments Minéraux et Vitaminiques

BCAE : Bonnes conditions Agro-Environnementales

EBE : Excédent Brut d'Exploitation

ESVAC : European Surveillance of Veterinary Antimicrobial Consumption

FAO : Food and Agriculture Organisation

IAE : Infrastructures Agroécologiques

IVI : Intervalle vêlage-insémination

IVV : Intervalle vêlage-vêlage

Kgvv : kilogrammes de viande vive

MS : Matière sèche

OGM : Organismes Génétiquement Modifiés

OMC : Organisation Mondiale du Commerce

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PbvV : Poids brute de viande vide

SAU : Surface Agricole Utile

SSE : Système Socio-Ecologique

SST : Système Socio-Technique

UE : Union Européenne

UF : Unité Fourragère

UGB : Unité Gros Bétail

UTH : Unité de Travail Humain

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : CONTRIBUTION DE CHAQUE SECTEUR AGRICOLE DANS LA PRODUCTION AGRICOLE TOTALE (EUROSTAT, 2019A, 2019B)	6
FIGURE 2 : REPARTITION DES EXPLOITATIONS AGRICOLES EUROPEENNES PAR TYPE DE PRODUCTION (EUROSTAT, 2019A, 2019B).....	6
FIGURE 3 : REPARTITION DES UGB (UNITE GROS BETAIL) DE L'UE SELON LES ETATS MEMBRES ET LEUR ORIENTATION DE PRODUCTION D'APRES (CHATELLIER & DUPRAZ, 2019A)	6
FIGURE 4 : REPARTITION DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DE L'UE AVEC DU BETAIL (EUROSTAT, 2020B)	6
FIGURE 5 : NOMBRE DE BOVINS EN EUROPE EN DECEMBRE 2018 D'APRES (EUROSTAT, 2021B)	8
FIGURE 6 : PART DES AIDES PAC COUPLEES ALLOUEES SELON LES SECTEURS AGRICOLES (EUROPEAN COMMISSION, 2017)	8
FIGURE 7 : SCHEMA DECISIONNEL D'UN ELEVEUR BOVIN D'APRES (MARIE-ANGELINA MAGNE ET AL., 2011)	15
FIGURE 8 : COMPOSITION MOYENNE DE LA RATION D'UNE VACHE LAITIERE/ALLAITANTE EN SYSTEME CONVENTIONNEL EN FRANCE (J. DEVUN, BRUNSCHWIG, & GUINOT, 2014; DUFRASNE, CHRISTINE CUVELIER, 2012).....	16
FIGURE 9 : POTENTIEL DE CONTRIBUTION AU RECHAUFFEMENT GLOBAL EN KG DE CO ₂ eq/KG DE MATIERE SECHE SELON LE TYPE DE PROTEINE UTILISE (D. O'BRIEN ET AL., 2020)	19
FIGURE 10 : PRATIQUES SANITAIRES ADOPTEES SELON LE TYPE D'ELEVAGE D'APRES (CHARDON & BRUGERE, 2014).....	29
FIGURE 11 : VENTES D'ANTIBIOTIQUES POUR LA PRODUCTION ANIMALE DANS 31 PAYS EUROPEENS (EN MG/POPULATION CORRECTION UNIT) EN 2018 D'APRES (EUROPEAN MEDECINES AGENCY, 2021)	30
FIGURE 12 : CYCLE DE REPRODUCTION D'UNE VACHE (REPRODUCTION, N.D.).....	33
FIGURE 13 : COUTS DE TECHNOLOGIES DE PRECISION (ALLAIN, CHANVALLON, CLEMENT, GUATTEO, & BAREILLE, 2014; ASSIE ET AL., 2020; FAVERDIN, ALLAIN, GUATTEO, HOSTIOU, & VEISSIER, 2021; REUSSIR BOVINS VIANDE, 2020)	39
FIGURE 14 : INTERET DES IAE POUR LA BIODIVERSITE (IDELE, 2018).....	41
FIGURE 15 : STOCKAGE CARBONE DES IAE (INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2013)	41
FIGURE 16 : COUTS ANNUELS DE MIS EN PLACE D'IAE POUR UNE FERME FRANÇAISE EN ELEVAGE LAITIER (FLAMENT ET AL., 2013)	41
FIGURE 17 : GESTION DES EFFLUENTS D'ELEVAGE A LA FERME	44
FIGURE 18 : PRODUCTION D'ENERGIE RENOUVELABLE ISSUE DE L'AGRICULTURE SELON LES ETATS MEMBRES EN 2016 (EUROPEAN COMMISSION, 2018A)	47
FIGURE 19 : PRODUCTIONS D'ENERGIES RENOUVELABLES A LA FERME (GERVAIS ET AL., 2020).....	47
FIGURE 20 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES DE 2 FERMES FRANÇAISES (GERVAIS ET AL., 2020).....	48
FIGURE 21 : REPERES ECONOMIQUES POUR UNE INSTALLATION EN SOLAIRE THERMIQUE ET EN BOIS ENERGIE SUR UNE FERME BOVINE EN FRANCE (GERVAIS ET AL., 2020)	49
FIGURE 22 : FREINS ET LEVIERS AU CHANGEMENT DE PRATIQUES EN ELEVAGE BOVIN	56
FIGURE 23 : REPARTITION DES PRATIQUES SELON LEUR INFLUENCE SUR LES EMISSIONS TOTALES DES GES D'UN ELEVAGE BOVIN	57

LISTE DES TABLEAUX

TABEAU 1 : CARACTERISTIQUES STRUCTURELLES ET ECONOMIQUES DES PRODUCTIONS LAITIÈRES SELON LES ÉTATS MEMBRES (CHATELLIER & DUPRAZ, 2019).....	10
TABEAU 2 : PRODUCTION ET CONSOMMATION DE VIANDE DANS L'UE SELON LES RÉGIONS (CHATELLIER & DUPRAZ, 2019).....	10
TABEAU 3 : IMPACTS ET CONTRIBUTIONS POSSIBLES DE L'ÉLEVAGE BOVIN D'APRÈS (DONNARS ET AL., 2019)	12
TABEAU 4 : CONTRIBUTION DE L'UTILISATION DES CONCENTRÉS SUR LES PROCESSUS ENVIRONNEMENTAUX D'APRÈS (CASTANHEIRA ET AL., 2010)	17
TABEAU 5 : EMISSIONS LIÉES À L'UTILISATION DES CONCENTRÉS (CASTANHEIRA ET AL., 2010; D. O'BRIEN ET AL., 2020)	17
TABEAU 6 : POTENTIEL DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS CH ₄ ENTERIQUES SELON LES HUILES (ARNDT ET AL., 2020; DOREAU ET AL., 2011; HADIPOUR ET AL., 2021; HONAN ET AL., 2021; JOUANY ET AL., 2008)	21
TABEAU 7 : COUT DE FINITION DE GENESSES CHAROLAISES SELON LES COMPOSITIONS DE LA RATION (LAMBRECHT ET AL., 2020A).....	37
TABEAU 8 : STRUCTURES DE BIODIVERSITÉ EN EUROPE (PIET, 2016)	42
TABEAU 9 : PLAFOND D'AZOTE ORGANIQUE EPANDABLE/HA POUR DIFFÉRENTS PAYS LAITIERS DE L'UE D'APRÈS (IDELE, 2020A)	43
TABEAU 10 : COUT DES TOITURES SELON LE MATÉRIAU (IDELE, 2020A)	45
TABEAU 11 : REPERE ÉCONOMIQUES POUR UNE INSTALLATIONS DE PETITE METHANISATION DE 50 KWe SUR UN CHEPTEL LAIT DE 140 VACHES EN FRANCE (GERVAIS ET AL., 2020)	46
TABEAU 12 : DIVERSITÉ DES DEMANDES DE SOCIÉTÉ DANS 5 RÉGIONS FRANÇAISES D'APRÈS (GUILLAUMIN ET AL., 2008)	53

LISTE DES ANNEXES

<i>ANNEXE I : CARTOGRAPHIE DES SYSTEMES D'ELEVAGE EUROPEENS D'APRES (DUMONT ET AL., 2016)</i>	59
<i>ANNEXE II : METHODES D'EVALUATION DES PRATIQUES (DONNARS ET AL., 2019)</i>	60
<i>ANNEXE III : SUITE METHODES D'EVALUATION DES PRATIQUES (DONNARS ET AL., 2019)</i>	61
<i>ANNEXE IV : INTERETS ECONOMIQUES DES STRUCTURES DE BIODIVERSITE (FLAMENT ET AL., 2013)</i>	62

Panorama de l'élevage bovin en Europe

Place de l'élevage en UE

La production animale représente près de 40% de l'agriculture en Europe (figures 1 et 2). Le poids de l'élevage est différent selon les Etats membres comme le montrent les figures 3 et 4. Le solde commercial de l'UE (Union Européenne) en productions animales atteignait 28 milliards d'euros en 2018 (Eurostat, 2019a, 2019b). Les exportations extra-communautaires de l'UE, principalement les productions laitières et porcines, s'élevaient à 37,1 milliards d'euros soit 27 % des exportations agroalimentaires. Les importations étaient plus limitées et représentaient 9,2 milliards d'euros, soit 7 % des importations agroalimentaires (Chatellier & Dupraz, 2019a).

Une classification des types de territoires d'élevage au niveau européen a été réalisée par Dumont et al, (2016) (Annexe I). Ils distinguent :

Les zones à forte densité de bétail avec peu de prairies permanentes (2,2 Unités Gros Bétail/ha de SAU) se situent le long d'un croissant passant par la Belgique, le Danemark et Nord-Est de l'Allemagne auxquelles s'ajoutent les régions de la Bretagne, les Pays de la Loire, la Catalogne, la Lombardie, la Voïvodie, la Campanie et la Murcie. L'ensemble de ces régions concentre 29% du cheptel européen et ne représente que 10% de la SAU (Surface Agricole Utile). Ces territoires sont principalement dédiés aux granivores mais concentrent également une part importante d'élevages bovins laitiers.

Les territoires ayant des densités de bétail intermédiaires et peu de prairies permanentes ont des dynamiques diverses. Ils abritent un quart du cheptel européen et se composent d'une moitié de ruminants et d'une autre moitié de monogastriques et couvrent au total 30 % de la SAU. Ils sont principalement en Europe orientale (Pologne) mais se retrouvent également à l'Ouest comme en Lorraine, au Nord Pas de Calais, dans le Gers, le Lot et l'Indre en France. Les structures d'élevage y sont diverses.

Les zones herbagères :

- **A haute densité** (1,6 UGB/ha de SAU) regroupent les régions productrices de lait telles que la Manche, le sud de l'Irlande, la Bavière, la Galice ainsi qu'une grande partie des Pays-Bas et de la Suisse.
- **A moyenne densité** représentent le quart du cheptel de bovins et plus du tiers du cheptel d'ovins-caprins. Elles occupent 18% de la SAU et hébergent 18% des UGB. Ces régions se situent dans des massifs montagneux de haute et moyenne altitude, tels que le Massif central et la Franche-Comté en France, l'Autriche, le Pays de Galles, les Carpates ou encore l'Estrémadure, grande zone agroforestière et lieu de production du jambon ibérique (Pata Negra) et d'élevages ovins.
- **A faible densité** (moins de 0,4 UGB/ha SAU) représentent 2% du cheptel européen et 6% de la SAU. Les élevages sont principalement des élevages de petits ruminants. Leur intérêt réside dans la valorisation de nombreux services environnementaux et culturels. Elles regroupent des sites particuliers (parcours méditerranéens, prairies humides) dont certains sont classés « réserve de biosphère » par l'Unesco comme le mont Ventoux (France), la vallée de Laciana (Espagne), le Große Walsertal (Autriche), Wester Ross (Ecosse) et les montagnes du Tatras (Pologne) (Dumont et al., 2016).

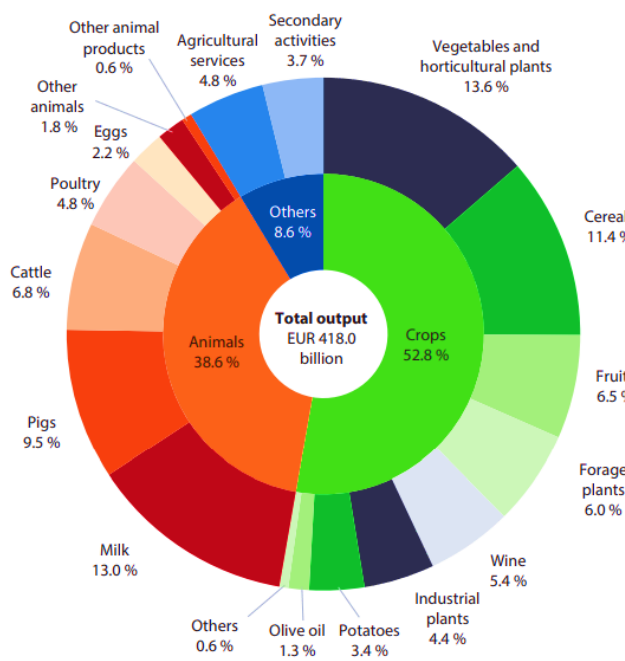


Figure 1 : Contribution de chaque secteur agricole dans la production agricole totale (Eurostat, 2019a, 2019b)

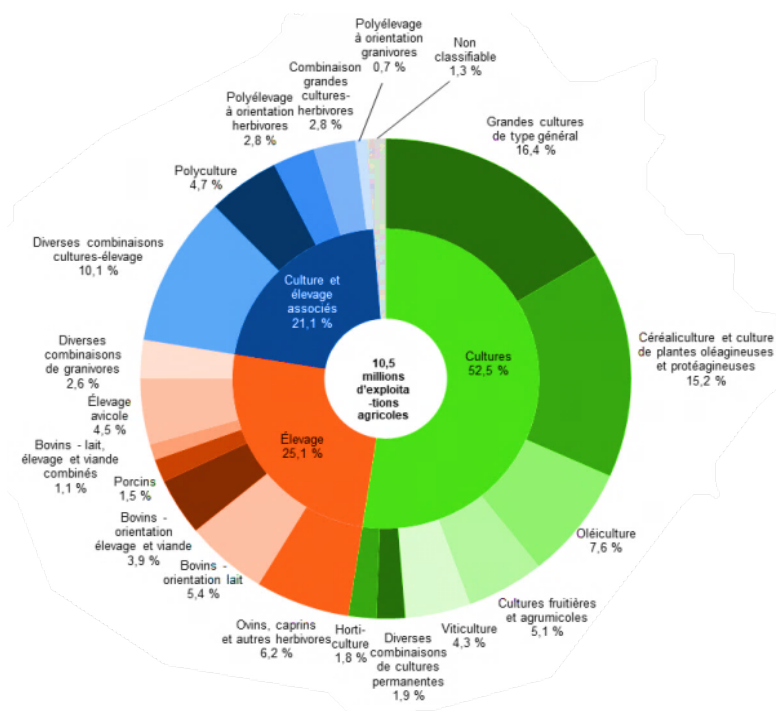


Figure 2 : Répartition des exploitations agricoles européennes par type de production (Eurostat, 2019a, 2019b)

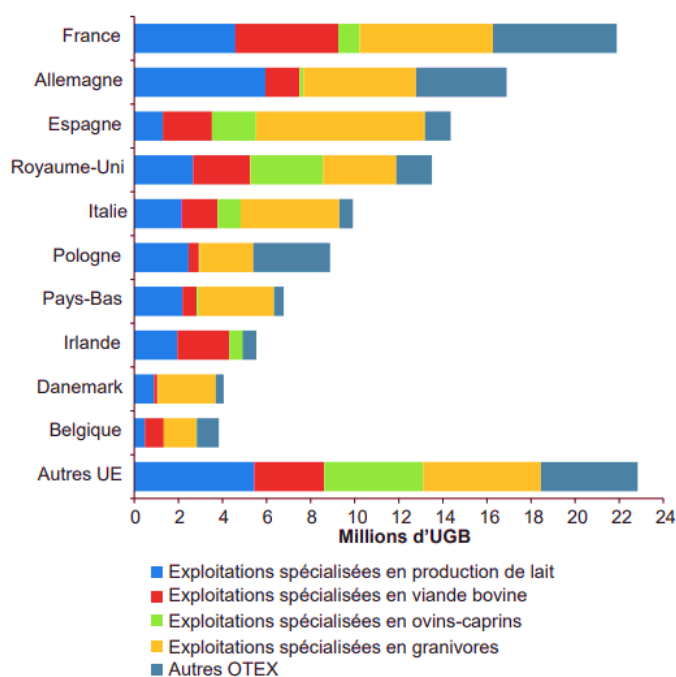


Figure 3 : Répartition des UGB (Unité Gros Bétail) de l'UE selon les Etats membres et leur orientation de production d'après (Chatellier & Dupraz, 2019a)

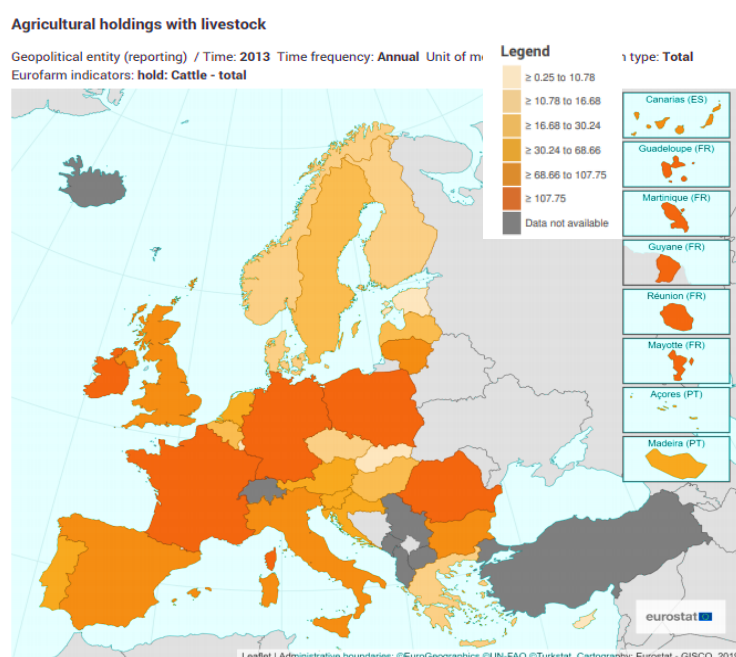


Figure 4 : Répartition des exploitations agricoles de l'UE avec du bétail (Eurostat, 2020b)

Place de l'élevage bovin en UE

Les élevages bovins sont classés selon le type d'exploitation et de production. En Europe, on recense :

- Les exploitations laitières spécialisées (2/3 de la production totale est du lait)
- Les exploitations bovines spécialisées orientées élevage et viande
- Les exploitations bovines mixtes lait et viandes
- Les exploitations de poly-élevage à orientation herbivores
- Les exploitations mixtes grandes cultures-herbivores.

Les exploitations bovines représentent 23% de la SAU européenne. En décembre 2018, 19 régions de l'UE comptabilisaient plus de 1 million de tête bovins (figure 5). Elles produisent près d'un tiers de la production standard totale de l'agriculture en Europe. Cela compte pour environ 87 milliards d'euros dont plus des deux tiers, soit 60 milliards d'euros, sont générés par le lait et les produits laitiers. Elles emploient également près d'un quart de la main d'œuvre agricole (European Commission, 2018b, 2020c, 2020a).

Les secteurs bovins laitiers et allaitants sont des secteurs très soutenus par la PAC. Ils bénéficient, en plus des aides directes, du soutien couplé facultatif à titre de 41% pour le secteur bœuf et veau et 20% pour le secteur lait et les produits laitiers comme le montre la figure 6 (European Parliament, 2021c, 2021a, 2021b).

Les modèles du secteur de l'élevage bovin de l'UE au niveau de l'exploitation varient beaucoup d'une région à l'autre. Le secteur est marqué par une profonde fracture Nord/Sud. Les exploitations laitières spécialisées ou non sont pour 62% situées dans l'UE13 et pour 49% dans le Nord de l'UE. Les exploitations mixtes culture-élevage, poly-élevage et d'engraissement bovin spécialisées se trouvent majoritairement dans l'UE-15 (87%) (Eurostat, 2020). La France (23,5%), l'Allemagne (15,1%) l'Espagne (8,6%), l'Irlande (8,5%), l'Italie (8,3%) et la Pologne (8,1%) détiennent $\frac{3}{4}$ du nombre de bovins en UE (en UGB) (European Commission, 2020a). Sur les côtes méditerranéennes, le secteur de l'élevage bovin de l'Union est d'une importance mineure dans les secteurs agricoles régionaux et ne représente souvent pas plus de 10 % des exploitations (Eurostat, 2021b).

L'UE joue un rôle important dans le commerce mondial des produits bovins (produits laitiers, viande et animaux vivants) (Pour une autre Pac & Heinrich-Böll-Stiftung France, 2019). Dans le secteur du lait, l'UE assure près de 20 % de la production mondiale. Elle est le premier exportateur mondial de produits laitiers (en valeur) devant la Nouvelle-Zélande et les États-Unis. La balance commerciale est largement positive (18 milliards de litres de lait en 2016) et croissante en raison du développement des importations chinoises.

Pour la viande bovine, l'UE assure 11 % de la production mondiale et occupe le troisième rang des pays producteurs derrière les États-Unis et le Brésil. Les exportations de l'UE en viande bovine sont faibles (3 % de l'offre intérieure) en comparaison des grands fournisseurs du marché mondial que sont le Brésil, l'Inde, l'Australie et les États-Unis. Les importations européennes de viande bovine sont également limitées (environ 4 % des besoins intérieurs) et en recul depuis dix ans parallèlement à la baisse de la consommation domestique.

Ces résultats de l'UE par rapport à d'autres pays concurrents (Mercosur ou Amérique du Nord) s'expliquent par les exigences plus fortes appliquées à la production avec la présence de normes sanitaires et environnementales ou encore les exigences de rémunération de la main-d'œuvre (Chatellier & Dupraz, 2019a).

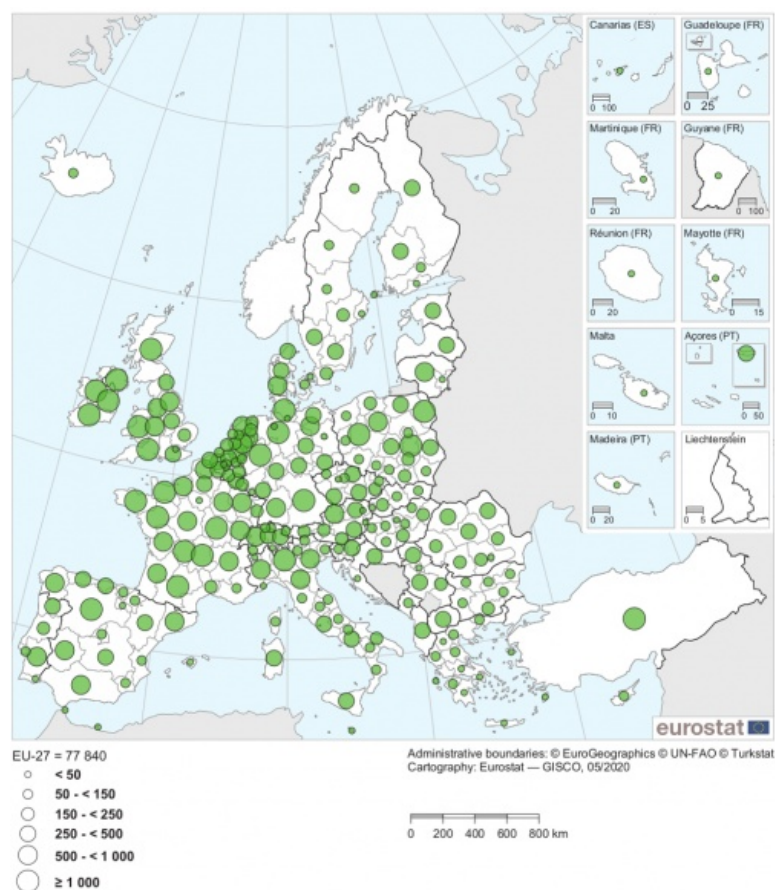


Figure 5 : Nombre de bovins en Europe en Décembre 2018 d'après (Eurostat, 2021b)

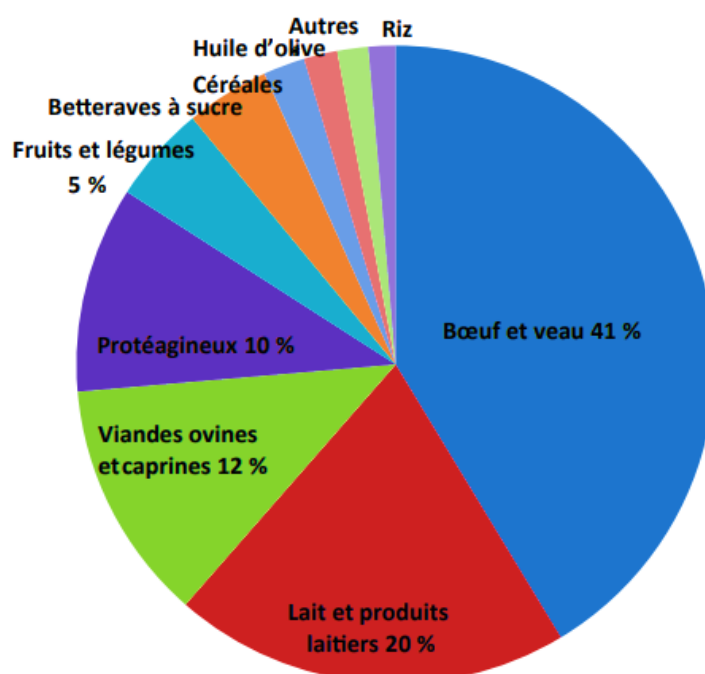


Figure 6 : Part des aides PAC couplées allouées selon les secteurs agricoles (European Commission, 2017)

Secteur de production laitière

Le lait est un secteur proéminent dans l'économie européenne. Les exploitations laitières spécialisées regroupent 23% des UGB totales et réalisent 78% des volumes de lait de vache. Elles emploient 14% des actifs agricoles européens, détiennent 13% de la SAU et valorisent 25 % des surfaces fourragères. Ces exploitations sont importantes en Irlande (35 % des UGB du pays), en Allemagne (35%) et aux Pays-Bas (32%). La France et la Pologne accueillent plutôt des exploitations diversifiées en polyculture-élevage.

Les structures sont majoritairement familiales. Elles regroupent un nombre limité d'emplois : 1,60 UTA en moyenne européenne. Seuls 15% des emplois salariés représentent la main-d'œuvre des exploitations laitières européennes. Ce taux varie entre les États membres. Il atteint 2% en Pologne, 12% en France, 26% en Allemagne, 41% au Royaume-Uni et 58 % au Danemark (Chatellier & Dupraz, 2019a).

En moyenne européenne, les exploitations spécialisées ont 33 hectares de SAU pour 48 UGB totales. Les écarts sont importants entre les États membres et régions avec des moyennes plus basses pour la Bulgarie, la Roumanie et la Pologne et plus hautes pour le Danemark qui recense 156 hectares pour 165 vaches laitières (European Dairy Association, 2020).

La production totale de lait est estimée à 155 millions de tonnes par an en UE ce qui représente 58 000 euros par UTA et 2 800 euros par hectare de SAU en moyenne. Ces valeurs varient selon les États membres en raison de l'hétérogénéité du prix du lait payé au producteur. Le cheptel laitier a diminué d'environ 5% entre 2010 et 2020. Parallèlement, le rendement par vache a augmenté. Les laiteries de l'UE27 ont collecté 145,2 millions de tonnes et 1,4% de plus qu'en 2019 dont plus de 75 % est transformé. Cela s'explique par la restructuration des exploitations au cours des dernières décennies. L'augmentation de la production de l'UE est aussi à mettre en lien avec la suppression des quotas en 2015. Avec le développement du secteur, les écarts de rendements et les disparités techniques se réduisent en Europe (Eurostat, 2021a; Institut de l'élevage et Confédération nationale de l'élevage, 2019).

Secteur de production viande

Les exploitations spécialisées viande regroupent 16% des UGB totales de l'UE, 7% des emplois et 1 % de la SAU. Les modèles européens sont hétérogènes. Les structures sont essentiellement familiales et regroupent un faible nombre d'emplois (1,33 UTA en moyenne européenne).

Les exploitations sont plus grandes en surfaces en France (110 hectares en moyenne) qu'en Irlande (41 hectares) et en Pologne (23 hectares). Elles sont plutôt extensives avec 1,08 UGB par ha de SAU en moyenne européenne bien qu'aux Pays-Bas, les exploitations sont intensives et fortement spécialisées pour la production de veaux de boucherie ou de bovins jeunes abattus entre 8 et 12 mois. Dans le secteur bovins-viande, la restructuration des exploitations est également forte, en raison des gains de productivité et, de la perte de débouchés (baisse de la consommation intérieure et difficulté à exporter de la viande bovine européenne à l'international).

La valeur annuelle de la production agricole (hors aides directes) s'élève, en moyenne européenne, à 42 800 euros par UTA et 1 140 euros par hectare de SAU, soit 60% en deçà des exploitations laitières. Les exploitations spécialisées en viande bovine reçoivent, en moyenne européenne, 20 300 euros d'aides directes, soit 15 300 euros par emploi à temps plein, 407 euros par hectare de SAU et l'équivalent de 35 % de leur chiffre d'affaires (Institut de l'élevage et Confédération nationale de l'élevage, 2019; Lherm, Agabriel, & Devun, 2017). Les tableaux 1 et 2 font l'état des lieux des productions de viande et de lait en UE.

Tableau 1 : Caractéristiques structurelles et économiques des productions laitières selon les Etats membres
(Chatellier & Dupraz, 2019)

PAYS	CHEPTEL LAITIER au 01/12/2019 en 1000 têtes	LAIT PAR VL EN 2019* kg/an	PRODUCTION 2019 (1000 tonnes)	COLLECTE 2019 (1000 tonnes)	PART DE LA COLLECTE EUROPEENNE en 2019 (en %)
Allemagne	4 012	8 145	33 038	32 442	21
France	3 486	7 106	25 012	24 499	15
Royaume-Uni	1 866	8 400	15 728	15 428	10
Pays-Bas	1 590	8 910	13 997	13 788	9
Pologne	2 167	6 574	14 503	12 175	8
Italie	1 876	6 413	12 330	11 965	8
Irlande	1 426	5 902	8 247	8 227	5
Espagne	812	9 183	7 480	7 265	5
Danemark	563	9 911	5 639	5 615	4
UE à 28	22 628	7 361	167 763	158 223	100

Tableau 2 : Production et consommation de viande dans l'UE selon les régions (Chatellier & Dupraz, 2019)

PAYS	CHEPTEL DE VACHES au 01/12/2018 en 1000 têtes	ABATTAGES CONTROLES (1000 tonnes)		CONSOMMATION	
		1000 tonnes	En % de la production UE 28	1000 tonnes	En kg/habitant
France	7 642	1 428	18	1 540	23
Allemagne	4 751	1 127	14	1 198	14,4
Espagne	2 819	696	9	682	17,4
Pologne	2 417	560	7	152	4,0
Irlande	2 351	620	8	100	20,4
Italie	2 263	780	10	1 059	21,1
Pays-Bas	1 594	424	5	343	19,8
Belgique	1 019	264	4	163	14,3
UE à 28	35 144	7 844	100	7 843	15,3

Contribution sociale et environnementale de l'élevage bovin en Europe

L'élevage bovin participe activement à la création de richesse et d'emploi en UE. Ses contributions recouvrent les trois piliers de la durabilité : écologique, économique et social (Lasseur et al., 2019). Il est également un élément structurant du territoire comme l'illustre la charte des bonnes pratiques d'élevage mise en place par des éleveurs français après la crise de la vache folle (Charte des bonnes pratiques d'élevage, 2021).

Les contributions de l'élevage bovin s'étendent au-delà de la production alimentaire. En Europe, l'élevage bovin est porteur d'une identité qui fait sa renommée. Le gage de qualité que l'Europe défend va de pair avec la reconnaissance de savoir-faire propres à certaines régions (IGP, AOP). La France, l'Italie, les Pays-Bas et les Balkans sont connus pour leurs fromages. Les races à viande, comme la Charolaise ou la Hereford, ont une renommée internationale tout comme les charcuteries et les techniques de viande séchée (porc, bœuf, chèvre, renne). Ces produits contribuent au rayonnement de la gastronomie européenne (Donnars, Dumont, & Dupraz, 2019).

L'élevage bovin contribue également aux biens publics et économiques et à la vitalité du territoire. Ces contributions regroupent les services d'approvisionnement, les services culturels, les services de régulation, de soutien. Elles peuvent être décrites comme des « contributions directes et indirectes des écosystèmes au bien-être humain » (de Groot et al., 2010).

Sur le plan environnemental, l'élevage bovin valorise la ressource en herbe et entretient le territoire. Il joue un rôle majeur dans le maintien des services écosystémiques. Il façonne la biodiversité végétale et animale. Il permet la préservation d'habitats diversifiés, la valorisation de la diversité génétique, le développement de réseaux trophiques fonctionnels, la régulation et la filtration des débits d'eaux ainsi que le maintien de l'activité biologique du sol (Lasseur et al., 2019).

Il s'agit également d'un secteur clé au regard du stockage carbone. L'élevage bovin a un fort potentiel de stockage de carbone grâce aux prairies. Il repose de 65% à 92% sur la valorisation des prairies. Or, le passage d'un sol cultivé à une prairie permet une séquestration carbone dans les sols en moyenne de 920 kg C/ha/an (Dolle et al., 2013; TERRA, 2019). De ce fait, il est l'un des secteurs agricoles dont le pouvoir de lutte contre le changement climatique est important. Un stockage additionnel de « 4 pour 1000 » suffirait pour compenser les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) liées aux activités humaines. Cet objectif a motivé l'initiative dite « 4 pour 1000 » lors de la Conférence des Parties sur le changement climatique (COP21) en 2015 faisant de l'élevage bovin un secteur solution (Donnars et al., 2019).

Défis de l'élevage de demain

L'élevage est soumis à des aléas de nature diverse : risques climatiques et sanitaires, risques liés au marché, risques institutionnels, risques financiers et législatifs, et risques humains. Ces risques affectent les rendements, la qualité des produits, le prix des intrants et sont susceptibles d'être exacerbés dans le cadre du changement global intégrant le changement climatique, l'accroissement de la démographie mondiale, les changements des modes de consommation, la raréfaction des ressources énergétiques non renouvelables, l'urbanisation, l'écologisation des pratiques agricoles, la compétition sur les marchés

alimentaires et les progrès techniques et scientifiques (Dedieu et al., 2008; Rigolot et al., 2019). Le tableau 3 présente une synthèse de ces impacts et défis (Donnars et al., 2019).

Tableau 3 : Impacts et contributions possibles de l'élevage bovin d'après (Donnars et al., 2019)

Domaines	Critères	Indicateurs	
		Impacts + et Contributions	Impacts – et Défis
ENVIRONNEMENT	Flux de matière et d'Energie	Economie des ressources, valorisation des coproduits et déchets : production de biogaz.	Consommation d'intrants, pressions locales ou importées. L'UE importe 70 % des protéines d'oléoprotéagineux essentiellement d'Argentine et du Brésil (FAO, 2017).
	Cycles biogéochimique	Fertilité des sols, qualité de l'eau.	Gaspillage, transferts de pollution (FAO, 2017).
	Pollutions eau, air, sols	Faible perturbation des milieux.	Dégradation et contamination des eaux, sols et air.
	Changement climatique	Stockage du carbone via les prairies : le passage d'un sol cultivé à une prairie permet une séquestration carbone dans les sols d'en moyenne de 40% (soit 920 kg C/ha/an) (Dolle et al., 2013; TERRA, 2019).	Emissions du troupeau européen sont entre 630 et 863 Mt CO ₂ eq, soit 12 à 17 % des émissions totales de l'UE27. Les émissions sont de 14,2 à 17,4 kg CO ₂ eq/kg de produit en Autriche et Pays-Bas. Elles sont supérieures à 40 kg CO ₂ eq/kg de produit à Chypre et en Lettonie (Weiss & Leip, 2012) (Thomassen et al., 2008) (D. O'Brien et al., 2020).
	Biodiversité	Hétérogénéité des habitats, richesse spécifique dans les prairies, parcours, haies (Lasseur et al., 2019).	Faible biodiversité des animaux d'élevage, perte et sélection de la biodiversité sauvage.
	Usage des terres	Maintien des prairies, bocages, zones humides, alpages et parcours méditerranéens.	Dégradation du potentiel, conflits avec d'autres usages (réserves naturelles, urbanisation). Réquisitionne 10 % de la SAU pour les pâtures, environ 60 % des surfaces céréalières pour leur alimentation. L'indice de densité du bétail atteignait 0,8 UGB par ha de SAU en 2016 (Eurostat, 2019b).
ECONOMIE	Production	Création de richesse, hautes performances techniques et économiques, produits qualités (sans OGM, biologique) : + 10% en 2030 dans l'Union Européenne (European Commission, 2021b; OCDE & FAO, 2019).	Crise économique, dégradation des revenus, faible compétitivité ; Baisse de la consommation de viande dans l'UE (68,7 kg à 67,6 kg de poids au détail par habitant d'ici 2030) Le cheptel laitier pourrait être réduit de 7% et atteindre 19,2 millions de têtes (OCDE & FAO, 2019).
	Emplois	Création d'emplois et compétences professionnelles.	Chute du nombre d'éleveurs, conditions de travail difficiles.
ENJEUX SOCIOCULTURELS	Valeurs, patrimoine	Gastronomie, savoir-faire, paysages, tourisme, identité et gage de qualité, reconnaissance de savoir-faire propres à certaines régions (IGP, AOP) (Donnars et al., 2019).	Dépréciation et mise en cause des pratiques d'élevage, standardisation, perte de compétences.
	Ethique	Bien-être animal, bonne image de l'éleveur, de l'élevage et des filières.	Maltraitance et souffrance animale, mauvaise image de l'éleveur, de l'élevage, des filières et produits.
SANTE	Composition nutritionnelle et consommation	Protéines animales de qualité, denrées diversifiées.	Teneurs excessives en acides gras saturés et en oméga-6, excès de consommation de viande, antibiorésistance, contamination médicamenteuse et de biocides du fait de la présence de résidus dans le sol et dans les produits animaux.

	Santé animale	Favorisée par la robustesse des animaux et le bien-être animal.	Incidence de zoonoses, coût en santé humaine et animale, pertes en production (Carpio, 2021; European Commission, 2020c, 2021a).
--	---------------	---	--

Défis économiques

La consommation de viande dans l'Union Européenne devrait baisser de 68,7 kg à 67,6 kg de poids au détail par habitant d'ici 2030 et s'accompagnerait d'un changement de préférence des consommateurs pour la volaille et d'une augmentation de l'attention portée par les consommateurs aux processus de production et de consommation de la viande (OCDE & FAO, 2019).

D'ici 2030, le cheptel laitier pourrait être réduit de 7% et atteindre 19,2 millions de têtes expliqué par l'augmentation des substituts végétaux notamment en Amérique du Nord, en Europe et en Asie de l'Est. Néanmoins, les attentes des consommateurs devraient offrir des opportunités aux produits issus des systèmes de production pâturage, sans OGM et biologique dont la part de production devrait atteindre 10% en 2030 en Union Européenne contre les 25% espérées par la Commission Européenne (European Commission, 2021b; OCDE & FAO, 2019).

Enfin, le changement climatique accroît le risque de sécheresses, d'inondations, de maladies et d'épidémies avec des répercussions sur la filière : instabilité des prix, rendement des vaches, effectifs des cheptels. Le contexte actuel lié au covid-19 met en lumière l'accentuation des risques d'épizooties (Carpio, 2021; European Commission, 2020c, 2021a).

Défis environnementaux

L'élevage bovin réquisitionne 10 % de la SAU pour les pâtures et parcours. Les animaux nécessitent également 10 M ha en prairies temporaires et 35 M ha en céréales soit environ 60 % des surfaces céréalieres de l'UE pour leur alimentation. L'indice de densité du bétail illustre la pression que l'élevage exerce sur l'environnement. En 2016, elle atteignait 0,8 unité de bétail (bovins, ovins et caprins) par hectare de SAU (Eurostat, 2019b).

L'Europe importe par ailleurs environ 70 % des protéines d'oléoprotéagineux consommées par son cheptel. Le tourteau de soja, les autres tourteaux et les graines d'oléoprotéagineux proviennent principalement d'Argentine et du Brésil. Cette délocalisation de l'alimentation animale est associée à l'expansion des surfaces agricoles au détriment de la forêt, amazonienne notamment.

Enfin, l'élevage favorise la propagation d'agents polluants via les déjections et les déchets animaux liés à l'utilisation d'antibiotiques ou d'hormones (FAO, 2017).

Défis Climatiques

Les émissions du troupeau européen se situent entre 630 et 863 Mt CO₂eq, soit 12 à 17 % des émissions totales de l'UE-27. Ces intensités d'émission varient selon les régions de l'UE : 14,2 à 17,4 kg CO₂ eq/kg de produit en Autriche et Pays-Bas contre des valeurs supérieures à 40 kg CO₂ eq/kg de produit à Chypre et en Lettonie.

Pour le lait, les pays qui faisaient partie de l'Union européenne avant 2004 affichent des intensités d'émission comprises entre 1 et 1,4 kg CO₂eq/kg de produit contre des valeurs supérieures à 1,5 kg d'équivalent CO₂/kg de produit pour les « nouveaux États membres » qui ont rejoint l'UE après cette date (Weiss & Leip, 2012).

Cette diversité s'explique par les différents systèmes de productions. Il s'agit particulièrement des quantités et des surfaces nécessaires à l'alimentation des bovins viande qui sont plus importantes que

pour les bovins lait (Thomassen et al., 2008). A titre indicatif, il faut en France de 14,8 à 53,6 m²/an/kg de poids vif pour les bovins viande contre 10,5 à 26,7 m²/an/kg de poids vif pour les bovins lait (D. O'Brien et al., 2020).

Étude des pratiques

Les politiques agricoles et la législation environnementale sont un enjeu majeur pour l'aiguillage de l'élevage bovin dans les années à venir afin de répondre à ces défis. L'enjeu global de l'élevage bovin est d'établir des systèmes résilients et durables capables de concilier performances économiques, environnementales, et sociales (qualité des produits, bien-être animal) (Lasseur et al., 2019). Ce rapport cherche à mettre en avant les leviers potentiels favorisant cette démarche dans le cadre du Pacte Vert de l'Europe (European Commission, 2021c).

L'étude aspire à délivrer une approche holistique en intégrant les questions sociales et économiques qui impactent la viabilité de certaines pratiques. À la vue de la diversité des systèmes d'élevages bovins en Europe, l'approche cherche à mettre en évidence des solutions communes à ces systèmes. Les solutions ont été appréhendées par ateliers au niveau d'une exploitation bovine. L'objectif est d'identifier celles qui pourraient être intéressantes écologiquement, économiquement et socialement pour les promouvoir à l'échelle européenne.

Les données recueillies pour ce rapport se basent sur des études scientifiques réalisées à l'échelle de la ferme au sein de l'UE-27. Les données quantitatives apportent des ordres de grandeurs et sont à rapporter au contexte des études. Les pratiques ont été détaillées individuellement et étudiées selon leur impact environnemental, climatique, économique et social. Pour les aspects environnementaux, les données chiffrées sont issues d'études réalisées à la ferme.



Aspect Environnemental

La plupart des données chiffrées sont issues de la méthode d'analyse du cycle de vie (ACV) réalisée à la ferme (Brocas & Dollé, 2018; CAP2ER, 2013; International Standard Organisation, 1997). D'autres méthodes existent également (Annexes IIA et IIB) (Donnars et al., 2019). 4 indicateurs ont été considérés :

- **La déplétion abiotique** : Il comptabilise la disponibilité des ressources abiotiques (ensemble des facteurs physico-chimiques) de l'écosystème. Le calcul de cet indicateur indique la consommation des ressources dites « rares » en kg d'équivalent antimoine (élément chimique de propriétés intermédiaires entre celles des métaux et des non-métaux) (kg Sb éq).
- **L'oxydation photochimique** : elle mesure la quantité d'oxydants photochimiques formés à partir du rejet d'azote et d'hydrocarbures sous l'action des rayons du soleil. Ces oxydants ont des effets néfastes sur la santé humaine et sur celle des végétaux.
- **L'acidification** : elle évalue l'accumulation d'ammoniac (NH₃), de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde de soufre (SO₂) dans l'air.
- **L'eutrophisation** : elle traduit les pertes d'azote et de phosphore (CAP2ER, 2013; Université de Lorraine, 2013).



Aspect climatique

La production de trois gaz a été étudiée :

- **Le gaz carbonique (CO₂)** : Les impacts liés au CO₂ sont principalement dus au déstockage du carbone des sols. L'autre source concerne l'utilisation de carbone fossile.
- **Le méthane (CH₄)** : Gaz à effet de serre 25 fois plus puissant que le CO₂, il est le plus problématique sur la ferme. Il est associé aux fermentations anaérobiques.
- **L'azote (forme N₂O)** : Il est 296 fois plus puissant que le CO₂. Le cycle de l'azote est modifié intégralement via l'élevage. L'utilisation des protéines dans l'alimentation des bovins et la

fertilisation sont responsables de ces émissions. L'enjeu est de maximiser le rendement des protéines métabolisables et de réduire la dégradabilité dans l'alimentation des ruminants pour les réduire.



Aspect économique

Il comptabilise les coûts, les bénéfices et la rentabilité de la pratique.



Aspect social

Il illustre la facilité de réalisation de la pratique pour l'éleveur et au niveau de l'UE. Les facteurs influençant la prise de décision d'un éleveur quant à ses pratiques sont étudiés par Marie-Angelina Magne, Cerf, & Ingrand, (2011) et sont recensés sur la figure 7.

- *Système Socio-Ecologique (SSE)*. Il permet d'appréhender la complexité de la gestion environnementale en prenant en compte les sociétés et la nature (Liu et al., 2007).
- *Cycle adaptatif*. Les SSE évoluent selon des cycles définis par une succession de phases d'augmentation du contrôle et de la maîtrise auxquelles succède un choc nécessitant une réorganisation du système au risque de son effondrement (Holling, 2001).
- *Système Socio-Technique (SST)*. Il existe des interactions entre les moyens techniques de production et les capacités humaines à mobiliser ces moyens qui passent par le développement de savoir et savoir-faire productifs (Sarrazin, 2016).
- *Théorie de l'action*. Il existe 3 formes de capital : économique (patrimoine), social (réseau en partie hérité) et culturel qui constituent une limitation structurelle pour l'acteur (habitus) (Bourdieu, 1979).
- *Imaginaire Socio-Technique*. Il s'agit de la manière dont les aspects sociaux, matériels et moraux sont intégrés dans les décisions sur la technologie à utiliser et les visions qui se cachent derrière ce choix (Korea Author, Jasanoff, & Kim, 2009).
- *Concept de représentation sociale*. Il s'agit d'une forme de connaissance socialement formulée et partagée dans un but pratique (Jodelet, 2003).
- *Théorie du comportement planifié*. Chaque action est planifiée avant d'être réalisée. 3 facteurs interviennent dans la décision : les attitudes par rapport au comportement, les normes sociales et l'auto-efficacité (Ajzen, 1991).
- *Sociologie des réseaux*. Les changements de pratiques des agriculteurs sont liées à la structure des réseaux de dialogues professionnels dans lesquels ils sont insérés (Compagnone, 2019).

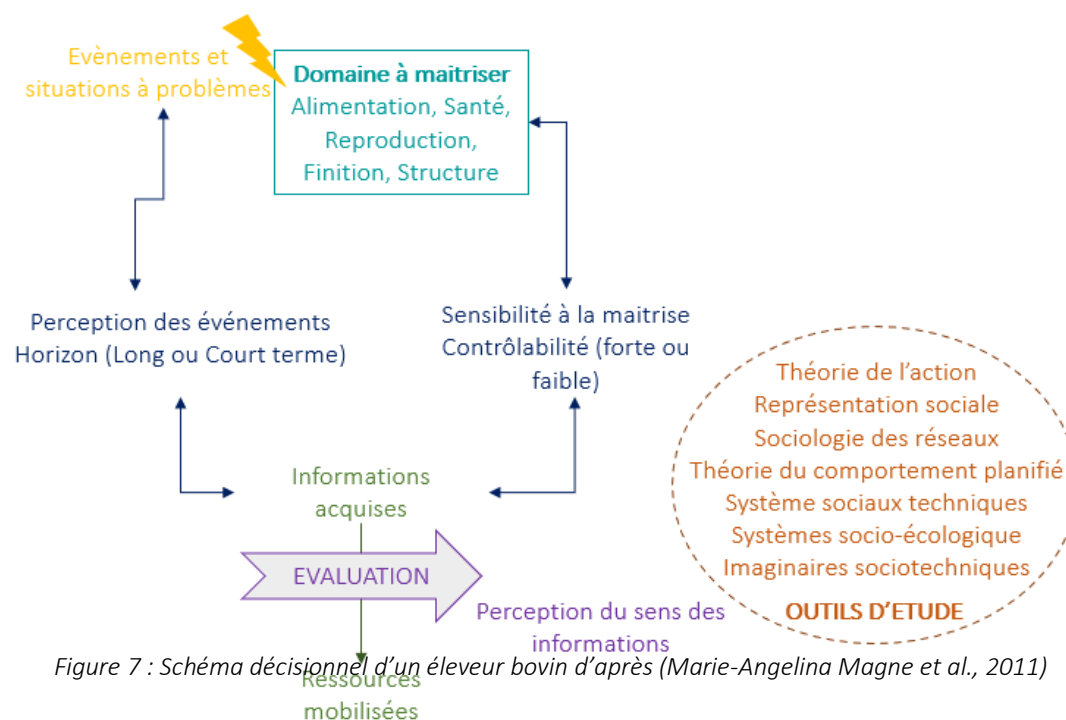


Figure 7 : Schéma décisionnel d'un éleveur bovin d'après (Marie-Angelina Magne et al., 2011)

ALIMENTATION

L'aliment contribue jusqu'à 36 % des émissions de GES en élevage allaitant et à 27 à 38 % des émissions de protoxyde d'azote en élevage laitier (Dolle et al., 2013; Doreau et al., 2011; Drews et al., 2020; Guerci et al., 2013; Nunes et al., 2020; Donal O'Brien et al., 2014; Thomassen et al., 2008). La qualité des fourrages donnés aux animaux influence la production et les émissions de CH₄ liées à la fermentation entérique ainsi que les rejets azotés (Nature-Québec, La-Coop-fédérée, & Fédération-des-producteurs-de-porcs-du-Québec, 2011). Des variations dans l'alimentation existent en UE selon les spécificités régionales (SAU, assolements, conditions climatiques), l'âge des animaux et le système (Dronne., 2019).

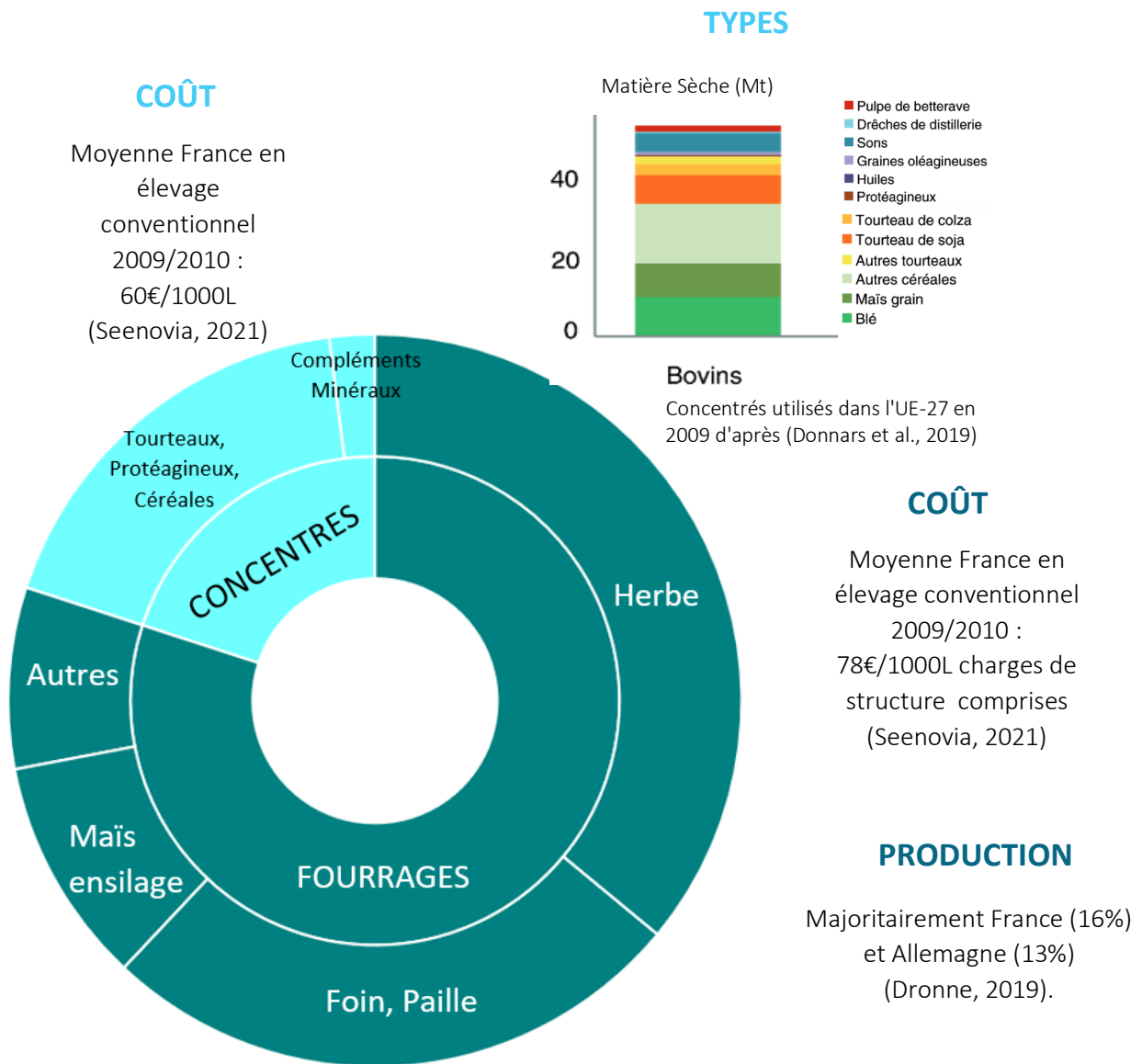


Figure 8 : Composition moyenne de la ration d'une vache laitière/allaitante en système conventionnel en France (J. Devun, Brunschwig, & Guinot, 2014; DUFRASNE, Christine CUVELIER, 2012)

Gestion des concentrés et des compléments alimentaires

P1 : Augmenter le taux de concentrés dans la ration

Un aliment complet doit apporter la totalité de la ration en combinant matières premières, minéraux et vitamines. Un aliment complémentaire complète les matières premières distribuées à l'animal (SNIA, 2021). Les concentrés constituent en moyenne 14% de l'alimentation des bovins. Il existe :

- Les compléments énergétiques : simples (céréales comme le blé, l'orge, le triticale) ou composés (assemblage de plusieurs matières premières, produites par des fabricants d'aliments de bétail).
- Les correcteurs azotés : simples, ou composés sous forme de tourteaux obtenus comme coproduits après l'extraction de l'huile de graines oléagineuses (colza, soja, tournesol ou lin).
- Les aliments minéraux et vitaminiques (AMV). Ils sont utilisés pour combler les déficits de l'alimentation, souvent en phosphore et en calcium (J.Devun & Guinot, 2012; Institut de l'élevage, 2012). La figure 7 donne une vue des principaux concentrés utilisés en UE.

La France, l'Allemagne et le Royaume-Uni sont les trois principaux producteurs de protéines de concentrés avec respectivement 22, 14 et 8 %. Ils détiennent à eux trois 44 % de la production de l'UE. Ils sont suivis de la Pologne (8 %), de la Roumanie (7 %) et de l'Espagne (7 %).



L'augmentation de l'utilisation de concentrés dans la ration peut entraîner des conséquences environnementales négatives liées à l'augmentation de la concentration en phosphore et en azote dans les déjections animales. La majorité des émissions de PO_4^{3-} et de NO_3^- retrouvées dans l'eau résultent de la production de concentrés. Elles sont liées à l'application de fumier et d'engrais sur le sol des fermes. La production de concentrés est un des facteurs contribuant le plus à l'eutrophisation, à l'épuisement abiotique et constitue, avec l'ensilage de maïs, la principale source d'émissions dans l'air au cours du cycle de vie du lait. Les valeurs du tableau 4 correspondent à un impact relatif de l'ordre de 10% en moyenne pour les facteurs d'oxydation, d'acidification et d'eutrophication et de 30% pour le facteur déplétion abiotique (Castanheira et al., 2010).

Tableau 4 : Contribution de l'utilisation des concentrés sur les processus environnementaux d'après (Castanheira et al., 2010)

	Contribution
Déplétion abiotique (kg Sb eq)	0.48
Oxydation photochimique (kg C_2H_4 eq)	1.6E^{-02}
Acidification (kg SO_2 eq)	1.45
Eutrophication (kg PO_4^{3-} eq)	1.14

Tableau 5: Emissions liées à l'utilisation des concentrés (Castanheira et al., 2010; D. O'Brien et al., 2020)

	Emissions en kg CO_2 eq/ kg émission
Emission CH_4	0,11
Emission N_2O	0,26
Emission CO_2	0,65
TOTAL GW	145,38



Augmenter la proportion de concentrés dans la ration donnée aux vaches laitières est une voie de réduction des émissions de méthane entérique controversée. L'ajout d'aliments concentrés riches en amidon (maïs, orge) permet de réduire la production de CH_4 dans le rumen de 3 à 6,5% mais leur production génère des émissions de CO_2 et N_2O importantes qui contribuent de 34% à 79% des émissions totales dues à leur transport (Cederberg & Mattsson, 2000; Doreau et al., 2011; Drews et al., 2020; Guerci et al., 2013; Hadipour et al., 2021; Nature-Québec et al., 2011). Le tableau 5 présente les résultats d'études (Castanheira et al., 2010; D. O'Brien et al., 2020). Il n'est donc pas possible de conclure quant à l'intérêt climatique de l'utilisation de concentrés dont la contribution à la production de GES peut varier de -15% à +20% selon les systèmes (Dollé et al., 2011; Thomassen et al., 2008).



L'alimentation animale est le facteur de coût le plus important (McGee et al., 2019). L'alimentation représentait en 2019 jusqu'à 11% de la valeur à la ferme en élevage bovin en Europe. Les coûts des aliments ont augmenté plus que les prix à la production au cours des 25 dernières années. Cela confirme la pression permanente observée sur les éleveurs pour améliorer leur productivité et sur les producteurs d'aliments composés pour fournir des aliments composés efficaces (FEFAC, 2020b, 2020a). Chapuis et al. (2015) et Beckers (2013) ont mis en évidence qu'une augmentation de l'utilisation de concentrés dans la ration bovine pouvait permettre d'accroître la quantité de lait produite mais que cela augmentait également le prix de la ration autour de 24€/Unité de production (1000L) (Cederberg & Mattsson, 2000).



L'augmentation du taux de concentrés dans la ration s'inscrit comme un frein à l'autonomie de l'exploitation. Elle augmente la dépendance au marché, aux aléas et aux fluctuations des prix. Elle peut également augmenter la charge de travail de l'éleveur en augmentant le temps de distribution de la ration. Pour autant, les concentrés peuvent être perçus comme une valeur sûre et stable pour certains agriculteurs car elle ne demande pas de changement de système (Bureau & Danechvar-Kakhki, 1991; Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire, 2012; Delaby, 2014; Holling, 2001).

P2 : Ajuster/Réduire le taux de protéines dans la ration

Les protéines composent 35% de la ration des animaux de l'UE. Les leaders protéiques sont les Pays-Bas (60%), l'Espagne (59%), l'Italie (55%) suivis par l'Allemagne (38%) et la France (33%). Ces différences s'expliquent par les habitudes d'élevage et par la répartition entre monogastriques, herbivores et les surfaces disponibles pour les fourrages (Dronne, 2019).

Il faut entre 5 à 10 kg de protéines végétales pour produire 1 kg de viande de bœuf. Les graines les plus riches en protéines et les plus couramment utilisées sont le soja, le lupin, la féverole, le pois et les céréales (A. Voisin, 2020). Le soja complète environ 18% des rations en moyenne à l'échelle de l'UE. Une grande part provient d'Amérique du Sud. L'Italie, l'Espagne et les Pays-Bas, se situent à des niveaux très élevés (34, 31, et 30%) d'utilisation de soja (Dronne, 2019). La production est inégalement répartie au sein de l'Europe avec de gros producteurs comme la France ou la Pologne et des régions non productrices comme le Portugal (Eurostat, 2021c).

L'importation de matières protéiques pour l'alimentation animale est un point délicat. Particulièrement, le soja importé d'Argentine et du Brésil requiert l'expansion des surfaces agricoles au détriment de la forêt. Cela affecte négativement l'occupation des terres, leur acidification, la biodiversité, et génère une consommation d'énergie non renouvelable liée à la transformation et au transport. L'Union européenne affiche la plus grande empreinte carbone par unité de soja importée (0,77 tCO₂eq/t) (Espagnol et al., 2020; Karlsson, Parodi, van Zanten, Hansson, & Röös, 2021; Wilfart et al., 2018).



Ajuster la quantité de protéines dans la ration est une voix prometteuse. Une ration contenant 16,5 à 17% de protéines brutes suffit à combler les besoins de vaches hautement productives. Pour les élevages laitiers, 75% de l'azote consommé est perdu dans les déjections ce qui est la fois une perte économique et un problème environnemental (Nature-Québec et al., 2011). Cela exacerbe les effets d'eutrophisation et d'acidification. Les impacts varient selon le type d'exploitation et la source de protéines. Les petites exploitations qui utilisent des aliments protéinés locaux cultivés ont un impact environnemental plus faible que les exploitations où les sous-produits de soja sont les plus couramment utilisés (Brizga, Kurppa, & Heusala, 2021; Tullo, Finzi, & Guarino, 2019; Vries & Boer, 2010; Weiss & Leip, 2012). Créer un léger déficit (5%) en

protéines dégradables pour les microbes de façon qu'ils recyclent une partie de l'urée endogène pour synthétiser leurs protéines peut conduire à réduire très fortement l'excrétion d'urée par l'animal. En système lisier l'excrétion d'azote urinaire est abaissée de 65%, avec la ration à 12% de MAT par rapport à celle avec 18% de MAT et les émissions ammoniacales sont divisées par 3 à 4,5 (RMT Elevage et Environnement, 2019a).



Broderick (2018) et Cederberg & Mattsson (2000) préconisent la limitation des protéines dans la ration pour améliorer l'efficacité de l'azote et de réduire l'excrétion de l'azote urinaire sous la forme de fumier azoté. L'optimisation des protéines dans la ration peut réduire jusqu'à 5 à 8 % du potentiel global (D. O'Brien et al., 2020). Cela correspond à une réduction annuelle de -241 à -295 kgCO₂eq/animal/an (Dollé et al., 2011). Ces données varient selon le type de protéines ingérées comme le montre la figure 9.

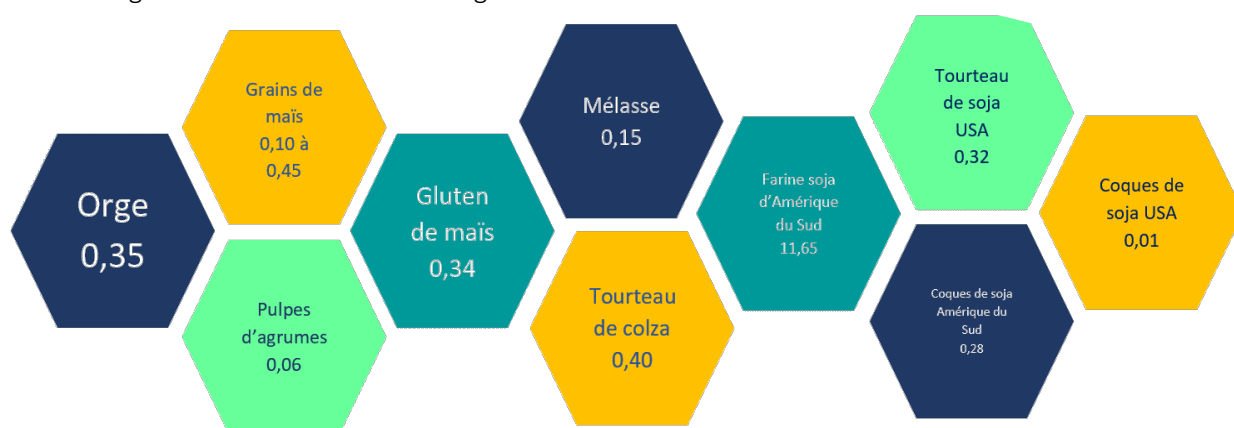


Figure 9 : Potentiel de contribution au réchauffement global en kg de CO₂eq/kg de matière sèche selon le type de protéine utilisé (D. O'Brien et al., 2020)



La diminution de l'utilisation de compléments protéiques dans la part de la ration permet de gagner jusqu'à 11,6€/animal/an (Pellerin et al., 2013). Les conséquences sur la production sont néanmoins mitigées et dépendent de l'importance de la réduction. Broderick (2018) constate qu'une diminution du taux de protéine de 15,3% à 13,4% dans la ration pendant les semaines 19 à 29 de lactation et de 14,2% à 12,6% pendant les semaines 24 à 34 de lactation n'a pas impacté la production et la qualité du lait ce que recensent également (Kebreab, France, Beever, & Castillo, 2001; Kebreab et al., 2010). A plus haut niveau, cela peut par contre générer une diminution de la production (Cederberg & Mattsson, 2000).



La réduction du taux de protéines achetées dans la ration est une voie vers l'autonomie alimentaire (d'Alteroche, 2013).

P2 : Remplacement des tourteaux de soja par des tourteaux de colza

L'Europe est l'un des premiers producteurs de colza (26,95%) avec le Canada (Oil World, 2021). Depuis 2017, les surfaces de culture de colza ont tendance à diminuer en UE. Cette diminution est globalement faible pour l'UE mais peut être importante selon les pays dans laquelle la production est inégalement répartie. A titre d'exemple, les cultures de colza ont diminué de plus d'un tiers depuis 2017 en France. Cela s'explique par les conditions climatiques sèches au moment du semis et par la pression des insectes importante qui fragilisent la culture de cette plante.



D'après Lehuger, Gabrielle, & Gagnaire (2009), le remplacement de soja par le colza n'aurait pas d'intérêt majeur dans le cadre de la réduction des impacts environnementaux. Néanmoins, il convient de rappeler qu'il constitue un atout dans la réduction des importations de soja, dont la culture en Amérique du Sud impacte négativement les terres agricoles d'Amérique du Sud. De plus, la production de colza en Europe permet de maintenir la sole agricole mise en péril par l'artificialisation. Enfin, les résidus de production peuvent être valorisés par le biais de la production de biocarburants (AEE, 2019).



La substitution des tourteaux de soja par du colza permettrait une réduction de l'empreinte carbone nette des produits de 3 à 7% (Dollé et al., 2011). Spécifiquement, pour le CH₄ Lehuger et al. (2009) recensent une légère réduction des émissions dans le cas de l'utilisation de colza (3,1 kg N/ha contre 3,6 kg N/ha pour le soja).



L'utilisation de colza paraît être une alternative attractive. L'intérêt économique de l'utilisation de tourteau de colza dépend du rapport de prix entre les tourteaux de colza et soja mais est globalement intéressante avec un prix de 240€/T contre 360€/T pour le soja (Synagri, 2013). En substituant 1kg de tourteau de soja acheté par 2 kg de tourteaux de colza pour un troupeau de 50 VL, l'économie possible est de 10 tonnes d'aliment pour 200 jours d'hiver (Blondel, 2017). Son intérêt réside aussi dans la coproduction d'huile pour les bioénergies (Lehuger et al., 2009).



Le remplacement de tourteau de soja par des colzas s'inscrit dans le désir d'autonomie et d'indépendance alimentaire sur le territoire (d'Alteroche, 2013). Pour autant, son utilisation peut être rendue compliquée par certains cahiers des charges qui limitent la quantité maximum d'aliment/vache/an car il faut plus de tourteau de colza pour remplacer une quantité moindre de tourteau de soja (Nutritionnistes De meuh en mieux, 2020).

P3 : Utilisation de tourteaux de soja biologique

Tout comme le soja classique, le soja biologique reste aujourd'hui largement importé en Europe depuis l'Amérique du Sud (Espagnol et al., 2020; Karlsson et al., 2021; Wilfart et al., 2018). L'utilisation de soja responsable pour réduire les conséquences négatives liées à la production du soja peut être une voix à investiguer.



Pour réduire l'empreinte environnementale, la production de soja biologique n'est pas une solution concluante. Pour la production d'un hectare de soja en moyenne, la consommation de diesel est 10 fois plus importante dans le cas de la production de soja biologique que celle dans le cas du soja conventionnel et le nombre de terres requises est également bien supérieur (Knudsen, Yu-Hui, Yan, & Halberg, 2010; Pashaei Kamali et al., 2017). Néanmoins, l'utilisation de soja biologique impacte moins les facteurs acidification (potentiel d'acidification de 2.3 kg SO₂ eq en biologique contre 4.5 kg SO₂ eq en conventionnel) et eutrophication (5.0 kg PO₄³⁻ eq en biologique contre 13.0 kg PO₄³⁻ eq en conventionnel) (Knudsen et al., 2010).



La production de soja biologique serait intéressante pour réduire de 77% les gaz à effet de serre par tonne de soja produit (270,96 kg CO₂eq/t en biologique contre 277,77 en conventionnel OGM et 278,18 en conventionnel Non-OGM) (Pashaei Kamali et al., 2017).



Les prix sont plus élevés en biologique qu'en conventionnel (283 €/T en conventionnel contre 720-900 €/T en biologique) ce qui le rend presque inabordable pour les éleveurs (Cederberg & Mattsson, 2000).



L'utilisation de soja biologique ne nécessite pas un changement de système. Il n'y a pas de différence majeure dans l'inclusion de tourteaux de soja biologique dans la ration par rapport aux tourteaux de soja standards (Cederberg & Mattsson, 2000).

P4 : Inclusion d'algues dans la ration

Il existe 3 familles d'algues : les algues vertes, les algues brunes et les algues rouges. Les algues rouges sont d'intérêt pour les ruminants. Particulièrement, *Asparagopsis armata* est étudiée dans ce cadre. Les algues font parties de la liste des principales matières premières pour aliments des animaux établie par la Commission Européenne. Leur valeur nutritionnelle les rend intéressante pour l'alimentation animale (Honan et al., 2021).

En 2014, on recensait une production mondiale toisant les 24,9 millions de tonnes d'algues fraîches dont 35% produites via l'aquaculture. Seule une très faible part de la production mondiale provient d'Europe (1%) fournie majoritairement par la Norvège (71%) (Mouraud, 2016). Le secteur des algues est confronté à un certain nombre de défis qui ralentissent son développement. Le plus important est lié au cadre politique et réglementaire. Les exigences législatives relatives aux différents aspects de la production ne sont pas harmonisées entre les États membres, tandis que les normes de la législation ne permettent pas aux entreprises d'être compétitives à l'étranger (European Commission, 2020e).

Dans le rapport 2020 de l'Europe sur l'économie bleue, le secteur lié à la biomasse d'algues en Europe est décrit comme le plus développé des secteurs émergents. Leur intérêt économique pour l'Europe est important aux vues de la demande croissante pour les algues dans le monde entier (Loctier, Marcaud, Winn, & Lucardi, 2020). Le manque de données ne permet cependant pas de développer de nouveaux produits pour le marché de l'alimentation des ruminants (Honan et al., 2021; Morais et al., 2020).



L'utilisation d'algues et notamment d'algues vertes pourrait être intéressante dans les régions où l'abondance des effluents riches en nitrate a provoqué leur prolifération. Les recherches intègrent la détermination de la biodisponibilité dans un mélange entre *Ulva lactuca* et une ou plusieurs algues rouges. Certaines algues brunes se sont révélées efficaces dans la réduction des excréments fécaux bovins. Néanmoins, la culture d'algue se réalise sur des territoires déjà fortement demandés et convoités pour la production d'énergie, les activités portuaires, l'industrie, l'aquaculture. Il est nécessaire de veiller à augmenter la biodiversité génétique des algues et à ne pas limiter leur culture à une seule variété, au risque d'ouvrir la voie à des contaminations bactériennes et virales (Cottier-Cook et al., 2016; Taelman, De Meester, Van Dijk, Da Silva, & Dewulf, 2015).

Tableau 6 : Potentiel de réduction des émissions CH₄ entériques selon les huiles (Arndt et al., 2020; Doreau et al., 2011; Hadipour et al., 2021; Honan et al., 2021; Jouany et al., 2008)

Lin	-14% à -29%
Coco	-28% à -35%
Canola	-22% à -32%
Tournesol	-17% à -24%



L'inclusion de l'algue *Asparagopsis taxofirmis* dans la ration des bovins viande a permis de réduire les émissions de CH₄ de 80% (Honan, Feng, Tricarico, & Kebreab, 2021; Roque et al., 2021). Celle de l'algue *Asparagopsis Armata* à 0,5% a permis de réduire de la production de CH₄ entérique de 26,4% chez les bovins viande (Morais et al., 2020).



L'inclusion d'algues dans la ration n'a pas diminué les performances en production de vaches à viande ou à lait. Le taux de croissance des bouvillons a même été améliorée par les niveaux d'inclusion de 0,10 et 0,20% d'algues de la famille *Asparagopsis sp.* Une croissance de poids journalières moyennes de 26% et 22%, respectivement a été recensée. Cet effet s'accompagnait également d'une amélioration de la conversion alimentaire permettant de réduire le coût de production. Pour 1 000 têtes de bovins allaitant/an : potentiel de réduction des coûts alimentaires de 34 098 € à 73 846 € selon le dosage (faible ou élevé) des algues (Morais et al., 2020; Roque et al., 2021; Taelman et al., 2015). Cependant, si les farines d'algues sont déjà utilisées, les extraits d'algues restent encore inaccessibles (Le Blé & Morice, 2013).



Il y a un blocage culturel existant en Europe notamment pour l'alimentation des animaux. Les algues sont fortement développées en Asie mais peu promues en Europe. Elles commencent à être employées dans la cosmétique et l'alimentation humaine mais en élevage, leur utilisation reste faible. Le phénomène reste donc à promouvoir. Concernant leur utilisation, la grande diversité d'algues existantes peut rendre leur intégration dans la ration complexe (Le Blé & Morice, 2013).

P4 : Utilisation de lipides dans la ration

En Europe, les huiles principalement produites sont l'huile de colza et de tournesol. En 2020-2021, l'Europe est le 7^{ème} contributeur à la production totale d'huile dans le monde, loin derrière le Brésil et les Etats-Unis (Oil World, 2021).

La ration moyenne de référence en élevage bovin contient 1,5% de lipides dans la matière sèche. Elle peut contenir des acides gras issus de sources diverses : huile de noix de coco, canola, soja, tournesol, lin, palme (et ses dérivés raffinés). Une modification de cette ration par ajout de lipides peut être intéressante dans le cadre de la limitation des émissions de méthane (Pellerin et al., 2013) propose une ration avec 3 à 3,5% de lipides en plus via l'ajout de graines oléagineuses extrudées substituées aux glucides (50% lin, 50% colza) ou d'huiles incorporées dans un aliment concentré (50% soja, 50% colza).

L'incorporation de lipides est plafonnée par des limites nutritionnelles et techniques : surplus de lipides, taux maximum d'incorporation d'huile dans les aliments concentrés, limites en lien avec la distribution de la ration (Pellerin et al., 2013). La teneur en matières grasses de la ration totale ne doit pas dépasser pas 6 à 7 % de la teneur en matières sèches sans quoi la prise alimentaire pourrait diminuer ce qui entraînerait une baisse de rendement (Nature-Québec et al., 2011).



L'utilisation de lipides permet de réduire les effets liés à l'acidification. Cependant, la concentration importante de lipides dans la ration peut conduire à l'augmentation de l'eutrophisation et à l'occupation des terres (IDELE, 2011).



L'enrichissement en lipides de la ration est une voie nutritionnelle prometteuse pour réduire les émissions de GES. Pellerin et al. (2013) évaluent le potentiel d'atténuation annuel des émissions de gaz à effet de serre lié à l'ajout de lipides dans la ration à 1,89 Mt CO₂ eq/an sur l'exploitation. Le potentiel de réduction de l'empreinte carbone nette globale des produits est de 3 à 7% et varie selon le type d'acide gras (Dollé et al., 2011; Nature-Québec et al., 2011; D. O'Brien et al., 2020).



L'ajout de lipides à la ration coûte en moyenne 11,6€/animal/an pour des jeunes bovins dans le cadre d'un troupeau laitier et 6,8€/animal/an dans le cadre de jeunes bovins en troupeau allaitant (Pellerin et al., 2013). Néanmoins, ces coûts sont difficiles à estimer et restent dépendent du contexte et du type de lipide. Les sources de lipides les moins coûteuses, comme le colza ou le lin, sont à privilégier par l'éleveur (Arndt, McClelland, Oh, & Bayat, 2020; Pellerin et al., 2013).



L'inclusion de lipides dans la ration nécessite d'adapter le régime total de l'animal ce qui peut générer des difficultés (IDELE, 2011).

P5 : Utilisation de plantes à tannins

Il existe deux familles de tannins : les tannins condensés et hydrolysables. Bien que les plantes à tannins soient plus répandues dans les zones tropicales, elles sont utilisées dans les zones tempérées (lotier, sainfoin) sous la forme d'extraits de tannins ajoutés à la ration (Doreau et al., 2011).



Les plantes à tannins ont la possibilité de réduire les émissions de N₂O et d'ammonium des excréments urinaires chez les bovins (Hadipour et al., 2021).



Les tanins impactent les bactéries méthanogènes et les bactéries fibrolytiques ce qui diminue la digestibilité des fibres du rumen. Ils ont la capacité de dégrader les protéines au sein du rumen et favorisent la synthèse de protéines microbiennes en limitant ainsi la quantité d'hydrogène disponible pour la méthanogenèse. Des réductions de CH₄ entérique ont été recensées allant de 6 à 68% mais ces molécules restent peu étudiées (Doreau et al., 2011; Hadipour et al., 2021).



L'introduction dans la ration de tannins n'a pas induit d'effets indésirables. Dans certains cas, une amélioration de la digestibilité a été aperçue (Doreau et al., 2011; Honan et al., 2021). Cependant, du fait du manque d'études sur la question, le coût de l'ajout des tannins dans la ration reste flou. En effet, la surconsommation de ce type de plants peut être toxique ou entraîner des effets négatifs (ralentissement de la croissance, fatigue etc). Or, elle reste difficile à maîtriser notamment dans le cadre de pâturage (Anne & Cat, 2012).



La piste est prometteuse et a été testée en laboratoire mais reste encore à étudier davantage. L'ajout de tannins peut se faire par le biais de la valorisation en légumineuses (lotier, sainfoin, châtaigner) (Honan et al., 2021).

P6 : Utilisation de bloqueurs de méthane

L'utilisation de produits bloqueurs de méthane est déjà utilisée aux Etats-Unis et au Canada. Parmi les additifs utilisés, on en retrouve deux majeurs. Le premier est le 3-nitroxypropanol (3NOP), connu sous le nom de Bovaer. Le second, Agolin Ruminant®, est un mélange d'huiles essentielles : eugénol, acétate, géranyle et huile essentielle de coriandre (Honan et al., 2021; Hristov et al., 2015) (Agolin, n.d.-b; DSM, n.d.).



Aucun effets environnementaux n'ont été décrits vis l'utilisation de bloqueurs de méthane



Le mélange Agolin Ruminant® a permis une réduction de 20% de l'intensité de CH₄ entérique chez les bovins laitiers (Honan et al., 2021). Bovaer® a montré des réduction des émissions de CH₄ entérique de 66,4% de gCH₄/jour (Honan et al., 2021; Hristov et al., 2015) (Hadipour et al., 2021).



Pour les deux bloqueurs de méthane, aucun effet négatif n'a été recensé sur la production et la qualité du lait ou de la viande. De plus, l'ajout de ces additifs dans la ration permettait dans certains cas d'observer une amélioration de l'efficacité alimentaire. En revanche, les coûts de l'utilisation des produits ne sont pas clairement mentionnés. L'ajout d'additifs peut se révéler coûteux pour les éleveurs et non soutenable sur une longue durée (Honan et al., 2021).



Les études concernant l'ajout de ce type d'additifs dans la ration concluent par la mention d'un besoin d'études plus approfondies concernant la soutenabilité de l'usage de ces additifs. De plus, l'usage de produits pharmaceutiques conçus en laboratoire peut être mal perçu par les éleveurs qui n'ont pas accès à l'ensemble des informations et à la transparence nécessaire concernant le produit (Alemu et al., 2021).

P6 : Ajout de nitrates

La ration moyenne de référence ne comporte pas de nitrate sous forme d'additif. Son incorporation est une voie prometteuse pour la réduction de méthane. Pellerin et al. (2013) proposent une ration modifiée contenant 1% de nitrate (sous forme de nitrate de calcium). L'ajout de nitrate en surdose dans la ration ne doit pas dépasser un seuil maximum fixé à 1,5% de nitrate dans la ration sous risque de surdose (CompteCO₂, 2020).



L'ajout de nitrates à la ration des bovins peut exacerber les émissions azotées des effluents et ainsi impacter négativement les pertes par lessivage et les excès de N₂O (Dollé et al., 2011).



Des essais conduits sur vaches laitières ont montré l'efficacité à long terme de l'addition de nitrates sur la réduction de production de méthane avec des réductions pouvant atteindre jusqu'à 32,8% CH₄g/jour. Néanmoins, des petites quantités de protoxyde d'azote peuvent être produites en contrepartie (Doreau et al., 2011; Honan et al., 2021; Pellerin et al., 2013).



Pellerin et al. (2013) évaluent le surcoût de l'ajout de nitrates à environ 47 à 78 €/animal/an selon leur âge et leur taille.

En raison des pertes provoquées par l'ajout de nitrates dans la ration, il sera nécessaire pour limiter les déjections azotées d'adapter et d'optimiser ses pratiques liées à la gestion de l'azote sur la ferme (gestion des effluents, valorisation des plants protéinés) (Dollé et al., 2011).

P7 : Utilisation de minéraux, acides organiques, biochar et ionophores

Les compléments **minéraux** (calcium, phosphore) et vitaminiques peuvent soit être ajoutés aux fourrages ou aux autres compléments alimentaires soit être mis à la disposition des animaux dans le pré ou à l'étable sous forme d'un bloc de sels minéraux.

Les **acides organiques** sont des constituants de certaines plantes. Trois sont étudiés dans le cadre de la limitation de la méthanogenèse : le malate, le fumarate et l'acrylate (Doreau et al., 2011).

Le **biochar** est le résultat de la pyrolyse de la matière organique. Il est communément utilisé dans les rations en raison de ses caractéristiques et bénéfices vis-à-vis des troubles digestifs. Le marché du biochar en tant qu'additif alimentaire est très développé (Honan et al., 2021).

Les effets environnementaux de ces produits n'ont pas été recensés.



La réduction de la méthanogenèse grâce aux **acides organiques** n'est pas systématique mais des résultats ont mis en évidence que l'incorporation dans la ration de fumarate pendant 2 mois permettait une réduction de méthane jusqu'à 75% (Doreau et al., 2011).



La réduction de méthane par intégration de **biochar** chez les bovins n'est pas concluante. Des essais ont recensé des réductions de 10g/jour mais les résultats sont variés. De plus, le biochar a des effets négatifs notables tel que l'altération du microbiote (Honan et al., 2021).



Pour les **acides organiques**, l'étude faite par Doreau et al. (2011) recense plusieurs freins à leur utilisation pratique notamment liés à la quantité qu'il était nécessaire d'utiliser et donc aux coûts engendrés. Laval (2020) montre cependant qu'ils permettent une amélioration de la croissance, et de l'indice de consommation dans respectivement 89 % et 73 % des cas.



L'utilisation de ce type d'additifs n'est pas optimale. Les études portées sur leur capacités de réduction des émissions de GES restent mitigées et peu concluantes. De plus, leur gestion peut s'avérer délicate pour l'éleveur. Leur utilisation devra également s'accompagner de formations (Doreau et al., 2011).

Gestion des fourrages et pâturages

La production de fourrage, la gestion des prairies et des parcours a de nombreux atouts en lien avec la biodiversité. Cet aspect a largement été décrit par (Doreau et al., 2011; Dumont et al., 2016). Une bonne gestion des fourrages et des prairies permettrait également de réduire l'utilisation des concentrés. Cette gestion du fourrage peut passer par diverses stratégies : élevage sur paille, augmentation de la durée de pâturage, développement et mise en avant de systèmes herbagers. Les fourrages utilisés peuvent être divers et leur utilisation peut varier selon les contraintes géographiques et les choix de l'éleveur.

La qualité des fourrages donnés aux animaux influence à la fois la production de lait et réduit le CH₄ produit par la fermentation entérique sans favoriser l'émission d'autres sources de GES à la ferme (Nature-Québec et al., 2011).

P1 : Augmenter la durée de pâturage

Les systèmes à l'herbe ont le potentiel d'atténuer les émissions de Gaz à effets de serre (GES) des produits via l'allongement de la saison de pâturage et la réduction de l'alimentation concentrée (Donal O'Brien et al., 2014). Il est possible d'optimiser la qualité du pâturage de manière à réduire le plus possible le CH₄ provenant de la fermentation entérique et à augmenter le stockage carbone. La qualité du pâturage améliore la productivité, la digestibilité et la santé du troupeau ainsi que la qualité du lait et de la viande (Nature-Québec et al., 2011).



Les pratiques liées au pâturage sont très positives. Elles permettent de minimiser la destruction du sol, les pertes d'azote et de carbone et le lessivage des nitrates (Hennessy, Delaby, van den Pol-van Dasselaar, & Shalloo, 2020). Le pâturage des animaux permet d'entretenir la prairie et la biodiversité (Fourrage mieux, 2015; Lambert, Personeni, Amiaud, & Bonis, 2010). Cependant, l'inégale répartition des zones sous-pâturées et surpâturées peut entraîner une mauvaise répartition des éléments fertilisants sous forme de déjections et la dégradation de certaines espèces à cause du piétinement du bétail (Fourrage mieux, 2015).



Allonger la durée de pâturage est une solution prometteuse. Le stockage lié à chaque hectare de prairie est de 500 kg de carbone (Herb'actifs, 2021). Les émissions de méthane entérique peuvent être réduites de -12% à -16% quotidiennement et les émissions de GES de -3% jusqu'à -10% au total (Arndt et al., 2020; Hennessy et al., 2020; Lambrecht, Bonestebe, Lomelet, Le Gac, & Velghe, 2020d; D. O'Brien et al., 2020). Les données sur les émissions d'ammoniac au pâturage sont mitigées. À certaines périodes de l'année, les fourrages pâturés peuvent présenter une teneur en azote élevée qui conduit à des déjections et des pertes d'azote importantes mais les émissions d'ammoniac sont globalement inférieures au pâturage qu'aux autres postes de gestion des effluents (RMT Elevage et Environnement, 2019b).



(Lambrecht et al., 2020d) ont recensés une augmentation de 6,4% de l'EBE (Excédent Brut d'Exploitation). Le pâturage permet de garantir à l'animal un régime presque complet contenant fibres, protéines, énergie et minéraux et ce à faible coût grâce aux économies liées à l'achat de nourriture et de concentrés (Hennessy et al., 2020). Il permet aussi de produire de meilleurs produits. Néanmoins, ils ne sont pas beaucoup valorisés sur le marché européen en tant que tel (Wilkinson, Lee, Rivero, & Chamberlain, 2020). Une optimisation de l'alimentation hivernale des vaches laitières permet un gain moyen de 11.6€/animal/an avec une gamme de variation allant

d'un gain de 84€/animal/an à un surcoût de 8€/animal/an (RMT Elevage et Environnement, 2019b). Cependant, les premières années, le changement peut être périlleux car l'éleveur doit adapter son système selon de nouvelles contraintes comme la croissance incertaine de l'herbe (Fourrage mieux, 2015).



Concernant la représentation de la pratique, elle est plutôt positive car les prairies associées au pâturage permettent de valoriser le paysage et renvoient à l'image traditionnelle de l'élevage ainsi qu'aux conditions optimales de bien-être animal. Les éleveurs revendiquent également leur autonomie alimentaire et la construction de leur identité d'éleveur via cette pratique. Pour autant, ils regrettent que la démarche ne soit pas valorisée sur le marché.

La pratique peut être limitée en raison du cadre foncier de l'élevage. En effet, il a été montré que la pratique n'était réalisable que lorsque les terres étaient proches de l'exploitation. Dans le cas contraire, cela générerait trop de problèmes de gestion et d'organisation des troupeaux. De plus, l'adoption de la pratique pouvait également générer des problèmes de gestion des soins des animaux notamment lorsque la taille des troupeaux était importante. Enfin, la peur du risque liée au changement de système peut constituer un frein à l'adoption de la pratique qui peut être dépassé via les conseils notamment issus des groupes d'échanges (Calvez, 2007; Donnars et al., 2019; Le Blé & Morice, 2013; Petit, 2017; van den Pol-van Dasselaar, Hennessy, & Isselstein, 2020).

P2 : Améliorer la qualité des fourrages avec les légumineuses : pois fourrager, vesce, féverole, trèfles, lupin

Comme le souligne la stratégie de la ferme à l'assiette de l'UE, les réformes de la PAC doivent encourager la production nationale d'aliments protéinés, surmonter la dépendance aux importations et réduire la demande de terres dans les régions sujettes à la déforestation (Karlsson et al., 2021). L'augmentation de plants protéinés produits et consommés sur la ferme est une réponse à cet objectif. De plus, une relocalisation de la production des protéines sur les fermes de l'UE peut permettre de contrer une part des effets négatifs liés à l'utilisation de protéines de soja (Brizga et al., 2021; Espagnol et al., 2020). Ce projet est cependant ambitieux. En 2013, la part de légumineuses produite en Europe représentait moins de 4% des terres arables (A. S. Voisin et al., 2014).

Il existe plus de 400 variétés de légumineuses, recensées dans le « Herbe Book » qui permettent de garantir une adaptabilité à n'importe quel type de sol (GEVES, 2021; Gnis, 2019). Les protéagineuses les plus étudiées à rétablir dans la rotation sont la féverole, le pois et le lupin.



La double culture sans labour de méteil entre deux cultures céréales et maïs permet de couvrir le sol en permanence. L'intégration de légumineuses permet également de rompre les cycles des ravageurs, de réduire la lixiviation due aux nitrates et la fertilisation azotée notamment grâce à leur potentiel de fixation de N_2 (Lehuger et al., 2009). Particulièrement, A. S. Voisin et al. (2014) ont montré que la production de pois sur la ferme permettait de réduire les facteurs acidification (-17%) et eutrophication (-12%).



L'amélioration de la qualité des fourrages via ajout de légumineuses dans la ration permet de réduire d'environ 18g le CH_4 entérique/kg de MS ingérée (389 g/jour contre 459g/jour de CH_4) (Baumont, Bastien, Féraud, Maxin, & Niderkorn, 2016). Cela permettait également de réduire le CO_2 émis lors de la production des engrais et le N_2O émis lors de leur épandage (A. S. Voisin et al., 2014). Ainsi, les émissions de N_2O mesurées sur les prairies d'associations étaient plus faibles

que celles mesurées sur les prairies de graminées (0,2 vs 1,3% N). Enfin, cela contribue à une réduction possible de 15% de l'empreinte carbone nette totale (Dollé et al., 2011).



La production de légumineuses sur la ferme permet de réduire les coûts liés à la fertilisation azotée et à l'achat de concentré. A titre d'exemple, l'incorporation de trèfle violet et de luzerne permettait d'améliorer le résultat de l'exploitation de 2 000€/an (Gautrais, 2018; Guillaume, 2015). Dans le cas dans méteil, le revenu disponible pouvait être augmenté de 10% environ pour un coût de ration avoisinant les 75 €/1 000 litres de lait (Vergonjeanne, 2019).



La valorisation de plants protéinés sur la ferme permet d'augmenter l'autonomie de l'élevage en maintenant un taux de concentrés achetés inférieur à 10% (RMT Elevage et Environnement, 2019c). Elle accroît la quantité de travail mais permet la sécurisation des stocks (IDELE, 2020b). Certaines difficultés quant à la gestion des plantes peuvent être observées et nécessitent un apprentissage :

- La pérennité du trèfle blanc dans les prairies et le sursemis de trèfle blanc dans les prairies installées sont des problèmes rencontrés qui ne le sont pas pour le trèfle violet, moins exigeant.
- La féverole est facile d'emploi.
- Le lupin est une culture délicate du fait de sa richesse en azote soluble.
- Le pois est riche en amidon ce qui limite son utilisation à la finition (Mathioux, 2020; Vergonjeanne, 2019)

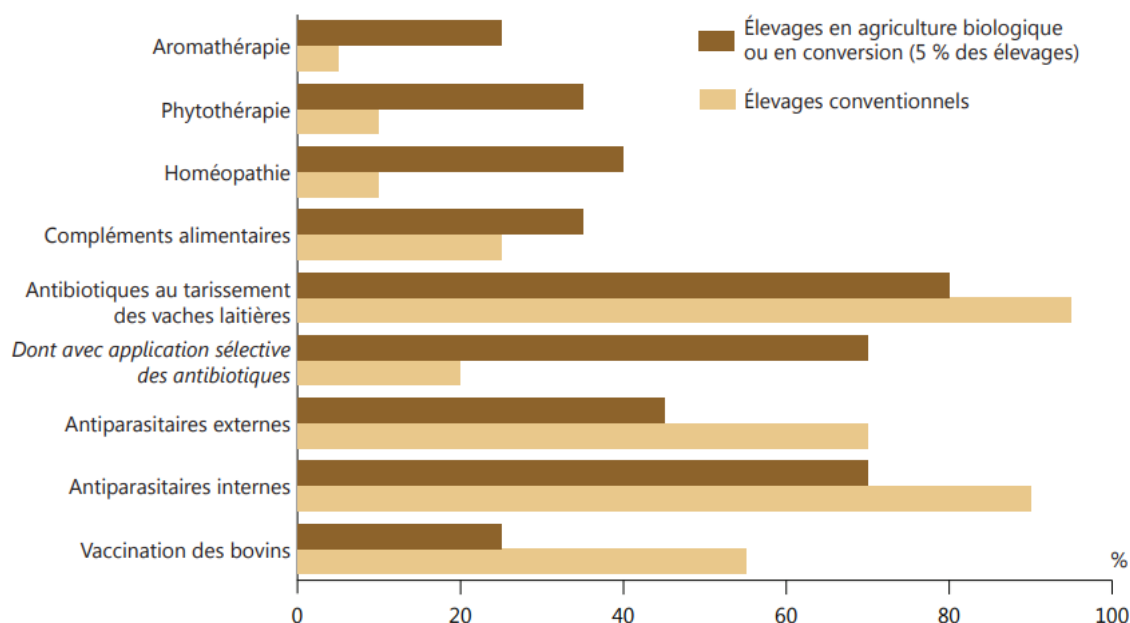
BIEN-ETRE ET SANTE DE L'ANIMAL

L'approche courante est de définir le bien-être animal d'après son bien-être physique, psychologique et sa capacité à réaliser ses comportements naturels. Un animal est bien portant lorsqu'il peut accomplir ses 5 libertés : ne pas souffrir de faim ou de soif, ne pas souffrir d'inconfort, ne pas souffrir de douleurs, blessures ou maladies, pouvoir exprimer ses comportements naturels, ne pas éprouver de peur ou détresse (CIWF, n.d.). La réglementation du bien-être animal est fixée à l'UE pour limiter les distorsions mais des divergences existent entre pays. L'arrivée des Lander en Allemagne, la coalition des libéraux-travailleurs aux Pays-Bas ont favorisé la mise en place de réglementations sur ces sujets, ce qui n'est pas le cas en Espagne ou en Italie (Roguet, Neumeister, Magdelaine, & Dockes, 2017).

En 2009, la Commission européenne avait introduit l'idée d'un label « bien-être » qui n'a pas encore vu le jour. Les labels sont nationaux et poussés par les associations et organisations en faveur de la défense des droits animaux. Des certifications sont aussi mises en place par les producteurs et distributeurs. Ils régulent les conditions de vie des animaux ainsi que les interventions en élevage comme l'écornage, la castration ou encore le parage des animaux qui sont pour certaines interdites en agriculture biologique (Roguet et al., 2017).

Dans les élevages les plus intensifs en Europe la durée de vie d'une vache est généralement proche de six ans. En France, environ 40 % des vaches laitières sont atteintes de mammites qui provoquent en moyenne une perte de 235 kg de lait par lactation. Améliorer la durée de vie des bovins permettrait de réduire ce manque à gagner. Passer de 3,02 à 3,5 lactations permettrait de réduire les émissions de méthane d'environ 3 % (Shields & Orme-Evans, 2015).

La moyenne des frais vétérinaires pour les élevages bovins français s'élève à près de 48 €/UGB mais elle varie selon le degré d'utilisation des antibiotiques et des traitements dans les élevages et en Europe (Institut de l'élevage, 2010). Pour l'ensemble de l'Europe, ces frais représentaient environ 6,5 milliards d'euros en 2019 (Beloil et al., 2020; Cook, 2020; Sanders, Perrin-Guyomard, & Moulin, 2017).



Note de lecture : 25 % des élevages en agriculture biologique (ou en conversion) pratiquent la vaccination des bovins.

Figure 10 : Pratiques sanitaires adoptées selon le type d'élevage d'après (Chardon & Brugere, 2014)

Gestion des soins curatifs

P1 : Utilisation d'antibiotiques

L'utilisation d'antibiotiques est la plus importante en filière bovine. Elle est réalisée en contrôle ou en traitement curatif (Sanders et al., 2017). En élevage laitier, l'enjeu concerne les mammites. En filière allaitante, il concerne les maladies néonatales et les maladies infectieuses respiratoires déclarées pendant l'allotement et l'engraissement. La quantité d'antibiotiques utilisée varie fortement d'une région à l'autre. Les 10 régions les plus utilisatrices sont Chypre, l'Italie, l'Espagne, le Portugal, la Pologne, la Hongrie, Malte, la Bulgarie, la Belgique et la Grèce (European Medicines Agency, 2019).

Depuis 2000, l'utilisation d'antibiotiques comme facteurs de croissance est interdite mais reste leur usage curatif. L'utilisation excessive d'antibiotiques pose des problèmes de résistance (Beloeil et al., 2020). Certains pays européens sont engagés via le plan de lutte de l'ESVAC (European Surveillance of Veterinary Antimicrobial Consumption) coordonné avec l'Organisation Mondiale de la Santé, l'Office International des Epizooties, et l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture dans la promotion d'une utilisation raisonnée d'antibiotiques (Lesage, 2015). La conversion des élevages en agriculture biologique a également accru la promotion de nouvelles méthodes se substituant aux antibiotiques (Chardon & Brugere, 2014).



En plus des problèmes d'antibiorésistance, l'excrétion de résidus antibiotiques dans les fèces des animaux peut être néfaste pour l'environnement (Lhermie, Sans, Ferchiou, & Raboisson, 2019).

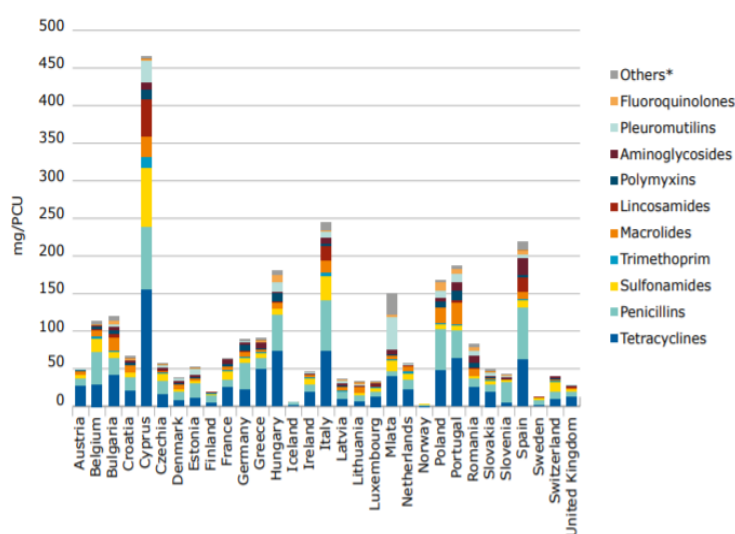


Figure 11 : Ventes d'antibiotiques pour la production animale dans 31 pays européens (en mg/Population Correction Unit) en 2018 d'après (European Medicines Agency, 2021)



Les antibiotiques, notamment de la classe des « monensins » sont de bons modulateurs du rumen mais leur utilisation dans ce cadre est désormais interdite dans l'Union européenne depuis 2006, en raison des problèmes de résistance (Doreau et al., 2011). L'emploi d'antibiotiques chez les ruminants entraînait une diminution de la production de méthane de 0 à 30% en fonction du niveau d'incorporation. La production de méthane diminuait en moyenne de 3 à 8% par kg de matière sèche ingérée (Hadipour et al., 2021).



L'utilisation d'antibiotiques n'est pas intéressante économiquement même si leur coût à l'achat est modéré (Lhermie et al., 2019). Les frais vétérinaires constituent environ 40% des coûts liés à la conduite de l'élevage. En France, depuis le 1er janvier 2020, des échantillons de lait de vache sont analysés dans les exploitations pour détecter des traces éventuelles d'antibiotiques et une pénalité peut 500€/1000L de lait à l'échelle d'un élevage (Vital Concept Agriculture, 2020).



L'utilisation d'antibiotiques en élevage est un problème majeur. Si leur usage rend les éleveurs dépendants, leur arrêt reste compliqué pour certains éleveurs par peur du risque encouru pour l'élevage (Calvez, 2007; Ducrot et al., 2019; Sok & Fischer, 2020).

P1 : Utilisation d'argiles : en cataplasme ou ingéré

Les minéraux argileux sont de composition et propriétés diverses. La bentonite (grise), la montmorillonite (verte) et le kaolin (blanche) sont les plus utilisées. La bentonite a un pouvoir couvrant et fixateur en oligo-éléments. La montmorillonite a un haut pouvoir de rétention. Le kaolin a un fort pouvoir couvrant qui favorise la cicatrisation. Elles peuvent être utilisées par voie externe (cataplasme) ou interne (ingestion) pour la prévention et le traitement de diarrhées chez le veau, la gestion des mammites et le soulagement de blessures (Conseillers techniques OPTIVAL-OXYGENE, 2015; Laval, 2020).



Il n'y a pas de conséquence environnementale négative notable liée à l'utilisation d'argiles. Ces derniers peuvent cependant être possiblement pollués par des métaux potentiellement toxiques pour les animaux ou l'environnement (Laval, 2020; Vignaud, 2020).



L'ajout d'argiles dans la ration permet d'optimiser la digestion ruminale et la diminution de la fermentation entérique. Notamment, la bentonite dans les régimes des ruminants a permis de recenser une possible baisse de la proportion molaire de méthane allant de -6,7% à -7,9% (Kaboul & Ouachem, 2012)



Concernant leur coût d'utilisation, les argiles sont accessibles pour les éleveurs avec des prix autour de 5,50€/kg soit en moyenne 400€/vache/an. Leurs propriétés pro-digestives permettent également d'augmenter l'efficacité alimentaire (Conseillers techniques OPTIVAL-OXYGENE, 2015; Duval, 1993; Kaboul & Ouachem, 2012).



L'utilisation d'argiles en traitement curatif nécessite des formations et un apprentissage pour la mise en œuvre de la pratique. La taille du troupeau est également limitante à l'adoption car la pratique est réalisée individuellement. Par ingestion, le moment de l'ajout et le reste de la ration sont des facteurs influençant l'efficacité de l'argile (Duval, 1993). Les résultats sur la diminution de méthane s'observent surtout dans les élevages où l'alimentation est riche en concentré et ensilage (D. Ouachem & F. Nouicer, 2006; Ouachem, 2011).

Gestion des soins préventifs

La biosécurité consiste à limiter l'introduction et la diffusion des pathogènes dans et à l'extérieur du troupeau via les pratiques ou structures. Les principaux facteurs de risque de maladies respiratoires sont le transport, la taille du lot, le mélange d'animaux.

Les animaux ont des performances de croissance plus importantes et plus homogènes lorsqu'ils proviennent d'un nombre d'élevages restreint. La présence d'animaux vaccinés dans le lot, même en proportion faible, limite également l'impact des maladies respiratoires. L'alimentation et la qualité de l'eau sont à surveiller. L'évolution des contaminants infectieux et parasitaires doit être suivie et l'éleveur doit veiller à la qualité générale de l'ambiance pour détecter précocement les maladies et limiter les besoins en anti-infectieux (Beloeil et al., 2020; V. David, Beaugrand, Bastien, & Ducrot, 2019; Laval, 2020).

La prophylaxie et l'ensemble des méthodes de prévention des maladies sont intéressantes sur le plan économique pour les agriculteurs (Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation et affaires Rurales, 2016). Il s'agit également de pratiques à promouvoir dans le cadre de la lutte contre la résistance et les problèmes générés par l'utilisation excessive d'antibiotiques, cependant aucune n'a montré d'intérêt dans le cadre de la réduction des GES parmi :

- La vaccination (Laval, 2020; Vergonjeanne, 2016)
- La phytothérapie et l'aromathérapie (V. David et al., 2019; Laval, 2020)
- L'utilisation de pro, pré et symbiotiques (Doreau et al., 2011; FAO, 2016; Gibson et al., 2017; Honan et al., 2021; Laval, 2020)
- Les immunomodulateurs (European Medicines Agency, 2016; Laval, 2020)

P1: Utilisation de mélanges d'huiles essentielles : ingérée

L'utilisation d'Agolin Ruminant® a déjà été étudiée dans la partie des bloqueurs de méthane. Le composé Mootral© est ici présenté comme une association d'extraits d'ail et de flavonoïdes avec des extraits d'agrumes.



Aucuns effets négatifs n'ont été recensés pour le produit Mootral© et pour les huiles.



Lorsque les huiles essentielles étaient utilisées individuellement, les résultats observés étaient variables et mitigés. Pour Mootral©, en revanche, la réduction des émissions de CH₄ de 23,5% chez un croisement Hangus x Hereford, de 20,7 % pour des Holstein-Friesian et de 38,3% chez des Jersey est apparue plutôt claire (Honan et al., 2021).

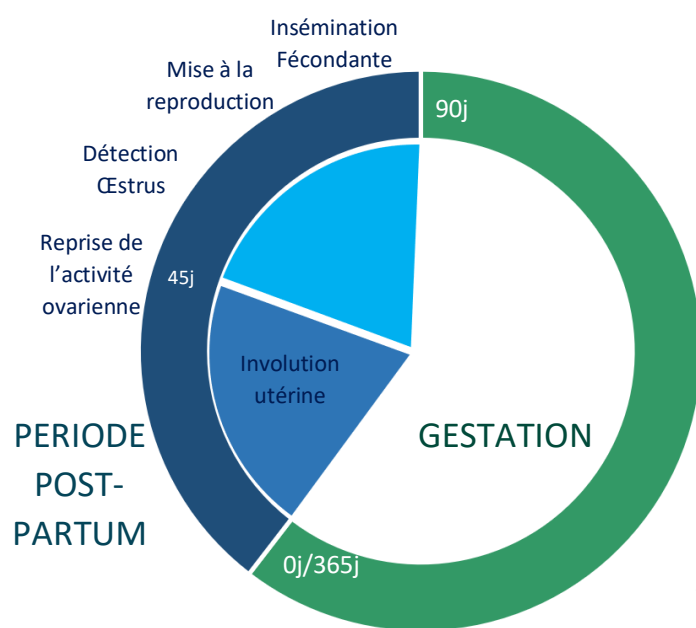


Les coûts d'utilisation de Mootral© peuvent être importants et coûteux pour l'éleveur. Une stratégie d'aide est mise en place avec un financement via le CowCredit project au Royaume Uni (Agolin, n.d.-a; Eger, Graz, Riede, & Breves, 2018; Mootral, n.d.). L'action des huiles essentielles n'est pas spécifique. Elle peut impacter les populations microbiennes largement et donc l'efficacité alimentaire (Doreau et al., 2011; Honan et al., 2021) . Leur coût varie de 2 à 5 € pour un traitement mammite/vache contre 16€ pour un traitement antibiotique (Civam ADAGE 35, 2014).



La maîtrise des huiles essentielles nécessite des formations et un apprentissage dans le cadre de traitement (Ducrot et al., 2019; Nippert, 2018).

REPRODUCTION



Les enjeux varient selon la filière mais le plan d'action est le même : assurer la naissance des veaux, choisir les génisses de renouvellement et réformer les vaches improductives (Nature-Québec et al., 2011). Les besoins alimentaires et sanitaires de la vache augmentent lors de la gestation (9 mois) (la-Viande.fr, 2021). L'âge moyen du vêlage est de 36 mois.

Figure 12 : Cycle de reproduction d'une vache
(Reproduction, n.d.)

La productivité de l'exploitation en élevage bovin repose sur la reproduction du troupeau. Les enjeux varient selon la filière mais le plan d'action est le même : assurer la naissance des veaux, choisir les génisses de renouvellement et réformer les vaches improductives. Pour optimiser cette étape, les éleveurs suivent des indicateurs de performances qui permettent de guider les éleveurs dans leurs choix (Nature-Québec et al., 2011).

La gestation des vaches dure 9 mois au total au cours desquels les besoins alimentaires et sanitaires de la vache augmentent. Les races à viande type Charolaise donnent naissance à des veaux massifs de plus de 50kg contre 40kg pour les vaches à lait type Holstein (la-Viande.fr, 2021). La fécondité d'une vache correspond au nombre de veaux annuellement produits par cette dernière. Elle s'exprime selon plusieurs indicateurs :

- L'IVV (Intervalle vêlage-vêlage)
- L'IVI (Intervalle vêlage-insémination)
- Le taux de fécondité : rapport entre le nombre de veaux nés et de femelles à la reproduction
- Le taux de vaches improductives : le pourcentage de vaches n'ayant pas vêlé
- La productivité numérique : rapport entre le nombre d'animaux vendus ou sevrés et le nombre de femelles mises à la reproduction (Mahey, 2019).

P1 : Maintenir un bon intervalle vêlage-vêlage (IVV)

L'IVV est l'illustration la plus pratique de la fécondité d'une vache. Gagner 15 jours d'IVV pour un naisseur-engraisseur en charolais permettrait de réduire l'empreinte carbone et d'augmenter la production de viande vive (Lambrecht et al., 2020c).

L'IVV varie selon l'âge de la vache (plus long pour les génisses) ou sa race (inférieur à 391 et 398 jours pour une Montbéliarde ou une Normande contre 406 jours pour une Prim'Holstein). En moyenne, l'IVV doit être inférieur à 400 jours pour les vaches laitières et autour de 365 jours pour les vaches allaitantes (Mahey, 2019).



La pratique n'a aucun effet direct sur l'environnement.



Pour la réduction de l'IVV en élevage laitier, les résultats ont montré une réduction de l'intensité des émissions de carbone par vache et par kg de lait produits (Bell, Eckard, Haile-Mariam, & Pryce, 2013). En bovin allaitant, il a été montré que gagner 15 jours d'IVV (390 à 375) permet de réduire de 2,2% l'empreinte carbone nette de l'atelier (13,7 contre 13,4 kg de CO₂eq/production brute de viande vide (pbvv)) (Lambrecht, Bonestebe, Lomelet, Le Gac, & Velghe, 2020c)



La réduction de l'IVV permet de gagner en efficacité alimentaire et en productivité (Veron, 2021). En élevage allaitant, gagner 15 jours d'IVV permet d'augmenter la pbvv de 6 kgvv/UGB (Lambrecht et al., 2020c). Plus spécifiquement, réduire l'IVV de 400 à 380 jours permet d'atteindre des gains autour de 5,3€ à 22,5€/vache/an. Le réduire de 420 à 400 jours permet de réaliser des gains autour de 4,8€ à 20,3€/vache/an (Citerne, 2013). En élevage laitier, une réduction de l'IVV à 390 jours permet de gagner entre 3 et 4€/jour/Vache Laitière (Mahey, 2019)



La pratique permet de faciliter les vêlages faciles et de diminuer le risque d'infections. Elle permet également de répartir le travail sur l'année (IDELE, 2020b). Néanmoins, elle nécessite à l'éleveur d'être très attentif aux bonnes conditions d'élevage que sont le logement et le taux de vitamine D et la qualité des rations (Lambrecht et al., 2020c).

P2 : Réduction de l'âge du premier vêlage

L'âge moyen au vêlage des génisses est de 36 mois. Réduire l'âge du premier vêlage permet de réduire le nombre de génisses présentes sur l'année dans l'élevage et de réduire le ratio entre animaux présents et animaux productifs. Cette réduction peut être réalisée selon deux stratégies :

- **Iso UGB** : On conserve le même nombre d'UGB et on modifie le nombre de vêlages. Cette stratégie permet d'améliorer la productivité du système, d'augmenter le revenu.
- **Iso vêlage** : On conserve le même nombre de vêlages et on diminue le nombre d'UGB. Cette technique permet de sécuriser le système fourrager et sanitaire, de diminuer le chargement en bâtiment, de réaliser des économies et d'alléger la quantité de travail sur l'atelier.

L'âge du premier vêlage peut être réduit à 30 ou à 24 mois. Il est également possible de réaliser un hybride des stratégies en conservant la même période de vêlage, et en faisant vêler la moitié des génisses de renouvellement à 24 mois et l'autre moitié à 36 mois (Breton et al., 2020).



Aucun effet sur l'environnement lié à l'adoption de la pratique n'a été recensé.



Deux stratégies de réduction de l'âge du premier vêlage peuvent être adoptées :

Stratégie 1 Iso UGB

On conserve le même nombre d'UGB et on modifie le nombre de vêlages. Pour un vêlage à :

- ➔ 30 mois : -8% de l'empreinte carbone nette
- ➔ 24 mois : -14% de l'empreinte carbone nette (Breton et al., 2020)

Stratégie 2 Iso vêlage

On conserve le même nombre de vêlages et on diminue le nombre d'UGB. Pour un vêlage à :

- ➔ 30 mois : -5% de l'empreinte carbone nette
- ➔ 24 mois : -4% de l'empreinte carbone nette (Breton et al., 2020)



Concernant les coûts liés aux pratiques, il a été montré que la réduction de l'âge du premier vêlage permettait de réduire les charges (Nature-Québec et al., 2011). Cela permettait également d'augmenter la production de viande vive et l'EBE, de 11% à 30 mois et de 6% à 24 mois.



A 30 mois, la pratique ne demande pas de différence dans la conduite zootechnique mais nécessite simplement d'être rigoureux sur les périodes de reproduction. A 26 mois, la conduite est plus exigeante. Il est dans ce cadre plus aisé de se tourner vers une stratégie d'iso vêlage qui permet de réduire le nombre de têtes à gérer (Breton, Doal, Guy, Halter, & Velghe, 2020).

P3 : Pratiques de sélection

Pour optimiser la production, réduire les émissions de méthane entérique, augmenter la résistance des animaux aux maladies, la sélection génétique est aujourd'hui une arme majeure (Shields & Orme-Evans, 2015). Plusieurs programmes sont développés à l'échelle européenne dont les objectifs visent à améliorer l'efficacité globale et à réduire l'impact environnemental (Le Roy et al., 2019; Schibler, 2019).

Le projet Feed-a-Gene, financé par la commission européenne, vise à mieux adapter les différents composants des systèmes de production en élevage monogastrique. Il a débuté en mars 2015 et rassemble 23 partenaires en Europe et en Chine (ACTA, 2020). Le projet GenTore, fondé par l'UE, est soutenu par 21 partenaires. Il s'étend de Juin 2017 à Mai 2022. Il devrait permettre aux éleveurs de classer leurs vaches selon leurs performances et de sélectionner les meilleures (WHO Regional Office for Europe, 2019).

L'éleveur est le premier acteur de diversité animale en élevage via la conduite, la configuration et la commercialisation des troupeaux. La sélection peut également être réalisée en laboratoire via de Nouvelles Techniques d'Hybridation (NBT) que sont la cisgénèse (introduction de variants génomiques intéressants dans des populations qui en sont dépourvues), la transgénèse (transfert de gènes d'une espèce vers une autre) ou l'édition de génome (création de nouveaux variants non décrits) (Berodier, 2020; Griffon et al., 2017; Le Roy et al., 2019).



Les impacts environnementaux de la sélection dépendent de la race sélectionnée. Si le choix de certaines espèces peut limiter certains effets néfastes, elle peut également en accentuer certains autres (ACTA, 2020; Le Roy, Ducos, & Phocas, 2019; Schibler, 2019; WHO Regional

Office for Europe, 2019). A titre d'exemple, la sélection de la race à double usage pourrait permettre de réduire l'occupation totale des terres de 2% (Samsonstuen et al., 2020)



La génétique des bovins aurait une incidence de 20% sur leurs émissions de méthane. Cela est dû à trois critères physiologiques : le temps de séjour des aliments dans le rumen, la capacité de valorisation de la ration et la production de méthane (Froidmont, 2018). Une sélection sur les deux premiers critères permettrait de réduire respectivement de 15 %, 30 % et 21 % les émissions de méthane annuelles par animal. Les résultats sont plus mitigés pour le troisième critère (Martin et al., 2020). Plus largement, la sélection de certaines espèces constitue un outil potentiel pouvant réduire la production de méthane entérique de 10 à 20% (Hadipour et al., 2021).



L'ensemble des études montre que la sélection offre un potentiel économique intéressant. Elle permet d'améliorer la qualité, la quantité des biens produits et la performance du troupeau sur les différents ateliers. La sélection a aussi un intérêt pour l'éleveur en termes de temps et de quantité de travail. Par exemple, la sélection de vaches robustes permet de limiter la charge de travail liée aux soins (Marie-Angéline Magne et al., 2019). Dans le cadre de la sélection de la charolaise également, les coûts alimentaires pouvaient être abaissés à 0,47€/kg de viande produite (Herd Book Charolais, 2021).



La sélection d'une race ou de critères génétiques permet de sélectionner la résistance aux maladies et de faciliter la gestion du troupeau (Froidmont, 2018; Shields & Orme-Evans, 2015). De même, elle peut également générer des difficultés selon la race choisie. La reproduction de la race culard, choisie pour sa viande, nécessite par exemple des mises bas assistées par césarienne et des soins plus approfondies qui peuvent générer des difficultés de gestion pour l'éleveur. De plus, la sélection est réalisée à multiples niveaux, soit par l'éleveur via le choix des taureaux soit en laboratoire (Berodier, 2020; Griffon et al., 2017). La perception de la sélection sera perçue différemment selon ce cadre d'approche. Elle peut enfin être utilisée à des fins sociales comme l'illustre la réintroduction des races locales qui promeut l'image du terroir, la qualité, l'identité et la tradition ou encore la sélection des bovins sans cornes qui participent à valoriser le bien-être animal en évitant l'écornage (Etienne, 2019).

FINITION ET PRODUCTIVITE

Un taux de finition important est nécessaire à la productivité de l'élevage. Finir les vaches de réforme permet un gain significatif de production brute de viande vive et réduit de 6 % les émissions de GES (DS, 2021). Les niveaux de finition sont les niveaux d'engraissement qu'il faut atteindre pour pouvoir envoyer la vache à l'abattoir. Ils varient en fonction des races. Les coûts de finition varient selon le système. En système herbe, 25 à 30 ares sont nécessaires pour une vache de 600kg (Faverdin & Van Milgen, 2019; Géhin, 2012; Lamy Grandidier, 2019; Ministère de l'agriculture du Développement rural et des Pêches maritimes Direction de l'élevage, 2006; Réussir Bovins Viande, 2020). Un état des lieux des coûts de finition est présenté dans le tableau 7 (Lambrecht, Bonestebe, Lomelet, Le Gac, & Velghe, 2020a).

Tableau 7 : Coût de finition de génisses charolaises selon les compositions de la ration (Lambrecht et al., 2020a)

	Prix unitaires	Finition auge		Finition herbe	
		Quantité/jour	Coût/génisse	Quantité/jour	Coût/génisse
Maïs	75€/T	6,6 kg	38€	30 kg	
Foin	60€/T	2 kg	9€		
Soja	350€/T	1,2 kg	32€		
Aliment vitaminé		0,15 kg	6€		
Herbe pâturée	100€/ha			1 T – 8T/ha	12€
Paille (Litière)	45€/T	4 kg	14€		
Coût total			99€		14€
Coût/kg carcasse			2,30€/kg		0,42€/kg

P1 : Augmenter le taux de finition en bovin viande

Un taux de finition important est nécessaire à la productivité de l'élevage. La finition de vaches de réforme est souvent plus simple et économique que celle des génisses. Un taux de renouvellement fort peut permettre de réduire le nombre de génisses finies au profit des vaches de réforme (Lambrecht et al., 2020a).



Augmenter le taux de finition en bovin viande impacte faiblement l'environnement.



La pratique permet de réduire l'empreinte carbone nette de 6,3% et les émissions nettes de GES à 1 kg de CO₂ eq/pbv (Lambrecht et al., 2020a).



D'un point de vue économique, augmenter le taux de finition en élevage bovin viande permet d'augmenter l'EBE de 14%. Elle permet également d'améliorer la quantité et la qualité de la viande (Bechet et al., 2018). L'engraissement à l'herbe est également plus intéressant que celui en bâtiment (Lambrecht et al., 2020a).



D'un point de vue organisationnel, l'engraissement des génisses et femelles aurait tendance à réduire le travail quotidien (IDELE, 2020b).

P2 : Réduire et optimiser le dernier délai entre vêlage et abattage

Mettre les vaches de réformes plus rapidement à l'engraissement revient à obtenir les mêmes résultats dans un délai plus court. Elle nécessite de réformer les vaches non productives et de trier les vaches non mises à la reproduction pour les alimenter avec de meilleurs fourrages. Cela permet d'aboutir leur engraissement avant le sevrage. Cela permet de maintenir des temps d'engraissement inférieur à 300 jours après lesquels l'intérêt économique des vaches de réformes est limité et leur taux de mortalité élevé c'est-à-dire supérieur à 10 % (Lambrecht et al., 2020d).



La pratique n'a pas d'effet direct sur l'environnement.



Optimiser le dernier délai entre vêlage et abattage a permis de réduire l'empreinte carbone nette de -1,5% (Lambrecht et al., 2020d; Schibler, 2019).



En système optimisé l'EBE a été augmenté de 4,1% alors qu'il peut être réduit jusqu'à -11,7% dans un système d'engraissement post sevrage long. De plus, placer les vaches en réforme rapidement dès qu'elles sont détectées vides permet de gagner en stock fourrager, en achat de paille ainsi qu'en besoin de bâtiment (Lambrecht et al., 2020d).



La pratique nécessite à l'éleveur de réaliser le tri du troupeau et de veiller au bon maintien de l'état corporelle du troupeau. La conduite à suivre varie selon la race (Lambrecht et al., 2020d).

P3 : Technologies et élevage de précision

L'utilisation de capteurs (prise de PH du rumen, température et apport alimentaire) permet de collecter l'ensemble des informations nécessaires à la prise de décision, notamment concernant les doses et moments d'administration des médicaments et antibiotiques (Broderick, 2018). Un ensemble de mesures pouvant être réalisée est présentée sur la figure 18 (Veissier et al., 2019).

Ces solutions hautement techniques ne sont pas nécessairement applicables dans tous les pays et systèmes mais restent intéressantes dans les élevages industrialisés (Shields & Orme-Evans, 2015).



L'utilisation accrue de technologies peut générer une surconsommation d'énergie. En contrepartie, elle permet de surveiller la qualité de l'eau, de l'air et d'adapter ses pratiques de manière optimiser les autres facteurs (Kling-Eveillard et al., 2020; Swagemakers, Garcia, Torres, Oostindie, & Groot, 2017).



L'utilisation de capteurs permet d'optimiser les apports et de limiter les pertes du système. Cela contribue à la réduction de 18 à 30% de l'empreinte carbone nette du système (Andeweg & Reisinger, 2015).



Les coûts des technologies sont variables selon les technologies mais les investissements sont souvent onéreux comme le montre la figure 6. Ce type d'infrastructures nécessitent des investissements qui ne sont pas accessibles pour toutes les structures d'élevage et notamment pour les petites structures familiales. En contrepartie, l'usage de technologies de type automatisation (robot de traite) permet d'épargner l'embauche d'une UTA et les coûts qui y sont associés (Kling-Eveillard et al., 2020; Swagemakers et al., 2017).



Les atouts et les limites de l'agriculture de précision sont variables selon la perception qu'ont les éleveurs des technologies et de leur métier. Ils varient également fortement selon l'importance de l'exploitation et la taille de l'élevage. En effet, dans des élevages de taille importante, l'adoption de technologies peut permettre à l'éleveur d'épargner son temps et de limiter la pénibilité liées à certaines pratiques. Ces technologies peuvent donc offrir un véritable confort de travail à l'éleveur, ce qui est souvent valorisé par les agriculteurs en recherche d'une image de modernité et qui souhaitent dégager des vacances (Observatoire des usages de l'agriculture Numérique, 2019). Cependant, cet aspect peut être perçue différemment par d'autres éleveurs qui regrettent l'affaiblissement des liens avec l'animal, élément central de l'élevage. Ce sentiment est accentué par l'impression de pertes de capacités et de sens dans le métier. Enfin, cela peut entrer en conflit avec d'autres pratiques. Par exemple, les systèmes de traite automatique et le pâturage peuvent être incompatibles car ils nécessitent une organisation importante pour amener les animaux individuellement jusqu'aux robots (Petit, 2017; van den Pol-van Dasselaar et al., 2020).

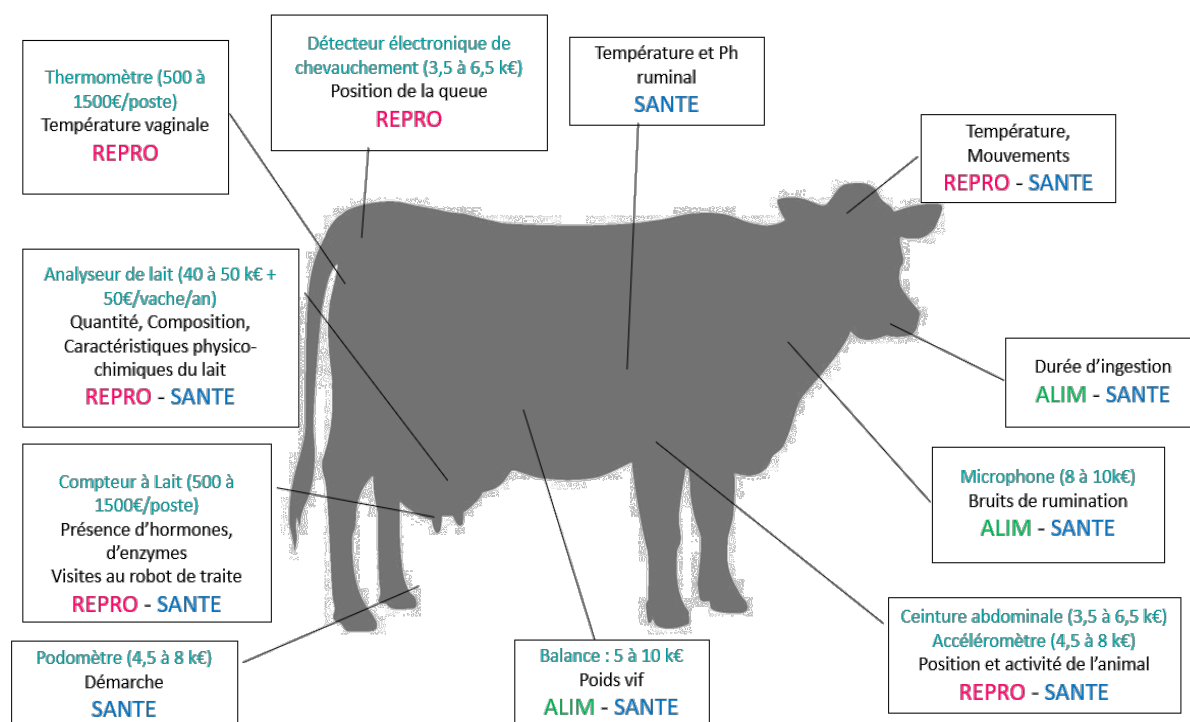


Figure 13 : Coûts de technologies de précision (Allain, Chanvallon, Clement, Guatteo, & Bareille, 2014; Assie et al., 2020; Faverdin, Allain, Guatteo, Hostiou, & Veissier, 2021; Réussir Bovins Viande, 2020)

STRUCTURE DE LA FERME

En UE, les vaches laitières sont principalement logées sur des aires partiellement paillées que ce soit en système de stabulation hivernal (72%) ou en bâtiment (60%). Les vaches allaitantes sont logées pour une grande part en stabulation libre paillée. Les vaches traites sont majoritairement logées en épi sur le côté (61%) (Piet, 2016). La structure des exploitations et leur niveau de modernité varie en UE. La construction des bâtiments d'élevage a évolué au cours des dernières années.

En France, dans les élevages bovins, les abris plein air et les bâtiments en dur (lieux de stockage de fourrage, paille et matériel) ont été réduits de 51% à 14% et de 52% à 13% entre 1980 et 2018. 37% de ces bâtiments ont été rénovés au total dont 20% au cours des dernières années. Les charpentes sont majoritairement conçues en bois (57%), les couvertures en fibrociment (62%), les bardages en maçonneries (33%). Les effluents d'élevage liquides sont récupérés au sein de fosses non couvertes (69%) et les effluents solides sont récupérés dans des aires de stockage bétonnées avec 3 murets (58%).

Les vaches laitières sont principalement logées sur des aires partiellement paillées que ce soit en système de stabulation hivernal (72%) ou en bâtiment (60%). Les vaches allaitantes sont logées pour une grande part en stabulation libre 100% paillée. Les traites sont majoritairement réalisées en épi sur le côté (61%). Les concentrés sont distribués conjointement à la ration (Piet, 2016).

Gestion d'éléments naturels

P1 : Mise en place et maintien d'Infrastructures Agroécologiques (IAE)

Depuis la réforme de la PAC de 2003, tous les soutiens sont éco-conditionnés au respect des Bonnes Conditions Agro-Environnementales (BCAE). Les objectifs de la stratégie de biodiversité européenne sont définis pour 2030 dans le cadre du Green deal. Les agriculteurs qui mettent en place des structures et des éléments de biodiversité sont incités à continuer par le biais de subventions (European Commission, 2020b).

Il existe une grande diversité de structures agroécologiques (Piet, 2016). Elles représentent 21,9% de la SAU totale (Eurostat, 2019c). Elles sont classées selon leurs caractéristiques paysagères : non linéaires, linéaires, typiques de la zone ou affiliées à une utilisation des sols spécifique (Vidal, 1999).

Les haies, arbres et vergers sont, depuis quelques années, favorisés par les politiques publiques européennes. Certains pays comme la Suisse ou la Grande Bretagne ont déployé des plans importants de protection des haies. L'Espagne, dans la région d'Extremadure interdit tout défrichement des *dehesas* et soumet les élagages à des déclarations préalables (Palmieri, Dominici, Kasanko, & Martino, 2011; Pointereau, 2006). En Autriche, le programme Ecopoints rémunère l'agriculteur en fonction de sa prestation écologique (Flament et al., 2013). Le tableau 8 illustre la diversité de ces structures en UE (Piet, 2016).

Cette partie ne détaillera pas spécifiquement chacune des structures mais cherchera à réaliser un état des lieux de l'adoption de ce type de pratiques.



Les IAE participent activement au maintien des fonctionnalités des agrosystèmes en préservant la qualité du sol, de l'air, de l'eau et la biodiversité (Bertrand et al., 2019; Flament et al., 2013) (figure 14).



L'atout principal des IAE est leur capacité à stocker le carbone. Ils peuvent compenser jusqu'à 28% des émissions de GES (Dolle et al., 2013). Pour le passage des cultures en prairie, le stockage est estimé à 0,84 à 2,75 $\text{teqCO}_2/\text{ha}/\text{an}$, pour le passage de culture en boisement, le stockage est estimé de 0,73 à 2,49 $\text{teqCO}_2/\text{ha}/\text{an}$ et pour le passage de prairie en boisement, il est estimé à 0,1 à 0,3 $\text{teqCO}_2/\text{ha}/\text{an}$ (Institut de l'Elevage, 2013).

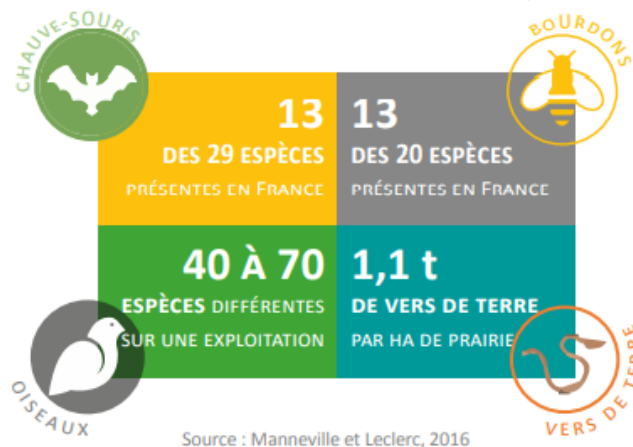


Figure 14 : Intérêt des IAE pour la biodiversité (IDELE, 2018)



Figure 15 : Stockage carbone des IAE (Institut de l'Elevage, 2013)



Les coûts de création et d'entretien sont variables selon le type de structure installée comme le montre la figure 16 (Piet, 2016). Cependant, il convient de rappeler que ces structures peuvent également permettre de générer un revenu supplémentaire comme le permettent les vergers et les bois par exemples. De plus, les autres soutiens mobilisés pour réduire l'intensité des systèmes (réduction d'engrais ou de pesticides, implantation de couverts hivernaux) sont bien plus onéreux (Flament et al., 2013).

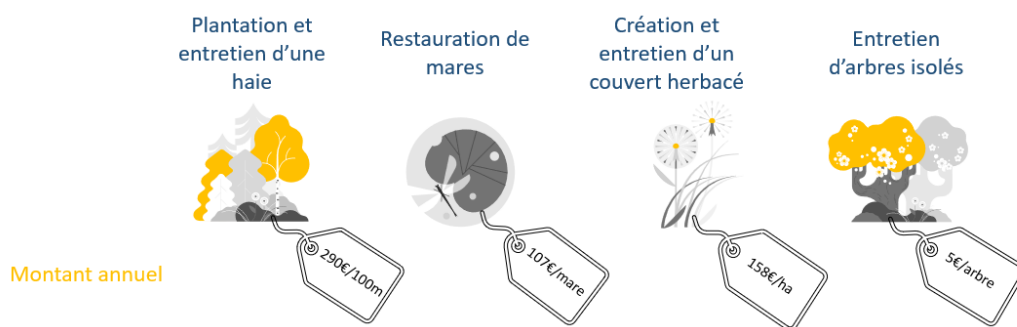


Figure 16 : Coûts annuels de mise en place d'IAE pour une ferme française en élevage laitier (Flament et al., 2013)



Les services rendus à la communauté par le biais des IAE sont divers et importants : intérêts paysagers, attractivité de la région, identité etc (Annexe III) (Flament et al., 2013).

Tableau 8 : Structures de Biodiversité en Europe (Piet, 2016)

Structure	Importance				Elevage	
	France	Basse Autriche	Suisse	Angleterre	Ruminants Herbe	Ruminants hors sol
Haies	2,5% de la SAU			3,3% de la SAU	+++	+
Bosquets	2% de la SAU				++	+
Pré-verger : arbres fruitiers haute tige	0,5% de la SAU	2% de la SAU	2,3% de la SAU	0,1% de la SAU	+++	+
Arbres isolés ou d'alignement	1% de la SAU	2,6% de la SAU des fermes ecopoints		0,8% des montants des Entry Level Stewardship (ELS)	++	+
Pâturages boisés sylvopastoralisme	1% des SCE (surfaces de compensation écologique)				+++	+
Surface en agrosylviculture	100aines d'ha			100aines d'ha	-	-
Prairies extensives	13,8% de la SAU	3,1% de la SAU des fermes ecopoints	8,5% de la SAU		+++	-
Surface en couvert environnemental	1,4% de la SAU	0,4% de la SAU des fermes ecopoints			-	++
Lisière herbacée de bois	0,3% de la SAU	4,6% de la SAU des fermes ecopoints			++	-
Jachères	0,1% de la SAU		0,4% de la SAU		++	++
Bandes culturales extensives	Peu voire pas développées				+	-
Beetle banks				95 ha		
Zones humides	Surfaces hors cultures					
Murets, terrasses, chemins						

Gestion des effluents d'élevage

La gestion des effluents contribue le plus aux impacts environnementaux et climatiques (Castanheira et al., 2010; Dolle et al., 2013; González-García, Castanheira, Dias, & Arroja, 2013; Guerci et al., 2013; Honan et al., 2021; Nunes et al., 2020). La stratégie consiste à réduire la durée d'entreposage, à vider suffisamment la fosse et à limiter la durée de stagnation à 150 jours (Institut de l'élevage, 2017; Nature-Québec et al., 2011; Donal O'Brien et al., 2014). Pour cela, certaines pratiques et investissements peuvent être réalisés sur la ferme. Notamment, les effluents peuvent être valorisés comme engrais ou encore être réinvestis en énergie par le biais de la méthanisation. Cette dernière consiste à envoyer le plus rapidement possible les déjections (liquides ou solides) dans un réacteur de digestion pour favoriser la production de méthane.

La gestion des effluents fait partie des activités qui contribuent le plus aux catégories d'impact environnementaux et climatiques (Castanheira et al., 2010; González-García et al., 2013; Guerci et al., 2013; Nunes et al., 2020). Il est nécessaire d'optimiser la gestion des effluents pour limiter ces impacts (Dolle et al., 2013; Honan et al., 2021).

A ce titre, des politiques européennes visent à améliorer la qualité de l'eau et de l'air (Directive Cadre sur l'eau, Directive Nitrates, National Emission Ceiling). Pour maintenir les niveaux fixés par l'UE, chaque pays est libre d'adopter ses propres moyens. Des « zones vulnérables » ont également été définies avec un plafond maximal d'azote organique issu des effluents d'élevage épandable de 170 kg/ha/exploitation/an pour toutes les filières de production (Leenstra, Vellinga, Neijenhuis, De Buissonjé, & Gollenbeek, 2014).

L'Irlande, les Pays-Bas, le Danemark ou l'Allemagne ont déclaré leurs territoires en zones vulnérables. La France et le Royaume-Uni ont seulement classé ces zones lorsque l'enjeu Nitrates était clairement avéré. Des dérogations ont été sollicitées pour certains systèmes, principalement laitiers, pour déroger à cette limite. Les plafonds sont présentés dans le tableau 9. Les durées réglementaires de stockage des lisiers sont uniformes à l'échelle européenne (de 4,5 à 7 mois).

Enfin, des plafonds d'émission de particules dans l'air sont fixés pour chaque état membre (IDELE, 2020a). Des solides-volatils, constitués de la partie organique non digérée sont présents dans les déjections animales et contribuent à la production de méthane. La température influence aussi l'activité des micro-organismes méthanogènes. Lorsqu'elle est inférieure à 10 °C, les émissions de CH₄ sont faibles.

De plus, les fumiers contenant de la paille émettent davantage de N₂ que les lisiers. Les fumiers bien oxygénés n'engendrent pas de CH₄. Enfin, les fumiers solides émettent moins de GES. La stratégie consiste à réduire la durée d'entreposage, à vider suffisamment la fosse pour les diminuer en respectant une durée de stagnation inférieure à 150 jours (Nature-Québec et al., 2011; Donal O'Brien et al., 2014). Leurs prix varient selon la taille et le type de structure (Chambre d'agriculture des Hauts de France, 2013).

Tableau 9 : Plafond d'azote organique épandable/ha pour différents pays laitiers de l'UE d'après (IDELE, 2020a)

	Plafond Directive	Plafonds dérogatoires	
Quantité d'N épandable/ha	170 kg N/ha	230 kg N/ha	250 kg N/ha
Pays concernés	Allemagne, France, Luxembourg, Wallonie Be	Pays-Bas (zones sablonneuses), Danemark	Irlande, Pays-Bas (autres zones), Irlande du Nord
Mesures complémentaires	Non	Oui	Oui

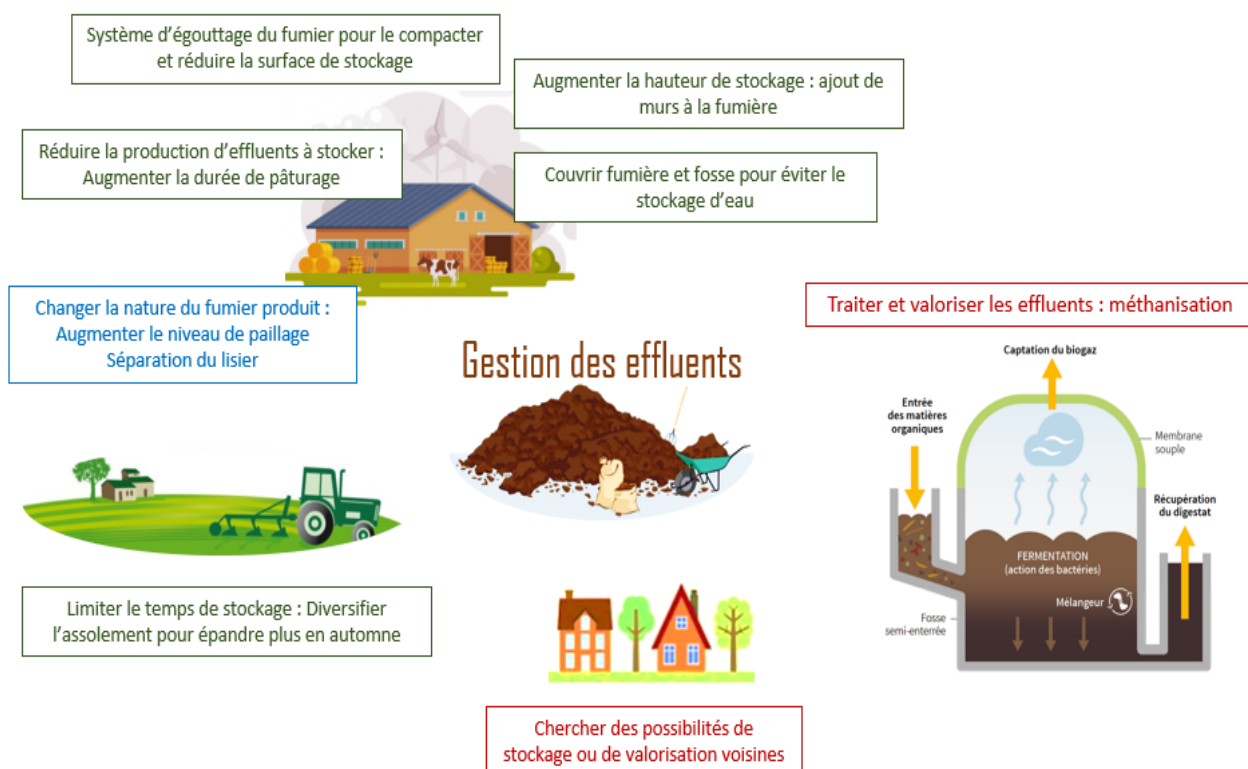


Figure 17 : Gestion des effluents d'élevage à la ferme

P1 : Réduire la durée de stockage et vider la fosse régulièrement via l'épandage

Le méthane produit par la fosse à lisier est proportionnel à la quantité de solides volatils (SV) qui s'y trouvent. Les SV sont constitués de la partie organique non digérée, excrétée dans les déjections animales et potentiellement disponible pour la conversion en méthane. Lorsque du lisier est retiré de la fosse pour être épandu, la quantité de SV dans la fosse diminue. Donc, plus la fosse est vidée souvent, moins il y aura d'émissions produites. Il est également bénéfique de vidanger totalement la fosse au début de l'été. Lorsque la fosse n'est pas complètement vidée, le lisier restant devient une source importante d'inoculum (Nature-Québec et al., 2011).



Le vidage et l'épandage des résidus de la fosse permet de réduire l'utilisation d'engrais minéraux et l'optimisation de l'épandage permet de limiter la lixiviation due aux nitrates.



La pratique réduit les émissions de CH_4 et les émissions de gaz carbonique liées à la fabrication et au transport des engrais minéraux à raison de - 5,3 et 6,1 kg CO_2/kg d'azote ainsi que celles liées à la production des inoculum (Compte CO_2 , 2010).



La pratique n'est pas coûteuse et permet de réaliser des économies sur l'achat d'engrais de synthèse dont le prix avoisine environ 400€/T (Terre-net, 2021).



L'épandage doit être raisonné et optimisé, la gestion peut demander une charge de travail supplémentaire. Ce type de pratique peut également être appréhendée communément avec le voisinage (Nature-Québec et al., 2011).

P2 : Séparer le lisier mécaniquement

En empêchant la dissolution du phosphore des fèces dans l'urine, la séparation solide-liquide du lisier concentre le phosphore dans une partie solide, ce qui facilite son stockage et épandage. Elle peut même être utilisée comme litière pour les animaux, ce qui est courant aux Pays-Bas (Paranthoen, 2017). La partie liquide, moins concentrée en phosphore, peut être valorisée sur les terres situées à proximité. Plusieurs technologies existent pour réaliser la séparation du lisier comme le séparateur décanteur-centrifuge ou encore les technologies de collecte sélective (Nature-Québec et al., 2011).



La séparation du lisier permet de limiter le stockage de fumier et les pollutions qui y sont associées.



Séparer le lisier mécaniquement permet de réduire de 50% les émissions de CH₄ à l'entreposage (Nature-Québec et al., 2011).



L'investissement dans un séparateur automatique peut coûter de 30 000€ à 50 000€ ce qui contribue un coût conséquent qui ne peut pas être pris en charge par tous les éleveurs.



A la vue de la charge importante, l'investissement peut être réalisé par un groupe d'éleveurs dans le cadre de CUMA par exemple (C. David, 2015). Concernant sa praticité, la séparation solide-liquide du lisier concentre le phosphore dans une partie solide, ce qui facilite son stockage et épandage (Paranthoen, 2017).

P3 : Couvrir la fosse

Il existe plusieurs types de toitures pour fosses. Le choix de la toiture se fait selon les attentes du producteur. Les toitures peuvent être étanches au gaz et à l'eau. L'intérêt des toitures est également de réduire les odeurs qui émanent des fosses de 50% à 100% (toiture hermétique) (Nature-Québec et al., 2011).



Couvrir la fosse permet d'éviter le stockage et la pollution des eaux de pluie. Cela permet également de gagner de la place dans la fosse (Nature-Québec et al., 2011).



La couverture de la fosse permet de réduire les pertes annuelles de NH₃ par volatilisation de 10 à 20% (Nature-Québec et al., 2011)



Les coûts de couverture sont variables selon la structure utilisée. La bâche flottante et la toiture gonflable constituent les solutions les plus avantageuses.

Tableau 10 : Coût des toitures selon le matériau (IDELE, 2020a)

Type de couverture	Coûts (€/m ²)
Dalle de béton	86
Toiture gonflable (étanche)	41 – 67
Bâche flottante (étanche)	47- 91



La couverture permet de limiter les odeurs ce qui facilite les relations entre éleveurs et voisinage, souvent décriées (Nature-Québec et al., 2011).

P4 : Méthanisation et torchage

La méthanisation consiste à envoyer le plus rapidement possible les déjections (liquides ou solides) dans un réacteur de digestion anaérobie ce qui favorise la production de méthane.



La production de méthane sur la ferme permet de réduire jusqu'à -30% les critères d'acidification et d'eutrophisation (Gervais et al., 2020).



Pour les intérêts climatiques de la méthanisation, les effets sont variables selon les installations. Elles peuvent aller de -3 % à +14 % sur les émissions de CO₂ globales (Gervais et al., 2020). Pour 1 000 tonnes de fumier d'aire paillée, la compensation des émissions est de 67 teqCO₂ (Lambrecht, Bonestebe, Lomelet, Le Gac, & Velghe, 2020b).



Tableau 11 : Repère économiques pour une installations de petite méthanisation de 50 kWé sur un cheptel lait de 140 vaches en France (Gervais et al., 2020)

Capital investi (après subventions)	9720 €/kWé installé
Produits	98,9 k€/an
Charges	85,9 k€/an
EBE	63,9 k€/an
Marge nette	13,0 k€/an



La méthanisation constitue une production d'énergie à la ferme et pour le territoire que l'éleveur revendique comme une participation à l'économie de son territoire (Gervais et al., 2020). De plus, tout comme les autres investissements conséquents, il est possible de partager un méthaniseur par le biais de CUMA. Enfin, l'élimination des rejets azotés et leur valorisation permet également de contribuer à la réduction des nuisances olfactives liées à leur stockage (méthaplus, 2015).

Production d'énergies renouvelables sur la ferme

L'UE vise la place de leader mondial dans les énergies renouvelables (Commission européenne, 2019a, 2019b; Erbach, 2016; European Commission, 2020e). Pour autant, les disparités entre les Etats membres sont importantes (European Commission, 2018a).

La promotion de ces énergies sert deux objectifs qui sont la lutte contre le changement climatique et la sécurité de l'approvisionnement énergétique. Les énergies renouvelables contribuent à éviter les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur de l'énergie ce qui accompagne l'objectif de l'UE de réduire les émissions de gaz à effet de serre d'au moins 50% d'ici 2030 (European Commission, 2020d). Il s'agit également de sources d'énergie locales qui permettent de réduire la dépendance européenne envers les importations de charbon, de gaz, de pétrole et de combustibles nucléaires (Commission européenne, 2019a, 2019b).

Face à cet objectif commun, les disparités entre les Etats membres sont importantes comme le montre la figure 20 d'après (European Commission, 2018a). Les différentes pratiques utilisables à la ferme et précisément en élevage bovin laitier ou allaitant sont présentées par (Gervais et al., 2020) sur la figure 19. Seules les solutions les plus envisageables sont présentées dans ce rapport.

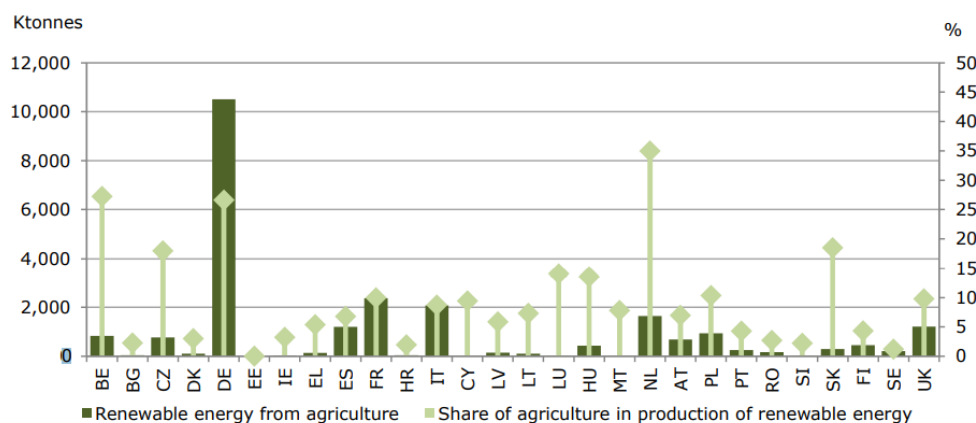


Figure 18 : Production d'énergie renouvelable issue de l'agriculture selon les Etats Membres en 2016 (European Commission, 2018a)

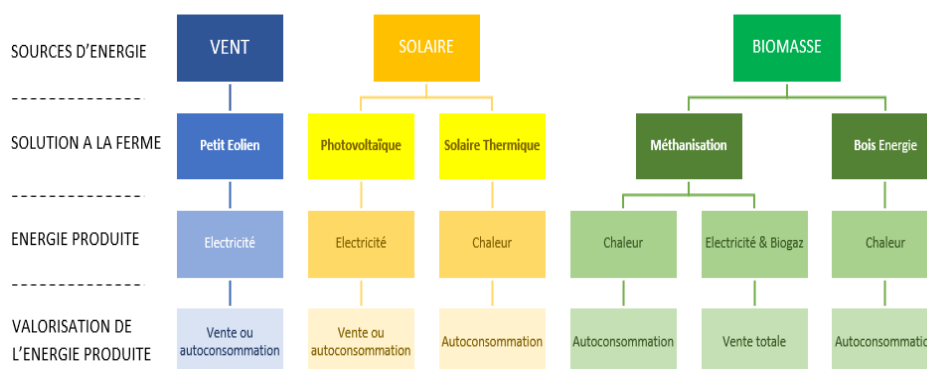


Figure 19 : Productions d'énergies renouvelables à la ferme (Gervais et al., 2020)

P2 : Energie photovoltaïque

En photovoltaïque, l'électricité est fabriquée à partir de l'énergie solaire captée par les panneaux photovoltaïques qui convertissent la lumière en courant électrique continu. Pour transformer cette électricité, le système doit comporter un onduleur qui permet d'adapter l'énergie au réseau.

L'autoconsommation peut permettre de faire fonctionner les robots de traite et ateliers de transformation laitière par exemple. Dans le cadre de l'installation de panneaux solaires photovoltaïques en vente totale, l'énergie renouvelable produite est revendue sur la totalité du réseau sans bénéficier au fonctionnement de l'activité agricole et sans être alimentée par elle. Les deux activités sont indépendantes (Gervais et al., 2020).



L'énergie photovoltaïque est une énergie verte. A ce titre, elle permet de limiter l'utilisation et la production d'énergies fossiles néfaste pour l'environnement.



Produire de l'énergie photovoltaïque sur la ferme permet de diminuer l'empreinte carbone de l'exploitation de 0,0021 kg/kWh produit. Une installation de 100 kWc (550 mètres carrés de panneaux ou un bâtiment au sol de 700 à 800 m²) permettrait de produire 100 000 kWh et de compenser les émissions d'environ 0,2 t_{eq}CO₂ (Lambrecht et al., 2020b).



Les coûts d'investissement pour ce type de structure sont souvent importants comme l'illustre la figure 20.



Les installations sont rentables lorsque les structures sont capables d'absorber le fort investissement nécessaire à leur installation. Ce type de production est également valorisé par la société (énergie propre et verte) et renforce le sentiment de contribution à l'économie du territoire (Gervais et al., 2020).

Ferme veaux de boucherie		Ferme bovins viande	
			
24 kWc	Puissance	200,15 kWc	
158m ²	Surface de toiture	1 388m ²	
24 369 kWh	Production annuelle moyenne	227 244k Wh	
30 000 kWh	Consommation électrique annuelle	27 000 kWh	
0,8	Ratio production/consommation	8,4	

Figure 20 : Caractéristiques techniques des installations photovoltaïques de 2 fermes Françaises (Gervais et al., 2020)

P3 : Bois énergie et Solaire thermique

En production bois énergie, le lien avec l'activité d'élevage est fort. L'énergie produite est valorisée par autoconsommation. La filière bois-énergie combine gestion du bois de l'exploitation et production de chaleur. Cette solution est intéressante pour les ateliers d'élevage pour les besoins en eau chaude et chauffage.

En solaire thermique, le lien avec l'activité d'élevage est fort. L'énergie produite est réinvestie dans les besoins de l'exploitation en chauffage ou eau chaude (Gervais et al., 2020).



Tout comme le photovoltaïque, la production d'énergie par le solaire thermique ou le bois énergie constitue une énergie verte.



Produire 20 stères de bois permet une compensation de 10 tonnes de CO₂eq et une production de 35 000 KWh (Lambrecht et al., 2020b). Pour une exploitation livrant 100 MAP (M3 Apparent Plaque), la compensation des émissions est de 26 teqCO₂ (Lambrecht et al., 2020b)



Les montants d'investissements sont plus accessibles que ceux en photovoltaïque comme en témoigne la figure 21.



Ce type de production est également valorisée par la société (énergie propre et verte) et renforce le sentiment de contribution à l'économie du territoire de l'éleveur (Gervais et al., 2020).

	Solaire thermique		Bois énergie	
				
	7 m ²	100 m ²	24 kW	300 kW
Couverture des besoins	30 %	50 %	30 %	100 %
Capital investi	600 € HT	1 000 € HT	20 k€	200 k€
Temps de retour sur investissement	5 ans	12 ans	4 ans	15 ans
Subventions	1,1 €/kWh produit/an 40 à 65% maximum		15 %	50 %

Figure 21 : Repères économiques pour une installation en solaire thermique et en bois énergie sur une ferme bovine en France (Gervais et al., 2020)

Freins

Les élevages sont des systèmes opérant sur plusieurs interfaces dont l'une est sociale et culturelle, comme le décrivent (Donnars et al., 2019) à travers le concept de grange. Cet aspect décrit des « verrous » ou « lock-in » à l'adoption de pratiques d'élevage (Burton & Farstad, 2020a). On distingue 3 principaux facteurs : les facteurs technico-économiques, les facteurs politiques et institutionnels et les facteurs culturels et intimes liés à l'éleveur.

Facteurs techniques et économiques

Les conditions climatiques, abiotiques et le type de sol de certaines régions peuvent constituer des freins à l'établissement de pratiques. A titre d'exemple, grâce à son climat, l'Irlande peut reposer sur le pâturage pendant la majeure partie de l'année, tandis que la Suède ne le peut pas à cause de la courte saison de croissance d'herbe (van den Pol-van Dasselaar et al., 2020).

La taille du troupeau est également un facteur impactant les pratiques à mettre en place. Les exploitations avec des troupeaux importants ont plus de difficultés à mettre en place certaines pratiques (utilisation d'argiles, phytothérapie) et favorisent le développement d'autres (élevage de précision) (van den Pol-van Dasselaar et al., 2020).

Les moyens techniques et pratiques dont disposent déjà la structure interviennent également sur la prise de décision. Les pratiques présentées ci-dessus sont à reconsidérer dans le cadre d'un système. Leur couplage n'est pas toujours réalisable. Par exemple, l'adoption de systèmes de traite automatique (AMS) peut être perçu comme une contrainte pour le pâturage car les vaches doivent pouvoir passer de la plate-forme de pâturage à l'AMS en continu. Le génotype des vaches et les pratiques de sélection impactent également la prise de décision pour certaines pratiques d'alimentation ou de reproduction comme l'illustre l'exemple des vaches culard (Petit, 2017; van den Pol-van Dasselaar et al., 2020).

Le capital économique est un des premiers facteurs intervenant dans la prise de décision. Il peut être limité dans les petites fermes bovines (Krstić, Derado, Naterer, & Kumalić, 2017). Les pratiques qui requièrent un investissement important (Energie photovoltaïque, certaines technologies d'élevage de précision) y sont écartées (Burton & Farstad, 2020a).

Facteurs politiques et institutionnels

Les opinions ou les idées des agriculteurs sur la façon dont ils pourraient conduire leur élevage diffèrent de la façon dont ils le font réellement en raison du cadre fixé par les politiques et institutions. Les lois, les taxes ou le manque d'opportunités de marché et de programmes de soutien public peuvent être des freins à l'adoption de certaines pratiques d'élevage (Swagemakers et al., 2017).

Le foncier constitue la principale contrainte. Le pâturage, le développement de plants protéinés sur la ferme ou encore l'installation de structures de biodiversité nécessitent des terrains importants et continus, proches de la ferme (Krstić et al., 2017; Petit, 2017). Les agriculteurs rencontrant des difficultés d'accès à la terre sont également plus susceptibles d'acheter des aliments et des fourrages (Swagemakers et al., 2017).

Le statut des exploitations et le rapport à la propriété privée conditionnent les pratiques mises en œuvre sur la ferme. Comme le montrent Guillaumin et al. (2008), l'espace rural est à la fois un bien d'appropriation privée pour l'agriculteur et un bien commun pour les habitants et les touristes via ses

dimensions paysagères, patrimoniales et récréatives. Les droits d'usages de l'agriculteur sur cet espace sont conséquemment flous. Ils sont soumis de plus en plus à des accords réglementaires desquels émergent des conflits avec les autres usagers comme les chasseurs ou randonneurs. L'espace rural est de plus en plus partagé et fait perdre à l'agriculteur un pouvoir de maîtrise sur son activité et sur ses pratiques.

L'impact de l'aval et le pouvoir du marché sont des agents importants dans la considération du système par l'éleveur. Le développement de l'agriculture biologique en est l'exemple (Dupré, Lamine, & Navarrete, 2017; Lamine & Bellon, 2009). La qualité des produits différenciés par des labels est repérable et vérifiable par le consommateur après l'achat. C'est ce que Chatellier et Dupraz (2019b) identifient comme des « biens d'expérience ». Dans d'autres cas, les attributs des produits ne sont pas directement vérifiables comme c'est le cas pour les effets environnementaux, les qualités nutritionnelles et sanitaires associées aux produits, voire l'origine géographique dans certains cas. Il s'agit alors de « biens de croyance » (Chatellier & Dupraz, 2019b).

Les filières de production et leur structuration détiennent un fort pouvoir dans l'élaboration du système à la ferme. La division des tâches et la dépendance des élevages spécialisés aux consommations intermédiaires, en particulier pour l'alimentation du bétail, sont en interaction forte avec la localisation géographique des élevages et des entreprises de transformation. La première transformation se réalise dans les élevages et s'accompagne d'une concentration géographique des productions. La coordination verticale au sein des filières offre des opportunités de stabilisation des prix et des revenus (contrats à longs termes). Le partage de la valeur ajoutée entre producteurs, transformateurs et distributeurs est une question fortement débattue (Chatellier & Dupraz, 2019b).

Ainsi, **la position de la ferme dans le schéma de cohérence locale** constitue un facteur important dans la prise de décision. Le manque d'infrastructures pastorales est par exemple décrié pour certains agriculteurs souhaitant développer un système à l'herbe (Krstić et al., 2017; Petit, 2017; van den Pol-van Dasselaar et al., 2020).

L'Etat a le plus d'impact sur le marché et les stratégies des agriculteurs, ce que souligne un éleveur croate pour qui les règles imposées par le gouvernement, calquées sur celles de l'Autriche, ne sont pas adaptées au contexte politique et culturel croate (Burton & Farstad, 2020b; Krstić et al., 2017). De plus, les réglementations européennes vis-à-vis des denrées animales sont plus exigeantes et formalisées que celles d'origine végétale. L'agriculture biologique, les indications géographiques, les appellations d'origine et certains labels et indications sont garantis par l'État et reconnus par l'UE mais ce n'est pas le cas pour toutes. Il n'y a aucun gage de marché sur les produits issus du pâturage par exemple (Petit, 2017). Les cahiers des charges trop contraignant sont aussi critiqués par les éleveurs qui se sentent dépossédés de leur libre arbitre. Les pratiques d'élevage sont perçues comme plus en plus contrôlées par des agents extérieurs à l'exploitation et renforcent la dépendance de l'agriculteur (Guillaumin et al., 2008). Un exemple de cette perte de libre arbitre s'illustre dans l'institutionnalisation des races bovines. Les agriculteurs ne sont plus maîtres de la sélection et de la reproduction de leurs vaches qui sont des facteurs contrôlés par des agents extérieurs (Eriksson & Petitt, 2020).

Les aides peuvent être des facteurs décisionnels importants (structures de biodiversité, modernisation de la ferme) mais peuvent également générer des freins à l'adoption de certaines pratiques. Certains éleveurs vivent les primes et les aides directes comme un soutien à la personne et au revenu qui décrivent une « fonctionnarisation » du métier dans lequel ils ne se reconnaissent plus (Guillaumin et al., 2008). Beaucoup d'agriculteurs enquêtés se sont plaints de leurs difficultés à comprendre le sens des évolutions de la PAC et à se projeter dans l'avenir (Guillaumin et al., 2008).

Enfin, **les crises économiques et sanitaires** demandent une réponse adaptative des éleveurs et les rendent plus réceptifs à l'adoption de nouvelles pratiques de reconceptualisation du système. Ces stratégies sont diverses et peuvent promouvoir l'autoproduction, l'épargne, la vente directe et les investissements (Burton & Farstad, 2020a; Ducrot et al., 2019; Krstić et al., 2017).

Facteurs culturels et intimes à la conception des pratiques par les éleveurs

La perception ou l'attitude des éleveurs vis-à-vis d'une pratique peut le conduire à l'adopter ou la rejeter. A titre d'exemple, certains éleveurs ont mentionné le pâturage comme économiquement rentable bien que d'autres ne le percevaient pas comme tel (Renault et al., 2020).

Cette attitude reflète tout d'abord la vision et la représentation du métier que porte l'éleveur. Plusieurs critères permettent de bâtir cette vision.

Le premier est la place qu'ils allouent à **la tradition**. Elle porte un rôle important concernant l'adoption ou le rejet de certaines pratiques comme le montre le concept de « vrai fermier » auxquels les éleveurs norvégiens font référence (Burton & Farstad, 2020b). La figure du « paysan » valorisant les pratiques traditionnelles d'élevage en est également l'exemple (Nippert, 2018). L'étude de la pratique du pâturage permet d'identifier clairement ce facteur. Dans des pays comme les Pays-Bas, la Suède ou la Hongrie, la tradition du pâturage a été perdue.

Également, cette tradition façonne **l'organisation du travail** de l'éleveur. Le fort investissement personnel dans le métier est toujours pour beaucoup d'agriculteurs une source de reconnaissance et de fierté professionnelle et personnelle. Le développement du travail de l'épouse à l'extérieur, l'aspiration des jeunes à bénéficier d'un mode de vie moins contraignant, le développement d'activités rurales hors agriculture ont fait évoluer cette vision chez certains éleveurs qui préfèrent dégager du temps libre et des vacances (Burton & Farstad, 2020b; Guillaumin et al., 2008; van den Pol-van Dasselaar et al., 2020).

L'innovation, le désir d'apprendre et la recherche de productivité sont aussi des facteurs influençant le choix des pratiques. Certains éleveurs sont très attirés par les nouvelles pratiques et formes de « bricolage » (au sens anthropologique). Ils sont plus ouverts à l'adoption de nouvelles pratiques même si elles demandent une adaptation du système. Cela leur permet également de mieux maîtriser leurs coûts et d'optimiser leur productivité (Ducrot et al., 2019; Kling-Eveillard et al., 2020). Pour autant, la peur du risque constitue un frein majeur à l'adoption de nouvelles pratiques chez certains éleveurs (Calvez, 2007).

La considération de l'animal dans le système d'élevage peut aussi expliquer la réticence vis-à-vis de certaines pratiques. En effet, pour certains éleveurs, il paraît impensable d'utiliser des technologies de précision qui, selon eux, détruit le contact qu'ils entretiennent avec leurs animaux. Contrairement à ces éleveurs qui considèrent les bovins comme la pierre angulaire du système, d'autres décrivent leurs bovins comme des outils de production. Pour optimiser leur production, l'élevage de précision est alors une solution idéale (Ducrot et al., 2019; Petit, 2017; Renault et al., 2020).

L'éducation et la socialisation modifient également la perception que l'éleveur a d'une pratique (Krstić et al., 2017; van den Pol-van Dasselaar et al., 2020). Elles permettent à l'éleveur d'acquérir des compétences techniques et de nouvelles informations via la construction d'un environnement social qui régit sa perception de la pratique. Elle peut être formelle ou informelle via des échanges et réseaux qui s'établissent entre pairs comme le montre (Compagnone, 2019). Le manque d'éducation est un frein majeur à la mise en œuvre de pratiques innovantes (van den Pol-van Dasselaar et al., 2020).

Enfin, le regard que portent **la société et les consommateurs** sur les pratiques d'élevage est également un facteur clé de changement ou de maintien de pratiques des éleveurs. Ce regard est souvent perçu très négativement par les éleveurs. Ils sont attachés à la représentation de leur image et cherche à l'améliorer en répondant aux demandes de société (Tableau 12) (Guillaumin et al., 2008). Ils identifient le bien-être animal, le prix, la qualité des produits et les impacts environnementaux comme les principales préoccupations citoyennes relatives à l'élevage (Chatellier & Dupraz, 2019b; Coty et al., 2017). Si ces échanges se tiennent à longue distance généralement par le biais des médias, la confrontation entre les éleveurs et la société s'observe également localement via les relations qu'ils entretiennent avec les acteurs locaux et le voisinage. Les éleveurs doivent adapter leurs pratiques (gestion effluents, ouverture de certaines routes pour la chasse, les activités de loisirs) pour limiter les conflits sur le territoire local.

Tableau 12 : Diversité des demandes de société dans 5 régions françaises d'après (Guillaumin et al., 2008)

	Pays de Vitré	Périgord central	Vignoble alsacien	Cévennes	Bresse
Economique	Agriculture dynamique (emploi)	Produits de qualité		Produits de qualité	Filière volaille de Bresse pour l'image de la région
Social	Agriculture à taille humaine Accueillir des populations citadines	Echanges entre producteurs et consommateurs Multi-usage de l'espace	Maintenir des surfaces agricoles entre les villages	Permettre la population permanente Multi-usage de l'espace	Agriculture à taille humaine Cohabitation entre agriculteurs et non-agriculteurs
Environnemental	Reconquérir la qualité de l'eau Maintenir le bocage	Préserver le paysage	Maintenir une faune et une flore spécifiques Préserver le paysage de vigne	Maintenir un paysage ouvert	Maintenir et entretenir un paysage de bocage

Leviers et préconisations

Reterritorialiser les pratiques

Le territoire est une « étendue terrestre utilisée et aménagée par des sociétés humaines » (Brunet et al., 1992). Il est nécessaire de revaloriser le territoire local, ses acteurs et leurs connexions comme une échelle d'action majeure dans les plans de promotion de pratiques. Le développement des dynamiques territoriales est nécessaire à l'adoption et la communication sur certaines pratiques. Cela s'inscrit également dans les objectifs de l'UE dont les enjeux de cohésion sociale et territoriale ont été réaffirmés dans les accords de Lisbonne, en 2009 (Chatellier & Dupraz, 2019b). Or, il a été mis en évidence que certains territoires européens manquaient de projets territoriaux défendant les services socio-culturels et écologique offerts par l'Espagne. C'est le cas pour l'Espagne dont l'exemple est évoqué par Swagemakers et al. (2017). Pour contrer ce problème, une reterritorialisation pourrait être engagée via différentes actions que sont :

- Mesurer le degré de couplage entre l'activité élevage et les autres activités à l'échelle locale et globale pour mieux cerner et répondre aux attentes de sociétales
- Favoriser les liens entre les acteurs du territoire via des programmes de reconnexion des citoyens ruraux avec l'élevage en promouvant par exemple la vente à la ferme (van den Pol-van Dasselaar et al., 2020)
- Développer la transmission des savoirs et les échanges territoriaux pour favoriser l'émergence de pratiques innovantes
- Impliquer l'ensemble des acteurs de l'élevage : OP, agriculteurs, vétérinaires, filière de production
- Identifier la diversité des perceptions de la pratique par les acteurs locaux : interroger les controverses et débats autour de la pratique et créer des espaces d'échanges et de discussion entre ces acteurs (Chatellier & Dupraz, 2019b)

Incitations à certaines pratiques

Certaines pratiques peuvent être promues dans les législations. C'est déjà le cas en Suède où le pâturage est rendu obligatoire (van den Pol-van Dasselaar et al., 2020). L'Etat a en effet un rôle d'incitation, de contrainte ou de valorisation de la pratique. Il constitue de ce fait un levier majeur dans l'adoption des pratiques. C'est par exemple le cas des plans de lutte contre les antibiotiques. On peut par exemple citer le plan EcoAntibio en France (Ducrot et al., 2019).

La construction de ces politiques doit cependant tenir compte des différences entre les éleveurs et les structures d'élevage (Kling-Eveillard et al., 2020). Des schémas de promotion des biens publics accompagnés de politiques de réduction des coûts peuvent également être des stratégies intéressantes à promouvoir (Swagemakers et al., 2017).

Subventions

Les subventions, premiums et toutes sortes de motivations financières peuvent faciliter l'adoption de certaines pratiques. C'est le cas aux Pays-Bas ou en Allemagne où des premiums sont attribués aux élevages favorisant le pâturage (van den Pol-van Dasselaar et al., 2020). Ces subventions, déléguées à la région seraient intéressantes dans le cadre du développement de plans anti-antibiotiques ou de promotion d'énergie verte à la ferme (Sok & Fischer, 2020). Les subventions peuvent être attribuées graduellement selon le degré de réalisation de la pratique (subventions échelonnées) ce qui motive ainsi les agriculteurs à améliorer continuellement leur pratique (Chatellier & Dupraz, 2019b).

Education

Formations

Le système éducatif doit être la première porte d'entrée à l'innovation. Pour cela, les enseignements doivent approcher les questions de manières holistiques. Les communications scientifiques doivent également être rendues plus accessibles. Le transfert de savoir est un élément clé du changement de perception de l'éleveur sur la pratique. L'accessibilité à une grande diversité de savoirs permet à l'éleveur de développer non seulement ses capacités techniques (gestes, organisation) mais aussi d'alimenter sa réflexion sur le fonctionnement de son système. La communication peut être générale pour engager une réflexion mais l'accompagnement nécessite d'être également personnalisé pour la réaliser comme le montre les résultats présentés dans le cadre de la réduction d'antibiotiques. L'éleveur, sa disponibilité, ses compétences mais aussi celles de ses conseillers, représente le facteur clé de la réussite de l'élevage (Ducrot et al., 2019).

Groupes d'échanges

La diffusion de l'innovation passe par les communautés de pratiques comme l'a montré (Darré, 1994). Le débat professionnel est nécessaire pour permettre l'appropriation et la reformulation des prescriptions. Certains éleveurs attachent une grande importance aux communautés de pratiques entre pairs, d'autres l'utilisent en complément d'une éducation plus conventionnelle délivrée par les vétérinaires et les instituts scientifiques (Ducrot et al., 2019). Dans le cadre de la promotion de nouvelles pratiques, il est nécessaire de valoriser les groupes d'échanges où se réalise la construction des imaginaires sociotechniques (Eriksson & Petitt, 2020).

Ces groupes sont aussi des leviers majeurs dans la destruction des idées reçues. Ils rassurent les agriculteurs et peuvent lever la crainte liée aux risques. Le récit d'un pair qui a entrepris et réussi un changement de pratique peut pousser un autre agriculteur à se lancer (Sok & Fischer, 2020). Cela est d'autant plus vrai, que les groupes mettent en relation des agriculteurs de multiples horizons c'est-à-dire de générations et de types d'élevage différents (Renault et al., 2020).

L'intérêt de ces groupes a été largement démontré dans le cadre de la réduction d'antibiotiques. Le fait que les éleveurs puissent situer leur niveau d'usage d'antibiotiques par rapport à celui de leurs pairs (au sein d'un groupement, d'une filière, ou à l'échelle nationale) est un moyen efficace d'inciter à la réduction des usages et il y a différentes initiatives européennes dans ce sens, notamment aux Pays Bas, en Belgique, en Allemagne ou au Danemark. La promotion de compétitions entre pairs (concours, gratifications) est également une voie intéressante pour motiver à l'amélioration (Ducrot et al., 2019).

FREINS

Techniques et Economiques



Couplages des pratiques



Taille des troupeaux

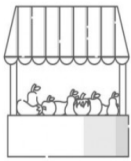


Conditions climatiques et du sol



Coût des investissements

Structurels et Institutionnels



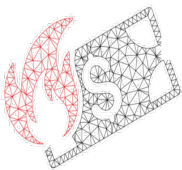
Marchés et filières de production



Foncier, Propriété et statut juridique des exploitations



Intimes et culturels



Peur du risque



Vision du métier et place de l'animal



Perception de la société

LEVIERS

Politiques de promotion des pratiques

Gratifications et subventions des bonnes pratiques

Revaloriser le territoire local via acteurs, leurs connexions et promouvoir ses dynamiques

Rendre accessible une grande diversité de savoirs techniques (gestes, organisation) via les formations et accompagnements

Favoriser les groupes d'échanges permettant la diffusion de l'innovation et la construction de l'imaginaire sociotechnique

Promouvoir des compétitions entre pairs (concours, gratifications) pour motiver au changement

Figure 22 : Freins et leviers au changement de pratiques en élevage bovin

Conclusion

Les pratiques d'élevage de ce rapport ont été identifiées parmi un plus grand ensemble de pratiques d'après leur réalisabilité économique, environnementale et sociable dans l'objectif de réduction des GES. Pour mieux appréhender leur impact sur le système d'élevage, la figure 23 dresse la répartition de ces pratiques selon leur secteur d'impact sur les émissions de GES en élevage bovin.

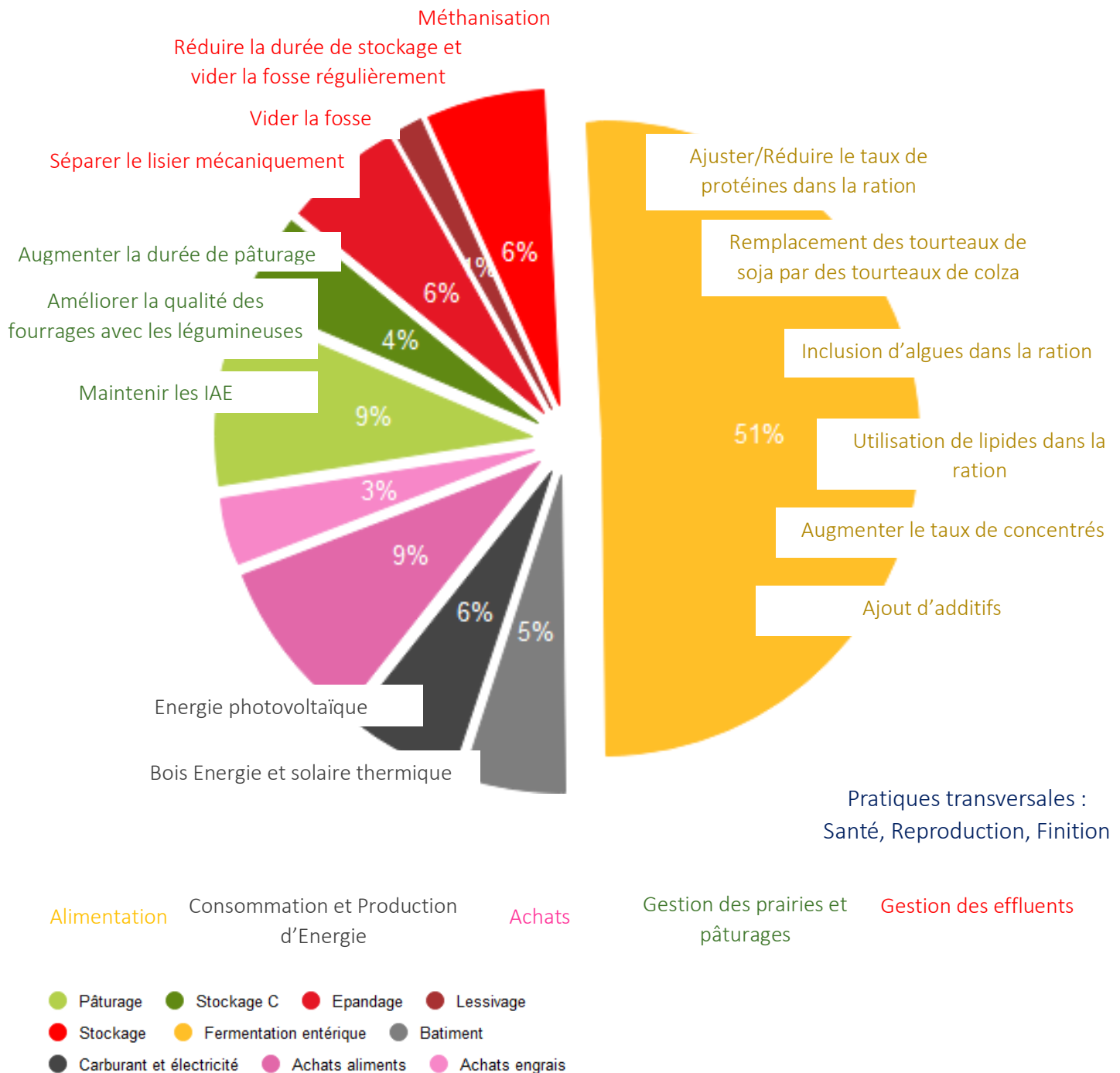


Figure 23 : Répartition des pratiques selon leur influence sur les émissions totales des GES d'un élevage bovin

Cette figure permet de classer le niveau d'impact des pratiques sur les émissions globales à la ferme. Les pratiques peuvent être transversales et impacter différents secteurs. C'est notamment le cas de la partie « achats » qui est largement influencée par l'épandage des effluents, la production de fourrages, le pâturage ou la réduction de concentrés par exemple. Au vu des résultats obtenus, il est possible de promouvoir une stratégie efficiente d'optimisation de la réduction des émissions totales de GES sur la ferme de manière économiquement, environnementalement et socialement durable. Elle se construit en 5 axes :

1

Viser la réduction des émissions de méthane entérique : elles constituent la plus grosse part des émissions à la ferme. Les pratiques les plus intéressantes sont **l'ajustement du taux de concentrés dans la ration et le remplacement des tourteaux de soja par des tourteaux de colza**. De plus, ces deux pratiques permettent également de limiter les achats et donc les émissions qui y sont liées. L'inclusion d'additifs ou l'utilisation de bloqueurs de méthane apparaissent intéressantes mais dans un second temps car elles peuvent générer des coûts supplémentaires.

2

Optimiser la gestion des effluents : Il s'agit également du point noir de l'élevage que ce soit d'un point de vue climatique ou social (désagrément lié aux odeurs). Pour cela, **la réduction de la durée de stockage et la bonne gestion de l'épandage** sont les premières pratiques à développer à la ferme. Peu coûteuses, elles peuvent néanmoins générer un travail supplémentaire léger pour l'éleveur. La méthanisation et la séparation du lisier sont des voies prometteuses mais nécessitent un investissement important qui peut s'avérer être un verrou important pour les éleveurs. Des incitations financières pourraient être intéressantes pour leur développement.

3

Valoriser les prairies permanentes, les pâturages et les fourrages riches en légumineuses : Ces stratégies sont des voies clés de réduction des GES (stockage carbone, réduction du bilan azoté). Les prairies constituent également des hauts lieux de biodiversité. La valorisation du pâturage permet de développer l'autonomie de la ferme et de réduire les coûts associés à l'achat de concentrés. Cependant, le foncier, l'appréhension peuvent constituer un frein à leur application tout comme le manque de connaissances sur la pratique. Le développement de groupes d'échanges autour de ce dernier aspect peut permettre d'enrayer cette problématique.

4

La production d'énergie sur la ferme constitue une voie à améliorer et à réserver à certaines exploitations. Bien que prometteuse, elle peut s'avérer très coûteuse et nécessite un engagement de l'éleveur pour ces problématiques. La mise en place de ce type de structure nécessite un accompagnement financier et éducatif pour permettre sa réussite.

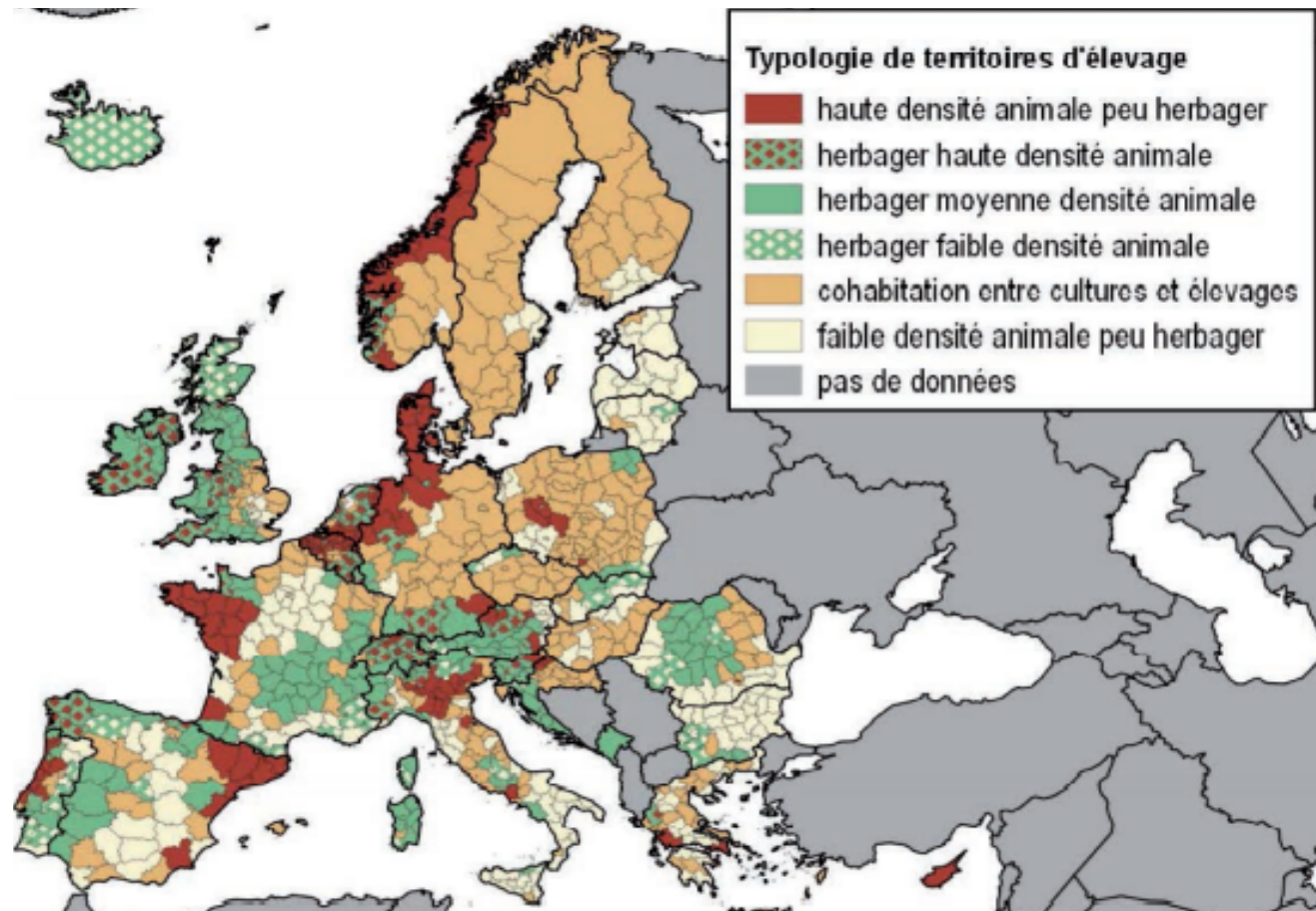
5

Enfin, au niveau de la conduite du troupeau, il convient d'abord de veiller au **bon état de santé** du troupeau pour limiter les coûts et les impacts environnementaux liés à l'usage de médicaments notamment antibiotiques. Aussi, **réduire le nombre d'animaux improductifs en abaissant l'âge au premier vêlage** ou en **réduisant le taux de renouvellement** constitue une stratégie économiquement et écologiquement intéressante. De même, **augmenter le taux de finition** et **optimiser le dernier délai entre vêlage et abattage** permettent d'accroître la productivité de l'élevage de manière raisonnée et de réduire les charges et les impacts climatiques et environnementaux négatifs. La sélection génétique et l'élevage de précision constituent également des pratiques intéressantes mais dans un second temps. Il s'agit de pratiques controversées pouvant entrer en conflit avec la représentation du métier d'éleveur et avec les autres pratiques mises en place à la ferme.

Certaines pratiques se sont avérées trop négatives sur les aspects environnementaux, économiques et sociaux malgré leur possible intérêt dans la réduction des GES. Elles ne sont donc pas à promouvoir. On recense notamment l'utilisation d'antibiotiques, l'utilisation de soja biologique, l'augmentation du taux de concentrés dans la ration.

ANNEXES

Annexe I : Cartographie des systèmes d'élevage européens d'après (Dumont et al., 2016)



Annexe II : Méthodes d'évaluation des pratiques (Donnars et al., 2019)

Méthode	Aspects de durabilité couverts													
	Environnemental							Economique			Social et Culturel			
	Flux ressources et d'Énergie	Processus Biologiques et géochimiques	Pollution de l'eau, l'air, du sol	Utilisation des sols	Déchets	Changement climatique	Biodiversité	Marchés agricoles et alimentaires	Politique	Emploi	Sécurité alimentaire	Santé humaine	Bien-être animal	Valeurs culturelles et vitalité du territoire
ACV, Bilan de flux de matières, empreintes écologiques	X	X	X	X	X	X				X		X	X	
Approche socio-écologique, métabolisme des territoires	X	X		X			X	X	X		X			
Approche des bouquets de services écosystémiques	X	X	X	X		X	X	X	X		X			X
Cartographie des bouquets de services	X	X	X	X		X		X	X		X			
Modélisation et scénarios	X	X	X	X		X		X	X		X			
Approches coûts-bénéfice	X							X	X	X		X	X	
Approches sociales et culturelles								X	X					X

Annexe III : Suite méthodes d'évaluation des pratiques (Donnars et al., 2019)

Méthode	Niveau d'application							Limites
	Produit et chaîne alimentaire	Parcelle	Ferme	Paysage	Région	Pays	Monde	
ACV, Bilan de flux de matières, empreintes écologiques	X		X		X			Contexte dépendant et sensible N'évalue pas les services Fonctionnement du système masqué
Approche socio-écologique, métabolisme des territoires					X			Région-dépendant
Approche des bouquets de services écosystémiques		X		X	X			Difficile quantification des aspects sociaux Pas de considération explicite des impacts négatifs
Cartographie des bouquets de services			X		X	X		Manque de disponibilités d'indicateurs quantitatifs Impacts délocalisés pas pris en compte Agrégation des productions animales
Modélisation et scénarios					X	X	X	Manque de disponibilités d'indicateurs quantitatifs Pas de prise en compte de la diversité des élevages
Approches coûts-bénéfice	X				X			Sensible à l'unité fonctionnelle Données disponibles limitées
Approches sociales et culturelles			X		X			Monographies difficiles à transposer Etude longue Peu de quantifications

Annexe IV : Intérêts économiques des structures de biodiversité (Flament et al., 2013)

Structure	Productif				
	Bois de chauffage	Bois d'œuvre	Production de fruits et miel	Alimentation bétail	Compost/Amendement des sols
Haies	+				+
Bosquets	++	++			
Pré-verger : arbres fruitiers haute tige			++	++	
Arbres isolés ou d'alignement	++	+			
Pâturages boisés – sylvopastoralisme	++	++		++	
Surface en agrosylviculture	+	++	+	+	+
Prairies extensives			+	++	
Surface en couvert environnemental					
Lisière herbacée de bois	++		+		
Jachères				+	+
Bandes culturales extensives				+	+
Zones humides				+	
Murets, terrasses, chemins					

BIBLIOGRAPHIE

- ACTA. (2020). *Feed a gene*. Retrieved from <http://www.acta.asso.fr/r-d/partenariats-europeens/projets-h2020/feed-a-gene.html>
- AEE. (2019). *Les terres et les sols en Europe*. <https://doi.org/10.2800/15428>
- Agolin. (n.d.-a). Agolin | Innovative feed additives. Retrieved July 12, 2021, from <https://agolin.ch/>
- Agolin. (n.d.-b). Innovative feed additives. Retrieved July 16, 2021, from <https://agolin.ch/>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Alemu, A. W., Pekrul, L. K. D., Shreck, A. L., Booker, C. W., McGinn, S. M., Beauchemin, K. A., & Kindermann, M. (2021). 3-Nitrooxypropanol Decreased Enteric Methane Production From Growing Beef Cattle in a Commercial Feedlot: Implications for Sustainable Beef Cattle Production Measuring and assessing Canadian rangeland and other agricultural best management practices with. *Frontier in Animal Science*, 2(64 1590). <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.641590>
- Allain, C., Chanvallon, A., Clement, P., Guatteo, R., & Bareille, N. (2014). Elevage de précision : périmètre, applications et perspectives en élevage bovin. *Rencontre Recherche Ruminants*, (21), 3–9. Retrieved from http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte_1_Elevage_de_precision_C-Allain.pdf
- Andeweg, K., & Reisinger, A. (2015). Reducing greenhouse gas emissions from livestock: Best practice and emerging options. In *Global Research Alliance*. Retrieved from <https://ccacoalition.org/en/resources/reducing-greenhouse-gas-emissions-livestock-best-practice-and-emerging-options>
- Anne, & Cat. (2012). Tanins : de la gêne nutritionnelle à l'intoxication. *Techniques d'élevage*. Retrieved from <https://www.techniquesdelevage.fr/article-tanins-de-la-gene-nutritionnelle-a-l-intoxication-112005231.html>
- Arndt, C., Mcclelland, S. C., Oh, J., & Bayat, A. (2020). Strategies to Mitigate Enteric Methane Emissions by Ruminants – A Way to Approach the 2 . 0 ° C Target. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, (March). <https://doi.org/10.31220/agriRxiv.2021.00040>
- Assie, S., Relun, A., Guatteo, R., Assie, S., Relun, A., & Guatteo, R. (2020). *Médecine et élevage de précision : surveillance et détection précoce individualisée en élevage* To cite this version : HAL Id : hal-02622987. Retrieved from <https://hal.inrae.fr/hal-02622987/document>
- Baumont, R., Bastien, D., Férard, A., Maxin, G., & Niderkorn, V. (2016). Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants. *Journées AFPP*, 19.
- Bechet, E., Benoteau, G., Galisson, B., Grosbois, C., Guibert, R., Elluin, G., ... Buczinski, B. (2018). *Viande bovine dans l'Ouest de la France : renouvellement élevé et génisses lourdes améliorent le revenu*. Retrieved from https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/2018_Viande_bovine_dans_ouest_france_renouvellement_eleve_genisses_lourdes_ameliorent_revenu.pdf
- Beckers, Y. (2013). L'équilibre des rations alimentaires des bovins: Quelques pistes pour améliorer l'efficacité azotée. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 17(SPL1), 243–250.

- Bell, M. J., Eckard, R. J., Haile-Mariam, M., & Pryce, J. E. (2013). The effect of changing cow production and fitness traits on net income and greenhouse gas emissions from Australian dairy systems. *Journal of Dairy Science*, 96(12), 7918–7931. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6289>
- Beloil, P., Bocca, V., Boelaert, F., Gibin, D., Guerra, B., Papanikolaou, A., & Stoicescu, A. (2020). Zoonoses, antimicrobial resistance and food-borne outbreaks guidance for reporting 2019 data. *EFSA Supporting Publications*, 17(2). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2020.en-1792>
- Berodier, M. (2020). *Utilisation en ferme des données de génotypage pour une gestion optimisée et durable de l'élevage laitier* To cite this version : HAL Id : tel-02940692. Retrieved from <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-02940692/document>
- Bertrand I, Sauvadet M, Guillot E, Plassard C, Taschen E, Marsden C, & Hedde M. (2019). Relations entre modes de gestion des agroécosystèmes et biodiversité fonctionnelle des sols. *Innovations Agronomiques*, 75, 107–124.
- Blondel, A. (ACSEL C. E. (2017). Valoriser les graines de soja produites localement. Retrieved March 29, 2021, from <http://www.fidocl.fr/content/valoriser-les-graines-de-soja-produites-localement>
- Bourdieu, P. (1979). *La distinction* (EDITIONS D). Retrieved from <https://www.babelio.com/livres/Bourdieu-La-distinction/4903>
- Breton, D., Doal, V., Guy, F., Halter, P., & Velghe, M. (2020). *Réduction de l'âge au premier vêlage*.
- Brizga, J., Kurppa, S., & Heusala, H. (2021). Environmental impacts of milking cows in latvia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1–12. <https://doi.org/10.3390/su13020784>
- Brocas, C. (Institut de l'Elevage), & Dollé, J.-B. (Institut de l'Elevage). (2018). *Emissions de GES et contributions positives des élevages français - Carbon Dairy*. (1), 1–2.
- Broderick, G. A. (2018). Review: Optimizing ruminant conversion of feed protein to human food protein. *Animal*, 12(8), 1722–1734. <https://doi.org/10.1017/S1751731117002592>
- Bureau, J.-C., & Danechvar-Kakhki, M. (1991). Les substitutions entre les céréales et les autres concentrés en alimentation animale. *Cahiers d'économie et Sociologie Rurales*, 18(19), 182–213.
- Burton, R. J. F., & Farstad, M. (2020a). Cultural Lock-in and Mitigating Greenhouse Gas Emissions: The Case of Dairy/Beef Farmers in Norway. *Sociologia Ruralis*, 60(1), 20–39. <https://doi.org/10.1111/soru.12277>
- Burton, R. J. F., & Farstad, M. (2020b). Cultural Lock-in and Mitigating Greenhouse Gas Emissions: The Case of Dairy/Beef Farmers in Norway. *Sociologia Ruralis*, 60(1), 20–39. <https://doi.org/10.1111/soru.12277>
- Calvez, M. (2007). *Le seuil façonnable d'acceptabilité culturelle du risque*. Retrieved from La documentation française website: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00484114>
- CAP2ER. (2013). *GUIDE MÉTHODOLOGIQUE CAP ' 2ER ® : Calcul Automatisé des Performances Environnementales en Elevage de Ruminants*.
- Carpio, M.-A. (2021). L'élevage industriel, prochaine source de pandémie ? *National Geographic*. Retrieved from <https://www.nationalgeographic.fr/sciences/2021/01/lelevage-industriel-prochaine-source-de-pandemie>
- Castanheira, É. G., Dias, A. C., Arroja, L., & Amaro, R. (2010). The environmental performance of milk production on a typical Portuguese dairy farm. *Agricultural Systems*, 103(7), 498–507. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.05.004>
- Cederberg, C., & Mattsson, B. (2000). Life cycle assessment of milk production - a comparison of

- conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production*, 8(1), 49–60.
[https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(99\)00311-X](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(99)00311-X)
- Chambre d'agriculture des Hauts de France. (2013). *Synthèse des coûts des bâtiments d'élevage bovin par ouvrage*. Retrieved from https://hautsdefrance.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Hauts-de-France/fiche1_couts_batiments.pdf
- Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire. (2012). *Simplification du travail d'astreinte hivernal en bâtiment*.
- Chapuis, D., Chamarac, A., Martinet, O., Lavedrine, F., Deboutray, J.-B., Dupuits, G., & Bernus, M. (2015). *Augmenter la quantité de concentré dans une ration vaches laitières pour produire plus*. Retrieved from https://bourgognefranchecomte.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Bourgogne-Franche-Comte/061_Inst-Bourgogne-Franche-Comte/ST-Recherche_Innovation/essai_VL_augmenter_les_concentres_2015.pdf
- Chardon, H., & Brugere, H. (2014). Usages des antibiotiques en élevage et filières viandes. *Cahiers Sécurité Sanitaire et Animale*, (Avril), 1–36.
- Charte des bonnes pratiques d'élevage. (2021). Charte des bonnes pratiques d'élevage - détails. Retrieved from <http://www.charte-elevage.fr/details>
- Chatellier, V., & Dupraz, P. (2019a). Les performances économiques de l'élevage européen : de la « compétitivité coût » à la « compétitivité hors coût ». *INRA Productions Animales*, 32(2), 171–188. <https://doi.org/https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2479>
- Chatellier, V., & Dupraz, P. (2019b). Les performances économiques de l'élevage européen : de la « compétitivité coût » à la « compétitivité hors coût ». *INRA Productions Animales*, 171–188. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2479>
- Citerne, P. (2013). *Approche économique de la reproduction chez la Blonde d'Aquitaine*. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.
- Civam ADAGE 35. (2014). *Actes du colloque Agrocampus Ouest – Rennes Retour sur 6 années d'expérimentation avec les huiles essentielles sur les bovins*. Retrieved from http://www.adage35.org/wp-content/uploads/2009/11/Colloque-HE-_24-03-2014_-Actes.pdf
- CIWF. (n.d.). *Evaluation du Bien-être des Vaches Laitières*.
- Commission européenne. (2019a). *De la ferme à la table, le pacte vert pour l'Europe* (Vol. 1). <https://doi.org/10.7202/1059814ar>
- Commission européenne. (2019b). *Une énergie propre, le pacte vert pour l'UE*.
- Compagnone, C. (2019). Sociologie des changements de pratiques en agriculture. In *Sociologie des changements de pratiques en agriculture*. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3075-4>
- CompteCO2. (2010). La gestion des effluents, un outil pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Retrieved from <https://agri.compteepargneco2.com/leviers-dactions/alimentation-animale-gestion-effluents/elevage/>
- CompteCO2. (2020). Ajuster l'apport d'azote dans la ration des bovins. Retrieved from <https://agri.compteepargneco2.com/leviers-dactions/alimentation-animale-gestion-effluents/azote-ration/>
- Conseillers techniques OPTIVAL-OXYGENE. (2015). L'argile en élevage bovin. *La Feuille de CHOU*, (03), 11.

- Cook, E. (2020). Agriculture, forestry and fishery statistics: 2020 edition. In *Publications Office of the European Union*.
- Cottier-Cook, E. J., Nagabhatla, N., Badis, Y., Campbell, M. L., Chopin, T., Dai, W., ... Cottier-Cook, E.J., Nagabhatla, N., Badis, Y., Campbell, M., Chopin, T., Dai, W., Fang, J., He, P., Hewitt, C, Kim, G. H., Huo, Y, Jiang, Z, Kema, G, Li, X, Liu, F, Liu, H, Liu, Y, Lu, Q, Luo, Q, Mao, Y, Msuya, F. E, Rebours, C, Shen, H., Stentiford, G. D., C. M. M. (2016). Safeguarding the future of the global seaweed aquaculture industry. *Journal of Policy and Practice in Intellectual Disabilities*, (September), 1–12. Retrieved from <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1741-1130.2006.00058.x>
- Coty, M., Poisson, A., Laurin, M., Roguet, C., Grannec, M.-L., & Neumeister, D. (2017). Perception et prise en compte par les éleveurs du regard de la société sur l'élevage. *Journées Recherche Porcine*, 49, 321–322.
- D. Ouachem, & F. Nouicer. (2006). Clay as a biological source to improve the metabolism of the rumen. *13ème Rencontre Recherches Ruminants*, 113. Retrieved from http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/2006_4_alimentation_24_Ouachem.pdf
- d'Alteroche, F. (2013). Cultiver l'autonomie protéique. *Réussir Bovins Viande*. Retrieved from <https://www.reussir.fr/bovins-viande/cultiver-l'autonomie-proteique>
- Darré, J.-P. (1994). *Pairs et experts dans l'agriculture. Dialogues et production de connaissance pour l'action*. (Technologi).
- David, C. (2015). Un séparateur de phase pour lisier de bovin. *Paysan Breton*. Retrieved from <https://www.paysan-breton.fr/2015/09/un-separateur-de-phase-pour-lisier-de-bovin/>
- David, V., Beaugrand, F., Bastien, J., & Ducrot, C. (2019). Évolution De L'Usage Des Antibiotiques En Filières Bovines : État D'Avancement et Perspectives. *Prod Inra*, 32(2), 291–304.
- de Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemsen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7(3), 260–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
- Dedieu, B., Chia, E., Leclerc, B., Moulin, C.-H., & Tichit, M. (2008). *L'élevage en mouvement : flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores*.
- Delaby, L. (2014). L'autonomie alimentaire en élevage laitier. *Quels Enjeux Pour l'emploi, Le Revenu et l'environnement ?* Pontivy, France.
- Devun, J. (Institut de l'Élevage), & Guinot, C. (Centre D. D. V. (2012). Alimentation des bovins : Rations moyennes et autonomie alimentaire. *Techniques*, (Civ), 40.
- Devun, J., Brunschwig, P., & Guinot, C. (2014). viandesetproduitscarnes.fr. *Viandes et Produits Carnés*. Retrieved from https://www.viandesetproduitscarnes.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=537:alimentation-des-bovins-rations-moyennes-et-autonomie-alimentaire&catid=97&Itemid=435&lang=fr
- Dollé, J. B., Agabriel, J., Peyraud, J. L., Faverdin, P., Manneville, V., Raison, C., ... Le Gall, A. (2011). Les gaz à effet de serre en élevage bovin: Évaluation et leviers d'action. *Productions Animales*, 24(5), 415–432. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2011.24.5.3275>
- Dolle, J., Faverdin, P., Agabriel, J., Sauvant, D., Dolle, J., Faverdin, P., ... Contrin, K. K. (2013). Contribution de l'élevage bovin aux émissions de GES et au stockage de carbone selon les systèmes de production. *Fourrages, Association Française Pour La Production Fourragère*, 181–191. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01173674>

- Donnars, C., Dumont, B., & Dupraz, P. (2019). Impacts et services issus des élevages européens. In *Expertise scientifique collective* (Quae). <https://doi.org/10.3917/pour.231.0129>
- Doreau, M., Martin, C., Eugène, M., Popova, M., & Morgavi, D. P. (2011). Leviers d'action pour réduire la production de méthane entérique par les ruminants. *Productions Animales*, 24(5), 461–474. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2011.24.5.3278>
- Drews, J., Czycholl, I., & Krieter, J. (2020). A life cycle assessment study of dairy farms in northern Germany: The influence of performance parameters on environmental efficiency. *Journal of Environmental Management*, 273(August), 111127. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111127>
- Dronne, Y. (2019). Les matières premières agricoles pour l'alimentation humaine et animale : l'UE et la France. *INRA Productions Animales*, 31(3), 181–200. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.3.2347>
- DS. (2021). Réduire ses émissions de GES en améliorant ses résultats technico-économiques. *Web-Agri*. Retrieved from <https://www.web-agri.fr/bovin-viande/article/175742/reduire-ses-emissions-de-ges-en-ameliorant-ses-resultats-techico-economiques>
- DSM. (n.d.). Minimizing methane from cattle. Retrieved July 16, 2021, from <https://www.dsm.com/corporate/markets/animal-feed/minimizing-methane-from-cattle.html>
- Ducrot, C., Adam, C., Beaugrand, F., Belloc, C., Bluhm, J., Chauvin, C., ... Rousset, N. (2019). Apport de la sociologie à l'étude de la réduction d'usage des antibiotiques. *INRA Productions Animales*, 31(4), 307–324. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.4.2395>
- DUFRASNE, Christine CUVELIER, I. (2012). L'ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIÈRE Aliments, calculs de ration, indicateurs d'évaluation des déséquilibres de la ration et pathologies d'origine nutritionnelle. In *Université de Liège*. <https://doi.org/10.1007/BF00726139>
- Dumont, B., Dupraz, P., Donnars, C., Aubin, J., Benoit, M., Bouamra-Mechemache, Z., ... Vollet, D. (2016). Impacts et services issus des élevages européens. In *Pour* (Edition Qu, Vol. 231). <https://doi.org/10.3917/pour.231.0129>
- Dupré, L., Lamine, C., & Navarrete, M. (2017). Short Food Supply Chains, Long Working Days: Active Work and the Construction of Professional Satisfaction in French Diversified Organic Market Gardening. *Sociologia Ruralis*, 57(3), 396–414. <https://doi.org/10.1111/soru.12178>
- Duval, J. (1993). Utilisation de la bentonite et autres argiles en alimentation animale. *AGRO-BIO*, 370(03). Retrieved from https://abiodoc.docressources.fr/index.php?lvl=notice_display&id=9351
- Eger, M., Graz, M., Riede, S., & Breves, G. (2018). Application of Mootral™ reduces methane production by altering the Archaea community in the Rumen simulation technique. *Frontiers in Microbiology*, 9(SEP). <https://doi.org/10.3389/FMICB.2018.02094/FULL>
- Erbach, G. (2016). *Promotion des sources d'énergie renouvelables dans l'UE*. <https://doi.org/10.2861/042370>
- Eriksson, C., & Pettitt, A. (2020). Designing Cattle: The Social Practice of Constructing Breeds. *Anthrozoös*, 33(2), 175–190. <https://doi.org/10.1080/08927936.2020.1719758>
- Espagnol, S., Delage, C., Royer, É., Dauguet, S., Krogh, S., Garcia-launay, F., ... Jensen, S. K. (2020). Analyse environnementale de l'utilisation de sources de protéines européennes pour l'alimentation porcine. *Journées Recherche Porcine*, 52, 337–342. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02479993>
- Etienne, E. (2019). La sélection de bovins polled : l'avenir au sein de nos élevages ? Retrieved from

<http://hdl.handle.net/2268.2/7180>

European Commission. (2017). *La PAC expliquée : les paiements directs en faveur des agriculteurs 2015-2020*.

European Commission. (2018a). *Cap context indicators 2014-2020*. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/cap-indicators-doc-c43_2018_en.pdf

European Commission. (2018b). *Farm structures*. [https://doi.org/10.1016/0016-0032\(50\)90860-x](https://doi.org/10.1016/0016-0032(50)90860-x)

European Commission. (2020a). Agriculture, forestry and fishery statistics: 2020 edition. In *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2785/143455>

European Commission. (2020b). Agriculture and Biodiversity. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/sustainability/environmental-sustainability/biodiversity/biodiversity_en

European Commission. (2020c). *EU agricultural outlook for markets, income and environment 2020 - 2030*. <https://doi.org/10.2762/252413>

European Commission. (2020d). *Règlement du parlement européen et du conseil établissant le cadre requis pour parvenir à la neutralité climatique et modifiant le règlement (UE) 2018/1999 (loi européenne sur le climat)* (Vol. 0169). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020PC0080&from=EN>

European Commission. (2020e). *The EU Blue Economy Report 2020*.

European Commission. (2021a). Lait et produits laitiers. Retrieved March 11, 2021, from https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/animals-and-animal-products/animal-products/milk-and-dairy-products_fr

European Commission. (2021b). *Pacte vert pour l'Europe : La Commission présente des actions visant à stimuler la production biologique*.

European Commission. (2021c). Un Pacte Vert pour l'Europe. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fr

European Dairy Association. (2020). Annual report 2019-2020. In *AIMS Mathematics*. <https://doi.org/10.3934/math.2020i>

European Medicines Agency. (2016). *Imrestor pegbovigrastim - Summary for the public*.

European Medicines Agency. (2021). Committee on Herbal Medicinal Products (HMPC). Retrieved from <https://www.ema.europa.eu/en/committees/committee-herbal-medicinal-products-hmpc>

European Medicines Agency. (2019). Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2017: Trends from 2010-2017. *Ninth ESVAC Report - EMA/294674/2019*, 106. Retrieved from https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/sales-veterinary-antimicrobial-agents-31-european-countries-2017_en.pdf

European Parliament. (2021a). La politique agricole commune. In *Fiches techniques sur l'Union européenne*. <https://doi.org/10.3917/scpo.delor.2004.01>

European Parliament. (2021b). Le financement de la PAC. In *Fiches techniques sur l'Union européenne*. <https://doi.org/10.3917/polam.011.0067>

European Parliament. (2021c). Vers la politique agricole commune d'après 2020. In *Fiches techniques sur l'Union européenne*. Retrieved from

- https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/fr/FTU_3.2.9.pdf
- Eurostat. (2019a). Exploitations agricoles et terres agricoles dans l'Union européenne. Retrieved March 15, 2021, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Farms_and_farmland_in_the_European_Union_-_statistics/fr#Exploitations_agricoles_en_2016
- Eurostat. (2019b). Livestock density at European level. Retrieved March 13, 2021, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_livestock_patterns#Livestock_density_at_regional_level_in_2016
- Eurostat. (2019c). Statistiques sur la structure des exploitations. Retrieved April 21, 2021, from <https://ec.europa.eu/research/foresight/index.cfm>
- Eurostat. (2020). Agri-environmental indicator - specialisation. Retrieved March 12, 2021, from <https://ec.europa.eu/research/foresight/index.cfm>
- Eurostat. (2021a). Agricultural holdings with livestock - dairy cows. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00124/default/map?lang=en>
- Eurostat. (2021b). Agriculture statistics at regional level. Retrieved from Eurostat Statistics explained website: <https://ec.europa.eu/research/foresight/index.cfm>
- Eurostat. (2021c). Fodder crops: number of farms and areas by agricultural size of farm (UAA) and size of fodder crops area. Retrieved April 29, 2021, from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ef_lsfodderaa/default/bar?lang=en
- FAO. (2016). Probiotics in animal nutrition - Production, impact and regulation. In Harinder P.S. Makkar (Ed.), *FAO Animal Production and Health Paper* (Vol. 179). <https://doi.org/10.1152/physrev.1954.34.1.25>
- FAO. (2017). *Livestock solutions for climate change*. Retrieved from <http://www.fao.org/gleam/results/en/>
- Faverdin, P., Allain, C., Guatteo, R., Hostiou, N., & Veissier, I. (2021). Élevage de précision : De nouvelles informations utiles pour la décision ? *INRAE Productions Animales*, 223–234. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.4.4585>
- Faverdin, P., & Van Milgen, J. (2019). Intégrer les changements d'échelle pour améliorer l'efficacité des productions animales et réduire les rejets. *INRA Productions Animales*, 32(2), 305–322. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2499>
- FEFAC. (2020a). *Feed and Food*. Retrieved from https://fefac.eu/wp-content/uploads/2021/03/FF_2020_Final.pdf
- FEFAC. (2020b). *From Farm to Table*. Retrieved from https://fefac.eu/wp-content/uploads/2020/10/Statistics_year_2019.pdf
- Flament, N., Foret, M. La, Herscovici, C., Jaffre, M., Merot, P., Mestelan, P., ... Champ, H. (2013). *Les infrastructures Agroécologiques*.
- Fourrage mieux. (2015). Le pâturage des prairies permanentes. *Fourrages Mieux*, 9. Retrieved from http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/Le_paturage_des_prairies_permanentes_Cremer_2015.pdf
- Froidmont, E. (2018). Trois leviers d'action existent pour réduire les émissions de méthane efficaces. *Le Sillon Belge*. Retrieved from <https://www.sillonbelge.be/2446/article/2018-05-14/trois-leviers-daction-existent-pour-reduire-les-emissions-de-methane-efficaces>

- Gautrais, C. (2018). *Étude de l' inclusion de pois protéagineux dans la ration des veaux en proportion iso-protéique et iso-énergétique et évaluation de ses conséquences sur les rendements techniques et la qualité de la carcasse et de la viande produite Juillet 2018 GAUTRAIS.*
- Géhin, P. (2012). *La finition des bovins à l'herbe.* Retrieved from <https://www.agriculteur-normand.com/la-finition-des-bovins-lherbe>
- Gervais, F., Blanchin, J.-Y., Martineau, C., Gautier, D., Gac, A., Pavie, J., ... Guineberteau, S. (2020). *Production d'énergie par le solaire photovoltaïque en élevage.*
- GEVES. (2021). Herbe Book. Retrieved April 16, 2021, from <https://www.herbe-book.org/>
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., ... Reid, G. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 14(8), 491–502. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>
- Gnis. (2019). Légumineuse : quelles espèces pour quelles utilisations ? Retrieved April 16, 2021, from <https://www.agri-mutuel.com/elevage/legumineuses-quelles-especes-pour-quelles-utilisations/>
- González-García, S., Castanheira, É. G., Dias, A. C., & Arroja, L. (2013). Using Life Cycle Assessment methodology to assess UHT milk production in Portugal. *Science of the Total Environment*, 442, 225–234. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10.035>
- Griffon, L., Boulesteix, P., Delpéuch, A., Govignon-Gion, A., Guerrier, J., Leudet, O., ... Tribout, T. (2017). La sélection génétique des races bovines allaitantes en France: Un dispositif et des outils innovants au service des filières viande. *Productions Animales*, 30(2), 107–124. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.2.2237>
- Guerci, M., Bava, L., Zucali, M., Sandrucci, A., Penati, C., & Tamburini, A. (2013). Effect of farming strategies on environmental impact of intensive dairy farms in Italy. *Journal of Dairy Research*, 80(3), 300–308. <https://doi.org/10.1017/S0022029913000277>
- Guillaume, A. (2015). *L'engraissement de jeunes bovins avec des légumineuses.*
- Guillaumin, A., Dockès, A.-C., Tchakérian, E., Daridan, D., Gallot, S., Hennion, B., ... Perrot, C. (2008). Demandes de la société et multifonctionnalité de l'agriculture : attitudes et pratiques des agriculteurs. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 56(Décembre), 22.
- Hadipour, A., Mohit, A., Kuhi, H. D., & Hashemzadeh, F. (2021). Recent Nutritional Advances to Mitigate Methane Emission in Cattle : A Review. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 11(2020), 1–14.
- Hennessy, D., Delaby, L., van den Pol-van Dasselaar, A., & Shalloo, L. (2020). Increasing grazing in dairy cow milk production systems in Europe. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su12062443>
- Herb'actifs. (2021). LE PÂTURAGE POUR SÉQUESTER DU CARBONE LE COUPLE HERBE/BOVINS, C'EST DU PROPRE ! Retrieved April 30, 2021, from <https://herbe-actifs.org/agronomie/le-paturage-pour-stocker-du-carbone>
- Herd Book Charolais. (2021). Les atouts de la race charolaise. Retrieved July 3, 2021, from <https://charolaise.fr/la-charolaise/les-atouts-de-la-race-charolaise/>
- 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>
- Honan, M., Feng, X., Tricarico, J. M., & Kebreab, E. (2021). Feed additives as a strategic approach to

- reduce enteric methane production in cattle: Modes of action, effectiveness and safety. *Animal Production Science*. <https://doi.org/10.1071/AN20295>
- Hristov, A. N., Oh, J., Giallongo, F., Frederick, T. W., Harper, M. T., Weeks, H. L., ... Duval, S. (2015). An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (2015) 112:34 (10663-10668) DOI: 10.1073/pnas.15041241. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(37), E5218. <https://doi.org/10.1073/pnas.1515515112>
- IDELE. (2011). *Amidon et lipides permettent de reduire les gaz à effet de serre*. Retrieved from <https://www.web-agri.fr/conduite-elevage/article/73086/amidon-et-lipides-permettent-de-reduire-les-gaz-a-effet-de-serre>
- IDELE. (2018). *Élevage bovin et environnement, les chiffres clés*. Retrieved from https://reseau-eau.educagri.fr/files/ChiffresClesElevageBovinEtEnvironnement_fichierRessource1_chiffres_idel_e_elevage_bovin_et_environnement.pdf
- IDELE. (2020a). La réglementation en élevage. Retrieved from Gestion des effluents et des déjections website: http://idele.fr/services/outils/gestion-des-effluents-et-des-dejections-ged.html?tx_ideleregeff_feregeff%5BcomeFrom%5D=themes&tx_ideleregeff_feregeff%5BwannagoTo%5D=REGLEMENTATION_ICPE_RSD&tx_ideleregeff_feregeff%5Baction%5D=displayRessources&tx_idelerege
- IDELE. (2020b). *Les systèmes d'avenir en viande bovine*.
- Institut de l'Élevage. (2013). Le stockage de carbone par les prairies Agriculture et changement climatique : la prise en compte du stockage de carbone se généralise. In *Source*.
- Institut de l'élevage. (2010). Les pratiques sanitaires dans les élevages bovins allaitants : enquêtes annuelles 2010 des réseaux d'élevage. *Réseaux d'élevages Pour Le Conseil et La Prospective: Collection Théma*, 20 p ed Institut de l'Elevage.
- Institut de l'élevage. (2012). *Autonomie alimentaire des troupeaux en France*. Retrieved from http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/Plaqueette_autonomie_alimentaire_des_troupeaux_bovins_en_France.pdf
- Institut de l'élevage. (2017). *Élevages En Zone Vulnérable -Directive Nitrates*. Retrieved from http://www.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/National/Plaqueette_stockage_effluents_IMP3_diffusion_web.pdf
- Institut de l'élevage et Confédération nationale de l'élevage. (2019). *Bovins 2019-Productions lait et viande*. Retrieved from <http://idele.fr/domaines-techniques/economie/economie-des-filieres/publication/idelesolr/recommends/chiffres-cles-bovins-lait-et-viande-2017.html>
- International Standard Organisation. (1997). Environmental assessment - Principles and framework. *Iso 14040, 1997*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/23151.html>
- Jodelet, D. (2003). *Les représentations sociales* (Presses Un). <https://doi.org/10.3917/puf.jodel.2003.01>
- Jouany, J.-P., Papon, Y., Morgavi, D. ., & Doreau, M. (2008). Linseed oil and a combination of sunflower oil and malic acid decrease rumen methane emissions in vitro. *Proceedings International Conference*, (May), 140–143.
- Kaboul, N., & Ouachem, D. (2012). Utilisation de l'argile chez les ruminants: Conséquences sur le

- métabolisme du rumen. *Livestock Research for Rural Development*, 24(12). Retrieved from <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd24/12/kabo24225.htm>
- Karlsson, J. O., Parodi, A., van Zanten, H. H. E., Hansson, P.-A., & Röö, E. (2021). Halting European Union soybean feed imports favours ruminants over pigs and poultry. *Nature Food*, 2(1), 38–46. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00203-7>
- Kebreab, E., France, J., Beever, D. E., & Castillo, A. R. (2001). Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, 275–285.
- Kebreab, E., Strathe, A. B., Dijkstra, J., Mills, J. A. N., Reynolds, C. K., Crompton, L. A., ... France, J. (2010). Energy and protein interactions and their effect on nitrogen excretion in dairy cows. In G.M. Crovetto (Ed.), *3rd EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition* (pp. 417–425).
- Kling-Eveillard, F., Allain, C., Boivin, X., Courboulay, V., Créach, P., Philibert, A., ... Hostiou, N. (2020). Farmers' representations of the effects of precision livestock farming on human-animal relationships. *Livestock Science*, 238, 104057. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104057>
- Knudsen, M. T., Yu-Hui, Q., Yan, L., & Halberg, N. (2010). Environmental assessment of organic soybean imported from China to Denmark: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 18(14), 1431–1439. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.05.022>
- Korea Author, S., Jasanoff, S., & Kim, S.-H. (2009). *Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea*. 47(2), 119–146. <https://doi.org/10.1007/sl>
- Krstić, N., Derado, A., Naterer, A., & Kumalić, I. (2017). Small Farmers in Four Southeast European Countries. A Qualitative Analysis of Life Strategies in Twenty-Five Agricultural Households. *Südosteuropa*, 65(3), 565–588. <https://doi.org/10.1515/soeu-2017-0035>
- la-Viande.fr. (2021). *La reproduction des bovins*. pp. 1–8. Retrieved from <https://www.la-viande.fr/animal-elevage/boeuf/reproduction-bovins>
- Lambert, E., Personeni, E., Amiaud, B., & Bonis, A. (2010). *Impact du pâturage sur la structure de la végétation : interactions biotiques, traits et conséquences fonctionnelles* Thèse soutenue à Rennes. Université Rennes 1.
- Lambrecht, V., Bonestebe, M., Lomelet, B., Le Gac, M., & Velghe, M. (2020a). *Augmenter le taux de finition*.
- Lambrecht, V., Bonestebe, M., Lomelet, B., Le Gac, M., & Velghe, M. (2020b). *Produire de l'énergie pour tous*.
- Lambrecht, V., Bonestebe, M., Lomelet, B., Le Gac, M., & Velghe, M. (2020c). *Réduire et maintenir un bon intervalle vêlage-vêlage*.
- Lambrecht, V., Bonestebe, M., Lomelet, B., Le Gac, M., & Velghe, M. (2020d). *Réduire et optimiser le délai entre le dernier vêlage et l'abattage*.
- Lamine, C., & Bellon, S. (2009). Transitions vers l'agriculture biologique. In *Transitions vers l'agriculture biologique*. <https://doi.org/10.3917/edagri.lamin.2009.01>
- Lamy Grandidier, C. (2019). Défiblonde, un projet pour améliorer la finition des vaches. *Mon-Cultivar Élevage*. Retrieved from <https://www.mon-cultivar-elevage.com/content/defiblonde-un-projet-pour-ameliorer-la-finition-des-vaches>
- Lasseur, J., Bonaudo, T., Choisis, J.-P., Houdart, M., Napoléone, M., Tichit, M., & Dedieu, B. (2019). Élevage Et Territoires : Quelles Interactions Et Quelles Questions ? *INRA Productions Animales*,

- 32(2), 189–204. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2504>
- Laval, A. (2020). Les alternatives aux antibiotiques en élevage. *Potentiels de La Science Pour Une Agriculture Durable*, 1–25.
- Le Blé, S., & Morice, C. (2013). Algues et nutrition animale : un océan d’opportunités. *Revue de l’alimentation Animale*. Retrieved from <http://www.revue-alimentation-animale.fr/nutrition-formulation/algues-et-nutrition-animale-un-ocean-dopportunites/>
- Le Roy, P., Ducos, A., & Phocas, F. (2019). Quelles performances pour les animaux de demain ? Objectifs et méthodes de sélection. *INRA Productions Animales*, 32(2), 233–246. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2466>
- Leenstra, F., Vellinga, T., Neijenhuis, F., De Buisonjé, F., & Gollenbeek, L. (2014). *Les effluents d’élevage*. Retrieved from <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/498085>
- Lehuger, S., Gabrielle, B., & Gagnaire, N. (2009). Environmental impact of the substitution of imported soybean meal with locally-produced rapeseed meal in dairy cow feed. *Journal of Cleaner Production*, 17(6), 616–624. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.10.005>
- Lesage, M. (2015). Les antibiorésistances en élevage : vers des solutions intégrées. *Centre d’études et de Prospective*, 82(Septembre), 4. Retrieved from https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/cep_analyse82_antibioresistances_en_elevage.pdf
- Lherm, M., Agabriel, J., & Devun, J. (2017). Etat des lieux et évolutions de la production bovine allaitante en France et dans trois pays européens. *Productions Animales*, 30(2), 93–106. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.2.2236>
- Lhermie, G., Sans, P., Ferchiou, A., & Raboisson, D. (2019). Perspective socio-économique des politiques publiques encourageant l’usage raisonné des antibiotiques en élevage. *Innovations Agronomiques*, 77(October), 85–90. <https://doi.org/10.15454/19tm-q942>
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., ... Taylor, W. W. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 317(5844), 1513–1516. <https://doi.org/10.1126/science.1144004>
- Loctier, D., Marcaud, J.-C., Winn, T., & Lucardi, A. (2020). Cultiver les algues, une opportunité économique et durable pour l’Europe. *Euronews*. Retrieved from <https://fr.euronews.com/2020/06/09/cultiver-les-algues-une-opportunite-economique-et-durable-pour-l-europe>
- Magne, Marie-Angelina, Cerf, M., & Ingrand, S. (2011). Comment les éleveurs choisissent-ils et utilisent-ils des informations pour conduire leur exploitation ? *Cah Agri*, 20(5), 421–427.
- Magne, Marie-Angéline, Nozières-Petit, M.-O., Cournut, S., Ollion, É., Puillet, L., Renaudeau, D., & Fortun-Lamothe, L. (2019). Gérer la diversité animale dans les systèmes d’élevage : laquelle, comment et pour quels bénéfices ? *INRA Productions Animales*, 263–280. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2496>
- Mahey, N. (2019). *Livre blanc de la reproduction des bovins*.
- Martin, C., Morgavi, D., Doreau, M., Jouany, J. P., Martin, C., Morgavi, D., ... Jouany, J. P. (2020). *Comment réduire la production de méthane chez les ruminants ? To cite this version : HAL Id : hal-02658253 Comment réduire la production de méthane chez les ruminants ?* Retrieved from <https://hal.inrae.fr/hal-02658253/document>
- Mathioux, Y. (2020). Feverole, lupin et pois, les graines ont toute leur place dans les rations. *Web-Agri*. Retrieved from <https://www.web-agri.fr/conseil-de-nutritionniste/article/171347/feverole-lupin->

et-pois-les-graines-ont-toute-leur-place-dans-les-rations

méthaplus. (2015). *Un méthaniseur porté par une CUMA*. Retrieved from <http://methaplus.fr/les-projets/un-methaniseur-porte-par-une-cuma/>

Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation et affaires Rurales. (2016). Prophylaxie et hygiène en alimentation bovine. Retrieved from Ontario website:

<http://www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/dairy/facts/96-100.htm>

Ministère de l'agriculture du Développement rural et des Pêches maritimes Direction de l'élevage. (2006). *Elevage Bovins à l'engraissement*. Retrieved from https://www.fellah-trade.com/ressources/pdf/Elevage_bovins_engraissement.pdf

Mootral. (n.d.). Home. Retrieved July 12, 2021, from <https://mootral.com/>

Morais, T., Inácio, A., Coutinho, T., Ministro, M., Cotas, J., Pereira, L., & Bahcevandziev, K. (2020). Seaweed potential in the animal feed: A review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8), 1–24. <https://doi.org/10.3390/JMSE8080559>

Mouraud, E. (2016). Ressources : innover grâce aux algues et aux insectes. *Revue de l'alimentation Animale*, 698. Retrieved from <http://www.revue-alimentation-animale.fr/matieres-premieres-entreprisesmarches/ressources-innover-grace-aux-algues-et-aux-insectes/>

Nature-Québec, La-Coop-fédérée, & Fédération-des-producteurs-de-porcs-du-Québec. (2011). *Strategies De Reduction Des Gaz a Effet De Serre Pour Le Secteur De La Production Laitiere Au Quebec Guide D ' Information Et D ' Accompagnement*.

Nippert, A. (2018). *Le paysan aux mille visages : à la poursuite d'un être culturel paysan façonné par la Confédération paysanne*. Retrieved from <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02512406>

Nunes, Ó. S., Gaspar, P. D., Nunes, J., Quinteiro, P., Dias, A. C., & Godina, R. (2020). Life-cycle assessment of dairy products-Case study of regional cheese produced in Portugal. *Processes*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/PR8091182>

Nutritionnistes De meuh en mieux. (2020). Le tourteau de colza peut remplacer le soja. *Web-Agri*. Retrieved from <https://www.web-agri.fr/concentres/article/167076/en-vlhp-aussi-le-tourteau-de-colza-peut-remplacer-le-soja>

O'Brien, D., Herron, J., Andurand, J., Caré, S., Martinez, P., Migliorati, L., ... Dollé, J. B. (2020). LIFE BEEF CARBON: a common framework for quantifying grass and corn based beef farms' carbon footprints. *Animal*, 14(4), 834–845. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002519>

O'Brien, Donal, Brennan, P., Humphreys, J., Ruane, E., & Shalloo, L. (2014). An appraisal of carbon footprint of milk from commercial grass-based dairy farms in Ireland according to a certified life cycle assessment methodology. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(8), 1469–1481. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0755-9>

Observatoire des usages de l'agriculture Numérique. (2019). *La vision des agriculteurs sur l'usage du numérique*. Retrieved from http://agrotic.org/observatoire/wp-content/uploads/2019/01/Dossier4_numérique-élevagepaturant.pdf

OCDE, & FAO. (2019). Viande. In *Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO* (pp. 180–195).

Oil World. (2021). Supply, Demand and Price Forecasts for Oilseeds, Oils and Meals. *Oil World Monthly*, 64(2), 1–23. <https://doi.org/10.1192/bjp.203.3.A11>

Ouachem, D. (2011). *Optimisation de la digestion chez les ruminants et les monogastriques*.

Palmieri, A., Dominici, P., Kasanko, M., & Martino, L. (2011). Diversified landscape structure in the EU

- Member States Landscape indicators from the LUCAS 2009 survey. *Eurostat Statistics in Focus*, 21(October 2010), 1–12. Retrieved from [papers2://publication/uuid/AA2A527D-A898-48C8-84AA-3CB039DA25B6](https://publications.europa.eu/publication/uuid/AA2A527D-A898-48C8-84AA-3CB039DA25B6)
- Paranthoen, F. (2017). Le séparateur en phase avec le lisier. *Paysan Breton*. Retrieved from <https://www.paysan-breton.fr/2017/01/le-separateur-en-phase-avec-le-lisier/>
- Pashaei Kamali, F., Meuwissen, M. P. M., de Boer, I. J. M., van Middelaar, C. E., Moreira, A., & Oude Lansink, A. G. J. M. (2017). Evaluation of the environmental, economic, and social performance of soybean farming systems in southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 142, 385–394. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.135>
- Pellerin, S., Bamière, L., Angers, D., Béline, F., Benoît, M., Butault, J. P., ... Pardon, L. (2013). Quelle Contribution De L ' Agriculture Française À La Réduction Des Émissions De Gaz À Effet De Serre ? *Inra*, 92.
- Petit, T. (2017). *Du territoire aux agriculteurs, approche technique et sociologique du maintien des prairies dans un contexte d'élevage périurbain de plaine. Enquête auprès d'éleveurs de la partie nord de l'agglomération de Rennes* (Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France). <https://doi.org/https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-02595388>
- Piet, L. (2016). Structures des exploitations d'élevage dans l'Union européenne. *HAL Archives*. Retrieved from <https://hal.inrae.fr/hal-02795454/document>
- Pointereau, P. (2006). *La haie en France et en Europe: évolution ou régression*.
- Pour une autre Pac, & Heinrich-Böll-Stiftung France. (2019). *Atlas de la pac 2019*. Retrieved from https://pouruneautrepace.eu/wp-content/uploads/2019/02/atlasdelapac2019_II_web_190307.pdf
- Renault, V., Damiaans, B., Humblet, M. F., Jiménez Ruiz, S., García Bocanegra, I., Brennan, M. L., ... Saegerman, C. (2020). Cattle farmers' perception of biosecurity measures and the main predictors of behaviour change: The first European-wide pilot study. *Transboundary and Emerging Diseases*. <https://doi.org/10.1111/tbed.13935>
- Reproduction. (n.d.). Le cycle annuel de reproduction. Retrieved from <https://www.reproduction.com/tn/La-reproduction/Le-cycle-sexuel/Le-cycle-annuel-de-reproduction>
- Réussir Bovins Viande. (2020). *La finition des vaches à la carte*. Retrieved from <https://www.reussir.fr/bovins-viande/dossier/la-finition-des-vaches-la-carte>
- 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>
- RMT Elevage et Environnement. (2019a). *Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage : Réduction des rejets d'azote*. Retrieved from http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/Texte__8_affiche_Environnement_N-Edouard.pdf
- RMT Elevage et Environnement. (2019b). Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage. *ITBM-RBM News*, 26(3–4), 305. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1297957005800093>
- RMT Elevage et Environnement. (2019c). Réduction des émissions de méthane entérique. *Guide Des Bonnes Pratiques Environnementales d'élevage, Fiche B3*, 1–9.

- Roguet, C., Neumeister, D., Magdelaine, P., & Dockes, A. (2017). *Les débats de société sur l'élevage au sein de l'Union européenne : thèmes, arguments et modes d'action des parties prenantes, conséquences sur les modes d'élevage*. (1), 307–312.
- Roque, B. M., Venegas, M., Kinley, R. D., De Nys, R., Duarte, T. L., Yang, X., & Kebreab, E. (2021). Red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers. *PLoS ONE*, 16(3 March), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247820>
- Samsonstuen, S., Åby, B. A., Crosson, P., Beauchemin, K. A., Wetlesen, M. S., Bonesmo, H., & Aass, L. (2020). Variability in greenhouse gas emission intensity of semi-intensive suckler cow beef production systems. *Livestock Science*, 239(January 2021). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104091>
- Sanders, P., Perrin-Guyomard, A., & Moulin, G. (2017). Évolution De L'Utilisation Des Antibiotiques En Production Animale. *Cahiers de Nutrition et de Dietetique*, 52(6), 301–311. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2017.06.002>
- Sarrazin, F. (2016). *La construction sociale des bassins de production agricole* (QUAE). Retrieved from <https://books.openedition.org/quae/20250>
- Schibler, L. (2019). *Methabreed*.
- Seenovia. (2021). Indicateurs coût alimentaire de mars 2020. Retrieved July 6, 2021, from <https://www.seenovia.fr/actualites/detail-actualite/indicateurs-cout-alimentaire-de-mars-2020.html>
- Shields, S., & Orme-Evans, G. (2015). The impacts of climate change mitigation strategies on animal welfare. *Animals*, 5(2), 361–394. <https://doi.org/10.3390/ani5020361>
- SNIA. (2021). Nutrition des Ruminants. Retrieved March 16, 2021, from <https://www.nutritionanimale.org/Default.aspx?lid=1&rid=119&rvid=130>
- Sok, J., & Fischer, E. A. J. (2020). Farmers' heterogeneous motives, voluntary vaccination and disease spread: An agent-based model. *European Review of Agricultural Economics*, 47(3), 1201–1222. <https://doi.org/10.1093/erae/jbz041>
- Swagemakers, P., Garcia, M. D. D., Torres, A. O., Oostindie, H., & Groot, J. C. J. (2017). A values-based approach to exploring synergies between livestock farming and landscape conservation in Galicia (Spain). *Sustainability (Switzerland)*, 9(11), 1987. <https://doi.org/10.3390/su9111987>
- Synagri. (2013). *Le tourteau de colza : une alternative au soja*.
- Taelman, S. E., De Meester, S., Van Dijk, W., Da Silva, V., & Dewulf, J. (2015). Environmental sustainability analysis of a protein-rich livestock feed ingredient in the Netherlands: Microalgae production versus soybean import. *Resources, Conservation and Recycling*, 101, 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.013>
- TERRA. (2019). *Life Beef Carbon : Quantifier et réduire l'empreinte carbone des exploitations bovines viande*. Retrieved from [http://www.synagri.com/ca1/PJ.nsf/b1bff1bdc37df748c125791a0043db4a/eace38bacc6d9217c12584eb0047810b/\\$FILE/Projet-europeen-Life-Beef-carbon-Terra2019-06.pdf](http://www.synagri.com/ca1/PJ.nsf/b1bff1bdc37df748c125791a0043db4a/eace38bacc6d9217c12584eb0047810b/$FILE/Projet-europeen-Life-Beef-carbon-Terra2019-06.pdf)
- Terre-net. (2021). Cotations de l'engrais. Retrieved from <https://www.terre-net.fr/marche-agricole/uree/engrais>
- Thomassen, M. A., van Calker, K. J., Smits, M. C. J., Iepema, G. L., & de Boer, I. J. M. (2008). Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural*

- Systems*, 96(1–3), 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2007.06.001>
- Tullo, E., Finzi, A., & Guarino, M. (2019). Review: Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Science of the Total Environment*, 650, 2751–2760. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.018>
- Université de Lorraine. (2013). Analyse de Cycle de Vie et Impacts environnementaux. Retrieved from <http://rpn.univ-lorraine.fr/UVED/impacts-environnementaux-acv/oxydants-photochimiques/co/definition.html#content>
- van den Pol-van Dasselaar, A., Hennessy, D., & Isselstein, J. (2020). Grazing of dairy cows in europe-an in-depth analysis based on the perception of grassland experts. *Sustainability (Switzerland)*, 12(3), 1098. <https://doi.org/10.3390/su12031098>
- Veissier, I., Kling-Eveillard, F., Mialon, M.-M., Silberberg, M., De Boyer des Roches, A., Terlouw, C., ... Hostiou, N. (2019). Élevage De Précision Et Bien-Être En Élevage : La Révolution Numérique De L'Agriculture Permettra-T-Elle De Prendre En Compte Les Besoins Des Animaux Et Des Éleveurs ? *INRA Productions Animales*, 32(2), 281–290. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2478>
- Vergonjeanne, R. (2016). Un éleveur sur deux vaccine contre les diarrhees et les maladies respiratoires. *Web-Agri*. Retrieved from <https://www.web-agri.fr/veaux-et-genisses/article/122868/un-eleveur-sur-deux-vaccine-contre-les-diarrhees-et-les-maladies-respiratoires>
- Vergonjeanne, R. (2019). 25 litres de lait par jour sans tourteau c'est possible. *Web-Agri*. Retrieved from <https://www.web-agri.fr/meteil/article/152325/25-litres-de-lait-par-jour-sans-tourteau-c-est-possible-d-apres-anton-sidler>
- Veron, O. (2021). Comment gagner de l'argent en vérifiant simplement votre ration ? *Éleveurs de Demain*. Retrieved from <https://www.eleveursdedemain.fr/detail-actualites/nutrition-sante/comment-gagner-de-largent-en-verifiant-simplement-votre-ration-1.html>
- Vidal, C. (1999). Europe's farm landscape: some examples and figures. *Statistics in Focus*, 5(25), 8.
- Vignaud, C. (2020). *Fiche De Données De Securite - Argile Bentonite*.
- Vital Concept Agriculture. (2020). *Utilisation d'antibiotiques en élevage laitier : quelles pratiques adopter ?* Retrieved from <https://www.vital-concept-agriculture.com/blog/utilisation-d-antibiotiques-quelles-pratiques-adopter>
- Voisin, A. (2020). Protéines végétales Impacts agronomiques et environnementaux de leur production dans les systèmes agricoles français. In *Colloque Inno'Fil*. Retrieved from <https://hal.inrae.fr/hal-02733509>
- Voisin, A. S., Guéguen, J., Huyghe, C., Jeuffroy, M. H., Magrini, M. B., Meynard, J. M., ... Pelzer, E. (2014). Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 361–380. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0189-y>
- Vries, M. De, & Boer, I. J. M. De. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products : A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128(1–3), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007>
- Weiss, F., & Leip, A. (2012). Greenhouse gas emissions from the EU livestock sector: A life cycle assessment carried out with the CAPRI model. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 149, 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.12.015>
- WHO Regional Office for Europe. (2019). *Policy Brief GenTORE* (Vol. 1). Retrieved from

https://www.gentore.eu/uploads/1/0/7/4/107437499/gentore_policy_brief_final.pdf

Wilfart, A., Dusart, L., Méda, B., Gac, A., Morin, L., Dronne, Y., ... Espagnol, S. (2018). Réduire les impacts environnementaux des aliments pour les animaux d'élevage. *INRA Productions Animales*, 31(3), 289–306.

Wilkinson, J. M., Lee, M. R. F., Rivero, M. J., & Chamberlain, A. T. (2020). Some challenges and opportunities for grazing dairy cows on temperate pastures. *Grass and Forage Science*, 75(1), 1–17. <https://doi.org/10.1111/gfs.12458>

