



HAL
open science

Spécificités zootechniques de la conduite des troupeaux laitiers dans un modèle combinant traite automatique et pâturage

Pierre Maurier

► **To cite this version:**

Pierre Maurier. Spécificités zootechniques de la conduite des troupeaux laitiers dans un modèle combinant traite automatique et pâturage. Médecine vétérinaire et santé animale. 2020. dumas-04773338

HAL Id: dumas-04773338

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04773338v1>

Submitted on 8 Nov 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright



EnvA

École nationale vétérinaire d'Alfort

Année 2020

SPÉCIFICITÉS ZOOTECHNIQUES DE LA CONDUITE DES TROUPEAUX LAITIERS DANS UN MODÈLE COMBINANT TRAITE AUTOMATIQUE ET PÂTURAGE

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

le 23 janvier 2020

par

Pierre Erwan MAURIER

sous la direction de

Alline De Paula Reis

Président du jury : **Mme Hélène ROUARD**

Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL

1^{er} Assesseur : **Mme Alline DE PAULA REIS**

Maître de conférences à l'ENVA

2^{er} Assesseur : **M. Yves MILLEMANN**

Professeur à l'EnvA

Liste des membres du corps enseignant



Directeur : Pr Christophe Degueurce
 Directeur des formations : Pr Henry Chateau
 Directrice de la scolarité et de la vie étudiante : Dr Catherine Colmin
 Directeurs honoraires : MM. les Professeurs C. Pilet, B. Toma, A.-L. Parodi, R. Morailon, J.-P. Cotard, J.-P. Mialot & M. Gogny

Département d'Élevage et de Pathologie des Équidés et des Carnivores (DEPEC)

Chef du département : Pr Grandjean Dominique - Adjoint : Pr Blot Stéphane

<p>Unité pédagogique d'anesthésie, réanimation, urgences, soins intensifs</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Fernandez Parra Rocio, Maître de conférences associée - Pr Verwaerde Patrick* <p>Unité pédagogique de clinique équine</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Audigié Fabrice - Dr Bertoni Léila, Maître de conférences - Dr Bourzac Céline, Chargée d'enseignement contractuelle - Dr Coudry Virginie, Praticien hospitalier - Pr Denoix Jean-Marie - Dr Giraudet Aude, Praticien hospitalier - Dr Herout Valentin, Chargé d'enseignement contractuel - Dr Jacquet Sandrine, Praticien hospitalier - Dr Mespoulhès-Rivière Céline, Praticien hospitalier* - Dr Moiroud Claire, Praticien hospitalier <p>Unité pédagogique de médecine et imagerie médicale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Benckekroun Ghita, Maître de conférences - Pr Blot Stéphane* - Dr Canonne-Guilbert Morgane, Maître de conférences - Dr Freiche-Legros Valérie, Praticien hospitalier - Dr Maurey-Guéneac Christelle, Maître de conférences 	<p>Unité pédagogique de médecine de l'élevage et du sport</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Cléro Delphine, Maître de conférences - Dr Fontbonne Alain, Maître de conférences - Pr Grandjean Dominique* - Dr Maenhoudt Cindy, Praticien hospitalier - Dr Nudelmann Nicolas, Maître de conférences <p>Unité pédagogique de pathologie chirurgicale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Fayolle Pascal - Dr Manassero Mathieu, Maître de conférences - Pr Viateau-Duval Véronique* <p>Discipline : cardiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Chetboul Valérie <p>Discipline : ophtalmologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Chahory Sabine, Maître de conférences <p>Discipline : nouveaux animaux de compagnie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Pignon Charty, Praticien hospitalier
--	--

Département des Productions Animales et de Santé Publique (DPASP)

Chef du département : Pr Millemann Yves - Adjoint : Pr Dufour Barbara

<p>Unité pédagogique d'hygiène, qualité et sécurité des aliments</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Augustin Jean-Christophe* - Dr Bolnot François, Maître de conférences - Pr Cartier Vincent <p>Unité pédagogique de maladies réglementées, zoonoses et épidémiologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Crozet Guillaume, Chargé d'enseignement contractuel - Pr Dufour Barbara* - Pr Haddad/Hoang-Xuan Nadi - Dr Rivière Julie, Maître de conférences <p>Unité pédagogique de pathologie des animaux de production</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Adjou Karim - Dr Belbis Guillaume, Maître de conférences* - Dr Delsart Maxime, Maître de conférences associé - Pr Millemann Yves - Dr Plassard Vincent, Praticien hospitalier - Dr Ravary-Plumioën Bérange, Maître de conférences 	<p>Unité pédagogique de reproduction animale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Constant Fabienne, Maître de conférences* - Dr Denis Marine, Chargée d'enseignement contractuelle - Dr Desbois Christophe, Maître de conférences (rattaché au DEPEC) - Dr Mauffré Vincent, Maître de conférences <p>Unité pédagogique de zootechnie, économie rurale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Arné Pascal, Maître de conférences - Pr Bossé Philippe* - Dr De Paula Reis Alline, Maître de conférences - Pr Grimard-Ballif Bénédicte - Dr Leroy-Barassin Isabelle, Maître de conférences - Pr Ponter Andrew - Dr Wolgust Valérie, Praticien hospitalier
--	--

Département des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques (DSBP)

Chef du département : Pr Desquilbet Loïc - Adjoint : Pr Pilot-Storck Fanny

<p>Unité pédagogique d'anatomie des animaux domestiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Boissady Emilie, Chargée d'enseignement contractuelle - Pr Chateau Henry - Pr Crevier-Denoix Nathalie - Pr Robert Céline* <p>Unité pédagogique de bactériologie, immunologie, virologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Boulouis Henri-Jean - Pr Eloit Marc - Dr Lagrée Anne-Claire, Maître de conférences - Pr Le Poder Sophie - Dr Le Roux Delphine, Maître de conférences* <p>Unité pédagogique de biochimie, biologie clinique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr Bellier Sylvain* - Dr Deshuillers Pierre, Chargé d'enseignement contractuel - Dr Lagrange Isabelle, Praticien hospitalier - Dr Michaux Jean-Michel, Maître de conférences <p>Unité pédagogique d'histologie, anatomie pathologique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Cordonnier-Lefort Nathalie, Maître de conférences - Pr Fontaine Jean-Jacques - Dr Laloy Eve, Maître de conférences - Dr Reyes-Gomez Edouard, Maître de conférences* <p>Unité pédagogique de management, communication, outils scientifiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mme Conan Muriel, Professeur certifié (Anglais) - Pr Desquilbet Loïc, (Biostatistique, Épidémiologie) - Dr Marignac Geneviève, Maître de conférences* 	<p>Unité de parasitologie, maladies parasitaires, dermatologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Blaga Radu, Maître de conférences (rattaché au DPASP) - Dr Briand Amaury, Assistant d'Enseignement et de Recherche Contractuel (rattaché au DEPEC) - Dr Cochet-Faivre Noëlle, Praticien hospitalier (rattaché au DEPEC) - Pr Guillot Jacques* - Dr Polack Bruno, Maître de conférences - Dr Risco-Castillo Veronica, Maître de conférences <p>Unité pédagogique de pharmacie et toxicologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Kohlhauer Matthias, Maître de conférences - Dr Perrot Sébastien, Maître de conférences* - Pr Tissier Renaud <p>Unité pédagogique de physiologie, éthologie, génétique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dr Chevallier Lucie, Maître de conférences (Génétique) - Dr Crépeaux Guillemette, Maître de conférences (Physiologie, Pharmacologie) - Pr Gilbert Caroline (Ethologie) - Pr Pilot-Storck Fanny (Physiologie, Pharmacologie) - Pr Tiret Laurent (Physiologie, Pharmacologie)* <p>Discipline : éducation physique et sportive</p> <ul style="list-style-type: none"> - M. Philips Pascal, Professeur certifié
---	--

* responsable d'unité pédagogique

Professeurs émérites :

Mmes et MM. : Combrisson Hélène, Enriquez Brigitte, Panthier Jean-Jacques, Paragon Bernard.

Remerciements

Au Professeur de la faculté de médecine de Créteil,
Pour avoir accepté de présider la soutenance de ma thèse.
Hommage respectueux.

Au Docteur Aline De Paula Reis, Maître de Conférences à l'Ecole nationale vétérinaire d'Alfort,
Pour m'avoir proposé de sujet ce thèse et m'avoir guidé pendant ces deux années,
Pour sa grande disponibilité, sa gentillesse et ses conseils avisées tout le long de la réalisation de ce travail,
Très sincères remerciements.

Au Professeur Yves Millemann, Professeur à l'Ecole nationale vétérinaire d'Alfort,
Pour avoir accepté l'assessorat de cette thèse,
Pour avoir eu la gentillesse d'accorder du temps à la relecture et la correction de ce travail,
Pour m'avoir guidé en tant que tuteur durant ces cinq dernières années,
Très sincères remerciements.

Table des matières

Liste des figures	3
Liste des tableaux.....	5
Liste des abréviations	6
Introduction	7
Première partie : Le robot de traite en France et dans le monde.....	9
1. Le scénario économique.....	9
A. Situation et évolution du robot de traite dans le monde.....	9
B. Place du robot parmi les équipements de traite français.....	10
C. Le robot de traite : une option onéreuse.....	13
2. Aspects techniques de la traite automatisée	14
A. La stalle de traite.....	14
B. Le système de détection	15
C. Le système de nettoyage des trayons	15
D. La machine à traire	16
E. Le système de contrôle et de pilotage	16
F. Le système de désinfection des gobelets trayeurs et des trayons.....	17
3. Les différents types de circulation : avantages et inconvénients	18
A. Circulation libre	18
a. Définition	18
b. Avantages	19
c. Inconvénients	20
B. Circulation guidée	21
a. Définition	21
b. Avantages	22
c. Inconvénients	22
C. Circulation libre contrôlée	23
a. Définition	23
b. Avantages	24
c. Inconvénients	24
D. Circulation libre inversée.....	25
a. Définition	25
b. Avantages	26
c. Inconvénients	26

Deuxième partie : Les spécificités de la traite automatisée avec pâturage	27
1. Intégration de l'herbe pâturée dans un système de traite automatisée : dans quel but ?	27
A. Sera-t-il possible de revenir sur le recul du pâturage dans les fermes robotisées ?	27
B. Le modèle STA (système de traite automatisée) pâturant est-il compatible avec l'augmentation des exigences sociales ?	29
a. La prise de conscience sociale et son impact sur la rémunération du lait... 29	
b. La compatibilité du robot de traite face aux enjeux sociaux	29
c. La labélisation et robotisation.....	30
C. Bénéficier d'une meilleure valorisation de produits laitiers issus des systèmes pâturants.....	31
a. Les primes européennes.....	31
b. Les primes des laiteries	32
c. Les initiatives paysannes	32
2. Valoriser la synergie entre les atouts d'un STA (système de traite automatisée) et du pâturage pour l'éleveur.....	34
A. Le confort de vie	34
B. L'effet de la pâture sur la production laitière en STA	36
a. Effet sur la fréquence de traite	36
b. Effet sur la quantité de lait produite par individu et par le troupeau	36
c. Effet sur la qualité du lait.....	37
C. Le pâturage : une économie sur les coûts de l'alimentation	37
D. Le robot au sein du système herbager	40
3. Aspects zootechniques influençant la fréquentation et la production en système de traite automatique pâturant	44
A. Le système de traite automatique pâturant avec robot fixe	44
a. La mise en route du pâturage : bien gérer la transition saisonnière et l'apprentissage	44
b. Optimiser la fréquentation du robot de traite en pâture	46
c. Les artifices pour améliorer l'attractivité du robot en système pâturant	53
d. Rôle de la distance robot-pâtures	57
e. Rôle de la qualité de la pâture	59
f. Effet de l'intervalle minimal de traite	60
B. Le robot de traite mobile	63
a. Utilité du robot de traite mobile	63
b. Présentation du concept et des différents appareils	63
c. Gestion des troupeaux dans un contexte d'utilisation de robot de traite mobile.....	66
d. Performances zootechniques.....	67
Conclusion	71
Liste des références bibliographiques	73

Liste des figures

Figure 1 : Evolution du nombre de robots de traite en France jusqu'en 2015 (Allain, 2016).....	11
Figure 2 : Répartition des robots de traite sur le territoire français (Allain, 2016).....	12
Figure 3 : Schéma d'un exemple de circulation libre en bâtiment avec accès au pâturage (Coutant, 2008).....	19
Figure 4 : Schéma d'un exemple de circulation guidée en bâtiment avec accès au pâturage (Coutant, 2008).....	21
Figure 5 : Schéma d'un exemple de circulation libre contrôlée en bâtiment avec accès au pâturage (Coutant, 2008).....	23
Figure 6 : Schéma d'un exemple de circulation libre inversée en bâtiment avec accès au pâturage (Coutant, 2008).....	25
Figure 7 : Pratiques de pâturages avant et après automatisation de la traite (Veysset <i>et al.</i> , 2001).....	28
Figure 8 : Exemple d'emballage de la gamme « Les Laitiers Responsables » valorisant le pâturage (photo : Pierre Maurier).....	33
Figure 9 : Exemple d'évolution du coût alimentaire dans une exploitation avec STA pâturant (Brocard <i>et al.</i> , 2019).....	38
Figure 10 : Coût alimentaire mensuel à la station expérimentale de Trévarez (calcul par la méthode de la chambre d'Agriculture de Bretagne) (Brocard <i>et al.</i> , 2019).....	39
Figure 11 : Variations annuelles de la croissance herbagère dans le Nord de la région Pays de la Loire (Chambre d'Agriculture Pays de la Loire, 2012).....	41
Figure 12 : Carte de la Région Pays de la Loire indiquant les différentes zones de pousse de l'herbe (Chambre d'Agriculture Pays de la Loire).....	42
Figure 13 : Aménagement du site hivernal de la station expérimentale de la station de Trévarez (Brocard <i>et al.</i> , 2019).....	49

Figure 14 : Ecart de fréquence de traite entre la période hivernale et la période de pâturage en fonction de la quantité de fourrage complémentaire distribuée à l'auge dans les fermes du programme CASDAR « Robot et pâturage », les numéros en abscisse correspondent au numéro des fermes de l'étude (Brocard *et al.*, 2019)..... 54

Figure 15 : Exemple du dispositif de tri utilisé dans l'expérience de Jago *et al.* (2007)..... 61

Figure 16 : Robot mobile commercialisé RDS Futureline SAC Christensen (Brocard, 2013)..... 64

Figure 17 : Robot de traite mobile de Trévarez (Meigant, 2014) 65

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coût de la tonne de matière sèche en fonction du type de fourrage dans le Finistère en 2013	39
Tableau 2 : Surface d’herbe nouvelle à proposer quotidiennement par vache en fonction de la pousse (Chambre d’Agriculture Pays de la Loire, 2012)	48
Tableau 3 : Fréquence de traite des animaux en début, milieu et fin de lactation pour un lot pâturant sur 3 parcelles par 24h et un lot pâturant sur 2 parcelles par 24h (Lyons, 2013)	51

Liste des abréviations

CASDAR : Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural

CCS : Comptage des Cellules Somatiques du lait

cm : Centimètre

DAC : Distributeur Automatique de Concentrés

h : Heure

ha : Hectare

j : Jour

kg : Kilogramme

m : Mètre

MS : Matière Sèche

PAC : Politique Agricole Commune

STA : Système de traite automatisée

UTH : Unité de Travail Humain

VL : Vache Laitière

Introduction

Commercialisés depuis les années 90, les systèmes de traite automatisée (STA), dits aussi « robots de traite » se sont démocratisés en Europe et en Océanie, essentiellement à partir des années 2000. Ces systèmes automatisés répondent en effet aux attentes de certains exploitants laitiers de ces zones géographiques. Ils offrent une plus grande flexibilité dans le planning journalier des éleveurs en abolissant la contrainte biquotidienne de la traite manuelle. Ils permettent également une économie sur la main d'œuvre, poste de dépense important pour les petites et moyennes exploitations. Enfin la taille relativement restreinte des exploitations européennes comparée aux élevages américains notamment, est adaptée à l'utilisation de stalle robotisée simple.

Cependant, le recours au système automatique de traite impose plusieurs contraintes. Une exploitation automatisée est entièrement organisée autour du robot. Ce postulat de départ impose une accessibilité permanente du troupeau laitier au robot. Pour cette raison, la plupart des fermes robotisées ont opté pour un élevage en bâtiment toute l'année.

Ce type de conduite d'élevage présente cependant plusieurs inconvénients. D'un point de vue économique, il exclut le recours au pâturage pourtant source de fourrage bon marché et abondant en France. D'un point de vue sociétal, le consommateur accepte mal le fait que les bovins ne sortent jamais pâturer en extérieur. Récemment, cet argument sociétal est devenu un atout économique. En effet, plusieurs laiteries ont intégré une prime au pâturage dans leur tarification. De plus, de nombreux labels, y compris celui de l'Agriculture Biologique, imposent qu'une part du fourrage soit fournie par l'herbe de prairie. Par conséquent, un modèle mixte couplant robot et alimentation aux pâtures est donc envisagé par de plus en plus d'éleveurs.

L'objet de ce travail est de mettre en avant les aspects clés du modèle « traite automatisée et pâturages » pour le vétérinaire de terrain.

Première partie : Le robot de traite en France et dans le monde

En moins de 15 ans le système de traite automatisée (STA) est passé d'un statut confidentiel à celui d'un modèle répandu. Cette partie a deux objectifs : le premier est de décrire la montée du système de traite automatisée dans le paysage laitier français. Le second objectif est d'exposer les grandes lignes du fonctionnement de l'exploitation répondant au modèle de traite automatique.

1. Le scénario économique

A. Situation et évolution du robot de traite dans le monde

A l'échelle mondiale, le marché des robots de traite continue de croître de façon importante. La croissance annuelle moyenne attendue sur les années 2018-2025 est de 11,8 %. Les raisons de cette croissance mondiale sont similaires à celles observées sur le marché national. La hausse du coût du travail dans les pays occidentaux, la réduction des contraintes liées à la traite biquotidienne ainsi que le surveillance proposé par l'automatisation sont autant d'attraits qui séduisent les éleveurs à travers le monde. De plus, de nombreuses exploitations de petite taille voient augmenter leurs troupeaux pour devenir des exploitations de taille moyenne à supérieure dont les effectifs de traite sont adaptés à l'automatisation (Grand View Research, 2018).

Le marché européen concentre, à l'heure actuelle, l'essentiel des parts de marché. La France représentait environ 15 % du chiffre d'affaires mondial entre 2012 et 2014 (Allain *et al.*, 2016). Cependant, la région Asie-Pacifique est celle qui vivra probablement la plus forte croissance dans les prochaines années. Ceci s'explique par la demande croissante de produits laitiers dans cette partie du globe. Demande qui est relayée par une volonté politique forte de développement d'infrastructures à haute productivité (Grands Troupeaux Magazine, 2018).

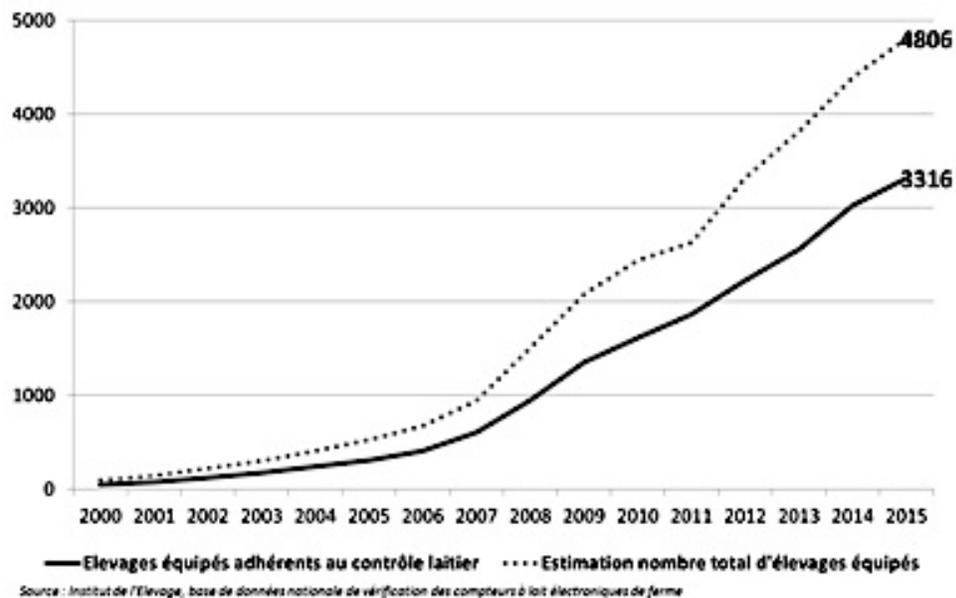
Dans les six prochaines années, la part de vente représentée par les installations mono-stalle est susceptible de décroître au profit des stalles multiples et des rotolactors automatisés. En effet, ce sont les exploitations de taille importante, c'est à dire au-delà de 100 vaches en production, qui seront le plus à même de passer à l'automatisation entre 2018 et 2025 puisqu'on observe une adaptation des solutions robotisées au marché des grosses exploitations laitières à travers le monde (Grand View Research, 2018). Toutefois, les stalles robotisées uniques, adaptées à des troupeaux de taille moyenne (environ 65 vaches) continueront de représenter la majorité des ventes.

B. Place du robot parmi les équipements de traite français

Bien que commercialisés à partir des années 90 aux Pays-Bas, sur le territoire français, le système de traite automatisée (STA) n'a percé qu'à partir du début des années 2000. Après ce départ, on a observé une croissance plutôt lente jusqu'en 2005. A l'issue de ces cinq premières années, seules 500 exploitations françaises étaient équipées d'un robot de traite. Le tournant est intervenu entre les années 2005 et 2006. A partir de ces années charnières, le nombre d'exploitations équipées d'un STA a augmenté de façon bien plus franche. Ainsi, en une décennie, le nombre de ces exploitations est multiplié par dix. En effet, le nombre de 3.316 exploitations avec au moins une stalle de traite automatique inscrites au contrôle laitier a été atteint en 2015. En ajoutant les exploitations non inscrites au contrôle laitier on estime le nombre total d'élevages en STA à 4.806 en 2015.

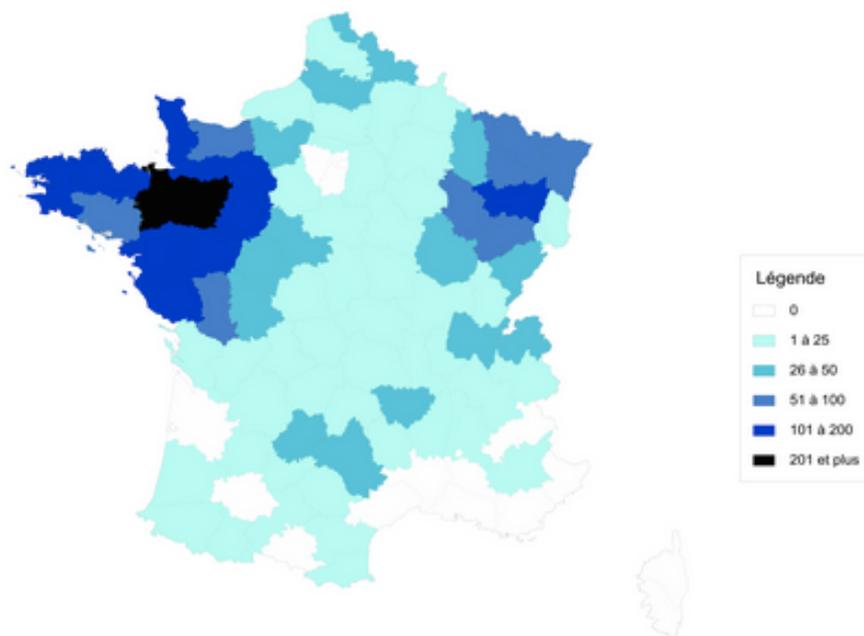
En dépit de cette croissance soutenue, on remarque tout de même une forte corrélation entre le taux d'accroissement et les crises professionnelles. Ainsi, l'année 2015 et surtout l'année 2009 ont marqué des ralentissements dans les installations de robot (Allain *et al.*, 2016). Les derniers recensements datent de 2018 et font part de 6.000 robots de traite en service en France soit plus de 15 % des élevages bovins laitiers français. La même année, 50 % des nouvelles installations de traite se font en STA (Brocard *et al.*, 2019).

Figure 1 : Evolution du nombre de robots de traite en France jusqu'en 2015 (Allain, 2016)



Près des 3/4 des exploitations françaises équipées d'un robot de traite ne le sont qu'avec une stalle. Parmi le quart restant seulement 1 % des exploitations robotisées possédaient trois stalles ou plus en 2013. Cette prépondérance des exploitations « mono stalle » (possédant une seule stalle de traite) démontre que le STA concerne essentiellement les exploitations de taille moyenne, comprise entre 50 et 70 vaches en production. En effet, le robot de traite permet de réaliser des économies sur le plan de la masse salariale. Or, les exploitations laitières de taille moyenne sont celles qui réservent la plus grande part de leur dépense à ce poste budgétaire. De plus, dans les élevages de cette taille, la traite représente une part prépondérante du temps de travail. Pour ce type d'exploitation, la robotisation permet de faire l'économie de presque 0,5 UTH, ce qui est considérable au regard des 2 UTH moyennes. Les grandes exploitations en revanche, de 150 vaches ou plus en production, présentent une répartition des dépenses différente. Le poste salarial est moins important et la traite occupe une part plus restreinte du planning quotidien. De plus, elle possède une capacité d'investissement plus importante. Ainsi, d'autres options de système de traite, tel le rotolactor de traite (traite en carrousel), sont souvent préférées à l'installation de 3 stalles de traite automatisée (Allain *et al.*, 2016).

Figure 2 : Répartition des robots de traite sur le territoire français (Allain, 2016)



La démocratisation du système de traite automatisée concerne désormais l'ensemble du territoire national (Figure 2). En toute logique, le croissant laitier concentre l'essentiel des élevages équipés. Toutefois on constate de nettes disparités entre les différentes régions de tradition laitière. Le grand ouest affiche un équipement record, les départements de l'Ille et Vilaine et de la Mayenne étant en tête. La branche Est du croissant laitier représente la seconde grande région laitière robotisée de France. En revanche, le nombre d'exploitations robotisées est bien plus faible en Haute-Normandie, dans les Hauts de France ainsi que dans les Ardennes. Compte-tenu du nombre relativement important d'exploitations laitières dans ces régions, ce faible nombre reflète une présence réduite des exploitations avec STA dans cette partie du croissant en comparaison de la moitié ouest. Dernière particularité géographique, les bassins laitiers de moyenne et de haute montagne présentent très peu d'élevages automatisés en regard du nombre total d'exploitations. Cette spécificité s'explique par le modèle de production particulier qui s'y applique. Les exploitations de haute et de moyenne montagne sont dites « à forte valeur ajoutée » et obéissent souvent à un cahier des charges de label qualité. Or, la plupart de ces labels qualité imposent un mode de traite biquotidien et une alimentation spécifique. Ces exigences peuvent être incompatibles avec l'installation d'un robot de traite. Enfin, les élevages de ces régions sont souvent de petite taille, ce qui diminue encore davantage l'attractivité du robot.

C. Le robot de traite : une option onéreuse

La transition vers la traite robotisée ne convient pas à tous les modèles d'élevage. Plusieurs paramètres sont à prendre en compte. En effet, l'achat d'un robot représente un coût important : 110 000 € au minimum pour l'Astronaut A5, dernier modèle de la marque Lely. De plus, l'achat d'un robot implique la signature d'un contrat d'entretien avec le fabricant. Cet entretien et SAV régulier génèrent des annuités entre 1,5 et 2 fois plus élevées que celles d'une salle de traite conventionnelle. Les principaux fabricants français déclarent toutefois que ces coûts d'entretien sont moindres pour les modèles les plus récents (Julien, 2018). Enfin, le surcoût alimentaire est également important dans le cadre de la robotisation de la traite car la distribution de fourrage et de concentrés est souvent plus importante. En effet, les concentrés sont le point clé de l'attractivité du robot surtout en circulation libre. Ceux-ci représentent donc un intrant coûteux sur lequel l'éleveur n'a presque aucune prise.

Malgré une hausse potentielle de production, les dépenses additionnelles font donc grimper de coût de production du lait de 0,03 à 0,04 €/L de lait pendant 10 ans à raison de 540 000 L de lait produit par an (production recommandée pour un robot de traite en tenant compte de sa capacité de travail : soit l'équivalent de 63 vaches avec un niveau de production de 8.500 L/lactation) (Julien, 2018).

2. Aspects techniques de la traite automatisée

Les robots de traite, qu'ils soient associés à une stalle simple, à plusieurs stalles ou montés sur un rotolactor de traite, obéissent au même fonctionnement de base. Ils sont composés d'un bras robotisé, des gobelets trayeurs, de différents détecteurs, d'un système de nettoyage et d'un ordinateur de bord permettant le pilotage de l'ensemble.

A. La stalle de traite

Il s'agit du lieu de stationnement de la vache pendant la traite. Elle est composée d'une porte automatique d'entrée et d'une seconde porte à l'avant de la stalle qui s'ouvre à la fin de la traite, si la traite a lieu, ou si la traite est refusée afin de laisser sortir l'animal (Legru, 2014). Dans le cas d'un robot mono-stalle, l'installation robotisée est fixe et se trouve sur l'un des côtés de la stalle, longitudinalement à l'animal.

Si un robot est associé à plusieurs stalles de traite, deux options existent. Certaines marques comme Boumatic proposent un seul bras sur un rail parallèle à l'axe des stalles. D'autres marques comme Lely associent un bras fixe à chaque stalle.

Enfin dans le cas d'un rotolactor automatisé, l'appareil est composé de plusieurs stalles disposées sur un disque rotatif. L'axe longitudinal des stalles est situé sur un des rayons du disque rotatif. Les animaux entrent dans la stalle de façon à se placer la tête vers l'extérieur du disque. Le robot en lui-même est placé au centre du manège.

La plupart des stalles sont équipées d'un DAC mais de nombreux dispositifs font exception (Ketelaar *et al.*, 1998).

B. Le système de détection

Une fois l'animal dans la stalle, le bras du robot doit repérer précisément la localisation des trayons afin de procéder au branchement de la griffe. Les données concernant la mamelle de chaque animal en lactation sont enregistrées à chaque traite afin de faciliter le repérage lors de la traite suivante. Cependant, ce repérage reste délicat puisque plusieurs facteurs peuvent influencer l'évolution de la mamelle d'une traite à l'autre. En effet, même si l'animal est renfermé dans la stalle, il est encore capable de bouger. De plus, pour un même individu, le positionnement de la mamelle varie en fonction de l'intervalle de traite, de son temps de couchage récent ou pour d'autres raisons encore. Le bras du robot passe donc en regard de la mamelle un dispositif de repérage précis. Ce dernier peut se composer de laser, d'ultrasons ou de caméras (de Koning, 2002).

Toutefois, quel que soit leur sensibilité, les dispositifs de détection des trayons, n'ont pas la même précision qu'un opérateur manuel. Ainsi, les animaux ayant des trayons manquant, surnuméraires, de taille ou d'emplacement atypiques peuvent ne pas être gérés correctement par le robot ou demander plus de temps de repérage. Une conformation anormale de la mamelle peut donc être un motif de réforme dans un STA.

De plus, le système de détection est particulièrement sensible au dépôt de matière sur ses capteurs, la poussière, l'eau ou les excréments par exemple. Un entretien strict est donc primordial pour en garantir l'efficacité (de Koning, 2002).

C. Le système de nettoyage des trayons

Comme en traite conventionnelle, les trayons doivent être nettoyés avant chaque traite. Des dispositifs différents existent en fonction du fabricant et des modèles. Les deux systèmes de nettoyage dominants actuellement sont les brosses et les gobelets nettoyeurs. La plupart des robots sont équipés de brosses rotatives venant nettoyer l'intégralité de la mamelle. Ces brosses peuvent être associées à un jet d'eau et une solution lavante. D'autres modèles de robots sont équipés de manchons ayant une fonction lavante, désinfectante et séchante (Legru, 2014).

Le point faible du système de nettoyage automatisé est l'absence de rétrocontrôle. La propreté finale des trayons n'est pas vérifiée après le nettoyage standard.

D. La machine à traire

La machine à traire est équivalente à celle de la traite conventionnelle. Cependant la griffe est inexistante et les gobelets fonctionnent indépendamment les uns des autres.

Les gobelets trayeurs sont le plus souvent complètement solidaires du bras robotisé. Une fois les trayons nettoyés, les gobelets trayeurs sont branchés par le bras mécanique. Ce dernier reste alors immobile jusqu'à la fin de la traite. A la fin de la traite, les gobelets sont débranchés par le retrait du bras mécanique. (Legru, 2014).

Au cours de la traite, le lait est stocké dans un compartiment dédié. S'il répond aux critères de qualité fixés par l'ordinateur, le lait est envoyé dans le tank, sinon il est mis de côté ou bien jeté. Une fois la traite terminée, les gobelets trayeurs se décrochent automatiquement (Legru, 2014).

E. Le système de contrôle et de pilotage

En traite robotisée, les gobelets présentent un fonctionnement similaire à celui rencontré en traite conventionnelle. Cependant, ils sont équipés d'un certain nombre de capteurs permettant au robot de surveiller et contrôler divers paramètres lors de la traite.

A minima, la griffe contient des capteurs capables de détecter le niveau de vide et le démarrage correct de la traite (c'est à dire la descente de lait ou mulsion) (Bossé, 2018).

Au fil des années, l'essentiel des améliorations apportées aux robots se sont concentrées sur l'augmentation et la précision des contrôles et paramètres de surveillance (Gaudebout, 2017).

Les systèmes automatiques de traite présentent dorénavant de nombreux paramètres de gestion de la traite. On peut donner, à titre d'exemple, la quantité de lait produite, la couleur du lait, la conductivité électrique, la cellularité du lait, la LDH et la NGase. Ces paramètres permettent, sur le très court terme d'isoler un lait impropre à la collecte (Gaudebout, 2017).

Pour les stalles équipées de DAC, la quantité d'aliment ingérée durant la traite peut aussi être incluse dans les paramètres de surveillance.

Enfin, certaines stalles sont équipées de capteurs pour un suivi plus poussé des animaux. A titre d'exemple, on peut citer les dosages de P₄ dans le lait des animaux permettant un suivi des chaleurs ou bien le système de pesée permettant de suivre avec une grande précision l'évolution du poids des animaux en lactation (Gaudebout, 2017).

L'intégralité de ces données est stockée dans l'ordinateur de bord. Ces données sont analysées et permettent la rédaction de rapports et la génération d'alertes sur l'état de santé et la productivité de chaque animal. Ces dernières permettent une identification précoce de certains problèmes, tels que des mammites et la mise en place précoce de protocoles de traitement et suivi (Gaudebout, 2017).

F. Le système de désinfection des gobelets trayeurs et des trayons

Une fois la traite achevée, les gobelets trayeurs sont nettoyés à l'eau et désinfectés avec de la vapeur ou avec une solution désinfectante.

De plus en plus de modèles sont équipés d'un système de désinfection des trayons en post-traite. Le plus souvent, ce système consiste en une pulvérisation d'un produit de post-trempe aux effets cosmétique et désinfectant. Cette pulvérisation ne permet cependant pas une couverture équivalente à un post-trempe réalisé en traite manuelle. En effet, le post-trempe manuel, s'il est bien réalisé, assure la formation d'un film recouvrant l'intégralité du trayon. La pulvérisation du produit de post-trempe par le robot de traite ne permet qu'une couverture partielle du trayon, notamment parce que la face médiale de ce dernier est difficilement atteignable par le jet de pulvérisation (Legru, 2014).

Plusieurs fois par jour, le robot est entièrement nettoyé. Durant ce laps de temps, l'accès à la stalle est bloqué (Legru, 2014).

3. Les différents types de circulation : avantages et inconvénients

L'installation d'un STA implique davantage que la réalisation de l'opération de traite par un robot. Il faut également que les animaux soient amenés à fréquenter ce système sans intervention (ou presque) de l'éleveur. Ainsi, chaque STA est associé à un système de circulation des animaux. Ce système régit les déplacements entre les différents espaces de vie du troupeau : l'aire de repos, l'aire d'alimentation, l'aire d'exercice, la pâture, l'aire d'attente, la stalle de traite et l'aire d'isolement. Un système de circulation dispose donc de plusieurs objectifs. En premier lieu la circulation vise à permettre la fréquentation optimale du robot par le troupeau, c'est à dire assurer une fréquence de traite adaptée tout en limitant le temps passé en aire d'attente. L'objectif secondaire du système de circulation est donc d'harmoniser la fréquentation au cours de la journée.

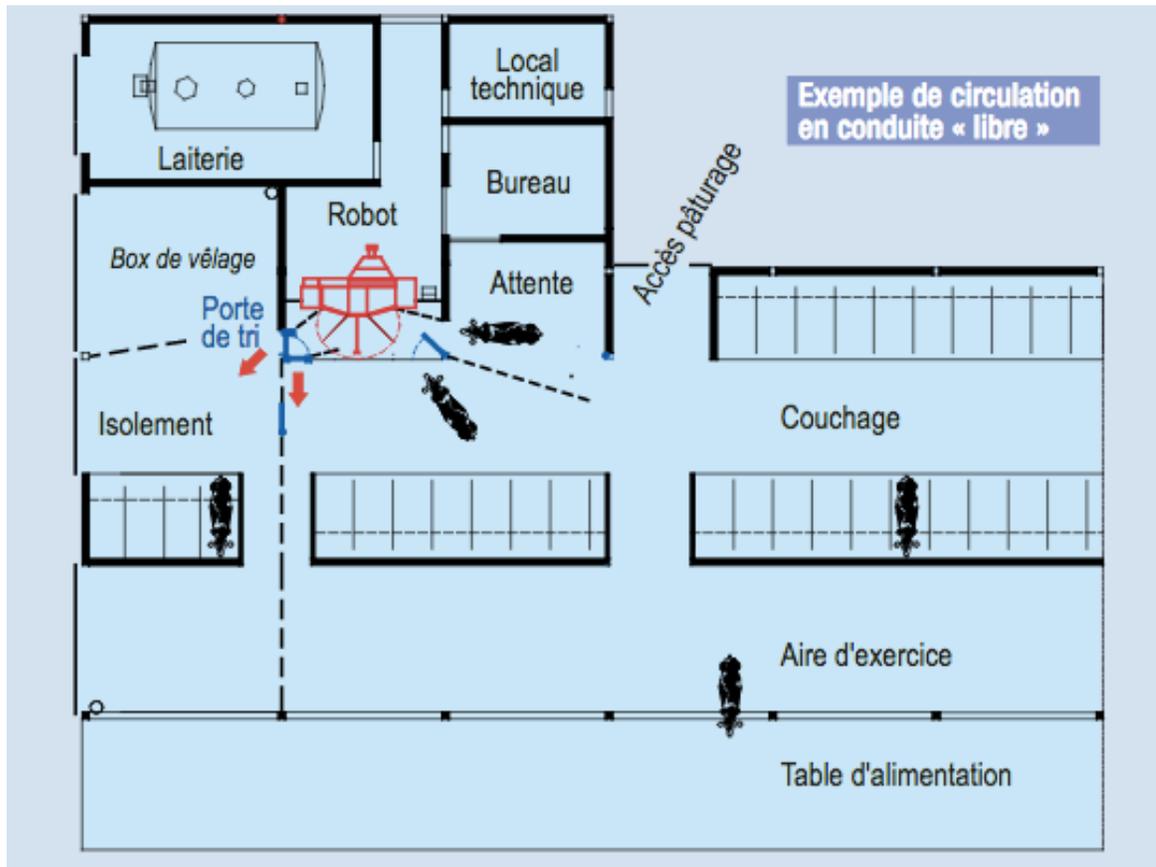
Plusieurs types de circulation existent. La différence réside dans le niveau de contraintes imposées aux animaux dans leur liberté de déplacement. Ces différentes contraintes ont un impact variable sur le bien-être animal et sur la conduite du troupeau restant à la charge de l'éleveur. On distingue ainsi quatre types de circulation, classés ici par ordre croissant de contraintes : circulation libre, circulation guidée, circulation libre contrôlée et circulation libre inversée.

A. Circulation libre

a. Définition

Dans ce système de circulation, les vaches en lactation sont libres de fréquenter les différents espaces de vie selon leurs envies (Figure 3). La fréquentation du robot dépend donc uniquement de son attractivité. Cette attractivité repose sur deux aspects : l'appétence des concentrés distribués au robot et la pression intra mammaire poussant les animaux à se faire traire. Afin de garantir la bonne fréquentation du robot dans ce type de circulation il est donc important que l'accès soit facilité. La distance entre les stalles de traites et les espaces de vie des animaux doit donc être minimale. De plus, il est indispensable de maximiser les capacités d'attractivité du robot. Enfin, plus les vaches auront un niveau de production important, plus le besoin de se faire traire sera fort et impliquera une fréquentation volontaire du robot (Journel, 2013).

Figure 3 : Schéma d'un exemple de circulation libre en bâtiment avec accès au pâturage (Coutant, 2008)



b. Avantages

Ce système laisse une grande autonomie aux animaux. L'attractivité du robot repose uniquement sur le renforcement positif et le temps d'attente est réduit au minimum voire inexistant. Ce faible temps d'attente réduit également le risque de boiterie. C'est donc le système qui, s'il est fonctionnel, assure un bien-être animal maximal. Du point de vue de l'installation, ce système est le plus facile à mettre en place. Aucune modification n'est, en principe nécessaire dans les espaces de vie des animaux. La seule nouveauté réside dans l'installation des stalles de traite à proximité immédiate des animaux. Il faut cependant garder à l'esprit que les modalités de distribution des concentrés changent. Les concentrés étant le principal moyen d'attraction des animaux vers le robot, ceux-ci ne sont plus distribués à l'auge ou dans des DAC individuels mais dans des DAC intégrés au robot (Coutant, 2008).

c. Inconvénients

Dans ce type de circulation, il est possible pour un certain nombre de vaches d'échapper à la traite. C'est notamment le cas des vaches peu productrices ou en fin de lactation pour qui le robot est moins attractif ou les vaches peu habituées au robot. L'éleveur est donc contraint de vérifier au minimum une fois par jour si toutes les vaches sont passées au robot. *A minima*, l'éleveur doit amener individuellement au robot celles qui n'y seraient pas allées dans les dernières 24 heures..

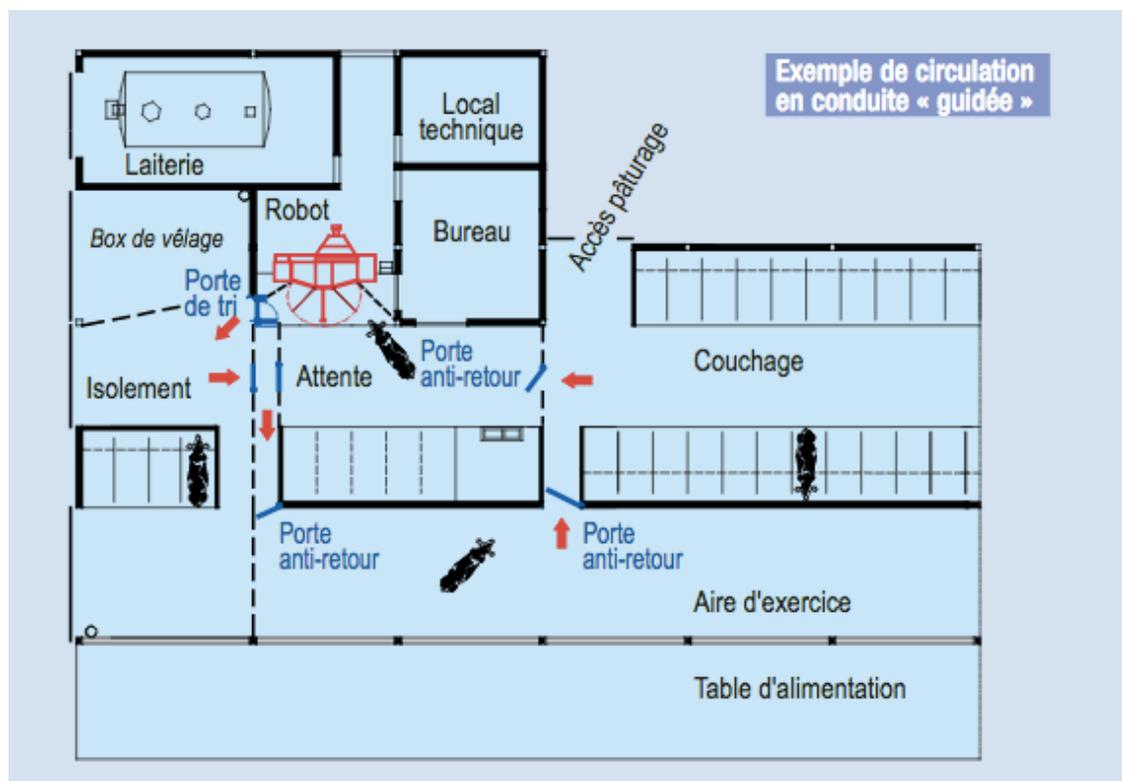
Dans les systèmes de circulation libre, il n'y a pas de tri via un accès restreint à l'aire d'attente. Donc, en théorie, un grand nombre d'animaux peuvent se présenter au même moment au robot, ce qui peut entraîner la saturation de ce dernier. Enfin, l'absence de tri avant l'entrée en stalle implique la présentation au robot de vaches avant l'échéance de leur intervalle de traite minimal. Dans ce cas, le robot refuse la traite mais l'accumulation de ces cas charge le robot inutilement (Coutant, 2008).

B. Circulation guidée

a. Définition

Dans ce système, les animaux ne circulent que dans un sens (Figure 4). Le plus souvent, les vaches doivent passer de l'aire de repos à l'aire d'alimentation via l'aire d'attente et le robot. Cette circulation est imposée par des portes anti-retours (Journel, 2013).

Figure 4 : Schéma d'un exemple de circulation guidée en bâtiment avec accès au pâturage (Coutant, 2008)



b. Avantages

Ce système permet d'augmenter le nombre de traites en réduisant l'intervalle entre deux passages au robot. En augmentant ce nombre de passages par la stalle de traite, les intervalles sont également plus réguliers. Le passage obligatoire par le robot pour accéder à l'alimentation entraîne une forte attractivité du robot. De ce fait, la distribution de concentré au robot est moins importante et les vaches sont moins exposées au risque d'acidose subclinique (Bach *et al.*, 2009). La nécessité de pousser manuellement les vaches au robot est donc fortement réduite. La faible autonomie laissée aux animaux dans ce système permet une adaptation rapide au robot. Le nombre de réformes pour incompatibilité comportementale est donc réduit (Melin *et al.*, 2007 ; Bach *et al.*, 2009).

c. Inconvénients

La contrainte de l'aire d'attente peut s'avérer problématique pour les individus en bas de la hiérarchie. En effet, au sein de l'aire d'attente, la compétition est forte, par conséquent, les vaches dominantes passent en premier, peu importe leur moment d'arrivée dans l'aire d'attente. Dès lors, les animaux dominés peuvent passer plusieurs heures dans l'aire d'attente sans possibilité d'accès à la nourriture ni de retour vers l'aire de couchage. Ces longues périodes d'attente ont plusieurs conséquences néfastes sur ces animaux. La position statique en aire d'attente, si elle se prolonge, peut entraîner de graves problèmes de boiterie pour les vaches concernées. Le temps d'attente important décourage également les animaux de se rendre au robot. Par conséquent, la prise alimentaire baisse pour une partie du troupeau (Bach *et al.*, 2009). Enfin les longues périodes passées en aire d'attente ainsi que le peu d'attractivité qu'elle engendre font augmenter l'intervalle entre traites. Ces trois aspects : boiteries, baisse de prise alimentaire et augmentation de l'intervalle entre traites engendrent un stress important et *in fine* une baisse de la production (Hermans *et al.*, 2003).

Le temps d'attente peut être d'autant plus important que le tri ne s'effectue pas avant l'aire d'attente. Le chargement du robot peut donc être rapidement trop important à cause des refus de traite. C'est notamment le cas lors de la distribution d'aliments. A ce moment de la journée une grande partie du troupeau va passer par le robot, pourtant seule une partie doit se faire traire, une longue file d'attente se forme dans l'aire d'attente. Ces moments de haute fréquentation sont également des moments de forte compétition entre les membres du troupeau. Pour ces raisons, on recommande un chargement maximal de 35 vaches par stalle (soit environ la moitié du chargement en circulation libre) (Coutant, 2008).

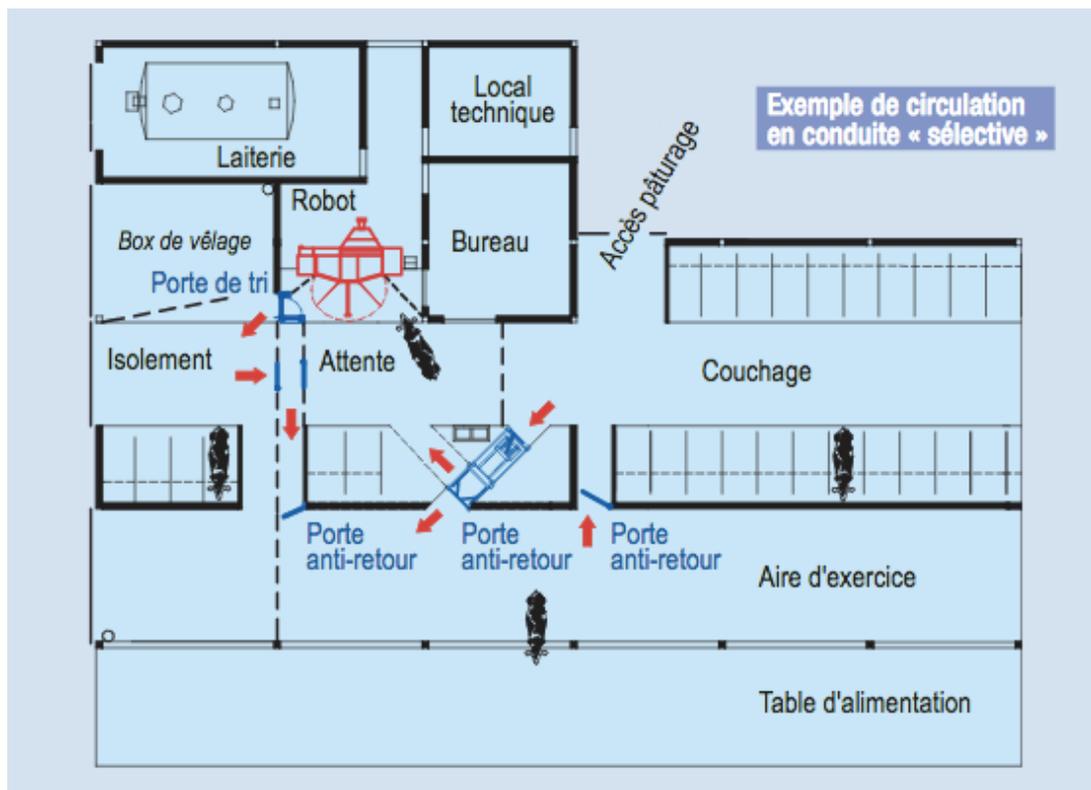
Ce système est plus complexe dans son installation. L'emplacement de la stalle de traite doit être situé entre l'aire de repos et d'alimentation, ce qui peut induire un remaniement de ces dernières.

C. Circulation libre contrôlée

a. Définition

Ce système de circulation dit aussi « sélectif » est semblable à celui rencontré en circulation guidée. Cependant, une porte de tri est localisée avant le robot, au niveau de l'entrée de l'aire d'attente (Figure 5). Ainsi seules les vaches ayant écoulé leur intervalle minimal de traite peuvent fréquenter le robot. Si une vache se présente sans avoir dépassé cet intervalle minimal de traite, elle est dirigée vers l'aire d'alimentation (Journel, 2013).

Figure 5 : Schéma d'un exemple de circulation libre contrôlée en bâtiment avec accès au pâturage (Coutant, 2008)



b. Avantages

Ce type de circulation optimise le temps de travail du robot en supprimant les refus de traite. Il permet aussi de réduire la compétition dans l'aire d'attente en diminuant la fréquentation de celle-ci notamment au moment d'affluence, lors de la distribution d'aliment par exemple (de Paula Reis, 2017).

De même, le système n'implique pas de pousser les vaches manuellement au robot, puisque, une fois l'intervalle minimal de traite dépassé, le robot reste un passage obligé vers l'aire d'alimentation (Coutant, 2008).

c. Inconvénients

L'aire d'attente, bien que moins fréquentée qu'en circulation guidée, est toujours sujette à compétition. Les effets sanitaires de cette compétition ont été exposés plus haut. Un des moyens de diminuer encore un peu plus la compétition est alors d'ajouter une porte de tri supplémentaire. La porte de tri est un outil complexe qu'il est nécessaire de paramétrer intelligemment. C'est donc à l'éleveur que revient la tâche de vérifier son bon fonctionnement et la pertinence du réglage des paramètres de tri (Coutant, 2008).

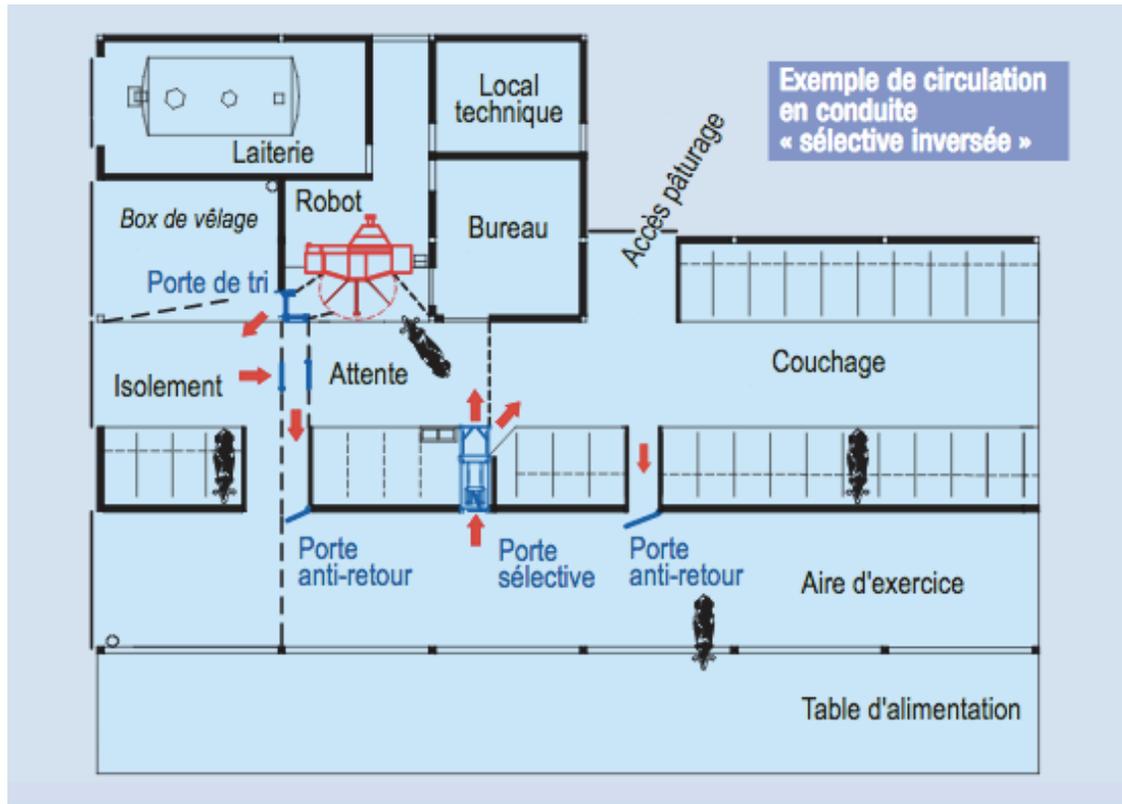
Ce système a également un coût. En plus du prix du robot, des éventuels remaniements dans la stabulation, la porte de tri implique des frais supplémentaires (Defer, 2018).

D. Circulation libre inversée

a. Définition

Dans les deux types de circulation précédents, le centre de rotation des animaux était l'aire de repos. Dans le cadre de la circulation libre inversée dite aussi « sélective inversée », le centre de rotation se trouve au niveau de l'aire d'alimentation. La porte de tri intelligente est localisée à la sortie de cette dernière. Alors, les animaux destinés à la traite sont envoyés vers le robot (Figure 6). Ceux qui n'ont pas encore approché la limite de leur intervalle de traite sont orientés vers l'aire de repos (Journel, 2013).

Figure 6 : Schéma d'un exemple de circulation libre inversée en bâtiment avec accès au pâturage (Coutant, 2008)



b. Avantages

Le temps passé en aire d'alimentation est plus important, par conséquent la prise alimentaire est majorée dans ce type de circulation. Les avantages de la circulation guidée et libre contrôlée sont toujours présents. Peu de vaches doivent être poussées manuellement, le temps de travail du robot est optimisé par l'absence de refus de traite et la compétition est réduite par le tri réalisé en amont de l'aire d'attente.

Ce type de circulation convient à des troupeaux pour lesquels la prise alimentaire est capitale, ce qui est notamment le cas des troupeaux de vaches hautes productrices. Par ailleurs, ce système permet, par son tri efficace, un fort chargement du robot pouvant aller jusqu'à 75 vaches par stalle (Hermans *et al.*, 2003).

c. Inconvénients

Comme le système de circulation libre contrôlée, l'installation implique un certain coût et une capacité technique importante de l'éleveur pour utiliser correctement la porte de tri.

L'apprentissage des vaches peut être long dans ce type de circulation. En effet, le système leur impose une circulation complexe en cas de nécessité de traite. Si, à la sortie de l'aire d'alimentation, la vache doit être traitée, elle est envoyée vers le robot puis, à nouveau dans l'aire d'alimentation. L'animal doit alors comprendre que pour aller dans l'aire de repos, il doit se représenter à la porte de tri, qui, cette fois, l'enverra vers l'aire souhaitée. Ce raisonnement complexe peut être incompatible avec certaines vaches qui devront alors être réformées (Defer, 2018).

Deuxième partie : Les spécificités de la traite automatisée avec pâturage

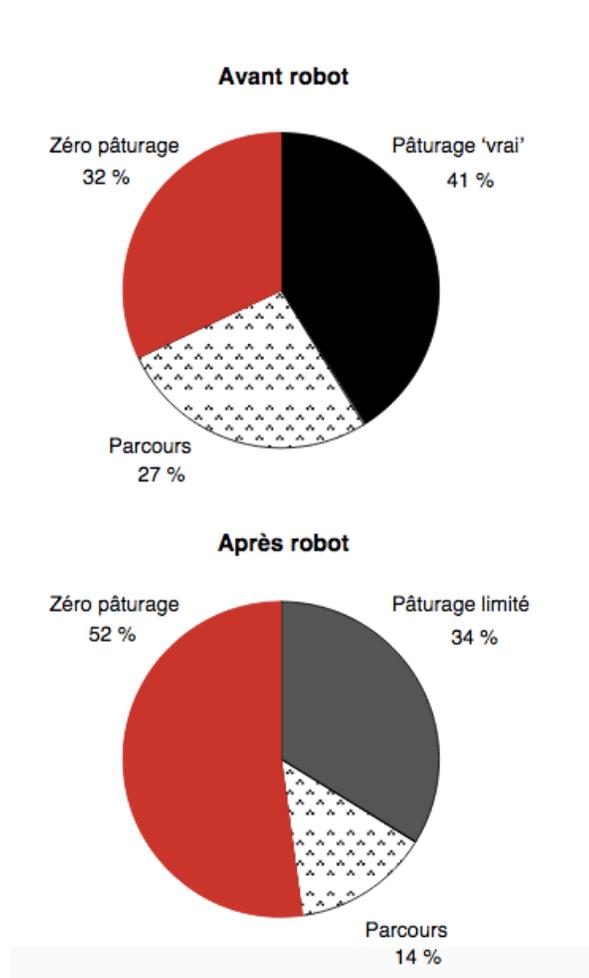
1. Intégration de l'herbe pâturée dans un système de traite automatisée : dans quel but ?

Comme vu auparavant, le pâturage peut s'avérer parfaitement complémentaire du STA. En effet, l'opinion publique est très sensible aux problématiques de bien-être animal auxquelles le pâturage apporte une partie de la réponse. Par ailleurs, les efforts communautaires pour valoriser les services rendus par l'élevage, notamment via la PAC, renforcent l'intérêt de faire pâturer, y compris pour les STA. Enfin, la transition vers un système automatisé implique un apport financier conséquent. Le pâturage, par nature, peu coûteux peut venir compenser ce surcoût. Dans ce chapitre, nous discutons les enjeux socio-économiques pour les STA pâturants.

A. Sera-t-il possible de revenir sur le recul du pâturage dans les fermes robotisées ?

Avant de discuter les avantages du pâturage dans les STA, il est important de souligner que chez les éleveurs laitiers optant pour la robotisation, la tendance montre clairement une réduction de la pratique du pâturage. Une enquête menée sur l'hiver 2013-2014 (Figure 7) auprès de 43 éleveurs bretons récemment convertis à la robotisation le confirme. En moyenne, la part de pâturage a diminué de 13 ares par vache suite à la transition. De plus, si aucun élevage de cet échantillon ne pratiquait le 0 pâturage avant le robot, 7 s'y sont mis suite à la robotisation. A l'opposé, seuls 7 élevages continuent de pratiquer un système 100 % pâturage (plus de 20 ares par animal) à certains moments de l'année contre plus de 20 avant l'arrivée du robot (Fleuret et Marlay 2014). Ces résultats viennent confirmer une tendance déjà mise en avant par une enquête de l'INRA menée en 2001 sur un échantillon similaire (Veysset *et al.*, 2001).

Figure 7 : Pratiques de pâturages avant et après automatisation de la traite (Veysset et al., 2001)



B. Le modèle STA (système de traite automatisée) pâturant est-il compatible avec l'augmentation des exigences sociales ?

a. La prise de conscience sociale et son impact sur la rémunération du lait

La médiatisation des récentes crises du lait de 2009 et 2015 ainsi que le tournant de l'opinion publique sur la question du bien-être animal ont changé le paysage du marché laitier français. Les initiatives originales de coopératives locales, assurant la juste rémunération de l'éleveur ou bien garantissant un bon niveau de bien-être animal sont des succès économiques. Ces succès ont provoqué l'apparition d'une gamme importante de produits laitiers « éthiques » au sens large dont les consommateurs sont toujours plus friands. Cette prise de conscience concerne également la politique à toutes les échelles. Les récents Etats généraux de l'Alimentation, sous l'autorité de la Présidence de la République, témoigne de cette volonté de produire plus durablement, plus sainement et plus justement. A l'échelle très locale, nombreuses sont les initiatives municipales d'intégrer dans les repas des collectivités des produits laitiers « éthiques ».

b. La compatibilité du robot de traite face aux enjeux sociaux

Le robot de traite, par son aspect apparemment déshumanisé peut sembler être à contre-courant de ces tournants sociaux. Pourtant, il répond à une demande sociale des agriculteurs d'un accroissement de souplesse dans leur travail et, par ce biais, d'être plus intégrés dans une société dont beaucoup se sentent incompris. En effet, pris dans un contexte social et médiatique qu'ils nomment « Agribashing » seuls 48% des éleveurs pensent avoir une bonne image auprès de la population française (Hendrick *et al.*, 2019).

Aussi, la grande autonomie laissée aux animaux dans le contexte de la traite automatisée, notamment dans le cas de la circulation libre, répond grandement aux attentes sociétales : permettre aux animaux de choisir leur routine de vie.

L'intégration du pâturage dans la conduite d'élevage associée à la traite automatisée permet de répondre un peu plus aux nouvelles attentes du consommateur à l'égard des produits laitiers. Il apporte des éléments de réponse aux attentes en matière de bien-être animal via l'accès à la pâture et collabore à l'image que le public se fait d'une exploitation laitière vertueuse. C'est à dire une exploitation de taille moyenne avec des animaux nourris à l'herbe (Delanoue, 2017). Cette image est d'ailleurs plutôt juste puisque environ 40 % des élevages français pratiquent encore le pâturage vrai, c'est à dire sans distribution de fourrage en bâtiment pendant une partie de l'année (Veysset *et al.*, 2001).

c. La labélisation et robotisation

Les produits labélisés trouvent une certaine résonance dans ces attentes sociétales par le cahier des charges plus ou moins strict qu'ils imposent aux producteurs, afin de garantir un certain nombre de valeurs telles qu'une rémunération juste, un respect du bien-être animal, de l'environnement ou d'un certain savoir-faire local par exemple.

La plupart des labels ne font pas mention du robot en tant que tel. Seul l'AOP Comté interdit explicitement le robot de traite. Cette interdiction se justifie par la nécessité d'une désinfection optimale des trayons dans le cadre d'une production de fromage au lait cru.

Ainsi, selon le Journal Officiel de l'Union Européenne, 2018/C 187/07 :

«La traite doit se faire deux fois par jour, le matin et le soir, à des heures régulières, de ce fait la traite en libre-service n'est pas possible. Le robot de traite est interdit.»

L'AOP Salers exige quant à elle la réception du lait dans un récipient en bois appelée la gerle imposant de fait une traite manuelle.

Les AOP de montagne imposent également un mode de traite et de pâture peu compatibles avec la robotisation. Ainsi, l'AOP Reblochon exige une traite biquotidienne dont la durée totale ne doit pas dépasser 4 heures. De plus, le relief entre en compte dans la délimitation de l'AOP. Or, la conduite herbagère avec un robot de traite impose la rotation des pâtures autour d'une étable robotisée. Le robot doit donc être placé au centre des parcelles pâturées. Cette organisation est incompatible avec un relief accidenté où l'altitude joue un rôle dans la rotation saisonnière des pâtures, notamment via la pratique de l'estive. En revanche, le cahier des charges de l'IGP Tomme Emmental, même s'il impose un système fourrager presque complètement herbager, reste compatible avec une traite robotisée. Une ferme pilote de l'Ain, membre du projet CASDAR « Robot de traite et pâtures » a ainsi adopté une traite automatisée sans pour autant sortir de cette labélisation (Bocard *et al.*, 2019).

Les autres labels sont plus souples en ce qui concerne la technique de traite et d'alimentation. Le label d'agriculture biologique, par exemple, exige simplement l'utilisation maximale des pâtures en fonction de la disponibilité saisonnière. De même les AOP normands (Camembert, beurre et crème d'Isigny) soulignent simplement l'importance de l'herbe dans l'alimentation du troupeau.

Ainsi, à condition d'y intégrer la notion de pâturage, la plupart des labels sont plutôt compatibles avec un système de traite automatisé.

C. Bénéficiaire d'une meilleure valorisation de produits laitiers issus des systèmes pâturants

Face à une exigence sociale et environnementale, les produits laitiers issus de systèmes pâturants sont l'objet d'aides publiques ou privées. De nombreuses initiatives d'exploitants sont également proposées.

a. Les primes européennes

Les évolutions de la PAC vont également dans le sens d'une incitation à la mise à la pâture des troupeaux laitiers.

Déjà depuis 2007 la prime herbagère agro-environnementale assurait une subvention supplémentaire aux éleveurs entretenant l'environnement via leurs prairies de pâture. Le montant de cette prime variait de 49 à 79 € par hectare.

Depuis 2014, la prime herbagère agro-environnementale a disparu à la faveur d'importantes réformes de la PAC. Elle a été remplacée par les mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC) des systèmes herbagers et pastoraux. Ces mesures sont plus avantageuses encore envers les modèles pâturants. Les pâtures sont classées par risque de remplacement ou d'abandon. En fonction de ce risque, la prime peut s'élever de 58 à 116 € par hectare (PAC, 2014).

b. Les primes des laiteries

Dans la perspective de répondre aux nouvelles attentes des consommateurs, plusieurs laiteries ont décidé d'encourager la production de lait issu d'animaux ayant accès aux pâtures et ceci en dehors des cahiers des charges des labels de qualité. Dans un contexte de bas prix du lait, l'instauration de « primes pâturage » a été le mécanisme privilégié.

La laiterie hollandaise Friesland Campina est pionnière dans ce secteur. Dès 2012, elle a lancé un programme d'incitation à la production de lait issu d'animaux pâturants en instaurant une prime de 0,50 € par 100 kg de lait. Face au succès de la valeur créée, la prime a été réévaluée à 1,00€ par 100 kg de lait en 2015. Pour en bénéficier, 25 % du troupeau total doit pâturer au moins 120 jours par an (Friesland Campina, 2018).

En France, en 2018, l'association des producteurs de lait Bel Ouest (APBO) avait signé un contrat garantissant une prime de 21€ pour 1 000 L de lait aux éleveurs garants de pratiques dites « différenciantes ». Parmi ces bonnes pratiques, les éleveurs du groupe APBO s'engagent à faire pâturer leur troupeau au minimum 150 jours par an et à respecter une alimentation sans OGM (Groupe Bel, 2017).

c. Les initiatives paysannes

Dans ce contexte, et indépendamment des différentes laiteries, plusieurs initiatives d'éleveurs ont vu le jour.

Au Royaume-Uni, depuis 2017, une marque de produits laitiers « Enjoy Milk » garantit un lait « à valeur ajoutée ». Cette marque, créée par un fils d'éleveur laitier, rassemble plusieurs centaines de fermes laitières britanniques. Elle garantit, entre autres, une rémunération juste des éleveurs produisant du lait issu de troupeaux pâturant la majeure partie de l'année (enjoymilk. 2019)

En France, en 2017 également, la marque Lait de pâturage est créée à l'initiative de plusieurs éleveurs bretons. Cette marque assure l'achat d'un lait issu de

troupeau pâturant au minimum 150 jours par an. Son cahier des charges impose également une durée de pâture de 6 heures par jour minimum et une production de 90 % de l'alimentation du troupeau au sein de l'exploitation. Cette marque, portée par l'association du même nom ne vend pas directement les produits laitiers. Elle met à disposition son logo et son nom sous réserve du respect de son cahier des charges par les éleveurs et les laiteries. La laiterie SODIAAL, 5^{ème} coopérative laitière mondiale est notamment cliente de la marque (Rosat et Tadier, 2017). Cette marque permet donc de valoriser les produits laitiers répondant à un cahier des charges en faveur du pâturage en faisant reconnaître ces bonnes pratiques via un prix plus élevé. La plus-value générée est reversée dans un second temps aux éleveurs par les entreprises clientes de la marque (Rosat et Tadier, 2017).

SODIAAL a d'ailleurs récemment intégré le cahier des charges issu de la marque « Lait de pâturage » dans les produits « Les Laitiers Responsables » (Figure 8) de la marque Candia. Cette gamme vise à valoriser les produits laitiers en garantissant le bien-être animal, l'absence de l'utilisation d'OGM et l'emploi de pâturage. Cette valorisation permet une rémunération garantie de l'éleveur à hauteur de 40 centime/L de lait. Cette rémunération est, de plus, largement mise en avant pour les produits de la gamme, augmentant encore la valeur ajoutée (Candia, 2018).

Figure 8 : Exemple d'emballage de la gamme « Les Laitiers Responsables » valorisant le pâturage (photo : Pierre Maurier)



2. Valoriser la synergie entre les atouts d'un STA (système de traite automatisée) et du pâturage pour l'éleveur

A. Le confort de vie

La robotisation de la traite soulage la charge de travail de l'éleveur sur plusieurs plans.

Sur le plan physique en premier lieu, la suppression de la traite manuelle permet de prévenir les Troubles Musculo-Squelettiques liés à la traite. Une étude menée en 2017-2018, montre que sur 65 éleveurs sondés, 41 ont remarqué une amélioration de leur santé physique suite à la robotisation (Defer, 2018).

La suppression de la traite biquotidienne permet également d'alléger le planning quotidien et la charge mentale liée à cette astreinte. Ainsi, dans la même étude, les éleveurs ont déclaré ressentir une amélioration de leur santé mentale (13 sur 67 répondants) et de la qualité de leur sommeil (18 sur 67 répondants). Cette amélioration est toutefois moins sensible que les bénéfices observés sur la santé physique.

La souplesse du planning permet également d'augmenter la qualité de vie en libérant du temps consacré à la famille ou aux loisirs. De nombreux éleveurs nouvellement équipés avec un robot de traite déclarent ainsi passer plus de temps en famille. Ils constatent par ailleurs une amélioration de leurs relations familiales (Defer 2018). Ces résultats vont dans le sens d'études menées dans d'autres pays européens dans les années précédentes (Mathijs, 2004 ; Tse *et al.*, 2018 ; Castro *et al.*, 2012).

De plus, l'amélioration des conditions de travail permet un report de l'activité sur la gestion de l'atelier lait (Defer, 2018). Le sentiment de satisfaction est ainsi plus présent chez les éleveurs équipés d'un robot de traite qui se déclarent plus disposés à observer leurs animaux en stabulation (Fleuret *et al.*, 2014).

L'association du pâturage vient renforcer ce confort. En effet, la sortie à l'herbe entraîne une suppression ou une forte diminution du temps consacré à la distribution d'aliment. De plus, les animaux passant une grande partie de leur journée en extérieur, le nettoyage et l'entretien des zones de couchage prennent moins de temps. Quatorze fermes du programme CASDAR « Robot de traite et pâturage » ont participé à une enquête sur les conditions de travail. En moyenne, les éleveurs ont déclaré gagner 1h25 par jour de travail par rapport à la période hivernale. Cependant, les écarts entre les élevages ont été importants. Ce gain de temps dépend en grande partie de l'importance du pâturage dans le système fourrager. Assez logiquement, les élevages avec pâturage continu ou fortement majoritaire sont ceux qui ont déclaré une diminution plus importante du temps de travail. De même, ce temps de travail est corrélé aux périodes de vêlage. Ainsi les fermes ayant déclaré une faible économie de temps voire un surplus de travail en période de pâturage sont souvent les fermes avec un grand nombre de vêlages pendant cette même période (Brocard *et al.*, 2019).

Les éleveurs de ce programme ont déclaré aussi constater une amélioration de leur qualité de travail en lien avec la conduite du système de traite automatisé associé au pâturage. La gestion des pâtures permet en effet de passer une grande partie du temps en extérieur. De même, l'observation des animaux, souvent effectuée lors de la traite en système conventionnel, est également plus efficace. En effet, les comportements des animaux sont plus facilement visibles en pâture. L'observation peut donc être plus longue et plus approfondie. Cette activité peut aussi être associée au temps de gestion des parcelles enherbées (Brocard *et al.*, 2019).

B. L'effet de la pâture sur la production laitière en STA

a. Effet sur la fréquence de traite

L'installation d'un robot de traite en bâtiment a généralement pour conséquence d'augmenter la fréquence de traite au sein du troupeau. Les vaches hautes productrices peuvent en effet aller à la traite plus de deux fois par jour alors que la traite manuelle impose, le plus souvent une traite biquotidienne.

Cependant, la mise au pâturage vient nuancer cette augmentation. Les fermes pilotes du programme CASDAR « Robot de traite et pâturage » ont constaté une baisse significative moyenne de 0,2 traite par vache (VL) et par jour (j) entre la période de pâturage et la période hivernale (soit, environ -10 %), pour atteindre une fréquence de traite de 2,4 traites/VL/j en moyenne sur la période de pâture contre 2,6 traites/VL/j en moyenne en période hivernale. Les écarts de fréquence de traite entre les fermes présentent cependant d'importantes variations. Les élevages avec une fréquence de traite élevée en hiver (plus de 3 traites/VL/j en moyenne) ont vu ce paramètre diminuer sensiblement au pâturage (Brocard *et al.*, 2019).

b. Effet sur la quantité de lait produite par individu et par le troupeau

La plupart des études montrent qu'une traite robotisée en bâtiment permet une augmentation de la production de l'ordre de 2 % à 7 % (Wagner-Storch et Palmer, 2003 ; Svennersten-Sjaunja *et al.*, 2000).

Au pâturage, à l'échelle du troupeau, le pâturage a peu d'impact sur la production. Les auteurs ont constaté en effet une diminution moyenne de 1,3 L/VL/j entre la période hivernale et la période de pâturage sur les troupeaux dont les vêlages sont étalés sur toute l'année (Brocard *et al.*, 2019). Il faut mettre cette légère baisse de production en regard de la diminution de concentrés distribués au pâturage. Cependant, les auteurs ont observé de fortes variations de la production individuelle. En effet, les vaches hautes productrices sont les plus sensibles à la diminution de concentrés dans la ration. Certaines fermes de cette étude ont donc choisi de grouper les vêlages à la fin de l'été et à l'automne afin d'avoir peu d'animaux productifs en période de pâturage. Dans ces fermes, la diminution de la production laitière en période de pâture est donc plus importante mais elle est essentiellement due à un effet « stade de lactation » (Brocard *et al.*, 2019). La faisabilité du regroupement des vêlages et donc des pics de lactation implique cependant d'avoir un nombre de stalles de traite suffisant au moment du pic de production du troupeau. Cela revient à avoir un ratio VL/stalle moins élevé dans ce type de stratégie.

c. Effet sur la qualité du lait

La plupart des études ont démontré une qualité du lait moindre chez les éleveurs dont la traite est automatique. Les taux protéique et butyreux sont moins élevés que chez les éleveurs conventionnels. A l'inverse les taux cellulaires somatiques, le nombre de germes, et la lipolyse sont plus importants pour les animaux traités automatiquement (Legru, 2014). Cependant, aucune étude n'est disponible sur les effets du pâturage sur la qualité du lait en STA.

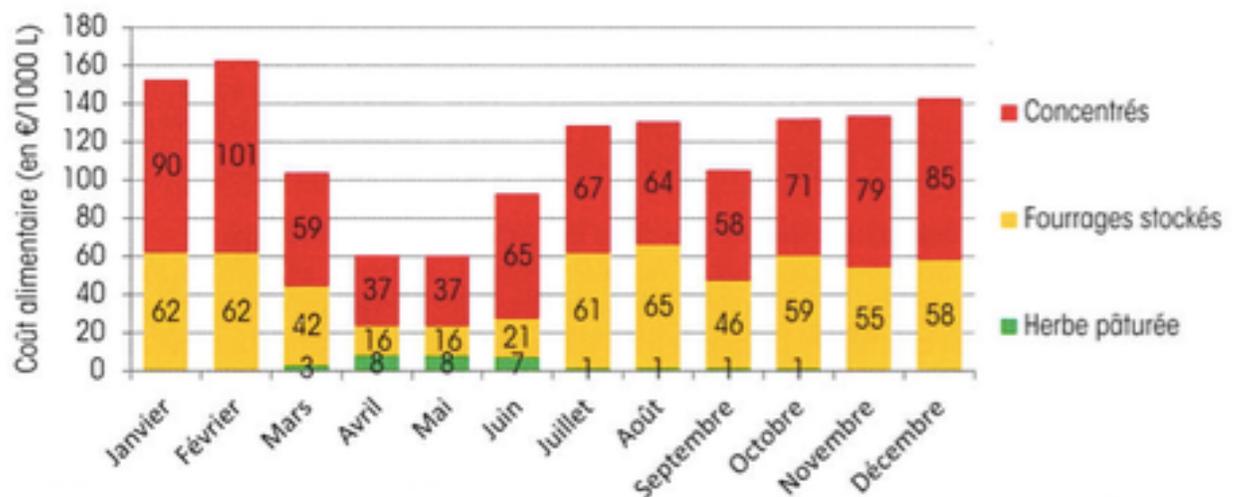
C. Le pâturage : une économie sur les coûts de l'alimentation

La mise en pâture des animaux dans un contexte de traite automatique peut permettre de limiter le principal surcoût lié à la robotisation : l'alimentation.

En effet, une étude menée par l'équipe du Dr Huneau entre 2011 et 2013 à la station de Derval en Loire-Atlantique a démontré que l'accès au pâturage pouvait diviser par près de 3,5 le coût alimentaire pour 1 000 L de lait. La ration du lot-témoin non pâturant s'élevait ainsi à 148 €/1 000 L de lait produit sur la période de l'étude. Sur la même période, le lot ayant accès à la pâture seule (à raison de 72 vaches en moyenne pâturant sur 28 ha), et sans ensilage, le coût de l'alimentation s'élevait à 43 €/1 000 L de lait produit. Un troisième lot, mixte ensilage-pâturage, avait, quant à lui, un coût alimentaire 83 €/1 000 L de lait. Les économies sur le poste alimentaire sont réalisées par deux biais. Dans un premier temps, le coût de la tonne d'herbe pâturée est bien inférieur à celui de la tonne d'ensilage d'herbe et de maïs : 45 €/tonne de MS d'herbe pâturée contre 131 €/tonne d'ensilage d'herbe et 132 €/tonne d'ensilage de maïs. De plus, l'utilisation de pâturage réduit la quantité de concentré consommée : le lot ayant eu accès à la pâture et sans ensilage a consommé 2,8 kg/VL/j de concentré contre 4,1 kg/VL/j en moyenne pour le lot témoin sans accès au pâturage et ayant reçu de l'ensilage. Or, les concentrés correcteurs azotés sont des intrants souvent chers et soumis aux cours du soja sur le marché mondial tout en ayant un fort impact négatif d'un point de vue environnemental. La diminution de leur consommation permet une économie importante et une meilleure maîtrise des coûts alimentaires. En conclusion, à la station expérimentale de Derval, le coût alimentaire de la ration pour 1 000 L de lait était donc de 43 € en 100 % pâturage contre 148€ en période hivernale. Il s'agit d'un coût rendu auge, donc d'un prix de revient intégrant toutes les charges directes et indirectes liées à la production (Huneau *et al.*, 2013).

Cette étude économique, réalisée à la station expérimentale de Derval consistait à proposer un système 100 % pâturant pendant 4 à 8 semaines. Une autre ferme pilote, localisée dans la Sarthe est un bon exemple de système relativement peu pâturant et néanmoins économique. Dans cet élevage, l'herbe ne représente que 22 % de la matière sèche consommée annuellement. Les silos ne sont jamais fermés puisque lors du mois le plus pâturant, la ration est composée à 67 % d'herbe. Ainsi, l'éleveur continue de donner environ 6kg de matière sèche sous forme d'ensilage par vache et par jour au printemps. En parallèle, la quantité de concentrés est réduite de 2,8 kg/VL/j sur la même période. Malgré la faible proportion d'herbe, l'élevage réalise une économie moyenne de 100€/1 000 L de lait sur la période pâturée comme on peut le voir sur la Figure 9 (Brocard *et al.*, 2019).

Figure 9 : Exemple d'évolution du coût alimentaire dans une exploitation avec STA pâturant (Brocard *et al.*, 2019)



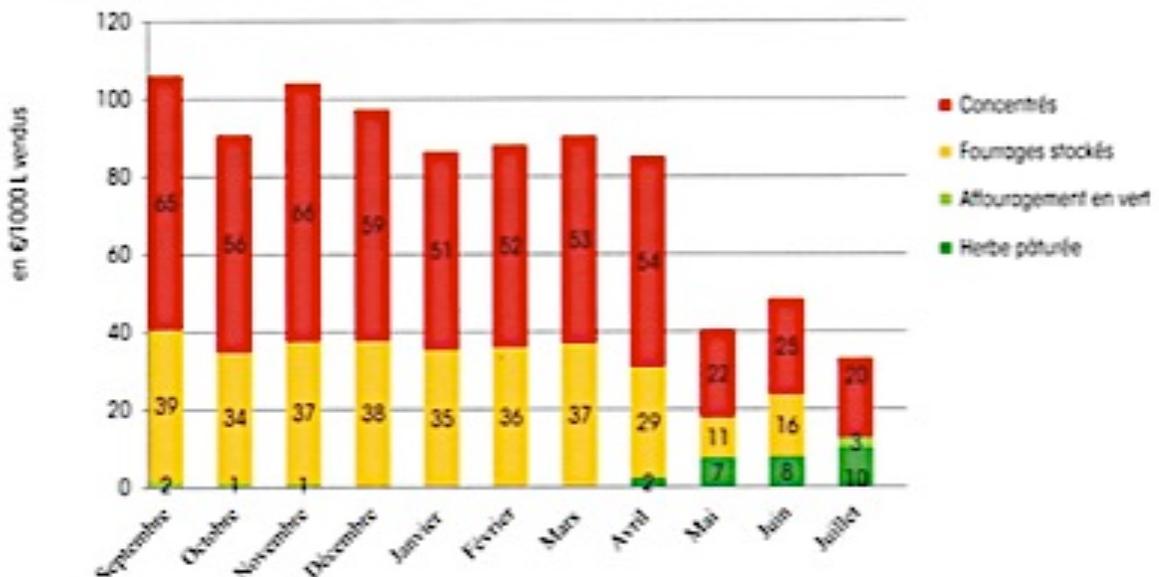
Enfin, la station de Trévarez, dans le Finistère a mené une évaluation économique similaire à celle de la station de Derval sur son troupeau laitier. Les coûts des différents composants de la ration en 2013 sont exposés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Coût de la tonne de matière sèche en fonction du type de fourrage dans le Finistère en 2013

Type de fourrage	Ensilage de maïs	Ensilage d'herbe	Foin	Affouragement vert	Herbe pâturée
Coût en €/tonne de MS	65	53	64	17	13

Le passage à la pâture a donc permis une importante réduction des coûts du fourrage. L'apport de concentrés a été réduit cette fois-ci de 3,8 kg/VL/j en hiver à 1,6kg/VL/j en moyenne pendant la période de pâture. Au final, le coût alimentaire dans cette expérimentation « peu pâturant » en période de pâture a été estimé à 52€/1 000 L de lait contre 95€/1 000 L de lait en hiver comme l'illustre la Figure 10 (Brocard *et al.*, 2019).

Figure 10 : Coût alimentaire mensuel à la station expérimentale de Trévarez (calcul par la méthode de la chambre d'Agriculture de Bretagne) (Brocard *et al.*, 2019)

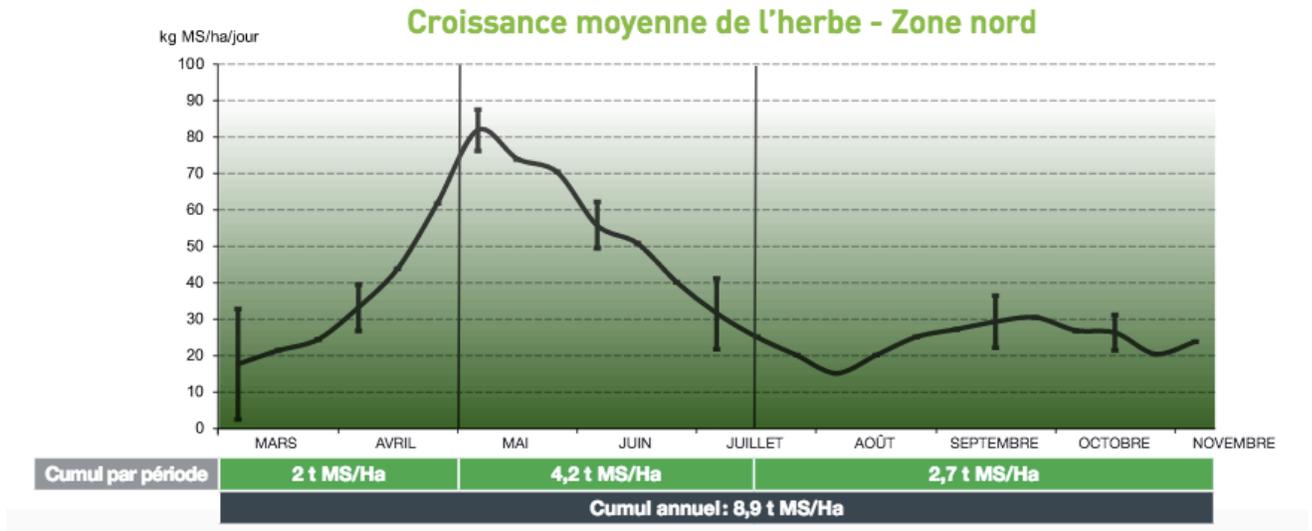


Ces trois modèles montrent que, quelle que soit la proportion de pâturage dans la ration, l'économie générée par la mise à l'herbe est réelle. Elle permet de maintenir une marge sur le coût de l'aliment au printemps, période durant laquelle le prix du lait diminue (Brocard *et al.*, 2019). Ces études n'utilisent l'herbe que pendant une période courte de l'année (environ 8 semaines). Elles montrent aussi qu'il n'est pas indispensable de passer au « tout à l'herbe » pour faire, déjà, d'importantes économies sur l'alimentation.

D. Le robot au sein du système herbager

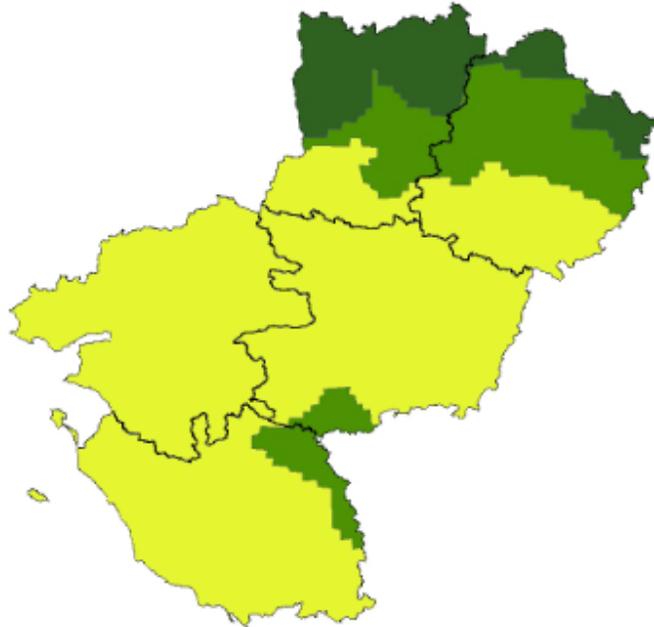
L'intégration du robot de traite dans un système herbager nécessite une réflexion importante. En effet, le cycle de pousse de l'herbe implique des variations à la fois en quantité et en qualité du fourrage. A titre d'exemple, la Figure 11 expose les variations annuelles de la croissance herbagère dans le Nord de la région Pays de la Loire. Or, en STA, l'objectif est d'homogénéiser l'utilisation du robot sur l'année afin d'éviter les problèmes de surcharge périodique. Cela passe par une bonne gestion de l'étalement des vèlages et une bonne gestion de l'alimentation, notamment par l'évitement des variations « non souhaitées » des apports alimentaires (MS/VL/j et qualité). Intégrer le besoin d'homogénéisation de l'utilisation du robot et la gestion de l'alimentation en accord avec les cycles de développement des plantes et le besoin alimentaire des animaux devient donc fondamental (de Paula Reis, communication personnelle).

Figure 11 : Variations annuelles de la croissance herbagère dans le Nord de la région Pays de la Loire (Chambre d'Agriculture Pays de la Loire, 2012)



La pousse de l'herbe est fonction de plusieurs paramètres essentiellement météorologiques (mais aussi pédologiques). L'ensoleillement et la pluviométrie sont notamment primordiaux. A titre d'exemple, la chambre d'agriculture des Pays de la Loire a divisé la Région en trois zones selon le profil de pousse d'herbe (Figure 12) . Ainsi, en fonction de la répartition géographique, la pousse d'herbe sera différente (Chambre d'Agriculture, 2012).

Figure 12 : Carte de la Région Pays de la Loire indiquant les différentes zones de pousse de l'herbe (Chambre d'Agriculture Pays de la Loire)



Zone nord	La croissance de l'herbe est plus tardive avec des conditions froides de début de printemps et un ensoleillement limité. Les sols profonds et arrosés de ce secteur permettent de maintenir un bon niveau de croissance sur la 2 ^e partie du printemps et sur l'été.
Zone intermédiaire	Cette zone a le comportement de la zone sud au printemps (périodes 1 et 2) et celui de la zone nord sur l'été et l'automne.
Zone sud	Elle se distingue par un démarrage un peu plus précoce. Cette zone est ensuite marquée par un déficit hydrique qui pénalise la croissance dès le mois de juin et sur la période estivale.

Afin d'assurer les besoins dans un système 100 % herbager il est nécessaire de fournir 16 kg de MS/VL/j. Pour estimer la surface et le temps de rotation sur les pâtures, il est donc nécessaire de surveiller la pousse de l'herbe sur les pâtures grâce à un herbomètre ou « à la botte » (Chambre d'Agriculture, 2012).

Or comme vu précédemment, dans le cadre du STA, il est impératif d'homogénéiser la production laitière dans le temps. Cela passe par une homogénéisation de la prise alimentaire herbagère en qualité et en quantité. Dans cette optique d'homogénéisation on recommande l'utilisation de pâturage tournant non-simplifiée à celle du pâturage tournant simplifié. On entend par pâturage tournant simplifié un pâturage tournant dont la fréquence de rotation est plus faible, soit un changement de parcelle tous les 7 à 12 jours. Ce changement est décidé lorsque la production laitière baisse de 10 % par rapport au pic de production sur la parcelle, ce pic intervenant généralement autour du troisième ou quatrième jour.

De même, il est préférable de privilégier l'optimisation de la production de lait par vache que la production de lait par hectare. On parle alors de conduite libérale (Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire, 2012) qui vise à maximiser les performances de l'animal par l'ingestion au détriment de la valorisation de l'herbe à l'hectare. Dans le cadre de cette stratégie, on peut recommander un temps de séjour de 3 jours sur une parcelle avec une hauteur d'herbe à l'entrée de 10 cm, une hauteur de sortie de 5,3 cm. La surface de la parcelle sera alors calculée en fonction de la quantité d'animaux pâturant. Cette conduite permet alors une ingestion d'herbe de 17 kg de MS/VL/j et une valorisation herbagère de 1260 kg MS/VL (Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, 2012).

L'intégration de la pâture dans un système avec traite automatisée permet donc de répondre à une exigence sociale de plus en plus forte en respectant davantage les principes du bien-être animal et d'une agriculture intégrée. De plus, le pâturage représente une économie en matière de coût alimentaire conséquente. Economie qui est d'autant plus nécessaire dans le contexte d'investissement élevé représenté par la robotisation.

3. Aspects zootechniques influençant la fréquentation et la production en système de traite automatique pâturant

La mise en place du pâturage associé à un système de traite automatisé nécessite une réflexion sur le(s) mode(s) de circulation adapté(s). Trois instituts publics francophones étudient ce modèle et ses aspects zootechniques : la station expérimentale de Trévarez dans le Finistère, la station expérimentale de Derval en Loire Atlantique et la station expérimentale de Sart Tilman en Wallonie.

A. Le système de traite automatique pâturant avec robot fixe

a. La mise en route du pâturage : bien gérer la transition saisonnière et l'apprentissage

Les animaux ne peuvent pas pâturer de la même façon toute l'année. Les cycles de croissance herbagère étant fortement liés à la météo, la quantité de fourrage disponible à la pâture varie. Il faut donc savoir adapter son système de rotation en fonction de la disponibilité herbagère.

La transition au pâturage à la belle saison est une période délicate qui nécessite d'être réalisée rigoureusement pour minimiser les perturbations des individus, du troupeau et, *in fine*, de la production laitière. Cette réflexion s'applique quel que soit le type de circulation : guidée, libre ou intermédiaire.

La transition doit être douce pour pouvoir à la fois rythmer les animaux en accord avec le nouveau planning journalier et ménager un changement alimentaire. Il est recommandé, pour une stalle de traite saturée, de faire sortir en pâture les vaches en fin de lactation. Ces animaux sont moins sensibles aux changements alimentaires. De plus les vaches entre 0 et 100 jours de lactation bénéficieront de la baisse du chargement du robot et pourront augmenter leur fréquence de traite (Lacombe, 2019).

Pour habituer les animaux au nouveau système, il est recommandé de ne faire sortir les animaux que 1h30 le premier jour et d'augmenter la durée de sortie au fur et à mesure pour arriver au rythme voulu au bout de 10 jours de transition. Dans un premier temps, les paddocks les plus proches du robot seront privilégiés afin d'encourager le retour à la traite. Pour les grands paddocks, l'utilisation d'un fil avant, en plus de lisser la prise d'herbe, permet un éloignement progressif du robot, ce qui facilite l'habituement des vaches à ce système (Lacombe, 2019).

Pour les systèmes avec plusieurs parcelles à rotation quotidienne, il est nécessaire de commencer avec une parcelle par 24 heures. Quelques jours plus tard, le ou les autres paddocks prévus dans le plan de pâturage rotatif sont introduits. Dans un premier temps, les vaches sont poussées vers le second paddock via le robot quelques heures après leur arrivée sur le premier paddock. L'objectif est de faire comprendre au groupe la dynamique de la rotation des parcelles. Une fois que le principe de passage au robot pour changer de pâture est acquis, le rythme de routine peut être mis en place. Une sortie progressive au pâturage permet aussi de réduire le risque de météorisation spumeuse (Lacombe, 2019).

Le pâturage de nuit, est plus difficile à mettre en œuvre. Il est donc recommandé de placer les animaux dans les paddocks les plus proches du robot pendant la nuit. De plus, une sortie tardive du bâtiment permet de minimiser le risque de retard de traite au matin. Il sera possible, par la suite de décaler cette heure de sortie afin d'adopter le rythme de routine.

Dans le cadre d'une circulation libre contrôlée ou libre inversée (Figures 3 et 4), l'adaptation à la porte de tri est aussi une étape clé de la transition. Même si l'adaptation des vaches est relativement aisée après la première année d'introduction du pâturage, les génisses doivent être habituées chaque année à la porte de tri. Dans un premier temps, l'idée est de maintenir la circulation libre à travers la porte en désactivant le système pneumatique. L'objectif premier est d'habituer le troupeau au passage de la porte. Ensuite, la porte peut être activée mais elle doit orienter systématiquement les animaux vers les pâtures. L'objectif à ce stade est d'habituer les animaux aux mouvements de la porte tout en faisant le lien porte-pâturage. Quelques jours plus tard, la porte peut être réglée sur le fonctionnement prévu pour toute la saison de pâture. La période de transition peut s'étaler sur une à trois semaines (Lacombe, 2019).

La distribution d'une ration à l'auge le soir permet d'encourager la fréquentation du pâturage le matin en faisant sortir les animaux à jeun en début de journée. De plus, par association entre le bruit de la mélangeuse et la distribution de la ration à l'auge, la mélangeuse peut servir d'incitation au retour des pâtures vers le logement. En cas d'utilisation d'un fil avant, il est conseillé d'augmenter la disponibilité de l'herbe dans les pâtures en début de transition. Les animaux seront ainsi plus enclins à fréquenter le paddock (Lacombe, 2019).

b. Optimiser la fréquentation du robot de traite en pâture

La traite robotisée est compatible avec tous les types de pâturage. Cependant, il est nécessaire de bien réfléchir la stratégie en amont afin de faire le choix le plus adapté à son élevage. Il est possible d'organiser des systèmes sur des pâturages continus, tournant non simplifié, tournant simplifié, avec fil avant ou fil arrière.

- *Le cas de l'aire d'exercice simple*

Certains éleveurs optent pour une aire d'exercice en extérieur associée à leur système de traite automatisé. Cette aire d'exercice est de petite taille et n'est pas un pâturage à proprement dire puisqu'il ne fournit pas d'apport de fourrage aux animaux. L'objectif est donc de satisfaire le bien-être animal en donnant accès à un parc en extérieur. Cette aire d'exercice peut supporter une haute densité d'animaux, à condition que la portance du sol soit suffisante. L'aire d'exercice pourra donc être de petite taille et ainsi l'éleveur a la garantie que les vaches ne s'éloignent pas du robot. Dans ce modèle, on peut donc imaginer que, pour une aire d'exercice de petite surface et contigüe au bâtiment, le chargement maximal théorique du robot serait le même que pour un modèle STA 100 % bâtiment. Cependant aucune étude ne fait part d'un seuil maximal de chargement d'une stalle robotisée avec aire d'exercice.

L'aire d'exercice étant une prolongation du bâtiment, tous les types de circulation peuvent s'appliquer à ce modèle, y compris la circulation libre pourtant très peu contraignante. Cependant une étude a comparé le comportement et les performances zootechniques d'un lot bénéficiant d'une aire d'exercice en extérieur pendant 8,5 heures par jour et un lot disposant d'un accès à la pâture pendant la même durée. L'accès à l'aire d'exercice ou à la pâture se fait librement durant les périodes autorisées (4,5 heures le matin et 4 heures le soir). Le lot pâturant faisait l'objet d'une rotation sur 5 parcelles de surface semblable. Les deux lots ont été traités automatiquement par le robot car les deux lots partageaient le même bâtiment. Le lot pâturant a disposé d'une quantité limitée d'ensilage distribuée quotidiennement en intérieur, alors que le lot non pâturant a bénéficié d'ensilage à volonté, aussi en intérieur.

Concernant les performances zootechniques, la fréquence de traite a diminué pour les animaux pâturant (2,64 traites par jour) par rapport aux animaux ayant accès à l'aire d'exercice (2,76 traites par jour). En revanche, la quantité de lait produite par vache, ainsi que le taux butyrique n'ont pas été significativement différents entre les deux lots ($p < 0,05$).

D'importantes différences ont été constatées sur le plan comportemental. Les animaux du lot pâturant ont utilisé davantage leur accès à l'extérieur : ils ont utilisé 81 % du temps autorisé en extérieur tandis que les animaux disposant de l'aire d'exercice ont utilisé 41 % de ce temps. Les auteurs ont observé également une synchronisation plus importante des comportements de repos, d'alimentation ou de déplacement vers le robot du troupeau pâturant par rapport au lot non pâturant. Cette synchronisation du troupeau a entraîné d'importantes variations de fréquentions du robot au cours de la journée avec alternance de moments de saturation et de faible activité du robot (Kismul *et al.*, 2018).

- *Circulation sur une parcelle*

Certains modèles très peu intensifs proposent une circulation complètement libre entre le robot, le bâtiment et une parcelle unique accessible 24h/24 pour tous les animaux en lactation. Ce type de circuit impose cependant une faible saturation de la stalle de traite. Brocard *et al.* (2019) ont proposé que dans ce cas, un objectif de chargement de 55 vaches par stalle serait idéal. Obligatoirement, en cas de chargement plus important, avec une parcelle unique, les auteurs ont proposé l'intervention une fois par jour, en fin de journée, pour pousser les animaux dans le bâtiment contenant le robot. Ainsi, les vaches retournent une à une, après la traite, dans la parcelle qu'elles ont quittée.

L'exploitation expérimentale de Derval, en France, propose un modèle de circulation mixte libre/guidée avec une seule parcelle par jour. L'exploitation possède 74 vaches en lactation pour une stalle et propose deux types de conduite : une en période de transition hiver-pâturage et une en période plein pâturage. En période de transition, les animaux sont retenus au bâtiment de 18h à 8h du matin. A partir de 8h, les vaches traites depuis 00h sont poussées à l'extérieur par un opérateur, les autres sortent au fur et à mesure de leur traite. Une fois sortis les animaux ne peuvent plus rentrer au bâtiment pendant la matinée. A partir de 12h, la circulation entre le pâturage et le bâtiment est libre. A 18h, toutes les vaches sont rentrées au bâtiment. En période de plein pâturage, les animaux sont retenus au bâtiment de 18h à 21h. A partir de 21h, les vaches sortent à la pâture au fur et à mesure des traites jusqu'à 8h. Durant cette période de 21h à 8h, les animaux ne peuvent pas retourner au bâtiment. De 8h à 18h, la circulation est libre entre l'intérieur et l'extérieur. Ce type de conduite permet de limiter la diminution de la fréquence de traite entre l'hiver et la période de pâturage à 0,2 traite maximum par vache et par jour (Brocard *et al.*, 2019).

- *Rotation sur deux parcelles par jour*

De nombreux modèles proposent une rotation sur deux parcelles par jour. L'objectif est de créer du mouvement en continu autour du robot via une circulation guidée (Brocard *et al.*, 2019). Pour ce faire, il faut donc organiser son système sur de petites parcelles accessibles pendant de courtes périodes. Le temps de fréquentation de la pâture est fonction de sa taille et de son chargement. Pour une rotation à 2 paddocks par 24 heures, il faut pouvoir proposer 8 à 9 kg MS/VL/j et par parcelle sans complémentation en ensilage. Il est également possible d'utiliser un fil avant pour que les animaux aient chaque jour de l'herbe non pâturée dans la ration. Cela permet d'éviter la baisse de la qualité nutritive de la parcelle au fur et à mesure des jours de fréquentation (Brocard *et al.*, 2019). La surface à attribuer par vache et par jour dépend donc de la pousse de l'herbe. Ainsi, la Chambre d'Agriculture Pays de la Loire recommande les surfaces suivantes pour un régime 100 % herbager (tableau 2) :

Tableau 2 : Surface d'herbe nouvelle à proposer quotidiennement par vache en fonction de la pousse (Chambre d'Agriculture Pays de la Loire, 2012)

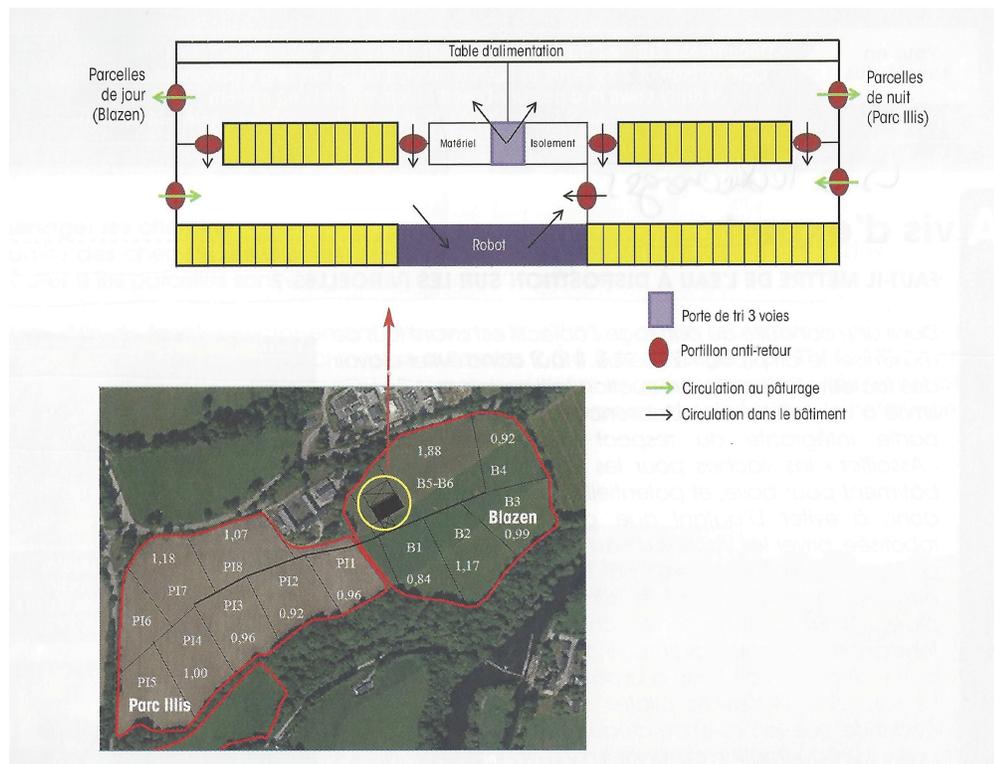
Croissance herbe	Surface d'herbe nouvelle par VL et par jour
40 kg MS/ha/j	40 ares
60 kg MS/ha/j	27 ares
80 kg MS/ha/j	20 ares

Ce type de système impose donc la variation de la surface des parcelles proposées en fonction de la pousse de l'herbe. Il est donc nécessaire de mesurer la croissance de l'herbe dans les parcelles.

Ce type de rotation rapide exige presque systématiquement l'installation d'une porte de tri automatique à deux-voies pour répartir les animaux à la sortie du robot vers la parcelle nouvellement autorisée en fonction de la disponibilité d'heure. Si le robot de traite se trouve proche de la sortie du bâtiment, il peut également faire office de porte de tri. Sinon, l'éleveur devra, par un jeu de fil, organiser lui-même la répartition des vaches en fonction de l'heure mais cela implique une astreinte horaire.

C'est ce type de rotation qui est proposée sur le site de la station expérimentale de Trévarez, en France dont le bâtiment et le parcellaire sont présentés en Figure 13. Les animaux ont accès à une pâture dite « de jour » de 8h à 17h et à une seconde parcelle dite « de nuit » de 17h à 8h. En début d'après-midi, les vaches restant depuis la veille sur la pâture de nuit, donc non traites depuis au moins 8 heures du matin, sont poussées dans l'aire d'attente au robot. Elles bénéficieront ainsi de 3 heures minimum de pâture de jour avant de retourner à la pâture de nuit. Autour de 21h, les animaux restant sur la parcelle de jour sont poussés au robot (Brocard *et al.*, 2019).

Figure 13 : Aménagement du site hivernal de la station expérimentale de la station de Trévarez (Brocard *et al.*, 2019)



Il est également possible d'adopter un type de conduite similaire avec un bâtiment. Les animaux sont tous rentrés en début et en fin de journée. Ils sont bloqués à l'intérieur le temps de réaliser les traites. Après la période de traite, les vaches peuvent circuler librement entre la parcelle de jour ou de nuit et le bâtiment (Brocard *et al.*, 2019).

En cas de très forte saturation de la stalle de traite, c'est à dire au-delà de 65 VL/stalle, il est important d'encourager les traites nocturnes. Il est donc possible de retenir les animaux en intérieur puis de les laisser sortir après la traite du matin. Il est aussi possible d'ouvrir une nouvelle parcelle en milieu de nuit, les vaches changent alors seules de pâture en passant par le robot. Il est aussi possible d'installer un éclairage sur le robot afin d'augmenter son attractivité (visibilité) pendant la nuit (Brocard *et al.*, 2019).

- *Rotation sur plus de deux parcelles par jour*
 - Avec un seul lot dans le troupeau en lactation

Différentes études montrent qu'une rotation des animaux sur plus de deux pâtures a un effet positif sur la production (Lyons *et al.*, 2013 ; Green, 2013). En effet, le fait d'augmenter le nombre de pâtures sur 24 heures revient à diminuer la quantité d'herbe nécessaire par parcelle. Pour passer à une pâture plus riche en herbe car nouvellement accessible au troupeau, la vache devra passer par le robot. Ce système impose donc une circulation guidée. Le robot bénéficie donc de la haute attractivité de l'herbe nouvelle. Par conséquent, la fréquence de traite et la production laitière par animal augmentent pour les troupeaux bénéficiant d'une rotation sur 3 parcelles par 24 heures en comparaison à un troupeau tournant sur 2 parcelles par 24 heures (tableau 3). Cet effet est variable selon les individus. La plus forte augmentation de production dans un système à 3 parcelles/jour concerne les vaches en milieu et fin de lactation. En effet, les animaux en début de lactation ont un très fort besoin énergétique. L'herbe nouvellement proposée est donc très fortement attractive. Lorsque seulement deux parcelles par jour leur sont proposées, leur intervalle de traite est déjà très faible (18h en moyenne), l'offre d'une parcelle supplémentaire ne fait que réduire faiblement cet intervalle à 14h. Ainsi, les vaches en milieu et fin de lactation, attirées par l'herbe de la nouvelle pâture peuvent réduire leur intervalle de traite moyen grâce à l'augmentation du nombre de parcelles (Lyons *et al.*, 2013).

Tableau 3 : Fréquence de traite des animaux en début, milieu et fin de lactation pour un lot pâturant sur 3 parcelles par 24h et un lot pâturant sur 2 parcelles par 24h (Lyons, 2013)

	Animaux en début de lactation	Animaux en milieu de lactation	Animaux en fin de lactation
Rotation sur 3 parcelles par 24h	1,80	1,78	1,77
Rotation sur 2 parcelles par 24h	1,43	1,26	1,14

Le fait d'avoir un temps plus limité accordé à chaque pâture implique de pousser au robot les vaches non traites plus régulièrement. Ainsi, les animaux qui ne se feraient repousser qu'une fois par jour dans un système à 2 parcelles le sont deux fois dans un système à trois parcelles ce qui implique une contrainte de temps de travail plus forte. L'augmentation de la fréquentation du robot entraîne également une distribution plus importante de concentrés et donc une hausse supplémentaire de la production laitière (Lyons *et al.*, 2013).

Les conclusions diffèrent sur le nombre optimal de parcelles. Lyons *et al.* (2013) insistent sur le fait de ne pas dépasser trois parcelles par 24 heures. Les auteurs expliquent qu'au-delà de cette limite les animaux ne passent pas assez de temps sur les parcelles pour pouvoir exploiter l'intégralité de l'herbe. D'autres auteurs estiment quant à eux qu'il est possible de faire une rotation sur 4 pâtures par 24 heures afin d'augmenter encore la fréquentation du robot. Il faut cependant également prendre en compte l'astreinte qu'un tel modèle représente pour l'éleveur.

Dans ce type de système intégrant de multiples parcelles, l'objectif est de proposer dans chaque paddock 6 kg de matière sèche d'herbe par vache et par jour et une hauteur d'herbe inférieure à 5 cm en fin de rotation. Il faut donc changer de trio de parcelles lorsque cette hauteur est atteinte (Brocard *et al.*, 2019).

□ Avec deux lots dans le troupeau en lactation

Il est possible, pour optimiser le temps du robot et les rotations de parcelles, de diviser le troupeau en deux lots pendant la journée. La nuit, toutes les vaches sont rassemblées sur une seule parcelle dite parcelle de nuit. Elles peuvent aller dans le bâtiment où se trouve le robot mais ne peuvent pas en ressortir. En début de matinée, toutes les vaches restantes dans la parcelle de nuit sont poussées à l'intérieur du bâtiment, elles sortent en parcelle de jour après la traite. Les vaches traites en première partie de matinée sont orientées vers la parcelle de jour 1. Les vaches traites en seconde partie de matinée sont orientées vers la parcelle de jour 2. Les vaches présentes dans la parcelle 1 ou 2 ne peuvent pas revenir au robot. En début d'après-midi, les vaches de la parcelle de jour 1 sont poussées au bâtiment, elles sortent au fur et à mesure de leur traite dans la parcelle de jour 2, tout le troupeau se retrouve donc dans cette parcelle. En fin de journée, toutes les vaches sont poussées au bâtiment et ressortent au fur et à mesure de la traite dans la parcelle de nuit (Brocard *et al.*, 2019).

Pour optimiser la fréquence de traite, on peut également imaginer un système d'allotement en fonction du stade de lactation. Ainsi, le même système est utilisé mais les hautes productrices passent dans la parcelle 1 et le restant du troupeau dans la parcelle 2. En fin de matinée les vaches hautes productrices de la parcelle 1 passent en parcelle 2 au fur et à mesure de la traite. Une fois le troupeau réuni en parcelle 2, tout le troupeau passe au bâtiment et ressort dans la parcelle de nuit au fur et à mesure de la traite (de Paula Reis, communication personnelle).

c. Les artifices pour améliorer l'attractivité du robot en système pâturant

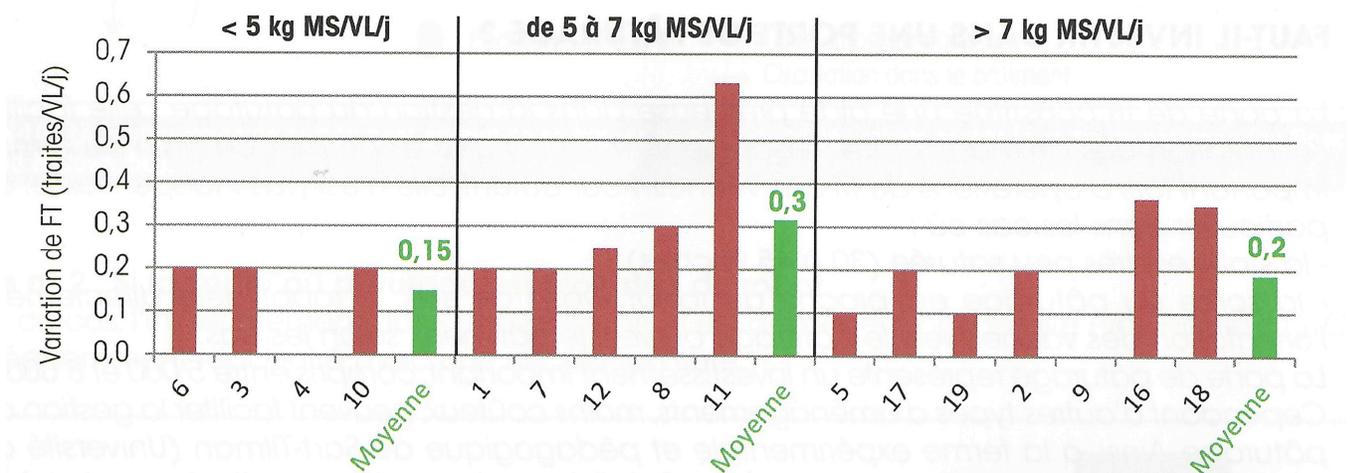
- *Rôle du fourrage complémentaire à l'auge*

Afin d'optimiser la fréquentation au robot en encourageant le retour au bâtiment, il est aussi possible de poursuivre la distribution de fourrage à l'auge.

L'étude de Bargo *et al.* (2003) montre l'effet d'une supplémentation d'ensilage d'herbe à volonté comparé à l'effet d'une supplémentation restreinte du même ensilage dans un contexte de pâtures distantes (365 m en moyenne). Les animaux disposant d'ensilage d'herbe à volonté ne montraient pas d'augmentation de la production ni de la fréquentation comparés aux animaux supplémentés avec 3 kg de matière sèche d'ensilage par animal et par jour. Ces résultats sont en accord avec d'autres publications précédentes. La supplémentation par de l'ensilage d'herbe lorsque les animaux ont un accès illimité à la pâture, même lointaine, apparaît donc comme une dépense inutile.

Pour les fermes du programme CASDAR « Robot de traite et pâturage », une petite quantité de fourrage distribuée à l'auge (moins de 5 kg MS/VL/j) a suffi à maintenir une fréquentation au robot équivalente en période de pâturage et en période hivernale (Figure 14). Cependant, il est important de noter que lors de la distribution de faibles quantités de fourrage, les animaux peuvent ingérer des quantités très variables. Pour limiter ce risque, il est nécessaire de distribuer les aliments lorsqu'une grande partie du troupeau est présente dans le bâtiment, puis de les bloquer à l'auge par la suite. La distribution en soirée présente un avantage double. Elle permet le retour des animaux au robot le soir et donc de favoriser les traites tardives. De plus, grâce à ce type de distribution, les animaux sortent à jeun à la pâture le lendemain matin. La prise d'herbe est ainsi optimisée (Brocard *et al.*, 2019).

Figure 14 : Ecart de fréquence de traite entre la période hivernale et la période de pâturage en fonction de la quantité de fourrage complémentaire distribuée à l'auge dans les fermes du programme CASDAR « Robot et pâturage », les numéros en abscisse correspondent au numéro des fermes de l'étude (Brocard *et al.*, 2019)



- *Rôle des concentrés sur l'attractivité du robot*

Les concentrés sont conventionnellement le moyen de motivation privilégié pour amener les animaux volontairement au robot. Cependant, en système pâturant, l'économie réalisée sur les concentrés est essentielle à la viabilité économique du modèle. L'objectif est donc d'utiliser intelligemment les concentrés afin d'en tirer le plus d'effets bénéfiques tout en en utilisant le minimum.

Une hausse de l'apport en concentrés permet, certes une augmentation de la fréquentation du robot, mais, le nombre de traites autorisées étant fixe, elle entraîne également une hausse du nombre de refus de traite (refus de traire une vache lorsqu'elle passe par le robot trop tôt par rapport à la prochaine traite autorisée). Ceci est d'autant plus vrai lorsque l'herbe est disponible en faible quantité. Ainsi, quelle que soit la quantité de concentrés allouée, la fréquence de traite moyenne ne change pas ou de façon assez marginale, sauf en ce qui concerne les primipares, dont la fréquence de traite est augmentée avec l'augmentation de l'apport en concentrés (Brocard *et al.*, 2019).

Toutefois, il est nécessaire de souligner que la quantité de lait produit par traite est plus importante lorsque l'apport en concentré est plus élevé. Les variations de production entre les animaux hautement complémentés et ceux faiblement complémentés sont encore plus importantes en cas de faible disponibilité d'herbe en pâture (Jago *et al.* 2007).

Une étude néo-zélandaise expose l'influence de la complémentation en concentrés au robot sur un système extensif avec pâturage toute l'année. Les vaches issues de races différentes (Jersiaises, Ayrshire, Frisonnes et croisées) ont été divisées en deux lots, un avec l'apport de 1 kg de concentré au robot et un sans apport de concentré au robot. Les animaux disposaient de deux pâtures par jour. Chaque jour un nouveau couple de pâture est mis à disposition des animaux. Au centre des paddocks, une porte de sélection permettait de guider les animaux autorisés au robot de traite. Il a été montré que la complémentation au robot permettait l'augmentation de la fréquentation de l'unité de sélection et la production individuelle. En revanche, la fréquence de traite est restée similaire entre le lot complémenté et le lot sans concentrés au robot. L'absence de concentrés au robot, n'a modifié ni le comportement des vaches durant la traite ni le nombre d'animaux à pousser au robot manuellement. Il est donc possible de mettre en place un système pâturant de traite automatisée sans complémentation en concentrés (Jago *et al.*, 2007).

En France, certaines fermes pilote du programme CASDAR « Robot de traite et pâturage » ont essayé des alternatives à l'utilisation de concentrés industriels comme moyen d'attraction au robot. La baisse d'utilisation de concentrés par rapport à la période hivernale a été une constante chez toutes les fermes du programme. Plusieurs fermes ont réduit jusqu'à 0,5 à 1 kg de concentrés par VL et par jour au pâturage. D'autres éleveurs ont supprimé les concentrés pour les vaches en fin de lactation. D'autres encore ont opté pour la distribution d'un concentré autoproduit au robot (à base d'un mélange de mélasse et de céréales aplaties) (Brocard *et al.*, 2019).

En Irlande, certains troupeaux fonctionnent en 100 % herbe, sans concentrés ni fourrage complémentaires. Il faut garder à l'esprit que les animaux qui ne disposent pas de concentrés distribués au robot nécessitent une autre source de motivation. En Irlande, les animaux bénéficient de 3 paddocks par 24h (Brocard *et al.*, 2019). En France, la plupart du temps, la baisse de distribution de concentrés implique une hausse de l'intervention de l'éleveur pour pousser les vaches au robot (Brocard *et al.*, 2019).

Ainsi, pour conclure, l'apport de concentré au robot n'augmente pas forcément la fréquence de traite mais peut augmenter la quantité de lait par traite. Il est possible de réguler la quantité de concentré disponible en fonction de la qualité de la pâture. Lorsque les pâtures sont pauvres en herbe, l'augmentation de la quantité de concentré aura un effet positif sur la production. Pour les primipares, pour lesquelles l'impact est d'autant plus important, il est donc nécessaire de leur apporter une ration plus riche en concentrés au robot (Lessire, 2017). Les élevages optant pour l'élimination du concentré au robot doivent travailler sur des alternatives pour motiver les vaches à se déplacer au robot.

- *Rôle de l'eau sur l'attractivité du robot*

Afin d'augmenter l'attractivité du robot, il est possible de conditionner l'accès à l'eau à un passage par le robot. Une étude a comparé un modèle où l'eau était accessible dans les pâtures, l'aire de collecte, l'aire d'attente et la sortie du robot et un modèle où l'eau n'est accessible que dans l'aire de collecte, l'aire d'attente et à la sortie du robot (Jago, 2003). Les résultats ont montré une légère augmentation de la fréquentation du robot quand les pâtures étaient dépourvues d'accès à l'eau. La quantité de lait produit a augmenté également dans le modèle où la possibilité de boire était liée à l'utilisation du robot. Cependant, ces résultats n'ont pas été significativement différents entre les différents lots. De plus la quantité d'eau consommée est restée la même, quel que soit le modèle. Ainsi, il est difficile d'estimer l'importance de l'eau comme biais d'attraction pour le robot (Jago, 2003). Enfin d'un point de vue bien-être animal la restriction de l'accès à l'eau sur la seule aire d'attente pose question, surtout si les animaux sont interdits d'accès à la zone de traite pendant une période de la journée (de Paula Reis, communication personnelle).

Dans un modèle pâturant, l'objectif est d'optimiser la production laitière par surface de pâture. Il faut donc éviter les facteurs limitant la production de lait. La restriction de l'accès à l'eau paraît donc contre indiquée. En pâture, l'herbe représente un fourrage riche en eau, *a fortiori* lorsque le climat est humide. Le fait de mettre des abreuvoirs uniquement au bâtiment n'aurait donc pas d'effet sur la fréquentation du robot. En période sèche, les animaux retournent d'eux-mêmes au bâtiment pour profiter d'une ambiance souvent plus fraîche. Ces postulats généraux vont dans le sens des observations faites parmi les élevages pilote du programme CASDAR « Robot de traite et pâturages ». En effet, au sein de ce groupe, 50 % des fermes disposaient d'un accès à l'eau à la pâture et 50 % n'en avaient pas. Le lot « eau au pâturage » a présenté une diminution de la fréquence de traite de 0,3 traite/VL/j alors que le lot « pas d'accès à l'eau au pâturage » a présenté une diminution de 0,2 traite/VL/j par rapport à la période hivernale (Brocard *et al.*, 2019).

Il est également possible de placer les accès à l'eau dans les couloirs d'accès au robot. Cela permet d'encourager le trafic entre le robot et les parcelles tout en évitant les arrivées massives au robot ou dans la parcelle. Cette option a été choisie par la station expérimentale de Trévarez (Brocard *et al.*, 2019).

d. Rôle de la distance robot-pâtures

La distance entre les parcelles et le robot de traite représente un enjeu majeur dans le système de traite automatique pâturant. En bâtiment, peu importe le type de circulation, les animaux sont à proximité immédiate du robot. La plupart du temps, le robot est visible quel que soit la localisation de l'animal dans la stabulation. Cette étroite proximité assure une fréquentation correcte de la stalle de traite, même en circulation libre. Cependant, en incluant le pâturage au système, les animaux se retrouvent obligatoirement éloignés du dispositif de traite automatique. Plusieurs études ont donc essayé de mettre en évidence l'importance de cet éloignement sur la fréquentation du robot. Le Dr Ketelaar et son équipe sont les premiers à avoir questionné le lien entre la distance maximale possible entre la parcelle et le robot et la fréquentation de ce dernier. Les auteurs n'ont pas observé de différence de fréquentation du robot entre les groupes pâturant jusqu'à 400 m de distance du robot (Ketelaar *et al.*, 1999).

Plusieurs études viennent remettre en question les résultats de Ketelaar *et al.*, tout en confirmant l'impact de l'éloignement sur la fréquentation. Spörndly et Wredle (2004) ont rapporté une baisse de fréquentation dès 260 m d'éloignement. Ketelaar *et al.* (2000) sont également revenus partiellement sur leur résultat de 1999 pour établir une distance limite à 360 m, au-delà de laquelle la fréquentation du robot diminue. Plus récemment, l'étude de Lyons (2013) a fait le constat d'une baisse de fréquentation du robot pour un lot situé à 78 m du robot de traite. Enfin une étude néo-zélandaise démontre que les animaux d'un troupeau peuvent faire des aller-retour robot pâture de 1,8 km maximum. Dans ce système cependant, la fréquence de traite moyenne reste faible selon les standards européens : 1,3 traite par vache et par jour. Dans ce cas, la viabilité économique de ces exploitations est fortement dépendante du faible coût du pâturage (en incluant le prix du foncier, un vrai avantage dans le système Néo-zélandais par rapport au modèle français). De plus, la pâture fournit la quasi-totalité de l'alimentation du troupeau en Nouvelle Zélande (Woolford *et al.*, 2004).

Un autre aspect lié à la distance entre la parcelle et le robot est la dépense énergétique liée aux déplacements. Dans leur étude de 2004, Spörndly et Wredle en ont proposé une analyse d'un point de vue métabolique ainsi que sa concurrence avec la production laitière. Selon les auteurs, pour une parcelle située à 360m de distance du robot, si les animaux se déplacent au robot entre 2 et 3 fois par jour, cela correspond à une distance de 1,4 à 2 km par jour parcourus en plus par rapport aux vaches situées en bâtiment. L'énergie nécessaire pour parcourir cette distance correspond à 5 % du besoin énergétique d'entretien journalier soit l'équivalent en énergie pour produire 0,5 à 1kg de lait d'après le Nutrient Requirements of Dairy Cattle (2001). Si la pâture ne peut pas fournir cette énergie supplémentaire nécessaire aux déplacements, il est donc inutile de la valoriser.

Dans une configuration idéale, le parcellaire devrait donc encercler le bâtiment hébergeant le robot. Ainsi, toutes les pâtures sont à égale distance de la stalle de traite et cette distance est réduite au minimum. Cela facilite également le passage par le robot pour accéder à une nouvelle pâture. Cependant, cette configuration du parcellaire est peu fréquente. Certaines parcelles se trouvent donc loin du robot avec les effets vus précédemment. Un dispositif particulier a donc été testé par Jago *et al.* (2004) afin de réduire l'impact de la distance sur la fréquentation du robot : un paddock de tri situé à l'intersection des pâtures. Ce dispositif dispose d'un accès à l'eau alors que les pâtures en sont dépourvues. Lorsque l'animal veut changer de pâture ou consommer de l'eau, il entre dans le système de tri. Une fois à l'intérieur il est dirigé soit vers le robot puis vers la nouvelle pâture soit vers l'ancienne pâture si l'intervalle minimal de traite n'est pas écoulé. Dans cette étude, les pâtures étaient distantes de 180 m par rapport à la stalle de traite. Les résultats montrent que pour un intervalle de traite minimal autorisé de 6h, les animaux sont traités en moyenne 1,9 par jour pour une production moyenne quotidienne de 22,8 kg de lait. Ces chiffres sont supérieurs à ceux établis pour un troupeau de la même taille disposant de parcelles à la même distance mais sans dispositif de sélection (Jago *et al.*, 2004).

Le relief joue également un rôle en minorant la fréquentation du robot même à courte distance. En effet, le relief serait d'autant plus dissuasif que le bâtiment n'est pas visible depuis une partie de la pâture. Une ferme du programme CASDAR « Robot de traite de pâturage » disposait d'une parcelle très pentue. Lorsque le troupeau pâturait à cet endroit, les auteurs ont constaté une forte diminution des déplacements au robot (Brocard *et al.*, 2019).

e. Rôle de la qualité de la pâture

Comme vu précédemment, le nombre de parcelles a un effet important sur la fréquentation du robot. Le fait de disposer de nombreuses parcelles permet d'offrir de l'herbe nouvelle aux animaux. L'offre d'herbe fraîche est le facteur de motivation de fréquentation du robot. Ketelaar *et al.* (2000) ont rapporté l'importance de la hauteur de l'herbe sur la fréquentation du robot. Les animaux de leur étude avaient à disposition une pâture nouvelle tous les 4 jours. Ils avaient également la possibilité d'être en intérieur ou en extérieur la journée et étaient maintenus en intérieur la nuit. Les résultats ont montré que plus la hauteur de l'herbe pâturée baissait, plus la fréquence de traite moyenne augmentait. En revanche le nombre de refus de traite est indépendant de la hauteur de l'herbe. Les vaches présentes sur une parcelle avec de l'herbe en grande quantité sont donc plus réticentes à fréquenter le robot. Ce paramètre est d'autant plus important dans un contexte où le pâturage est utilisé sans complémentation à l'auge pendant plusieurs jours de suite (Ketelaar *et al.*, 2000).

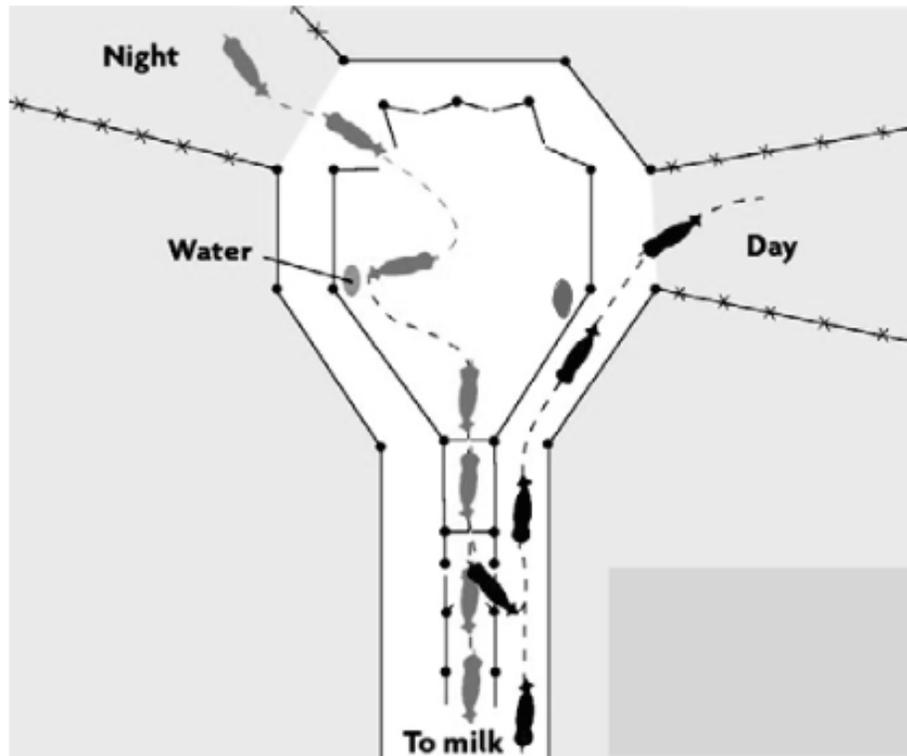
En plus de la distance au robot, les conditions météorologiques apparaissent comme un facteur important de la fréquentation. L'effet météorologique agit essentiellement sur la qualité des pâtures. Spörndly et Werdle (2004) ont mis en évidence l'importance de la période de pâture sur la fréquentation du robot de traite. Ainsi, pour une même distance au robot, les auteurs ont évalué le comportement du troupeau à la pâture sur deux périodes estivales en Suède: 1 période début juillet et une période fin août. Les animaux disposaient d'une complémentation à l'auge de 3 kg de MS/ animal d'ensilage et d'herbe et de 1 kg de foin par jour et par animal. En plus, des concentrés ont été distribués au robot à raison de 0,5 kg par visite. Fin août, la fin de la saison de pâture approchant, l'herbe poussait moins vite et était donc disponible en moins grande quantité dans les parcelles. De plus, la valeur nutritive de l'herbe est diminuée par rapport au début de l'été. Au début de la période estivale, les animaux présentaient un grand intérêt pour la pâture. Ainsi, les auteurs ont observé une différence de production due à la baisse de fréquentation pour les animaux qui disposaient d'un accès à des pâtures éloignées du robot par rapport au groupe disposant de pâtures proches du robot. A l'inverse, en fin d'été, les animaux disposant de pâtures éloignées restaient plus dans le bâtiment. De nombreux animaux ont été observés allongés dans les couloirs d'accès aux pâtures. Par conséquent, sur cette période pauvre en herbe (fin de période estivale), les animaux ayant accès aux parcelles éloignées et les animaux ayant accès aux parcelles proches ont présenté des moyennes de fréquentation et de production laitière équivalentes. Ce comportement de baisse de fréquentation des parcelles éloignées associé à la diminution de la matière sèche disponible engendre une perte de poids qui appelle à une complémentation à l'auge par l'éleveur. Ce dernier doit donc être à l'écoute de son troupeau et du comportement de celui-ci vis à vis de l'utilisation des pâtures afin d'adapter la conduite.

Les effets de la qualité de la pâture sur le comportement ont été rapportés par Lyons *et al.* (2013). Leur étude a démontré que lorsque la pâture s'épuise, les animaux passent une plus grande partie du temps en pâture à ruminer et non à brouter. Cette observation est contraire à celle faite en système de traite conventionnel par Chilbroste *et al.* (2012). En effet, cette étude concluait que, pour pallier la diminution de la quantité d'herbe disponible sur la pâture les animaux passaient plus de temps à brouter. Or en système de traite automatique avec rotation rapide des parcelles, les animaux ont un accès possible à la nouvelle parcelle peu de temps après l'épuisement de la parcelle sur laquelle ils se trouvent. Les vaches, au lieu de brouter davantage, se dirigent préférentiellement vers le robot pour avoir accès à la nouvelle parcelle. La rotation rapide des parcelles permet donc une adaptation comportementale des bovins face à la pénurie.

f. Effet de l'intervalle minimal de traite

Les réglages du robot ont aussi une grande importance sur la fréquentation du robot de traite. Différents auteurs ont montré que la baisse de l'intervalle minimal de traite permet une hausse du nombre de traites journalières (Jago, 2007 ; Jago, 2004). Ainsi les animaux avec un intervalle minimal de traite de 6h présentent une moyenne de 1,9 traites quotidiennes. En revanche les animaux ayant un intervalle de traite minimal de 12h ne sont traités par le robot que 1,4 fois par jour. De plus, les vaches avec un intervalle de traite minimal de 12h produisent une quantité de lait journalière équivalente aux animaux pouvant retourner au robot toutes les 6 heures. Lorsqu'un paddock de tri est accessible (Figure 15), les animaux avec un intervalle de traite minimal de 12h visitent davantage le dispositif de tri que le groupe avec un intervalle de traite minimal de 6 heures. Ceci peut être expliqué par le fait que les animaux avec un intervalle de traite long font face à davantage de refus d'accès au robot ou à la pâture nouvelle.

Figure 15 : Exemple du dispositif de tri utilisé dans l'expérience de Jago *et al.* (2007)



Ces résultats montrent l'intérêt de paramétrer le robot avec un intervalle de traite minimal faible pour les hautes productrices uniquement. En effet, un intervalle de traite minimal de 6 heures n'aura pas d'impact sur la quantité de lait journalière produite par les animaux en dehors du pic de lactation. Enfin, les auteurs ajoutent qu'avec un intervalle minimal de 12h, l'intervalle de traite moyen est de près de 17 heures. Or les publications montrent que la production laitière moyenne ne diminue qu'à partir d'un intervalle de traite supérieur ou égal à 18h (Woolford *et al.*, 1985 ; Davis *et al.*, 1999). Cette dernière information vient soutenir les conclusions précédentes.

Cette partie met donc en avant les différents modèles pâturants possibles pour un robot de traite fixe. Les différents facteurs influençant l'efficacité de ce modèle sont également exposés. On retiendra donc que :

En fonction du type de pâturage, de la fréquence de rotation, du nombre de parcelles et de la productivité des animaux le chargement maximal du robot varie ;

La distance pâtures-robots et le relief ont un impact négatif sur l'attractivité du robot ;

La qualité de la pâture et le nombre élevé de parcelles proposées sur 24h ont un impact positif sur la fréquentation du robot ;

La distribution de fourrage à l'auge n'a un effet positif que si l'accès à la pâture est limité ou si la distribution se fait en soirée ;

La quantité de concentrés au robot a un impact positif sur la production laitière mais son bénéfice est à mettre en regard du coût des concentrés et de l'importance de l'accès à la pâture ;

L'intervalle minimal de traite court a un impact productif positif essentiellement sur les vaches laitières hautes productrices ;

L'accès restreint à l'eau n'a que peu voire pas d'impact sur l'attractivité du robot ;

Le chargement du robot doit être réfléchi en fonction des paramètres d'attractivité de ce dernier et des objectifs de production.

B. Le robot de traite mobile

a. Utilité du robot de traite mobile

Comme vu auparavant, l'association des robots de traite au pâturage comporte de nombreuses contraintes principalement liées au parcellaire de l'exploitation. De plus, les pâtures ne sont pas nécessairement disposées autour du bâtiment et de la zone de traite. Au contraire, la tendance va au morcellement du parcellaire, ce qui implique un éloignement des animaux par rapport au robot de traite. Dès lors, les obstacles (routes, pâtures des voisins, champs, etc.) sont parfois trop importants pour permettre raisonnablement l'installation d'un robot de traite fixe en système pâturant. Enfin, la pratique particulière de l'estive est aussi incompatible avec l'utilisation d'un robot fixe. En effet, la migration progressive des troupeaux vers des altitudes élevées entraîne un éloignement trop important des animaux par rapport au robot. Le robot de traite mobile peut donc être une solution pour ces types d'exploitation afin de faire tourner le robot autour des parcelles plutôt que de déplacer le troupeau des parcelles vers le robot.

b. Présentation du concept et des différents appareils

Plusieurs appareils ont été développés depuis 2007. Cependant seul un modèle est disponible à la vente : le robot RDS Futureline de la société danoise SAC Christensen. La plupart des modèles actuels de robot mobile sont utilisés dans des stations expérimentales. Certains modèles sont également en cours d'exploitation chez des éleveurs allemands et norvégiens.

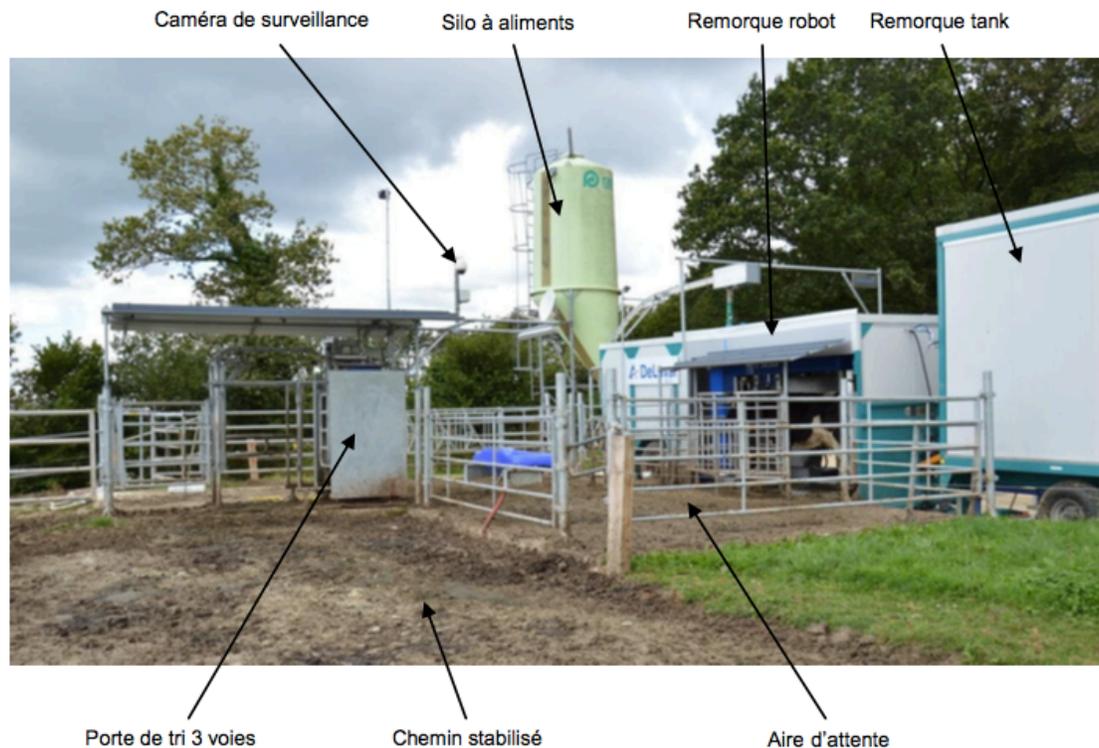
L'objectif est de rendre mobile le robot bien sûr mais également l'intégralité de l'installation liée à la traite. Ainsi, en plus du dispositif robotisé, il faut également intégrer à l'installation mobile : une alimentation en électricité, de l'eau et des consommables (concentrés, produits de traitement, etc.), un dispositif de gestion des effluents, un dispositif de stockage du lait destiné à la vente et un dispositif de stockage du lait impropre à la vente. Enfin, il faut ajouter à cela, une aire d'attente (Meigant, 2014).

Concernant la mobilité, les différents modèles développés se répartissent en deux types : dans le premier cas, l'ensemble du dispositif est déplaçable via un véhicule de traction ou par autolocomotion (Figure 16). Les modèles de ce type sont peu nombreux et concernent notamment l'unique dispositif commercialisé. Ce dispositif a vocation à être déplaçable quotidiennement et de façon autonome par l'éleveur. L'autre concept est nommé « plug and play ». L'installation se divise en deux remorques. La première contient le robot, le compresseur et la pompe à vide et la seconde le tank à lait. Ce type de modèle est exploité par l'université de Liège en Belgique et par la station expérimentale de Trévarez en France (Figure 17). Le déplacement de ce robot mobile est complexe, il nécessite du temps et de la main d'œuvre. Ils ont donc vocation à n'être déplacés que quelques fois dans l'année. Dans les deux fermes expérimentales, ils sont déplacés une fois par an, les pâtures étant séparées en un bloc hivernal et un bloc estival. Sur le site hivernal, le robot est placé à l'intérieur du bâtiment. Le bâtiment étant entouré de parcelles, le site fonctionne comme un robot de traite fixe classique.

Figure 16 : Robot mobile commercialisé RDS Futureline SAC Christensen (Brocard, 2013)



Figure 17 : Robot de traite mobile de Trévarez (Meigant, 2014)



Cependant, le degré d'autonomie du robot varie en fonction du type de modèle. Le premier modèle, hautement mobile, n'est pas raccordé aux alimentations en électricité, eau, et dispositif de traitement des eaux usées. L'éleveur doit donc d'une part réalimenter le robot en consommables, en eau et en énergie et d'autre part assurer l'évacuation des déchets. Ces opérations exigent au minimum 2 à 3 heures de travail tous les 2 à 3 jours en plus du temps consacré au déplacement du robot en lui-même. Le second type de robot, moins mobile, est conçu pour être complètement autonome une fois mis en place. Il est raccordé à une alimentation en eau, en électricité et aux traitements des eaux blanches et vertes.

De plus, le degré de mobilité de l'installation a également un impact sur l'attention consacrée à l'aire d'attente. En temps normal, le robot hautement mobile implique un traitement *a minima* de cette zone, le déplacement quotidien de l'installation assurant une faible mobilisation des sols. Selon les modèles de robot, le sol de l'aire d'attente est soit laissé intact, dans ce cas il est composé d'herbe ; soit recouvert de copeaux de bois. On note toutefois qu'en cas de fortes précipitations, la portance du sol peut être insuffisante même pour un passage de seulement 24 heures.

Le robot à faible mobilité exploité en Belgique et en France exige un traitement particulier de l'aire d'attente. Des caillebotis sont placés sur la zone. Le robot de Liège, antérieur à celui de Trévarez, dispose de caillebotis placés sur des copeaux de bois. Cependant le ruissellement des eaux entraîne un drainage des copeaux vers les fosses à lisiers. Le dispositif de Trévarez, inspiré de celui de Liège a tiré les leçons de son aîné et présente une aire d'attente avec des caillebotis placés sur fosse directement (communication personnelle de Valérie Brocard).

c. Gestion des troupeaux dans un contexte d'utilisation de robot de traite mobile

Selon les études, trois types de système peuvent être adoptés. Le pâturage continu laisse à la disposition des animaux une grande parcelle pendant plusieurs jours d'affilé. Les animaux changent alors de parcelle en même temps que le robot de traite.

Le pâturage tournant avec fil avant consiste à augmenter la surface pâturable jour après jour en déplaçant le fil de la pâture vers une surface non pâturée. Dans le contexte de traite automatisée mobile, afin de ne pas augmenter la distance robot-pâture, le robot est placé au centre de la pâture et le fil mobile décrit une droite entre le robot et la limite de la pâture. Lors que le fil est déplacé, le point proximal au robot est fixe tandis que le point distal est placé en avant du point d'attache précédent. L'alternance entre une parcelle diurne et une parcelle nocturne est également une option de pâturage associé à un robot mobile. Enfin, il est possible de réaliser un système mixte avec une rotation entre une parcelle diurne et une parcelle nocturne, toutes les deux soumises à une gestion type fil avant.

Dans toutes les expériences actuellement testées, aucun fourrage n'est ajouté à la ration des vaches aux pâturages, sauf en cas de sécheresse importante. La quantité de concentrés varie de 2 à presque 6 kg/VL/j, mais reste dans la plupart des cas limitée à 3 kg/VL/j (Brocard *et al.*, 2019).

La plupart des études ont été menées sur des troupeaux de Prim'Holstein ou bien des croisements Prim'Holstein x race laitière nordique voire de croisements à trois voies : Prim'Holstein x laitière nordique x Montbéliarde.

Le robot de traite mobile s'adapte aux circulations libre et guidée. Enfin, plusieurs moyens de motivation de fréquentation au robot similaires à ceux décrits plus haut, peuvent être ajoutés à la distribution de concentrés. Il est possible de faire varier la fréquence de rabattage manuel des vaches non-traites.

d. Performances zootechniques

- *Effet de la distance robot-pâturage*

Comme en pâturage avec robot de traite fixe, l'effet de la distance robot-pâturage est primordial sur la fréquence de traite. Les modèles étudiés en robot mobile permettant un éloignement maximal de moins de 100 m du robot présentent une fréquence supérieure à 2 traites/j (Brocard *et al.*, 2019). Les modèles permettant un éloignement de 400, 500 voire 1 000 m constatent, le plus souvent une baisse de la fréquence de traite, ce qui correspond sensiblement aux résultats obtenus sur les modèles fixes.

- *Effet du type de gestion des parcelles*

Le type de gestion des pâtures peut aussi avoir un effet déterminant sur la fréquentation du robot et, par conséquent, sur la quantité de lait produite.

Ainsi, le pâturage continu, bien que simple et peu contraignant pour l'éleveur, est le modèle qui affiche la fréquentation la plus faible. Ce résultat s'explique par la diminution de la quantité et de la qualité de l'herbe disponible sur la pâture après plusieurs jours de fréquentation. De plus, une parcelle fréquentée plus longtemps nécessite d'avoir une plus grande surface. De fait, la distance au robot est plus importante dans ce modèle de pâturage.

Le système avec fil tournant avant régule de façon beaucoup plus fine la quantité et la qualité de l'herbe disponible. Ces deux dernières étant pratiquement constantes au cours de la fréquentation de la pâture, la production laitière reste égale. De plus, ce système permet l'utilisation de pâtures de plus faible surface et donc de limiter la distance au robot. Ainsi une étude danoise a mis en évidence une fréquence supérieure à 2 traites/jour avec un modèle tournant fil avant contre 1,8 traite/j pour le pâturage continu (Oudshoorn, 2009).

Le modèle avec rotation sur une parcelle diurne et une parcelle nocturne est également satisfaisant. Le moyen de motivation de fréquentation du robot est alors l'appétence de l'herbe de bonne qualité présente dans la nouvelle pâture. Ce système permet l'augmentation de la fréquence au-delà de 2 traites par jour. Il faut noter qu'il est possible d'augmenter encore cette fréquentation en proposant trois pâtures sur 24 heures (Meigant, 2014).

- *Effet de l'ajout d'un moyen de motivation*

Une étude de l'université de Liège a mis en évidence l'effet positif du rabattage manuel des vaches en retard sur la fréquence de traite et la production laitière dans un contexte de traite automatisée mobile. Les performances zootechniques de deux lots de vaches, un lot poussé une fois par jour au robot par l'éleveur et un lot poussé deux fois par jour, sont comparées. Les vaches sont en accès libre au robot, seules les vaches en retard sur la rotation des parcelles sont poussées au robot. Le lot poussé biquotidiennement observe une fréquence de 2,2 traites par jour contre 1,8 pour le lot poussé une seule fois par jour. En parallèle la production est de 24,2 kg/VL/j pour le lot poussé deux fois par jour alors qu'elle n'est que de 20,8 kg/VL/j pour les animaux poussés une fois par jour. Le fait de repousser manuellement les animaux au robot est une contrainte horaire supplémentaire pour l'éleveur, cependant, dans le cadre du robot mobile, le budget temps consacré au bâtiment en temps normal est complètement libéré car les vaches sont à l'extérieur. Un report partiel de l'activité sur le rabattage du troupeau paraît donc envisageable (Meigant, 2014).

L'accès à l'eau peut également être employé comme moyen d'augmentation de l'attractivité du robot. Les impacts de l'absence d'eau dans les pâtures divergent selon les publications. Les essais danois et hollandais n'ont pas remarqué de différence ni dans la quantité totale d'eau consommée, ni dans la fréquence de traite (Spörndly et Wredle, 2004). En revanche une publication de l'université de Liège (Oudshoorn, 2009) fait part d'une hausse de la fréquence de 0,3 traite par jour et une hausse de la fréquentation volontaire du robot quand les pâtures sont dépourvues d'accès à l'eau.

- *Bilan économique de la traite automatisée mobile*

La mise en place d'un robot de traite mobile représente un coût important, supérieur à celui d'un robot fixe.

Les robots de traite de Trévarez et de Liège déplaçables semestriellement impliquent un aménagement coûteux de deux sites. Leur surcoût par rapport à un robot de traite installé dans un bâtiment est estimé entre 75 000 et 95 000 €, donc plus important que le surcoût du modèle hautement mobile qui s'élève à 20 000 € (Meigant, 2014). Cependant, il faut souligner que, une fois installés, le temps passé à l'entretien de l'appareil est bien supérieur dans le cas du robot hautement mobile. En prenant en compte ces derniers paramètres, on atteint un surcoût de 90 000 € par rapport au robot fixe, ceci est donc très proche de celui des modèles précédents. Les études hollandaises estiment que l'investissement pour un robot mobile est supérieur de 20 000 € à l'investissement pour un système avec robot fixe au bâtiment et pâturage estivale avec supplémentation en fourrage (De Haan et Evers, 2010).

Quel que soit le modèle de robot mobile, sa viabilité repose donc sur les économies réalisées sur d'autres postes. Afin d'être rentable, ce modèle doit reposer sur une période 100 % pâturage longue permettant de faire baisser fortement le coût de l'alimentation, une production élevée, et donc une fréquence de traite élevée et une baisse du temps de travail. A ces conditions peuvent s'ajouter une meilleure valorisation du lait, via l'adhésion à un label, par exemple.

Ce paragraphe dresse les particularités technico-économiques du système robotisé mobile pâturant. Ce type de système peut être une solution pour les exploitations ne présentant pas un parcellaire adapté au robot fixe. Il représente cependant un surcoût qu'il convient de compenser par des économies sur d'autres postes.

A l'instar du robot fixe, il est indispensable de gérer à la fois la nature du troupeau, le système de rotation et les autres moyens de motivation comme les concentrés, le rabattage manuel, etc. afin d'optimiser la fréquentation du robot. Les paramètres influençant positivement, négativement ou n'ayant pas d'effet sur la fréquentation du robot mobile semblent être les mêmes que pour le robot fixe.

Le chargement maximal du robot mobile dépend du type de pâturage, de la rotation, de la surface des parcelles, de la présence de moyens de motivation pour aller au robot, du niveau d'étable etc. Certains modèles très libéraux demandent un chargement faible de 35 VL/stalles. Pour d'autres modèles plus contraignants, le chargement recommandé peut être similaire à celui rencontré en STA 100 % en bâtiment avec un chargement maximal de 60 VL/stalle (Meigant, 2014).

Conclusion

Ce travail a permis d'exposer les différents aspects d'un modèle encore peu répandu : le STA pâturant.

La première partie nous a permis de montrer que la traite automatisée était un modèle en croissance dans de nombreux bassins laitiers du monde et en France. Ce modèle répond en effet aux attentes des éleveurs des pays développés en apportant un confort de travail à l'éleveur en garantissant une plus grande souplesse du travail et en supprimant la pénibilité physique de la traite. Il représente également une économie sur la main d'œuvre jusqu'ici employée à la traite. Ce modèle se décline en plusieurs sous-modèles en fonction du type de circulation.

Cependant, la traite automatisée possède aussi des contraintes lourdes. L'investissement dans le robot et son entretien, l'adaptation du bâtiment, le recours régulier à l'ensilage, les difficultés de production à valeur ajoutée en sont des exemples. Pourtant l'association du pâturage à la traite automatisée vient répondre à un grand nombre de ces points négatifs. Le pâturage étant par nature une source d'affouragement bon marché, il limite le coût de production du litre de lait et contrebalance ainsi le surcoût de la robotisation. Il véhicule également une image positive auprès du grand public très demandeur de productions responsables d'un point de vue environnemental et éthique. Cette demande forte permet également une valorisation du lait produit via des primes européennes, des labels d'agriculture biologique, de productions locales ou responsables au sens large.

A l'instar du modèle STA-bâtiment, l'objectif au sein du modèle STA pâturant est d'encourager la circulation des animaux autour du robot. Pour cela, de nombreux sous-modèles de circulation existent faisant varier à la fois le nombre de parcelles, la fréquence de rotation, le degré de mobilité du robot, l'ajout de moyens d'attraction comme le repoussage manuel, la présence d'eau, de concentrés ou de foin. Chaque sous-modèle est pertinent, il revient à l'exploitant de trouver celui qui lui convient le mieux en fonction de ses exigences de production, de son parcellaire, de l'équipement de traite, de sa capacité de travail et de sa volonté d'indépendance d'un point de vue de l'alimentation du troupeau. Ce subtil équilibre explique le fait qu'il y ait autant de sous-modèles que d'élevages associant robot de traite et pâturage.

Le modèle STA pâturant est donc un modèle d'avenir à la fois sur le plan économique et sociétal. Il associe les bienfaits du modèle robotisé et du modèle pâturant avec le potentiel de minimiser les effets négatifs sur les animaux. Il comporte cependant des spécificités zootechniques propres que le vétérinaire intervenant dans un élevage de ce type doit avoir à l'esprit.

Liste des références bibliographiques

ALLAIN C., CHANDLER J., POULET J.-L. (2016) Robots de traite : le nombre d'élevage équipés a doublé depuis 2010. *In Institut de l'élevage*. [<http://idele.fr/rss/publication/idelesolr/recommends/robots-de-traite-le-deploiement-continue.html>] (consulté le 05/10/2019)

BARGO F., MULLER L.D., DELAHOY J.E., CASSIDY T.W., (2002). Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 85, 2948–2963.

BOSSE P. (2018) Traite mécanique des vaches laitières. Powerpoint. École nationale Vétérinaire d'Alfort, Département des Productions Animales et de Santé Publique, Unité pédagogique de zootechnie - économie rurale

BROCARD V. (2013) Comment concilier robot de traite et pâturage : l'expérience de Derval et des éleveurs. *In Les Conférences de l'Institut de l'Élevage pour le SPACE*. Rennes, 13 Septembre, Paris, Institut de l'Élevage

BROCARD V., CARLES A. *et al.* (2019) Pâture avec un robot de traite, c'est possible ! Aménagement et conduite d'élevage recommandés. Institut de l'Élevage, Paris

CANDIA (2018) Charte d'engagement les Laitiers Responsables. *In Candia – Les Laitiers Responsables*. [<http://www.candia.fr/wp-content/uploads/2018/04/Chartre-dengagement.pdf>] (consulté le 05/10/2019)

CASTRO A., PEREIRA J., LEMA J., AMIAMA C. (2012) Socio-economic, structural aspects and motivations in automatic milking system of Galician farmers. *In International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng2012*. Valence, du 8 au 12 Juillet, EUA, Floride, CIGR

CHAMBRE D'AGRICULTURE DES PAYS DE LA LOIRE. (2012) Référentiel de production des prairies en Pays de la Loire. *In Chambre d'Agriculture des Pays de la Loire*. [https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/depliant_12_croissance_herbe_BAT_BD.pdf] (consulté le 05/10/2019).

CHILIBROSTE P., MATTIAUDA D.A., BENTANCUR O., SOCA P., MEIKLE A. (2012) Effect of herbage allowance on grazing behavior and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 173, 201–209

COUTANT S. (2008) Installer un robot de traite en stabulation libre. *In GIE Lait et Viande Bretagne* [https://www.gie-elevages-bretagne.fr/admin/upload/2-Installer_un_robot_de_traite_en_stabulation_libre.pdf] (consulté le 05/10/2019)

DAVIS S.R., FARR V.C., STELWAGEN K. (1999) Regulation of yield loss and milk composition during once daily milking : a review. *Livest. Prod. Sci.* 59, 77–94

DE HAAN M.H.A., EVERS A.G. (2010). Mobiel melken alternatief voor opstallen. *Veeteelt* Avril 2, pp. 36-37

DE PAULA REIS A. (2017) L'organisation des élevages laitiers en robot de traite. « Polycopié ». École nationale Vétérinaire d'Alfort, Département des Productions Animales et de Santé Publique, Unité pédagogique de zootechnie - économie rurale

DE KONING K. (2002) Milking Machines, Robotic Milking. *In Encyclopedia of Dairy Sciences*. Éditeur : Hubert Roginski, Ed. Elsevier, Oxford. 2039–2045

DEFER W. (2018) Transition au système de traite automatique : aspects zootechniques, pathologiques, socio-économiques. Le vétérinaire, aurait-il un rôle à jouer ? Thèse Méd. Vét. École Nationale Vétérinaire d'Alfort

DELANOUE E. (2017) Perception de l'élevage par la société en France : analyse de la controverse sur l'élevage. *In Institut de l'élevage*. [http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/perception-de-lelevage-par-la-societe-en-france-analyse-de-la-controverse-sur-lelevage.html] (consulté le 05/10/2019)

ENJOY MILK An Uncommon Agricultural Policy [<http://enjoymilk.co.uk/we-believe/>] (consulté le 01/11/2019)

FLEURET M., MARLET A. (2014) De la salle de traite au robot : quels impacts ? *Terra* n°449, 23-29

FLOWER F. C., WEARY D.M. (2006) Effect of hoof pathologies on subjective assessments of dairy cow gait. *J. Dairy Sci.* 89, 139–146

FRIESLANDCAMPINA (2011) FrieslandCampina commits itself to promoting milk from pasture-fed cows. [<https://www.frieslandcampina.com/en/news/2011-09-23-frieslandcampina-commits-itself-to-promoting-milk-from-pasture-fed-cows/>] (consulté le 01/11/2019)

GAUDEBOUT C. (2017) Approche vétérinaire de l'élevage de précision : état des lieux des outils disponibles et élaboration d'une méthode de valorisation des mesures du poids vif pour la gestion de la reproduction en robot de traite. Thèse Méd. Vét. École Nationale Vétérinaire d'Alfort

GROUPE BEL (2017) L'Association des Producteurs de lait Bel Ouest (APBO) et le Groupe Bel renforcent leur partenariat par un accord inédit pour une meilleure valorisation du lait. [<https://www.groupe-bel.com/fr/newsroom/news/lassociation-des-producteurs-de-lait-bel-ouest-apbo-et-le-groupe-bel-renforcent-leur-partenariat-par-un-accord-inedit-pour-une-meilleure-valorisation-du-lait/>] (consulté le 01/11/2019)

GRANDS TROUPEAUX MAGAZINE (2018) Le marché du robot de traite en plein boom. [<http://www.grands-troupeaux-mag.fr/le-marche-du-robot-de-traite-en-plein-boom/>] (consulté le 01/11/2019)

GRAND VIEW RESEARCH (2018) Milking Robots Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type of System (Single-stall, Multi-stall, Rotary System), By Herd Size (Up to 100, Between 100-1,000, Above 1,000), And Segment Forecasts, 2018 – 2025. [<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/milking-robots-market>] (consulté le 01/11/2019)

GREEN M. (2013) Integrating robots and grazing. *In British Dairying December 2013* pp 18-22

HENDRICK P., VERZELE J-F., WERHLIN J., ROUX C., DE TARLE A., HEBEL P., GUILLOU M., BIRLOUEZ E., DESSERTINE P. (2019) Agriculteurs / Consommateurs : le grand malaise. [Emission Télévisuelle], Paris, France Télévision

HERMANS G.G.N., IPEMA A.H., STEFANOWSKA J., METZ J.H.M. (2003) The Effect of Two Traffic Situations on the Behavior and Performance of Cows in an Automatic Milking System. *J. Dairy Sci.* 86(6), 1997-2004

HUNEAU T., DEHÉDIN M., HUCHON J.-C., BROCARD V. (2013) Concilier traite robotisée et pâturage. In *Proceeding des 20e Journées Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*. In 20e Journées Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, INRA-Institut de l'élevage, pp 277-280

JAGO J.G., JACKSON A., WOOLFORD M. (2003) Dominance effects on the time budget and milking behaviour of cows managed on pasture and milked in an automated milking system. *In Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production.* 63, 120-123

JAGO J.G., BRIGHT K., COPEMAN P., DAVIS K., JACKSON A., OHNSTAD I., WIELICZKO R., WOOLFORD M. (2004) Remote automatic selection of cows for milking in a pasture-based automatic milking system. *In Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 64, 241-245

JAGO J.G., DAVIS K.L., COPEMAN P.J., OHNSTAD I., WOOLFORD M.M. (2007) Supplementary feeding at milking and minimum milking interval effects on cow traffic and milking performance in a pasture-based automatic milking system. *J. Dairy Res.* 74(04)

JOURNEL C. (2013) Avantages et inconvénients des modes de circulation autour des robots de traite. *Sem. Vét.* n°1527, 48

KETELAAR-DE LAUWERE C.C, HENDRIKS M.M.W, METZ J.H., SCHOUTEN W.G.. (1998) Behaviour of dairy cows under free or forced cow traffic in a simulated automatic milking system environment. *Applied Animal Behaviour Science*. 56:13–28

KETELAAR-DE LAUWERE C.C., IPEMA A.H., VAN OUWERKERK E.N.J., HENDRIKS M., METZ J.H.M., NOORDHUIZEN J., SCHOUTEN W.G.P., (1999) Voluntary automatic milking in combination with grazing of dairy cows milking frequency and effects on behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 64, 91–109

KETELAAR-DE LAUWERE C.C., IPEMA A.H., LOKHORSTA C., METZ J.H.M., NOORDHUIZEN J.P.T.M., SCHOUTEN W.G.P., SMITS A.C. (2000) Effect of sward height and distance between pasture and barn on cows' visits to an automatic milking system and other behaviour. *Livest. Prod. Sci.* 65(2000) 131–142

KISMULA H, SPÖRNDLY E., HÖGLIND M., NÆSS G., Eriksson T. (2008) Morning and evening pasture access – comparing the effect of production pasture and exercise pasture on milk production and cow behaviour in an automatic milking system. *Livest. Sci.* 217, 44-54

LACOMBE P. (2019) Robot. Comment optimiser la mise en route pâturage ? *PLM*. 510, pp 32-33

LEGRU M. (2014) Traite automatisée, contrôle laitier et suivi des mammites . Réalité de terrain dans un échantillon d'élevage en Mayenne. Thèse Méd. Vét. École Nationale Vétérinaire d'Alfort

LESSIRE F., DUFRASNE I. (2017) Combiner robot de traite et pâturage : Les réponses du projet européen Autograssmilk.pdf. *Wallonie Elev.* , 30-33

LYONS N.A., GARCIA S.C., KERRISK K.L., (2013) Comparison of 2 systems of pasture allocation on milking intervals and total daily milk yield of dairy cows in a pasture-based automatic milking system. *J. Dairy Sci.* (96) 4494–4504

MATHIJS E. (2004) Socio-economic aspects of automatic milking. *In Automatic Milking: a better understanding*. Wageningen, Academic Publishers, pp 46-55

MEIGANT T. (2014) Le robot mobile: une alternative innovante afin de concilier traite robotisée et système de production de lait avec pâturage. Mém. Ing. Sciences Agronomiques. AgroCampus Ouest

MELIN M., PETTERSSON G., SVENNERSTEN-SJAUNJA K., WIKTORSSON H. (2007) The effects of restricted feed access and social rank on feeding behavior, ruminating and intake for cows managed in automated milking systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 107 (1-2), 13-21

NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE Seventh Revised Edition (2001) National Academy Press Washington, D.C.

OUDSHOORN F.W., HANSEN H.H. (2009). Mobile Automatic Milking System (MSAT). Poster présenté à Joint International Agricultural Conference, Wageningen, Pays-Bas.

POLITIQUE AGRICOLE COMMUNE MAEC systèmes herbagers et pastoraux (2014) [https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/04_maec_systemes_herbagers_et_pastoraux.pdf] (consulté le 01/11/2019)

ROSAT O., TADIER E. (2017) Lait de pâturage, création d'une marque garante des pratiques des éleveurs. Dossier de Presse. [https://www.bretagne.bzh/upload/docs/application/pdf/2017-09/dossier_de_presse_lait_de_paturage.pdf] (consulté le 01/11/2019)

SPÖRNDLY E., WREDLE E. (2004). Automatic Milking and Grazing—Effects of distance to pasture and level of supplements on milk yield and cow behavior. *J. Dairy Sci.*, 87, pp. 1702-1712.

TSE C., BARKEMA H.W., DEVRIES T.J., RUSHEN J., PAJOR E.A. (2017) Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. *J. Dairy Sci.*, 100(3) 2404-2414

TSE C., BARKEMA H.W., DEVRIES T.J., RUSHEN J., PAJOR E.A. (2018) Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality. *animal*, 1-8

VEYSSET P., WALLET P., PRUGNARD E. (2001) Le robot de traite : pour qui ? pourquoi ? Caractérisation des exploitations équipées, simulations économiques et éléments de réflexion avant investissement. *INRA Prod Anim* 14(1), 51-61

WAGNER-STORCH A.M., PALMER R.W. (2003) Feeding Behavior, Milking Behavior, and Milk Yields of Cows Milked in a Parlor Versus an Automatic Milking System. *J. Dairy Sci.* 86(4), 1494-1502

WIEDEMANN M., WENDL G., SCHON H. (2002) Effects of energy and protein content in basic feed on milking and cow behaviour in automatic milking systems. *In Proceedings of The First North American Conference on Robotic Milking*, Toronto, Canada, pp III-93–II-96

SPÉCIFICITÉS ZOOTECHNIQUES DE LA CONDUITE DES TROUPEAUX LAITIERS DANS UN MODELE COMBINANT TRAITE AUTOMATIQUE ET PÂTURAGE

AUTEUR : Pierre MAURIER

RÉSUMÉ :

Le robot de traite, dit aussi Système de Traite Automatisée (STA), est devenu un acteur incontournable du secteur de l'élevage laitier en France et dans le monde. La tendance à la robotisation se renforce ces dernières années, laissant présager une représentation encore plus forte des fermes robotisées.

Cependant la robotisation s'accompagne d'une diminution du recours au pâturage comme source d'affouragement. Ce recul du pâturage va à l'encontre des demandes sociales émergentes concernant l'aspect éthique, écologique et durable des produits laitiers. Cette forte exigence se traduit par le succès commercial des produits laitiers à valeur ajoutée grâce au pâturage. Le STA est pourtant compatible avec l'utilisation efficace du pâturage. En allant plus loin, le STA peut faire synergie avec le pâturage pour tirer le meilleur du modèle robotisé et du modèle pâturant.

Le modèle STA pâturant se décline en deux sous-modèles principaux. Le modèle robot fixe est majoritaire. Dans ce modèle, l'enjeu principal est de donner au robot une fréquentation maximale dans un contexte où l'attractivité de ce dernier est plus faible qu'en bâtiment. Pour cela, il est très important de réfléchir à la fois son parcellaire, son plan de pâturage et son chargement. Il est ensuite possible d'agir directement sur l'attractivité du robot en ajoutant des moyens de motivation. Le second modèle est le modèle robot mobile. Ce dernier est encore expérimental. Il apporte cependant une réponse pertinente aux éleveurs dont le parcellaire ne répond pas aux exigences d'un modèle STA pâturant avec robot fixe.

En conclusion, ce travail a permis de dresser le portrait d'un modèle d'élevage laitier plus tourné vers un système herbager, le STA pâturant, ancré dans les problématiques actuelles que ce soit sur le plan social, environnemental ou zootechnique. Sa force réside également dans sa plasticité qui lui permet de s'adapter à de nombreux contextes d'élevages.

MOTS CLÉS : ROBOT DE TRAITE - PRODUCTION LAITIÈRE - ÉLEVAGE LAITIER - TROUPEAU LAITIER - TRAITE - PÂTURAGE - BOVIN - VACHE LAITIÈRE

JURY :

Présidente : Pr Hélène ROUARD

1^{er} Assesseur : Dr Alline DE PAULA REIS

2nd Assesseur : Pr Yves MILLEMANN

ZOOTECNIC PARTICULARITIES OF DAIRY FARMING IN A SYSTEM COMBINING GRAZING AND AUTOMATIC MILKING

AUTHOR: Pierre MAURIER

SUMMARY:

The Automatic Milking System (AMS) has reached a major place in the French and worldwide dairy industry. This trend is getting stronger since the past few years, in the foreseeable future the AMS will probably be even more frequent among dairy farms.

However, the rise of the AMS has triggered the regression of grazing as a feeding source. But the fully indoor dairy farm model digress from the rising awareness of consumers. Indeed, consumers are more exigent regarding animal welfare and the environmental impact of the dairy products they buy. This strong demand leads to the success of dairy products upgraded by the grazing merchandizing. Nevertheless, it is possible to combine AMS and grazing in an efficient and productive way. It is even possible to enhance the AMS by grazing.

The grazing AMS model can be divided in two types: the fixed grazing AMS and the mobile grazing AMS . The first one is much more common than the second. In the fixed grazing AMS model, the main goal is to maximize the milking unit frequentation whereas it is less attractive than in an indoor AMS model. In order to achieve this objective, the farm manager must pay a special attention into the grazing strategy, the pastures organisation and the number of cows per milking unit. It is also possible to work on the milking unit attractiveness by adding motivational means. The mobile grazing AMS is still on an experimental level. Nonetheless, it occurs to be an interesting option for farms with meadow plots organisation not meeting the fixed grazing AMS standards.

As a conclusion, this thesis presents one innovative model of dairy farming, the grazing AMS. This model has the potential to reach the current social demands concerning production and environmental farming issues. Finally, the robustness of the grazing AMS comes from its flexibility allowing adaptation to many different contexts of dairy farming.

KEYWORDS: AUTOMATIC MILKING SYSTEM - MILK PRODUCT - DAIRY FARMING - DAIRY HERD - MILKING – GRAZING - CATTLE - DAIRY COWS

JURY:

Chairperson: Pr Hélène ROUARD

1st Assessor: Dr Alline DE PAULA REIS

2nd Assessor : Pr Yves MILLEMANN