



**HAL**  
open science

# Adaptations comportementales des vaches laitières aux contraintes d'abreuvement selon leur position sociale

Ellynn Nizzi

► **To cite this version:**

Ellynn Nizzi. Adaptations comportementales des vaches laitières aux contraintes d'abreuvement selon leur position sociale. Science des productions animales. Agrocampus Ouest, 2024. Français. NNT : 2024NSARC175 . tel-04822322

**HAL Id: tel-04822322**

**<https://theses.hal.science/tel-04822322v1>**

Submitted on 6 Dec 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.

COLLEGE ECOLOGIE

DOCTORAL GEOSCIENCES

BRETAGNE AGRONOMIE ALIMENTATION

# THESE DE DOCTORAT DE

## L'INSTITUT AGRO RENNES ANGERS

ECOLE DOCTORALE N° 600

*Ecologie, Géosciences, Agronomie, Alimentation*

Spécialité : *Sciences Agronomiques*

Par

**Ellynn NIZZI**

# Adaptations comportementales des vaches laitières aux contraintes d'abreuvement selon leur position sociale

Thèse présentée et soutenue à Rennes, le 02 juillet 2024

Unité de recherche : INRAE – UMR PEGASE, 35590 Saint Gilles

### Rapporteurs avant soutenance :

Isabelle VEISSIER  
Joop LENSINK

Directrice de recherche, INRAE Clermont Ferrand, UMR Herbivores  
Directeur des programmes – ISA Lille

### Composition du Jury :

Président :

Yannick LE COZLER

Professeur, Institut Agro Rennes-Angers

Examineurs :

Christine DUVAUX-PONTER

Professeure, AgroParisTech, UMR MoSAR

Daniel WEARY

Professor, University of British Columbia, AWP

Dir. de thèse :

Catherine HURTAUD

Ingénieure de recherche, INRAE Saint-Gilles, UMR PEGASE

Co-dir. de thèse :

Anne BOUDON

Chargée de recherche, INRAE Saint-Gilles, UMR PEGASE

### Invités

Carine Desailly, Invitée  
Jacques Lassalas, Invité



*Moi j'adore l'eau, dans 20 ou 30 ans y en aura plus. J'espère que non.*

(Jean-Claude Van Damme)

**INRAE**

COLLEGE ECOLOGIE  
DOCTORAL GEOSCIENCES  
BRETAGNE AGRONOMIE ALIMENTATION

  
**MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA SOUVERAINETÉ  
ALIMENTAIRE**  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

  
Région  
**BRETAGNE**

AgroParisTech 

 L'INSTITUT  
**agro** Rennes  
Angers

 THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA  
**Animal Welfare Program**  
Faculty of Land and Food Systems

 **agreenium**

 Île de France  
**Mécénat**

 **ACADÉMIE  
d'AGRICULTURE  
de FRANCE**  
AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT

L'ASSOCIATION GALA  
FAIT SON RETOUR  
*Association  
Gala*

## Avant propos

---

Cette thèse a été réalisée par **Ellynn Nizzi** au sein de l'UMR PEGASE (INRAE, Saint-Gilles, France) sous la direction de **Anne Boudon** et **Catherine Hurtaud**. Une partie de la thèse (7 mois) a été menée à l'Université de Colombie Britannique (UBC, Vancouver et Agassiz, Canada) en collaboration avec les membres du Animal Welfare Program.

Cette thèse a été financée en partie par le Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA) et suivie par **Pierre Larraufie** et **Alexandre Pery** (rattachement administratif, Agro Paris Tech), **Sylvie Valentin** (IGAPS) et **Edith Authié** puis **Caroline Medous** (référentes au CGAAER). Elle a également été financée par la société La Buvette© (Charleville-Mézières, France) et suivie par **Vincent Cardot**, **Carine Desailly** and **Mathieu Demissy**. L'association Gala a également contribué financièrement à une expérimentation réalisée pendant la thèse.

Des bourses pour des participations aux congrès et le séjour de 7 mois au Canada ont été fournies par l'école doctorale EGAAL, La Région Bretagne et le Crédit Agricole Mécénat (Ile de France) en partenariat avec l'Académie d'Agriculture de France.

La thèse a suivi le parcours Agreenium(EIR-A) coordonné par **Pierre Grenier**, pour une labellisation internationale.

Le bon déroulement de la thèse a été suivi par les membres du comité de suivi individuel composé de **Alain Boissy**, **Carine Desailly**, **Anne Farruggia**, **Borbala Foris**, **Jacques Lassalas** et **Caroline Medous**.



## Remerciements

---

Les remerciements. J'ai tellement de personnes à remercier. Je vais essayer d'être concise et de n'oublier personne.

Je tiens à remercier tout particulièrement mes directrices de thèse **Anne Boudon** et **Catherine Hurtaud** qui m'ont permis de m'épanouir durant ces (presque) trois années de thèse. Nous avons, avec Anne, élaboré pendant mon stage de Master 2 mon dossier de candidature à cette thèse ministérielle, et ce qu'on peut dire c'est que ce n'était pas du gâteau ! Sans ton investissement et ton soutien Anne je pense que je n'aurais pas pu vivre mon rêve de faire une thèse, et pour ça je t'en suis infiniment reconnaissante ! Anne, Catherine, vous m'avez donné beaucoup de liberté et d'autonomie dans la gestion de ce projet et vous avez su être là à chaque fois que j'en avais besoin. Vous vous êtes toujours rendues disponibles, ce qui m'a permis de toujours avancer dans la bonne direction et de réaliser, il me semble, une thèse sans encombre dans un délai bien contraint ! Merci à toutes les deux du fond du cœur.

Je tiens également à remercier **Jacques Lassalas** sans qui le projet de thèse n'aurait sûrement pas vu le jour. C'était une excellente idée d'installer ces abreuvoirs connectés !

Mon travail n'aurait pu se réaliser sans le soutien de la société LaBuvette© et des personnes qui y travaillent. Un grand merci à **Vincent Cardot** pour son suivi tout au long de ma thèse et ses précieux conseils. Merci également à **Carine Desailly** et **Mathieu Demissy** qui se sont toujours rendus disponibles pour m'aider à avancer sur le projet et à améliorer le système des abreuvoirs connectés.

Je remercie tous les membres du jury pour leur bienveillance à mon égard lors de ma soutenance ; mes rapporteurs **Isabelle Veissier** et **Joop Lensink**, mes examinateurs **Christine Duvaux-Ponter** et **Dan Weary**, et le président de mon jury, **Yannick Le Cozler** (finalement ce sont tes questions qui m'ont le plus déroutée ahah !).

Un grand merci aux membres de mon comité de suivi individuel également qui m'ont permis de toujours rester sur la bonne voie et qui m'ont apporté de précieux



conseils. Merci à **Alain Boissy, Carine Desailly, Anne Farruggia, Borbala Foris, Jacques Lassalas** et **Caroline Medous**.

Après 4 mois de thèse je suis partie plus de 6 mois à Vancouver et plus précisément dans le petit village d'Agassiz où j'ai rencontré tellement de personnes formidables, et qui sont, pour pas mal d'entre eux, devenus des amis. Je remercie tout d'abord **Dan Weary** et sa femme de m'avoir accueillie une semaine à mon arrivée à Vancouver et d'avoir été aussi chaleureux et bienveillants à mon égard. Merci également **Dan** et **Nina von Keyserlingk** pour ces 6 mois passés à vos côtés, pour tous vos conseils et pour m'avoir donné l'opportunité de travailler avec vous. Merci profondément **Borbala Foris** de m'avoir suivie tout au long de ma thèse, que ce soit à Vancouver où on s'est rencontrées mais aussi dans mes comités de suivi individuel et mes articles. C'était un vrai plaisir de travailler avec toi !

Merci à toute la team DERC d'Agassiz ; j'ai passé une demie année magique avec chacun d'entre vous ! Merci à **Malina, Caily, Joey, Alisson, Jennifer Tommy** et **Maple, Megan** et **Max, Negar, Sky, Bianca, Rodrigo, Seonpil, Eamonn, Vanessa, Elizabeth, Zimba, Phoebe**, et tous ceux que j'aurais pu oublier (et je m'en excuse). Pensée particulière à **Malina**, le M, la chasse aux ours et mater Nouvelle Ecole c'était vraiment top ! J'ai passé des moments si riches en émotions avec vous tous, on a tellement rigolé, vous me manquez les amis.

Cette mobilité à l'étranger m'a permis de participer au parcours EIR-A proposé par Agreenium, qui permet une labellisation de la thèse. Je remercie ce programme et ses membres qui m'ont permis de rencontrer de nouveaux doctorants mais aussi de retrouver des amis d'école d'ingénieurs comme **Lulu** ! On a passé deux super séminaires ensemble, et la phrase qu'on retiendra c'est : « ce soir je me couche tôt » (ce qui n'est jamais arrivé bien évidemment !).

Allez, on rentre dans le vif du sujet !

Je vais commencer par remercier du fond du cœur toutes les personnes de Saint-Gilles avec qui j'ai pu échanger, demander conseil, rigoler ! Parmi eux, le sous-sol. Merci à **Rémy, Nadège, Anne-Isabelle, Anne, Luc, Nic, Yayu, Lucile, Sophie** pour avoir tous été aussi gentils, souriants, drôles et bienveillants ! **Rémy** merci pour les petits chocolats sur mon bureau quand j'avais des coups de mou ! Merci à toutes les personnes de Saint-Gilles

pour les pauses café, leur participation à nos « Qui café Quoi » du lundi, leur aide dans l'organisation d'événements (comme les JDD), les sorties piscine (merci **Colette**) etc. Un merci tout particulier à **Laurence Thebault** et **Myriam Burban** qui, depuis mon arrivée dans l'unité, ont toujours tout fait pour m'aider et répondre à toutes mes questions et demandes, merci ! Merci **Emilie Bernard** pour t'être aussi toujours rendue disponible lorsque je cherchais des livres, des journaux et des références, c'était chouette ces moments de recherche !

Je pourrais citer tellement de personnes dans ce paragraphe, parce que, chacun d'entre vous, à votre échelle, vous avez apporté votre contribution au souvenir si positif que je garde de cet endroit et pour ça merci à tous, sincèrement.

Je tiens à remercier toutes les personnes de l'IEPL de Méjusseau qui ont permis le bon déroulement de mes expérimentations et avec qui j'ai partagé de super moments. Merci particulièrement à **Ophélie** (merci d'avoir été là dans les moments joyeux comme dans les moments compliqués !), **Gaël** (merci d'être aussi gentil et à l'écoute), **Aline** (merci pour ton implication, ta curiosité et tes connaissances partagées sur le comportement des vaches, grosse caresse à 26 !). Merci également à tous les autres, **Christine, Philippe, Adeline, Jérémy, Marine, Mathieu, Jean-Yves, Antoine, Arnaud, Joseph, Jean, Françoise** et **Patrick**.

Je poursuis en remerciant tous mes amis précaires qui, sans eux, la thèse n'aurait pas été aussi géniale. Merci au bureau 84, QG des pauses café, des discussions politiques, des coups de mou de la thèse et de toutes les autres conversations, parce qu'elles étaient vraiment nombreuses et variées ! Merci à **Emma** (« c'est moi qui te remercie », « non c'est moi qui te remercie », « non ... », #privatejoke #le\_S) et **Quentin** (obligée de t'inclure dans les remerciements !), **Jean-Charles** (j'ai contacté Pierre-Hugues José pour mon pot de thèse mais il n'est pas venu, je contacterai Flooz flooz la fripouille la prochaine fois, ou Cyril Choquet !), **Elise Dubois** (avec toutes tes imitations et cette féminité que j'aime tant !), **Estelle, Emmanuelle** (et cette passion incontestable pour les pralines ! Merci pour cette découverte et pour le régime anti summer body), **Coralie** et **Abel** (hâte de voir dans quelque temps combien d'animaux supplémentaires vous aurez !, je parie sur deux poneys, deux chèvres et un cochon), **Clément Marc** (et tes compétences incontestables en impro et en géopolitique !), **Clémenté Arriba Arriba** (l'acceng chantang du sud va me manquer, et toutes nos rigolades aussi !), **Mariana, Chloé**, notre équipe de choc SAV

T\*\*\*\*\* ; **Manon, Caroline, Angélique** et **Auxane** (et tous nos moments au BDS à parler de nos situations personnelles et à rire de tout !).

Merci à tous mes acolytes du bureau, **Manon** (merci d'avoir autant rêvé pendant ta thèse et de nous avoir fait partager toutes tes aventures imaginaires), **Angélique** (mon mimi, ma Poopy Queen (« non mais ça va paaas ? »)), **Antoine** (merci d'être toi ! je garde quand même en mémoire la mauvaise écriture de mon prénom dans tes remerciements de thèse ahah), **Ossâne** (et ses courants d'air associés).

**Angélique** et **Auxane**, aussi, merci pour ces super vacances au Canada qui nous ont permis de nous vider un bon coup la tête et de garder des souvenirs incroyables (#BradPittetsonbidet, #mousseauchocolat).

Je continue ces remerciements en remerciant cette fois-ci toutes les personnes de l'Institut Agro Rennes Angers que j'ai pu rencontrer et avec qui j'ai beaucoup, mais vraiment beaucoup rigolé ! Merci **Clara** pour ta gentillesse et ta bienveillance, merci à **Jacques, Yannick, Jocelyne** et **Vanessa**. Merci **Tino** et **Alex**, vous êtes géniaux, tchao Mario (l'illusion est parfaite) !!! Merci **Fabien** pour tes conseils et ton aide quand j'avais des problèmes de stats et surtout merci d'avoir gardé *Raven* lors de ma soutenance et de l'avoir amenée pour la délibération du jury ! Enfin merci **Auxane**, sans toi je n'aurais sûrement pas passé autant de moments, et de TRES bons moments à l'Agro. Qu'est-ce qu'on a ri punaise (encore désolée pour les bureaux voisins) !

Je passe cette fois-ci aux personnes hors INRAE.

Merci à **Anaïs** et **Paul** que j'ai rencontré grâce à **Emma** (merci !) lors d'un atelier Thermomix (on s'en rappellera des fameux Thermomix !). Vous êtes vraiment adorables !

Merci à mon groupe de balades de chiens *Les Poilus de Romimi* avec qui j'ai pu extérioriser, chaque matin et/ou soir. Merci pour tous ces apéros aux jeux et toutes ces rigolades. Sans vous la vie à Romillé aurait été beaucoup moins fun. Merci donc à **Jeanne** et **Seth**, **Fabião** **Sonia** et **Roméo**, **Sandrine** et **Guess** et **Hibou**, **David** **Caroline** et **Uka**, **Noémie** **Henrick** et **Tiana**, **Coleen** et **Maya**, **Betty** **Nico** et **Satine**, **Cefri** et **Jack** et **Olaf**, **Emmanuelle** et **Meiko** sans oublier ma première rencontre, ma **Sophie** et Madame *Olympe*. Ça en fait des dogs !!

En restant sur les personnes de mon village, je tiens à remercier de nouveau, du fond du cœur, ma **Sophie**. Merci d'être passée sous mon balcon avec *Olympe* le jour de mon emménagement. Après cela on ne s'est plus jamais quittées. Dans la même veine, quelque temps plus tard, on formait un trio de choc avec l'arrivée de **Pépé** et *Baloo*. Merci **Pépé** et **Raph** d'être qui vous êtes, d'être d'aussi belles personnes. Merci donc à tous les trois (Sophie, Pépé et Raph) pour tous ces moments partagés et pour les prochains à venir !

Je passe cette fois-ci aux remerciements d'un autre groupe qui m'est très cher également ; ma team d'*Handball de Gévezé* ! Mille mercis pour votre accueil, les déconnades, les troisièmes mi-temps (qui étaient régulièrement plus longues que les temps d'entraînement). Merci à **SimSim**, **Angélique**, **Jenny**, **Mary**, **Pascaline**, **Camille** et **Johann**, **Gurvan**, **Seb le chauve**, **Seb le blanc**, **Cédric**, **Fanfan** (et félicitations pour ton camion Les Martines !), **Manu** (et merci pour tous nos échanges et les vins !), **Emmanuel**, **Stéphane**, **Toto**, **Olivier**, **Pierre** et **Klervi**, **Tanguy**, **Lionel**, **Liam** et **Yoann**. Ça va être compliqué de retrouver une équipe pareille ailleurs !

Allez, j'ai bientôt terminé.

Je remercie profondément mes copines d'enfance ; **Hélène**, **Mary** et **Noémie** qui m'ont soutenue tout au long de ma thèse. On a beau être loin et galérer à trouver des dates pour des appels visio, vous avez toujours été là, et pour ça merci.

Il fallait bien que j'en fasse un. Un paragraphe pour celle qui partage ma vie depuis 4 ans et qui m'a permis d'arriver au bout de cette thèse sereinement. Ce paragraphe est pour ma chienne, **Raven**, qui forcément s'en fiche du paragraphe mais qui moi me tient à cœur de l'écrire. Sans elle j'aurais été toute seule en Bretagne, sans elle je n'aurais pas rencontré toutes les personnes formidables de mon village, sans elle je n'aurais pas pu extérioriser et garder la forme physique, sans elle je n'aurais eu personne à qui parler le soir. Ma vie sociale et le maintien de ma santé physique et morale c'est en grande partie à elle que je le dois. Nos aventures ne font que commencer **Raven**, **mon gros dindon** !

Je vais clôturer ces remerciements par un paragraphe familial. Bien que loin en kilomètres, de tous les membres de ma famille, vous avez TOUJOURS été là. **Papa**, **Maman**, la fierté que vous avez pour vos enfants nous a toujours poussés à aller plus loin et cela m'a animée tout au long de cette thèse, et la satisfaction ultime, que je garderai en

mémoire toute ma vie, sera vos visages rayonnants, à la fin de ma soutenance, lors de la lecture de mon serment. **Maman, Papa, Roméo, Jules** et **Manon** (ma coupine !!), **Papi Doudou, Mamie Ba, Mamie Arlette** et **Dominique**, c'est à travers vos yeux que je me suis rendu compte que je pouvais être fière de moi, et pour ça je vous en serai éternellement reconnaissante.

Je dédie finalement cette thèse à ma famille, et particulièrement à mon tonton Martial, parti lors de ma deuxième année de thèse et qui me manque beaucoup, ainsi qu'à ma maman qui, particulièrement soutenu par mon Papa et mon petit frère Roméo, a montré un courage et une force de caractère titanesque pendant ma troisième année de thèse pour gagner la bataille contre son cancer !

Je vous aime.

# Table des matières

<i>Liste des articles et communications</i> .....	18
<i>Liste des tableaux</i> .....	20
<i>Liste des figures</i> .....	22
<i>Introduction générale</i> .....	24
<b>Etat de l'art</b> .....	30
1- <b>Les flux d'eau et ses déterminants chez la vache laitière</b> .....	32
Les compartiments hydriques corporels et leur régulation .....	32
Les déterminisme de la consommation d'eau des vaches .....	36
Le comportement d'abreuvement des vaches laitières en condition <i>ad libitum</i> .....	38
Les adaptations physiologiques des vaches à la restriction hydrique .....	40
2- <b>Effet des équipements d'abreuvement sur les volumes d'eau bue et le comportement d'abreuvement des vaches</b> .....	40
Objectivation de l'effet des conditions d'abreuvement sur les volumes d'eau bue et le comportement d'abreuvement des vaches.....	41
Il existe des recommandations sur les équipements d'abreuvement en fermes .....	43
3- <b>Les situations de compétition pour l'accès aux abreuvoirs et la place hiérarchique des animaux doivent être mieux considérées</b> .....	51
Il est établi que les situations de compétition pour l'aliment affectent le comportement alimentaire des vaches, et particulièrement celui des plus subordonnées .....	51
Peu d'études ont objectivé les conséquences comportementales des situations de compétition pour l'eau dans des groupes de bovins.....	53
4- <b>La caractérisation de la dominance sociale entre les animaux est compliquée et les méthodes sont nombreuses</b> .....	54
Identification des interactions agonistiques entre les vaches et la détermination de la hiérarchie de dominance .....	54
De nouveaux outils connectés capables d'identifier automatiquement des interactions négatives entre les vaches .....	61

Les auges et abreuvoirs connectés permettent de caractériser automatiquement la hiérarchie de dominance entre les vaches à partir des remplacements .....	64
<i>Problématique générale et objectif de la thèse .....</i>	<i>68</i>
<i>Stratégie de recherche suivie pendant la thèse .....</i>	<i>72</i>
<i>Organisation du manuscrit.....</i>	<i>76</i>
<b>CHAPITRE 1 .....</b>	<b>82</b>
<i>Résumé chapitre 1.....</i>	<i>84</i>
<i>1- Introduction.....</i>	<i>87</i>
<i>2- Materials and methods.....</i>	<i>89</i>
<i>3- Results.....</i>	<i>97</i>
<i>4- Discussion.....</i>	<i>103</i>
<i>5- Conclusion .....</i>	<i>107</i>
<i>6- References.....</i>	<i>109</i>
<b>CHAPITRE 2 .....</b>	<b>116</b>
<i>Résumé chapitre 2.....</i>	<i>118</i>
<i>Graphical Abstract.....</i>	<i>120</i>
<i>Summary.....</i>	<i>120</i>
<i>Highlights.....</i>	<i>121</i>
<i>References .....</i>	<i>134</i>
<b>CHAPITRE 3 .....</b>	<b>138</b>
<i>Résumé chapitre 3.....</i>	<i>140</i>
<i>Graphical Abstract.....</i>	<i>142</i>
<i>Summary.....</i>	<i>142</i>
<i>Highlights.....</i>	<i>142</i>

<i>References</i> .....	157
<b>CHAPITRE 4</b> .....	162
<i>Résumé chapitre 4</i> .....	164
1- <i>Introduction</i> .....	168
2- <i>Materials and Methods</i> .....	170
3- <i>Results</i> .....	177
4- <i>Discussion</i> .....	190
5- <i>Conclusion</i> .....	195
6- <i>References</i> .....	197
<b>Discussion générale</b> .....	204
1- <b>Comment caractériser la hiérarchie de dominance de façon rapide avec des abreuvoirs connectés ?</b> .....	206
1.1- La hiérarchie de dominance mesurée dépend des choix méthodologiques faits... 206	
1.1-1. Le type d'interaction enregistrée .....	206
1.1-2. La zone d'interaction déterminée.....	208
1.1-3. La taille et la composition des groupes d'animaux.....	210
1.2- La hiérarchie de dominance aux abreuvoirs peut être déterminée par l'étude de remplacements mais dans certaines conditions et sous réserve d'affiner l'algorithme ... 211	
1.2-1. La hiérarchie de dominance caractérisée sur la base des seuls remplacements aux abreuvoirs identifiés par vidéo est représentative de la hiérarchie de dominance qui s'installe à l'abreuvoir.....	211
1.2-2. A ce jour, les remplacements détectés par les abreuvoirs La Buvette© permettent d'identifier les vaches les plus subordonnées aux abreuvoirs mais ne permettent pas une caractérisation fine de la hiérarchie de dominance aux abreuvoirs .....	212



1.2-3. L'identification des remplacements automatiquement détectés sur la base des présences enregistrées aux abreuvoirs La Buvette©, et non des buvées, doit être possible	214
1.3- Extrapolation de ces résultats dans d'autres conditions ?.....	215
1.3-2. L'individualisation des auges à la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE a réduit la compétition alimentaire mais a pu augmenter la compétition pour l'accès à l'eau.....	216
1.3-3. La caractérisation de la hiérarchie aux abreuvoirs serait-elle possible et/ou utile dans un contexte de moindre compétition aux abreuvoirs ? .....	217
<b>2- Comment varie le comportement d'abreuvement et les quantités d'eau bue face à des contraintes et selon la hiérarchie de dominance ?.....</b>	<b>220</b>
2.1- Face à des contraintes d'accès aux abreuvoirs, les vaches adaptent leur comportement pour maintenir autant que possible les volumes bus.....	220
2.1-1. La densité de vaches aux abreuvoirs conduit à une augmentation du nombre de visites et de la vitesse d'abreuvement .....	220
2.1-2. Les restrictions temporelles d'accès aux auges et aux abreuvoirs modifient les dynamiques horaires d'abreuvement et le budget temps des vaches pour l'ingestion et le repos	222
2.1-3. Les adaptations du comportement d'abreuvement à la densité d'animaux ou aux restrictions d'accès aux abreuvoirs ne sont pas de même nature selon le rang social des individus	224
2.2- Quels enseignements pratiques ? .....	229
2.2-1. Les vaches primipares ont sans doute plus de difficultés à s'adapter aux contraintes d'accès aux abreuvoirs .....	229
2.2-2. Les regroupements d'animaux remettent en cause la hiérarchie de dominance et peuvent engendrer plus de compétition pour les ressources .....	230
2.2-3. Nos résultats quant au maintien des volumes d'eau bue face à des contraintes d'accès aux abreuvoirs mériteraient d'être généralisés sur des périodes plus longues ...	231

2.2-4. Le critère du nombre d'abreuvoirs par vache de Welfare Quality® semble bien garantir l'absence de soif .....	232
<b>3- Peut-on définir de nouveaux indicateurs pour évaluer les conditions d'abreuvement dans les fermes ?.....</b>	<b>234</b>
3.1- Critères mobilisables pour juger de l'absence de soif ne reposant pas sur une obligation de moyens .....	235
3.1-1. Des critères physiologiques et zootecniques de l'absence de soif sans doute difficiles à décliner en indicateurs .....	235
3.1-2. Des indicateurs comportementaux de l'absence de soif peuvent être plus faciles à construire.....	237
3.2- Evaluations des conditions d'abreuvement au vu des comportements agonistiques qu'elles pourraient provoquer .....	238
<b>Conclusion .....</b>	<b>240</b>
<i>Bibliographie .....</i>	<i>244</i>
<i>Annexes .....</i>	<i>258</i>
<i>Annexe 1 .....</i>	<i>260</i>
<i>Annexe 2 .....</i>	<i>264</i>
<i>Annexe 3 .....</i>	<i>276</i>
<i>Annexe 4 .....</i>	<i>278</i>
<i>Annexe 5 .....</i>	<i>284</i>
<i>Annexe 6 .....</i>	<i>286</i>
<i>Annexe 7 .....</i>	<i>288</i>
<i>Annexe 8 .....</i>	<i>290</i>
<i>Annexe 9 .....</i>	<i>294</i>



# Liste des articles et communications

## Articles scientifiques

- Nizzi, E., Hurtaud, C., Boudon, A. 2023. Interaction between drinker density and cow social dominance affects drinking behavior. JDS Communication. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0479>. (**Chapitre 2**)
- Nizzi, E., Foris, B., Lassalas, J., Hurtaud, C., Boudon, A. 2024a. Monitoring individual drinking behaviour and the social hierarchy in dairy cows using electronic drinkers. Applied Animal Behaviour Science, vol 273, p 106218. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2024.106218>. (**Chapitre 1**)
- Nizzi, E., Foris, B., Weary, D. M., Boudon, A., von Keyserlingk, M. A. G. 2024b. Overstocking and temporal feed restriction affect dairy cows' drinking behavior. JDS Communication. (révisions mineures). (**Chapitre 3**)
- Nizzi, E., Dhumez, O., Hurtaud, C., Boudon, A. 2024c. With adequate drinking facilities, short-term water restrictions affect time budgets but do not limit water intake in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science (révisions majeures). (**Chapitre 4**)

## Communications

- Nizzi, E., Gérard, C., Hurtaud, C., Foris, B., Lassalas, J., Boudon, A. 2022. Monitoring individual drinking behavior and the dairy cows social hierarchy using electronic drinkers. EAAP- 73rd Annual Meeting, Porto, Portugal. (**Annexe 3**)
- Nizzi, E., Foris, B., Gérard, C., Lassalas, J., Hurtaud, C., Boudon, A. 2022. Suivi du comportement individuel d'abreuvement et de la hiérarchie de dominance chez les vaches laitières à l'aide d'abreuvoirs connectés. 26<sup>ème</sup> Rencontre autour des Recherches sur les Ruminants. (**Annexe 4**)
- Nizzi, E., Hurtaud, C., Foris, B., Lassalas, J., Boudon, A. 2023. Dairy cows' social rank influences their drinking behavior. American Dairy Science Association (ADSA) (**Annexe 5**).

- Nizzi, E., Dhumez, O., Le-Croizier, A., Hurtaud, C., Boudon, A. 2024. Regrouping affects cows' social position at the drinker. Journées scientifiques de l'école doctorale, Paimpont. (**Annexe 6**)
- Nizzi, E., Dhumez, O., Lemarchand, M., Chauvin, A., Hurtaud, C., Boudon, A. 2024. With adequate drinking facilities, short-term restrictions on access to drinking water for lactating dairy cows disrupt their time budget but do not limit their water intake. Welfare Assessment of Animals at Farm Level (WAFL), Florence, Italie (soumis). (**Annexe 7**)
- Nizzi, E., Dhumez, O., Le-Croizier, A., Hurtaud, C., Boudon, A. 2024. La hiérarchie de dominance établie aux abreuvoirs à l'épreuve des regroupements chez les vaches laitières. 27ème Rencontre autour des Recherches sur les Ruminants. (soumis). (**Annexe 8**)

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Les équations de prédiction de l'eau bue (EB) et de l'eau totale ingérée (ETI) par les vaches laitières (L/j) recensées dans l'étude de Boudon et al. (2013).....	35
<b>Tableau 2:</b> Consommation d'eau par les animaux, nombre de visites à l'abreuvoir, volume bue par visite, durée d'abreuvement dans des études portant sur différents types de logement, sources d'eau et vaches à différents stades de lactation. (Jensen et Vestergaard, 2021).....	39
<b>Tableau 3:</b> Liste des critères et sous-critères et les mesures associées dans le protocole Welfare Quality® pour les vaches laitières (Botreau, 2008).....	47
<b>Tableau 4:</b> Ethogramme des interactions agonistiques décrites par Dickson et al. (1967).....	57



# Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Schéma de répartition de l'eau dans les différents compartiments (d'après Woodford et al. 1984 et Murphy, 1992) .....	33
<b>Figure 2:</b> Les compartiments et les marqueurs isotopiques associés (d'après Houpt, 2004).....	33
<b>Figure 3:</b> Les principaux flux d'eau entrants et sortants chez la vache laitière alimentée par une ration à base d'ensilage de maïs dans des conditions de thermoneutralité (Khelil-Arfa 2012).....	34
<b>Figure 4:</b> Moyenne $\pm$ SD de la dynamique horaire d'abreuvement. La consommation d'eau quotidienne moyenne des vaches laitières en lactation pour tous les essais (n= 70) était de 80,44 .....	37
<b>Figure 5:</b> Arbre de décision utilisé dans l'attribution d'un score pour le sous-critère « Absence de soif prolongée » du protocole Welfare Quality® (adapté de Welfare Quality®, 2009).....	46
<b>Figure 6:</b> Application du protocole Welfare Quality sur 131 élevages laitiers français (adapté de: de Boyer des Roches, 2012).....	49
<b>Figure 7:</b> Les différentes interactions agonistiques (adapté de Dickson et al., 1967).....	55
<b>Figure 8:</b> Matrice de dominance adaptée de l'étude de Wierenga et al. (1990) basée sur l'index Lamprecht. Horizontalement : le nombre de fois qu'une vache a déplacé une autre vache (gagnante). Verticalement : le nombre de fois qu'une vache a été déplacée par une autre vache (perdante).....	57
<b>Figure 9:</b> Diagramme adapté de Sánchez-Tójar et al. (2018) mettant en évidence les différentes étapes nécessaires pour déduire les hiérarchies de dominance. ....	59
<b>Figure 10:</b> Schéma des abreuvoirs connectés Insentec© (à gauche) et La buvette© (à droite).....	62
<b>Figure 11:</b> Schéma d'un remplacement. La vache réacteur B s'abreuve lorsqu'une vache acteur A la déplace en initiant un contact physique agressif. Alors la vache B se retire de l'abreuvoir ou de l'auge et la vache A prend sa place. ....	62



<b>Figure 12</b> : Abreuvoir La Buvette© (en haut à gauche), abreuvoir Insentec© (McDonald et al., 2019) (en haut à droite), abreuvoirs utilisés dans l'expérimentation de Burkhardt et al. (2022) (abreuvoir bac en bas à gauche et abreuvoir à cloisons en bas à droite).....	208
<b>Figure 13</b> : Graphique représentant la hiérarchie de dominance des vaches à l'abreuvoir (ronds rouges) sur la base de leur score de dominance (axe y) et ordonnée selon leur rang social (axe x), de la plus dominante (à gauche) à la plus dominée (à droite). Pour chaque vache, est aussi indiqué son score de dominance issu de la hiérarchie sociale déterminée hors des abreuvoirs (triangles bleus). .....	210
<b>Figure 14</b> : vidéos des 6 caméras positionnés pour identifier les interactions agonistiques aux abreuvoirs lors de l'étude de Nizzi et al. (2024) .....	213
<b>Figure 15</b> : conception des abreuvoirs LaBuvette® et représentation de la zone de détection (en bleu) de la boucle RFID des vaches.....	215
<b>Figure 16</b> : vache ouvrant le portillon de son auge individuelle à la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE grâce à son transpondeur accroché à son collier .....	217
<b>Figure 17</b> : Amplitude de réponse en termes de vitesse d'abreuvement selon les amplitudes de densité de vaches par abreuvoir et les catégories sociales dans le chapitre 2 ( <b>en vert</b> ) et dans le chapitre 3 ( <b>en orange</b> ). .....	226
<b>Figure 18</b> : Proportion de volume d'eau bue horaire dans l'expérimentation du chapitre 4 en fonction des traitements et des catégories sociales. ....	227
<b>Figure 19</b> : Nombre d'heures par jour passées couchée par vache en fonction des traitements et des catégories sociales ( $P$ value trait*CS < 0.05). .....	228

# Introduction générale



L'élevage est aujourd'hui confronté à une forte demande sociétale pour mieux prendre en compte le bien-être animal dans les pratiques et dans la conception des systèmes d'élevage. En réponse à cette demande, les efforts des acteurs des filières animales portent sur la construction de référentiels de santé et de bien-être animal applicables en élevage. Plusieurs initiatives politiques dans le monde de la recherche visent à répondre à cet enjeu. Par exemple, dans l'ouest de la France, l'ambition du Laboratoire d'Innovation Territoriale (LIT) "Ouest Territoires d'Elevages" (OUESTEREL) est de favoriser le développement de pratiques agricoles vertueuses répondant au mieux aux attentes des consommateurs, des citoyens et des politiques en promouvant l'exemplarité de ses élevages et de ses territoires en matière de conditions d'élevage. Un autre exemple est la création du Centre National de Référence pour le Bien-être Animal (CNR BEA) piloté par INRAE, rassemblant la recherche scientifique et technique, la formation et l'expertise.

Le bien-être d'un animal peut être défini comme l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux ainsi que de ses attentes (ANSES, 2018). Il peut varier en fonction de la perception de la situation par l'animal. L'absence de soif et le fait de disposer d'un abreuvement adéquat correspondent directement à un besoin physiologique, sachant qu'un besoin physiologique peut être défini comme une exigence de survie et de qualité de vie liée au maintien de l'homéostasie et aux motivations comportementales (ANSES, 2018). A ce titre, l'absence de soif, comme l'absence de faim, est la première des « cinq libertés » énoncées par le Farm Animal Welfare Council (FAWC, 1979), qui sont les premières conditions requises pour le bien-être animal. En France, une très grande diversité des équipements d'abreuvement a été identifiée entre les fermes laitières quant à leur capacité à satisfaire les besoins physiologiques des troupeaux (De Boyer des Roches et al., 2012). Certaines fermes disposent même d'équipements tout à fait inadaptés pour garantir l'absence de soif des vaches. Cette problématique apparaît d'autant plus prégnante aujourd'hui que la question du changement climatique et de l'augmentation des températures estivales va accroître les conséquences d'équipements d'abreuvements inadaptés pour les troupeaux de vaches laitières. Dans ce contexte, il est particulièrement important de garantir que les référentiels utilisés pour évaluer les dispositifs d'abreuvement soient pertinents. Ces référentiels doivent être efficaces et adaptés afin de permettre une évaluation à grande échelle des exploitations agricoles. De plus, ils doivent être suffisamment précis pour

garantir que les troupeaux puissent satisfaire leurs besoins en eau quelle que soit leur position dans l'élevage, dans les bâtiments ou les prairies.

Les référentiels qui permettent aujourd'hui d'évaluer le dispositif d'abreuvement d'une ferme ont été élaborés principalement à dire d'experts. C'est le cas du référentiel Welfare Quality® (Welfare Quality®, 2009) ou de celui de la Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals (RSPCA, 2018). Ces référentiels se basent sur des critères de nombre d'animaux par abreuvoir à l'échelle de la ferme ou de la case, de débit ou de propreté de l'eau. Les seuils retenus sont assez proches entre les référentiels. Les connaissances sous-jacentes aux choix des critères retenus dans ces référentiels ne sont pas clairement identifiées. Des publications scientifiques ont eu pour objet de décrire les effets de certaines caractéristiques du dispositif d'abreuvement (nombre d'animaux par abreuvoir, débit d'eau, forme et localisation des abreuvoirs) sur les quantités d'eau bue et le comportement d'abreuvement de bovins, en particulier de vaches laitières (Andersson et al., 1984; Andersson, 1987; Pinheiro Machado Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2006; Coimbra et al., 2010). Néanmoins, ces études ont été réalisées sans équipement permettant de qualifier et quantifier de façon précise les buvées à l'échelle de l'individu. Par ailleurs, elles ont été réalisées sur des petits groupes d'animaux dans des conditions de logement destinées à faciliter l'expérimentation mais assez éloignées des conditions de terrain. C'est sans doute la raison pour laquelle on peut se demander si la portée de ces résultats ne reste pas parfois limitée par rapport à la diversité des conditions rencontrées sur le terrain.

Dans un contexte où la nouvelle définition du bien-être animal par l'ANSES suscite des questionnements sur la perception de l'individu au sein du groupe, il est légitime de se demander si les critères établis dans les référentiels mentionnés précédemment sont appropriés pour évaluer la pertinence des dispositifs d'abreuvement par rapport aux besoins de tous les individus au sein du groupe. Il a été clairement établi, par exemple, qu'un accès à l'alimentation marginalement limité entraîne une compétition qui lèse systématiquement les individus les plus subordonnés du troupeau (Grant et Albright, 2001). Cette observation a même été généralisée à toutes les ressources dont l'accès est limité pour le troupeau (Val-Laillet et al., 2008). Ainsi, un accès marginalement restreint à l'eau pourrait engendrer une limitation de la capacité des animaux les plus subordonnés au sein du troupeau à s'abreuver, sans que cela ne soit perceptible à l'échelle de l'animal

moyen. Cela n'a pas été démontré à ce jour et à notre connaissance, presque aucune étude n'a consisté à quantifier l'hétérogénéité individuelle des réponses à une restriction des accès à l'abreuvement imposé à l'échelle d'un troupeau. Les conséquences d'une inadéquation marginale du dispositif d'abreuvement pourraient être peu perceptibles sur les réponses productives de l'ensemble du troupeau, mais elles pourraient s'avérer perceptibles sur la minorité des animaux les plus subordonnés, avec une altération significative de leur comportement, voire de leur bien-être, des performances de production sub-optimales ou même l'émergence de troubles sanitaires (Steiger-Burgos et al., 2001; Williams et al., 2017). Le fort essor du développement d'outils d'élevage de précision ces dernières années représente une opportunité pour mieux traiter de ces questions car ils permettent une identification individuelle des animaux au sein des troupeaux applicables pour mesurer l'accès des animaux à des ressources comme l'alimentation ou l'abreuvement.

L'objectif de ce projet de thèse est de mettre en place des outils pour réévaluer expérimentalement la pertinence de certains critères des référentiels d'évaluation de l'absence de soif au sein des élevages laitiers, en intégrant une composante relative à la vulnérabilité accrue des animaux les plus subordonnés au sein des troupeaux. Ce travail consiste en un prérequis pour établir ultérieurement un état des lieux des dispositifs d'abreuvement des fermes laitières en France et sensibiliser les éleveurs à cette question.



# Etat de l'art





Après avoir recentré l'importance des flux l'eau à l'échelle d'une vache laitière et de ses déterminants physiologiques, cet état de l'art va résumer les connaissances sur l'effet des équipements d'abreuvement sur les volumes d'eau bue par les vaches laitières, en les mettant en relation avec les recommandations en vigueur pour garantir la satisfaction des besoins en eau des troupeaux. Nous mettrons ensuite en lumière l'effet des situations de compétition pour l'abreuvement et de la hiérarchie de dominance sur le comportement d'abreuvement. Nous terminerons en montrant que des outils d'élevage de précision peuvent aujourd'hui permettre un suivi individuel et automatisé des comportements des vaches au sein de leur troupeau, ce qui est prometteur pour mieux comprendre les sources de la variabilité individuelle du comportement d'abreuvement.

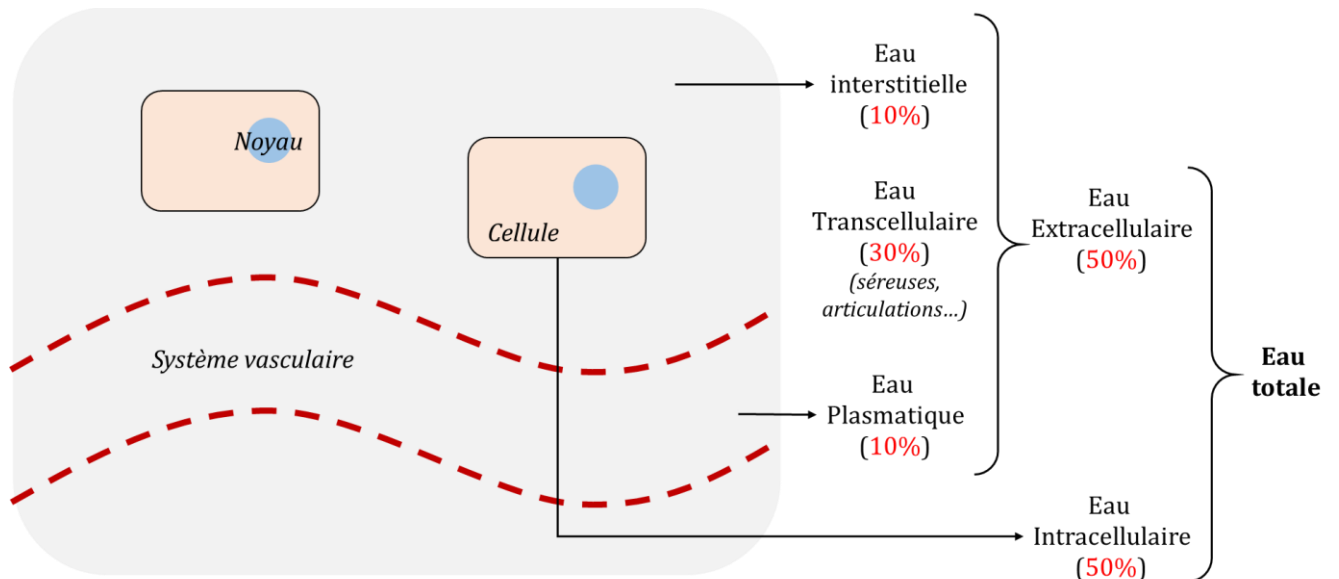
## **1- Les flux d'eau et ses déterminants chez la vache laitière**

### **Les compartiments hydriques corporels et leur régulation**


L'eau est la molécule majoritaire de tout organisme vivant. Chez les bovins, elle représente, selon leur stade physiologique, entre 56 et 81 % (Murphy, 1992) du poids vif. La teneur en eau diminue avec l'âge (Houpt, 2004). Les valeurs ne dépassent pas 70 % sur des vaches taries (Aschbacher et al. 1965). Elles sont aussi toujours supérieures sur des vaches en lactation par rapport à des vaches taries, ou sur des vaches en début de lactation par rapport à des vaches en fin de lactation (Woodford et al. 1984, Andrew et al. 1995, Odwongo et al. 1984). Un déterminant majeur est la teneur corporelle en tissu adipeux qui est toujours négativement corrélée à la teneur en eau car le tissu adipeux contient très peu d'eau par rapport à l'ensemble des autres tissus (Houpt, 2004).

Dans un organisme complexe, l'eau se répartit dans plusieurs compartiments, intra et extracellulaires (Murphy, 1992; Woodford et al., 1984) (**Figure 1**). Ces derniers sont définis à partir de l'espace de dilution de traceurs dédiés (Houpt, 2004, **Figure 2**). Les teneurs en eau de certains de ces compartiments sont régulées car elles sont nécessaires à un certain nombre de fonctions vitales. Par exemple, la teneur en eau des compartiments intracellulaires et plasmatiques permet la dilution des molécules nécessaires à toutes les réactions chimiques constituant le métabolisme (Houpt, 2004). Dans les compartiments de transport (sang, lymphe), les volumes d'eau permettent la migration des nutriments, hormones et de toute une diversité de molécules impliquées dans la signalisation

intercellulaire vers chaque cellule de l'organisme ou vers les sites d'excrétion. Les volumes d'eau dans le tube digestif permettent également le transit digestif.



**Figure 1:** Schéma de répartition de l'eau dans les différents compartiments (d'après Woodford et al. 1984 et Murphy, 1992)

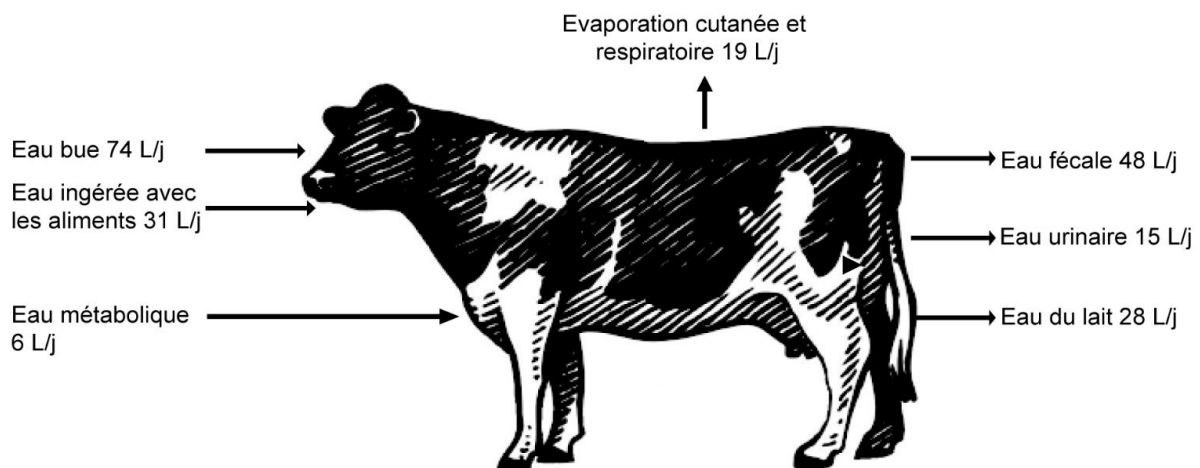
	Compartiments	Marqueurs non isotopiques	Marqueurs isotopiques 
<b>Mesurés</b>	<b>Eau corporelle totale ECT</b>	Ethanol Urée	Eau tritiée $^3\text{HO}$
	<b>Liquide extracellulaire LEC</b>	Inuline Mannitol	Sodium $^{24}$ Chlore $^{36}$
	<b>Liquide plasmatique</b>	Bleu Evans	Albumine marquée $ ^{125}$ ou $ ^{131}$
<b>Calculés</b>	<p><b>Liquide intracellulaire = ECT - LEC</b></p> <p><b>Liquide interstitiel = LEC - liquide plasmatique</b></p>		

**Figure 2:** Les compartiments et les marqueurs isotopiques associés (d'après Houpt, 2004)

La teneur en eau corporelle totale ou de chacun des compartiments pré-mentionnés varie dans une plage limitée en fonction du bilan hydrique de l'animal. Ce dernier est déterminé par des flux entrant qui sont l'eau bue, l'eau ingérée avec la ration ou dans une proportion

moins l'eau produite par le métabolisme. Il est aussi déterminé par des flux sortants qui sont les excréments rénaux et urinaires, la production de lait, l'évaporation d'eau par transpiration ou perspiration (Boudon et al., 2013, **Figure 3**). Un certain nombre de fonctions vitales pour l'organisme sont susceptibles de perturber l'équilibre de ce bilan (Boudon et al., 2013). Citons par exemple la production laitière qui répond à une nécessité d'homéostasie, ou l'évaporation d'eau nécessaire à la thermorégulation. On sait par ailleurs que, à un stade physiologique donné, une perte de 20 % d'eau corporelle est fatale pour les bovins (NRC 2001). Ainsi, certains flux du bilan hydrique doivent être régulés pour permettre le renouvellement des compartiments hydriques corporels.

Un niveau fondamental de régulation se trouve au niveau de la membrane plasmique et dépend de protéines transporteuses d'ions capables de maintenir en permanence la tonicité relative des compartiments intracellulaires par rapport aux compartiments extracellulaires (Haupt, 2004). Ce premier mécanisme de régulation ne peut être efficace que sur une gamme limitée de perturbations. Ainsi, à un niveau supérieur, la régulation de la tonicité et du volume du milieu extracellulaire repose aussi sur un certain nombre de baro- et d'osmo-récepteurs capables d'intervenir notamment dans la régulation de la soif et de la réabsorption rénale permettant de moduler les flux d'eau buccale et urinaire pour restaurer autant que possible des compartiments hydriques corporels (Boudon et al., 2013).



**Figure 3:** Les principaux flux d'eau entrants et sortants chez la vache laitière alimentée par une ration à base d'ensilage de maïs dans des conditions de thermoneutralité (Khelil-Arfa 2012).

**Tableau 1:** Les équations de prédiction de l'eau bue (EB) et de l'eau totale ingérée (ETI) par les vaches laitières (L/j) recensées dans l'étude de Boudon et al. (2013)

Sources	Lieu	N <sup>(1)</sup>	R <sup>2(1)</sup>	Pred <sup>(1)</sup>	Equations eau bue/totale ingérée (L/j) <sup>(2)</sup>
Castle et Thomas (1975)	Royaume-Uni	66	3 <sup>STR</sup>	EB	[1] = 2,53 x PL + 0,45 x MS % - 15,30
Little et Shaw (1978)	Royaume-Uni	112	0,58	EB	[2] = 2,15 x MSI + 0,73 x PL + 12,3
Stockdale et King (1983)	Australie	15	0,96	EB	[3] = - 9,37 + 2,3 x MSI + 0,53 x MS %
Murphy et al (1983)	Urbana, Etats-Unis	19	0,59	EB	[4] = 15,99 + 1,58 x MSI + 0,90 x PL + 0,05 x NaI + 1,20 x Tmin
Holter et Urban (1992) (vaches en lactation)	Durham Etats-Unis	329	0,69 0,19	EB	[5] - 32,39 + 2,47 x MSI + 0,6007 x PL + 0,62 x MS % + 0,091 x JD - 0,000257 x JD <sup>2</sup> [6] = - 68,28 + 4,76 x MS % - 0,038 x MS <sup>2</sup> %
Holter et Urban (1992) (vaches tarées)	Durham Etats-Unis	60	0,46 0,42	EB	[7] = - 10,34 + 0,22 x MS % + 2,21 x MSI + 0,039 x MAT <sup>2</sup> %
Dahlborn et al (1998)	Suède	24	0,67	EB	[8] = 14,3 + 1,24 x PL + 0,32 x MS %
Meyer et al (2004)	Allemagne	12821	0,60	EB	[9] = -26,12 + 1,516 x Tmoy + 1,29 x PL + 0,058 x PV + 0,40 x NaI
Cardot et al (2008)	France	1837	0,45	EB	[10] = 1,54 x MSI + 1,33 x PL + 0,89 x MS % + 0,57 x Tmin - 0,3 x Pluv - 26,65
Kume et al (2010) (vaches en lactation)	Japon	16	0,66	EB	[11] = 1,58 x MS % - 3,4
Kume et al (2010) (vaches tarées)	Japon	30	0,67	EB	[12] = 0,91 x MS % - 18,8
Khelil-Arfa et al (2012)	France	232	0,92 0,86	EB	[13] = 0,83 x MS % + 3,22 x MSI + 0,92 x PL - 0,28 x CONC % + 0,037 x PV - 77,6 [14] = 0,97 x MS % + 1,54 x PL - 0,29 x CONC % + 0,039 x PV - 41,1
Paquay et al (1970a) (vaches tarées)	Belgique	32	0,88 0,93	ETI	[15] = 5,47 x MSI - 2,58 (aliment humide) [16] = 4,55 x MSI - 7,31 (aliment sec)
Stockdale et King (1983)	Australie	8	0,99	ETI	[17] = 11,34 + 4,63 x MSI - 0,0036 MS % + 0,84 Tmoy
Holter et Urban (1992) (vaches tarées)	Durham Etats-Unis	60	0,99	ETI	[18] = 35,19 + 0,98 x EB - 0,011 x PV + 1,081 x MSI + 1,18 x MATr % - 0,038 x MATr <sup>2</sup> % - 0,99 x MS % + 0,0054 x MS % <sup>2</sup>
Kume et al (2010) (vaches en lactation)	Japon	16	0,56 0,26 0,86 0,50 0,85	ETI	[19] = 36,3 x K ration % + 27,4, [20] = 4,15 x MATr % + 29,4 [21] = 6,24 x MSI - 31,0, [22] = 0,129 x NaI + 26,4 [23] = 0,14 x KI + 40,6
Kume et al (2010) (vaches tarées)	Japon	30	0,53 0,36 0,40 0,63 0,74	ETI	[24] = 7,43 x K ration % + 12,8 [25] = 1,51 x MATr % + 7,60 [26] = 5,91 x MSI - 15,2 [27] = 0,14 x NaI + 4,28 [28] = 0,10 x KI + 11,1
Khelil-Arfa et al (2012)	France	232	0,87 0,82	ETI	[29] = 3,89 x MSI + 9,4.10 <sup>-2</sup> x MATf + 0,81 x PL - 0,8 x MATc - 0,94 [30] = 1,56 x PL + 1,9 x MATf + 43,3

<sup>(1)</sup> N : Nombre de données ; R<sup>2</sup> de l'équation donnée dans la publication ; Pred : variable prédite, EB : Eau Bue (L/j),

ETI : Eau Totale Ingérée (L/j) ; ETR : Ecart-Type Résiduel.

<sup>(2)</sup> MSI : Matière Sèche Ingérée (kg/j) ; MS % : Teneur en Matière Sèche de la ration (%) ; PL : Production Laitière (kg/j) ;  
PV : Poids Vif (kg) ; Tmin : Température ambiante minimale journalière (°C) ; Tmoy : Température ambiante moyenne (°C) ;  
Pluv : Pluviométrie journalière (mm/j) ; JD : Rang du jour julien dans l'année en cours ; MATr : Teneur en Matière Azotée  
Totale de la ration (% MS) ; MATf : Teneur en Matière Azotée de la ration provenant du fourrage (% MS) ; MATc : Teneur en  
Matière Azotée de la ration provenant du concentré (% MS) ; NaI : Quantités journalières de sodium ingéré (g/j) ;  
KI : Potassium ingéré (g/j).

## Les déterminisme de la consommation d'eau des vaches

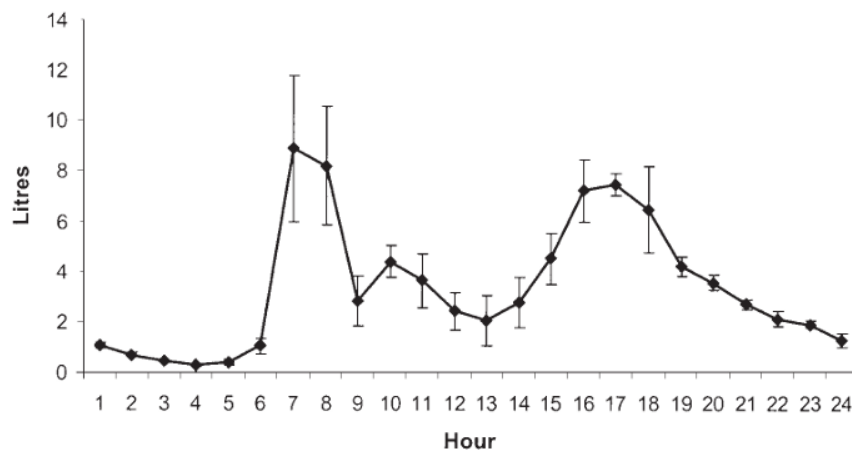
Une vache laitière boit entre quelques litres et plus d'une centaine de litres d'eau par jour (Boudon et al., 2013). On dispose aujourd'hui d'un nombre conséquent d'équations de prédiction de l'eau bue par les vaches laitières dans des contextes variés (Boudon et al. 2013, Appuhamy et al. 2016). La teneur en matière sèche (MS) de la ration est le premier facteur qui influence le volume d'eau bue par les vaches laitières (Appuhamy et al., 2016; Khelil-Arfa et al., 2012; NRC, 2001). Il est établi que les vaches augmentent leur volume d'eau bue quand la teneur en MS des rations augmente de façon à compenser par l'abreuvement l'ingestion d'eau qui n'est plus permise par la ration (Khelil-Arfa et al., 2012, Boudon et al., 2013). L'ingestion totale d'eau, qui consiste en la somme de l'eau bue et de l'eau ingérée avec les aliments est peu sensible à la teneur en MS de la ration (Khelil-Arfa et al., 2012) mais dépend de tous les autres déterminants qui vont être cités dans la suite de cette section.

La majorité des équations répertoriées dans le **Tableau 1** illustre des effets de la production laitière (PL) et de la matière sèche ingérée (MSI). Les paramètres associés à ces variables dans les régressions multiples varient cependant beaucoup d'une équation à l'autre (Boudon et al., 2013, Holter et Urban, 1992, Murphy et al., 1993, Meyer et al. 2004). Une raison importante d'hétérogénéité entre les équations est que ces deux variables (PL et MSI) sont fortement corrélées, ce qui induit un phénomène de colinéarité dans les équations où elles sont toutes les deux représentées. L'équation proposée par INRA (2018) a cherché à s'affranchir de ce problème en tentant d'expliquer par la MSI, la différence entre l'eau totale ingérée et l'eau contenue dans le lait.

Les teneurs en électrolytes et en azote des rations influencent également le volume d'eau bue par les vaches par leur effet indirect sur les pertes d'eau urinaire (Boudon et al., 2013; Appuhamy et al., 2016; Khelil-Arfa et al., 2012). Kume et al. (2010) ont par exemple identifié que le potassium ingéré et la matière azotée totale étaient corrélés positivement avec le volume d'eau bue. Par ailleurs, il a été noté que l'inclusion de la teneur en azote des fourrages dans les équations de prédiction rend finalement compte des teneurs en potassium de ces derniers car les teneurs en ces éléments dans la partie aérienne des fourrages sont corrélées (Khelil-Arfa et al., 2012).

Enfin, la température ambiante, et en particulier les températures élevées, sont aussi susceptibles d'augmenter les volumes d'eau bue par les vaches. Une température au-

dessus de la thermoneutralité, c'est-à-dire supérieure à 15 degrés pour un critère de perspiration chez les vaches laitières, peut entraîner des pertes d'eau par voie respiratoire et par voie cutanée pour permettre à la vache de réguler sa température corporelle (Boudon et al., 2013). En effet, quand la température devient trop élevée, les pertes de chaleur sensible, c'est-à-dire à travers la peau sans évaporation d'eau deviennent compliquées, voire impossibles, en raison de la réduction du gradient thermique entre le corps et l'environnement. L'animal doit donc évacuer de la chaleur par évaporation d'eau et 1 litre d'eau évaporé correspond à 2500 kJ dissipés. Des équations de besoin supplémentaire d'eau du fait de fortes températures sont proposées dans INRA (2018).



**Figure 4:** Moyenne  $\pm$  SD de la dynamique horaire d'abreuvement. La consommation d'eau quotidienne moyenne des vaches laitières en lactation pour tous les essais ( $n= 70$ ) était de 80,44

## **Le comportement d'abreuvement des vaches laitières en condition *ad libitum***

Si la variabilité des quantités d'eau bue journalière des vaches laitières a été bien décrite, il existe aussi une variabilité dans la façon dont elles répartissent leur abreuvement au cours de la journée. C'est ce qu'on appellera le comportement d'abreuvement. La vache a un comportement d'abreuvement diurne (**Figure 4**). Les buvées suivent le plus souvent les heures de traites et de distribution d'aliment (Cardot et al., 2008; Osborne et al., 2002). Deux à trois pics de consommation d'eau sont visibles sur les dynamiques d'abreuvement horaire des vaches laitières, sans doute provoqués par le sentiment de soif généré par la prise alimentaire (Langhans et al., 1995). En dehors des périodes d'abreuvement, d'ingestion, et de traite, les vaches se reposent et ruminent (DeVries et al., 2003).

La revue de littérature de Jensen et Vestergaard (2021) a permis de mettre en avant la variabilité de ces dynamiques d'abreuvement. Cette revue inclut notamment 8 études sur l'abreuvement (**Tableau 2**) pour lesquelles le nombre de visites à l'abreuvoir par jour a varié de 5 à 20 visites et la durée d'abreuvement était comprise entre 7 minutes et 37 minutes. Ceci représente des variations importantes bien que l'eau ait été fournie *ad libitum* dans ces études. Nous allons détailler dans les parties 2 et 3 de cet état de l'art comment l'équipement d'abreuvement et les situations de compétition aux abreuvoirs peuvent expliquer une grande partie de ces variations.

L/j (SE = 2,60). La traite avait lieu à 6 h et à 16 h 30, l'alimentation à 7 h 30 et à 15 h. (Osborne et al., 2002)



**Tableau 2:** Consommation d'eau par les animaux, nombre de visites à l'abreuvoir, volume bue par visite, durée d'abreuvement dans des études portant sur différents types de logement, sources d'eau et vaches à différents stades de lactation. (Jensen et Vestergaard, 2021)

Reference	Huzzey et al. (2005)	Cardot et al. (2008)	McDonald et al. (2020)	Johansen et al. (2017)	Melin et al. (2005)	Andersson (1987)	Dado and Allen (1994)	Andersson et al. (1984)
Housing	Freestall	Freestall	Freestall	Freestall	Freestall	Freestall	Tiestall	Tiestall
Breed	Holstein	Holstein	Holstein	Holstein	Swedish Red and White	Swedish Red and White	Holstein	Swedish Red and White
Lactation stage	Pre/postpartum	Mid lactation	Lactating	Early lactation	Early lactation	Mid lactation	Early lactation	Mid lactation
Yield, kg/d		27	38	28–35	27/38 <sup>1</sup>	23	33	24
DMI, kg/d				19–22				
Water source	Trough	Trough	Bin (Insentec <sup>2</sup> )	Bin (Insentec)	Bowl	Bowl	Bowl	Bowl
Stocking density				6 cows/bin				
Feed water, L/d				19–35				
FWI, L/d		84 ± 17	96.9 ± 1.06	75–94	65/93 <sup>1</sup>	43	78	80/75 <sup>3</sup>
Bouts/day	6.6/9.5	7.3	19	7–9	14.5	5.8/6.72 <sup>4</sup>	14	40/28/30 <sup>5</sup>
Bout criterion, min	5.27	4			3.7		4	
Bout length, min			1.35		2.1			
Intake/bout, L		12.9				7.85/5.36 <sup>4</sup>	6.4	
Drinking, min/d	5.5/6.8		25.6	13–23			18.5	37/11/7 <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Primi-/multiparous.

<sup>2</sup>Insentec B.V.

<sup>3</sup>Dominant/subordinate.

<sup>4</sup>Flow: 12/3 L/min.

<sup>5</sup>Flow: 2/7/12 L/min.

## **Les adaptations physiologiques des vaches à la restriction hydrique**

La restriction quantitative des volumes d'eau offerte aux vaches laitières se traduit très rapidement par une baisse d'ingestion, une baisse de la production laitière et par l'apparition de signes de déshydratation dont l'intensité va dépendre de la durée et de l'ampleur de la restriction. Ainsi, dans une expérimentation ayant consisté à soumettre 8 vaches à 4 régimes de restriction hydrique, avec des volumes offerts de 100, 87, 73 et 60% de la consommation d'eau *ad libitum* pendant 6 jours, Little et al. (1976) ont observé que la restriction la plus forte a entraîné une diminution de 16 % de la MSI et une baisse concomitante de 16 % de la PL. Dans une autre étude, Steiger-Burgos et al. (2001) ont soumis pendant 8 jours des lots de 6 à 9 vaches en lactation à une restriction d'eau de 25 % et de 50 % par rapport à la consommation d'eau individuelle *ad libitum*. Ces auteurs ont aussi conclu à une baisse très rapide de l'ingestion de la ration, dès le premier repas après la présentation d'aliments frais le matin. A partir du 3ème jour de restriction, les vaches consommaient moitié moins d'aliment que pendant la période de référence sur le traitement le plus sévère. Le poids vif des animaux a lui aussi diminué, ainsi que la production laitière de façon légèrement décalée par rapport à l'ingestion d'aliment. Ces deux paramètres se sont stabilisés par la suite à un niveau inférieur. Dans ces deux études, une réduction du poids vif des animaux dûe à une perte d'eau corporelle a suggéré une déshydratation notable des vaches. Enfin, les concentrations sériques en sodium (Na<sup>+</sup>) et urée ainsi que l'osmolarité ont augmenté de manière significative avec l'augmentation de la restriction d'eau dans l'étude de Little et al. (1976). La restriction hydrique de 50 % du niveau *ad libitum* a augmenté les concentrations d'urée dans le lait et le sang ainsi que le sodium plasmatique et l'hématocrite dans l'étude de Steiger-Burgos et al. (2001).

## **2- Effet des équipements d'abreuvement sur les volumes d'eau bue et le comportement d'abreuvement des vaches**

Les besoins quantitatifs d'eau d'abreuvement par les vaches laitières, tels que décrits dans la section précédente, ont été mesurées sur des animaux pour lesquels les accès à l'abreuvement étaient le moins contraints possibles, souvent dans des conditions d'isolement des vaches avec un abreuvoir à bon débit. Sur des animaux en groupe et a

fortiori dans les élevages commerciaux, il est plus compliqué de s'assurer que toutes les vaches d'un troupeau ont bien un accès illimité à l'eau d'abreuvement. Cela va dépendre en grande partie des caractéristiques des équipements d'abreuvement en relation avec la taille du troupeau et sa conduite dans l'élevage.

## **Objectivation de l'effet des conditions d'abreuvement sur les volumes d'eau bue et le comportement d'abreuvement des vaches**

### **La densité d'animaux par abreuvoir**

L'étude de Castle et Thomas (1975) a été pionnière pour définir des conditions d'abreuvement satisfaisantes pour les vaches laitières. Elle a établi que, pour satisfaire la demande maximale en eau des vaches, sans causer de stress, ni d'attente aux abreuvoirs, il est nécessaire d'avoir un nombre d'abreuvoirs (bac ou bol) suffisant. Les chiffres clés obtenus dans cette étude sont encore largement repris dans les recommandations en cours, à savoir une longueur minimale d'abreuvoir d'environ 160 cm pour un groupe de 50 vaches laitières recevant une ration à faible teneur en matière sèche, ou pour un groupe de 30 vaches recevant une ration à forte teneur en matière sèche. Dans le cas d'abreuvoirs bols, ces chiffres clés sont de un abreuvoir pour 10 vaches recevant une ration à faible teneur en matière sèche ou pour 6 vaches recevant une ration à forte teneur en matière sèche. La méthodologie pour parvenir à ces résultats a consisté à suivre le comportement d'abreuvement de 14 troupeaux réunissant 840 vaches de race Frisonne élevées dans des conditions de fermes commerciales à l'automne et au printemps 1972. L'étude d'Andersson (1987) a également montré que sur des lots de 16 vaches logées stabulation libre, le nombre d'abreuvoirs (entre 1 et 2) n'affectait pas les volumes d'eau bue. Cette étude a été réalisée sur des périodes relativement longues, de l'ordre de 3 semaines.

Ces études pionnières, particulièrement celle de Castle et Thomas, (1975) qui reste remarquable aujourd'hui encore de par la diversité des conditions d'élevage qu'elle recouvrait et l'intensité des mesures, présentent cependant des limites dans les conditions actuelles d'élevage. Le génotype des vaches a bien changé. La production laitière dans ces études était de  $16 \pm 8$  kg de lait par jour (Castle et Thomas, 1975) et de 22,5 kg de lait par jour (Andersson, 1987) pour des consommations d'eau d'abreuvement moyennes de  $49 \pm 9$  L/j et de 43,2 L/j respectivement. Actuellement, on peut se questionner sur la validité de ces recommandations pour des vaches produisant pratiquement le double en lait et consommant également le double en eau d'abreuvement.

### **La forme des abreuvoirs**

L'étude de Castle et Thomas (1975) décrite précédemment a démontré que le temps d'abreuvement des vaches était supérieur avec un équipement en abreuvoirs bols individuels qu'en abreuvoirs bacs. Plusieurs autres études menées par des chercheurs brésiliens ont également porté sur la définition de la forme des abreuvoirs les plus adaptés aux vaches. Machado et al. (2004) ont montré que les groupes de 3 à 14 vaches au pâturage préféraient un abreuvoir plus grand et plus profond quand ils avaient le choix entre des abreuvoirs de profondeur (30 cm vs 60 cm) et de surface différentes (126 cm x 68 cm vs 139 cm x 95 cm). Les vaches ont passé plus de temps à boire, ont consommé plus d'eau, et pris plus de gorgées dans l'abreuvoir le plus grand et le plus large. Ces observations ont été affinées dans l'étude de Teixeira et al. (2006) qui ont confirmé que les vaches buvaient plus d'eau, et plus longtemps, dans un abreuvoir ayant une surface plus grande, comme l'ont également démontré Burkhardt et al. (2022) dans une récente étude où les vaches buvaient plus longtemps lorsqu'elle s'abreuvaient dans un abreuvoir bac plutôt que dans un abreuvoir individuel. Teixeira et al. (2006) ont enfin noté que la profondeur de l'abreuvoir (30 cm ou 60 cm) n'affectait pas leur comportement d'abreuvement mais la hauteur de l'abreuvoir, à 60 cm, maximisait le volume d'eau bue et le nombre de gorgées par rapport à une hauteur de 30 cm.

Les mesures de comportement d'abreuvement dans l'étude de Machado et al. (2004) ont été rapportés par des moyennes à l'échelle de groupes d'animaux sans rendre compte de la variabilité individuelle. Il est pourtant probable que, selon leur position dans l'échelle sociale, toutes les vaches ne soient pas affectées de la même façon. Une autre limite à l'extrapolation de ces résultats est que cette expérimentation s'est basée également sur une seule journée d'observation, où les groupes ont été affectés à un abreuvoir pendant 24 heures puis au second type d'abreuvoir les 24 heures suivantes (plan croisé).

### **Le débit et l'éloignement des abreuvoirs**

Des études suédoises ont précisé l'effet des débits d'eau, et de la localisation des abreuvoirs sur les volumes d'eau bue des vaches. L'étude d'Andersson et al. (1984) a montré que des débits d'eau importants, de l'ordre de 12 L/min favorisaient sensiblement le volume d'eau bue par les vaches alors que des débits faibles, entre 2 et 7 L/min entraînaient une augmentation du nombre de visites à l'abreuvoir et un temps

d'abreuvement plus long. Ces études ont été menées sur des lots de 6 à 12 vaches équipées d'abreuvoirs bol individuels sur des périodes de l'ordre de 4 à 5 semaines. Andersson (1987) a montré que sur des lots de 16 vaches logées en stabulation libre, l'éloignement des deux abreuvoirs (0,9 m vs 22 m) n'affectait pas les volumes d'eau bue par les vaches. Par contre, augmenter la distance entre les deux abreuvoirs a permis de réduire l'attente aux abreuvoirs dans les heures de forte affluence. Cette étude a aussi confirmé qu'un débit d'eau élevé (12 contre 3 L/min) a permis de réduire le temps d'attente des vaches aux abreuvoirs du fait de la prise d'eau plus rapide.

Ces expérimentations présentent cependant des limites. Les résultats acquis sur l'effet des débits d'eau ont été acquis par paire de vaches, partageant un même abreuvoir et non pas au niveau individuel (Andersson et al., 1984). L'étude de Andersson et al. (1984) a également été mise en œuvre en système entravé, dans des conditions d'élevage éloignées de celles visibles dans les fermes laitières françaises à ce jour. L'étude de Andersson (1987) a quant à elle été menée dans des systèmes fermés et isolés de stabulation libre avec logettes cependant assez éloignés de la conception normale des fermes commerciales.

## **Il existe des recommandations sur les équipements d'abreuvement en fermes**

### **Les recommandations pionnières**

Un premier rapport basé sur une enquête dans 54 élevages en Angleterre, au Pays de Galles et en Écosse et des échanges avec le Danemark, les Pays-Bas et l'Irlande du Nord, a été rédigé en 1965 par un comité présidé par le professeur Roger Brambell. Ce rapport, nommé le "Report of the Technical Committee to Inquire into the Welfare of Animals Kept under Intensive Livestock Husbandry Systems," est devenu avec le temps "The Brambell Report" (e.g., « Le rapport Brambell »). Il prenait en compte plusieurs espèces d'animaux d'élevage et dénonçait les méthodes d'élevage intensives susceptibles d'affecter le bien-être des animaux d'élevage. La partie du rapport relative aux élevages bovins excluait les taureaux reproducteurs et les vaches laitières. Il a été considéré en particulier que les vaches laitières ne constituaient pas une problématique car elles n'avaient pas suscité une grande inquiétude de la part du public et n'avaient été que très peu mentionnées dans les témoignages recensés. Par contre, l'absence d'un accès à de l'eau d'abreuvement pour les

veaux de boucherie nourris à base de substituts de lait a été critiqué et considéré comme une privation.

Ce rapport a aussi été pionnier en énonçant les multiples libertés auxquelles les animaux d'élevage devraient prétendre (e.g., la liberté "de se lever, de se coucher, de se retourner, de faire leur toilette et d'étirer leurs membres"). Ces libertés sont devenues les "cinq libertés de Brambell." Le Comité consultatif sur le bien-être des animaux de ferme a été créé en réponse à ce rapport et en 1979, est devenu le Farm Animal Welfare Council, renommé Animal Welfare Committee (AWC) en 2019. Ce comité a repris et codifié les cinq libertés. Il a publié un rapport en 2009 dont le but était d'examiner l'efficacité de la politique britannique en matière de bien-être des animaux d'élevage depuis 1965 et de définir une stratégie permettant d'améliorer régulièrement le bien-être des animaux au cours des 20 prochaines années mais il ne fait pas mention à l'approvisionnement en eau des vaches laitières.

Aux États-Unis, depuis 1974, le National Research Council (NRC), puis les National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM) en 2021 ont publié 8 éditions de Recommandations nutritionnelles sur les animaux d'élevage. L'édition de 2001, axée sur les élevages laitiers, a été la première, à notre connaissance, à intégrer de recommandations relatives aux équipements d'abreuvement dans les fermes laitières. Les recommandations qui y figurent proviennent de l'étude de Castle et Thomas (1975). Elles sont basées sur les observations de la concurrence entre les vaches et suggèrent que la longueur de l'abreuvoir mis à la disposition des vaches devrait être de 160 cm, pour 30 vaches recevant une ration à forte teneur en matière sèche, soit un peu plus de 5 cm par vache et qu'un abreuvoir bol doit être disponible pour 10 vaches, chiffres repris par le NRC (2001). La dernière édition du NASEM (2021) mentionne les notions de soif définies comme « un besoin long et irrépressible de boire » par Hogan et al. (2007), de restriction d'eau et de déshydratation provenant de l'étude de Beede (2012) qui affirme qu'une perte de 15 à 20 % d'eau corporelle peut être fatale pour les bovins (*bos taurus*). Les recommandations sur le nombre et la longueur des abreuvoirs ne sont pas reprises dans cette nouvelle édition.

En 2004, le projet européen Welfare Quality®, cofinancé par la Commission de l'Union Européenne a été construit. Il rassemble de nombreux groupes d'experts en Europe pour, entre autres, développer des systèmes fiables et harmonisés d'évaluation du bien-être des

animaux en ferme (Botreau, 2008). Il a été coordonné par trois organismes de recherche : Wageningen University and Research Center aux Pays-Bas, l'Université de Cardiff au Royaume-Uni et l'INRA devenu INRAE. Ce projet a abouti à un outil d'évaluation du bien-être animal conçu pour être utilisable dans les fermes. Les conditions d'abreuvement constituent une des 12 familles de critères intégrés dans le protocole d'évaluation. A ce jour, c'est dans ce protocole qu'on trouve sans doute la synthèse la plus aboutie pour évaluer le dispositif d'abreuvement d'une ferme laitière. D'ailleurs, cette synthèse a été reprise dans d'autres recommandations, telles que celles de la « Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals » (RSPCA, 2018) au Royaume-Uni, de la Commission Internationale du Génie Rural, (International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering, CIGR, 2014) ou du Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche au Danemark (Ministry for Food, Agriculture and Fisheries, 2017).

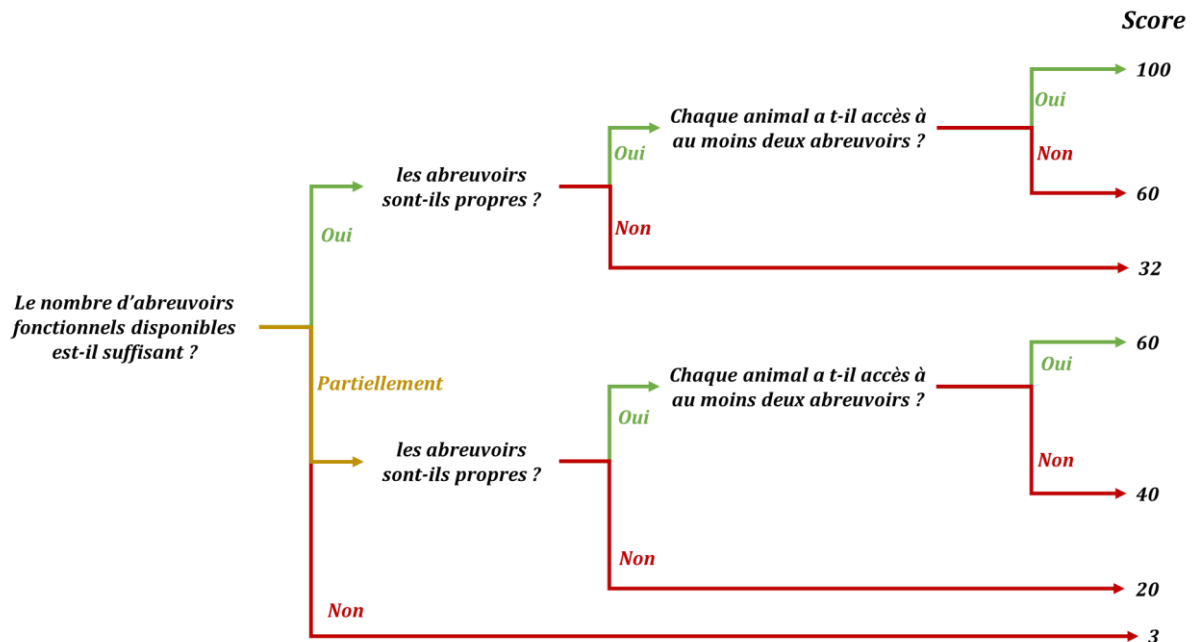
#### **L'évaluation de l'absence de soif prolongée par le protocole Welfare Quality®**

L'absence de soif est la première des 5 libertés fondamentales définies par le FAWC et constituant le socle de la définition du bien-être animal (ANSES, 2018). Ces 5 libertés sont déclinées en 12 familles de critères dans le protocole Welfare Quality®. La famille « Absence de soif prolongée » est la deuxième de ces familles qui est agrégée avec « l'absence de faim prolongée » (**Tableau 3**).

L'évaluation de l'absence prolongée de soif consiste à répondre à trois questions, à savoir déterminer si le nombre d'abreuvoirs fonctionnels disponibles est suffisant, si les abreuvoirs sont propres et si chaque animal a au moins accès à deux abreuvoirs. Ces trois questions, construites en arbre de décision, aboutissent à des scores de satisfaction pour cette famille de critère pouvant aller de 0 à 100, représentant respectivement la pire et la meilleure situation envisageable dans une ferme. Le principe du calcul du score pour l'absence prolongée de soif pour les bovins est donné dans la **Figure 5**. Le guide détaillé et illustré pour noter chacun des critères de cette famille est donné en **Annexe 1**.

La recommandation inscrite dans le Welfare Quality® (2009) considère comme suffisant d'avoir au minimum un abreuvoir bol pour 10 vaches et/ou 6 cm d'abreuvoir bac par vache. Un abreuvoir pour 15 vaches et/ou 4 cm de bac par vache est considéré comme partiellement suffisant. Un abreuvoir partiellement fonctionnel ou ayant un débit d'eau trop faible (c'est-à-dire < à 20 L/min pour un abreuvoir bac, ou 10 L/min pour un

abreuvoir bol) entraîne que le nombre d'animaux recommandé soit divisé par deux. Le score affecté à l'absence de soif prolongée sera établi à l'échelle du groupe de vaches d'une stabulation donnée. La propreté des abreuvoirs est aussi évaluée selon trois classes= 0, = Propre, 1 = En partie propre et 2 = Sale.



**Figure 5:** Arbre de décision utilisé dans l'attribution d'un score pour le sous-critère « Absence de soif prolongée » du protocole Welfare Quality® (adapté de Welfare Quality®, 2009)



**Tableau 3:** Liste des critères et sous-critères et les mesures associées dans le protocole Welfare Quality® pour les vaches laitières (Botreau, 2008)

Critères	Sous-critères	Mesures	
Alimentation adaptée	SC1	Absence de faim prolongée	État d'engraissement (pourcentage d'animaux maigres)
	SC2	Absence de soif prolongée	Approvisionnement en eau des animaux : - nombre d'auges - longueur totale des auges - nombre de bols (avec ou sans réservoir d'eau) - débit de l'eau - propreté et nombre d'animaux
Logement correct	SC3	Confort autour du repos	Temps mis par les vaches pour se coucher Pourcentage d'animaux entrant en collision avec une partie du matériel de logement (ex. barres délimitant les logettes) au moment où ils se couchent Pourcentage de vaches couchées partiellement en dehors de la zone de couchage Propreté : - de la mamelle - du flanc et de la cuisse - des pattes arrières
	SC4	Confort thermique	-
	SC5	Facilité de déplacement	Les vaches sont-elles attachées ? Ont-elles accès à une zone d'exercice extérieure ? (nombre de jours par an et nombre d'heures par jour) Vont-elles à la pâture ? (nombre de jours par an et nombre d'heures par jour)
Bonne santé	SC6	Absence de blessures	Boiterie Altérations du tégument : - Nombre de blessures légères (pertes de poils) par vache - Nombre de blessures sérieuses (plaies ou gonflements) par vache
	SC7	Absence de maladies	Problèmes respiratoires (toux, éternuements, écoulements nasal et oculaire, fréquence respiratoire élevée) Problèmes digestifs (diarrhée) Problèmes reproductifs (mammites et perte vaginale) Mortalité
	SC8	Absence de douleur causée par les pratiques d'élevage	Mutilations réalisées en élevage : - écornage (% de vaches écornées, méthode utilisée, utilisation de produits anesthésiques et analgésiques) - queue coupée (% de vaches ayant la queue coupée, nombre de vertèbres restantes, utilisation de produits anesthésiques et analgésiques)
Comportement approprié	SC9	Expression des comportements sociaux	Fréquences des comportements agonistiques (coup de tête entraînant ou non le déplacement de la vache cible, poursuite après un coup, coup entraînant le lever d'un animal couché, combat)
	SC10	Expression des autres comportements	-
	SC11	Bonne relation Homme-Animal	Distance de fuite au cornadis
	SC12	Absence de peur (en général)	-

Comme mentionné précédemment, les critères définissant des conditions d'abreuvement satisfaisantes dans d'autres guides de recommandations sont assez proches de ceux retenus par Welfare Quality®. La RSPCA (2018) retient une densité de 10 vaches par abreuvoir et un espace d'abreuvement minimal de 450 à 700 mm par tête pour les bovins de 350 à 700 kg. Le GIGR stipule que le nombre d'abreuvoirs doit être équivalent à 15% du nombre de vaches présentes (c'est-à-dire, approximativement 1 abreuvoir pour 7 vaches) et que les vaches doivent avoir accès à 5 cm d'abreuvoir bac en hiver et à 10 cm en été. Enfin, le Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche au Danemark a renforcé un peu plus ces recommandations en préconisant un maximum de 6 vaches (contre 10 vaches) par abreuvoir et une longueur minimale de 10 cm (contre 6 cm) d'abreuvoir bac par vache (Ministry for Food, Agriculture and Fisheries, 2017).

**La famille de critères d'absence de soif prolongée a une influence majeure sur la note globale d'un élevage donnée par le protocole Welfare Quality®**

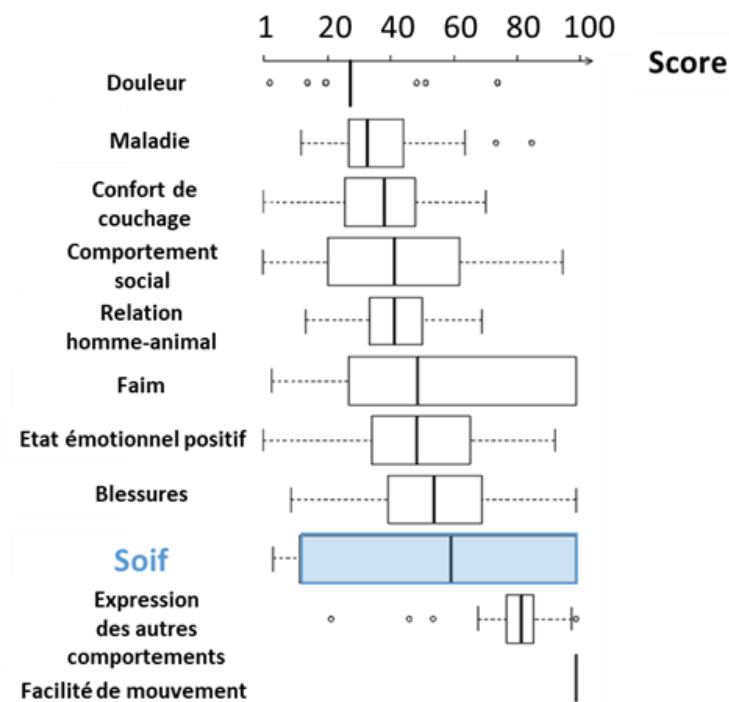
Le protocole Welfare Quality® est largement utilisé mais des problèmes de pondération des variables dans l'algorithme de base existent (de Graaf et al., 2017; de Vries et al., 2013). de Vries et al. (2013) ont mis en évidence que les scores de certaines familles de critères avaient beaucoup plus de poids que d'autres pour classer un élevage comme « inacceptable », « acceptable », « amélioré » ou « excellent ». Sur les 179 troupeaux évalués dans l'étude, aucun élevage n'a été considéré comme excellent alors que 16 ont été considérés comme inacceptables, 85 comme acceptables et 78 comme améliorés. Sur plus de 60 critères utilisés pour classer ces élevages, Vries et al. (2013) ont montré qu'en améliorant un seul critère, 14 des 16 élevages passaient de la catégorie inacceptable à acceptable. Deux critères ont eu une influence majeure, le pourcentage de vaches maigres présentes et le nombre d'abreuvoirs disponibles. Une majorité des élevages recensés comme inacceptables (14/16) n'avait pas un nombre d'abreuvoirs fonctionnels suffisant.

**Un constat malgré tout alarmant sur les dispositifs d'abreuvement suite à l'évaluation de 131 fermes laitières françaises**

En appliquant le protocole Welfare Quality® à 131 élevages laitières françaises, de Boyers des Roches et al. (2012) ont mis en évidence que l'absence de soif prolongée était la famille de critère pour lequel la variabilité du score entre les fermes était la plus grande (**Figure 6**). Pour cette famille de critère, les scores des fermes se sont étalés de 3 à 100,

indiquant que certains élevages semblaient disposer d'équipements d'abreuvement complètement inadaptés. Ces résultats laissent présager un fort risque de sous-abreuvement dans ces élevages. On sait par ailleurs qu'à l'échelle individuelle, les conséquences d'un accès limité à l'eau sont susceptibles d'altérer de manière significative le bien-être, les performances zootechniques et la santé des animaux (Steiger-Burgos et al., 2001; Williams et al., 2017).

A fortiori, dans un contexte de changement climatique, avec des périodes de fortes températures estivales de plus en plus fréquentes, cette forte variabilité des conditions d'abreuvement pourrait s'avérer d'autant plus problématique. L'augmentation de la fréquence des vagues de chaleur pourrait générer un stress thermique accru chez les vaches. Les conséquences d'une inadéquation marginale du dispositif d'abreuvement à l'échelle du troupeau pourraient aussi s'avérer importantes pour certains animaux des troupeaux.



**Figure 6:** Application du protocole Welfare Quality sur 131 élevages laitiers français (adapté de: de Boyer des Roches, 2012)

### **Une obligation de moyens mais non de résultats**

Dans Welfare Quality® (2009) et les autres recommandations mentionnées, les critères retenus pour évaluer l'absence de soif prolongée des vaches se basent exclusivement sur des critères relatifs aux caractéristiques techniques du dispositif d'abreuvement, à savoir les nombres d'abreuvoirs, les valeurs de débit d'eau, les centimètres d'abreuvoirs disponibles par animal, etc. Aucun critère relatif à la réponse de l'animal comme des indicateurs de déshydratation de comportement social proche des zones d'abreuvement, d'interaction des animaux avec les abreuvoirs n'est pris en compte (difficulté pour trouver un indicateur qui ne montre pas une déshydratation trop extrême; comme par exemple la persistance du pli de peau). Le protocole répond à une obligation de moyens en termes d'équipement d'abreuvement mais est limité dans la compréhension de la perception de l'abreuvement par l'animal selon ses conditions d'élevage. En situation de contrainte, par exemple, comme lors de compétition pour l'accès à l'eau, certaines vaches du troupeau, selon leur position dans l'échelle hiérarchique, peuvent voir leur accès à cette ressource limitée, comme cela a été démontré pour l'accès aux ressources alimentaires (Val-Laillet et al., 2008). Dans ce contexte, il est particulièrement pertinent de caractériser également l'hétérogénéité des volumes d'eau bue par les vaches dans des configurations variées de conduite de troupeau en relation avec le dispositif d'abreuvement pour mieux rendre compte du bien-être de l'animal.

### 3- Les situations de compétition pour l'accès aux abreuvoirs et la place hiérarchique des animaux doivent être mieux considérées

#### A retenir :

**Une hiérarchie sociale** s'établit sur l'ensemble des interactions négatives identifiées dans une stabulation entre les vaches d'un même groupe.

**Une hiérarchie de dominance (à une ressource)** se base sur la motivation individuelle des vaches à accéder à une ressource présente dans la stabulation (auges, abreuvoirs, couchettes, brosses etc.) et s'établit sur les interactions négatives enregistrées à cette ressource.

#### **Il est établi que les situations de compétition pour l'aliment affectent le comportement alimentaire des vaches, et particulièrement celui des plus subordonnées**

Il a été montré que certaines vaches peuvent être davantage agressées par d'autres vaches en situation de compétition alimentaire. Par exemple, Olofsson (1999) a étudié l'effet de la densité d'animaux aux auges, en comparant 1 vache/auge et 4 vaches/auge. En situation de compétition, les vaches ont consommé un peu plus d'aliment mais n'ont pas pour autant augmenté le nombre de visites aux auges. En revanche, elles ont réduit leur temps de visite aux auges et augmenté leur vitesse d'ingestion. Le nombre d'interactions négatives aux auges a augmenté de façon spectaculaire et les vaches les plus subordonnées ont été celles qui ont reçu le plus d'agressions pendant qu'elles s'alimentaient. Le fait que les vaches les plus subordonnées reçoivent le plus d'agressions en situation de compétition accrue pour l'alimentation a été confirmé par d'autres études (Huzzey et al., 2006; Val-Laillet et al., 2008; Proudfoot et al., 2009).

Val-Laillet et al. (2008) ont montré qu'au sein du troupeau, les animaux les plus subordonnés peuvent avoir un accès plus limité aux ressources (stalles, aliments, eau) que les animaux des autres catégories sociales. Les vaches primipares généralement plus légères que les vaches multipares occupent souvent une position inférieure dans la hiérarchie de dominance du groupe (Collis et al., 1979; Grant et Albright, 2001). Quand les vaches primipares sont en compétition avec des vaches plus âgées, leur MSI et leur production laitière diminuent par rapport à des vaches primipares logées séparément des

multipares (Phelps, 1992). Konggaard et Krohn (1978) ont montré que les vaches primipares regroupées séparément avaient un temps d'alimentation supérieur de 20 à 30 minutes par jour à celui des vaches primipares regroupées avec des vaches plus âgées et un temps passé couché plus long car moins perturbées par les vaches plus âgées. Katainen et al. (2005) ont aussi souligné que les vaches plus légères subissent plus d'agressions et ont des visites plus souvent perturbées et interrompues près du distributeur de concentrés que les vaches plus lourdes.

Dans des situations de compétition alimentaire, certains animaux peuvent user de stratégies pour maintenir leur accès aux ressources. Stricklin et Gonyou (1981), dans une étude sur l'effet de la dominance sociale sur le comportement alimentaire de bœufs élevés en stabulation libre, ont mis en évidence, lors de situations de plus forte compétition pour l'accès aux auges, que les bœufs, éloignés dans l'échelle hiérarchique, pouvaient « coopérer ». Cette « coopération » permettait à un duo de bœufs de s'alimenter en tandem; pendant que l'un mangeait, l'autre attendait et ils changeaient souvent de position, monopolisant une auge. Cette stratégie d'alimentation en tandem a aussi été relevée dans une étude de Zobel et al. (2011) sur l'influence des interactions agonistiques sur le comportement alimentaire de génisses de boucherie dans un contexte de compétition alimentaire. Dans leur étude, deux génisses partageaient souvent l'accès à une seule auge. Ces deux génisses alternaient leur prise alimentaire tout en bloquant les tentatives des autres génisses d'accéder à la mangeoire. Val-Laillet et al. (2009) ont rapporté qu'en condition de forte pression sociale (provoquée par une réduction importante du nombre d'auges disponibles pour les vaches), les individus montraient des associations préférentielles entre partenaires à l'auge. Ils ont aussi mis en évidence que plus la compétition était forte, moins les primipares avaient de liens sociaux positifs.

A des niveaux de compétition élevés, les vaches modifient leur comportement alimentaire pour consommer des aliments sur une période plus courte et consacrer une grande partie de leur temps de repas à l'attente de l'accès à l'alimentation, ce qui entraîne une réduction du temps de couchage quotidien (Collings et al., 2011; Crossley et al., 2017). Tous ces résultats sur l'impact de la dominance sociale et des contextes de compétition alimentaire suggèrent que certains animaux des troupeaux ont plus de difficulté à s'adapter que d'autres et que cette difficulté peut être considérée comme une atteinte à leur bien-être. Il a déjà été montré qu'une forte concurrence peut être à l'origine d'indicateurs

physiologiques de stress (Friend et al., 1977) et une modification des comportements alimentaires (Huzzey et al., 2012), en particulier une réduction du temps passé à s'alimenter et une augmentation du temps passé debout près des mangeoires (Collings et al., 2011, Crossley et al., 2017). Les pratiques d'élevage qui amènent les vaches à consommer plus rapidement des repas moins nombreux et plus copieux peuvent être associées à une incidence accrue de l'acidose subaiguë du rumen et de la fourbure (Shaver, 2002). Par ailleurs, la combinaison de plusieurs de ces pratiques d'élevage (un espace d'alimentation limité associé à un temps d'accès à l'alimentation limité) est pire que l'une ou l'autre de ces situations prises isolément (Shaver, 2002).

### **Peu d'études ont objectivé les conséquences comportementales des situations de compétition pour l'eau dans des groupes de bovins**

Certaines études concluent que, à la différence de ce qui est observé pour le comportement alimentaire, le positionnement des vaches dans la hiérarchie de dominance n'affecte que peu leur capacité à s'abreuver (Andersson, 1987, Coimbra et al. 2012). Une raison pourrait être que la durée journalière d'abreuvement est nettement plus courte que celle d'ingestion et donc que les possibilités d'adaptation des vaches les plus subordonnées au moment des pics de compétition à l'abreuvoir sont sans doute plus grandes. Coimbra et al. (2012) notent tout de même que les vaches les plus dominantes sont capables de monopoliser certains abreuvoirs. Dans une autre étude récente (McDonald et al., 2020), il a été observé que, lorsque la compétition pour l'abreuvement augmentait pendant les périodes de la journée avec de fortes températures, les vaches se sont engagées dans plus d'interactions négatives pour accéder à l'eau et que celles ayant eu un faible succès compétitif ont reporté leur comportement d'abreuvement. Les résultats de ces études laissent penser que si le positionnement des vaches dans la hiérarchie de dominance n'affecte que peu leur capacité à s'abreuver, cela est possible du fait d'efforts d'adaptation des animaux les plus subordonnés visibles dans leur comportement d'abreuvement.

Dans certaines situations de fortes compétition, il est même possible que certains animaux ne parviennent pas à s'adapter. Little et al. (1980) ont rapporté qu'au bout de 3 jours d'expérimentation avec une restriction hydrique de l'ordre de 50% du niveau *ad libitum*, 2 des 78 vaches ont dû être retirées de l'expérimentation en raison d'une

déshydratation sévère. Little et al. (1980) ont aussi mis en évidence que, certains animaux, notamment les plus jeunes, n'ont pas pris part aux interactions négatives aux abreuvoirs et n'ont aussi pas été vus s'abreuver pendant les périodes d'observation.

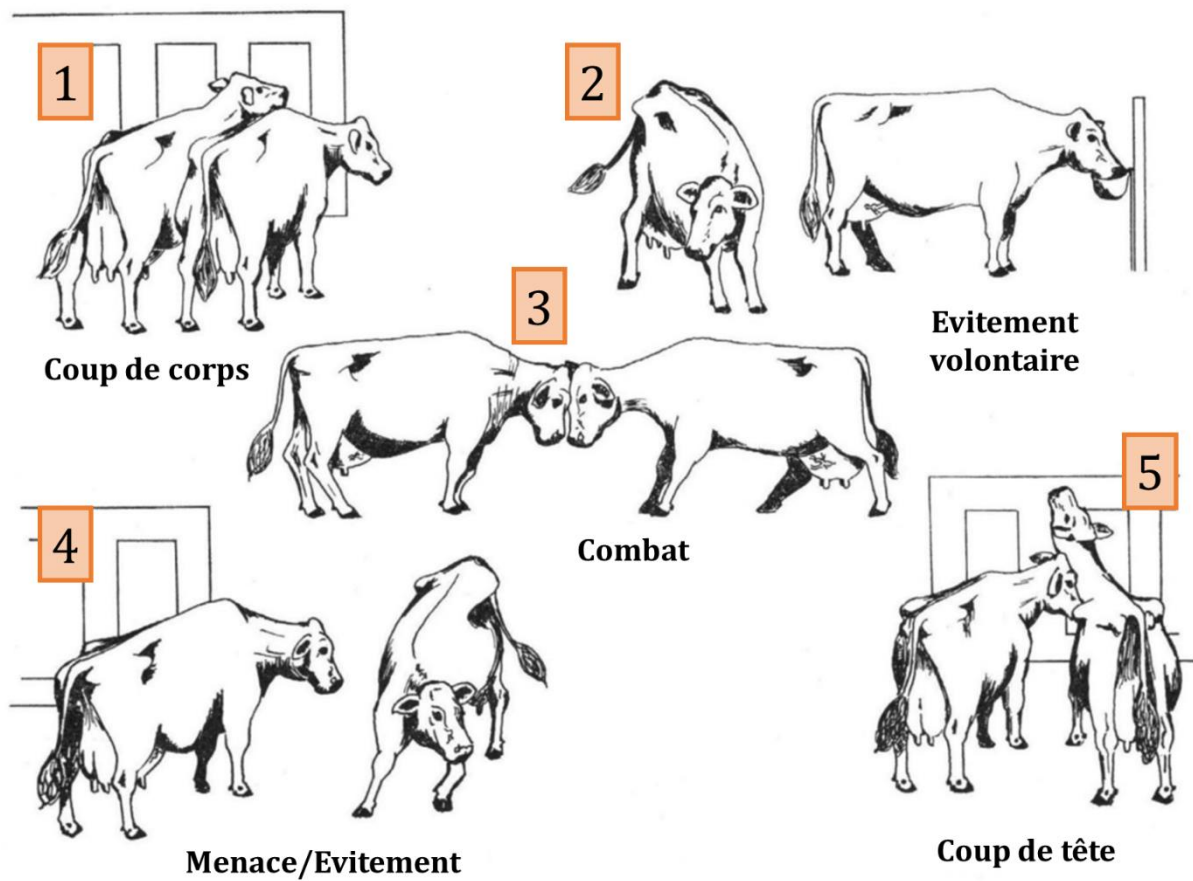
#### **4- La caractérisation de la dominance sociale entre les animaux est compliquée et les méthodes sont nombreuses**

Nous avons vu que la mesure de la hiérarchie de dominance est centrale pour mieux comprendre la variabilité individuelle du comportement d'abreuvement au sein du troupeau. Ceci est une piste d'amélioration des méthodes d'évaluation des conditions d'abreuvement en ferme et la capacité des dispositifs à couvrir les besoins des vaches. Nous allons voir dans cette partie que les méthodologies pour y parvenir sont multiples tant au niveau des comportements considérés, de la zone où se déroulent ces comportements ainsi que de leur méthode de détection.

##### **Identification des interactions agonistiques entre les vaches et la détermination de la hiérarchie de dominance**

Pour caractériser une hiérarchie de dominance au sein d'un groupe, il faut nécessairement identifier des interactions entre les vaches. Dans la plupart des études publiées à ce jour, la hiérarchie est établie sur la base des interactions négatives, ou agonistiques, par observation directe ou analyse vidéo. Dickson et al. (1967) sont les premiers à avoir proposé une description précise de ces interactions (**Figure 7**) à travers cinq types : les coups de corps, les coups de tête, les combats tête contre tête, les évitements volontaires et les menaces suivies d'évitement. Ces types d'interaction sont décrits précisément dans l'éthogramme donné en **Tableau 4**. Les hiérarchies sociales et de dominance résultent d'interactions agonistiques entre des binômes de vaches au sein du groupe; on parle d'interactions dyadiques (Drews, 1993). Ces interactions dyadiques ne conduisent pas obligatoirement à une linéarité de la hiérarchie sociale. Par exemple, une vache A gagnante contre une vache B, et une vache B gagnante contre une vache C ne signifie pas que la vache A a obligatoirement un rang hiérarchique supérieur à celui de la vache C. C'est pourquoi certains auteurs ont travaillé sur la probabilité de linéarité des hiérarchies sociales en prenant en compte le fait que certains animaux d'un groupe n'aient jamais interagi avec les autres individus de leur groupe (de Vries et al., 2006; de Vries, 1995). Dans tous les cas, les interactions agonistiques enregistrées conduiront à la définition





**Figure 7:** Les différentes interactions agonistiques (adapté de Dickson et al., 1967)

d'une vache gagnante (dominante) et d'une perdante (subordonnée). Dans beaucoup d'études, les interactions agonistiques observées ont surtout été des interactions physiques entre les individus. Cependant, les autres interactions ont été jugées importantes par certains auteurs. Kondo et Hurnik (1990) ont mis en évidence que les interactions agonistiques physiques étaient majoritaires lors des premiers jours qui suivent une mise en lot puis qu'elles laissent la place aux interactions agonistiques sans contact physique, laissant présager la stabilité de la hiérarchie à ce moment-là. Beilharz et Zeeb (1982) ont montré, par la recherche de preuves de respect ou de soumission, que certaines vaches ont des comportements inhibiteurs sur d'autres. Enfin, il convient de mentionner que les hiérarchies sociales et de dominance se mesurent par l'enregistrement des interactions agonistiques et non sur les interactions positives entre les animaux qui peuvent pourtant aussi influencer l'accès aux ressources. Bien que ces interactions ne rentrent pas en compte dans l'élaboration de ces hiérarchies, elles apportent tout de même des informations sur le réseau social établi au sein du groupe (Foris et al., 2019b). Certaines études ont ainsi quantifié les interactions positives, appelées aussi comportements affiliatifs comme l'allogamie (léchage, grattage mutuel) et les associations spatiales préférentielles (Val-Laillet et al., 2009; de Sousa et al., 2021).

**Tableau 4:** Ethogramme des interactions agonistiques décrites par Dickson et al. (1967)

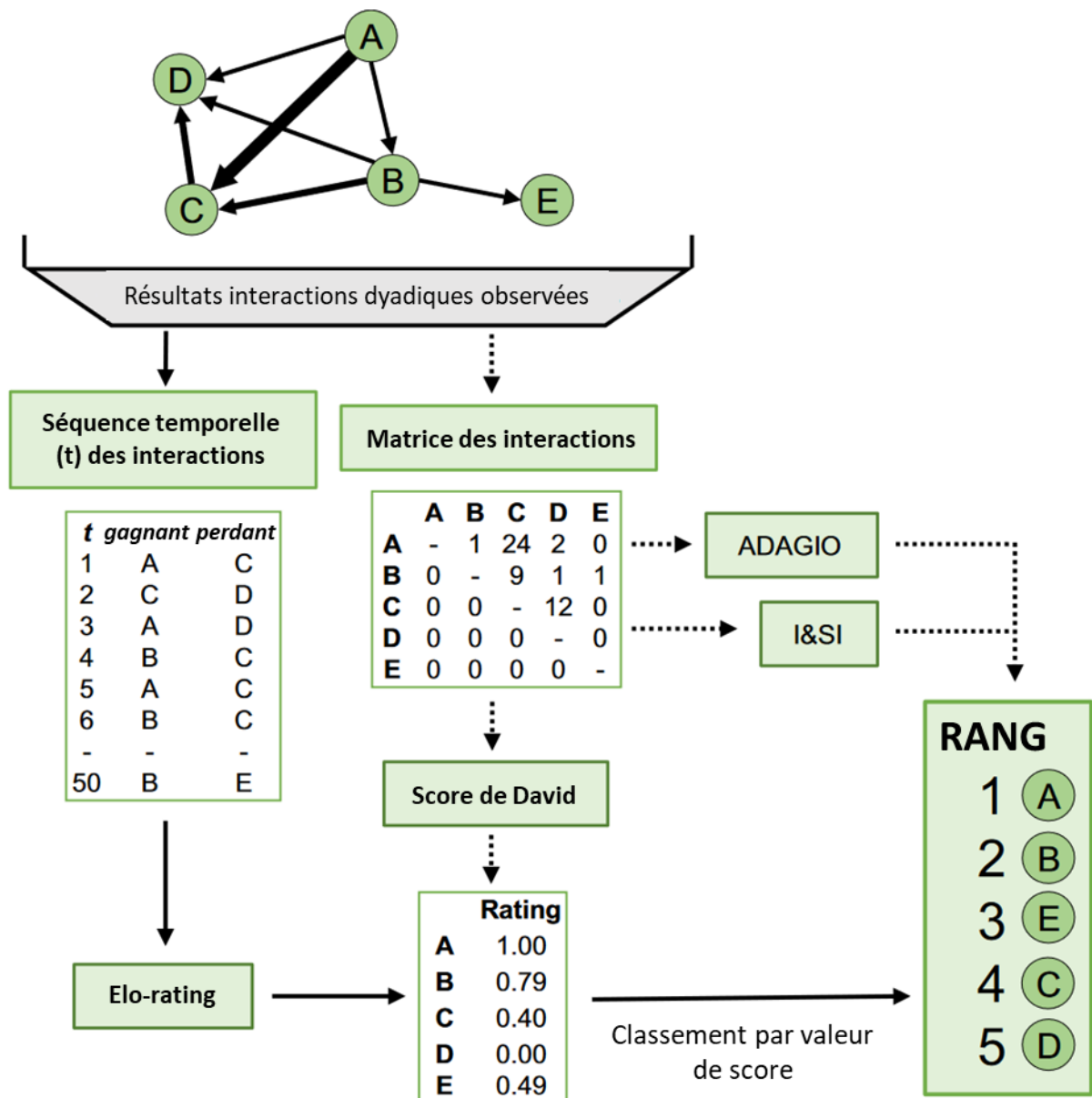
Numéro	Type d'interaction	Définition de l'interaction
1	Coup de corps	➤ Lorsqu'une vache déplace physiquement une autre vache à l'aide d'une partie du corps autre que la tête
2	Evitement volontaire	➤ Lorsqu'une vache a été observée en train d'éviter délibérément une autre vache
3	Combat	➤ Combat frontal entre deux vaches, sans que le vainqueur soit clairement défini
4	Menace/Évitement	➤ Balancement menaçant de la tête en direction d'une autre vache, suivi d'une soumission ou d'un évitement de la part de cette dernière
5	Coup de tête	➤ Lorsqu'une vache utilise sa tête pour attaquer ou déplacer physiquement une autre vache

		Perdante																	
		112	271	306	320	401	407	504	511	520	613	616	618	619	621	719	801	803	Total
Gagnante	112	/	14	21	10	11	9	13	24	15	7	27	22	17	22	4	11	6	233
	271	1	/	0	24	2	0	25	0	2	19	19	2	0	35	26	25	14	194
	306	0	32	/	17	0	1	40	25	36	0	22	42	27	38	25	23	14	342
	320	0	1	0	/	0	14	37	7	5	0	22	2	14	3	25	25	12	167
	401	2	17	15	18	/	12	14	19	0	0	10	14	13	18	3	8	6	169
	407	1	17	45	2	2	/	27	2	1	1	25	1	22	22	0	23	8	199
	504	1	3	1	3	3	1	/	0	4	18	44	6	35	50	25	39	16	249
	511	2	12	0	6	0	5	33	/	3	2	14	26	10	22	5	15	10	165
	520	5	15	0	11	10	14	28	19	/	0	12	4	14	28	15	17	6	198
	613	2	0	39	29	34	31	3	26	21	/	21	37	16	29	25	19	1	333
	616	0	1	0	5	0	0	1	1	0	1	/	52	12	1	1	18	12	105
	618	0	44	0	31	4	42	80	1	50	2	1	/	8	5	19	21	14	322
	619	0	30	0	1	0	0	3	0	1	0	2	15	/	30	19	11	9	121
	621	0	1	0	26	0	0	0	2	3	0	76	84	4	/	52	55	21	324
	719	1	0	0	0	0	9	0	1	0	1	7	0	0	2	/	11	0	32
	801	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	2	/	0	8
	803	1	0	0	0	0	0	0	1	0	8	0	0	1	1	1	10	/	23
Total par colonnes		16	188	121	183	67	138	304	129	141	59	303	307	194	307	247	331	149	3184

**Figure 8:** Matrice de dominance adaptée de l'étude de Wierenga et al. (1990) basée sur l'index Lamprecht. Horizontalement : le nombre de fois qu'une vache a déplacé une autre vache (gagnante). Verticalement : le nombre de fois qu'une vache a été déplacée par une autre vache (perdante).

Suite à l'enregistrement des interactions agonistiques, plusieurs méthodes ont été élaborées pour tenter de calculer la dominance sociale entre les vaches. La comparaison de ces méthodes a donné lieu à de nombreuses revues (de Vries 1998, Krahn et al., 2022; Sánchez-Tójar et al., 2018). Une méthode qui a été largement utilisée (Galindo and Broom, 2000; Huzzey et al., 2006) était basée sur le ratio entre le nombre de fois où une vache a gagné des interactions agonistiques (c'est-à-dire qu'elle a réussi à déplacer une autre vache après avoir initié une interaction agonistique) contre n'importe quelle autre vache sur le nombre de fois où cette vache a été impliquée dans une interaction agonistique (méthode sur les chevaux par Tilson et al., 1988). Dans ce calcul, la vache perdante des interactions (c'est-à-dire qui a reçu une interaction agonistique et s'est faite déplacer) n'est pas prise en compte alors que l'identité des deux individus engagés dans les interactions est importante pour déterminer les probabilités de réussite ou de défaite des individus lors d'interactions (Drews et al., 1993). Certains auteurs considèrent ce calcul comme celui d'un score de succès agonistique (Krahn et al., 2022).

D'autres méthodes reposent sur le calcul d'un index basé sur la construction de matrices « acteur-réacteur » (**Figure 8**) comme l'index de Kondo et Hurnik (1990); celui de Lamprecht (1986) et celui de Mendl (Mendl et al., 1992). Contrairement au paragraphe précédent, ces méthodes prennent en compte l'identité des deux vaches impliquées dans les interactions. Cependant, elles déterminent la hiérarchie de dominance sur la base des succès des individus qui sont engagés dans des interactions agonistiques dyadiques. Dans ce sens, la finalité de chaque interaction se traduit alors par une information binaire (individu dominé ou non) et risque de surestimer l'importance des interactions individuelles (Sánchez-Tójar et al., 2018). Enfin, ces index ne permettent pas de calculer des hiérarchies sociales sur des groupes d'animaux dont la composition varie dans le temps (Krahn et al., 2022).



**Figure 9:** Diagramme adapté de Sánchez-Tójar et al. (2018) mettant en évidence les différentes étapes nécessaires pour déduire les hiérarchies de dominance. Premièrement, les résultats des interactions agonistiques dyadiques entre les individus sont enregistrés sous la forme d'une matrice ou d'une séquence temporelle d'individus gagnants et de perdants. Ensuite, l'étude détaille les méthodes Elo-rating et de score de David qui sont deux méthodes différentes pour déduire les rangs ou scores individuels (score ordinal) qui peuvent ensuite être utilisés pour classer les individus et déduire la hiérarchie de dominance du groupe. Les données présentées sont basées sur 50 interactions simulées entre cinq individus.

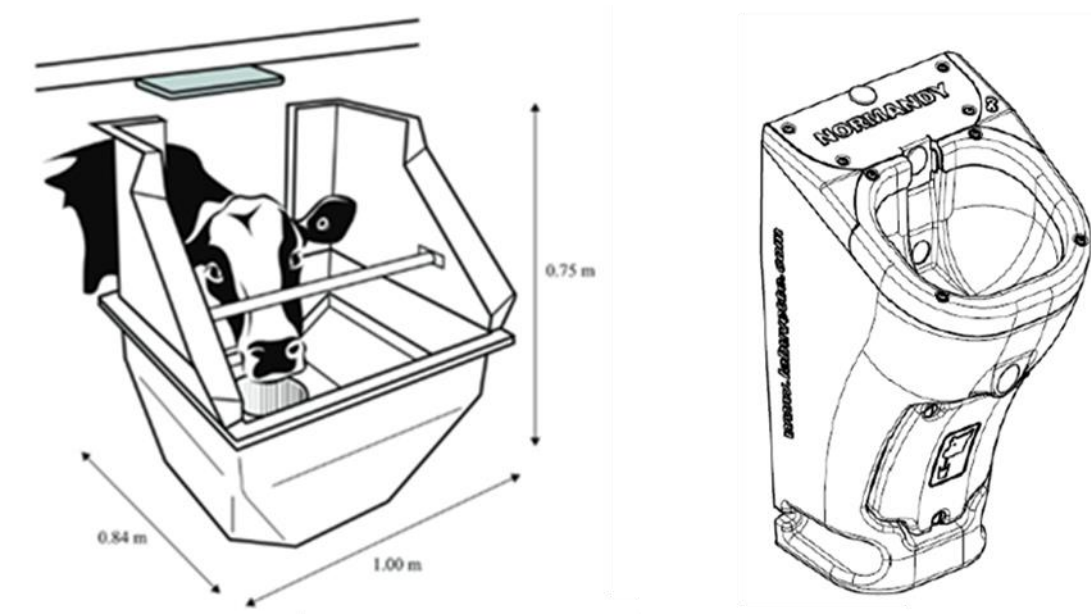
Les calculs des scores de David normalisé (David, 1987; de Vries et al., 2006) et le Elo-Rating (Elo, 1978; Neumann et al., 2011) sont deux méthodes qui ont été reconnues pour représenter de manière fiable la dominance au sein d'un groupe d'individus et limiter les risques cités précédemment (**Figure 9**). Le score de David normalisé considère la probabilité que l'interaction se soit produite par hasard (fonction du nombre d'interactions entre les deux animaux) et il est normalisé en fonction du nombre d'animaux dans le groupe. Cette méthode conserve plus d'informations sur l'expérience individuelle que les méthodes décrites par Galindo et Broom (2000). Le score de David normalisé devient de plus en plus robuste à mesure que le nombre d'interactions augmente (un minimum d'interactions de 10 fois le nombre d'individus du groupe est attendu; Sánchez-Tójar et al., 2018), créant une mesure de la dominance robuste à la variation temporelle (de Vries et al., 2006; Sánchez-Tójar et al., 2018). Le score de David normalisé est recommandé lorsqu'on cherche à calculer une valeur stable et robuste de la dominance pour chaque individu dans des situations où les conditions d'élevage sont stables dans le temps.

## **De nouveaux outils connectés capables d'identifier automatiquement des interactions négatives entre les vaches**

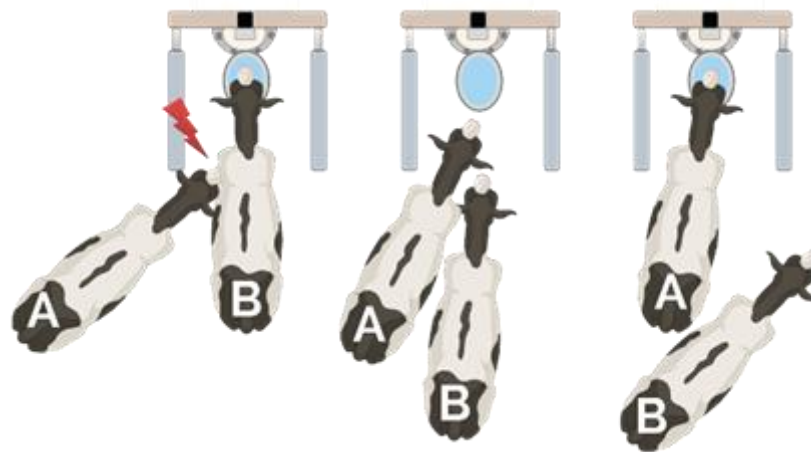
La détection des interactions agonistiques par des observations directes ou des enregistrements vidéo accélérés chez les bovins mentionnée précédemment (Friend et al., 1977; Huzzey et al., 2005; Vasilatos et Wangsness, 1980) est très chronophage et ne permet souvent d'observer qu'une plage horaire restreinte, de l'ordre de quelques heures par jour, pour limiter le temps d'analyse sans intégrer une surveillance la nuit. Ces dernières décennies, de nombreux capteurs et systèmes automatisés ont été conçus pour faciliter le suivi continu des animaux à l'échelle individuelle. Des chercheurs ont aussi cherché à les utiliser pour caractériser les interactions agonistiques (Huzzey et al., 2014; McDonald et al., 2019) et même déterminer les hiérarchies sociales au sein des troupeaux (Foris et al., 2019a).

Parmi ces outils, outre leurs capacités de suivi individuel de l'alimentation et de l'abreuvement des animaux, des auges et abreuvoirs connectés ont aussi été utilisés pour détecter automatiquement certaines interactions agonistiques. Le système d'auge peseuse, convertible en abreuvoir, Insentec© (B.V., Marknesse, the Netherlands : **Figure 10**), a été validé par Chapinal et al. (2007) et est largement utilisé depuis dans les centres de recherche pour le suivi individuel des comportements alimentaires et d'abreuvement des vaches élevées en groupe. Le système est équipé d'une porte automatique qui s'ouvre grâce à une antenne RFID qui reconnaît la boucle auriculaire d'identification de la vache qui s'approche de l'auge ou de l'abreuvoir. Pour chaque visite au bac, qu'il soit une auge ou un abreuvoir, le système enregistre le numéro de la vache, le numéro du bac, les heures de début et de fin de la visite définies comme les heures d'ouverture et de fermeture de la porte automatique. Le système est aussi équipé d'un peson automatique, qui, à chaque début et fin de la visite, pèse la quantité d'aliment ou d'eau présente dans le bac. Pour valider le système Insentec©, Chapinal et al. (2007) ont étudié ces systèmes d'alimentation et d'abreuvement dans une stabulation équipée de 24 auges et 4 abreuvoirs pour 42 vaches par observation directe et par enregistrement vidéo. Ils ont montré la forte sensibilité et spécificité du système pour identifier les vaches ainsi que la forte corrélation des comportements d'abreuvement et d'alimentation entre les deux modes de suivi. Ce type de dispositif est déployé par d'autres marques comme Biocontrol © pour les auges ou La Buvette© pour les abreuvoirs. Les abreuvoirs connectés de la marque La Buvette© (Charleville-Mézières, France : **Figure 10**) ont aussi été validés pour

le suivi de l'abreuvement continu de vaches en stabulation libre (Boudon et al., 2019). A la différence de ceux d'Insentec©, les abreuvoirs La Buvette© sont des abreuvoirs avec un niveau d'eau constant dans le bol, équipés d'un débitmètre électronique. Ces abreuvoirs ne nécessitent pas de portillons automatiques et l'accès individuel des vaches aux abreuvoirs est assuré grâce à deux bat-flancs qui limitent la largeur d'accès aux abreuvoirs au passage des épaules d'une vache.



**Figure 10:** Schéma des abreuvoirs connectés Insentec© (à gauche) et La buvette© (à droite)



**Figure 11:** Schéma d'un remplacement. La vache réacteur B s'abreuve lorsqu'une vache acteur A la déplace en initiant un contact physique agressif. Alors la vache B se retire de l'abreuvoir ou de l'auge et la vache A prend sa place.



L'utilisation de ces outils pour automatiser la détection d'interactions agonistiques a nécessité de réévaluer les types d'interactions à considérer. Dans de nombreuses études, antérieures à l'émergence de ces outils ou ne les utilisant pas, les interactions agonistiques enregistrées étaient basées sur l'identification visuelle des déplacements. Un déplacement se définit comme l'évènement qui découle du fait qu'une vache (acteur) engage un contact agressif envers une vache (réacteur) qui conduit à son déplacement (DeVries et al., 2004; Huzzey et al., 2006; Val-Laillet et al., 2008). Ceci correspond à l'ensemble des interactions agonistiques que nous avons décrites dans la partie 4-a. Plus récemment, d'autres études ont considéré un autre type d'interaction, basé sur la finalité de ces déplacements : le remplacement. Ce remplacement peut être défini comme l'évènement qui découle du fait qu'une vache acteur d'un déplacement engendre le départ de l'auge de la vache réacteur et prend sa place à la même auge après son déplacement (**Figure 11**). Un remplacement identifié visuellement était qualifié de « réussi » quand la vache acteur prenait la place de la vache réacteur à l'auge et « échoué » quand ce n'était pas le cas. Dans des approches de détection automatisée par auges et abreuvoirs connectés, la détection automatique des remplacements se base sur les données enregistrées des visites aux auges et aux abreuvoirs.

Huzzey et al. (2014) ont été les premiers à décrire une méthode automatisée de détection des remplacements à partir de données issus du système d'auges connectées Insentec®. Ces auteurs ont identifié que, dans leurs conditions, la durée optimale de l'intervalle entre deux visites à une auge par deux vaches différentes permettant d'identifier un remplacement était de 26 secondes. Ce seuil d'intervalle correspondait au meilleur compromis entre sensibilité/spécificité calculé par rapport à une méthode de référence de détection des remplacements par vidéo. L'étude a aussi montré une très forte corrélation entre les remplacements ainsi détectés et ceux détectés par vidéo et a conclu que le comportement compétitif au niveau des auges peut être automatiquement quantifié à l'aide de données provenant d'un système d'auge connectée.

Par la suite, l'étude de Crossley et al. (2017) a été, à notre connaissance, la première à établir un index de succès de remplacement, basé sur les remplacements à l'auge automatiquement détectés. Dans cette étude, l'index de succès agonistique a été calculé selon l'équation décrite par Galindo et Broom (2000) pour chaque vache puis elles ont été classées comme ayant un succès compétitif faible, moyen ou élevé, selon la méthode

décrite par Huzzey et al. (2012). Il a été observé que les vaches classées avec un succès compétitif élevé, c'est-à-dire qui réussissaient le mieux à accéder aux auges, passaient plus de temps à s'alimenter, ce qui correspondait à l'idée que ces vaches étaient probablement plus dominantes (Grant et Albright, 2001; Val-Laillet et al., 2008).

Enfin, la caractérisation automatisée des remplacements par des auges ou abreuvoirs connectés a permis de qualifier le niveau de concurrence entre les vaches d'un même groupe dans plusieurs études testant l'effet de problèmes de santé ou de contraintes environnementales. Lomb et al. (2020) ont montré que la fièvre n'a pas eu d'effet sur le nombre de remplacements à l'auge par des vaches laitières. McDonalds et al. (2020) ont montré que le nombre de remplacements aux abreuvoirs augmentait quand la température ambiante augmentait. Cette dernière étude a par ailleurs illustré la nécessité de définir un nouveau seuil d'intervalle de remplacement propre aux abreuvoirs connectés.

### **Les auges et abreuvoirs connectés permettent de caractériser automatiquement la hiérarchie de dominance entre les vaches à partir des remplacements**

Dans la continuité des études décrites précédemment, c'est l'étude de Foris et al (2019a) qui a permis de démontrer que les remplacements aux auges et aux abreuvoirs pouvaient être utilisés pour caractériser automatiquement la hiérarchie de dominance au sein de groupes de vaches (Foris et al., 2019a). Sur 4 groupes de vaches, des forts coefficients de corrélation de Spearman ont été observés entre les rangs des hiérarchies issues des remplacements automatiquement détectés par les auges et les abreuvoirs connectés et ceux issus des observations vidéo de déplacements par coups ou par poussée et de remplacements aux auges, aux abreuvoirs mais aussi dans les allées ou dans les logettes (0,81 à 0,96 selon les groupes). Le nombre de remplacements enregistrés au niveau des abreuvoirs représentait une très faible proportion (environ 6%) de toutes les interactions utilisées pour établir les hiérarchies sociales. Une autre remarque relative à cette étude qui a été la première à utiliser un algorithme capable de détecter automatiquement les remplacements issus des données combinées des auges et des abreuvoirs est qu'il a aussi été nécessaire de calculer des seuils spécifiques de détection des remplacements aux auges et aux abreuvoirs selon les groupes, ces derniers ayant variés entre le groupe entre 22 et 27 s.

Une étude très récente a mis en évidence l'importance de la hiérarchie de dominance établie aux abreuvoirs. Foris et al. (2023) ont constaté que des hiérarchies différentes s'établissent entre les auges et les abreuvoirs. En comparant les hiérarchies sociales établies à l'auge et à l'abreuvoir (n = 87 vaches) et en comparant les hiérarchies aux auges en périodes "chaudes" ou "normales", ainsi que les hiérarchies aux abreuvoirs "chaudes" et "normales" (n = 48 vaches), il a été constaté que la hiérarchie établie aux abreuvoirs est plus variable que celle établie aux auges. Les probabilités qu'une vache gagne son accès à l'auge et à l'abreuvoir étaient modérément corrélées et pour les deux hiérarchies, l'estimation de la probabilité de succès était relativement incertaine, particulièrement pour les vaches positionnées au milieu de la hiérarchie. En revanche, les vaches les plus dominantes et les plus subordonnées dans les hiérarchies à l'auge et à l'abreuvoir ont été les mêmes et les probabilités de succès ont été mieux estimées.

## 5- Conclusion de l'état de l'art

Dans cet état de l'art, nous avons mis en lumière les rôles physiologiques de l'eau. Nous avons donné quelques chiffres sur les consommations moyennes journalières et les comportements « normaux » d'abreuvement des vaches en conditions d'accès ad libitum à l'eau. Nous nous sommes vite rendu compte que de nombreux facteurs extérieurs interviennent et qu'il est très difficile de juger de la pleine satisfaction du besoin en eau des vaches dans les fermes commerciales. Nous avons vu que des référentiels existent pour évaluer la satisfaction du besoin en eau des vaches dans les fermes laitières ou plutôt l'absence de soif prolongée telle que définie dans le référentiel le plus utilisé, celui de Welfare Quality®. Cependant, il semble que ces référentiels soient basés sur des résultats d'études réalisées dans des conditions assez éloignées de la réalité des élevages commerciaux actuels, qui ont des objectifs de performances zootechniques plus poussés qu'il y a 30 à 50 ans. Il est aussi établi que les conditions d'élevage génèrent une grande variabilité de comportements d'abreuvement et qu'une part importante de cette variabilité est due à l'individu lui-même, en relation avec sa position dans l'échelle hiérarchique du troupeau. Ce fait est à mettre en relation avec la nouvelle définition du bien-être animal rédigée par l'ANSES (2018) qui souligne l'importance de prendre en compte l'individu et sa perception de son environnement pour évaluer plus précisément son bien-être.

Les recommandations actuelles relatives à l'abreuvement des troupeaux sont basées sur des études dont les résultats sont, pour la majorité, agrégés à l'échelle du groupe d'animaux sans prendre en compte la variabilité individuelle. On sait pourtant que la place des individus dans l'échelle sociale hiérarchique a une forte influence sur le comportement alimentaire. Quelques études ont montré que les compétitions pour les ressources, majoritairement la compétition alimentaire accentuent les différences de comportements entre les animaux, et que le comportement des individus les plus subordonnés est le plus affecté par ces contextes de compétition.

De ce constat, il paraît incontournable de chercher à réévaluer ces critères d'absence de soif prolongée dans des conditions d'élevage laitiers variées, d'autant que des enquêtes ont démontré que les conditions d'abreuvement sont potentiellement très hétérogènes dans les fermes et parfois critiques. Il serait intéressant de déterminer si de nouveaux critères d'évaluation de l'absence de soif doivent être définis afin de mieux tenir compte

de la hiérarchie de dominance, de l'hétérogénéité des réponses des animaux au sein des troupes et des contextes de compétition susceptibles d'être présents en ferme.

# **Problématique générale et objectif de la thèse**



L'objectif de cette thèse est donc d'**identifier de nouveaux indicateurs d'évaluation des conditions d'abreuvement dans les fermes en tenant compte de la hiérarchie de dominance**

Nous tenterons de répondre à cet objectif au travers de 3 sous-questions :

- **Comment caractériser la hiérarchie de dominance de façon rapide avec des abreuvoirs connectés ?**

Nous avons mis en évidence dans l'état de l'art que la détection des comportements agonistiques dans les groupes peut se faire par observation directe, par analyse vidéo, ou encore grâce à des auges et abreuvoirs connectés de la marque Insentec©. Nous avons également mis en évidence l'importance de la zone d'enregistrement des interactions ainsi que leur nombre pour tenter d'établir des hiérarchies sociales robustes. Enfin, il est ressorti que les méthodes de détermination des hiérarchies sociales sont nombreuses et que certaines ont des limites. Le but de cette partie va donc être d'étudier les comportements agonistiques et la hiérarchie de dominance qui s'installent au sein d'un troupeau de la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE équipée d'un autre type d'abreuvoir connecté.

Si on part de l'hypothèse que l'accès aux abreuvoirs peut être très compétitif dans certaines conditions et à certains moments de la journée et que l'installation d'abreuvoirs connectés sur une ferme expérimentale reste plus simple que celle d'auges connectées, il nous semble pertinent d'imaginer que les données issues seulement des abreuvoirs connectés pourraient être utilisées pour déterminer de manière fiable la hiérarchie de dominance des vaches.

- **Comment varie le comportement d'abreuvement et les quantités d'eau bue face à des contraintes et selon la hiérarchie de dominance ?**

Nous avons mis en avant précédemment que les conditions d'élevage et les situations de compétitions entraînent de la variabilité dans le comportement d'abreuvement des animaux et qu'elles peuvent générer des différences entre les animaux de catégories sociales différentes. Le but de cette partie va donc être de regarder comment l'effet de situations de contraintes d'accès aux auges et/ou aux abreuvoirs influencent le comportement d'abreuvement et la hiérarchie de dominance des vaches au travers



d'études menées à la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE et à la ferme expérimentale rattachée à l'Université de Colombie Britannique (UBC).

➤ **Peut-on définir de nouveaux indicateurs pour évaluer les conditions d'abreuvement dans les fermes ?**

Des recommandations pour mesurer l'absence de soif prolongée existent mais elles se basent sur des obligations de moyens et non de résultats. Les recommandations portent sur des critères propres aux abreuvoirs (débit, nombre, qualité de l'eau) mais ne fournissent pas d'indications quant à de nombreux autres facteurs comme les situations de compétition ou encore la position sociale des vaches au sein de leur groupe. Il est donc nécessaire d'identifier au sein de critères connus de nouveaux indicateurs et notamment des indicateurs physiologiques (volume d'eau bue, indicateurs dans le sang et le lait) et comportementaux (vitesse, fréquence et durée de visites aux abreuvoirs, épisode de buvée (méthode de calcul en **Annexe 9**) etc.).

# **Stratégie de recherche suivie pendant la thèse**



Pour répondre à ces 3 sous-questions, il a été décidé de se baser sur des données issues d'expérimentations menées (avant et pendant cette thèse) à la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE (INRAE, France) qui possède des abreuvoirs connectés de la marque La Buvette©, et d'une expérimentation menée (avant cette thèse) à la ferme expérimentale de l'Université de Colombie Britannique (UBC, Agassiz) qui possède des abreuvoirs connectés de la marque Insentec©. C'était un prérequis pour avoir accès à des données individuelles décrivant de façon aussi complète que possible le comportement d'abreuvement de tous les individus d'un groupe.

Pour répondre à ma première sous question, j'ai eu l'opportunité d'accéder à des données déjà acquises en 2019 lors d'une expérimentation à la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE, dans des conditions de thermoneutralité et avec un accès *ad libitum* à l'eau et l'alimentation. Cette première partie de la thèse a été menée en collaboration avec une équipe de chercheurs du Welfare Program de l'Université de Colombie Britannique. J'ai pendant cette partie, travaillé en étroite collaboration avec B. Foris qui a mis en place l'algorithme de détection automatique d'un type d'interaction agonistique aux auges et aux abreuvoirs Insentec© et réussi, à partir de cela, à identifier la dominance sociale qui s'installait au sein des groupes de vaches. Comme je disposais d'abreuvoirs connectés différents de ceux sur lesquels a été réalisée l'étude de Foris et al. (2019a), il nous a semblé très intéressant de regarder la reproductibilité des résultats trouvés par B. Foris et de savoir si nos abreuvoirs sont capables eux-aussi de déterminer une hiérarchie fiable, basée uniquement sur des interactions agonistiques qui se sont déroulées aux abreuvoirs. Nous ne disposons pas d'auges connectées comme c'est le cas à la ferme de l'UBC, la hiérarchie que nous tentons alors d'établir se fait uniquement sur nos abreuvoirs La Buvette©. Une différence avec les abreuvoirs Insentec© est aussi que les abreuvoirs La Buvette© n'ont pas de porte automatique à l'entrée, ce qui permet d'avoir un système d'abreuvement proche de ceux présents en fermes commerciales. Il est apparu intéressant à la suite de cela d'étudier le comportement d'abreuvement et de mesurer les quantités d'eau bue des vaches présentes pendant l'expérimentation. Ces vaches n'ont en effet pas eu de traitement particulier; elles ont eu des conditions normales d'élevage propres à la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE, mais aussi très proches d'élevages laitiers commerciaux. Étudier ces vaches selon ces conditions « normales » d'élevage a permis d'avoir une première vision des variations des comportements d'abreuvement

selon la place des animaux dans l'échelle sociale hiérarchique. Cela a aussi permis de choisir les points importants à étudier dans la suite de la thèse.

Pour répondre à la deuxième sous-question, je me suis basée sur des résultats d'expérimentation ayant appliqué des contraintes et mesuré conjointement les comportements d'abreuvement et les hiérarchies sociales au sein des groupes de vaches. Trois études ont été menées. Une première étude a été menée sur des données recueillies pendant la thèse à la ferme de l'UMR PEGASE en 2023 et où nous avons comparé deux modalités de densité d'animaux aux abreuvoirs et leur effet sur les comportements sociaux et d'abreuvement. Une seconde étude a été conduite sur les données provenant d'une précédente étude à la ferme de l'UBC en 2009. L'étude initiale portait sur l'effet de restrictions temporelles d'aliment et d'augmentation de la densité d'animaux dans la stabulation sur les comportements alimentaires des groupes de vaches. Sachant que déjà à ce moment-là, la ferme de l'UBC utilisait des auges et des abreuvoirs connectés Insentec©, il nous a paru très intéressant de réutiliser ce jeu de données et d'approfondir son analyse afin d'étudier l'influence de ces modalités de traitement sur les comportements individuels d'abreuvement et de déterminer des hiérarchies sociales aux abreuvoirs au sein des groupes de vaches. Pour finir, la troisième étude, menée à la ferme de l'UMR PEGASE en 2023 a permis de comparer différentes modalités de restrictions temporelles d'accès aux abreuvoirs. Ces modalités ont été choisies pour représenter des temps de restrictions que nous sommes susceptibles de retrouver dans les fermes commerciales.

Pour répondre à ma troisième sous-question j'ai inclus, dans l'expérimentation menée à la ferme d'UMR PEGASE en 2023 sur les restrictions temporelles d'accès aux abreuvoirs, des mesures physiologiques au travers d'analyses sanguines et d'analyses de lait. Dans cette partie, nous allons prendre du recul et tenter d'identifier de nouveaux indicateurs de bien-être concernant certains critères de Welfare Quality® (2009). Cette partie avait aussi pour objectif de proposer des pistes d'indicateurs physiologiques mais aussi comportementaux susceptibles d'être transposables en ferme commerciales.

# Organisation du manuscrit



Ce manuscrit est sous la forme d'une thèse sur publications. Les 4 chapitres de ce manuscrit sont donc les 4 publications réalisées pendant cette thèse. L'objectif de la thèse a été de tester expérimentalement plusieurs types de conditions d'élevage et de rendre compte au travers de ces études de leurs impacts sur le comportement d'abreuvement.

---

## **Methodologie**

### ***Chapitre 1 – Methodologie : Algorithme***

*Suivi du comportement d'abreuvement individuel et de la hiérarchie de dominance chez les vaches laitières à l'aide d'abreuvoirs électroniques*

## **Contraintes d'accès aux ressources**

### ***Chapitre 2 – Nombre d'abreuvoirs***

*L'interaction entre la densité d'abreuvoirs et la dominance sociale des vaches affecte le comportement d'abreuvement*

### ***Chapitre 3 – Densité d'animaux et restriction temporelle d'aliment***

*La surdensité d'animaux et la restriction alimentaire temporelle affectent le comportement d'abreuvement des vaches laitières*

### ***Chapitre 4 – Restrictions temporelles d'eau***

*Avec des installations d'abreuvement adéquates, les restrictions temporelles d'eau à court terme pour les vaches laitières en lactation perturbent leurs budgets temps mais ne limitent pas leur consommation d'eau.*



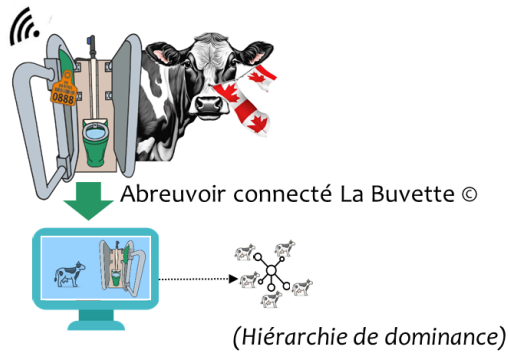


## Schéma de la stratégie de recherche :

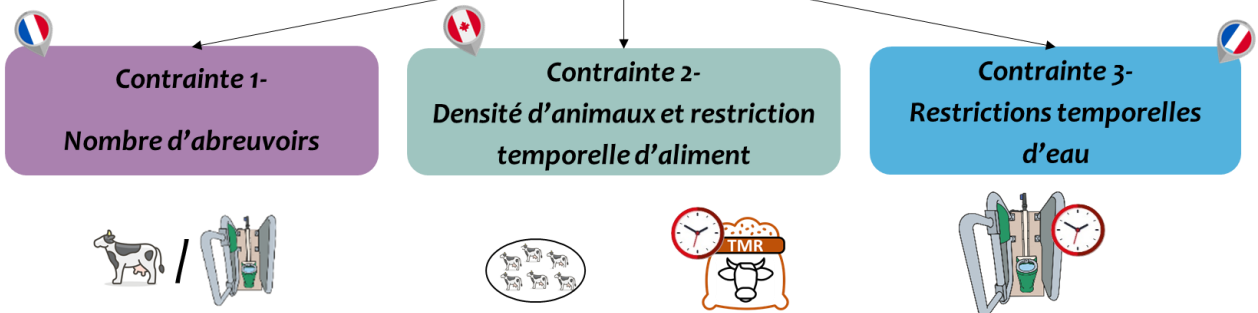
Identifier de nouveaux indicateurs d'évaluation des conditions d'abreuvement dans les fermes en tenant compte de la hiérarchie de dominance

Q1 : Comment caractériser la hiérarchie de dominance de façon rapide avec des abreuvoirs connectés ?

Méthodologie : Algorithme



Q2 : Comment varient le comportement d'abreuvement et les quantités d'eau bue face à des **contraintes** et selon la hiérarchie de dominance ?



→ Peut-on définir de nouveaux indicateurs pour évaluer les conditions d'abreuvement dans les fermes ?

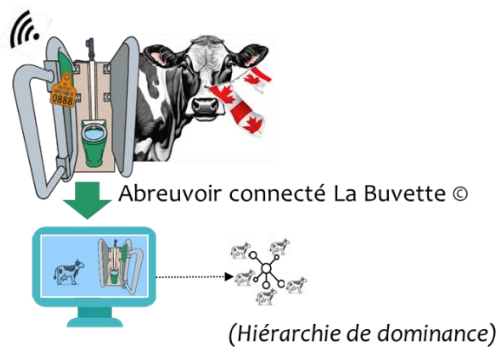


# CHAPITRE 1

## *Suivi du comportement d'abreuvement individuel et de la hiérarchie de dominance chez les vaches laitières à l'aide d'abreuvoirs électroniques*

Q1 : Comment caractériser la hiérarchie de dominance de façon rapide avec des abreuvoirs connectés ?

Méthodologie : Algorithme





# Résumé chapitre 1

Un accès à l'eau potable propre et fourni en quantité suffisante est incontournable pour la production et le bien-être des vaches laitières. Cependant, il a été noté une extrême hétérogénéité entre les fermes laitières françaises dans leur capacité à fournir l'eau d'abreuvement aux vaches. Des abreuvoirs connectés permettent aujourd'hui un suivi des volumes d'eau bue individuel et peuvent permettre de mieux définir leur besoin en eau. L'objectif de notre étude était de valider la détection d'un type d'interaction agonistique : le remplacement, à notre type d'abreuvoir connecté (LaBuvette©). Nous avons cherché à valider les remplacements observés par vidéo pour déterminer une hiérarchie de dominance cohérente avec celle de référence, basée sur la détection de toutes les interactions agonistiques visibles aux abreuvoirs. Enfin, nous avons étudié la hiérarchie de dominance basée sur des remplacements automatiquement détectés par nos abreuvoirs connectés pour faciliter encore davantage l'identification de la hiérarchie de dominance aux abreuvoirs entre les vaches. L'expérimentation a été menée sur un groupe de 22 vaches laitières de race Prim'Hostein en milieu de lactation, logées dans une stabulation libre équipée de 6 abreuvoirs connectés, de 22 auges individuelles et de 7 caméras. Les interactions agonistiques ont été identifiées par vidéo sur 9 jours. Nous avons utilisé un algorithme basé sur les visites enregistrées par le logiciel des abreuvoirs connectés pour déterminer des intervalles de temps entre deux visites de vaches qui se suivaient aux abreuvoirs pour détecter automatiquement les remplacements agonistiques. Nous avons déterminé 4 hiérarchies sociales en utilisant la méthode du score de David normalisé basé sur 1) tous types d'interactions agonistiques observées par vidéo dans les zones d'abreuvement, 2) tous types d'interactions agonistiques observées dans la stabulation à l'exception des zones d'abreuvement, 3) les remplacements aux abreuvoirs observés par vidéo, et 4) les remplacements aux abreuvoirs détectés de manière automatique par l'algorithme. Nous avons constaté une faible corrélation entre la hiérarchie de dominance déterminée par l'ensemble des interactions agonistiques observées dans la stabulation excluant les zones d'abreuvement et celle basée sur l'ensemble des interactions agonistiques observées dans les zones d'abreuvement. En revanche, cette dernière était fortement corrélée à celle basée sur les remplacements aux

abreuvoirs observés par vidéo, mais présentait une corrélation plus faible avec la hiérarchie de dominance déterminée par les remplacements automatiquement détectés par les abreuvoirs. Ces résultats ont permis de valider une simplification de l'identification de la hiérarchie de dominance basé uniquement sur les remplacements observés par vidéo. Afin d'étudier l'influence de la position sociale des animaux sur le comportement d'abreuvement, nous avons défini 4 catégories sociales : les vaches dominantes (n = 6), moyennement dominantes (n = 6), moyennement subordonnées (n = 4) et subordonnées (n = 6) à partir de la méthode des quartiles sur les scores de dominance attribués aux vaches dans la hiérarchie issue des remplacements observés par vidéo. Les vaches subordonnées ont bu moins que les vaches des autres catégories sociales lors du pic de consommation d'eau de l'ensemble du groupe à 18 heures, mais ont bu plus que les vaches les plus dominantes deux heures plus tard. Les vaches subordonnées utilisaient de préférence l'abreuvoir le plus isolé de l'étable et le plus éloigné de l'aire d'alimentation, et elles buvaient moins dans les abreuvoirs situés dans les zones à plus fort passage d'animaux (zone d'alimentation). La détection des remplacements à l'abreuvoir peut être utile dans les études visant à analyser l'effet des catégories sociales sur le comportement d'abreuvement individuel. Cependant, nous ne pouvons pas valider entièrement la détection de ces remplacements aux abreuvoirs de manière automatique ; des modifications du système d'abreuvement LaBuvette© sont nécessaires pour réussir à mieux détecter les remplacements.

# Monitoring individual drinking behaviour and the social hierarchy in dairy cows using electronic drinkers

NIZZI E.<sup>1</sup>, FORIS B. <sup>2</sup>, LASSALAS J <sup>1</sup>., HURTAUD C <sup>1</sup>., BOUDON A. <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

<sup>2</sup> Animal Welfare Program, The University of British Columbia, 2357 Main Mall, Vancouver BC V6T 1Z6, Canada

\*Corresponding author's email and phone number:

[anne.boudon@inrae.fr](mailto:anne.boudon@inrae.fr) (+33 2 23 48 50 86)

INRAE, UMR 1348 Pegase, 16 Le clos, 35590 Saint-Gilles, France

**Abstract:** Sufficient access to clean drinking water is essential for the production and welfare of dairy cows. However, dairy farms vary greatly in how they provide water to cows. Electronic drinkers are now available to monitor cows' water intake on individual level and can be used to better define their water need. The objective of this study was to validate the detection of agonistic replacements when competing for water access with a new electronic drinker and to explore the ability of using these interactions to identify the social hierarchy within a group of cows. A group of 22 Holstein mid-lactating cows were housed in a free-stall barn equipped with 6 electronic drinkers, 22 individual feeders and 7 cameras. For 9 days over the 18 days of the trial, agonistic interactions were identified via video. We used an algorithm relying on visit start times of subsequent cows at the electronic drinkers to automatically detect agonistic replacements. We determined 4 social hierarchies using the normalized David's score (NormDS) based on 1) agonistic interactions video observed in areas outside the drinkers, 2) agonistic interactions video observed at the drinkers, 3) replacements at the drinkers obtained from video, and 4) replacements at the drinkers detected by the algorithm. We found a weak correlation between the hierarchy recorded outside the drinkers and the one based on agonistic interactions at the drinkers. The hierarchy based on agonistic interactions at the drinkers was strongly correlated with the one relying on video-based replacements but showed a weaker association with the hierarchy relying on replacements detected by the algorithm. To explore the influence of dominance on drinker use, we defined dominant (n = 6), mid-dominant (n = 6), mid-subordinate (n = 4) and subordinate (n = 6) cows according to



NormDS quartiles in the video-based replacement hierarchy. Subordinate cows drank less than the other social groups at the peak consumption of the whole group at 1800 h but drank more than the most dominant cows 2 hours later. Subordinate cows preferentially used the most isolated drinker of the barn, furthest from the feeding area, and they drank less from drinkers in higher density areas. Detecting replacements at the drinker can be useful in studies aimed to analyze the effect of social groups on individual drinking behaviour. However, we suggest that for the automatic detection of replacements at the drinker, technology that allows for the recording of non-drinking visits is necessary.

**Keywords:** drinking behaviour, social hierarchy, precision livestock farming, welfare

## ***1-Introduction***

The absence of thirst is a fundamental criterion of animal welfare (Jensen and Vestergaard, 2021). Depending on the dry matter content of the diet, the ambient temperature, or the milk yield, a cow can drink from a few litres to more than 100 L per day (Khelil-Arfa et al., 2012). Water deprivation, even partial, can lead to a marked drop in dry matter intake and milk yield in the first days of restriction, as well as a decrease of live weight which indicates a loss of corporal water (Steiger-Burgos et al., 2001). It has also been showed that water restriction induces hemoconcentration and increased the serum concentration of urea and creatinine (Hamadeh et al., 2006). Water restriction also induces smaller and shorter meals and more frequent meal visits (Steiger-Burgos et al., 2001). Drinker recommendations (e.g. number of cows per drinker, water flow, drinker size) for dairy farms differ between countries (Jensen and Vestergaard, 2021). Assessments using the Welfare Quality® protocol (2009) exposed extremely heterogeneous drinker management between dairy farms in Europe. This protocol uses a grid and attributes scores from 0 to 100 according to the farm's ability to satisfy the water need of cows based on the number and cleanliness of functioning and available drinkers (i.e., 1 water bowl for 10 cows and/or 6 cm of trough per cow is required). The results of a survey in France (de Boyer Des Roches et al., 2012) based on this assessment in 131 herds, with 51 cows per herd on average, showed a mean score of 60 with a range from 3 to 100. Similar results were found in England and Wales (Heath et al., 2014).

Agonistic interactions often appear when cows compete for access to resources such as feed or water, lying stalls, and brush (Val-Laillet et al., 2008), and can be exacerbated under strong competition for the resource (Huzzey et al., 2006, Proudfoot et al., 2009). Coimbra et al. (2012) found that dominant cows monopolized access to the drinker when these were positioned in a narrow corridor. Some cows may be unable to access the drinkers at certain times due to the aggressive behaviours of others and this water deprivation can lead to decreased milk production (Little et al., 1980). Cows regrouping is a common practice in farms (von Keyserlingk et al., 2008) affecting cows' social behaviors (Krahn et al., 2024) and individual resource access (Dehnen et al., 2022) with young cows more aggressed by the older reducing their resource access (Grant and Albright, 2001). Subordinate cows can employ strategies such as shifting their drinking to avoid peak times (i.e., during hot weather conditions, after milking, or fresh feed delivery) associated with aggressive interactions (McDonald, 2020). Thus, inadequate water access can be costly for certain cows, particularly those who are more likely to receive agonistic interactions due to lower social rank.

Climate change may exacerbate the importance of appropriate access to water with increasing extreme weather patterns globally (Meyer et al., 2004). Previous work showed that when the temperature-humidity index (THI) increases, cows spend more time at the drinker, visit them more often, increase water intake, and agonistic interactions begin to follow an exponential curve from a THI > 72 (McDonald et al., 2020). Subordinate cows may be more affected by an increasing THI which, combined with the non-sufficient water access, could subject them to dehydration.

Despite its high relevance for welfare and productivity, few studies described how the social rank of cows influences individual drinking behaviour. Automated methods are increasingly used to record continuous data and allow the monitoring of individual animals. For instance, algorithms based on data from electronic roughage intake control feed and water bins (Insentec B.V., Marknesse, the Netherlands) have been used to record agonistic interactions and identify the social rank in groups of dairy cows (Foris et al., 2019a, Huzzey et al., 2014, McDonald et al., 2019). However, in those previous studies, agonistic interactions recorded at drinkers represented a very small proportion ( $\approx 6\%$ ) of all agnostic interactions recorded at the electronic feeders and drinkers. It is unknown if electronic drinker data, or at least replacements observed at the drinkers, can be used

to reliably determine the social rank of individual cows. Moreover, little is known about how the social rank influences the drinker choices of cows when several drinkers are available as recommended by the Welfare Quality® protocol (2009).

The objectives of the current study were to: (1) validate if the social hierarchy established thanks to the replacements observed by video at the drinker is similar from this based on a wider range of agonistic interaction types at the drinker and at a larger scale, (2) validate the detection of agonistic interactions at the drinker with the La Buvette® drinking system and the suitability of this data to identify the social hierarchy within a group of cows, and (3) apply the social hierarchy obtained from agonistic interaction at the drinkers in this pilot study to explore how to relate the social category of the cows and the differences in the individual drinking behaviour and drinker choices in a group of cows. We hypothesized that an algorithm similar to previous work using the Insentec system could automatically detect replacements at the La Buvette® drinkers. We predicted that replacements at the drinkers could be used to determine a social hierarchy and this will be associated with differences in individual drinking behaviour resulting from social dominance-subordination.

## ***2-Materials and methods***

This study took place at IE PL, INRAE, Dairy nutrition and physiology (IE PL, 35650 Le Rheu, France; <https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68>, protocol L1903) from the 22nd of February to the 20th of March, 2019. Animals were cared for following the guidelines of the animal-care committee of the French Ministry of Agriculture, in accordance with French regulations (Decree-law 2001-464, May 29, 2001, agreement number E35-275-23). Only non-invasive observations were carried out on the animals. The experiments were directed in a way that minimized disturbance to the animals.

### ***2.1. Animals and housing***

We followed one group of 22 mid-lactation Holstein cows (12 primiparous, 10 multiparous). The parity of multiparous cows ranged from two to four with an average live weight of 665 kg ( $\pm$  52), an average DIM of 159 d ( $\pm$  12), an average milk production of 31 kg ( $\pm$  4.6) and an average DMI of 22 kg ( $\pm$  2.3) at the beginning of the experimental period. Cows were housed in a free-stall barn containing 23 lying stalls and 22 individual feeding troughs (Fig. 1). A robot automatically distributed to each individual feeder a total

mixed ration (65% corn silage, 12.5% soybean meal, 10% dehydrated alfalfa, 12.5% concentrate and 300 g of a mineral and vitamin mix (Kéomine Repro, Cooperl Hunaudaye, Lamballe, France), on a DM basis). The amount of feed varied between cows to ensure that all cows in the pen had ad libitum access to feed (5% refusal). Feed bins were equipped with an identification gate fixed on the feed fence to allow only the cow with the collar assigned to the trough to pass through. Fresh feed was delivered twice a day (0800 h and 1600 h). Cows were milked twice daily at 0730 h and 1700 h and were blocked at the feed fence for one hour after returning from the milking parlor (i.e. they were not allowed to leave their feed bin, they could only stay and eat). Once released, the cows had ad libitum access to any location and any resources in the pen. Cows do not have access to drinkers at the parlour and on the way back. Outside this hour at feed fence and milking time, cows had ad libitum access to water. The average temperature, humidity and temperature-humidity index (THI) in the stall during the experiment were respectively  $13.8 \pm 2.4^{\circ}\text{C}$ ,  $77.8 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$  and  $57.0 \pm 3.7^{\circ}\text{C}$ . The daily means of the hourly ambient temperature varied between  $10.9 \pm 2.3$  and  $15.7 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ , those of the relative humidity between  $75.0 \pm 1.3$  and  $80.5 \pm 0.7\%$  and those of the THI (Kendall et Webster, 2009) between  $52.4 \pm 3.6$  and  $60.0 \pm 3.2$ . These values always remained within the range of values that have a limited effect on the water intake and behaviour of the cows (INRA, 2018).

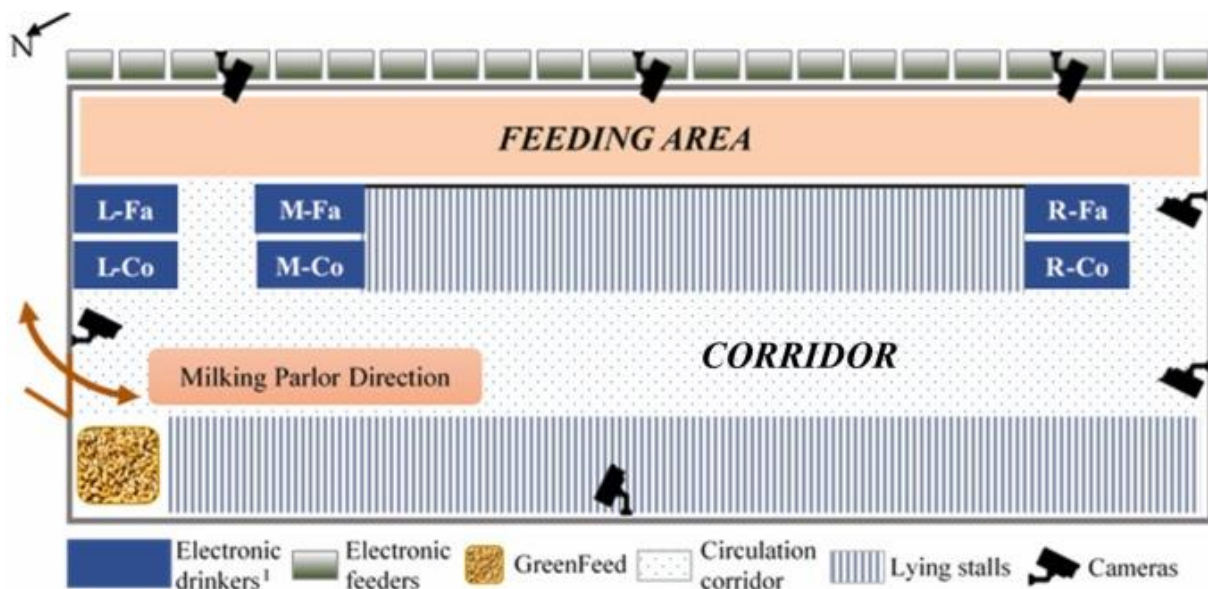


Fig. 1. Experimental pen layout for housing 22 cows. Letters L, M and R illustrate the Left, Middle and Right positions in the pen. The groups of letters Fa and Co represented the Feeding area and Corridor locations. Dimension of the pen:  $18 \text{ m} \times 10.7 \text{ m} = 192.6 \text{ m}^2$ .

## 2.2. Electronic Drinkers

The experimental pen contained 6 interconnected electronic drinkers (La Buvette© , Charleville-Mézières, France, Fig. 2, Boudon et al., 2019) consisting of a high-density polyethylene (HDPE) bowl with a capacity of 3 L with a constant level system and a flow meter. Two rigid sides limited access to one cow at a time at the drinker and a Radio Frequency Identification (RFID) antenna was located on the left side. The constant level system consisted of a float at the rear of the drinker allowing the regulation of water supply and thus maintaining a constant level of water in the bowl. Once engaged, the electronic flow meter delivered water by pulses. The volume of water per pulse had been pre-programmed in the software with a constant calibration of 0.00248 L per pulse. This value was validated before the experimentation by weighing the amount of water delivered in one min by each of the 24 connected drinkers ( $0.00248 \text{ L} \pm 2.22\text{e-}5$ ). The experimental farm has been equipped with this drinking equipment since 2017. All the cows in this experiment were familiar with this type of drinker before the trial.

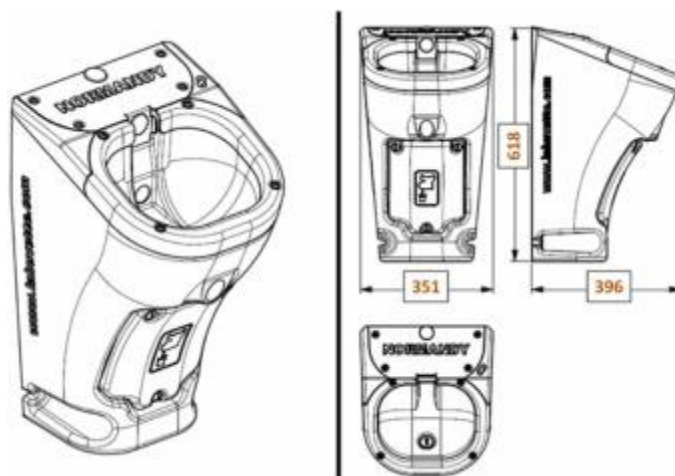


Fig. 2. La Buvette© drinker installed at IE PL, INRAE, Dairy nutrition and physiology (IE PL, 35650 Le Rheu, France) and connected in 2018.

To facilitate identification at the drinker, cows were fitted with an RFID ear tag transponder. At each visit, the antenna placed on the side of the drinker detected the transponder and the drinker recorded the visit start time, duration, water intake, drinker ID and the cow ID. Drinker data was centrally stored using the Blue Intelligence TM system (La Buvette© , Charleville-Mézières, France) and exported as Microsoft Excel files. We calculated the daily drinker visit frequency, duration, and water intake for each cow.

Recording the daily milking and DMI, we used the equation from the INRA model (2018) to determine the predictive Drinking Water Intake (DWI).

$$DWI = -4.34 + 0.88 \times MY + DMI \times (4.6 - 100/DM) + 0.0012 \times (CPf \times F\%)^2$$

The MY is milking yield (kg/d), the DMI is dry matter intake (kg/d), the DM is diet DM content (g/100 g), the CPf is the crude protein content of the forage equal to 68 g/kg DM and the F% is the proportion of forage in the diet equal to 65%.

### **2.3. Video Recording and Analysis**

We used 7 analog cameras (Fixed analog indoor day/night Color/B&W 1/3 960 H WDR PAL HV Dinion AN 500 Bosch camera; 2015, Drancy, France) distributed in the pen (Fig. 1) to record agonistic interactions. All videos were analyzed using Bosch 600 software (Bosh Security Systems, Inc., Drancy, France) and by recording interactions in Microsoft Excel. To facilitate identification, each cow was fitted with a unique symbol we spray-painted (Premium marking spray, Berner group, Künzelsau, Germany) on the cows' backs and sides and we created a document containing the individual photos of each cow. We used 9 non-consecutive days of video, close in time with maximum 3-day intervals between days, and recorded all agonistic interactions described below from 0500 h to 2230 h using all occurrence sampling method (Altmann, 1974), the first day being the 2nd of March, 2019 to insure the social hierarchy was stabilised. Only one observer was involved in video analysis. A zoning of the barn, observable through the cameras, allowed that no behaviour could be recorded twice on two cameras. We recorded agonistic interactions in two zones (i.e., in the drinker area or in the rest of the pen; Table 1). An interaction was determined 'at the drinker' if one of the two involved cows was at less than one cow length from the drinker. Four agonistic interaction types coded corresponded to the agonistic interactions identified by Dickson et al. (1967) (i.e., butting, pushing, fight contact and threat/avoidance). According to the outcomes of these interactions between the cows, we categorize them into two categories: when an initiator cow displaced a receiver cow in the whole pen, we coded it as 'Displacement' and, at the drinker, when the initiator cow took the place of the receiver cow at the drinker in the first 60 s after the departure, we coded it as 'Replacement' (Foris et al., 2019a). A displacement at the drinker could end up as a replacement or remain a displacement, but was never counted twice. We consider the initiator cow as the winner and the receiver

cow as the loser when the outcomes are clear. When we did not see a clear outcome, i.e. when the receiver cow did not move, we did not consider these interactions in this study. Two distinct interactions between the same pair of cows were considered if the interval between the interactions was at least at 15 s. We recorded all winner and loser cows of each interaction in an Excel table.

Table 1. Ethogram of the recorded agonistic interactions, the zone where they occurred and their outcomes.

Categories	Description
<b>Zone</b>	
➤ at the drinker	➤ When cows involved in the agonistic interactions are at less than one cow length from the drinker
➤ in the rest of the pen	➤ Everywhere in the pen, except in the drinker area, i.e. when cows involved in the agonistic interactions are at least one cow length away from the drinker
<b>Agonistic interaction type<sup>1</sup></b>	
➤ Butting	➤ A cow initiates physical contact against another cow using her head
➤ Pushing	➤ A cow initiates physical contact with another cow using her body
➤ Fight contact	➤ Two cows are engaged in a fight, usually head against head
➤ Threat/Avoidance	➤ A cow comes close to another cow, which leads to the departure of the approached cow without physical contact
<b>Outcome</b>	
➤ Displacement	➤ Agonistic interaction initiated by a cow, which leads to the departure of the other cow
➤ Replacement <sup>2</sup>	➤ Agonistic interaction initiated by an initiator cow, which leads to the departure of the other cow from the drinker and the occupation of the drinker by the initiator in the 60 s following the beginning of the interaction.

<sup>1</sup> based on Dickson et al. (1967)

<sup>2</sup> based on Foris et al. (2019a)

We determined 4 different social hierarchies based on the location and type of the recorded agonistic interactions (Table 2) using the normalized David's score (NormDS; de Vries et al., 2006) and assigned ordinal ranks, i.e. social rank, from 1 (most dominant cow) to 22 (most subordinate cow) to each cow. David's score method is a matrix-based method based on dyadic interactions. Each individual in a group obtained a dominance

value based on the sum of the successful interactions the cow gathered against each individual. The normalized David's score was then calculated to correct the probability that an interaction happened by chance and their steepness varied between 0 and N-1 (with N = the number of individuals in the group).

Table 2. Social hierarchies determined based on the interaction detection method and the type and location of social interactions. Hierarchies were calculated for 22 mid-lactating cows using the normalized David's score.

Social Hierarchy	Detection Method <sup>1</sup>	Interaction Types and Location
<i>Replacement Observer</i>	Observer	Replacement at the drinker
<i>Drinker</i>	Observer	push, butt, fight contact, threat/avoidance at the drinker
<i>Non-Drinker</i>	Observer	push, butt, fight contact, threat/avoidance except those observed at the drinker
<i>Replacement Algorithm</i>	Drinker	Replacement at the drinker

<sup>1</sup> Detection Method: "Observer" corresponds to interactions detected by an observer in analyzing videos. "Drinker" corresponds to interactions automatically detected by an algorithm based on drinker's data.

#### **2.4. Replacement Detection Algorithm from Electronic Drinkers**

*Data Preparation.* Using data from electronics drinkers, we calculated the daily frequency, duration and intake of visits for each cow and each day of the experimental period. The data concerning the frequency of visits at the drinker for one cow were removed due to RFID identification issues resulting in multiple identification of the animal during the same visit to the drinker. We checked the maximum and minimum values of water intake and visit duration but we did not find any outliers. The smallest volume and duration were lower than 1 L and 1 s respectively. They were explained by replacements events occurring immediately after that a cow began to drink. Maximum drinking volume and duration were 36 L and 252 s respectively and were checked by video. To identify potential replacements, we retained events where only a short time period (< 60 s) was



detected between the end time of a cow's visit and the start time of the next cow's visit at the same drinker following Foris et al. (2019a).

*Evaluating the Performance of the Algorithm.* We used replacements identified by video analysis as a gold standard to validate the optimal time threshold (i.e., time between the visits of two different cows at the same drinker) for replacement detection based on electronic drinker data. We tested thresholds ranging from 0 to 60 s and for each, we determined the number of true positive (TP), false positive (FP) and false negative (FN) replacements detected by the algorithm. Replacements identified by both observer and drinker data were considered as TP. Replacements only detected by the drinker data were considered FP and those detected just by observer were treated as FN. For each tested threshold, we then calculated the recall (i.e., sensitivity) and the precision of the algorithm (Goutte et Gaussier, 2005) as follows:

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP}$$

All video observations that resulted in disagreement between the algorithm and the observer for the identification of replacements (FP and FN) were double-checked. If the observer made a mistake, the result of the video observation was corrected. This happened less than 10 times out of a total of 85 FP and 44 FN. The intersection point between the recall and precision curves was considered as the best threshold for replacement detection and we used it to determine replacements for further analysis.

### ***2.5. Drinking behaviour of individual cows according to their social position***

We used the ***Replacement Observer*** hierarchy (Table 2) to explore differences in the drinking behaviour of individual cows according to their social position at the drinker. We classified cows into social categories by NormDS quartiles defining 4 categories: dominant (above q0.75, n = 6), mid-dominant (between q0.50 and q0.75, n = 6), mid-subordinate (between q0.50 and q0.25, n = 4) and subordinate (below q0.25, n = 6). To describe the drinking diurnal pattern, we calculated the amount of water intake and the drinking time within each hour of the day for each cow and we averaged them per cow

over the 9 measurement days. To investigate the drinker choices by cows, we calculated the proportion of the daily water consumed in each of the 6 drinkers for each cow and each day.

## ***2.6. Statistical Analysis***

All statistical analysis was performed using R version 4.2.1 (R Core Team, 2022). We used the Spearman rank correlation method ( $r_s$ ) to investigate the association between the 4 determined social hierarchies comparing them 2 by 2 (Brown and Hayden, 1985). In line with the hypothesis of Foris et al. (2019a), we consider NormDS were highly correlated when correlation coefficient ( $r_s$ ) was higher than 0.8. We also calculated the Root Mean Squared Error Predictor (RMSEP) and its decomposition squared bias parameter (SB, i.e. mean bias), non-unity slope parameter (NU, i.e. slope bias), and lack of correlation parameter (LC, i.e. random variation) according to Bibby and Toutenburg (1979). The number of cows required for the experiment was determined with the objective to distinguish slopes between the predicted and the observed NormDS of 0.9 and 0.6. We calculated this thanks to GPower (Universität Kiel, Germany) with a hypothesis of equal standard deviations for predicted and observed NormDS and with a power of 0.95 and a type I error of 0.05. We have to be aware that we do not have group-level replication in this study, which can affect the robustness of the results. The sole aim of this part of the study was to validate the social hierarchy we had obtained by applying it to a group of cows to determine whether the differences in individual drinking behaviour and choice of drinker between social groups were consistent.

Data were analyzed per cow. We investigated the influence of the social rank categories on water intake, predicted water intake, drinking duration, and visit frequency using a linear model (lmer) (Kuznetsova et al., 2017) including social rank category (3 df) as fixed effect and day (8 df) and cow (21 df) as random effects. The hourly amount of water consumed was analysed with a linear model including the effect of the hour of the day (23 df), the social rank category (3 df) and their interaction as fixed effects and cow (21 df) as random effect. The proportions of water consumed per drinker according social rank categories were analysed with a linear model including the effect of the drinker (5 df), the social group (3 df) and their interaction as fixed effects and day (8 df) and cow (21 df) as

random effects. Given the exploratory nature of the study, the significance level was not corrected for the multiple testing. Residue normality and homoscedasticity were visually checked by observing the distribution of residues and their dispersion according to the social rank categories.

### 3-Results

#### 3.1. Group Level Drinking Behaviour and Agonistic Interactions

Average daily water intake of cows was 82 L (SD: ± 13.6), the daily time spent drinking was 9.5 min (SD: ± 2.4) and the daily number of visits to the drinker was 9.5 (SD: ± 3.6). During the 9 days of video recordings, 742 agonistic interactions were recorded between cows (Fig. 3), 45% of these being recorded at drinkers. Replacements represented about 76% of agonistic interactions observed at the drinker. The hourly water consumption and drinking duration at the scale of the group (Fig. 4) peaked within the first 2 hours after milking, after the cows were released from the feed fence. Similarly, the number of agonistic interactions in the group everywhere in the pen peaked at the same periods.

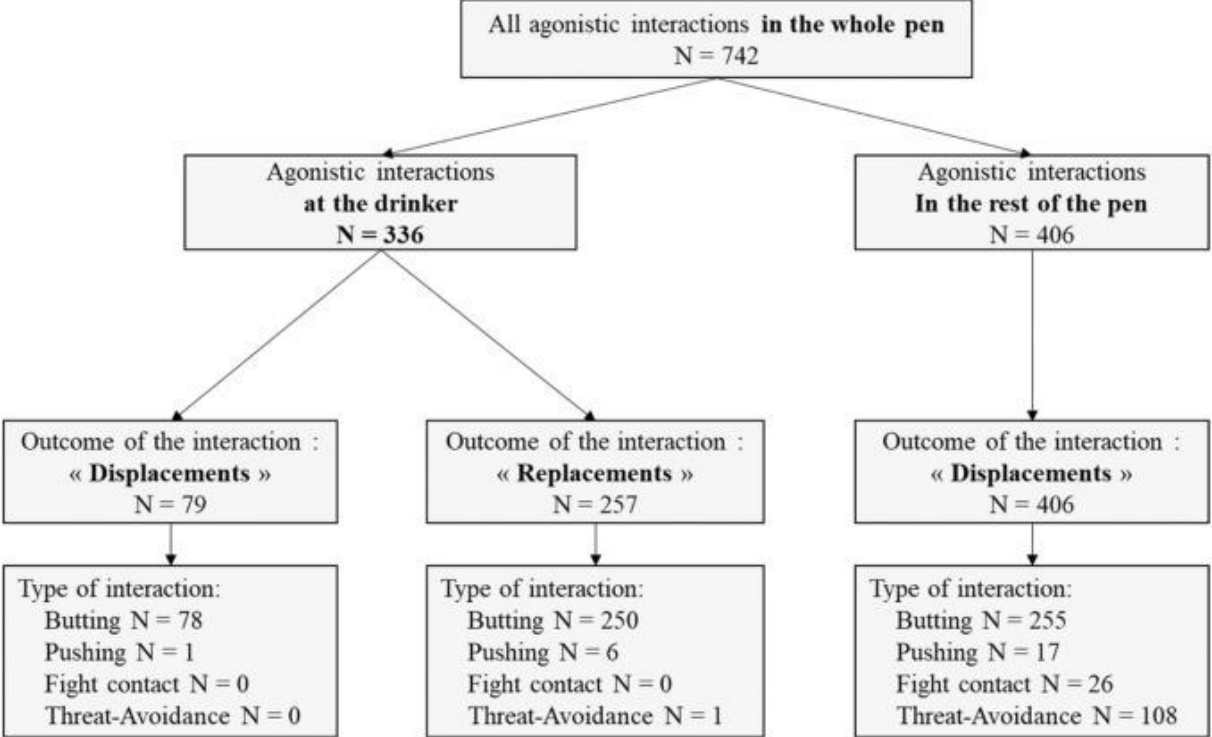


Fig. 3. Numbers of agonistic interactions, per location, outcome and type, recorded by video analysis for a group of 22 cows during 9 days of observation between 0500 h and 2230 h daily in the whole pen.

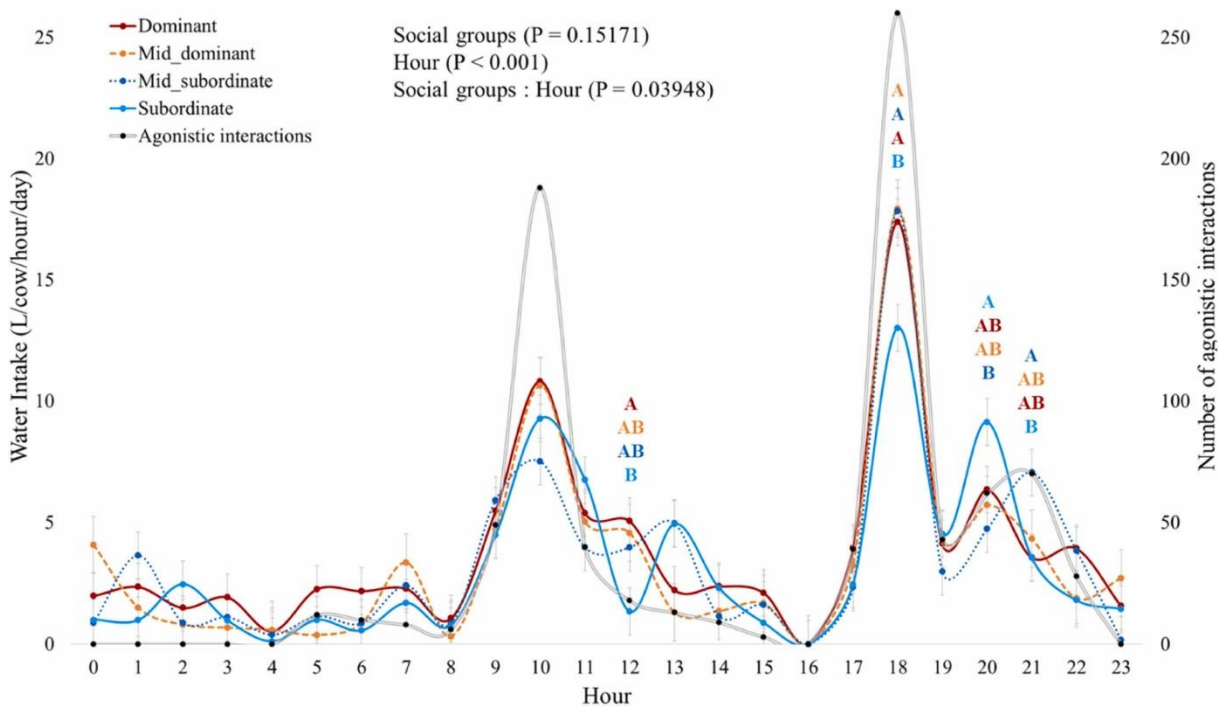


Fig. 4. Dynamics of hourly water intake for the 22 cows according to their social group (L/h/cow). The left-y axis show the water intake according the four social groups of cows (i.e., colors curves). The right-y axis illustrate the number of agonistic interactions by hour, which took place in the whole pen and represented by the grey curve. We considered significant differences if P-value < 0.05.

### 3.2. Replacement Detection Algorithm

When using a maximum threshold of 60 s between subsequent visits of 2 different cows at one drinker to identify replacements, 297 potential replacements were recorded by the algorithm, of which 212 were true positives. We also recorded 44 false negatives. The change in recall and precision for each time interval from 0 to 60 s is shown in Fig. 5A. Few replacements were associated with an interval > 30 s. The vast majority of replacements occurred within a short interval (< 14 s) (Fig. 5B). Considering a threshold at 14 s provides a high precision value (i.e. recorded a high amount of TP and a low FP rate) but is also associated with a low recall value (i.e. recorded a low proportion of TP among all the TP detected if we take into account all the threshold until the 60 s). Recall and precision values were closest to equal at 25 s, corresponding to 0.81 recall and 0.82 precision.

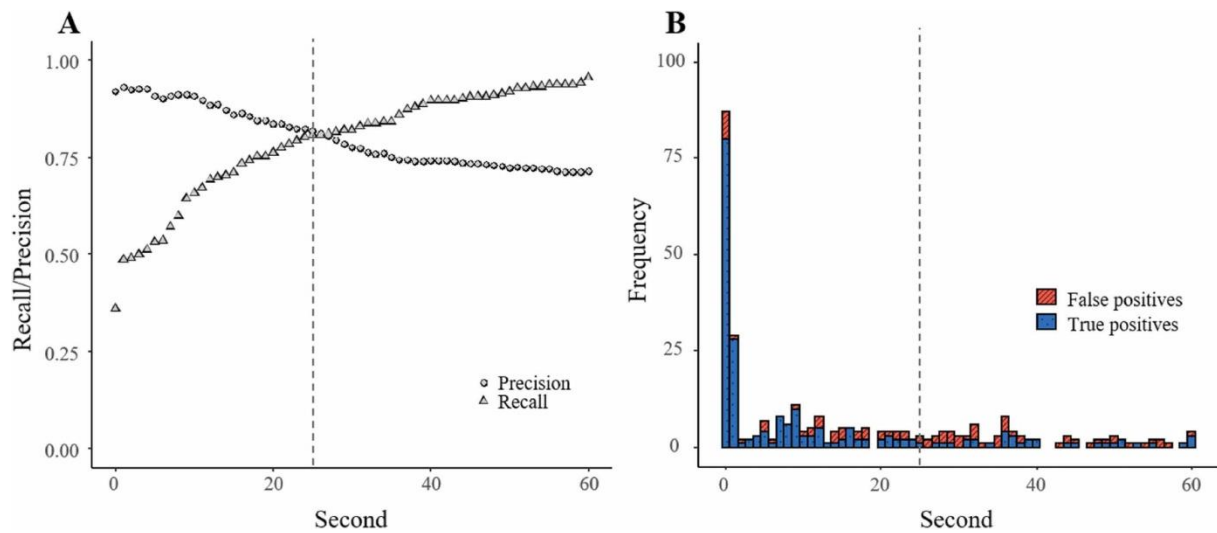


Fig. 5. Recall and precision (A) of the replacement detection algorithm for thresholds from 0 s to 60 s between two cows being detected at the same drinker. The dashed gray line positioned at 25 s represents the point closest to equal between recall and precision (i.e., the best compromise between the recall and the precision values). The histogram (B) illustrates the distribution for the duration of all the replacements detected by the electronic drinkers between 0 and 60 s. The blue part for each bar represents the proportion of true positive replacements (i.e. replacement detected by the algorithm and by the observer). The red part shows the proportion of false positive replacements (i.e. replacements only detected by the algorithm).

### 3.3. Dominance Assessment

The **Replacement Algorithm** hierarchy showed a strong correlation with the **Replacement Observer** hierarchy,  $r_s = 0.85$ , Fig. 6A) and a low RMSEP (0.27) with no contribution of the bias on the mean (SB = 0%) and a slight contribution of the bias on the slope (NU = 7.4%). **Replacement Observer** hierarchy was also well correlated with the **Drinker** hierarchy ( $r_s = 0.85$ , Fig. 6B), with a limited RMSEP (0.35) and a limited contribution of a bias on the slope (NU = 10.1%). However, the range of **Replacement Algorithm** was clearly lower than that of **Drinker**. The correlation between **Replacement Algorithm** hierarchy and **Drinker** hierarchy was weaker than those previously mentioned ( $r_s = 0.62$ , Fig. 6C). The **Non-Drinker** hierarchy was only weakly correlated with **Drinker** hierarchy ( $r_s = 0.37$ , Fig. 6D).

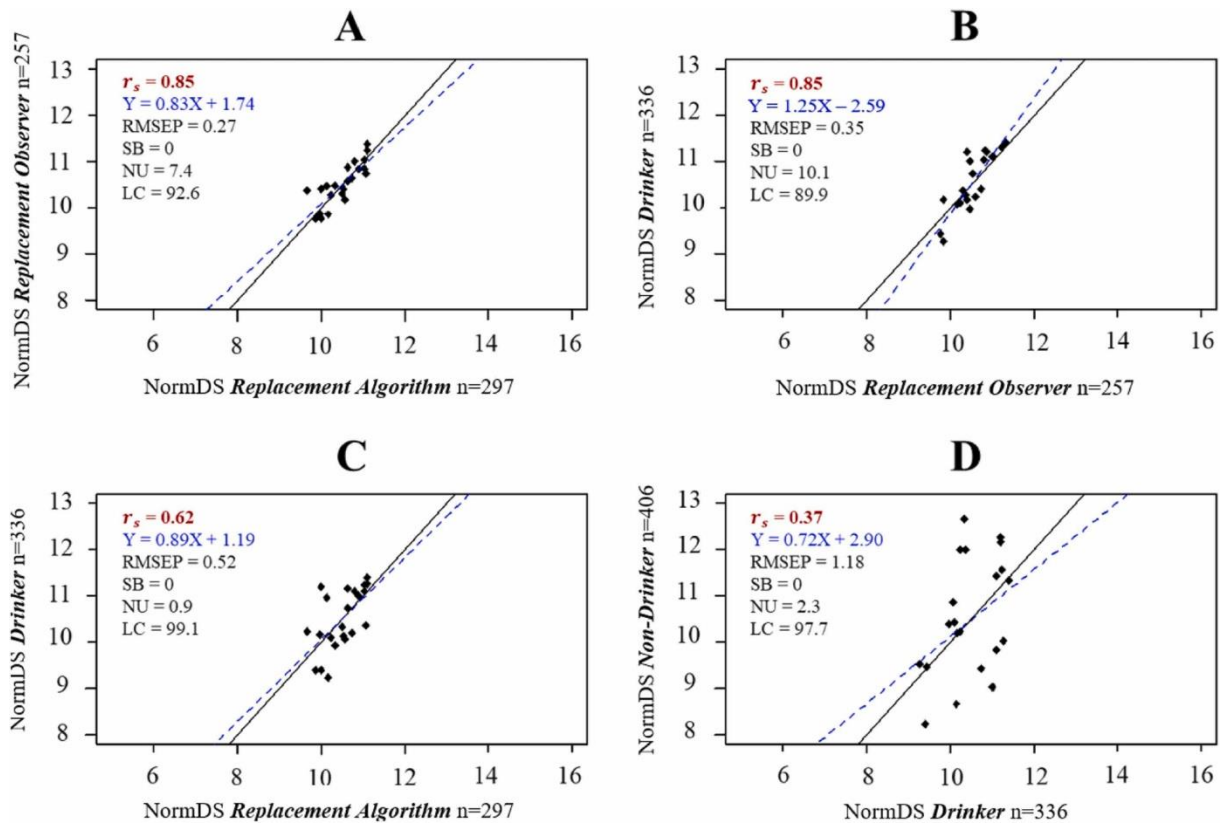


Fig. 6. Comparison of the NormDS (dominance value using Normalized David's score) obtained with the four hierarchies detailed in Table 2 (i.e. **Replacement Observer**, **Drinker**, **Non-Drinker** and **Replacement Algorithm** (considering as replacement when the interval at the drinker between two cows was lower than 25 s)) as a function of the interactions type recorded. n is the number of interactions recorded within the studied dominance hierarchy. The blue dotted line corresponds to the regression line between both variables compared and the black line to the first bisector  $y=x$ . On the top left corner of each graph there is the Spearman rank correlation coefficients in red, the RMSEP: Root Mean Square Error of Prediction, the SB: contribution of the Square Bias in the RMSEP, NU: contribution of the Non-Unity slope in the RMSEP and the LC: contribution of the Lack of Correlation.

### 3.4. Drinking Behaviours According to the Social Categories

The water intake of subordinate group tended to be lower than that of dominant group (75.5 kg/d vs 90.5 kg/d,  $P = 0.067$ , Table 3). The duration and the frequency of visits showed no significant differences between groups ( $P = 0.192$  and  $P = 0.611$  respectively). DMI was lower for both mid-subordinate and subordinate groups than for the dominant group (20.5 kg/d and 20.7 kg/d vs 23.9 kg/d respectively,  $P = 0.018$ ) and milking yield was lower for subordinate cows than for dominant cows (28.7 kg/d vs 35.5 kg/d

respectively,  $P = 0.039$ ). Both parity and body weight tended to be lower for subordinate than dominant cows and intermediate for mid-dominant and mid-subordinate cows ( $P = 0.085$  and  $P = 0.073$  respectively). Predicted water intake from DMI and milk yield were consistent with actual water intake. They were also higher for dominant cows than mid-subordinate and subordinate groups (91.4 L/d vs 77.4 L/d and 77.0 L/d respectively,  $P = 0.002$ ).

Table 3. Parity, body weight, milk production, dry matter intake and drinking parameters of the cows according to their social group. The four social groups of cows (i.e. dominant ( $n = 6$ ), mid-dominant ( $n = 6$ ), mid-subordinate ( $n = 4$ ) and subordinate ( $n = 6$ )) were obtained from quartile of NormDS based on replacements at the drinkers obtained from video recordings.

Item	Social groups				SEM	P value	
	Dominant	Mid dominant	Mid subordinate	Subordinate			
<sup>1,2</sup> Parity	No. primi	1	2	4	5	0.29	0.085
	No. multi	5	2	2	1		
<sup>1</sup> Body weight (kg)	710	661	647	640	20.1	0.073	
DMI (kg/d)	23.9 <sup>a</sup>	21.3 <sup>ab</sup>	20.5 <sup>b</sup>	20.7 <sup>b</sup>	0.81	0.018	
Milking yield (kg/d)	35.5 <sup>a</sup>	31.0 <sup>ab</sup>	29.7 <sup>ab</sup>	28.7 <sup>b</sup>	1.71	0.039	
Drinking water intake (L/d)	90.5	82.0	80.3	75.5	4.15	0.067	
Drinking duration (s/d)	676	539	538	543	54.5	0.192	
Frequency of visit (n visit/d)	9.9	10.6	8.4	9.3	1.24	0.611	
<sup>3</sup> Predicted drinking water intake (L/d)	91.4 <sup>a</sup>	80.1 <sup>b</sup>	77.4 <sup>b</sup>	77.0 <sup>b</sup>	3.22	0.002	

<sup>a-b</sup> Mean values in the same row with different superscripts when  $P < 0.05$

<sup>1</sup>Parity and body weight (at the beginning of the experiment, 1 data by cow, the statistical model did not include the day and cow effect).

<sup>2</sup>For each social group, the number of primiparous (parity = 1) and multiparous (parity > 1) presents is give.

<sup>3</sup>Predictive equation of Drinking Water Intake (DWI) from the INRA model (2018).

$DWI = -4.34 + 0.88 \times MY + DMI \times (4.6 - 100/DM) + 0.0012 \times (CPf \times F\%)^2$ . MY is milking yield (kg/d), DMI is dry matter intake (kg/d), DM is diet DM content (g/100 g), CPf is crude protein content of the forage equal to 68 g/kg DM, F% is the proportion of forage in the diet equal to 65%.

The hourly water intake of subordinate cows was lower than that of the other social groups between 1800 h and 1900 h (13.0 L vs 17.1 L;  $P < 0.01$ , Fig. 4) but it was higher 2 hours later, between 2000 h and 2100 h (9.1 L vs 5.6 L;  $P < 0.01$ ). The hourly water intake of mid-subordinate cows was also higher than that of the dominant and subordinate groups between 2100 h and 2200 h (7.1 L vs 3.6 L;  $P < 0.01$ ). We did not observe the same pattern around the 1000 h – 1100 h peak of consumption of the herd.

The hourly water intake by subordinate cows was lower than that of dominant cows between 1200 h and 1300 h, i.e. 2 hours after the morning peak of consumption.

When looking at the drinker preferences per social group (Table 4), cows of mid-subordinate and subordinate groups consumed more than 24% of their daily water consumption in the drinker at the right side of the corridor (R-Co), which is clearly higher than the proportion consumed by cows of the dominant group ( $8.2 \pm 2.87\%$ ). Mid-subordinate cows used the drinker positioned at the middle of the corridor (M-Co) more compared with subordinate cows ( $23.7 \pm 2.87\%$  vs  $11.2 \pm 2.87\%$  of their daily water intake). Subordinate cows drank half as much water in the drinker situated in the middle of the feeding area (M-Fa), in terms of daily proportion of water consumption, compared to the dominant ones ( $23.4 \pm 2.87\%$  vs  $11.7 \pm 2.87\%$ ). Mid-dominant cows drank more in proportion in drinker on the left side of the feeding area (L-Fa) than all other social groups ( $30.0 \pm 2.87\%$  vs in average  $11.77 \pm 2.87\%$ ). The daily proportion of water drank in drinker situated on the left side of the corridor (L-Co) ( $8.4 \pm 2.87\%$ ) did not differ between groups, neither that in drinker located at the right of the feeding area (R-Fa) ( $22.8 \pm 2.87\%$ ). However, the proportions differed between the social groups for the four other drinkers ( $P < 0.001$ ).

Table 4. Proportion of daily drinking intake per drinker, per cow by social categories.

<sup>1</sup> Drinker	Social groups				<sup>3</sup> SEM	P value		
	Dominant	Mid dominant	Mid subordinate	Subordinate		Social categories	Drinkers	Social categories × Drinkers
<sup>2</sup> M-Co	17.9 <sup>ab</sup>	15.1 <sup>ab</sup>	23.7 <sup>a</sup>	11.2 <sup>b</sup>	2.87	1	<0.001	<0.001
<sup>2</sup> M-Fa	23.4 <sup>a</sup>	14.3 <sup>ab</sup>	20.7 <sup>ab</sup>	11.7 <sup>b</sup>				
L-Co	7.5	7.3	6.1	12.8				
<sup>2</sup> L-Fa	14.3 <sup>a</sup>	30.0 <sup>b</sup>	5.9 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>				
<sup>2</sup> R-Co	8.2 <sup>a</sup>	16.8 <sup>ab</sup>	24.6 <sup>b</sup>	24.5 <sup>b</sup>				
R-Fa	28.7	18.6	19.1	24.7				

<sup>a-b</sup> Mean comparison between least-square mean of the drinker × social group effect after using a linear model with day and cow in random effects.

<sup>1</sup> Letters L, M and R correspond to the Left, Middle and Right drinkers' position in the pen. Groups of letters Fa and Co represent the Feeding area and Corridor location of the drinker in the pen.

<sup>2</sup> Significance of least-squares means between groups at the 0.05 level were indicated by different letters. The P-Value of post hoc tests were calculated intra drinker (i.e. comparison within drinkers).

<sup>3</sup> SEM = RSD/(sqrt(n/4)) where n is the number of statistical individuals (n= 22 cows × 9 days × 6 drinkers = 1188) and 4 is the number of social categories



## ***4-Discussion***

### ***4.1. Experimental Conditions***

In this study we looked if recordings of replacements at the drinker could be sufficient to characterize an accurate social hierarchy to understand individual variability of drinking behaviour and if an automatic detection of this social hierarchy at the drinkers could be possible using electronic drinkers' data. It is important to remember that there was no replication at group level in this study, which limits the extrapolability of our conclusions regarding the effect of social group on drinking behaviour and drinker choice to other herds.

We detected a similar amount of agonistic social interactions at the drinkers and in the rest of the pen unlike Foris et al. (2019a), with sharp peaks of water consumption, suggesting a high competition for water despite a low cow to drinker ratio (i.e., 4 animals per drinker, much less than 10 cows per drinker recommended by the Welfare Quality® protocol (2009)). We suggest that this high competition was due to the cows being blocked at the feed fence for one hour immediately after milking, possibly exacerbating their desire to drink after they were released. Nevertheless, the average water intake in this study was consistent with previous observations with ad libitum access to water (Khelil-Arfa et al., 2012). The hourly dynamic of drinking behaviours of the whole group, with peaks of water consumption after the milking and the fresh feed delivery, were also consistent with other studies (Cardot et al., 2008, Vtoryi et al., 2020).

We used 9 days of videos to identify agonistic interactions at the drinker and no previous study validated the amount of time needed to identify the social hierarchy using social interactions at the drinker. Even though the 9 days were not consecutive days, they were close in time (i.e. 0, 1 or 2 day interval) which suggests that 9 consecutive days could lead to similar results. Sánchez-Tójar et al. (2018) suggests that using a ratio of interactions to individuals of 10–20 can generate a relevant social hierarchy when using the David's score. In our study, 9 days yielded more than 10 times as many interactions as cows in the group, suggesting that the calculated hierarchies are robust.

### ***4.2. What Social Interactions to Use to Calculate the Hierarchy from Video Recordings?***

Our results imply that replacements observed by video at the drinker can represent all agonistic interactions that took place at the drinker when it comes to calculating the hierarchy from video analysis. A simplification of the ethogram to replacements initiated at the drinker could be enough to identify the social hierarchy at this place in future studies. However, the dominance relationships based on interactions outside the drinkers seemed to reflect a different hierarchy, with a much larger range of NormDS scores. This result is consistent with a recent study that exposed that the higher the feeding competition, the closer the dominance values of the cows are (Sheng et al., 2022). A large proportion of agonistic interactions that happened out of the drinkers was the threat and avoidance of the cows. This type of agonistic interaction was classified as non-physical aggression and usually appeared during social hierarchy stabilization process (Kondo and Hurnik, 1990). We recognize that the design of the drinkers, with both rigid sides isolating the drinking cow makes threats and avoidance contacts more difficult. We suggest that the social hierarchy identified at the drinkers is a hierarchy based on competition for water, while the hierarchy resulting from agonistic interactions outside the drinkers illustrates the stabilized social hierarchy of the group (Wierenga, 1990). Indeed, increasing competition can increase motivation of individuals (probably those having difficulties to access resource) developing aberrant interactions which can disrupt the social stability established in the group in less competitive area (Wierenga, 1990). In studies aimed to understand the individual variability of drinking behaviour, it seems relevant to use the social hierarchy established at the drinker reflecting motivation of cows for the water access, rather than the one in the rest of the pen area. In future studies, therefore, our results suggests that we can simply use the replacement observed by video to elaborate the hierarchy at this location, which will make the data collection methodology more efficient.

#### ***4.3. Validity of the Algorithm to Characterize the Social Hierarchy Within a Group***

In our study, the algorithm-based hierarchy showed a relevant positive correlation with the one based on video-observed replacements when using a 25 s threshold between two cows at the same drinker with a  $r_s$  of 85%. A similar correlation was found in the study of Foris et al. (2019a). The 25 s threshold seems also consistent with those used in previous work on automatic detection of competition using the Insentec© system, i.e., 26 s for Huzzey et al. (2014), 29 s for McDonald et al. (2019) and 22–27 s for Foris et al., (2019a).

However, the automatic detection of replacements by applying the algorithm based on Foris et al. (2019a) to the data obtained by the La Buvette© drinkers was not accurate enough to report on all the agonistic interactions that happened at the drinkers. Compared with the study of Foris et al. (2019a), we found a consequent number of false negative replacements, i.e., when the observer recorded a replacement which was not recorded by the algorithm. This difference could be due to the impossibility of automatically detecting replacement with the receiver cows did not have the time to drink in the La Buvette© system. The presence of automatic gates in the Insentec© feeder and water bins allows to record a visit when the head of a cow goes through the gate, even if she does not eat or drink. With the tested system associated with the La Buvette© drinker, a visit was only created when the RFID antenna detected simultaneously the presence of a cow and a flow of water at the drinker. Based on our observations, we suspect that a significant amount of replacements occurred when the receiver cows did not have time to drink, which resulted in a large number of false negatives. Nevertheless, an advantage of the La Buvette© drinkers is that they can be positioned outside the feeding area, avoiding confusion between drinking and feeding competition. In future studies, the La Buvette© system may only be used for automatic replacement detection if it can be modified to record shorter visits of the cows (i.e., when cows' head and shoulders are already between the two partitions of the drinker).

Even though our study involved only connected drinkers, vs. connected drinkers and feeders for Foris et al. (2019a), we can suspect that the low ability of the algorithm to represent the social hierarchy resulting from all interactions at the drinkers is not related to the fact that our study not include feeder replacements. Indeed, the replacements detected by video faithfully reflect the social hierarchy based on all agonistic interactions at the drinkers.

#### ***4.4. Drinking Behaviours differed between the Social Categories consistently with our hypotheses***

The main objective of this study was to determine if the detection of replacements at the drinkers, either by video or algorithm's methodology, could be suitable for identifying the social hierarchy within a group of cows. We observed that the social hierarchy based on video-detected replacements is closed to that considering all agonistic interactions at the drinkers. We considered that a complementary way of validating the relevance of the

social hierarchy we obtained at drinkers was to explore whether it could be related to individual variability in drinking behaviour, by considering the hypothesis that most subordinate cows would be the most constrained to access water (Huzzey et al., 2006). We are aware that results of this pilot study on this single group of cows are not generalizable. The sole objective of this approach is methodological validation.

Our study found that the most subordinate cows consumed less water, with lower drinking duration and frequency of visits than the most dominant cows. Due to a higher daily water intake for dominant cows (Andersson et al., 1984), the range of the hourly peak of water consumption for the most subordinate cows were logically lower. Using the predictive equations of INRA (2018), and considering that milk yield and dry matter intake have an intense relationship with water intake (Kramer et al., 2008, Kume et al., 2010, Singh et al., 2020), it is likely that these both parameters mainly explained the lower water consumption of subordinate cows. We cannot determine in this study if the lower parity of the most subordinate cows limited their water consumption due to competition, resulting in less feed intake and less milk production or if their lower feed intake and milk yield resulted in lower water requirements, independent of competition for water. Our results confirmed that the most dominated cows tended to be the primiparous cows, consistent with the suggestion that grouping primiparous cows separately from multiparous cows leads to increases in feed intake and productivity (Grant and Albright, 2001).

Subordinate cows also shifted their peak drinking times 2 hours after the peaks of water consumption of cows in other social categories. This is in line with McDonald et al. (2020) who found that cows with low competitive success at the drinker shifted visits to avoid the peaks of competitions related to intense heat periods of the day. Previous studies found similar patterns in a feeding context; when the feeding space by cow was limited to 0.5 m, the most subordinate cows received more aggression and limited their feeding during the first 90 min after fresh feed delivery (DeVries et al., 2004), and when the number of cows per feeder increased from 1 to 4, subordinate cows ate during less preferred hours of the day (Olofsson, 1999).

We found that the most subordinate cows avoided some drinkers located in the feeding area and preferred to use a most isolated drinker at the corridor side of the pen. This result is consistent with the observations of Coimbra et al. (2012), who found significant

differences in drinker use according to their locations in the pen and the social categories of the cows.

The number of available drinkers in our study was much higher than current recommendations (Welfare Quality®, 2009) and we collected data under thermoneutral conditions, yet we still observed differences in drinking behaviours between social rank categories. We suggest that when the number of drinkers is lower or during periods with high ambient temperature, subordinate cows may have insufficient water access. This may lead to increased physiological stress (Friend et al., 1977), modified behaviours (Crossley et al., 2017), and appearance of abnormal behaviours (Shaver, 2002), compromising health and welfare.

#### ***4.5. Study Limitations***

In this study, we followed one group of 22 cows. This allowed us to explore the relevance of determining the social hierarchy based on replacements at drinkers and to validate the replacement detection algorithm (Huzzey et al., 2014, McDonald et al., 2019). However, due to the lack of group-level replication the generalizability of our findings is limited regarding the differences in drinking behaviour between social categories. We encourage future research in multiple groups with various feeding strategies to better understand the relationship between drinking behaviour and dominance status.

In this study we only recorded agonistic interactions, but positive relationships between cows may also influence drinking behaviour. Previous work on dairy heifers (Zobel et al., 2011) and beef cattle (Stricklin and Gonyou, 1981) noted instances of non-competitive feeding behaviour between individual as “tandem eating” strategy (i.e. cooperation of 2 bovines at the feeder, which alternate their place to feed and monopolize the feeder while avoiding other individuals feeding at that location). In water competition context, dairy cows could have partnership of drinking. Thus, it could be interesting in future studies to consider both negative and positive interactions to better understand individuals’ behaviours and their welfare (Foris et al., 2019b).

## ***5-Conclusion***

We found that detecting agonistic replacements at the drinker can be used to determine the social hierarchy in a group of cows in studies aiming to analyse the effect of the social category of the cows on their drinking behaviour. However, we suggest that the automatic detection of replacements can only be carried out by connected drinkers if the presence of the cows at the drinker is recorded as soon as they enter their heads and shoulders between the partitions of the drinker even without drinking. We observed in this study that a social hierarchy based on replacements at the drinkers could lead to consistent results on differences in drinking behaviour between cows of different social categories. We believe that the adoption of a simplified ethogram to characterize social hierarchy to better understand the effect of the social rank on water access could help carry out more studies to refine recommendations on drinker equipment, especially where high ambient temperature is a problem.

### ***Funding***

This project was carried out by self-financing mainly with a contribution of the society La Buvette.

### ***Declaration of Competing Interest***

None

### ***Acknowledgements***

The authors thank the company La Buvette© for its contribution to the financing of the project and particularly Vincent Cardot for his valuable technical assistance in the installation of the watering device on the IEPL and his contribution to the scientific reflection of this project. They also thank Marie-Christine Meunier Salaun and Vanessa Lollivier for their help in designing the experiment and Camille Gérard for collecting and processing videos. As well as the rest of the staff of the UMR PEGASE, who contributed to the experiment: Carole Guérin for technical assistance with video recordings, Philippe Lamberton, Valentin Avignon, Gaël Boulet, Aline Le Croizier, Arnaud Mottin, Joseph Orinel, Jean Parois, Françoise Pichot, Patrick Pichot and David Sidaner of the experimental farm of Méjussaume for their previous involvement for animal feeding and care.

## **6-References**

- Altmann, J., 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49(3/4), 227–267. <http://www.jstor.org/stable/4533591>.
- Andersson, M., Schaar, J., Wiktorsson, H., 1984. Effects of drinking water flow rates and social rank on performance and drinking behaviour of tied-up dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 11, 599–610. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(84\)90074-5](https://doi.org/10.1016/0301-6226(84)90074-5).
- Bibby, J., Toutenburg, H., 1979. Prediction and improved estimation in linear models. *Proc. Edinb. Math. Soc.* 22, 67–67. <https://doi.org/10.1017/S0013091500027875>.
- Boudon, A., Cardot, V., Raymond, M., Carré, Q., Lassalas, J., 2019. Validation of a monitoring system of individual drinking behaviour for dairy cows housed in loose housing barn. The XIIIth International Symposium on Ruminant Physiology, Leipzig, Germany.
- Brown, G.W., Hayden, G.F., 1985. Nonparametric methods. Clinical applications. *Clin. Pediatr.* 24, 490–498. <https://doi.org/10.1177/000992288502400905>.
- de Boyer Des Roches, A., Mounier, L., Coignard, M., Bareille, N., Guatteo, R., Veissier, I., 2012. Bien - être animal en élevage laitier : Problèmes majeurs rencontrés et relation avec certaines caractéristiques des fermes. *Renc. Rech. Ruminants. Paris, France.* 19, 277-280.
- Cardot, V., Le Roux, Y., Jurjanz, S., 2008. Drinking behaviour of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *J. Dairy Sci.* 91, 2257–2264. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0204>.
- Coimbra, P., Pinheiro Machado Filho, L., Hötzel, M.J., 2012. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behaviour of cows on pasture. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 139, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.009>.
- Crossley, R.E., Harlander-Matauschek, A., DeVries, T.J., 2017. Variability in behaviour and production among dairy cows fed under differing levels of competition. *J. Dairy Sci.* 100, 3825–3838. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12108>.

- Dehnen, T., Arbon, J.J., Farine, D.R., Boogert, N.J., 2022. How feedback and feed forward mechanisms link determinants of social dominance. *Biol. Rev.* 97, 1210–1230. <https://doi.org/10.1111/brv.12838>.
- DeVries, T.J., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2004. Effect of feeding space on the inter-cow distance, aggression, and feeding behaviour of free-stall housed lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 1432–1438. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73293-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73293-2).
- Dickson, D.P., Barr, G.R., Wieckert, D.A., 1967. Social relationship of dairy cows in a feed lot. *Behaviour.* 29, 195–203.
- Foris, B., Thompson, A.J., von Keyserlingk, M.A.G., Melzer, N., Weary, D.M., 2019a. Automatic detection of feeding- and drinking-related agonistic behaviour and dominance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102, 9176–9186. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16697>.
- Foris, B., Zebunke, M., Langbein, J., Melzer, N., 2019b. Comprehensive analysis of affiliative and agonistic social networks in lactating dairy cattle groups. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 210, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.10.016>.
- Friend, T.H., Polan, C.E., McGilliard, M.L., 1977. Free stall and feed bunk requirements relative to behaviour, production and individual feed intake in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 60, 108–116. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(77\)83835-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(77)83835-6).
- Goutte C, Gaussier E., 2005. A probabilistic interpretation of precision, recall and F-score, with implication for evaluation. *Advances in Information Retrieval.* 3408, 345–359.
- Grant, R. J., and J. L. Albright. 2001. Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 84:E156–E163. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70210-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70210-X)
- Hamadeh, S.K., Rawda, N., Jaber, L.S., Habre, A., Abi Said, M., Barbour, E.K., 2006. Physiological responses to water restriction in dry and lactating Awassi ewes. *Livest. Sci.* 101, 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.09.016>.
- Heath, C., Lin, Y., Mullan, S., Browne, W., Main, D., 2014. Implementing Welfare Quality® in UK assurance schemes: evaluating the challenges. *Anim. Welf.* 23, 95–107. <https://doi.org/10.7120/09627286.23.1.095>.



- Huzzey, J.M., DeVries, T.J., Valois, P., von Keyserlingk, M.A.G., 2006. Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behaviour of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89, 126–133. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72075-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72075-6).
- Huzzey, J.M., Weary, D.M., Tiau, B.Y.F., von Keyserlingk, M.A.G., 2014. Short communication: Automatic detection of social competition using an electronic feeding system. *J. Dairy Sci.* 97, 2953–2958. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7434>.
- Jensen, M.B., Vestergaard, M., 2021. Invited review: Freedom from thirst-Do dairy cows and calves have sufficient access to drinking water? *J. Dairy Sci.* 104, 11368–11385. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20487>.
- Kendall, P. E., Webster, J. R., 2009. Season and physiological status affects the circadian body temperature rhythm of dairy cows. *Livest. Sci.* 125:155–160. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.004>.
- Khelil-Arfa, H., Boudon, A., Maxin, G., Faverdin, P., 2012. Prediction of water intake and excretion flows in Holstein dairy cows under thermoneutral conditions. *Animal* 6, 1662–1676. <https://doi.org/10.1017/S175173111200047X>.
- Kondo, S., Hurnik, J.F., 1990. Stabilization of social hierarchy in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 27, 287–297. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90125-W](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90125-W).
- Krahn, J., Foris, B., Sheng, K., Weary, D. M., von Keyserlingk, M. A. G., 2024. Effects of group size on agonistic interactions in dairy cows: a descriptive study. *Animal*. 18(3):101083. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101083>.
- Kramer, E., Stamer, E., Mahlkow, K., Lüpping, W., Krieter, J., 2008. Relationship between water intake, dry matter intake and daily milk yield on a German research farm. *Livest. Sci.* 115, 99–104. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.01.008>.
- Kume, S., Nonaka, K., Oshita, T., Kozakai, T., 2010. Evaluation of drinking water intake, feed water intake and total water intake in dry and lactating cows fed silages. *Livest. Sci.* 128, 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.10.012>.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B., Christensen, R.H.B., 2017. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *J. Stat. Softw.* 82, 1–26. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>.

- Little, W., Collis, K., Glead, P., Sansom, B., Allen, W., Quick, A., 1980. Effect of reduced water intake by lactating dairy cows on behaviour, milk yield and blood composition. *Vet. Rec.* 106, 547–551. <https://doi.org/10.1136/vr.106.26.547>.
- McDonald, P., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2020. Hot weather increases competition between dairy cows at the drinker. *J. Dairy Sci.* 103, 3447–3458. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17456>.
- McDonald, P.V., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2019. Technical note: Using an electronic drinker to monitor competition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102, 3495–3500. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15585>.
- Meyer, U., Everinghoff, M., Gädeken, D., Flachowsky, G., 2004. Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 90, 117–121. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.03.005>.
- Noziere, P., Sauvant, D., Delaby, L., Inra, 2018. *Alimentation des ruminants : Apports nutritionnels - Besoins et réponses des animaux - Rationnement - Tables des valeurs des aliments*. Editions Quae, 4ème ed., 728 p. France.
- Olofsson, J. 1999. Competition for total mixed diets fed for ad libitum intake using one or four cows per feeding station. *J. Dairy Sci.* 82, 69-79. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75210-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75210-0)
- Proudfoot, K.L., Veira, D.M., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., 2009. Competition at the feed bunk changes the feeding, standing, and social behaviour of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92, 3116–3123. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1718>.
- R Core Team. 2022. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sánchez-Tójar, A., Schroeder, J., Farine, D.R., 2018. A practical guide for inferring reliable dominance hierarchies and estimating their uncertainty. *J Anim Ecol.* 87, 594-608.
- Shaver, R. 2002. Rumen acidosis in dairy cattle: Bunk management considerations. *Adv. Dairy Technol.* 14, 241-249.

- Sheng, K., Foris, B., Krahn, J., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., 2022. The effects of competition at the feeder on dominance in dairy cows. EAAP – 73rd Annual Meeting. Porto, Portugal. 62, 634.
- Singh, A., Bhakat, C., Yadav, D., Kansal, G., Rajput, M., 2020. Importance of Measuring Water Intake in Dairy Animals: A Review. *Int. J. Adv. Agric. Sci. Technol.* 7, 22-30.
- Steiger-Burgos, M., Senn, M., Sutter, F., Kreuzer, M., Langhans, W., 2001. Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *Am. J. Physiol.-Regul. Integr. Comp. Physiol.* 280, R418–R427. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2001.280.2.R418>.
- Stricklin, W.R., Gonyou, H.W., 1981. Dominance and eating behaviour of beef cattle fed from a single stall. *Appl. Anim. Ethol.* 7, 135–140. [https://doi.org/10.1016/0304-3762\(81\)90091-2](https://doi.org/10.1016/0304-3762(81)90091-2).
- Val-Laillet, D., de Passille, A.M., Rushen, J., von Keyserlingk, M.A.G. 2008. The concept of social dominance and the social distribution of feeding-related displacements between cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 111, 158–172. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.06.001>.
- de Vries, H., Stevens, J.M.G., Vervaecke, H., 2006. Measuring and testing the steepness of dominance hierarchies. *Anim. Behav.* 71, 585–592. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.05.015>.
- von Keyserlingk, M.A.G., Olenick, D., Weary, D.M. 2008. Acute behavioural effects of regrouping dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91, 1011–1016. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0532>.
- Vtoryi, V., Vtoryi, S., Gordeev, V., Khazanov, V., Ilin, R., 2020. Water consumption for cow watering under loose housing system. 19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development. 20, 518-524. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2020.19.TF118>.
- Welfare Quality®. 2009. Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle (Fattening Cattle, Dairy Cows, Veal Calves). Welfare Quality® consortium.
- Wierenga, H.K. 1990. Social dominance in dairy cattle and the influences of housing and management. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 27, 201–229. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90057-K](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90057-K).

Zobel, G., Schwartzkopf-Genswein, K., Genswein, B., von Keyserlingk, M.A.G., 2011. Impact of agonistic interactions on feeding behaviours when beef heifers are fed in a competitive feeding environment. *Livest. Sci.* 137, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.09.022>.



# CHAPITRE 2

## *L'interaction entre la densité d'abreuvoirs et la dominance sociale des vaches affecte le comportement d'abreuvement*

**Q2 :** Comment varient le comportement d'abreuvement et les quantités d'eau bue face à des **contraintes** et selon la hiérarchie de dominance?



Contrainte 1-

Nombre d'abreuvoirs





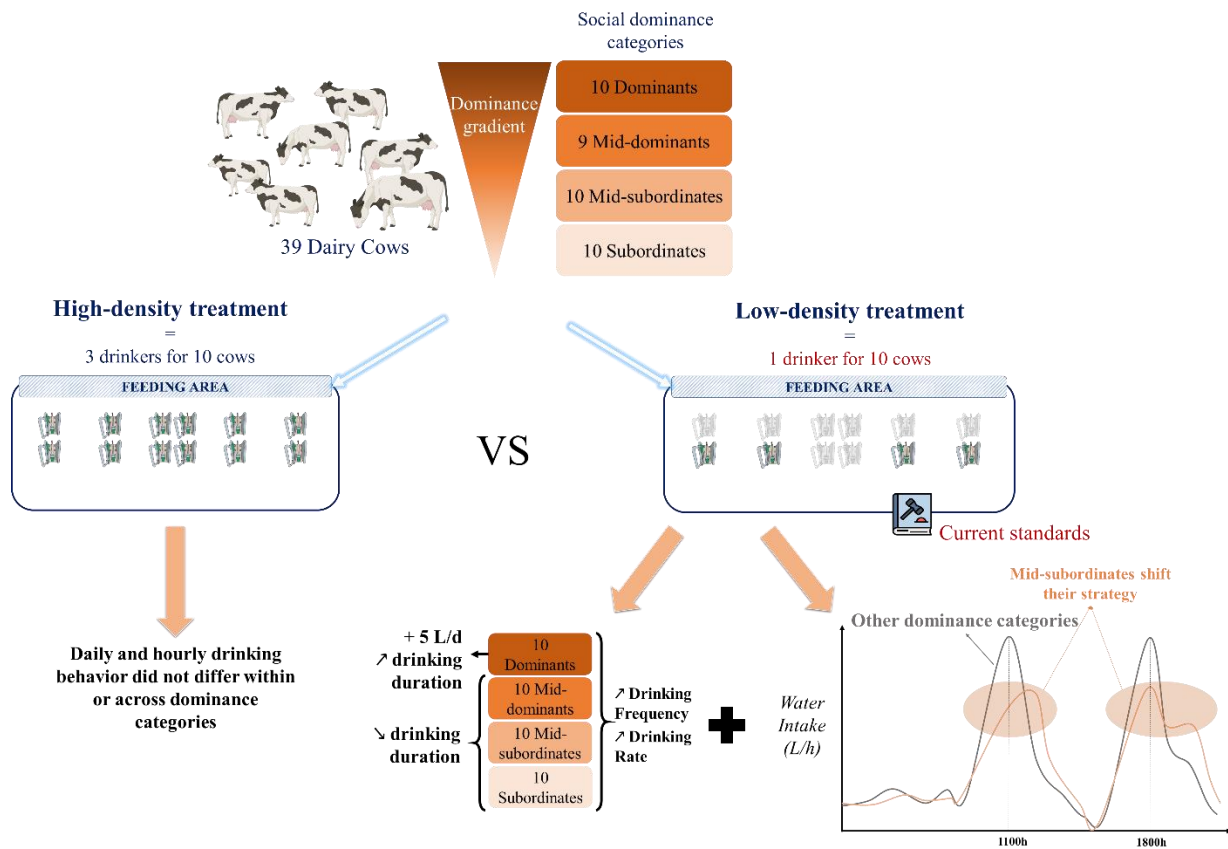
## Résumé chapitre 2

Le bien-être des vaches laitières et leurs performances laitières peuvent être négativement affectés lorsque les animaux n'ont pas accès à des quantités suffisantes d'eau d'abreuvement de bonne qualité. Cette satisfaction du besoin en eau des vaches est respectée de manière extrêmement hétérogène entre les fermes laitières. Dans cette étude, nous avons exploré comment une réduction du nombre d'abreuvoirs disponibles dans la stabulation influençait les volumes d'eau bus journaliers et le comportement d'abreuvement d'un groupe de 40 vaches en milieu de lactation, en prenant en compte la hiérarchie de dominance au sein du groupe. Durant les 5 derniers jours de chacune des deux périodes ("période 12/40": 12 abreuvoirs disponibles pour 40 vaches et "période 4/40": 4 abreuvoirs disponibles pour 40 vaches), nous avons enregistré le volume d'eau bu et le comportement d'abreuvement des vaches ainsi que les remplacements observés aux abreuvoirs. Quatre catégories sociales ont été définies en appliquant la méthode de classification par quartiles au score de dominance des vaches (méthode du score de David normalisé) obtenus en période 4/40. En période 12/40, il y avait environ 56 ( $\pm 16$ ) remplacements par abreuvoir par jour contre 119 ( $\pm 31$ ) en période 4/40. Les vaches subordonnées étaient plus légères et plus jeunes que les vaches dominantes. Les vaches dominantes buvaient environ 5 L de plus par jour en période 4/40 qu'en période 12/40. De plus, la vitesse d'abreuvement et le nombre de visites aux abreuvoirs par jour étaient plus élevés en période 4/40, avec des différences les plus marquées observées chez les vaches subordonnées. Dans cette même période, les vaches moyennement subordonnées modifiaient aussi leurs heures d'abreuvement, allant s'abreuver 1 à 2 heures après le pic de consommation d'eau du groupe. Les résultats de la période 4/40 indiquent donc que les vaches subissaient une compétition plus intense pour l'eau, conduisant à des réponses comportementales liées à la hiérarchie de dominance. Nos résultats soulignent la nécessité d'explorer plus largement les effets de l'augmentation du nombre d'abreuvoirs sur le comportement d'abreuvement et social sous diverses conditions d'élevage afin de fournir aux agriculteurs de nouvelles recommandations techniques.





# Graphical Abstract



## Summary

Access to sufficient drinking water is an essential part of animal welfare. It is known that rearing conditions and social dominance hierarchies can influence cow drinking behavior. Here, we explored the interaction between drinkers number and social dominance for a group of 40 cows. When cows were given the number of drinkers specified by current official standards (1 drinker per 10 cows), dominant cows monopolized access and drank 5 L more than when drinker density was higher (1 per 3.3 cows). Furthermore, at the lower drinker density, drinking frequency and rate increased for cows of all dominance levels but particularly for subordinates; mid-subordinates shifted to off-peak drinking times. Our results illustrate that following current standards for drinkers number can lead to competition among animals, whose behavioral responses may depend on their level of social dominance. In conclusion, technical guidelines should be carefully revisited with a view to ensuring animal welfare on dairy farms.

## ***Highlights***

- Low-density treatment generated competition for water
- Low-density treatment increased replacements, drinking rate and drinking frequency
- Dominant cows monopolized drinkers and drank 5L more in the low-density treatment
- Subordinate cows have greater variations in drinking rate and frequency
- Mid-subordinate cows shifted their drinking times to avoid peak watering periods

## Running head: Drinker density and cow social dominance

### Interaction between drinker density and cow social dominance affects drinking behavior

NIZZI E.<sup>1</sup>, HURTAUD C.<sup>1</sup>, BOUDON A.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

\*Corresponding author's email and phone number:

anne.boudon@inrae.fr (+33 2 23 48 50 86)

**Abstract:** Dairy cow welfare and milk production levels can be negatively impacted when animals lack access to sufficient amounts of good-quality drinking water. Farms vary greatly in how well they meet this standard. Here, we explored how the interaction between drinkers density and social dominance level influenced the drinking behaviors of a group of 40 mid-lactation cows. We recorded cow drinking behavior and competitive outcomes (i.e., number of replacements) at the drinkers during the final 5 d of 2 drinker density treatments, applied successively (12 drinkers then 4 drinkers available). Four social dominance categories were defined by applying the quartile classification method to the normalized David's score obtained from the low-density treatment data (NormDS values). In the high- versus low-density treatment, there were approximately 56 ( $\pm 16$ ) versus 119 ( $\pm 31$ ) replacements per drinker per day. Subordinate cows were lighter and younger than dominant cows. Dominant cows drank around 5 L more per day in the low- versus high-density treatment. Furthermore, both drinking rate and daily drinking frequency were higher in the low-density treatment, with the most pronounced differences seen for subordinate cows. In the low-density treatment, mid-subordinate cows shifted their drinking times, visiting the drinkers 1–2 h after peak water consumption by the group. The results for the low-density treatment thus indicate that the cows were experiencing more intense competition for water, leading to behavioral responses that were related to social dominance. Our findings underscore the need to more broadly explore the effects of increasing drinkers number under a variety of rearing conditions to provide farmers with better technical recommendations.

Access to water of sufficient quantity and quality is essential to the welfare of dairy cows (Welfare Quality®, 2009). A survey evaluating over 130 French dairy farms following the Welfare Quality® protocol (2009) found that farms varied greatly in their degree of compliance and that a considerable proportion of farms failed to provide adequately for their cows' daily watering needs (de Boyer Des Roches et al., 2012). Such differences are growing more dramatic in the context of climate change and the increasing frequency of heat waves.

There are official standards for watering animals on dairy farms (NRC, 2001; Welfare Quality®, 2009). However, they specify a minimum number of drinkers, minimum water flow rate, or optimal drinker location, but they say nothing about means of ensuring equal access to water for all cows. Instead, the standards simply require that 10% of a herd's cows be able to drink at the same time. The basis for these standards was first articulated in research by Castle and Thomas (1975), which characterized the drinking behavior of 14 dairy herds (n = 840 lactating cows) in England and Wales over a 6-mo period. The NRC (2001) and Welfare Quality® (2009) standards are a simplified, less stringent version of the initial recommendations made by Castle and Thomas (1975). Little research has examined the effects of drinkers number on watering behavior within dairy cow herds. There is one study (Andersson, 1987) that compared the behavior of 2 small groups (~15 cows) with access to 1 or 2 drinking bowls. When 2 bowls were available, the animals were found either close together or far away from each other. Furthermore, while drinker visits were more frequent when 2 bowls were present, bowl number did not influence total water intake. Given the technology available at the time, it was impossible to interpret individual drinking behavior at a fine scale

Access to water is essential to animal well-being, whether at the group or individual level. However, an important distinction must be made, namely that "the concept of well-being applies to the mental dimension of the animal's experience of its environment" (p16; ANSES, 2018). In their review, Jensen and Vestergaard (2021) highlighted the importance of considering cow dominance hierarchies and the influence of cows number when characterizing the effects of drinker density, especially when developing standards for ensuring that all animals of the herd have unrestricted access to water. Although research has yet to consider the interaction between drinkers number and individual behavior within dairy cow herds, past studies have highlighted the

importance of animal social rank in behavioral responses to reduced feeder availability (Olofsson, 1999). At present, there are highly precise tools that can better measure individual variability in drinking behavior. Recent work has validated the utility of a connected drinker that can collect data on competitive outcomes between cows and social dominance (Foris et al., 2019a).

The objective of this study was to explore how the interaction between drinkers number and social dominance could affect watering behavior in a group of 40 cows housed in a free-stall barn using connected drinkers. We hypothesized that reducing drinkers number would increase competitive interactions among animals, leading to more replacements at drinkers. In this vein, we predicted that lower drinkers number would also amplify behavioral differences based on cow social ranking, such that dominant cows might even limit drinker visits by subordinate cows.

Our experiment was carried out at INRAE's Experimental Facility for Dairy Nutrition and Physiology (IEPL, 35650 Le Rheu, France; <https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68>, protocol L2302) over 3 wk in February 2023 using a group of 40 mid-lactation Prim'Holstein cows (16 primiparous and 24 multiparous). During the first wk (February 1–8), cows had access to 12 drinkers (high-density treatment). During the second and third wk (February 9–22), cows had access to 4 drinkers (low-density treatment). In the low-density treatment, drinkers number followed current standards (1 drinker per 10 cows); in the high-density treatment, 3 times as many drinkers were available (3 drinkers per 10 cows) (**Figure 1**).

At the start of the experiment, mean parity ( $\pm$ SE) in the group was 2.1 ( $\pm$ 1.2) and mean ( $\pm$ SE) milk yield (MY) in kg/d was 31.8 ( $\pm$ 5.1). Animals were reared following animal care guidelines issued by the French Ministry of Agriculture and Sovereignty and in accordance with French legislation (Decree 2001–464, May 29, 2001; agreement number E 35–275–23; project number APAFIS #39513–2022112207567178 v3). Cows were housed in a free-stall pen containing 40 individual lying stalls. Each cow was allocated a specific feeder, where access was controlled by a radio-frequency identification (RFID) system. Twice a day (at 0800 h and 1600 h), an automated feed system deposited a total mixed ration composed of 65% corn silage, 12.5% soybean meal, 10% dehydrated alfalfa, and 12.5% concentrate (% DM) as well as 200 g of mixed minerals and vitamins. Cows were fed ad libitum (10% refusal) and milked twice a day

(at 0730 h and 1530 h). After milking, they remained blocked at the feed fence for around 1.5 h. There were no drinker in the milking parlor or along the path from the milking parlor to the pen.

The interconnected drinkers (La Buvette© , Charleville Mézières, France) were installed in our experimental facilities in 2018, which meant that the study cows were already familiar with the watering system. The drinkers are 3-L bowls constructed of high-density polyethylene. Both level and flow are automatically maintained via a float at the rear of the drinker. Only one cow can water at a time because drinker access is restricted by the presence of 2 rigid sides. The RFID system on the left of the drinker recorded the cow's transponder number. Using pulse measurement and automated software (pulse = 0.0248 L), a flow meter used the water flow ( $\pm 12$  L/min) to calculate cow water intake. Also recorded for each visit were the time of day and drinking duration. The drinking data were centralized using a Blue Intelligence™ system (La Buvette© , Charleville-Mézières, France) and exported as Microsoft Excel files.

Eight cameras distributed across the pen continuously recorded the dairy cows' daily interactions at the drinkers between 0530 h and 1030 h over the entire experiment. The cows were marked with symbols on their backs and sides to facilitate their identification during video analysis, which was performed using VS Player software (©2019 Hangzhou Hikvision Digital Technology Co., Ltd.). The first 3 d of each treatment were considered to be an adaptation period. Replacements at the drinkers were then examined for the next 5 d. A replacement was defined as occurring when, within a 60-s interval, one cow directed aggressive behavior toward a second cow, resulting in the latter's departure of the drinker.

All the statistical analyses were performed using R (v. 4.2.1; R Core Team, 2022). We established dominance hierarchies for the cows using 5-d sets of replacement data (high-density: February 4–8; low-density: February 12–16). We applied the David's Score (DS) method (de Vries et al., 2006) to the resulting dominance matrix to calculate each cow's normalized dominance score (NormDS). The cows were ranked in decreasing order based on their NormDSs (i.e., higher NormDS = more socially dominant vs. lower NormDS = less socially dominant). One cow was removed because of a slip in the alley and their data were excluded from the analysis.

The ranks obtained in the low-density treatment, i.e., the most competitive, were used to define cow dominance categories. These ranks were employed to divide the cows up into 4 dominance categories using a quartile classification method (Q1 = 25th percentile, Q2 = 50th percentile, Q3 = 75th percentile). Viewing the lack of knowledge on drinkers number study, statistic power was not been based on previous studies. We considered that 40-cow sample size in this pilot study was enough to show the differences in water intake between dominance categories, considering an effect size of 1.1, with a power of 0.95 and a type I error of 0.05 (estimated sample size = 38 cows (GPower, Universität Kiel, Germany)).

Data were analyzed per cow. For each analysis, we used the 4 last days of each treatment period (i.e., high-density treatment: February 5–8; low-density treatment: February 19–22). We examined how dominance category and treatment affected individual water intake, drinking duration, drinking frequency, drinking rate, DMI, MY, ratio of water intake to DMI, and ratio of water intake to MY. We examined the influence of dominance category (fixed effect;  $df = 3$ ) on parity and BW using a linear model (lm model). We used a linear model (lmer model; Kuznetsova et al., 2017) in which dominance category ( $df = 3$ ), treatment ( $df = 1$ ), and their interaction ( $df = 3$ ) were fixed effects; day ( $df = 3$ ) and cow identification number ( $df = 38$ ) were random effects. The effect of the treatment on hourly water intake was analyzed using a linear model in which the hour of the day ( $df = 23$ ), dominance category ( $df = 3$ ), and their interaction were fixed effects ( $df = 69$ ); day ( $df = 3$ ) and cow identification number ( $df = 38$ ) were random effects. Given the exploratory nature of our study, the  $\alpha$  level was not corrected for multiple comparisons. We visually examined residue normality via Q-Q plot and tested variance homogeneity across the dominance categories via Levene test (Fox and Weisberg, 2019). We reported results as significant when  $P \leq 0.05$  and as marginally insignificant when  $0.05 < P \leq 0.10$ .

Herein, we report mean values ( $\pm$ SD). Mean temperatures in the pen were 9.2°C ( $\pm$ 3.4) and 11.3°C ( $\pm$ 2.7) over the last 4 d of the high-density and low-density treatments, respectively. The mean DM content of the TMR was 57.3% ( $\pm$ 0.7) in the high-density treatment and 56.3% ( $\pm$ 0.5) in the low-density treatment. During the high-density treatment, 2 primiparous cows were observed to have digital dermatitis (requiring no antibiotics); no health concerns were seen during the low-density treatment. Mean DIM



was 139 d ( $\pm 6$ ) in the high-density treatment and 152 d ( $\pm 6$ ) in the low-density treatment. There were 281 replacements during the high-density treatment and 592 replacements during the low-density treatment.

There were 10 cows in the dominant group, 9 cows in the mid-dominant group, 10 cows in the mid-subordinate group, and 10 cows in the subordinate group; within these groups, 2, 3, 4, and 7 cows were primiparous, respectively. Parity and BW were significantly different for the subordinate versus the dominant cows (parity:  $1.4 \pm 0.4$  vs.  $2.9 \pm 0.4$ ,  $P = 0.022$ ; BW:  $605 \text{ kg} \pm 21$  vs.  $705 \text{ kg} \pm 21$ ,  $P = 0.015$ ; **Table 1**). No effect of dominance category was detected on DMI. In the low-density treatment, MY was significantly greater for dominant cows ( $32.4 \text{ kg} \pm 1.4$ ) than for subordinate cows ( $27.9 \text{ kg} \pm 1.4$ ;  $P = 0.008$ ). This MY of dominant cows ( $32.4 \text{ kg} \pm 1.4$ ) was also significantly higher than for the mid-subordinate and subordinate cows ( $29.2 \text{ kg} \pm 1.4$  and  $28.4 \text{ kg} \pm 1.4$ , respectively;  $P = 0.008$ ) of the high-density treatment.

Water intake was higher in the low-density treatment than in the high-density treatment ( $P = 0.005$ ), a pattern seemingly driven by the dominant cows ( $84.2 \text{ L} \pm 4.2$  vs.  $79.5 \text{ L} \pm 4.2$ , respectively; treatment-by-dominance interaction:  $P = 0.041$ ). Furthermore, subordinate cows consumed less water than dominant cows in the low-density treatment ( $72.5 \text{ L} \pm 4.2$  vs.  $84.2 \text{ L} \pm 4.2$ ;  $P = 0.041$ ); such was not the case in the high-density treatment. The ratio of water intake to MY was lower for the dominant cows than for the mid-subordinate cows for both treatments (means of  $2.56 \text{ L/kg} \pm 0.1$  and  $2.88 \text{ L/kg} \pm 0.1$ , respectively;  $P = 0.029$ ). Effects of treatment or dominance category were absent for the ratio of water intake to DMI. Drinking duration tended to be shorter for subordinate cows in the low-density treatment than for cows in all the other combinations of groups (treatment-by-dominance interaction:  $P < 0.051$ ). Drinking frequency tended to be greater in the low-density treatment ( $11.9 \pm 1.3$ ) than in the high-density treatment ( $9.9 \pm 1.3$ ;  $P = 0.075$ ). The same trend was seen for drinking rate (low-density =  $8.9 \text{ L/min} \pm 0.03$ , high-density =  $8.6 \text{ L/min} \pm 0.3$ ;  $P = 0.057$ ).

**Table 1:** Influence of treatment and dominance category on dairy cow physiology, feeding behavior, and drinking behavior<sup>1</sup>. Least squares Means  $\pm$  SE are provided.

Variable	High-density treatment				Low-density treatment				P-value		
	DOM (n = 10)	MID-DOM (n = 9)	MID-SUB (n = 10)	SUB (n = 10)	DOM (n = 10)	MID-DOM (n = 9)	MID-SUB (n = 10)	SUB (n = 10)	DomC	Treat	DomC $\times$ Treat
Parity <sup>2</sup>	2.9 <sup>a</sup> $\pm$ 0.4	2.3 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.4	1.6 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.4	1.4 <sup>b</sup> $\pm$ 0.4					0.022	ND	ND
BW <sup>2</sup> (kg)	705 <sup>a</sup> $\pm$ 21	677 <sup>ab</sup> $\pm$ 22	660 <sup>ab</sup> $\pm$ 21	605 <sup>b</sup> $\pm$ 21					0.015	ND	ND
MY (kg)	31.7 <sup>AB</sup> $\pm$ 1.4	29.3 <sup>AB</sup> $\pm$ 1.5	29.2 <sup>B</sup> $\pm$ 1.4	28.4 <sup>B</sup> $\pm$ 1.4	32.4 <sup>A</sup> $\pm$ 1.4	29.5 <sup>AB</sup> $\pm$ 1.5	28.5 <sup>AB</sup> $\pm$ 1.4	27.9 <sup>B</sup> $\pm$ 1.4	0.388	0.152	0.008
DMI (kg)	24.6 $\pm$ 0.9	24.1 $\pm$ 0.9	23.4 $\pm$ 0.9	22.3 $\pm$ 0.9	25.3 $\pm$ 0.9	24.2 $\pm$ 0.9	23.3 $\pm$ 0.9	22.5 $\pm$ 0.9	0.248	0.074	0.206
Water intake (L)	79.5 <sup>B</sup> $\pm$ 4.2	82.1 <sup>AB</sup> $\pm$ 4.8	82.2 <sup>AB</sup> $\pm$ 4.2	77.2 <sup>BC</sup> $\pm$ 4.2	84.2 <sup>A</sup> $\pm$ 4.2	82.3 <sup>AB</sup> $\pm$ 4.8	82.6 <sup>AB</sup> $\pm$ 4.2	75.2 <sup>C</sup> $\pm$ 4.2	0.819	0.005	0.041
Water intake/MY (L/kg)	2.52 <sup>b</sup> $\pm$ 0.1	2.81 $\pm$ 0.1	2.83 <sup>a</sup> $\pm$ 0.1	2.73 $\pm$ 0.1	2.60 <sup>b</sup> $\pm$ 0.1	2.78 $\pm$ 0.1	2.92 <sup>a</sup> $\pm$ 0.1	2.72 $\pm$ 0.1	0.029	0.218	0.413
Water intake/DMI (L/kg)	3.23 $\pm$ 0.1	3.40 $\pm$ 0.1	3.50 $\pm$ 0.1	3.46 $\pm$ 0.1	3.33 $\pm$ 0.1	3.36 $\pm$ 0.1	3.55 $\pm$ 0.1	3.34 $\pm$ 0.1	0.231	0.238	0.164
Drinking duration (min)	9.30 $\pm$ 0.6	9.49 $\pm$ 0.7	9.90 $\pm$ 0.6	9.02 $\pm$ 0.6	9.67 $\pm$ 0.6	9.39 $\pm$ 0.7	9.81 $\pm$ 0.6	8.35 $\pm$ 0.6	0.786	0.162	0.051
Drinking frequency <sup>2</sup> (no. of visits)	10.2 $\pm$ 1.3	10.1 $\pm$ 1.3	9.60 $\pm$ 1.3	9.62 $\pm$ 1.3	11.5 $\pm$ 1.3	12.6 $\pm$ 1.3	10.9 $\pm$ 1.3	12.5 $\pm$ 1.3	0.979	0.075	0.274
Drinking rate (L/min)	8.67 $\pm$ 0.3	8.63 $\pm$ 0.3	8.51 $\pm$ 0.3	8.62 $\pm$ 0.3	8.86 $\pm$ 0.3	8.82 $\pm$ 0.3	8.67 $\pm$ 0.3	9.07 $\pm$ 0.3	0.976	0.057	0.116

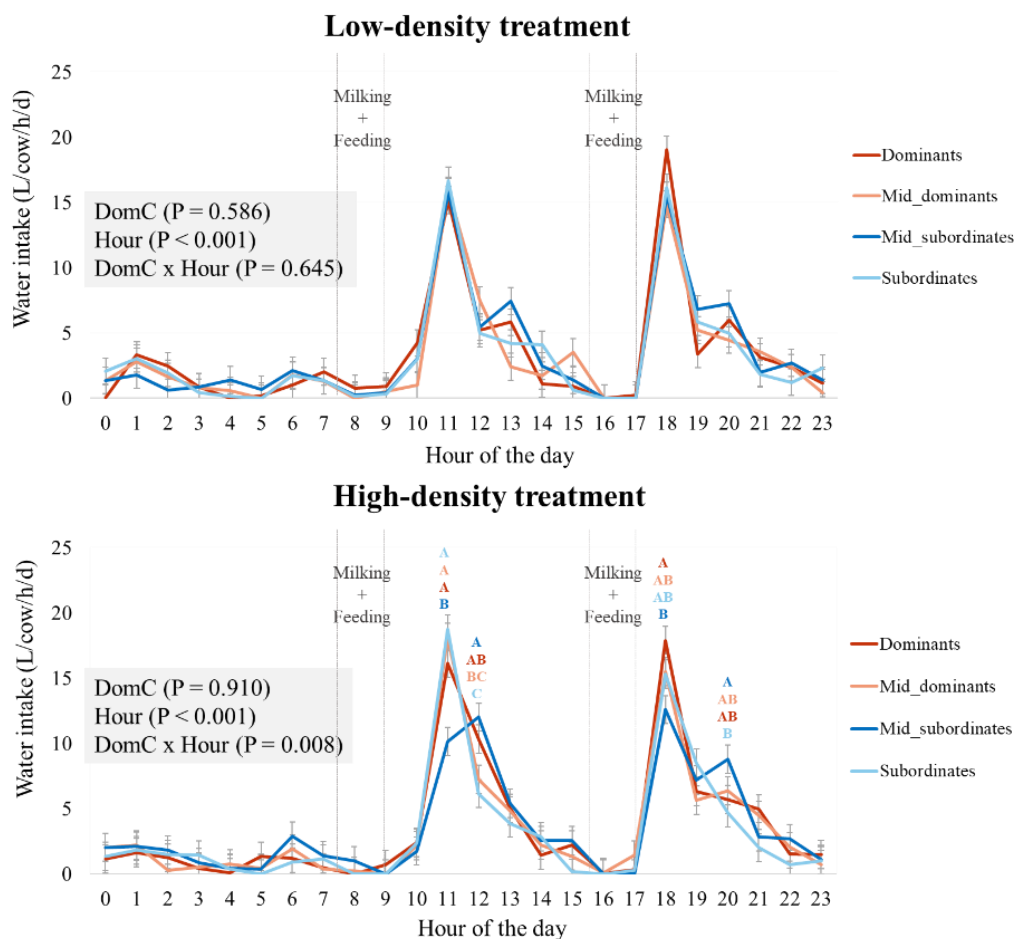
<sup>a,b</sup>Different lowercase superscripts indicate the presence of significant differences ( $P < 0.05$ ) after post hoc comparisons of dominance categories.

<sup>A-C</sup>Different uppercase superscripts indicate the presence of significant differences ( $P < 0.05$ ) after the post hoc comparisons of different dominance categories by treatment.

<sup>1</sup>DOM = dominant cows; MID-DOM = mid-dominant cows; MID-SUB = mid-subordinate cows; SUB = subordinate cows; DomC = dominance category; Treat = treatment; MY = milk yield.

<sup>2</sup>Parity and BW reported here were measured once for each animal at the beginning of the experiment. The sole predictor variable in the mixed model was dominance category.

In both treatments, water consumption showed prominent peaks at 1100 h and 1800 h (**Figure 1**; hour of day:  $P < 0.001$ ). Social dominance had no effect on water intake in either treatment. No interaction was detectable between dominance category and hour of day ( $P = 0.645$ ) in the high-density treatment, but there was in the low-density treatment ( $P = 0.007$ ). In the low-density treatment at 1100 h, mid-subordinate cows drank significantly less water than cows in all the other dominance categories (mean:  $10.1 \text{ L} \pm 1.1$  vs.  $17.7 \text{ L} \pm 1.1$ , respectively;  $P < 0.001$ ). At 1200 h, subordinate cows drank significantly less than dominant and mid-subordinate cows (mean:  $6.1 \text{ L} \pm 1.1$  vs.  $11.2 \text{ L} \pm 1.1$ , respectively;  $P < 0.05$ ). At 1800 h, mid-subordinate cows consumed 5.3 L less than dominant cows ( $12.6 \text{ L} \pm 1.1$  vs.  $17.9 \text{ L} \pm 1.1$ , respectively;  $P < 0.01$ ). Two hours later, subordinate cows consumed approximately half as much water as mid-subordinate cows ( $4.7 \text{ L} \pm 1.1$  vs.  $8.8 \text{ L} \pm 1.1$ , respectively;  $P < 0.05$ ).



**Figure 1:** Water intake over the course of a day by cows in different dominance categories for both treatments. The x-axis represents the hours of the day (e.g., 10 = "water intake by cows between 10:00 and 10:59 on a given day"). An ANOVA was performed for each treatment period. Abbreviations: DomC = dominance category and Hour = hour of the day.

Although a confounding influence of time on the effect of our treatments is possible, given that treatments took place successively, our results nonetheless strongly suggest that changes in cow drinking behavior were mainly due to drinker number. Indeed, in dairy cows, the main variable associated with water intake is MY, which is partially correlated with DMI diet composition (namely DM content and CP content), and ambient temperature (INRA, 2018). However, we designed our experiment so as to limit the variability of such factors and thus maximize the treatment effects. Minimal differences in lactation stage occurred across the 3 wk of the experiment, not dramatic enough to affect MY or DMI in mid-lactating cows (INRA, 2018). Two variables might have been difficult to control, but fortunately remained consistent across treatments: diet composition and DM content. Furthermore, pen temperature differed by just 2°C between treatments, which was unlikely to affect water intake given the cows' overall thermal conditions (INRA, 2018). The cows had been exposed to their housing conditions for several months before our study. The experimental group was put together 5 d before our research began, allowing sufficient time for a social dominance hierarchy to become established (Kondo and Hurnik, 1990).

Compared with Foris et al. (2019), we observed a large number of replacements at the drinkers. This result can largely be explained by the fact that, in our study, the cows spent more than an hour at the feed fence after the milking process. Such is a common practice used to limit the risk of mastitis because it prevents the cows from lying down too soon after milking, which can cause teat contamination (Peeler et al., 2000). This practice and the cows' concomitant access to the feeding troughs, limited competition at the feed fence. Furthermore, the cows were strongly primed to experience "postprandial thirst" (Langhans et al., 1995) when the feed fence was opened.

During the low-density treatment, the number of replacements was high—more than 20 interactions per individual—which is considered optimal for establishing a reliable social dominance hierarchy (Sánchez-Tójar et al., 2018). In previous studies on social competition (Huzzey et al., 2014) or social dominance (Foris et al., 2019a), replacements were measured at feeders, where intense competition generates abundant interactions per cow within a few days' time. Under our specific rearing conditions, most competitive interactions occurred at the drinkers. The large percentage of primiparous

cows among the subordinate cows (70%) likely explains the trend toward lower DMI in this dominance category. In contrast, only 20% of the dominant cows were primiparous. This finding is consistent with the idea that parity influences social ranking in the herd (Val-Laillet et al., 2009). The subordinate cows also weighed significantly less than the dominant cows, which makes sense given that height and BW shape social ranking as well (Phillips and Rind, 2001). Thus, differences in MY between dominant and subordinate cows can be explained, at least in part, by the physiologically related increase in MY from the first to the second lactation period, attributable to the increases in DMI and BW that occur over the course of development (Knight and Wilde, 1993). In this study, each cow had its own specific feeder. Thus, we can safely assume that competition for feed was unlikely to drive differences in DMI or MY between cow parities.

Here, the number of replacements more than doubled between the first and second treatment, clearly illustrating that competition for access to water had increased. The latter was also reflected in other variables related to drinking behavior. Drinking frequency and rate also tended to increase across the board during the low-density treatment, with the largest differences seen in the subordinate cows. These results can be explained by the increase in replacements, a situation in which replaced animals had to return to the drinkers numerous times and drink quickly to meet their need for water. This increasing competition could indicate lower animal welfare standards because cows need to enter in the competition and received negative interactions to access water. Such shifts in behavior were also seen in a study in which different levels of feeding competition were created using 3 treatments: overstocking, temporal feed restriction, and both simultaneously. The result was a high number of displacements at the feeder, with cows eating more quickly and returning to the feeder more frequently (Collings et al., 2011).

Finally, in the low-density treatment, we expected that the subordinate cows would have less access to the drinkers and thus lower water intake levels than in the high-density treatment. However, contrary to our predictions, the subordinate cows drank the same amount of water during both treatments, and the dominant cows drank 5 L more per day in the low-density treatment. This result was consistent with the findings of Coimbra et al. (2012), who observed that certain animals competitively monopolized water resources. Although the subordinate cows in this study might have succeeded in

drinking enough water, their changed drinking behavior in the low-density treatment is reflective of the greater level of competition.

During both treatments, we saw pronounced peaks in water consumption in the morning and afternoon, corresponding to the opening of the feed fences, one hour after milking and the arrival of the cows' fresh feed. The peaks in our study were much more marked than those in Cardot et al. (2008), where cows could drink when they wanted after milking and feed delivery. As a result, the cows probably spent substantial time competing for feed, desynchronizing their visits to the drinker.

In the low-density treatment, the mid-subordinate cows seemed to drink at different times than the cows in the other dominance categories (i.e., 1–2 h after peak water consumption by the group). Past research has shown that, during periods of intense competition, certain individuals shift their watering times to avoid negative interactions with other individuals (McDonald et al., 2019). We suggest that some mid-subordinate cows adopted this strategy during the most competitive moments of the low-density treatment. A recent critical review of the methods used to determine social dominance (Krahn et al., 2023) highlighted that, during resource competition, the number of agonistic interactions can depend on an animal's motivation to access the resource (Coimbra et al., 2012). We think the subordinate and mid-subordinate cows developed different strategies during moments of intense competition: the subordinates were more motivated to access the drinkers, facing a greater likelihood of replacements and the need for more frequent visits, whereas the mid-subordinate cows shifted their drinking times. This drinking shifting by mid-subordinates during the low-density treatment may indicate an inability to satisfy their motivated drinking behavior, and so a poorer animal welfare outcome. We recommend that future research explore the relationship between social dominance and more detailed facets of drinking behavior such as levels of motivation, signs of frustration, or presence of compensatory drinking.

In conclusion, we found that drinker availability influenced the interaction between social dominance and cow drinking behavior. Reducing the number of drinkers increased the number of replacements, water intake by the dominant cows, and drinking frequency and rate of the subordinate cows. It also resulted in a change in the drinking dynamics of mid-subordinate cows, who shifted to drinking water 1 to 2 h after peak consumption by the group. We wish to underscore that the low-density treatment

corresponded to current watering standards for commercial farms. Yet, competition for water was far from negligible. Indeed, we observed dramatic differences in drinking behavior between treatments, especially for dominant versus subordinate cows. This finding highlights that researchers must better characterize the effect of social dominance hierarchies on access to drinkers to improve technical watering requirements. The current welfare standard of 1 drinker per 10 cows, based on researches when cows produced much less milk, may not be appropriate for today's dairy farms from an animal welfare point of view.

The authors thank La Buvette (Charleville-Mézières, France) for helping finance this project and for providing valuable technical assistance and contributing to the project's scientific development. They are also grateful to Ophélie Dhumez (Saint Gilles, France) and Gaël Boulet (Saint Gilles, France) for their aid with experimental processing and to Corentin Le Balch' (Saint Gilles, France) for his participation in data collection and video analysis. Finally, the authors are appreciative of the efforts of the rest of the staff at the UMR PEGASE (Saint Gilles, France), particularly Carole Guérin and Patrick Touanel for their technical assistance with the video recordings and Philippe Lambertson and the staff of the Mejussaume experimental farm for their previous involvement in animal care and feeding. The authors have not stated any conflicts of interest.

## References

- Andersson, M. 1987. Effects of number and location of water bowls and social rank on drinking behaviour and performance of loose-housed dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 17:19–31. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(87\)90004-9](https://doi.org/10.1016/0168-1591(87)90004-9).
- ANSES. 2018. Avis de l'Anses relatif au "Bien-être animal: contexte, définition et évaluation". <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2016SA0288.pdf>. Published Apr. 25, 2018.
- de Boyer Des Roches, A., L. Mounier, M. Coignard, N. Bareille, R. Guatteo, and I. Veissier. 2012. Bien - être animal en élevage laitier : Problèmes majeurs rencontrés et relation avec certaines caractéristiques des fermes. *Renc. Rech. Ruminants*. Paris, France. 19:277-280.
- Cardot, V., Y. Le Roux, and S. Jurjanz. 2008. Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *J. Dairy Sci.* 91:2257–2264. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0204>.
- Castle, M. E., and T. P. Thomas. 1975. The water intake of British Friesian cows on rations containing various forages. *Anim. Sci.* 20:181–189. <https://doi.org/10.1017/S0003356100035170>.
- Coimbra, P., L. Pinheiro Machado Filho, and M. J. Hötzel. 2012. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behavior of cows on pasture. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 139:175–182. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.009>.
- Collings, L. K. M., D. M. Weary, N. Chapinal, and M. A. G. von Keyserlingk. 2011. Temporal feed restriction and overstocking increase competition for feed by dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 94:5480–5486. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4370>.
- Foris, B., A. J. Thompson, M. A. G. von Keyserlingk, N. Melzer, and D. M. Weary. 2019. Automatic detection of feeding- and drinking-related agonistic behavior and dominance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102:9176–9186. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16697>.



- Huzzey, J. M., D. M. Weary, B. Y. F. Tiau, and M. A. G. von Keyserlingk. 2014. Short communication: Automatic detection of social competition using an electronic feeding system. *J. Dairy Sci.* 97:2953–2958. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7434>.
- INRA, 2018. INRA feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 640 pp. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-872-8>.
- Jensen, M. B., and M. Vestergaard. 2021. Invited review: Freedom from thirst-Do dairy cows and calves have sufficient access to drinking water? *J. Dairy Sci.* 104:11368–11385. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20487>.
- Knight, C. H., and C. J. Wilde. 1993. Mammary cell changes during pregnancy and lactation. *Livest. Prod. Sci.* 35:3–19. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(93\)90178-K](https://doi.org/10.1016/0301-6226(93)90178-K).
- Kondo, S., and J. F. Hurnik. 1990. Stabilization of social hierarchy in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 27:287–297. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90125-W](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90125-W).
- Krahn, J., B. Foris, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2023. Invited review: Social dominance in dairy cattle: A critical review with guidelines for future research. *J. Dairy Sci.* 106:1489–1501. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22534>.
- Kuznetsova, A., P. B. Brockhoff, and R. H. B. Christensen. 2017. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *J. Stat. Softw.* 82:1–26. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>.
- Langhans, W., R. Rossi, and E. Scharrer. 1995. Relationships between feed and water intake in ruminants. Pages 199-216 in *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction; Proceedings of the Eighth International Symposium on Ruminant Physiology* (ed. W. V. Englehardt, S. Leonhard-Marek, G. Breves and D. Giesecke). Stuttgart, Germany.
- McDonald, P. V., M. A. G. von Keyserlingk, and D. M. Weary. 2019. Technical note: Using an electronic drinker to monitor competition in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102:3495–3500. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15585>.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*. National Academies Press, Washington, D.C. <https://doi.org/10.17226/9825>.

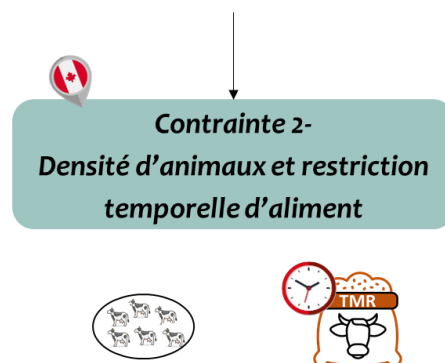
- Olofsson, J. 1999. Competition for total mixed diets fed for ad libitum intake using one or four cows per feeding station. *J. Dairy Sci.* 82:69-79. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75210-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75210-0)
- Peeler, E. J., M. J. Green, J. L. Fitzpatrick, K. L. Morgan, and L. E. Green. 2000. Risk factors associated with clinical mastitis in low somatic cell count British dairy herds. *J. Dairy Sci.* 83:2464–2472. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75138-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75138-1).
- Phillips, C. J. C., and M. I. Rind. 2001. The Effects on Production and Behavior of Mixing Uniparous and Multiparous Cows. *J. Dairy Sci.* 84:2424–2429. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74692-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74692-9).
- R Core Team. 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sánchez-Tójar, A., J. Schroeder, D. R. Farine. 2018. A practical guide for inferring reliable dominance hierarchies and estimating their uncertainty. *J. Anim. Ecol.* 87:594–608. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12776>.
- Val-Laillet, D., V. Guesdon, M. A. G. von Keyserlingk, A. M. de Passillé, and J. Rushen. 2009. Allogrooming in cattle: Relationships between social preferences, feeding displacements and social dominance. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116:141–149. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.08.005>.
- de Vries, H., J. M. G. Stevens, and H. Vervaecke. 2006. Measuring and testing the steepness of dominance hierarchies. *Anim. Behav.* 71:585–592. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.05.015>.
- Welfare Quality®. 2009. Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle (Fattening Cattle, Dairy Cows, Veal Calves). Welfare Quality® consortium.



# CHAPITRE 3

*L'augmentation de la densité d'animaux et la restriction temporelle d'aliment affectent le comportement d'abreuvement des vaches laitières*

**Q2 :** Comment varient le comportement d'abreuvement et les quantités d'eau bue face à des **contraintes** et selon la hiérarchie de dominance?



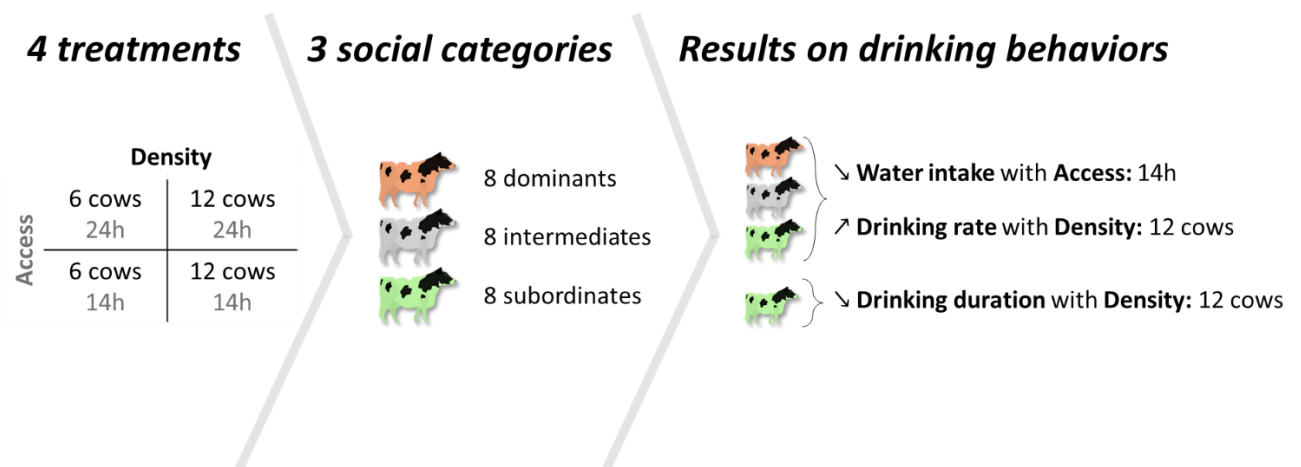


## Résumé chapitre 3

L'eau est une ressource essentielle pour les vaches laitières et la quantité d'eau qu'elles consomment est étroitement liée à la quantité de matière sèche qu'elles ingèrent. La compétition sociale peut entraîner des changements dans le comportement d'abreuvement, en particulier pour les vaches subordonnées. Nous avons étudié comment les changements de densité d'animaux aux auges (variant entre 1 ou 2 vaches par auge) et aux abreuvoirs (variant entre 6 ou 12 vaches par abreuvoir) combinés ou non avec une restriction temporelle de l'accès à l'alimentation (14 h d'accès aux auges : de 6 h à 20 h) influencent les volumes d'eau bus et le comportement d'abreuvement de 4 groupes de 6 vaches, selon un plan en carré latin. Au sein de chaque groupe de 6 vaches focales, nous avons enregistré les volumes d'eau bus journaliers, les comportements d'abreuvement et 2 vaches ont été identifiées comme les plus dominantes, 2 comme les plus subordonnées, et les 2 autres comme intermédiaires. La hiérarchie de dominance a été obtenue par la méthode du score de David basée sur les remplacements observés aux abreuvoirs. Les vaches buvaient moins d'eau lorsque l'accès aux auges était restreint (en moyenne 5,3 L/j de moins  $\pm$  3,4 ; différence moyenne de 4,5 %). Les vaches subordonnées passaient également moins de temps à boire lorsque la densité d'animaux dans la stabulation était plus importante (9,3 min/j de moins  $\pm$  6,7 ; différence de 24,3 %). Durant les traitements avec une compétition plus marquée pour l'accès aux ressources, les vaches étaient plus susceptibles de s'abreuver dans les heures suivant le pic d'abreuvement observé dans la situation la moins contraignante (= densité de 6 vaches et 24 h d'accès aux auges). Un niveau élevé de concurrence au sein d'un groupe d'animaux est considéré comme un problème de bien-être et peut entraîner des blessures et une réduction de la production laitière. Nos résultats fournissent des preuves que la restriction temporelle d'accès aux auges et qu'une densité de peuplement plus élevée des vaches aux abreuvoirs et aux auges modifient le comportement d'abreuvement des vaches, et plus particulièrement les vaches subordonnées.



## Graphical Abstract



## Summary

The absence of thirst is key to good welfare, but little is known about how farm management can affect the drinking behavior of dairy cows. We studied how stocking density and limited feed access times impacted the drinking behavior cows. We expected that the effects of competition would vary depending upon social status, so effects on dominant, intermediate, and subordinate cows were assessed separately. Cows drank less water when feed was available for just part of the day. Subordinates spent less time drinking when overstocked. Some cows delayed drinking when competition increased. We conclude that competition for access to feed and water impacts drinking behavior, especially for subordinate cows.

## Highlights

- Restricted feed access reduced water intake
- Overstocking induced faster drinking
- Dominant cows modified drinking behavior in response to competition
- Cows drank less with restricted feed access
- Subordinate cows spent less time drinking when overstocked at the feeder





**Running title: Restricted feed access affects drinking behavior**

**Stocking density at feeders and drinkers and temporal feed restriction affects dairy cows' drinking behavior**

Nizzi, Ellynn<sup>1,2</sup>, Borbala Foris<sup>1,3</sup>, Daniel M. Weary<sup>1</sup>, Anne Boudon<sup>2</sup>, Marina A.G. von Keyserlingk<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Animal Welfare Program, Faculty of Land and Food Systems, The University of British Columbia, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada

<sup>2</sup>PEGASE, INRAE, Institut Agro, Saint-Gilles, France

<sup>3</sup>Centre for Animal Nutrition and Welfare, University of Veterinary Medicine, Vienna, Austria

\*Corresponding author's email:  
marina.vonkeyserlingk@ubc.ca

**Abstract:** Water is an essential resource for dairy cows and its consumption is closely linked to feed intake. Social competition can lead to changes in drinking behavior, especially for subordinate cows. We studied how changes in stocking density at the feeder (varied between 1 or 2 cows per feeder), and drinker (varied between 6 or 12 cows per drinker) and a temporal feed restriction (14 or 24 h access) impacts drinking in 4 groups of 6 cows each, following a Latin Square design. Within each group of 6 focal cows, we recorded drinking behavior and 2 were identified as most dominant, 2 as most subordinate, and the 2 others as intermediate, based on success in agonistic interactions at the drinker. Cows drank less water when feed access was restricted (on average 5.3 L/d less  $\pm$  3.4; 4.5% average difference). Subordinate cows also spent less time drinking when overstocked (9.3 min/d less  $\pm$  6.7; 24.3% difference). During treatments with more

competition, cows were more likely to be observed drinking in the hours after the peak in drinking observed for the control treatment. A high level of competition among group-housed animals is considered a welfare problem and can lead to injuries and reduced production. Our findings provide evidence that feed restriction and higher stocking density of cows at the drinker and feeders changes the drinking behavior of cows, with subordinate animals experiencing more pronounced effects.

**Keywords:** dairy, water, group size, social hierarchy, cattle

Sufficient access to fresh drinking water for dairy cows is essential to avoid negative effects on animal health and productivity (Murphy, 1992; NRC, 2001). Daily water intake is strongly associated with DMI (Murphy et al., 1983; Dado and Allen, 1994) and monitoring the water intake of cows might allow for improved farm management (Lukas et al., 2008).

There is a growing body of work indicating that social status of dairy cows can affect access to feed (DeVries et al., 2006). When the amount and quality of the forage is low (Barroso et al., 2000) or when cows are housed under confined housing conditions (Huzzey et al., 2006), dominant cows have priority access to the feed, causing subordinate cows to modify their feeding behavior. What remains unknown is how the social position of the individual cows affects drinking behavior, and how this is affected by competition for feed and water (Jensen and Vestergaard, 2021; Singh et al., 2022).

Competition increases between cows when temporal or spatial access to feed is restricted (Olofsson, 1999, Huzzey et al., 2006; Proudfoot et al., 2009), and when cows are more motivated to eat (e.g., after fresh feed delivery; DeVries and von Keyserlingk, 2006). Increased competition can result in physiological indicators of stress (Friend et al., 1977) and altered feeding behaviors (Huzzey et al., 2012), specifically reductions in the time spent feeding, and increased time spent standing close to the feeders (Collings et al., 2011, Crossley et al., 2017). Feed competition has been shown to increase the feeding rate in primiparous cows (Proudfoot et al., 2009), such that cows spend less time close to the resource when access is limited (Olofsson, 1999). Previous work identified two types of social competition between animals; the direct (“interference”: as accessing resources using agonistic interaction as displacements and replacements) and the indirect

("scramble": represented by ways to access resources avoiding the direct competition such as increasing feeding rate) competition (Proudfoot et al., 2009). High competition at the feeding area may thus result in abnormal intake and meal patterns (Shaver, 2002), which in turn may impact milk production and lying behavior (Crossley et al., 2017). Subordinate ruminants received more displacements during periods of increased competition for feed (de Sousa et al., 2021, Huzzey et al., 2006) and this social stress may lead to desynchronized feeding as animals attempt to avoid peaks when competition is greatest (Olofsson, 1999, Zobel et al., 2011). Given the correlation between feed and water intake, it follows that during times of higher stocking density, social instability and increased frequency of aggressive interactions at the feed bunk may influence drinking behavior despite water intake not changing throughout the day. To our knowledge, the association between increased competition at the feed bunk and drinking behavior has not been studied.

Current recommendations specify the number or size of drinkers on dairy farms to avoid excessive competition between cows (NRC, 2001), but do not take into account variations in feeding conditions. Competition at feeders may increase from either increased animal density or time constraints on access to feeder; for example, in situations where there is no feed available. When many cows attempt to feed at the same time, competition at the drinkers may also increase given that feeding is often followed by drinking (Langhans et al., 1995). However, almost no work to date has investigated the effects of overstocking at the feeder and drinker, and that of temporal feed restriction on drinking behavior.

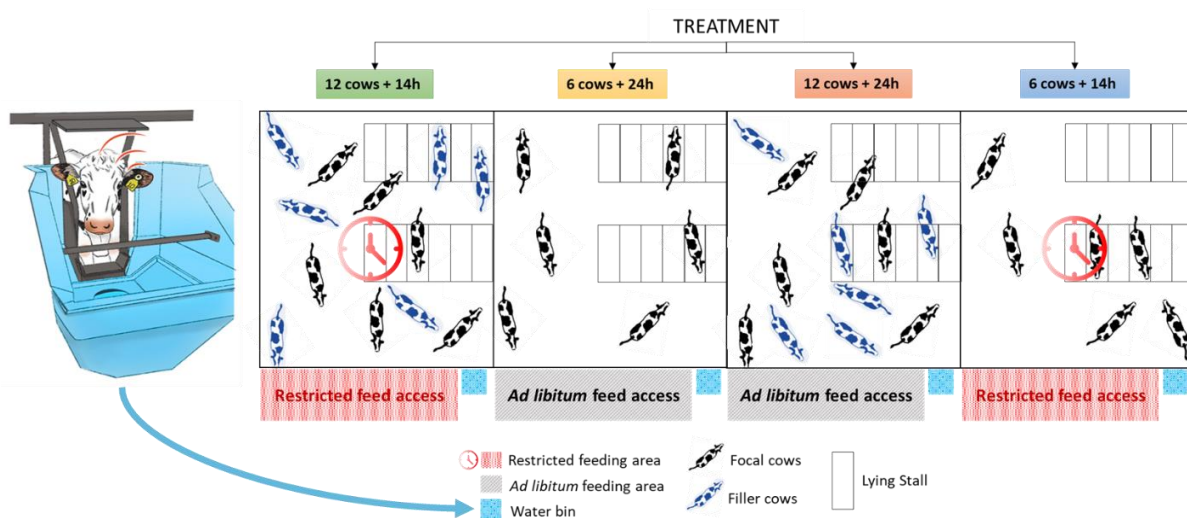
A previous study (Collings et al., 2011) explored, on 8 groups of cows, how temporal restriction of feed access and stocking of cows at the feed bunk (i.e., of both feed and water bins) alters feeding behavior and increases the number of displacements at the feeder. At the outset of the experiment cows averaged  $204 \pm 40$  (mean  $\pm$  SD) days in milk (DIM) and produced on average  $36.5 \pm 2.6$  kg/d. When experiencing restricted temporal access and overstocking at the same time, cows spent less time feeding but consumed the feed at a faster rate compared to when they only had restricted access or were overstocked. Temporal restriction to feed resulted in fewer visits to the feeder, with the greatest effects noted during the first 2 h after the morning feed delivery. Data for water intake and drinking behavior were also available but were not analyzed by Collings et al.

(2011). Thus, the current study aimed to use these data to investigate the effect of competition at the feed bunk on drinking behaviors, agonistic competition for water (as indicated by replacements at the drinker) and scramble competition (as indicated by delayed visits to the drinker). We hypothesized that these responses would vary depending on the cow's social position within the group, with higher impact for the subordinate cows. Full methods are described in Collings et al. (2011), but are also briefly summarized below.

We used 4 groups of multiparous (parity ranging from 2 to 6), late-lactating Holstein cows; these groups were the last 4 of the 8 groups tested in Latin-square design used by Collings et al. (2011). These 4 groups were chosen so as to minimize THI differences between treatments (THI =  $84.2 \pm 3.7$ ; range 78.4 to 91.4). Cows ( $n = 24$ ) were housed in groups of 6 or 12 according to the treatments as described below but only 6 cows per group (those receiving all treatments) were considered in the study. This study took place at The University of British Columbia Dairy Education and Research Centre (Agassiz, BC, Canada; animal care protocol A10-0162). Cows were fed a TMR twice daily at 0615 and 0930 h, were milked at 0600 h and 1700 h and produced  $36.5 \pm 2.6$  kg/d (mean  $\pm$  SD)(as reported by Collings et al., 2011). By design, the 12 cows in the group had ad libitum access to water from 1 electronic drinker (Insentec RIC, Marknesse, the Netherlands, **Figure 1**); this resulted in a slightly higher stocking rate than the 10 cows/drinker maximum recommended by the NRC (2001) and TMR was provided in 6 electronic feeders (Insentec RIC, Marknesse, the Netherlands). Each group had access to 12 lying stalls.

Data were collected over 7 days from the 4 groups of 6 cows during 4 periods of one week that varied by treatment (described below) between June, 23rd and July, 19th, 2010. The 6 cows were randomly assigned to each of the 4 groups (**Figure 1**). Each group was balanced for parity, projected 305-d milk production and DIM (Collings et al., 2011). All cows were from the main herd of the UBC Dairy Education and Research Centre, and as such all had experience living in a free stall barn. All cows used in the current study were given 7 days to habituate to the Insentec feeders and drinkers immediately before the start of the study. Each group was tested in each of the 4 treatments conditions, with treatment order assigned using a randomized 4 $\times$ 4 Latin square. The 4 treatment combinations were based upon two levels of cow stocking density at the feed bunk (100%

vs. 200%; achieved by stocking either just the 6 experimental cows/pen, or by combining the 6 experimental cows with 6 filler cows), and two levels of feed access (ad libitum feed access for 24 h/d or temporally restricted access, with feeders open from 0600 h to 2000 h). The filler cows were provided 3 days of adaptation before data collection was initiated (as per Collings et al., 2011). Filler cows were selected based on their parity, production and lactation stage and previous experience of consuming feed and water from the Insentec bins. All cows were gait scored (following by Flower and Weary, 2006) at the beginning of the study; one cow was identified as having a gait score > 4 and was removed from the study and identified to the farm manager for treatment.



**Figure 1:** Drawing of an Insentec drinker (on the left) and housing and experimental design of the trial (on the right). Four groups of 6 focal cows were enrolled into one of four pens fitted with Insentec feed and water bins to enable electronic monitoring of feeding and drinking behaviors. Each group were housed in the same pen for 4 weeks with a new treatment applied each week. The treatment order was assigned across groups using a randomized 4x4 Latin square.

The electronic bins (validated by Chapinal et al., 2007) were only accessible by one cow at a time and opened after reading the cow’s RFID ear tag when it came within the read range of the reader positioned at the feed bin gate. For each visit, the software associated with the electronic bin system recorded the cow ID, the date, start time, end time, and duration of the visit, and the weight of water in the bin at the beginning and the end of the visit. This weight difference was used to estimate water intake.

We used drinker visits recorded during the last 4 days of each treatment to estimate each cows' hourly water intake proportion (i.e. the proportion of the water drunk during that hour relative to total daily water intake). The first 3 days of observation were excluded to avoid any carryover effects from the previous treatment.

We used an algorithm (Foris et al., 2019) to determine replacements at the drinker (i.e., aggressive contact from an actor cow that resulted in the receiver cow leaving the bin and the actor taking her place in a short time) and to identify the social hierarchy of cows. Using the normalized David's score (NormDS) (de Vries et al., 2006), we calculated one social hierarchy per group based on the last 6 days of each period (i.e. a total of 24 d of observations); this data set was sufficiently large to obtain a robust hierarchy (i.e., a data set containing at least 10 times more interactions than cows, as recommended by Sánchez-Tójar et al., 2018). Within each of group of 6 cows we identified 2 as the most dominant, 2 as most subordinate, and the 2 remaining cows as intermediate.

All 4 days of observations within each treatment were averaged to result in one value per cow per treatment. For Group 4, during the treatment with 6 cows and 14 hours of feed access, we experienced a technical issue with the water bins resulting in unrealistic intake values (above 200 L/d/cow); data from this treatment for Group 4 were not included in our analyses.

Statistical analyses were performed using the mixed procedure of SAS version 9.4 (SAS, 2009). Water intake, drinking duration, drinking rate and number of visits at the drinker per cow per day were specified as dependent variables. The statistical model tested the fixed effects of density (df = 1), feed restriction (df = 1) and social category (df = 2), as well as all two-way interactions, and included period (df = 3), group (df = 3), and the cow within group and social category (df = 12) as random effects. Error df were estimated using the containment method. The PDIFF statement was used to make pairwise comparisons. We graphically examined the residue normality and variance homogeneity across the dominance categories. We considered results as significant when  $P \leq 0.05$  and a tendency when  $0.05 < P \leq 0.10$ . Interactions with  $P > 0.10$  were excluded from the final model.

Cows drank on average  $120 \pm 15$  L/d (mean  $\pm$  SD), with an average drinking duration of  $25.5 \pm 17.8$  min with  $15.2 \pm 9.7$  min/d visits to the drinker, an average drinking

rate of  $6.7 \pm 3.2$  L/min, and an average frequency of visits of  $15.2 \pm 8.8$ . Cows were replaced from the drinker  $3.3 \pm 3.6$  times per day (data not shown).

Findings relating to how treatments impacted the drinking behavior of the cows in the 3 defined social categories are provided in **Table 1**. We found that in line with the original findings, this subset of the data shows no effect of treatment on DMI, even as function of social category. Cows drank less water during treatments when feed access was restricted to 14 h/d vs. 24 h/d. The lack of difference in feed intake suggests that the reduced water intake was not simply due to reduced feed intake.

Stocking density also affected the drinking rate and time spent drinking; doubling the number of cows resulted in cows spending less time drinking and drinking faster. These findings are in line with a previous study showing that with increasing stocking density at the drinker cows drank for shorter times at higher rates (Nizzi et al., 2023). The higher stocking density strongly affected subordinate cows, time spent drinking per day by 25%.

We noted an interaction between the feed access restriction and social dominance on the daily number of visits to the drinker. When feed access was restricted to 14 h/d, dominant cows increased their number of visits (+ 2.5 visits/d), intermediate cows visited less often (-2.4 visits/d) and subordinate cows maintained their visitation rate. Subordinate cows may visit the feeding/drinking area at times of the day when they are less likely to encounter other cows (Zobel et al., 2011).

Our results confirm that subordinate cows are most affected during periods of increased competition for feed and water, as evidenced by the stronger effects of the stocking and feed restriction treatments on these cows. Other work has reported that certain individuals in a group can monopolize resource access (Sánchez-Tójar et al., 2018) during competition for feed (Zobel et al., 2011) or water (Coimbra et al., 2012; Nizzi et al., 2023).

In the current study, more dominant cows were higher in BW and parity compared to subordinate cows. Previous work has noted an association between social dominance and cow BW and age (Guhl and Atkeson, 1959; Sołtysiak and Nogalski, 2010) with lower social rank for younger and smaller cows. Subordinate cows may be the recipient of more aggression because they were younger and thus less experienced in responding to



aggressive social interactions (Proudfoot and Huzzey, 2022). Some authors have suggested that primiparous cows should be housed separately from multiparous groups to minimize negative effects on these younger animals (Grant and Albright, 2001; Neave et al., 2018).

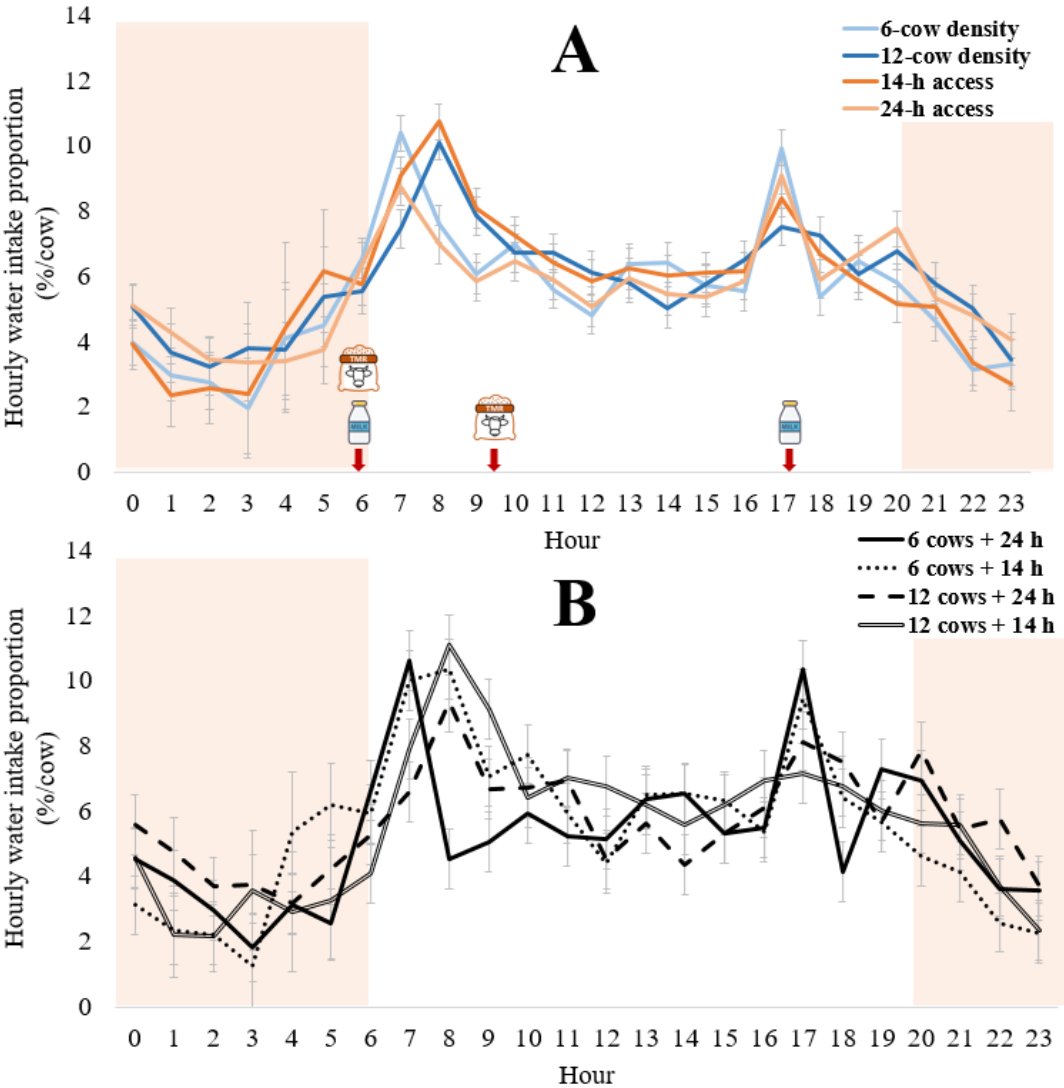
**Table 1:** Effects of stocking density, temporal feed restriction and social category (Soc. Cat.) on the daily water intake, drinking duration, drinking rate, and frequency of visits at the drinkers. Treatments included 6 or 12 cows in the pen and ad libitum (24 h) or restricted (14 h) feed access from 0600 h to 2000 h. The 3 social categories of cows (i.e., dominants (n = 8), intermediates (n = 8) and subordinates (n = 8)) were obtained using a quantile method applied to the dominance score of cows. Bold italic values indicate a tendency ( $0.05 < P$ -value  $< 0.1$ ) and bold values indicate a significant difference ( $P$ -value  $< 0.05$ ).

Drinking behaviors	Dominants				Intermediates				Subordinates				SEM	Density	Access	Soc. Cat.	Density : Soc. Cat.	Access : Soc. Cat.
	6c-24h	6c-14h	12c-24h	12c-14h	6c-24h	6c-14h	12c-24h	12c-14h	6c-24h	6c-14h	12c-24h	12c-14h						
<sup>1</sup> Weight (kg)	763				697				708				17.8	x	x	<b>0.040</b>	x	<b>x</b>
<sup>1</sup> Number of Lactation	4.12				3.62				2.38				0.52	x	x	<b>0.068</b>	x	<b>x</b>
Water Intake (L/d)	122	123	125	123	121	115	122	113	124	116	117	109	6.1	0.266	<b>0.005</b>	0.466	0.216	0.190
Drinking Duration (min/d)	22.9 <sup>b</sup>	25.3 <sup>b</sup>	20.6 <sup>b</sup>	22.6 <sup>b</sup>	18.7 <sup>b</sup>	17.7 <sup>b</sup>	23.6 <sup>b</sup>	15.6 <sup>b</sup>	39.0 <sup>a</sup>	37.4 <sup>a</sup>	30.0 <sup>b</sup>	27.7 <sup>b</sup>	7.0	<b>0.057</b>	0.421	0.105	<b>0.049</b>	0.292
Drinking Rate (L/min)	7.55	7.03	7.98	8.03	7.20	7.78	7.12	8.48	4.48	4.53	5.99	5.47	1.2	<b>0.012</b>	0.567	0.112	0.423	0.144
Frequency of visits (no./d)	11.6 <sup>c</sup>	15.6 <sup>b</sup>	12.2 <sup>c</sup>	13.3 <sup>b</sup>	15.3 <sup>a</sup>	15.9 <sup>bc</sup>	19.2 <sup>a</sup>	13.8 <sup>bc</sup>	16.7 <sup>ab</sup> <sub>c</sub>	17.9 <sup>ab</sup> <sub>c</sub>	15.4 <sup>ab</sup> <sub>c</sub>	15.8 <sup>ab</sup> <sub>c</sub>	3.6	0.501	0.711	0.684	0.410	<b>0.043</b>

<sup>1</sup> Weight and parity analyzed by linear model with one data point by cow and only include social category as fixed effect.

<sup>a-c</sup> A difference in superscript letters within the same row indicates a significant post-hoc pairwise difference when  $P$ -value of interactions was significant ( $P < 0.05$ )

When cows drank also varied with time of feed availability (**Figure 2A**). We observed 2 daily peaks in when cows were most likely to drink: following the morning feeding and milking and second following the afternoon milking. Cows had a higher water intake from 0800 h to 1000 h during the 14 h/d treatment versus when allowed access to feed 24 h/d. However, cows in the 14 h/d treatment drank less water from 2000 h to 2100 h, likely because at this time these cows no longer had access to feed. Globally, cows in the 14 h/d treatment drank a higher proportion of water per hour during the day (from 0700 h to 1900 h) and a lower during the night (from 2000 h to 0400 h).



**Figure 2:** Hourly proportion of daily water intake over the course of a day by cows in each modality of treatment (A) and in each treatment (B). The light orange background indicates times of feed restriction. In graph A, light and dark orange indicate the 14 and 24 h of the feed access modality, respectively, and light and dark blue indicate the 6 and 12 cows of the density modality, respectively. In graph B, each treatment is represented

by a line type. In the 14 h feed access treatment, cows were able to feed from 0600 h to 2000 h. The corn and milk bottle logos illustrate feeding and milking times.

The effect of stocking on when cows drank also varied with time of the day (**Figure 2A**). From 0700 h to 0800 h, cows housed at 12 cows/group drank less water compared to when they were housed in groups of 6, but from 0800 h to 1000 h this effect was reversed. During the afternoon peak, from 1700 h to 1800 h, cows in low-density treatment drank more water than high-density treatment, but this effect was reverse in the following hour, from 1800 h to 1900 h. Finally, cows housed at 12 cows/group drank a higher proportion of their daily water intake during the night hours (from 2000 h to 0500 h).

Peak drinking times differed across treatments (**Figure 2B**). When 6 cows were provided 24-hour access to feed, a drinking peak occurred within an hour of milking, but waned rapidly in the hours following. In contrast, when 12 cows were provided 14-hour access to feed, only one morning peak occurred two hours after milking and stayed elevated until 1000 h. The proportion of water drank at night was low during all treatments but especially so for the cows in the 14 h/d treatment that did not have access to feed at this time. The low drinking activity at night is thus likely related to the low feed intake at this time.

When 12 cows were present, management factors such as increased time away from the pen (as more cows needed to be milked), or increased competition in the first hour after return from milking could exacerbate the effects of social rank on feeding behavior. The feeding and drinking areas were highly competitive at this time, as shown by the high rate of displacements in Collings et al. (2011), such that some cows shifted their feeding and drinking behaviors to quieter times, explaining the lag in peak drinking times observed in the current study. Previous work investigating the effects of intense competition for water caused by high THI reported that cows with low social rank shifted their drinking times to avoid peak of competition (McDonald et al., 2020). Thus, collectively, a higher cow density during a competition time may explain the delay in post-prandial drinking of the less dominant cows. The treatment with 12 cows/drinker was above the current NRC (2001) recommendation of 10 cows/drinker, perhaps accentuating the temporal avoidance of the competition by subordinate cows (as

expected under scramble competition; Proudfoot et al., 2009). When cows were subjected to a time restriction on access to the feeder, we observed a greater impact on drinking behavior, resulting in a shift in drinking by an additional hour. Collings et al. (2011) found that cows in the 14 h/d treatment showed increased DMI in the 2 h following the delivery of fresh feed, likely explaining the drinking peak we observed. Feed restriction has also been shown to encourage drinking behavior synchronization in group housed pigs (Turner et al., 1999).

In this study, we followed 4 groups of cows in a Latin square design. Because of the THI difference, we could not use the other 4 groups of cows from the previous experiment (Collings et al., 2011), reducing the generalizability of our findings. The pen layout may also have introduced a bias. Drinkers were placed next to the feeder with the same automatic gates. During higher feed competition, some cows may have been struggling to find a place at feeders and ended up with their heads in the drinker instead, causing some incorrect replacements recorded (i.e., replacement having the purpose of eating and not drinking).

Temporally restricted feed access and higher stocking levels at feeders and drinkers induced changes in drinking behaviors, especially for more socially subordinate cows. We suggest that cows respond differently to increased competition, depending on their social rank within the group. Changes in hourly drinking patterns also occurred, with cows shifting their peak water consumption according to time of feed access and cow density. For subordinate cows, temporal feed restriction resulted in decreased water intake when the stocking density was above the recommended maximum of 10 cows per one drinker.

### **Acknowledgements**

We are grateful to Lindsay Collings (Animal Welfare Program) for the collection the data. Borbala Foris was supported in part by an NSERC postdoctoral fellowship. General funding for the UBC Animal Welfare Program is provided by the NSERC Industrial Research Chair awarded to Marina von Keyserlingk and Daniel M. Weary together with industrial partners the Dairy Farmers of Canada (Ottawa, ON), Saputo Inc. (Montreal, QC), BC Dairy Association (Burnaby, BC), Alberta Milk (Edmonton, AB), Intervet Canada Corporation (Kirkland, QC), Boehringer Ingelheim Animal Health (Burlington, ON), BC

Cattle Industry Development Fund (Kamloops, BC), The Semex Alliance (Guelph, ON), Lactanet (Sainte-Anne-de-Bellevue, QC), Dairy Farmers of Manitoba (Winnipeg, MB, Canada), and the Saskatchewan Milk Marketing Board (Regina, SK).

Code and statistics are available in full at <https://doi.org/10.5683/SP3/JLDGQG>

The authors have not stated any conflicts of interest.

## ***References***

- Barroso, F. G., C. L. Alados, and J. Boza. 2000. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 69:35–53. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00113-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00113-1).
- Chapinal, N., D. M. Veira, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2007. Technical Note: Validation of a System for Monitoring Individual Feeding and Drinking Behavior and Intake in Group-Housed Cattle. *J. Dairy Sci.* 90:5732–5736. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0331>.
- Coimbra, P., L. Pinheiro Machado Filho, and M. J. Hötzel. 2012. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behavior of cows on pasture. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 139:175–182. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.009>.
- Collings, L. K. M., D. M. Weary, N. Chapinal, and M. A. G. von Keyserlingk. 2011. Temporal feed restriction and overstocking increase competition for feed by dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 94:5480–5486. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4370>.
- Crossley, R. E., A. Harlander-Matauschek, and T. J. DeVries. 2017. Variability in behavior and production among dairy cows fed under differing levels of competition. *Journal of Dairy Science* 100:3825–3838. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12108>.
- Dado, R., and M. Allen. 1994. Variation in and relationships among feeding, chewing and drinking variables for lactating dairy-Cows. *J. Dairy Sci.* 77:132–144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)76936-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76936-8).
- DeVries, T.J., and M. A. G. von Keyserlingk. 2006. Feed stalls affect the social and feeding behavior of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3522–31. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72392-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72392-X).
- Flower, F. C., and D. M. Weary. 2006. Effect of hoof pathologies on subjective assessments of dairy cow gait. *J. Dairy Sci.* 89:139–146. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72077-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72077-X)
- Foris, B., A. J. Thompson, M. A. G. von Keyserlingk, N. Melzer, and D. M. Weary. 2019. Automatic detection of feeding- and drinking-related agonistic behavior and

- dominance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102:9176–9186. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16697>.
- Friend, T. H., C. E. Polan, and M. L. McGilliard. 1977. Free Stall and Feed Bunk Requirements Relative to Behavior, Production and Individual Feed Intake in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 60:108–116. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(77\)83835-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(77)83835-6).
- Grant, R. J., and J. L. Albright. 2001. Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 84:E156–E163. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70210-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70210-X).
- Guhl, A. M., and F. W. Atkeson. 1959. Social Organization in a Herd of Dairy Cows. *Trans Kans Acad Sci.* 62:80-87. <https://doi.org/10.2307/3626512>.
- Huzzey, J. M., T. J. DeVries, P. Valois, and M. A. G. von Keyserlingk. 2006. Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:126–133. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72075-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72075-6).
- Huzzey, J. M., R. J. Grant, and T. R. Overton. 2012. Short communication: Relationship between competitive success during displacements at an overstocked feed bunk and measures of physiology and behavior in Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 95:4434–4441. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5038>.
- Jensen, M. B., and M. Vestergaard. 2021. Invited review: Freedom from thirst-Do dairy cows and calves have sufficient access to drinking water? *J. Dairy Sci.* 104:11368–11385. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20487>.
- Kuznetsova, A., P. B. Brockhoff, and R. H. B. Christensen. 2017. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *J. Stat. Softw.* 82:1–26. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>.
- Langhans, W., R. Rossi, and E. Scharrer. 1995. Relationships between feed and water intake in ruminants. In *Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth reproduction; proceedings of the eighth international on ruminant physiology*. Engelhardt W V Leonhard-Marek Breves G Giesecke Eds Ferdinand Enke Verl. Stuttg. Allem. 199–216.



- Lukas, J. M., J. K. Reneau, and J. G. Linn. 2008. Water intake and dry matter intake changes as a feeding management tool and indicator of health and estrus status in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:3385–3394. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0926>.
- McDonald, P. V., M. A. G. von Keyserlingk, and D. M. Weary. 2020. Hot weather increases competition between dairy cows at the drinker. *J. Dairy Sci.* 103:3447–3458. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17456>.
- Murphy, M. R. 1992. Water metabolism of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 75:326–333. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77768-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77768-6).
- Murphy, M. R., C. L. Davis, and G. C. McCoy. 1983. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 66:35–38. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81750-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81750-0).
- Neave, H. W., D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2018. Review: Individual variability in feeding behaviour of domesticated ruminants. *Animal* 12:s419–s430. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001325>.
- Nizzi, E., C. Hurtaud, and A. Boudon. 2023. Interaction between drinker density and cow social dominance affects drinking behavior. *JDS Communications (JDSC348)*. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0479>. Article in press.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*. National Academies Press, Washington, D.C. <https://doi.org/10.17226/9825>.
- Olofsson, J. 1999. Competition for total mixed diets fed for ad libitum intake using one or four cows per feeding station. *J. Dairy Sci.* 82:69-79. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75210-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75210-0)
- Proudfoot, K. L., and J. M. Huzzey. 2022. A first time for everything: The influence of parity on the behavior of transition dairy cows. *JDS Communication*. 3:467. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0290>.
- Proudfoot, K. L., D. M. Veira, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2009. Competition at the feed bunk changes the feeding, standing, and social behavior of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:3116–3123. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1718>.

- Sánchez-Tójar, A., J. Schroeder, D. R. Farine. 2018. A practical guide for inferring reliable dominance hierarchies and estimating their uncertainty. *J. Anim. Ecol.* 87:594–608. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12776>.
- SAS. 2009. User's Guide. Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC
- Shaver, R. 2002. Rumen acidosis in dairy cattle: Bunk management considerations. *Adv. Dairy Technol.* 14.
- Singh, A. K., C. Bhakat, and P. Singh. 2022. A review on water intake in dairy cattle: associated factors, management practices, and corresponding effects. *Trop. Anim. Health. Prod.* 54:154. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03154-2>.
- Sołtysiak, T., and Z. Nogalski. 2010. The effects of social hierarchy in a dairy cattle herd on milk yield. *Pol. J. Nat. Sci.* 25. <https://doi.org/10.2478/v10020-010-0002-1>.
- de Sousa, K. T., L. C. P. Machado Filho, G. S. Bica, M. Deniz, and M. J. Hötzel. 2021. Degree of affinity among dairy heifers affects access to feed supplementation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 234:105172. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.105172>.
- Turner, S. P., S. A. Edwards, and V. C. Bland. 1999. The influence of drinker allocation and group size on the drinking behaviour, welfare and production of growing pigs. *Anim. Sci.* 68:617–624. <https://doi.org/10.1017/S1357729800050645>.
- de Vries, H., J. M. G. Stevens, and H. Vervaecke. 2006. Measuring and testing the steepness of dominance hierarchies. *Anim. Behav.* 71:585–592. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.05.015>.
- Zobel, G., K. Schwartzkopf-Genswein, B. Genswein, and M. A. G. von Keyserlingk. 2011. Impact of agonistic interactions on feeding behaviours when beef heifers are fed in a competitive feeding environment. *Livest. Sci.* 137:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.09.022>.

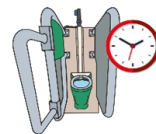


# CHAPITRE 4

*Avec des installations d'abreuvement adéquates, les restrictions temporelles d'eau à court terme pour les vaches laitières en lactation perturbent leurs budgets temps mais ne limitent pas leur consommation d'eau*

**Q2 :** Comment varient le comportement d'abreuvement et les quantités d'eau bue face à des contraintes et selon la hiérarchie de dominance?

Contrainte 3-  
Restrictions temporelles  
d'eau





## Résumé chapitre 4

Dans les fermes laitières, les pratiques de traite peuvent temporairement empêcher les vaches d'accéder à l'eau d'abreuvement. Cette étude a examiné comment les types de restrictions temporelles d'eau visibles en fermes peuvent affecter le comportement individuel d'abreuvement et l'état de déshydratation physiologique des vaches. Quatre traitements ont été appliqués (**T** = accès libre à l'abreuvoir et à la auge, **Cor** = 2 h de contention au cornadis après chaque traite, **Ab2** = accès libre aux auges mais pas d'accès à l'eau pendant 2 h après chaque traite, et **Ab4** = accès libre aux auges mais pas d'accès à l'eau pendant 4 h après chaque traite) à 4 groupes de 10 vaches laitières en lactation selon un plan en carré latin 4×4. Chaque période de traitement a duré 1 semaine. Les vaches étaient logées dans une stabulation libre, et chaque groupe était dans un enclos équipé d'un abreuvoir connecté, de 10 auges individuelles et de 2 caméras. Les hiérarchies de dominance des vaches ont été caractérisées à l'aide de scores de David normalisés, calculés à partir des remplacements détectés par vidéo à l'abreuvoir présent dans chaque enclos. Pendant les 4 derniers jours de chaque période de traitement, les volumes d'eau bus et le comportement d'abreuvement ont été mesurés à l'aide des abreuvoirs connectés et les temps d'ingestion de matière sèche, de repos et de couchage ont été mesurés à l'aide d'accéléromètres. Le jour 6 de chaque période de traitement, pendant les traites du matin et du soir, des échantillons de sang puis de lait ont été prélevés pour analyser les bioindicateurs de déshydratation et la composition du lait. Le volume d'eau bue journalier des vaches n'a été affecté ni par la dominance sociale ni par le type de traitement. La vitesse d'abreuvement et le nombre d'épisodes de buvée par jour étaient plus élevés pendant les traitements Cor, Ab2 et Ab4 que pendant le traitement T, et la durée d'abreuvement était plus courte pendant le traitement Ab4 que pendant le traitement T. La durée horaire de temps passé couché chutait à la fin des périodes de restriction d'eau, c'est-à-dire à 10h00 dans le cas de Cor, à 11h00 dans le cas de Ab2, et à 12h00 et 13h00 dans le cas de Ab4, ce qui n'a pas été observé dans le cas de T et qui pourrait être interprété comme un signe d'inconfort pour les vaches. Pour le sang prélevé avant la traite du matin, les niveaux d'hématocrite étaient plus bas dans le traitement Ab4 que dans le traitement Cor. Pour le sang prélevé avant la traite du soir, les concentrations de

créatinine étaient plus faibles dans le traitement Ab4 que dans le traitement Ab2, avec une différence plus marquée chez les vaches dominantes que chez les vaches subordonnées. Pour les deux traites, le point de congélation du lait était plus élevé dans les traitements Cor, Ab2 et Ab4 que dans le traitement T, indiquant une dilution. Contrairement aux autres catégories sociales, les vaches subordonnées ont eu un nombre de visites quotidiennes aux abreuvoirs plus important pendant le traitement Ab4 que pendant le traitement T mais n'ont montré aucune différence dans la durée des périodes de buvée ou la durée des interruptions d'abreuvement dans les périodes de buvée pendant le traitement Ab2 par rapport au traitement T. Dans l'ensemble, les vaches ont pu maintenir leur volume d'eau bue malgré les restrictions temporelles d'accès à l'eau lorsqu'elles avaient accès à un nombre d'abreuvoirs recommandé par les lignes directrices relatives au bien-être animal. Cela dit, leur temps de repos et passé couché semblait être perturbé.

## Running head: Temporary water restrictions affect cows

### With adequate drinking facilities, short-term water restrictions affect time budgets but not limit water intake for lactating dairy cows

NIZZI E.<sup>1</sup>, DHUMEZ O.<sup>1</sup>, HURTAUD C.<sup>1</sup>, BOUDON A.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

\*Corresponding author's email and phone number:

anne.boudon@inrae.fr (+33 2 23 48 50 86)

**Abstract:** On dairy farms, milking practices can temporarily restrict cows from accessing drinking water. This study examined how commonly used restriction types may affect the individual behavior and physiological dehydration status of cows. Four treatments were applied (**CTRL** = free access to the drinker and feed fence, **HL** = 2 h of headlock at the feed fence after morning and evening milking, **D2H** = free access to the feed fence and no access to water for 2 h after milking and **D4H** = free access to the feed fence and no access to water for 4 h after milking) to 4 groups of 10 lactating dairy cows using a 4×4 Latin square design. Each treatment period lasted 1 week. The cows were housed within a free-stall barn, and each group was in a pen equipped with 1 electronic drinker, 10 individual feeders, and 2 cameras. Cow social dominance hierarchies were characterized using normalized David's scores, which were calculated from video-detected replacements at each pen's drinker. During the last 4 days of each treatment period, drinking behavior was measured using interconnected drinkers, and eating, resting, and lying times were measured using accelerometers. On day 6 of each treatment period, during the morning and evening milkings, blood and then milk samples were collected to analyze bioindicators of dehydration and milk composition, respectively. The daily water intake of cows was unaffected by either social dominance or treatment type. Drinking rate and drinking bout frequency were higher during the HL, D2H, and D4H treatments than during the CTRL treatment, and drinking time was lower during the D4H treatment than during the CTRL treatment. Hourly lying time decreased at the end of the water restriction periods, i.e. at 1000 h in HL, at 1100 h in D2H, and at 1200 and 1300 h in D4H, which was



not observed in CTRL, which could be interpreted as a sign of cow discomfort. For blood collected before the morning milking, hematocrit levels were lower in the D4H treatment than in the HL treatment. For blood collected before the evening milking, creatinine concentrations were lower in the D4H treatment than in the D2H treatment, with a greater difference seen for dominant cows than for subordinate cows. For both milkings, milk freezing point was higher in the HL, D2H, and D4H treatments than in the CTRL treatment, indicating dilution. In contrast to the other social categories, subordinate cows made more daily visits to the drinker during the D4H treatment than during the CTRL treatment but displayed no differences in drinking bout duration or the duration of drinking interruptions within bouts in the D2H treatment compared to the CTRL treatment. Overall, cows were able to maintain their water intake despite the temporary water restrictions when they had access to the number of drinkers recommended by animal welfare guidelines. That said, their resting and lying time appeared to be disturbed.

**Keywords:** drinking behavior, drinking bout criterion, dehydration indicator, cattle, water restriction

# **1-Introduction**

The absence of thirst is one of the Five Freedoms (FAWC, 1979) that constitute the basis for international animal welfare standards (NRC, 2001; Welfare Quality®, 2009). On dairy farms, common milking practices can result in cows temporarily losing access to drinking water. For example, cows may be compelled to remain standing after milking because teat contamination risk is greater if cows lie in the dirty areas of stalls while their mammary sphincters are still open (DeVries et al., 2010; Peeler et al., 2000). Such may be accomplished by providing fresh feed immediately after milking, as highlighted by research on more than 1,500 dairy farms by Peeler et al. (2000): use of this practice was associated with lower milk SCS. Another study involving 4 commercial dairy farms, each with 40 cows housed in freestalls, showed that increasing the standing time after milking by 90–120 min reduced the risk of IMI (Watters et al., 2014). To ensure that cows remain standing after milking, fresh feed delivery can be combined with feed fence headlocks. Another type of temporary water restriction arises when grazing is combined with the use of automatic milking systems (AMS): because no drinking troughs are available in the paddocks, cows are forced to pass through the AMS before accessing drinkers in the barn. It is important to assess the effects of these practices on cow drinking behavior and welfare because the resulting water restrictions may last for one or more hours at times of day when thirst may be acute.

Additionally, situations on dairy farms may vary greatly. For instance, in France, cow access to water is heterogeneous across commercial dairy farms, and drinking facility conditions may fail to respect current recommendations (de Boyer Des Roches et al., 2012). The Welfare Quality® (2009) assessment protocol treats inadequate access to drinking facilities as an animal welfare risk, given that it potentially impedes freedom from thirst. Given all of the above, it seems likely that dairy cows are restricted from accessing water for a few hours each day. A question thus arises: do repeated temporary water restrictions (< 6 h) have quantifiable effects on cows, or can cows adapt their drinking behavior to maintain their water intake needs?

The literature is clear on the fact that pronounced or prolonged water restrictions cause marked physiological responses and likely result in cow discomfort or even suffering. Steiger-Burgos et al. (2001) observed that, when lactating cows were offered 25

to 50% less drinking water than they consumed *ad libitum*, feed intake was drastically reduced and, in the case of more severe restrictions, milk production declined dramatically as well. These shifts also occurred quite rapidly: DMI dropped by 50% starting with the first meal following severe restrictions and continued for 3 days before stabilizing. Furthermore, signs of dehydration (i.e., loss of body mass; increased urea concentrations in milk and plasma, natremia, and hematocrit levels) were still observed 5 days after the start of water restrictions, suggesting that the decrease in DMI was only a partial physiological response. In research by Little et al. (1980), a similar level of water restriction (i.e., -50% of *ad libitum* consumption) resulted in severe dehydration in 2 of the 78 study cows, and these animals had to be removed from the study after 3 days of restriction. Other studies have obtained similar findings (e.g., Senn et al., 1996 with 48 h water deprivation and Bjerg et al., 2005 with repeated 8-h periods of water deprivation).

However, none of the above studies examined the effects of water restrictions on cow drinking behavior. Additionally, to our knowledge, there is little to no information about the ability of cows to adapt to the temporary water restrictions that occur daily on dairy farms. When addressing such topics, it is crucial to account for individual variability. Indeed, the definition of animal welfare proposed by ANSES (2018) underscores the need to consider individual animals and their position within the herd. In recent years, we have obtained new insights into the social dominance hierarchies of dairy cows, which has led us to question whether current practices ensure that the most subordinate cows have sufficient access to water (Jensen and Vestergaard, 2021). It has been shown that, during competition for feed, these cows may be partially excluded from accessing food resources because more dominant cows monopolize the feeder (Olofsson, 1999). It has also been observed that dominant cows can monopolize drinkers, depending on drinker location (Coimbra et al., 2012). In the previously mentioned study by Little et al. (1980), cows experiencing water restrictions displayed aggressive behavior when around drinkers; certain animals, especially the younger ones, did not participate in the resulting negative interactions and were not observed drinking.

Our study explored how different types of temporary water restrictions affected the behavior and physiological dehydration status of individual dairy cows within a herd. We hypothesized that the restrictions would affect cow behavior by forcing animals to get up

to drink at the end of the restriction period. We also hypothesized that the restrictions would have a more detrimental effect on subordinate cows.

## ***2-Materials and Methods***

This study took place from February 23 to April 16, 2023 at the INRAE Experimental Farm of Méjusseume (IE PL, INRAE, Dairy Nutrition and Physiology; <https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68>, 35650 Le Rheu, Brittany, French animal housing accreditation no. C-35-275-23). It was conducted in accordance with EU Directive 2010/63/UE and relevant French legislation. The experimental protocol was approved by the Rennes Animal Experimentation Ethics Committee and the French Ministry for Higher Education, Research, and Innovation (APAFIS project number #39513-2022112207567178 v3).

### ***2.1. Animals and Experimental Design***

We applied 4 treatments (1 control, 3 water restrictions) to 4 groups of 10 mid-lactation Holstein cows using a randomized 4×4 Latin square design. The treatments were 1) free access to the drinker and feed fence (**CTRL**); 2) 2 h in headlock at the feed fence following feed distribution after the morning and evening milking (i.e., water restricted from 0900 to 1100 h and from 1700 to 1900 h) (**HL**); 3) free access to the feed fence but no access to water during 2 h after morning and evening milking (i.e., water restricted from 0900 to 1100 h and from 1700 to 1900 h) (**D2H**); and 4) free access to the feed fence but no access to water for 4 h after morning and evening milking (water restricted from 0900 to 1300 h and from 1700 to 2100 h) (**D4H**). The HL treatment was designed to mimic a mastitis prevention strategy, in which cows are fed after milking and blocked at the feed fence to prevent them from immediately lying down in dirty areas. The D2H and D4H treatments were designed to mimic systems in which cows are grazed in paddocks without water troughs and must pass through the AMS before drinking. Each treatment period within the Latin square lasted one week, and the whole Latin square was completed within a month (March 16 to April 16, 2024).

At the beginning of the experiment, the 40 cows had mean BW, DIM, and milk yield (MY) values of 653 kg ( $\pm$  78), 110 d ( $\pm$  6), and 31.6 kg ( $\pm$  4.9), respectively. Twenty-four of the 40 cows were multiparous (parity range: 2–6), and 16 were primiparous. To characterize cow dominance within the herd, the 40 cows were housed together in a free-stall barn for 3 weeks before the start of the overall experiment. Between February 13 and 16, replacements at the barn's drinkers were recorded using video cameras (Hikvision Network Camera, Hikvision Digital Technology Co., Ltd., Hangzhou, China). A replacement was defined as an agonistic interaction initiated by an initiator cow, resulting in the departure of the other cow from the drinker and the occupation of the drinker by the initiator in the 60 s following the start of the interaction (Nizzi et al., 2024). The herd's social dominance hierarchy was then determined by calculating normalized David's scores (NormDSs; de Vries et al., 2006) using the replacement events; each cow was then assigned an ordinal rank, from 1 (most dominant) to 40 (most subordinate). Using these ranks, we defined 10 dominance categories.

Next, the 40 cows were divided into 4 experimental groups (A, B, C and D)—the groups that experienced the treatments—based on their values for parity, DIM, BW, BCS, MY, milk protein content, milk fat content, and dominance category. In the case of the latter variable, one cow from each of the 10 dominance categories was randomly assigned to each experimental group. The objective was to limit differences in these variables among groups (< 4% difference in their mean variable values). Dominance was determined a second time, when the experimental groups experienced the HL treatment (see below).

## 2.2. Housing and Feeding

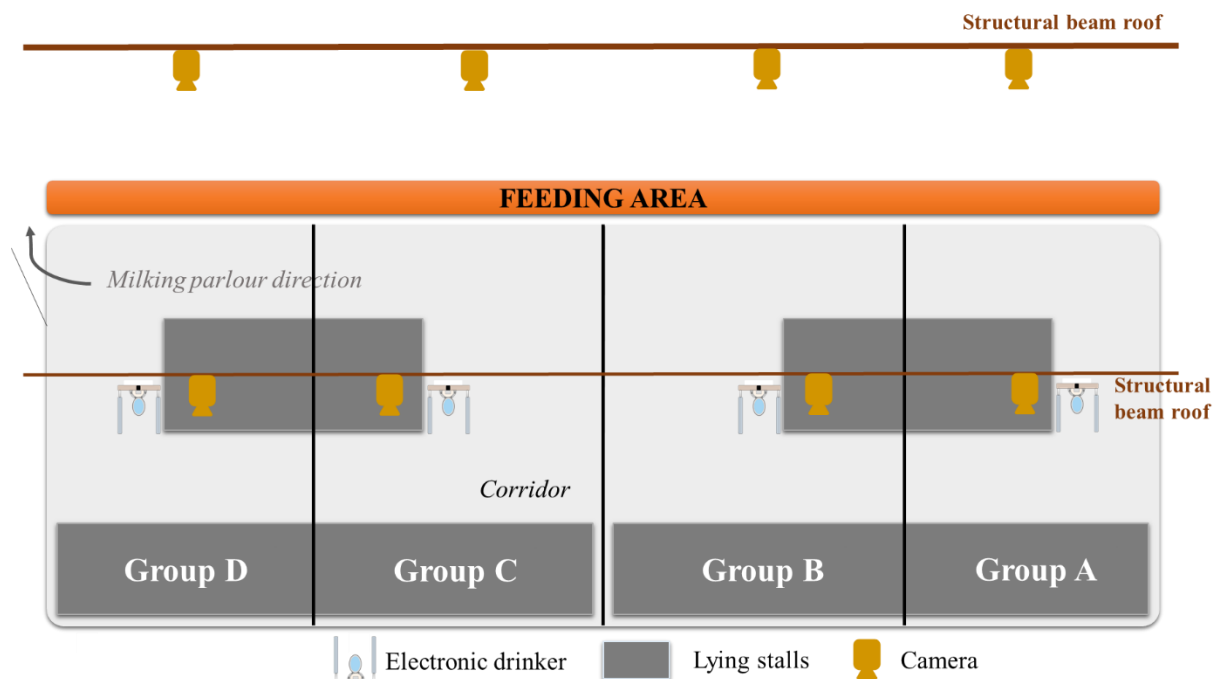


Figure 1: Distribution of the four groups of cows across pens, and the placement of the cameras and drinkers in the barn

The cows were housed in a free-stall barn containing 47 lying stalls, 40 individual feeders, and 4 interconnected drinkers (Figure 1). At the start of the experiment, the barn was divided into 4 pens, and each group was assigned a pen. A robot automatically distributed to each individual feeder. Ration composition (% DM) was 65% corn silage, 12.5% soybean meal, 10% dehydrated alfalfa, 12.5% concentrate (20% wheat, 20% corn, 20% barley, 20% beet pulp, 15% fine wheat bran, 3% cane molasses, 1% canola oil, and 1% sea salt), and 200 g of a mineral and vitamin mix (Kéomine Repro, Cooperl Hunaudaye, Lamballe, France). Feed amount varied among cows to ensure that all the cows in the pens had ad libitum access to feed (10% refusal). The feeders were equipped with an automatic identification gate mounted on the feed fence, which only allowed the cow with the appropriate collar to gain access. Cows were milked twice daily: at 0800 h and 1600 h. Fresh feed was delivered twice daily and was immediately accessible to the cows following their return from the milking parlour at 0900 h and 1700 h. Cows did not have access to drinkers in the parlour or on the way back. Access to the feeders was blocked from 0600 h to 0900 h and from 1330 h to 1700 h to allow for safe feed delivery. The

amount of refused feed was weighed and removed twice a day (from 0600 to 0630 h and from 1330 to 1400 h). During the next 2 h, the feeder distribution robot delivered the ration to each feeder. During the pre-experimental period, cows were blocked for 2 h at the feed fence after the morning and evening milking; feed distribution was as described for the HL treatment.

### ***2.3. The Interconnected Drinkers and Cow Drinking Behavior***

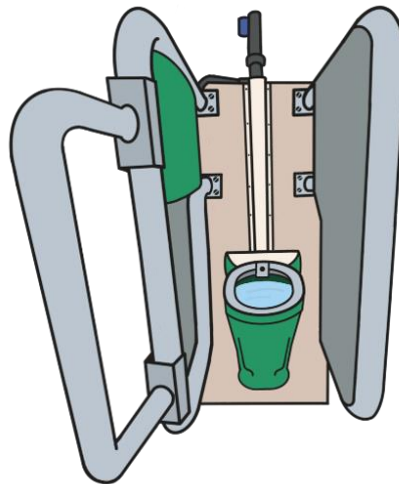


Figure 2: Interconnected drinker (La Buvette© ). Credit: B. Vandresen©.

The barn contained 4 interconnected electronic drinkers (La Buvette© , Charleville-Mézières, France, Figure 2, Boudon et al., 2019), each with a 3-L high-density-polyethylene (HDPE) drinking bowl, a constant level system, and an electronic flow meter. Access to each bowl was restricted by placing rigid panels along its two sides, allowing only one cow to drink at a time. The constant level system uses a float at the back of the bowl as a gauge. When the float descends below a certain point, the system is activated, the electronic flow meter dispenses water in discrete pulses. Preset in the software, the water volume per pulse is 0.00248 L. We confirmed this value before the experiment by measuring the water delivered by each connected drinker over the course of one minute ( $0.00248 \text{ L} \pm 2.22\text{e-}5$ ). All the study cows were already familiar with this type of drinker.

An RFID system was used to identify cows at the drinkers. All the cows were fitted with unique RFID ear tag transponders. An RFID antenna was positioned on the left side of each

bowl. When a cow came to drink, the antenna detected the transponder, and the drinker recorded the start time, drink duration, water intake, drinker ID, and cow ID. These data were stored using Blue Intelligence™ technology (La Buvette© , Charleville-Mézières, France) and were exported as Microsoft Excel files.

To describe the daily drinking behavior of the cows, we recorded and analyzed the data from each pen's drinker for the 4 last days of each treatment period ( $n = 4$  treatments  $\times$  4 d = 16 d analyzed for each group). First, for each cow and treatment period, we calculated the daily frequency of visits to the drinkers, daily drinking time, daily water intake, mean drink duration per visit, and mean drink volume per visit. We also performed an analysis to calculate the value of the drinking bout criterion by fitting a mixture of normal distributions to the  $\log_{10}$ -transformed relative frequency distributions of the intervals between drinking visits (package: mixdist, Horvath and Miller-Cushon, 2019; reference method: DeVries et al., 2003). For each cow, we aggregated visits that were separated by a time span measuring less than the value of the drinking bout criterion. From the drinking bout data, we calculated bout duration (i.e., the time between the start of the first drink and the end of the last drink for a given cow within a bout), the actual time spent drinking during bouts (i.e., the sum of the drink durations for each visit within the bouts), and the duration of drinking interruptions (i.e., the difference between bout duration and actual time spent drinking).

#### ***2.4. Time Budget Measurements***

All the cows were fitted with accelerometer collars (Medria®, Châteaubourg, France) to monitor the daily time spent eating, resting, and lying down. They wore their collars from the pre-experimental period until the end of the experiment. In the raw accelerometer data, a value of 1 or 0 was assigned to the predominant activity every 5 min. After checking and cleaning the data, we converted them into a duration per hour for each activity (i.e., eating, resting, and lying down). We did not consider any other activities, such as ruminating or standing. The time spent eating time was determined based on actual eating time. Time spent resting was defined as any time when a cow was not eating, ruminating, or walking. Cows can rest in either a standing position or a prone position. Like time spent standing, time spent lying down provided information about the position of the cows during the day; it was not included in the sum of the daily time budgets.



### ***2.5. Group Social Dominance Hierarchies***

To determine whether there was an interaction between the treatments and cow social dominance, we characterized the social dominance hierarchies within the 4 groups based on replacements at each pen's drinker. We used the same 8 cameras (2 per pen) that we had used when characterizing the overall social dominance hierarchy during the pre-experimental period. The cameras were placed throughout the barn (Figure 1) and recorded the cows' interactions at the drinkers between 0530 h and 2230 h throughout the entire experiment. Cows were marked with symbols on their backs and sides to facilitate identification during the video analysis, which was performed using VS Player software (2019 Hangzhou Hikvision Digital Technology Co. Ltd.).

Replacements at the pen's drinker were examined for the last 4 days of each HL treatment, in such a way as to ensure that the groups' social dominance hierarchies were characterized under the same living conditions as during the pre-experimental period. When defining a replacement event, the two interacting cows were considered to be at the drinker if their head and shoulders were between the partitions to either side of the drinker. We considered the initiator cow as the winner and the receiver cow as the loser. If the initiator cow did not completely place her shoulders between the partitions after replacing the receiver cow, we considered that replacement had not occurred. For each group, cows were divided into 3 social categories based on the NormDS quartiles: the most dominant cows (above  $q_{0.66}$ ), the most subordinate cows (below  $q_{0.33}$ ), and the intermediate cows (between  $q_{0.33}$  and  $q_{0.66}$ ).

### ***2.6. Chemical Analyses***

We took blood samples from the cows' tail veins on day 6 before the morning and evening milkings (between 0800 and 0830 h and between 1600 and 1630 h); EDTA vacutainers were employed for the samples intended for hematocrit analysis, and lithium heparin vacutainers were used for the samples subject to other analyses. Hematocrit levels were analyzed the following morning by an external laboratory (LaboCEA, Fougères, France), which used the May-Grünwald Giemsa staining method. The blood samples were centrifuged at 3000 g and 4°C for 10 min to obtain plasma. Plasma mineral concentrations (Ca, K, Mg, Na, and P) were then analyzed using inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES 5110 Agilent Technology, Les Ulis, France). The 150- $\mu$ L plasma samples were each diluted in 2.5 mL of nitric acid (HNO<sub>3</sub>, 2%), 500  $\mu$ L of Triton

X100, and 6.85 mL of Milli-Q H<sub>2</sub>O. Next, urea levels and creatinine concentrations were determined via colorimetry using a multiparameter analyzer in conjunction with specific urea and creatinine kits (Gallery™ Plus discrete multiparameter analyzer, Thermo Fisher Scientific, Illkirch, France).

Milk samples were collected from each cow during the morning and evening milkings on day 4 of the treatment period. Protein content, fat content, SCS, and freezing point were determined by an external laboratory (My Lab, Châteaugiron, France) using mid-infrared spectrophotometry. Additionally, the freezing point of the milk from the evening milking was assessed using a standard electronic cryoscopic method (i.e., after 13 h of storage at 4°C and 1 h of defrosting at ambient temperature) (Funke Gerber®, Cryostar automatic, Labotechnik, Berlin, Germany).

### **2.7. Statistical Analyses**

All statistical analyses were performed using R version 4.3.2 (R Core Team, 2022). Linear mixed models (function: lmer, package: lmerTest; Kuznetsova et al., 2017) were utilized to analyze individual cow's daily averages (water intake, drinking time, drinking rate, and frequency of visits and bouts at the drinker, DMI, milking-related variables, bioindicator levels, milk characteristics, number of drinking visits, and number of drinking bouts) In these models, the fixed effects were treatment (3 df), treatment period (3 df), cow dominance category (within experimental groups) (2 df), the interaction between treatment type and cow dominance (12 df), and the interaction between treatment period and cow dominance (12 df); cow identity within group identity (156 df) was a random effect. Using the emmeans package, post-hoc comparisons were carried out to determine pairwise differences when the treatment-by-dominance interaction was significant. Assumptions of residual normality and homoscedasticity were visually confirmed for each model by examining the distribution and dispersion of the residuals across cow dominance categories. Linear mixed models were also used to analyze mean hourly water intake, hourly eating time, and hourly resting and lying time; hour of day (23 df) was a fixed effect in these analyses, as were its two-way interactions with treatment type, cow dominance category, and treatment period and its three-way interactions with treatment type and cow dominance as well as with treatment period and cow dominance). Post-hoc comparisons were performed to determine pairwise differences when the hour-by-treatment interaction was significant. A generalized linear model (glm function, package:

stats, Poisson family; Dobson, 1990) was employed to look at the relationship between cow social dominance and a group’s relative abundance of primiparous cows. The effect of cow dominance on individual BW was analyzed using a simple linear model (lm, ANOVA).

### 3-Results

Over the entire experiment, in the barn, mean temperature was  $14.4 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$  (range: 11.8–17.3°C), mean humidity was  $75.4 \pm 4.0\%$  (range: 67.8–82.0%), and the temperature-humidity index (THI) (Kendall et Webster, 2009) was  $57.9 \pm 2.1$  (range: 53.8–62.4). One cow was removed and had to be euthanized because of a fall into an alley. Drinking data for one cow were excluded because of an RFID detection issue that lasted the whole experiment.

#### 3.1. Characterization of Social Dominance Hierarchies

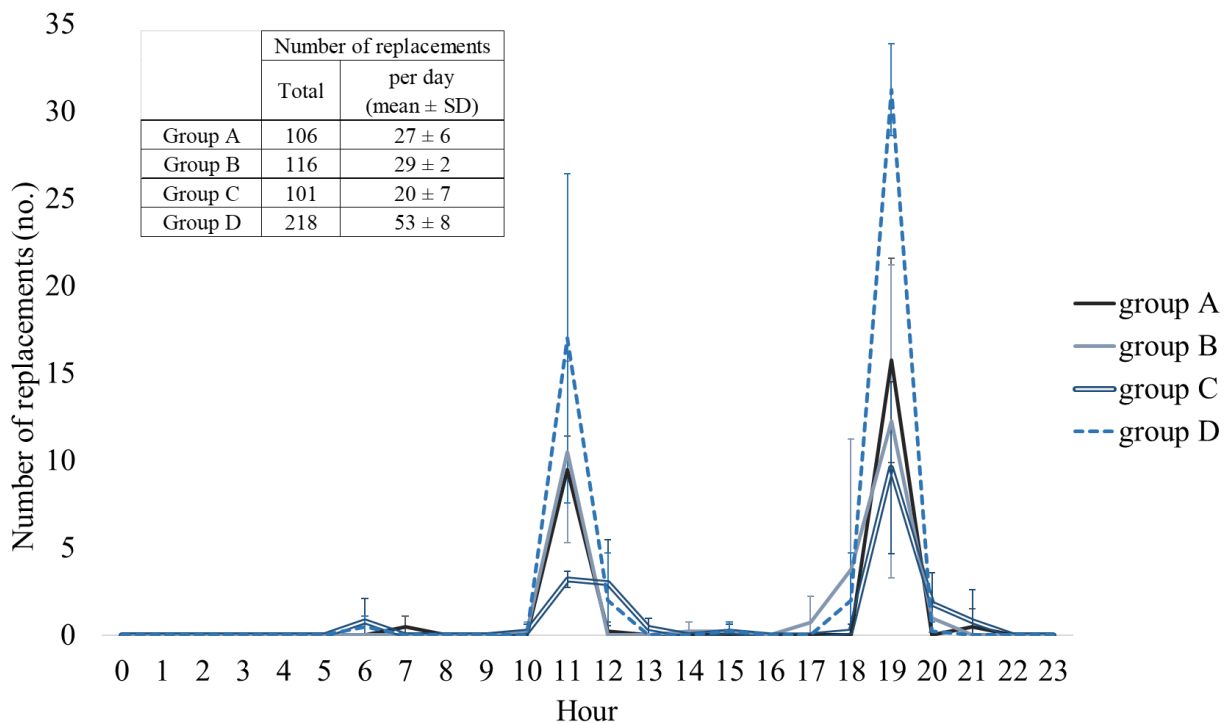


Figure 3: Mean hourly frequency of replacements within the day for the four experimental dairy cow groups (A, B, C, and D), which experienced the HL treatment during experimental periods 1, 2, 3, and 4 respectively. There were 10 cows in groups A, C, and

D and 9 cows in group B. One cow in group A never interacted with the other cows at the pen's drinker; the error bars represent standard error.

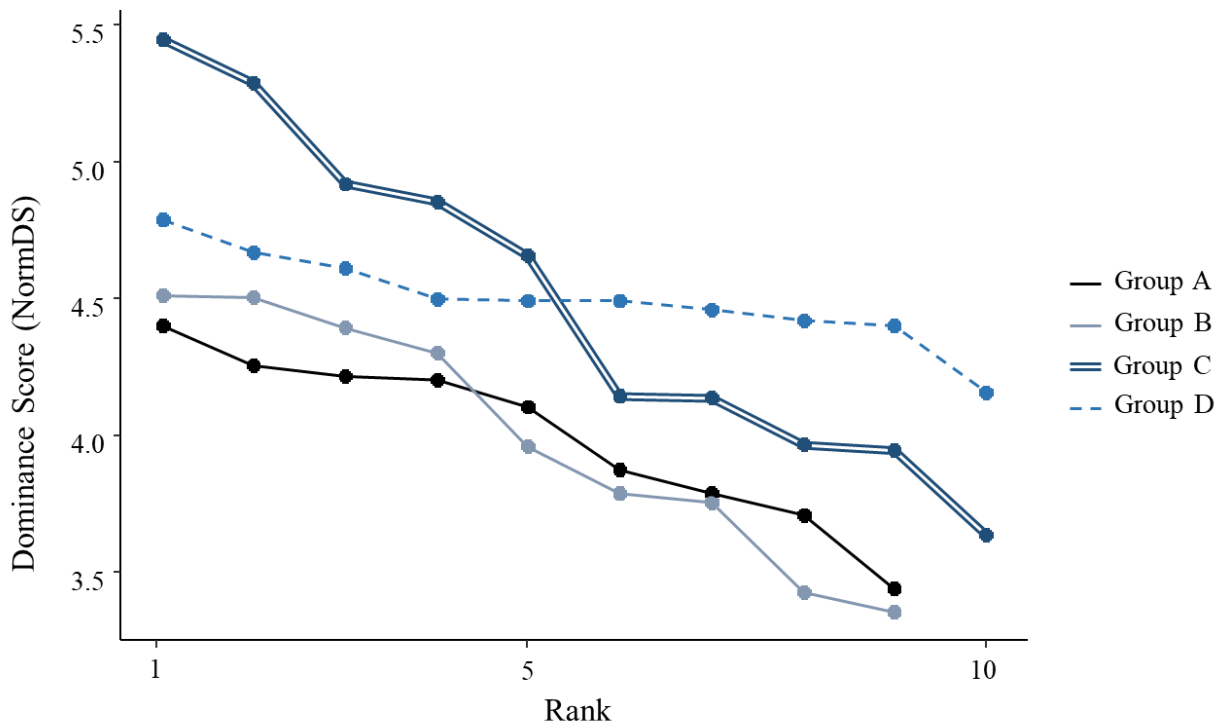


Figure 4: Normalized David's scores (NormDSs) of the dairy cows by within-group social rank (determined when groups A, B, C, and D experienced the HL treatment during experimental periods 1, 2, 3, and, 4 respectively). There were 10 cows in groups A, C, and D and 9 cows in group B; one cow in group A never interacted with the other cows at the pen's drinker. Dominance was determined based on the NormDSs (de Vries et al., 2006), which were calculated using video-recorded replacements at the drinkers.

To characterize a cow social dominance hierarchy, it is recommended that the number of replacements be at least 10 times the number of cows in the pen (Sánchez-Tójar et al., 2018). Thus, we needed to obtain at least 100 replacements for the groups of 10 cows and at least 90 replacements for the group of 9 cows. During the HL treatment for group C (treatment period 3), the number of replacements at the pen's drinker over the 4 days of observation (n = 84) failed to meet the required threshold. Therefore, we added the observations recorded on day 3 of the treatment period. During the HL treatment for the other groups, the 4 days of observations sufficed (group A–treatment period 1; group B–

treatment period 2; group D—treatment period 4), allowing us to respect the 3 days of adaptation. Thus, the groups' social dominance hierarchies were determined using the following replacement numbers: group A—106 (daily mean  $\pm$  SD: 27  $\pm$  6), group B—116 (daily mean  $\pm$  SD: 29  $\pm$  2), group C—101 (daily mean  $\pm$  SD: 20  $\pm$  7), and group D—213 (daily mean  $\pm$  SD: 53  $\pm$  8). For all groups, there were two peaks in replacements, which corresponded to the headlock opening in the morning (1100 h) and evening (1900 h) (Figure 3). In group A, one cow never interacted with the other cows at the drinker. Thus, its position within the group's social dominance hierarchy could not be determined, and it was therefore excluded from further analyses. The range of the cows' dominance scores (NormDS) varied across groups (Figure 4). They spanned from 3.3 to 4.5 (range: 1.2) for groups A and B, from 3.6 to 5.5 (range: 1.9) for group C, and from 4.1 to 4.8 (range: 0.7) for group D.

### ***3.2. Influence of Treatments and Social Dominance on Daily Drinking Behaviors, Drinking Visits, and Drinking Bouts, and Times Spent Eating, Resting and Lying***

During the experiment, mean ( $\pm$  SE) BW was 682 ( $\pm$  71) kg and did not vary with social dominance. There was a higher percentage of primiparous cows in the intermediate and subordinate categories than in the dominant category (15.5  $\pm$  1.1% and 21.7  $\pm$  1.1% vs. 5.3  $\pm$  1.2%;  $P < 0.0001$ ). Daily mean DMI, MY, and water intake were 24.2 ( $\pm$  2.4) kg, 29.0 ( $\pm$  4.0) kg, and 84.0 ( $\pm$  11.8) L per day, respectively; they were unaffected by treatment, social dominance, or the treatment-by-dominance interaction (Table 1). Daily mean eating time (3.4  $\pm$  0.95 h) was similarly unaffected. Drinking duration was shorter during the HL and D4H treatments than during the CTRL treatment (9.6 min and 9.3 min vs. 10.1 min; SEM = 0.3,  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ ). In contrast, the drinking rate was highest during the D4H treatment, lower during the D2H and HL treatments, and lowest during the CTRL treatment (9.1  $\pm$  0.2 L.min<sup>-1</sup>, 8.9  $\pm$  0.2 L.min<sup>-1</sup>, 8.9  $\pm$  0.2 L.min<sup>-1</sup>, and 8.5  $\pm$  0.2 L.min<sup>-1</sup>, respectively;  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ ). For the subordinate cows, the daily number of visits to the drinker was higher during the D4H treatment than during the CTRL treatment (14.0  $\pm$  2.0 vs. 10.6  $\pm$  2.0; treatment  $\times$  dominance:  $P_{\text{interaction}} < 0.01$ ). Across all categories of social dominance, the daily number of drinking bouts was lowest during the D4H treatment, higher during the D2H and HL treatments, and highest during the CTRL treatment (3.6, 4.4, 4.3, and 5.8, respectively; SEM = 3.5;  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ ).

Table 1: DMI, MY, water intake, drinking time, drinking rate, daily number of visits to the drinker, daily drinking bouts for the dairy cows according to treatment and social dominance category. The three social dominance categories (dominant = 12 cows, intermediate = 12 cows, and subordinate = 14 cows) were determined using the quartiles of the NormDSs calculated from the video-recorded replacements at the drinker during the HL treatment.

Soc. Cat.	DOMINANT (n = 12)					INTERMEDIATE (n = 12)					SUBORDINATE (n = 14)					P-Value		
	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	Treat.	Soc. Cat.	Treat:Soc. Cat.
<sup>1</sup> Treatment																		
DMI (kg)	24.3	24.2	24.9	24.7	0.7	24.5	24.5	24.4	24.5	0.7	23.8	23.5	23.4	23.3	0.6	0.544	0.815	0.169
Eating time (h/day)	3.4	3.7	3.5	3.3	0.3	3.4	3.2	3.1	3.3	0.3	3.5	3.4	3.5	3.7	0.3	0.864	0.969	0.144
MY (L)	28.0	28.7	28.5	28.7	1.2	29.2	29.3	29.0	29.1	1.2	28.6	28.9	28.4	28.8	1.1	0.236	0.920	0.917
Drinking water intake (L)	82.8	83.2	84.6	81.3	3.5	87.3	86.0	86.8	87.7	3.7	81.7	81.4	83.3	81.9	3.3	0.291	0.474	0.566
Drinking time (min)	10.1 <sup>A</sup>	9.6 <sup>BC</sup>	9.9 <sup>AB</sup>	9.1 <sup>C</sup>	0.6	11.0 <sup>A</sup>	10.4 <sup>BC</sup>	10.4 <sup>AB</sup>	10.1 <sup>C</sup>	0.6	9.4 <sup>A</sup>	8.9 <sup>BC</sup>	9.2 <sup>AB</sup>	8.9 <sup>C</sup>	0.6	<b>&lt;0.0001</b>	0.239	0.570
Drinking rate (L.min <sup>-1</sup> )	8.5 <sup>C</sup>	8.9 <sup>B</sup>	8.9 <sup>B</sup>	9.1 <sup>A</sup>	0.3	8.3 <sup>C</sup>	8.6 <sup>B</sup>	9.0 <sup>B</sup>	8.7 <sup>A</sup>	0.3	8.7 <sup>C</sup>	9.1 <sup>B</sup>	9.0 <sup>B</sup>	9.2 <sup>A</sup>	0.3	<b>&lt;0.0001</b>	0.596	0.644
Daily number of visits to the drinker	9.0 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	2.1	14.3 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	13.8 <sup>a</sup>	13.4 <sup>a</sup>	2.1	10.6 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>	11.4 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>	2.0	0.382	0.143	<b>&lt;0.01</b>
<sup>2</sup> Daily number of drinking bouts	5.3 <sup>A</sup>	3.8 <sup>B</sup>	4.0 <sup>B</sup>	3.2 <sup>C</sup>	0.4	6.5 <sup>A</sup>	4.8 <sup>B</sup>	4.6 <sup>B</sup>	3.9 <sup>C</sup>	0.3	5.8 <sup>A</sup>	4.3 <sup>B</sup>	4.6 <sup>B</sup>	3.8 <sup>C</sup>	0.4	<b>&lt;0.0001</b>	0.182	0.148
Resting time (h/day)	9.0 <sup>Aa</sup>	8.6 <sup>ABa</sup>	8.2 <sup>Ba</sup>	8.5 <sup>ABa</sup>	0.4	7.4 <sup>Ab</sup>	7.2 <sup>ABb</sup>	6.9 <sup>Bb</sup>	6.9 <sup>ABb</sup>	0.4	8.0 <sup>Aab</sup>	7.5 <sup>ABab</sup>	8.1 <sup>Bab</sup>	7.9 <sup>ABab</sup>	0.4	<b>0.049</b>	<b>0.007</b>	0.203
Lying time (h/day)	8.9 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	0.3	9.9 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>	8.8 <sup>a</sup>	0.3	9.3 <sup>a</sup>	9.5 <sup>a</sup>	8.7 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	0.4	<b>0.089</b>	0.550	<b>0.039</b>

<sup>A-C</sup>A difference in superscript letters within the same row indicates a significant post-hoc pairwise difference when the treatment-by-dominance interaction was significant ( $P < 0.05$ )

<sup>a-b</sup>A difference in superscript letters within the same row indicates a significant post-hoc pairwise difference when there was a significant effect of social dominance or the treatment-by-dominance interaction ( $P < 0.05$ )

<sup>1</sup>SEM = standard error of the mean

<sup>2</sup>Drinking visits were defined as occurring within the same bout if less than 13.3 min had passed between a given cow's visits

Table 2: Drinking visits and drinking bouts of the dairy cows according to treatment and social dominance category. The three social dominance categories (dominant = 12 cows, intermediate = 12 cows, and subordinate = 14 cows) were determined using the quartiles of the NormDSs calculated from the video-recorded replacements at the drinker during the HL treatment. The value of the drinking bout criterion was 13.3 min.

<b>PER DRINKING VISIT</b>																		
Soc. Cat.	<b>DOMINANT (n = 12)</b>					<b>INTERMEDIATE (n = 12)</b>					<b>SUBORDINATE (n = 14)</b>					<i>P</i> -Value		
<sup>1</sup> Treatment	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	Treat.	Soc. Cat.	Treat:Soc. Cat.
Water intake (L)	10.3 <sup>AB</sup>	12.2 <sup>A</sup>	10.2 <sup>B</sup>	10.7 <sup>AB</sup>	1.3	8.0 <sup>AB</sup>	8.2 <sup>A</sup>	8.4 <sup>B</sup>	9.1 <sup>AB</sup>	1.3	9.0 <sup>AB</sup>	10.7 <sup>A</sup>	8.4 <sup>B</sup>	8.9 <sup>AB</sup>	1.2	<b>0.034</b>	0.202	0.447
Duration (s)	74 <sup>AB</sup>	82 <sup>A</sup>	68 <sup>B</sup>	71 <sup>AB</sup>	8	56 <sup>AB</sup>	56 <sup>A</sup>	57 <sup>B</sup>	59 <sup>AB</sup>	8	61 <sup>AB</sup>	69 <sup>A</sup>	56 <sup>B</sup>	58 <sup>AB</sup>	8	<b>0.037</b>	<b>0.080</b>	0.503
Drinking rate (L.min <sup>-1</sup> )	8.2 <sup>C</sup>	8.6 <sup>AB</sup>	8.5 <sup>BC</sup>	8.7 <sup>A</sup>	0.3	8.2 <sup>C</sup>	8.2 <sup>AB</sup>	8.4 <sup>BC</sup>	8.5 <sup>A</sup>	0.3	8.4 <sup>C</sup>	8.8 <sup>AB</sup>	8.5 <sup>BC</sup>	8.9 <sup>A</sup>	0.3	<b>&lt;0.0001</b>	0.830	0.631

<b>PER DRINKING BOUT</b>																		
Soc. Cat.	<b>DOMINANT (n = 12)</b>					<b>INTERMEDIATE (n = 12)</b>					<b>SUBORDINATE (n = 14)</b>					<i>P</i> -Value		
<sup>1</sup> Treatment	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	Treat.	Soc. Cat.	Treat : Soc. Cat.
Water intake (L)	16.2 <sup>C</sup>	23.5 <sup>B</sup>	22.0 <sup>B</sup>	27.0 <sup>A</sup>	1.8	15.0 <sup>C</sup>	20.4 <sup>B</sup>	21.5 <sup>B</sup>	26.8 <sup>A</sup>	1.9	15.2 <sup>C</sup>	21.1 <sup>B</sup>	19.6 <sup>B</sup>	24.0 <sup>A</sup>	1.7	<b>&lt;0.0001</b>	0.776	0.422
Duration (s)	139 <sup>Cc</sup>	229 <sup>Bb</sup>	270 <sup>Bab</sup>	306 <sup>Aa</sup>	27	163 <sup>Cc</sup>	270 <sup>Bb</sup>	320 <sup>Bab</sup>	370 <sup>Aa</sup>	28	149 <sup>Cc</sup>	254 <sup>Bb</sup>	202 <sup>Bbc</sup>	326 <sup>Aa</sup>	26	<b>&lt;0.0001</b>	0.610	<b>0.045</b>
Actual drinking duration (s)	117 <sup>C</sup>	159 <sup>B</sup>	151 <sup>B</sup>	182 <sup>A</sup>	13	116 <sup>C</sup>	147 <sup>B</sup>	154 <sup>B</sup>	181 <sup>A</sup>	14	104 <sup>C</sup>	137 <sup>B</sup>	130 <sup>B</sup>	155 <sup>A</sup>	12	<b>&lt;0.0001</b>	0.199	0.586
Drinking interruption duration (s)	22 <sup>Cc</sup>	69 <sup>Bbc</sup>	120 <sup>Ba</sup>	124 <sup>Aa</sup>	21	48 <sup>Cb</sup>	124 <sup>Ba</sup>	166 <sup>Ba</sup>	189 <sup>Aa</sup>	22	45 <sup>Cc</sup>	117 <sup>Bab</sup>	73 <sup>Bbc</sup>	171 <sup>Aa</sup>	20	<b>&lt;0.0001</b>	0.365	<b>0.014</b>
Drinking rate (L.min <sup>-1</sup> )	7.7 <sup>A</sup>	7.6 <sup>B</sup>	6.8 <sup>B</sup>	6.9 <sup>B</sup>	0.4	7.2 <sup>A</sup>	6.2 <sup>B</sup>	6.2 <sup>B</sup>	6.3 <sup>B</sup>	0.4	7.6 <sup>A</sup>	7.0 <sup>B</sup>	7.1 <sup>B</sup>	6.6 <sup>B</sup>	0.4	<b>&lt;0.0001</b>	0.448	0.115

<sup>A-C</sup>A difference in superscript letters within the same row indicates a significant post-hoc pairwise difference when the treatment-by-dominance interaction was significant ( $P < 0.05$ )

<sup>a-b</sup>A difference in superscript letters within the same row indicates a significant post-hoc pairwise difference when there was a significant effect of social dominance or the treatment-by-dominance interaction ( $P < 0.05$ )

<sup>1</sup>SEM = standard error of the mean

For a given visit to the drinker, mean water intake was 9.6 ( $\pm$  4.2) L, mean visit duration was 64.2 ( $\pm$  25.0) s, and mean drinking rate was 8.5 ( $\pm$  1.0) L.min<sup>-1</sup> (Table 2). Drinking water intake per visit was higher during the HL treatment than during the D2H treatment (10.5 L vs. 9.0 L; SEM = 0.9;  $P_{\text{treatment}} = 0.034$ ), as was visit duration (69.5 s vs. 60.4 s; SEM = 6.1;  $P_{\text{treatment}} = 0.037$ ). The drinking rate per visit was higher during the D4H and HL treatments than during the CTRL treatment (8.7 L.min<sup>-1</sup> and 8.5 L.min<sup>-1</sup> vs. 8.3 L.min<sup>-1</sup>; SEM = 4.0;  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ ).

To group drinking visits into drinking bouts, we calculated the value of the drinking bout criterion (795 s, or 13.3 min) using the method described in Horvath and Miller-Cushon (2019). Water intake per bout was highest during the D4H treatment, lower during the HL and D2H treatments, and lowest during the CTRL treatment (25.8 L vs. 21.4 L vs. 15.4 L; SEM = 1.0;  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ , Table 2); the same was seen for bout duration (334  $\pm$  8.6 s vs. 258  $\pm$  8.6 s vs. 150  $\pm$  8.3 s;  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ ), except in the case of the subordinate cows, for which bout duration did not differ between the D2H and CTRL treatments ( $P_{\text{treatment} \times \text{dominance}} < 0.045$ ). The actual drinking duration within bouts was also highest during the D4H treatment, lower during the HL and D2H treatments, and lowest during the CTRL treatment (171 s vs. 146 s vs. 111 s; SEM = 4.1;  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ ). The same pattern was seen in the duration of drinking interruptions within bouts (161.3 s vs. 111.3 s vs. 38.1 s; SEM = 12.0  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ ), except in the case of the subordinate cows, for which there was no difference between the D2H and CTRL treatments ( $P_{\text{treatment} \times \text{dominance}} < 0.014$ ). The drinking rate per bout was lower during all the water restriction treatments (HL, D2H, D4H) than during the CTRL treatment (7.5  $\pm$  0.2 L.min<sup>-1</sup> vs. 6.8  $\pm$  0.2 L.min<sup>-1</sup>;  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ ). Overall mean daily resting time was 9.2  $\pm$  1.2 h. It was influenced by the treatments: daily resting time was lower during the D2H treatment than during the CTRL treatment (7.7 h for D2H vs. 8.2 h for CTRL; SEM = 0.2;  $P_{\text{treatment}} = 0.049$ ), while values were intermediate during the HL and D4H treatments. There was also an influence of social dominance: daily resting time was higher for dominant cows than for intermediate cows (8.6  $\pm$  0.3 h vs. 7.1  $\pm$  0.3 h;  $P_{\text{dominance}} = 0.007$ ), while intermediate values were seen for the subordinate cows. Finally, there was a significant interaction between treatment and dominance: for intermediate and subordinate cows, daily lying time was lower during the D2H and D4H treatments than during the CTRL treatment, whereas the opposite was true for dominant cows ( $P_{\text{treatment} \times \text{dominance}} = 0.039$ ).



### 3.3. Treatment Effects on Hourly Water Intake, Hourly Eating Time, Hourly Resting Time, and Hourly Lying Time

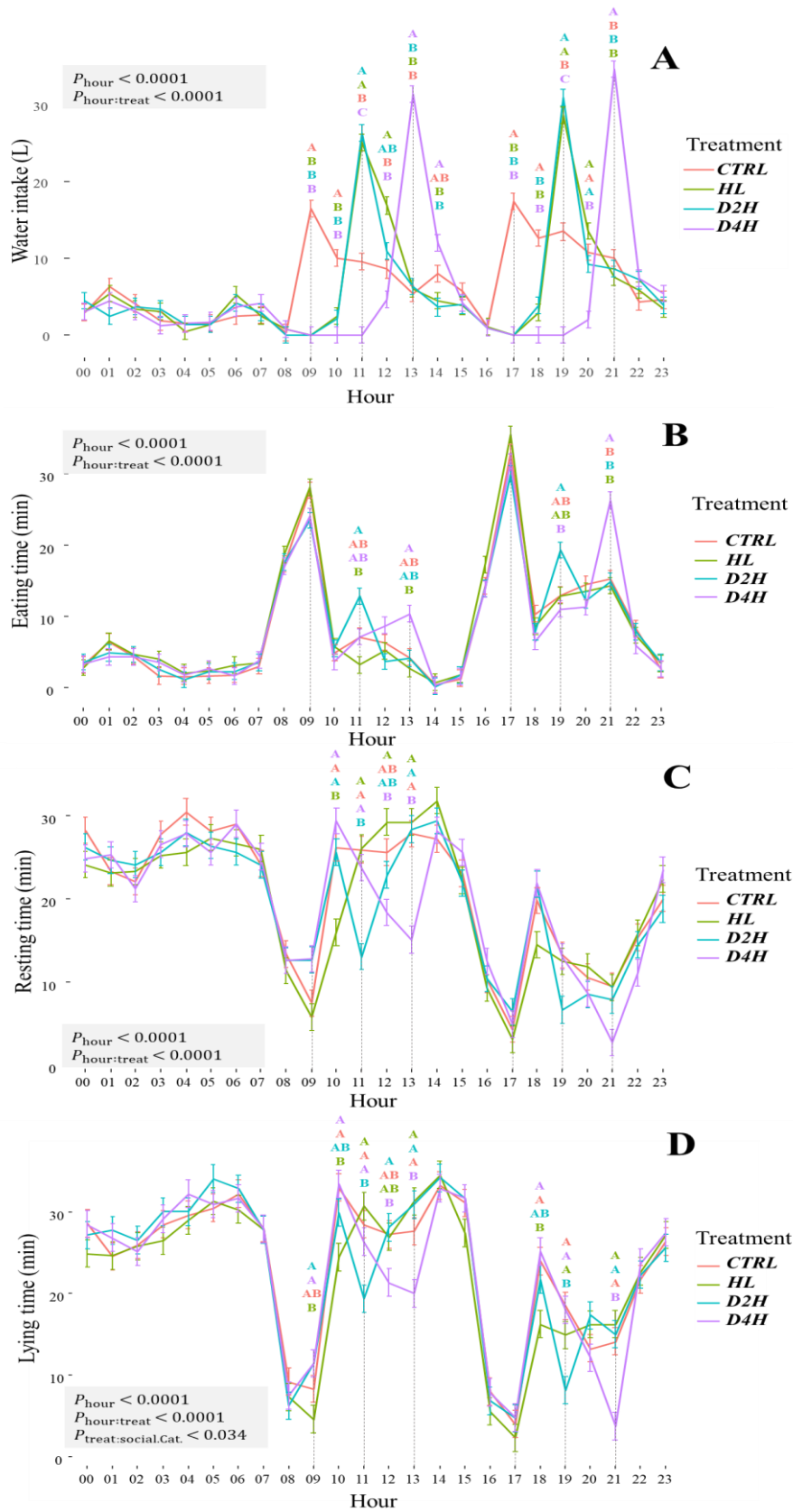


Figure 5: Hourly dynamics of daily water intake (A), eating time (B), resting time (C), and lying time (D) over the course of a day by cows experiencing a given treatment. The x-axis represents the hours of the day (e.g., 10 = water intake/eating time/resting time between 10:00 and 10:59 on a given day). The values shown are the least square means with the standard error of the mean (SEM). The significant results of the linear model ( $P < 0.05$ ) are highlighted in the gray squares. The letters indicate the presence of significant differences determined using post-hoc pairwise tests (when  $P < 0.05$  for the treatment-by-hour interaction). Only the significant effects of the model are shown. Neither social dominance nor any of its interactions were significant.

Hourly drinking time, hourly eating time, and hourly resting time were unaffected by social dominance and the treatment-by-dominance interaction. However, there was an influence of the treatments on daily drinking dynamics (Figure 5A) that reflected hourly access to water. For 2 h after milking (i.e., from 0900 to 1100 h), the hourly water intake was higher in the CTRL treatment than in the other treatments. At 1100 h and 1900 h, the hourly water intake was higher in the D2H and HL treatments than in the CTRL treatment; it was null in the D4H treatment. At 1200 h, hourly water intake was higher in the HL treatment than in the CTRL and D4H treatments. At 1300 h and 2100 h, hourly water intake was higher in the D4H treatment than in the other treatments. Finally, at 1400 h, hourly water intake in the D4H treatment was higher than in the HL and D2H treatments.

Eating time in the morning and evening peaked when the fresh feed was delivered, after the cows returned from milking (at 0900 h and 1700 h). At these time points, cows spent  $26 (\pm 1.1) \text{ min}\cdot\text{h}^{-1}$  and  $33 (\pm 1.1) \text{ min}\cdot\text{h}^{-1}$  eating, respectively ( $P_{\text{hour}} < 0.0001$ , Figure 5B). Eating time was higher in the D2H treatment at 1100 h than in the HL treatment and the D4H treatment at 1900 h ( $P_{\text{hour} \times \text{treatment}} < 0.0001$ ); these times occurred 2 h after the first morning and evening eating peaks and corresponded to the moment at which drinkers were reopened in the D2H treatment. Finally, smaller peaks in eating time were observed in the D4H treatment at 1300 h and 2100 h; these values were greater than those in the HL treatment at 1300 h and those in all the other treatments at 2100 h.

Hourly resting time decreased during the eating peaks at 0900 h and 1700 h for all the treatments ( $P_{\text{hour}} < 0.0001$ , Figure 5B). At 1000 h, the hourly resting time was lower in the HL treatment than in the other treatments ( $P < 0.05$ ). At 1100 h, the hourly resting time was lower in the D2H treatment than in the other treatments ( $P < 0.01$ ) ( $P_{\text{hour} \times \text{treatment}} < 0.0001$ ). Finally, the resting time was lower in the D4H treatment than in the HL

treatment at 1200 h and than in all the other treatments at 1300 h ( $P < 0.0001$ ) ( $P_{\text{hour} \times \text{treatment}} < 0.0001$ ).

Hourly lying time also decreased during the eating peaks at 0900 h and 1700 h for all the treatments ( $P_{\text{hour}} < 0.0001$ , Figure 5D). At 0900 h and 1000 h, the hourly lying time was lower in the HL treatment than in the D2H and D4H treatments ( $P < 0.05$ ) and than in the D4H and CTRL treatments ( $P < 0.01$ ). At 1100 h, the hourly lying time was lower in the D2H treatment than in all the other treatments ( $P < 0.05$ ) ( $P_{\text{hour} \times \text{treatment}} < 0.0001$ ). At 1200 h, the hourly lying time was lowest in the D4H treatment, higher in the HL and CTRL treatments, and highest in the D2H treatment; similarly, at 1300 h, the hourly lying time was lower in the D4H treatment than in all the other treatments ( $P_{\text{hour} \times \text{treatment}} < 0.0001$ ). The same type of treatment-related variation was observed at 1700 h, the evening eating peak. Hourly lying time displayed the following pattern: it was lower in the HL treatment than in the CTRL and D4H treatments at 1800 h, lower in the D2H treatment than in the other treatments at 1900 h, and lower in the D4H treatment than in the other treatments at 2100 h. An interaction was seen with social dominance. Over the span of the day, mean hourly lying time was lower in the HL treatment than in the D2H and D4H treatments for the dominant cows ( $8.4 \text{ h.d}^{-1}$  vs.  $9.4 \text{ h.d}^{-1}$ ,  $\text{SEM} = 0.3$ ), lower in the D4H treatment than in the CTRL treatment for the intermediate cows ( $8.8 \text{ h.d}^{-1}$  vs.  $9.9 \text{ h.d}^{-1}$ ,  $\text{SEM} = 0.3$ ), and unaffected by the treatment for the subordinate cows ( $9.1 \pm 0.4 \text{ h.d}^{-1}$ ) ( $P_{\text{hour} \times \text{dominance}} = 0.034$ ).

### **3.4. Plasma Bioindicator Concentrations and Hemocrit Levels**

*Table 3*

Table 3: Plasma concentrations of Ca, K, Mg, Na, P, urea, and creatinine and blood hematocrit levels in morning and evening samples taken from the dairy cows according to treatment and social dominance category. The three social dominance categories (dominant = 12 cows, intermediate = 12 cows, and subordinate = 14 cows) were determined using the quartiles of the NormDSs calculated from the video-recorded replacements at the drinker during the HL treatment.

<b>MORNING</b>																		
Soc. Cat.	<b>DOMINANT (n = 12)</b>					<b>INTERMEDIATE (n = 12)</b>					<b>SUBORDINATE (n = 14)</b>					<b>P-Value</b>		
<sup>1</sup> Treatment	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	Treat.	Soc. Cat.	Treat:Soc. Cat.
Ca (mg.L <sup>-1</sup> )	94.3	94.7	93.9	92.6	2.8	97.2	96.1	97.2	96.7	2.8	93.9	93.7	95.3	95.3	2.7	0.941	0.512	0.867
K (mg.L <sup>-1</sup> )	168.4	168.3	163.9	162.0	6.3	172.2	170.8	169.3	167.7	6.3	159.8	162.5	167.1	162.1	5.8	0.782	0.832	0.833
Mg (mg.L <sup>-1</sup> )	21.6	21.9	21.3	21.5	0.8	22.7	22.1	22.2	22.1	0.8	21.5	21.6	21.9	22.1	0.8	0.656	0.651	0.850
Na (g.L <sup>-1</sup> )	2.98	3.02	2.98	2.92	0.1	3.09	3.08	3.8	3.06	0.1	2.95	2.97	3.01	2.97	0.1	0.874	0.830	0.978
Ptot (mg.L <sup>-1</sup> )	130.7	129.5	127.6	125.0	6.3	136.4	136.4	135.4	136.9	6.3	126.6	129.1	126.6	125.5	6.0	0.689	0.199	0.964
Urea (mg.L <sup>-1</sup> )	253.9	258.9	253.5	253.8	12.7	231.8	245.0	230.9	243.0	12.7	236.5	243.2	241.8	237.5	12.3	0.935	0.229	0.866
Creatinine (mg.L <sup>-1</sup> )	10.19	10.37	10.24	10.02	0.23	9.98	9.88	9.86	9.74	0.23	10.38	10.14	10.40	10.25	0.22	0.202	0.692	0.448
Hematocrit (%)	28.6 <sup>AB</sup>	29.2 <sup>A</sup>	28.1 <sup>AB</sup>	27.7 <sup>B</sup>	0.5	28.6 <sup>AB</sup>	28.4 <sup>A</sup>	28.1 <sup>AB</sup>	28.1 <sup>B</sup>	0.5	28.5 <sup>AB</sup>	28.7 <sup>A</sup>	29.1 <sup>AB</sup>	28.4 <sup>B</sup>	0.5	<b>0.035</b>	0.974	0.269

<b>EVENING</b>																		
Soc. Cat.	<b>DOMINANT (n = 12)</b>					<b>INTERMEDIATE (n = 12)</b>					<b>SUBORDINATE (n = 14)</b>					<b>P-Value</b>		
<sup>1</sup> Treatment	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	Treat.	Soc. Cat.	Treat:Soc. Cat.
Ca (mg.L <sup>-1</sup> )	91.8	93.1	92.7	91.4	2.7	98.6	96.6	95.8	97.2	2.7	93.2	94.7	95.5	93.1	2.6	0.833	0.111	0.838
K (mg.L <sup>-1</sup> )	158.0	160.0	163.7	159.0	5.6	172.6	170.2	164.3	171.8	5.6	157.5	160.9	169.6	156.0	5.2	0.798	0.456	0.419
Mg (mg.L <sup>-1</sup> )	21.0	22.0	21.7	21.5	0.8	22.8	22.1	21.8	22.3	0.8	21.2	21.5	21.7	21.3	0.7	0.332	0.471	0.501
Na (g.L <sup>-1</sup> )	3.00	3.02	2.99	2.97	0.1	3.20	3.07	3.06	3.15	0.1	2.95	3.01	3.04	2.89	0.1	0.952	0.514	0.619
Ptot (mg.L <sup>-1</sup> )	131.7	130.5	127.5	125.3	5.5	145.3	137.3	134.5	141.6	5.5	127.3	133.8	132.5	130.4	5.2	0.384	0.115	0.108
Urea (mg.L <sup>-1</sup> )	214.2	225.5	214.2	221.9	9.9	204.6	205.1	199.1	208.3	9.9	211.2	218.1	233.0	215.1	9.2	0.641	0.781	0.476
Creatinine (mg.L <sup>-1</sup> )	9.8 <sup>ABab</sup>	10.1 <sup>ABab</sup>	10.2 <sup>Aa</sup>	9.8 <sup>Bb</sup>	0.2	9.8 <sup>Aba</sup>	9.9 <sup>ABa</sup>	9.7 <sup>Aa</sup>	9.7 <sup>Ba</sup>	0.2	10.0 <sup>ABab</sup>	9.9 <sup>ABb</sup>	10.3 <sup>Aa</sup>	10.0 <sup>Bab</sup>	0.2	<b>0.006</b>	0.970	<b>0.021</b>
Hematocrit (%)	27.6	28.4	28.0	27.5	0.5	27.7	28.2	27.7	28.0	0.5	28.3	28.1	28.4	28.3	0.5	0.524	0.716	0.636

<sup>A-B</sup>A difference in superscript letters within the same row indicates a significant post-hoc pairwise difference when the treatment-by-dominance interaction was significant ( $P < 0.05$ )

<sup>a-b</sup>A difference in superscript letters within the same row indicates a significant post-hoc pairwise difference when there was a significant effect of social dominance or the treatment-by-dominance interaction ( $P < 0.05$ )

<sup>1</sup>SEM = standard error of the mean

Mean plasma concentrations of Ca, K, Mg, Na, total P, and urea were  $94.6 (\pm 7.5)$  mg.L<sup>-1</sup>,  $164.2 (\pm 19.0)$  mg.L<sup>-1</sup>,  $21.9 (\pm 2.2)$  mg.L<sup>-1</sup>,  $3.0 (\pm 0.3)$  g.L<sup>-1</sup>,  $131.8 (\pm 17.1)$  mg.L<sup>-1</sup>, and  $229.3 (\pm 47.2)$  mg.L<sup>-1</sup>, respectively. There were no effects of the treatment, social dominance, or the treatment-by-dominance interaction in either the morning or evening samples (Table 3). In the evening samples, plasma creatinine concentrations were higher in the D2H treatment than in the D4H treatment ( $10.1 \pm 0.2$  mg.L<sup>-1</sup> vs.  $9.8 \pm 0.2$  mg.L<sup>-1</sup>;  $P_{\text{treatment}} = 0.023$ ). A further distinction was seen when comparing dominant and subordinate cows: for dominant cows, plasma creatinine concentrations were higher in the D2H treatment than in the D4H treatment and for subordinate cows, plasma creatinine concentrations were higher in the D2H treatment than in the HL treatment ( $P_{\text{treatment} \times \text{dominance}} = 0.021$ ). In the morning samples, hematocrit levels were higher in the HL treatment than in the D4H treatment ( $28.7 \pm 0.3\%$  vs.  $28.0 \pm 0.3\%$ ;  $P_{\text{treatment}} = 0.035$ ).

### **3.5. Milk Composition**

Table 4: Milk characteristics according to milking period (morning or evening), treatment, and social dominance category. The three social dominance categories (dominant = 12 cows, intermediate = 12 cows, and subordinate = 14 cows) were determined using the quartiles of the NormDSs calculated from the video-recorded replacements at the drinker during the HL treatment.

Soc. Cat.	MORNING															P-Value			
	DOMINANT (n = 12)					INTERMEDIATE (n = 12)					SUBORDINATE (n = 14)					Treat.	Soc. Cat.	Treat:Soc. Cat.	
	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM				
<sup>1</sup> Treatment	MY (L)	18.4	18.6	18.6	18.8	0.8	19.0	19.1	18.9	19.1	0.8	18.6	18.8	18.3	18.6	0.7	0.353	0.979	0.957
	Protein content (g.kg <sup>-1</sup> )	34.4	34.3	34.5	34.4	0.7	34.1	34.1	33.8	33.7	0.7	33.5	33.5	33.2	33.0	0.6	0.719	0.583	0.253
	Fat content (g.kg <sup>-1</sup> )	42.8 <sup>A</sup>	41.6 <sup>AB</sup>	41.7 <sup>B</sup>	41.3 <sup>B</sup>	1.6	41.8 <sup>A</sup>	39.3 <sup>AB</sup>	39.9 <sup>B</sup>	39.0 <sup>B</sup>	1.6	40.2 <sup>A</sup>	39.6 <sup>AB</sup>	38.6 <sup>B</sup>	38.9 <sup>B</sup>	1.5	<b>0.009</b>	0.399	0.871
	<sup>2</sup> SCS (no.L <sup>-1</sup> )	1.44	0.99	1.20	0.94	0.5	1.87	1.86	1.76	1.66	0.5	1.26	1.26	1.41	1.32	0.5	0.500	0.385	0.700
	Urea (mg.kg <sup>-1</sup> )	201.1 <sup>Bab</sup>	196.3 <sup>ABb</sup>	223.7 <sup>ABa</sup>	207.6 <sup>Aab</sup>	10.2	176.5 <sup>Ba</sup>	183.7 <sup>ABa</sup>	172.4 <sup>ABa</sup>	181.0 <sup>Aa</sup>	10.2	171.4 <sup>Bb</sup>	186.7 <sup>ABab</sup>	194.9 <sup>ABa</sup>	204.3 <sup>Aa</sup>	9.5	<b>0.038</b>	<b>0.071</b>	<b>0.034</b>
	<sup>3</sup> MIR Freezing point (°C)	0.522 <sup>A</sup>	0.518 <sup>B</sup>	0.521 <sup>AB</sup>	0.518 <sup>C</sup>	0.001	0.520 <sup>A</sup>	0.518 <sup>B</sup>	0.519 <sup>AB</sup>	0.516 <sup>C</sup>	0.001	0.522 <sup>A</sup>	0.520 <sup>B</sup>	0.519 <sup>AB</sup>	0.514 <sup>C</sup>	0.001	<b>&lt;0.0001</b>	0.557	0.224
Soc. Cat.	EVENING															P-Value			
	DOMINANT (n = 12)					INTERMEDIATE (n = 12)					SUBORDINATE (n = 14)					Treat.	Soc. Cat.	Treat:Soc. Cat.	
	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM	CTRL	HL	D2H	D4H	SEM				
<sup>1</sup> Treatment	MY (L)	9.6	10.0	9.9	9.9	0.5	10.2	10.2	10.1	10.1	0.5	10.1	10.2	10.0	10.0	0.4	0.312	0.714	0.688
	Protein content (g.kg <sup>-1</sup> )	34.1	34.4	34.4	34.4	0.7	34.1	33.9	33.8	33.5	0.7	33.5	33.4	33.3	32.9	0.6	0.475	0.762	0.168
	Fat content (g.kg <sup>-1</sup> )	52.5	51.7	52.4	52.1	1.8	48.4	48.9	48.0	47.8	1.8	46.3	47.5	47.7	47.6	1.7	0.778	<b>0.097</b>	0.663
	<sup>2</sup> SCS (no.L <sup>-1</sup> )	2.39	1.79	1.70	1.82	0.5	2.42	2.66	2.33	2.26	0.5	2.09	1.96	2.08	2.07	0.5	0.197	0.670	0.149
	Urea (mg.kg <sup>-1</sup> )	188.3 <sup>a</sup>	182.3 <sup>a</sup>	192.9 <sup>a</sup>	182.4 <sup>a</sup>	10.4	161.9 <sup>a</sup>	155.3 <sup>a</sup>	155.4 <sup>a</sup>	166.8 <sup>a</sup>	10.4	171.4 <sup>ab</sup>	166.1 <sup>b</sup>	192.1 <sup>ab</sup>	194.7 <sup>a</sup>	9.7	0.731	0.190	<b>0.038</b>
	<sup>3</sup> MIR Freezing point (-°C)	0.524 <sup>A</sup>	0.519 <sup>B</sup>	0.520 <sup>B</sup>	0.518 <sup>B</sup>	0.001	0.521 <sup>A</sup>	0.516 <sup>B</sup>	0.518 <sup>B</sup>	0.518 <sup>B</sup>	0.001	0.522 <sup>A</sup>	0.517 <sup>B</sup>	0.519 <sup>B</sup>	0.517 <sup>B</sup>	0.001	<b>&lt;0.0001</b>	0.324	0.849
	<sup>4</sup> EC Freezing point (-°C)	0.526 <sup>A</sup>	0.522 <sup>B</sup>	0.523 <sup>AB</sup>	0.520 <sup>B</sup>	0.001	0.523 <sup>A</sup>	0.519 <sup>B</sup>	0.521 <sup>AB</sup>	0.520 <sup>B</sup>	0.001	0.524 <sup>A</sup>	0.519 <sup>B</sup>	0.522 <sup>AB</sup>	0.520 <sup>B</sup>	0.001	<b>&lt;0.0001</b>	0.368	0.665

<sup>A-B</sup>A difference in superscript letters within the same row indicates a significant post-hoc pairwise difference when the treatment-by-dominance interaction was significant ( $P < 0.05$ )

<sup>a-b</sup>A difference in superscript letters within the same row indicates a significant post-hoc pairwise difference when there was a significant effect of social dominance or the treatment-by-dominance interaction ( $P < 0.05$ )

<sup>1</sup>SEM = standard error of the mean

<sup>2</sup>SCS = somatic cell score ( $= \log_2(\text{SCC}/100000) + 3$ , where SCC is the cells per L; Shook et al., 2017)

<sup>3</sup>Freezing point was measured using mid-infrared spectrophotometry (MyLab). Freezing point values are negative.

<sup>4</sup>Freezing point was measured using electronic cryoscopy (standard method). Freezing point values are negative.

The daily protein content, fat content, and SCS of the cows' milk were  $33.8 (\pm 2.3) \text{ g.kg}^{-1}$ ,  $44.6 (\pm 7.4) \text{ g.kg}^{-1}$  and  $1.78 \times 10^3 (\pm 1.48) \text{ L}^{-1}$ , respectively. In the morning and evening samples, neither protein content nor SCS were affected by treatment or social dominance. For the morning samples, fat content was lower in the D2H and D4H treatments than in the CTRL treatment ( $39.8 \pm 0.9 \text{ g.kg}^{-1}$  and  $39.6 \pm 0.6 \text{ g.kg}^{-1}$  vs.  $41.4 \pm 0.9 \text{ g.kg}^{-1}$ ;  $P_{\text{treatment}} = 0.009$ ); freezing point was higher in the D4H treatment than in the HL treatment, and the freezing point was higher for both compared to in the CTRL treatment ( $-0.516^\circ\text{C}$  vs.  $-0.519^\circ\text{C}$  vs.  $-0.521^\circ\text{C}$ ;  $\text{SEM} = 0.7$ ;  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ ). For the evening samples, the freezing point (as measured via both methods) was higher in the HL, D2H, and D4H treatments than in the CTRL treatment ( $-0.518^\circ\text{C}$  vs.  $-0.522^\circ\text{C}$ ;  $\text{SEM} = 0.8$ ;  $P_{\text{treatment}} < 0.0001$ ). In the morning samples, the milk of dominant cows had a higher urea content in the D2H treatment than in the HL treatment ( $224 \text{ mg.kg}^{-1}$  vs.  $196 \text{ mg.kg}^{-1}$ ;  $\text{SEM} = 10.1$ ;  $P_{\text{treatment} \times \text{dominance}} = 0.034$ ). Also in the morning samples, the milk of subordinate cows had a higher urea content in the D2H and D4H treatments than in the CTRL treatment ( $200 \text{ mg.kg}^{-1}$  vs.  $171 \text{ mg.kg}^{-1}$ ;  $\text{SEM} = 9.4$ ;  $P_{\text{treatment} \times \text{dominance}} = 0.034$ ). In the evening samples, the milk of subordinate cows had a higher urea content in the D4H treatment than in the HL treatment ( $194 \text{ mg.kg}^{-1}$  vs.  $167 \text{ mg.kg}^{-1}$ ;  $\text{SEM} = 9.6$ ;  $P_{\text{treatment} \times \text{dominance}} = 0.038$ ). No other differences were seen among social dominance categories.

## ***4-Discussion***

In this study, we explored how dairy cows were affected by three types of temporary water restrictions (HL, D2H, and D4H treatments), which were designed to mimic the restriction situations that commonly occur on dairy farms. It is important to note that the cows used in the experiment were already accustomed to 2-h water restrictions, during which they were blocked at the feed fence after milking. While we had 1 drinker per 10 cows, in line with animal welfare guidelines (NRC, 2001; Welfare Quality®, 2009), the pens did not contain 2 drinkers, as recommended by the Welfare Quality® protocol (2009). This fact may have exacerbated some of the effects we observed.

An important finding of our study is that the cows managed to drink the same daily amount of water, regardless of restriction type or level of social dominance. They accomplished this task by adapting their drinking behavior, by increasing their drinking



rate to compensate for the reduction in drinking time, increasing their number of visits to the drinker, and increasing their water intake per bout to compensate for the reduction in the daily number of drinking bouts. These adaptive responses were more pronounced in the D4H treatment but could also be observed in the D2H and HL treatments. Our results are consistent with those of previous studies on drinking behavior, where cows (Nizzi et al., 2023) and goats (Ehrlenbruch et al. 2010) drank faster when facing greater competition for water resources.

Although we did not see an effect of the temporary water restrictions on daily water consumption or eating time, there was an influence on daily lying and resting times, as well as on the distribution of drinking, eating, resting, and lying behaviors across the day, which were related to the timing of drinker reopening post milking. Temporary water restrictions thus seem to act as at least a disturbance, if not a significant inconvenience. Restricting access to the drinker until 2 and 4 hours after milking (D2H and D4H treatment, respectively), probably forced the cows to get up to drink, which could be the reason for the later, intermediate-sized peak (associated with standing). This hypothesis is supported by the fact that, for the cows in the CTRL and HL treatments, there was no sequence of rest followed by eating; instead, eating mainly peaked following the milking and fresh feed delivery, a common pattern when access to water is not restricted (Cardot et al., 2008; DeVries and von Keyserlingk, 2006, 2009). These water-restriction-related perturbations in daily resting and lying dynamics were more pronounced for cows of intermediate social dominance. We can assume that the latter cows engage in more social interactions with each other than do cows in other social categories, for which hierarchical positions are clearer.

The daily lying times we observed ( $9.2 \text{ h.d}^{-1}$ ) were somewhat lower than those seen in other studies using lactating cows exposed to similar conditions ( $11.9 \text{ h.d}^{-1}$  in Gomez and Cook, 2010, and  $11.9 \text{ h.d}^{-1}$  in Bewley et al., 2010). Methodological choices may explain these differences. Gomez and Cook (2010) used continuous video monitoring over a 24-h period, and Bewley et al. (2010) attached an accelerometer to one of the hind legs of each cow. Our accelerometer data allowed us to distinguish between resting and lying time and also appeared to record activity well: picking up on behavioral constraints and reflecting hourly drinking patterns (Murphy, 1992). Our accelerometer also recorded other activities that could not be classified, whose mean daily duration was appreciable ( $171 \pm$

17 min.d<sup>-1</sup>). It is possible that these other activities included bouts of lying that were difficult to classify as such, which could explain the relatively lower lying times in our experiment.

We hypothesized that the temporary water restrictions would have a more detrimental effect on the most subordinate cows. Although social dominance had no effect on water intake or drinking behavior, it did influence resting and lying time. We also observed that, in the most restrictive treatment (D4H), the subordinate and intermediate cows made more frequent, shorter visits to the drinker. One reason for this pattern could be that they were more often replaced by more dominant cows. Additionally, we saw that, in the D2H treatment, subordinate cows had shorter, less interrupted drinking bouts than did cows in other social categories. One interpretation could be that this treatment, which was less restrictive than the D4H treatment, allowed the subordinate cows to delay their visits to the drinker until after the other cows had satiated their thirst. One reason why these delays were not apparent in the daily water intake dynamics could be that the hourly scale is too rough to catch a voluntary delay of an activity lasting about 4 min.d<sup>-1</sup>. Some of these observations parallel those of Olofsson (1999), who explored the consequences of induced feed competition. More specifically, it was seen that cows reduced their time spent at the feeder, increased their feeding rate, and may have been the object of aggressive behavior by other cows at the feeder. Several studies have found that subordinate cows experience more aggression during heightened competition for feed (Huzzey et al., 2006; Val-Laillet et al., 2008; Proudfoot et al., 2009). Our study indicates that similar dynamics could be occurring in relation to water resources, albeit in a milder form because, on a daily basis, less time is spent drinking than eating and, provided that watering equipment recommendations have been followed, subordinate cows can delay drinking. In our study, the subordinate cows were predominantly primiparous and thus of lower BW than the cows in the other dominance categories, another point of similarity with past studies (Collis et al., 1979; Grant and Albright, 2001).

Analyses of drinking patterns are influenced by the way in which drinking visits are defined (Andersson, 1984). The grouping of drinking visits into drinking bouts aims to deal with the fact that drinking sessions can be interrupted by biological satiation or various disturbances (Tolkamp et al., 1998). While the number of visits to the drinker may depend on watering equipment availability and rearing conditions, the number of

drinking bouts is a more repeatable criterion that is also more strongly correlated with other relevant variables, such as ruminal temperature (as measured with rumen boluses) and metrics of physiological dehydration. In this study, the value of the drinking bout criterion was 795 s (= 13.3 min), which is similar to that in Huzzey et al. (2005), who used a similar method to ours (DeVries et al., 2003). In Huzzey et al. (2005), the mean value of the drinking bout criterion was 5.27 min (range: 1.3 and 33.3 min) in transition cows. The mean daily number of bouts we observed (4.5 bouts) was also similar to the figures obtained by Huzzey et al. (2005):  $6.6 \pm 0.4$  bouts/d before calving and  $9.5 \pm 0.4$  bouts/d after calving. That said, the value of our drinking bout criterion was much higher than the values obtained in other studies, which may be explained by differences in calculation methods and rearing conditions. For example, in Melin et al. (2005), the value of the drinking bout criterion was 3.7 min, but their housing conditions induced less competition for drinkers than ours did because they used an AMS, and thus there was no post-milking peak in drinking nor was there fresh feed delivery (Melin et al., 2005). We can imagine that such circumstances would have limited the number of drinking interruptions associated with competition for drinkers. In Dado and Allen (1993), the value of the drinking bout criterion was 4.0 min, but cows were housed in tie stalls and faced no competition for drinkers (Dado and Allen, 1993); this study found that the mean number of daily drinking bouts was 14.0 and that mean water intake per bout was 6.4 L. In our study, this latter figure was more than three times higher, 21 L/bout. However, this number is consistent with the more than three-fold difference in our drinking bout criterion value compared to theirs.

In our study, the cows were not dehydrated, based on the bioindicators we measured (i.e., hematocrit levels and plasma concentrations of creatinine, sodium, and urea). Indeed, we observed that the cows' blood remained relatively diluted even in the most restrictive treatment (D4H), in which morning hematocrit levels were lower than they were in the HL treatment and evening creatinine concentrations were higher than in the D2H treatment. These results may have arisen from the late drinking peak in the D4H treatment, which could reasonably have resulted in a state of blood dilution before milking. Wheelock et al. (1965) showed that long drinking bouts can affect blood osmolality for several hours after drinking, with the lowest values being reached after 3 to 4 h. Our choice of dehydration indicators was guided by Silanikove and Tadmor (1989) and Steiger-Burgos et al. (2001). Compared to these studies, our study found very low

levels of variation in these indicators, which may stem from the fact that daily water intake did not vary among treatments. In contrast, in both Silanikove and Tadmor (1989) and Steiger-Burgos et al. (2001), cows experienced quantitatively severe water restrictions.

Additionally, we observed differences in milk freezing point indicative of differences in milk dilution between the water restriction treatments and the control treatment. This pattern seems consistent with the idea that body fluids are diluted before milking and specifically reflect the later or more dispersed drinking peaks seen in the water restriction treatments. It is well established that late premilking drinking peaks have an effect on milk freezing point (Wheelock et al., 1965; Bjerg et al., 2005), although the milk freezing point values we observed were low compared to France's thresholds for penalizing suspected milk watering (i.e., around  $-0.506$  °C and  $-0.502$  °C, depending on the area). It is also known that drinking water restrictions increase the urea content of milk (Spek et al., 2013). In our study, the results for milk urea levels were less clear than those for milk freezing point. That said, they could indicate that, in the more restrictive treatments (D2H, D4H), subordinate cows had less access to the drinker in the morning than did other cows. Such was not observed in the results for hourly water intake, likely because of the resolution issue mentioned previously. However, the question remains as to why the treatment-by-dominance interaction observed in the milk urea results was not observed in the plasma urea results. It is possible that the accumulation of milk in the mammary cisterna results in a form of partial integration of variation in plasma urea concentrations for a few hours.

The number of replacements seen in each group of cows varied widely, resulting in contrasting normDS ranges within the social dominance hierarchies. The group with the highest number of replacements also had the lowest range of NormDSs, making it difficult to identify the most dominant and most subordinate cows. This result is consistent with what was seen by Sheng et al. (2022) and Foris et al. (2023): for dairy cows, the higher the number of replacements at the feeder, the flatter the established social dominance hierarchy, and the harder it was to distinguish between dominant and subordinate cows. One explanation could be that certain cows, in combination, exacerbate negative interactions within the group ( Foris et al., 2019a). In our experiment, the four groups were reared under the same conditions, and thus variation in the THI cannot explain the

differences in the NormDS ranges between groups (INRA, 2018). We characterized the groups' social dominance hierarchies exclusively based on replacements during the HL treatment, given that the latter reflected the rearing conditions experienced by the cows prior to the experiment. However, those data might not have accurately reflected the social dominance hierarchy that could have been established if we had used replacements obtained during all four treatments. We assumed that the social dominance hierarchies would be shaped more by the cows moving from the initial herd to the four groups than by the water restriction treatments. For this reason, we also waited 2 weeks after cow allocation to the groups before characterizing the social dominance hierarchy in the first group. The literature suggests a stable hierarchy is established after 3 days (Kondo and Hurnik, 1990). During each HL treatment period, we waited 3 days before determining the group's social dominance hierarchy, except in the case of group C as discussed in the methods (Sánchez-Tójar et al., 2018). In general, we consider that the effects on our results were minor, given that group allocations were stable throughout our experiment and that the cows had experienced the conditions like those of the HL treatment prior to the experiment.

## ***5-Conclusion***

Our experimental results show that, when cows are in facilities containing the recommended number of drinkers and experience thermoneutral conditions, they are able to drink the same amount of water regardless of milking-related temporary water restrictions or social dominance. Such is possible because cows can adapt their drinking behavior to the level of water restriction. Their responses include drinking faster, spending less time at the drinker, and engaging in fewer but longer drinking bouts. That said, it appears that temporary water restrictions can perturb resting and lying time. In particular, at the highest level of restriction, subordinate cows increased their number of visits to the drinker, while the dominant cows were able to better maintain their lying time. In conclusion, although milking practices that restrict water access are unlikely to affect water intake, they may have a negative impact on resting periods, with consequences for cow health and welfare that remain to be assessed.

### ***Acknowledgments***

The authors thank the company La Buvette© for helping to fund the study. They also thank the staff of the UMR PEGASE for the help with the experiment: Carole Guérin and Patrick Touanel provided technical assistance (camera installation and video recordings); Maryline Lemarchand, Sabrina Philau, and Adeline Chauvin assisted with the blood and milk analyses in the lab; and Philippe Lamberton, Valentin Avignon, Marine Bouhours, Gaël Boulet, Aline Le Croizier, Mathieu Guilloux, Antoine De Miniac, Arnaud Mottin, Joseph Orinel, Jean Parois, Françoise Pichot, and Patrick Pichot of the Méjussaume Experimental Farm were involved in animal feeding and care.

### ***Declaration of interests***

The authors declare no conflict of interest

## 6-References

- Andersson, M., J. Schaar, and H. Wiktorsson. 1984. Effects of drinking water flow rates and social rank on performance and drinking behaviour of tied-up dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 11:599–610. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(84\)90074-5](https://doi.org/10.1016/0301-6226(84)90074-5).
- ANSES. 2018. Avis de l'Anses relatif au « Bien-être animal : contexte, définition et évaluation ».
- Bewley, J. M., R. E. Boyce, J. Hockin, L. Munksgaard, S. D. Eicher, M. E. Einstein, and M. M. Schutz. 2010. Influence of milk yield, stage of lactation, and body condition on dairy cattle lying behaviour measured using an automated activity monitoring sensor. *J. Dairy. Res.* 77:1–6. <https://doi.org/10.1017/S0022029909990227>.
- Bjerg, M., M. D. Rasmussen, and M. O. Nielsen. 2005. Changes in freezing point of blood and milk during dehydration and rehydration in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 88:3174–3185.
- Boudon, A., V. Cardot, M. Raymond, Q. Carré, and J. Lassalas. 2019. Validation of a monitoring system of individual drinking behavior for dairy cows housed in loose housing barn. The XIIIth International Symposium on Ruminant Physiology, Leipzig, Germany.
- de Boyer Des Roches, A., L. Mounier, M. Coignard, N. Bareille, R. Guatteo, and I. Veissier. 2012. Bien - être animal en élevage laitier : Problèmes majeurs rencontrés et relation avec certaines caractéristiques des fermes. *Renc. Rech. Ruminants.* Paris, France. 19:277-280.
- Cardot, V., Y. Le Roux, and S. Jurjanz. 2008. Drinking behavior of lactating dairy cows and prediction of their water intake. *J. Dairy Sci.* 91:2257–2264. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0204>.
- Coimbra, P., L. Pinheiro Machado Filho, and M.J. Hötzel. 2012. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behavior of cows on pasture. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 139:175–182. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.04.009>.

- Collis, K. A., S. J. Kay, A. J. Grant, and A. J. Quick. 1979. The effect on social organization and milk production of minor group alterations in dairy cattle. *Appl. Anim. Ethol.* 5:103–111. [https://doi.org/10.1016/0304-3762\(79\)90082-8](https://doi.org/10.1016/0304-3762(79)90082-8).
- Dado, R. G., and M. S. Allen. 1994. Variation in and relationships among feeding, chewing and drinking variables for lactating dairy-Cows. *J. Dairy Sci.* 77:132–144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)76936-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76936-8).
- Dado, R. G., and M. S. Allen. 1993. Continuous computer acquisition of feed and water intakes, chewing, reticular motility, and ruminal pH of cattle. *J. Dairy Sci.* 76:1589–1600. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77492-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77492-5).
- DeVries, T. J., S. Dufour, and D. T. Scholl. 2010. Relationship between feeding strategy, lying behavior patterns, and incidence of intramammary infection in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:1987–1997. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2692>.
- DeVries, T. J., and M. A. G. von Keyserlingk. 2009. Competition for feed affects the feeding behavior of growing dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 92:3922–3929. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1934>.
- DeVries, T. J., and M. A. G. von Keyserlingk. 2006. Feed stalls affect the social and feeding behavior of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3522–31. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72392-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72392-X).
- DeVries, T. J., M. A. G. von Keyserlingk, D. M. Weary, and K. A. Beauchemin. 2003. Measuring the feeding behavior of lactating dairy cows in early to peak lactation. *J. Dairy Sci.* 86:3354–3361. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73938-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73938-1).
- Dobson, A.J. 1990. *An Introduction to Generalized Linear Models*. Springer US, Boston, MA.
- Ehrlenbruch, R., T. Pollen, I. L. Andersen, and K. E. Bøe. 2010. Competition for water at feeding time—The effect of increasing number of individuals per water dispenser. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 126:105–108. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.06.004>.
- Farm Animal Welfare Council. 1979
- Foris, B., B. Vandresen, K. Sheng, J. Krahn, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2023. Automated, longitudinal measures of drinking behavior provide insights into the



- social hierarchy in dairy cows. *JDS Commun.* <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0487>.
- Foris, B., M. Zebunke, J. Langbein, and N. Melzer. 2019. Comprehensive analysis of affiliative and agonistic social networks in lactating dairy cattle groups. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 210:60–67. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.10.016>.
- Gomez, A., and N. B. Cook. 2010. Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. *J. Dairy Sci.* 93:5772–5781. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3436>.
- Grant, R. J., and J. L. Albright. 2001. Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 84:E156–E163. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70210-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70210-X).
- Horvath, K. C., and E. K. Miller-Cushon. 2019. Characterizing grooming behavior patterns and the influence of brush access on the behavior of group-housed dairy calves. *J. Dairy Sci.* 102:3421–3430. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15460>.
- Huzzey, J. M., T. J. DeVries, P. Valois, and M. A. G. von Keyserlingk. 2006. Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:126–133. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72075-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72075-6).
- Huzzey, J. M., M. A. G. von Keyserlingk, and D. M. Weary. 2005. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *J. Dairy Sci.* 88:2454–2461. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72923-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72923-4).
- INRA, 2018. INRA feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 640 pp. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-872-8>.
- Jensen, M. B., and M. Vestergaard. 2021. Invited review: Freedom from thirst-Do dairy cows and calves have sufficient access to drinking water? *J. Dairy Sci.* 104:11368–11385. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20487>.
- Kendall, P. E., and J. R. Webster. 2009. Season and physiological status affects the circadian body temperature rhythm of dairy cows. *Livest.* 125:155–160. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.004>.
- Kondo, S., and J. F. Hurnik. 1990. Stabilization of social hierarchy in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 27:287–297. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90125-W](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90125-W).

- Kuznetsova, A., P. B. Brockhoff, and R. H. B. Christensen. 2017. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *J. Stat. Softw.* 82:1–26. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>.
- Little, W., K. Collis, P. Gleed, B. Sansom, W. Allen, and A. Quick. 1980. Effect of reduced water intake by lactating dairy cows on behaviour, milk yield and blood composition. *Vet. Rec.* 106:547–551. <https://doi.org/10.1136/vr.106.26.547>.
- Melin, M., H. Wiktorsson, and L. Norell. 2005. Analysis of feeding and drinking patterns of dairy cows in two cow traffic situations in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.* 88:71–85. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72664-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72664-3).
- Murphy, M. R. 1992. Water metabolism of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 75:326–333. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77768-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77768-6).
- Nizzi, E., B. Foris, J. Lassalas, C. Hurtaud, and A. Boudon. 2024. Monitoring individual drinking behaviour and the social hierarchy in dairy cows using electronic drinkers. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 106218. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2024.106218>.
- Nizzi, E., C. Hurtaud, and A. Boudon. 2023. Interaction between drinker density and cow social dominance affects drinking behavior. *JDS Commun.* <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0479>.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*. National Academies Press, Washington, D.C. <https://doi.org/10.17226/9825>.
- Olofsson, J. 1999. Competition for total mixed diets fed for ad libitum intake using one or four cows per feeding station. *J. Dairy Sci.* 82:69-79. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75210-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75210-0)
- Peeler, E. J., M. J. Green, J. L. Fitzpatrick, K. L. Morgan, and L. E. Green. 2000. Risk factors associated with clinical mastitis in low somatic cell count British dairy herds. *J Dairy Sci* 83:2464–2472. [https://10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75138-1](https://10.3168/jds.S0022-0302(00)75138-1).
- Proudfoot, K. L., D. M. Veira, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2009. Competition at the feed bunk changes the feeding, standing, and social behavior of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:3116–3123. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1718>.

- R Core Team. 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sánchez-Tójar, A., J. Schroeder, D. R. Farine. 2018. A practical guide for inferring reliable dominance hierarchies and estimating their uncertainty. *J. Anim. Ecol.* 87:594–608. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12776>.
- Senn, M., S. Gross-Lüem, A. Kaufmann, and W. Langhans. 1996. Effect of water deprivation on eating patterns of lactating cows fed grass and corn pellets ad lib. *Physiol. Behav.* 60:1413–1418. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(96\)00304-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(96)00304-6).
- Sheng, K., B. Foris, J. Krahn, D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2022. The effects of competition at the feeder on dominance in dairy cows. EAAP – 73rd Annual Meeting, Porto, Portugal. 62:634.
- Shook, G. E., R. L. B. Kirk, F. L. Welcome, Y. H. Schukken, and P. L. Ruegg. 2017. Relationship between intramammary infection prevalence and somatic cell score in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.* 100:9691–9701. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12810>.
- Silanikove, N. 1989. Interrelationships between water, food and digestible energy intake in desert and temperate goats. *Appetite* 12:163–170. [https://doi.org/10.1016/0195-6663\(89\)90114-1](https://doi.org/10.1016/0195-6663(89)90114-1).
- Spek, J. W., J. Dijkstra, G. Van Duinkerken, and A. Bannink. 2013. A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urinary urea excretion in lactating dairy cattle. *J. Agric. Sci.* 151:407–423. <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859612000561>.
- Steiger-Burgos, M., M. Senn, F. Sutter, M. Kreuzer, and W. Langhans. 2001. Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *Am. J. Physiol.-Regul. Integr. Comp. Physiol.* 280:R418–R427. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2001.280.2.R418>.
- Tolkamp, B. J., D. J. Allcroft, E. J. Austin, B. L. Nielsen, and I. Kyriazakis. 1998. Satiety splits feeding behaviour into bouts. *J. Theor. Biol.* 194:235–250. <https://doi.org/10.1006/jtbi.1998.0759>.
- Val-Laillet, D., A. M. Passillé, J. Rushen, and M. A. G. von Keyserlingk. 2008. The concept of social dominance and the social distribution of feeding-related displacements

between cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 111:158–172.  
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.06.001>.

de Vries, H., J. M. G. Stevens, and H. Vervaecke. 2006. Measuring and testing the steepness of dominance hierarchies. *Anim. Behav.* 71:585–592.  
<https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.05.015>.

Watters, M. E. A., H. W. Barkema, K. E. Leslie, M. A. G. von Keyserlingk, and T. J. DeVries. 2014. Relationship between postmilking standing duration and risk of intramammary infection in freestall-housed dairy cows milked 3 times per day. *J. Dairy Sci.* 97:3456–3471. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7381>.

Welfare Quality®. 2009. Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle (Fattening Cattle, Dairy Cows, Veal Calves). Welfare Quality® consortium.

Wheelock, J. V., J. A. F. Rook, and F. H. Dodd. 1965. The relationship in the cow between the osmotic pressure of milk and of blood. *J. Dairy Res.* 32:79–88.  
<https://doi.org/10.1017/S0022029900018392>.



# Discussion générale

Les quatre études menées au cours de ma thèse ont permis de valider la pertinence d'utiliser les données issues des abreuvoirs connectés pour caractériser la hiérarchie de dominance des vaches au sein de leur groupe. Elles ont aussi permis de montrer que les comportements d'abreuvement des vaches varient selon leur catégorie sociale, et selon la présence ou non de contraintes sur l'accès aux abreuvoirs. L'objectif de cette discussion générale va être de mettre en perspective les résultats de nos expérimentations, obtenus en fermes expérimentales avec des abreuvoirs connectés, afin d'apporter des éléments de réponse pour mieux définir les critères d'évaluation de l'absence de soif des animaux. Il s'agira notamment de mieux prendre en compte dans ces critères les effets de la hiérarchie de dominance et de l'hétérogénéité de réponse des animaux au sein du troupeau. Cette discussion va s'articuler autour de trois parties qui reprennent chacune une des 3 sous-questions définies dans la stratégie de thèse.



# **1-Comment caractériser la hiérarchie de dominance de façon rapide avec des abreuvoirs connectés ?**

L'expérimentation décrite dans le chapitre 1 met en évidence l'importance de certaines considérations méthodologiques pour caractériser la hiérarchie de dominance au sein d'un groupe de vaches. Son objectif principal était de caractériser la hiérarchie de dominance des vaches sur la base des remplacements aux abreuvoirs et de déterminer si elle pouvait faire sens pour comprendre la variabilité individuelle du comportement d'abreuvement. L'avantage d'une hiérarchie de dominance ainsi mesurée est qu'elle peut être obtenue sans recours à des analyses vidéo ou des observations directes très contraignantes.

Cette expérimentation a été intégralement réalisée au sein de la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE (IE PL, <https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68>, 35650 Le Rheu, Bretagne, France). On se demandera si les conditions d'élevage propres à cette ferme expérimentale ont pu entraîner des spécificités dans les comportements sociaux et d'abreuvement qui pourraient questionner l'extrapolation de nos résultats à d'autres fermes pouvant être équipées d'abreuvoirs connectés.

## **1.1- La hiérarchie de dominance mesurée dépend des choix méthodologiques faits**

### **1.1-1. Le type d'interaction enregistrée**

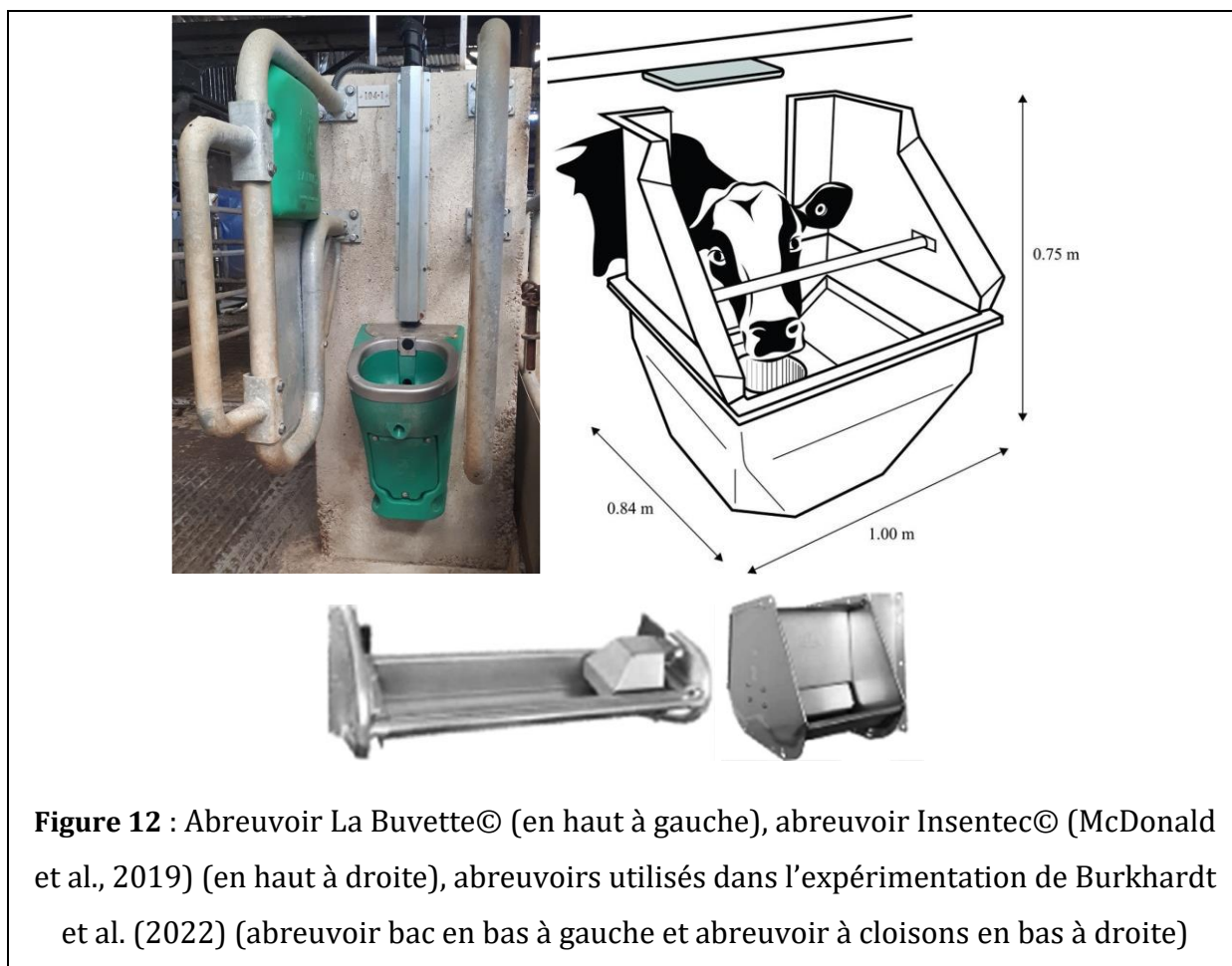
La conception même des abreuvoirs utilisés dans nos essais définit la nature des interactions prises en compte. Nous avons utilisé pour l'expérimentation du chapitre 1 un éthogramme basé sur les 4 interactions agonistiques décrites par Dickson et al. (1967), à savoir les coups de tête, les coups de corps, les combats tête contre tête, et les menaces/évitements. Nous avons également identifié un dernier type d'interaction agonistique, le remplacement, décrit par Foris et al. (2019a), qui est issu de la finalité d'une interaction agonistique mise en œuvre lors de l'accès à une ressource (aliment, eau, brosse). Sur la base de l'enregistrement de ces 5 interactions agonistiques, nous avons constaté que les hiérarchies mesurées aux abreuvoirs, et hors des abreuvoirs, étaient très différentes, ce qui est sans doute à mettre en relation avec la nature des interactions entre les deux types



d'emplacement. Plus spécifiquement, nous n'avons pas observé de combats entre les vaches, ni d'interactions de menace et d'évitement aux abreuvoirs alors que nous en avons enregistré hors abreuvoirs. La conception même de l'abreuvoir La Buvette© , de par ses cloisons de chaque côté pour isoler les vaches individuellement lors de l'abreuvement, a sans doute éliminé toute possibilité d'interactions de menace et évitement quand les vaches buvaient (Nizzi et al., 2023). On peut imaginer que cela aurait aussi été le cas avec un modèle concurrent d'abreuvoir connecté, à savoir celui de Insentec© équipé de portillons électroniques (Foris et al., 2019a) (Figure 12). Par contre, ce type d'interactions aurait été visible pendant l'abreuvement dans des études basées sur des bacs à eau. En effet, Burkhardt et al. (2022) ont comparé les types d'interactions agonistiques enregistrées à deux types d'abreuvoirs (Figure 12). Les auteurs ont noté une proportion plus élevée d'interruptions de l'abreuvement sur les abreuvoirs bacs plutôt que sur les abreuvoirs équipés de cloisons, en raison d'un plus grand nombre d'interactions agonistiques trouvées à ces abreuvoirs bacs. Les auteurs ne mentionnent pas clairement dans leur éthogramme des interactions de menace et évitement mais ils décrivent avoir enregistré des déplacements, des coups de tête et des coups de corps. On peut donc supposer que les menaces et évitements ont pu être enregistrés dans ce qu'ils appellent les déplacements.

Nous n'avons considéré dans l'étude du chapitre 1 que les interactions de type agonistique mais notre approche mériterait d'être enrichie dans de prochaines études. La prise en compte d'interactions positives aurait sans doute donné une vision plus complète du réseau social installé au sein du groupe de vaches (Foris et al., 2019b). De même, la prise en compte des tentatives de déplacements échouées quand une vache tente d'en déplacer ou de remplacer une autre à une ressource, est une information que nous n'avons pas pris la peine d'analyser. Elle est par ailleurs rarement analysée dans les études publiées (Foris et al., 2021; Huzzey et al., 2012), sans doute parce qu'elle est difficile à exploiter alors qu'elle pourrait apporter des éléments d'interprétation complémentaire de la hiérarchie de dominance. Foris et al. (2021) ont émis l'hypothèse que les tentatives de déplacements échouées pourraient provenir du fait que les vaches ont réussi à défendre la ressource lorsqu'elles ont été attaquées par un animal plus subordonné. Ainsi, on peut imaginer qu'une vache qui cède sa place après dix tentatives de déplacements à l'abreuvoir initiées par une autre vache, a un succès compétitif plus élevé qu'une vache qui cède sa place après deux coups de tête. Enfin, comme l'expliquent Foris et al. (2021), nous avons pu noter que

la finalité de certains remplacements pouvait être due au phénomène de satiété de l'animal remplacé, qui va donc moins défendre sa ressource. Dans ce type de situation, on pourrait considérer que le remplacement enregistré est finalement peu informatif sur les liens de dominance. Le positionnement des remplacements serait donc à pondérer selon qu'ils interviennent ou non à la fin d'une séquence d'abreuvement (Huzzey et al., 2005) pour l'animal remplacé.

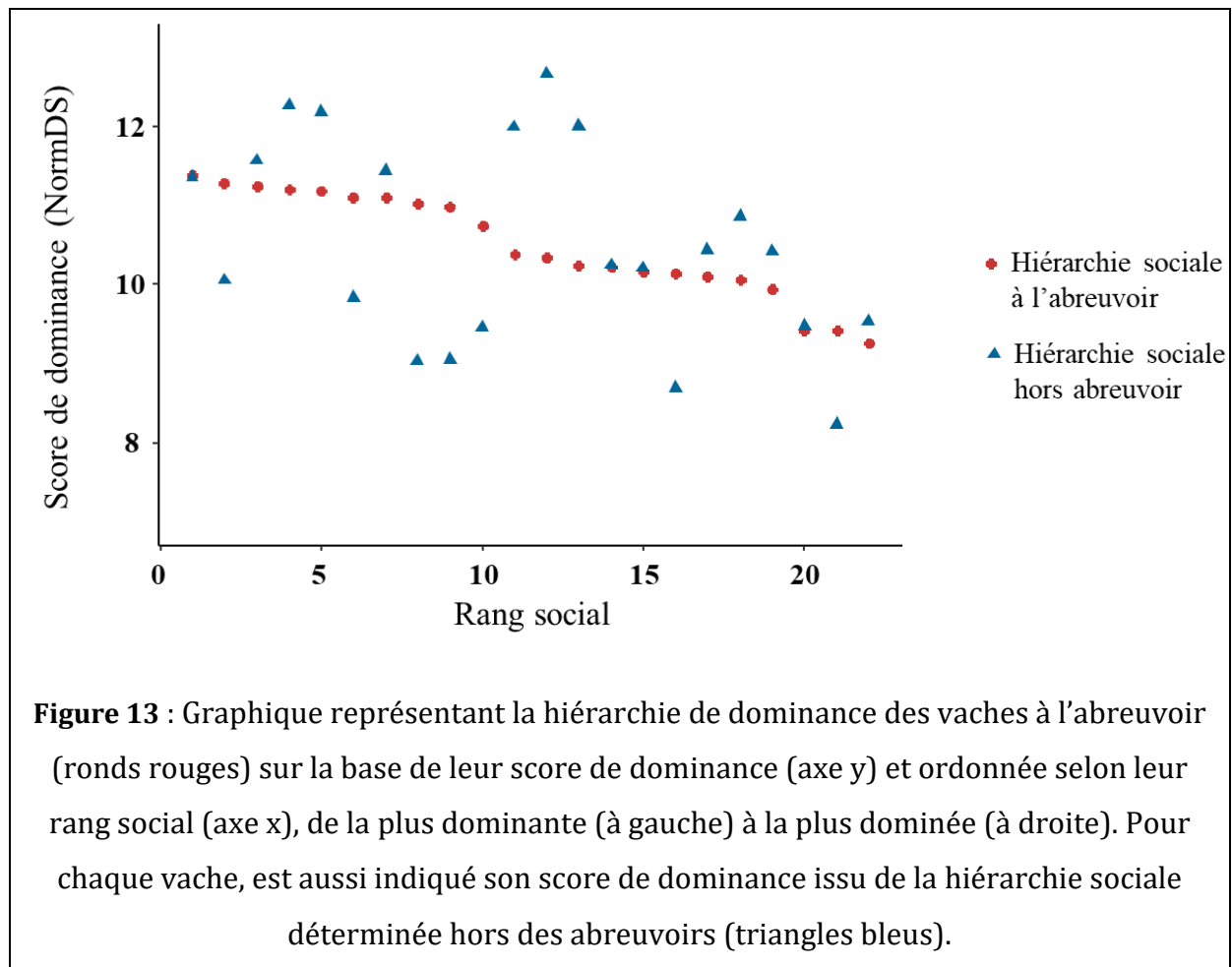


### 1.1-2. La zone d'interaction déterminée

Dans l'expérimentation du chapitre 1, nous avons observé que, selon la zone d'enregistrement des interactions agonistiques, les hiérarchies sociales déterminées pouvaient être très différentes. La figure 13 illustre les scores de dominance des vaches à l'abreuvoir et hors de l'abreuvoir. Un point rouge et un triangle bleu sur la même ligne verticale appartiennent à la même vache. Les vaches sont classées selon leur rang social issu de la hiérarchie de dominance établie à l'abreuvoir (rang 1 = la plus dominante, rang

22 = la plus subordonnée). Cette figure illustre que, d'une part, les vaches ont des scores de dominance plus étendus dans la hiérarchie hors abreuvoir, et que, d'autre part, le rang social des vaches varie énormément selon la zone étudiée. Par exemple, la vache la plus dominante et la vache la plus subordonnée à l'abreuvoir sont des vaches intermédiaires dans la hiérarchie hors abreuvoir. Une étude récente de Foris et al. (2023) a aussi mis en évidence que les scores de dominance d'une même vache aux abreuvoirs et aux auges sont modérément corrélés. Cependant, dans cette étude, les vaches les plus dominantes et les plus subordonnées aux abreuvoirs sont restées à ces mêmes positions dans la hiérarchie aux auges ( $r_s = 0.87$ ). Nous n'avons pas mesuré la hiérarchie aux auges dans notre étude, la raison étant que les vaches n'étaient pas en compétition pour cette ressource. Nous reviendrons sur ce point ultérieurement.

L'abreuvoir et l'auge sont en général des zones de plus forte compétition, où les vaches vont interagir entre elles pour accéder aux ressources 'eau' et 'aliment'. Hors de l'abreuvoir, on peut émettre l'hypothèse que les interactions agonistiques observées sont moins liées à l'accès aux ressources qu'à la mise en place et au maintien de la hiérarchie sociale au sein du troupeau. Cette hypothèse rejoint l'observation des interactions 'menaces et évitements' exclusivement hors de l'abreuvoir car ces interactions sont décrites comme des indicateurs de la stabilité de la hiérarchie sociale (Kondo et Hurnik, 1990). Aux abreuvoirs, il est apparu dans l'expérimentation du chapitre 1, une étendue de score de dominance plus étroite qu'hors des abreuvoirs. Ce résultat est à mettre en relation avec une compétition plus forte, car conditionnant l'accès à une ressource, dans la zone des abreuvoirs. En effet, Sheng et al. (2022) et Foris et al. (2023) ont établi que plus la compétition est importante, plus les scores de dominance des vaches sont rapprochés et engendrent une hiérarchie « plate ».



**Figure 13 :** Graphique représentant la hiérarchie de dominance des vaches à l'abreuvoir (ronds rouges) sur la base de leur score de dominance (axe y) et ordonnée selon leur rang social (axe x), de la plus dominante (à gauche) à la plus dominée (à droite). Pour chaque vache, est aussi indiqué son score de dominance issu de la hiérarchie sociale déterminée hors des abreuvoirs (triangles bleus).

### 1.1-3. La taille et la composition des groupes d'animaux

Dans l'expérimentation du chapitre 4, nous avons mis en évidence que les vaches issues d'un même groupe (n=40) n'ont pas la même position sociale lorsqu'elles sont logées ensemble dans la stabulation ou lorsqu'elles sont séparées par groupes de 10, pourtant dans la même stabulation, en ayant accès aux mêmes auges et dans les mêmes conditions d'élevage. On peut même dire que la hiérarchie sociale a été complètement remise en question. Nous avons aussi observé que le nombre d'interactions agonistiques enregistrées et l'étendue des scores de dominance différaient fortement entre les groupes de 10 vaches.

Le groupe ayant un très faible nombre d'interactions agonistiques s'est caractérisé par une hiérarchie à l'abreuvoir très claire, dans laquelle la place hiérarchique de chaque vache était bien définie, de telle sorte que les vaches les plus dominantes et les plus subordonnées du groupe pouvaient être facilement identifiées. A contrario, un autre

groupe s'est caractérisé par un nombre important d'interactions agonistiques. Dans ce groupe, les scores de dominance des individus étaient très proches, ce qui rendait difficile l'identification des vaches les plus dominantes et les plus subordonnées. Ces observations rejoignent celles de Foris et al. (2023). Dans ce dernier groupe, la grande quantité d'interactions enregistrées aux abreuvoirs a rendu sa hiérarchie sociale moins stable. Nous pouvons aussi émettre l'hypothèse que, bien que Kondo et Hurnik (1990) aient montré que la hiérarchie sociale se stabilise au bout de 3 jours, il est possible que certains groupes aient besoin de plus de temps.

## **1.2- La hiérarchie de dominance aux abreuvoirs peut être déterminée par l'étude de remplacements mais dans certaines conditions et sous réserve d'affiner l'algorithme**

### **1.2-1. La hiérarchie de dominance caractérisée sur la base des seuls remplacements aux abreuvoirs identifiés par vidéo est représentative de la hiérarchie de dominance qui s'installe à l'abreuvoir**

Ce résultat a été construit sur la base de deux observations issues de l'expérimentation du chapitre 1. La première est que la hiérarchie de dominance caractérisée à partir des seuls remplacements aux abreuvoirs est très corrélée à celle caractérisée à partir de tous les comportements agonistiques aux abreuvoirs. La seconde est que les comportements d'abreuvement se différencient de façon cohérente entre les classes de rangs sociaux issues de l'observation des remplacements aux abreuvoirs.

La forte corrélation entre la hiérarchie de dominance basée sur les remplacements identifiés par vidéo et celle basée sur la détection de toutes les interactions aux abreuvoirs est cohérente avec les observations de Foris et al. (2019a). Ce résultat est intéressant car les modèles d'abreuvoirs utilisés dans les deux études étaient différents. Le modèle Insentec© était utilisé par Foris et al. (2019a) alors que le modèle La Buvette© était utilisé pour l'expérimentation du chapitre 1. Contrairement aux abreuvoirs Insentec©, les abreuvoirs La Buvette© ne disposent pas de portillons électroniques à l'entrée qui permettent de mieux identifier les remplacements par vidéo grâce à l'identification

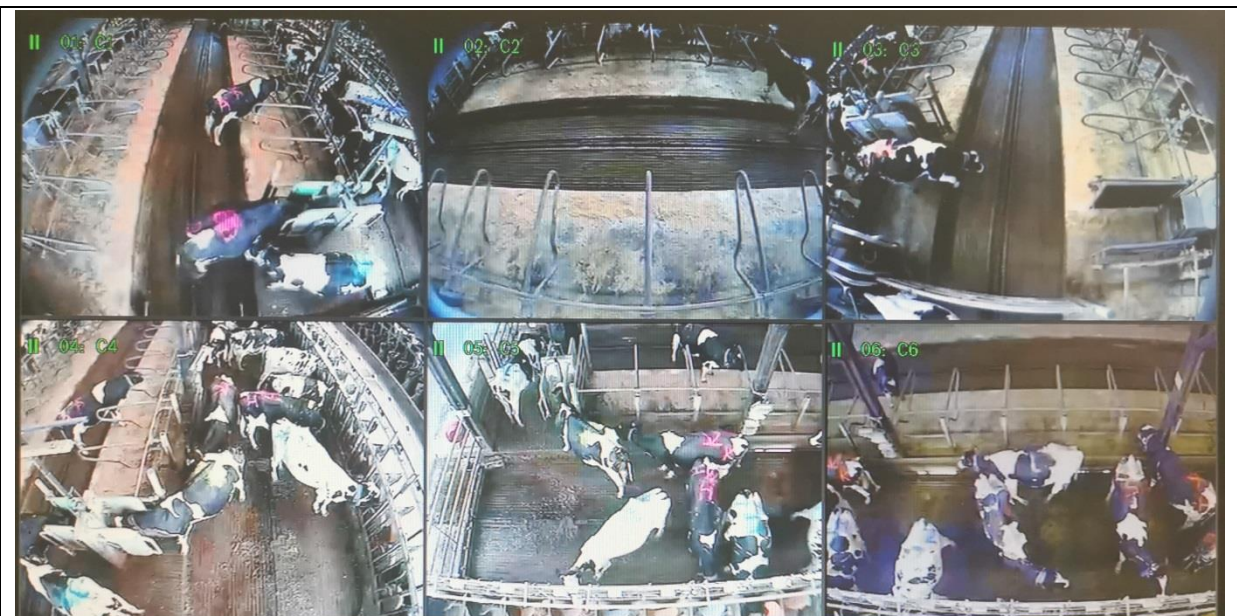
facilité de l'ouverture et de la fermeture des portillons. Les abreuvoirs La Buvette© présentent le double intérêt i) d'être sans doute un peu plus proches des équipements d'abreuvement identifiables en fermes commerciales, ce qui pourrait permettre une meilleure extrapolation des résultats, ii) d'être plus faciles à installer dans les stabulations car ils ne nécessitent pas de sacrifier une place dans le couloir d'alimentation. Dans l'étude de Foris et al. (2019a), les hiérarchies ont été basées sur les remplacements enregistrés aux auges et aux abreuvoirs et les remplacements aux abreuvoirs ne représentaient que 6% de la totalité des remplacements utilisés pour caractériser la hiérarchie de dominance. Notre étude a permis de démontrer que les seuls remplacements aux abreuvoirs permettent de mesurer une hiérarchie de dominance cohérente avec les différences de comportements individuels d'accès aux ressources.

Bien que la hiérarchie caractérisée à partir des remplacements, ou de l'ensemble des interactions agonistiques, aux abreuvoirs ne corresponde pas à celle caractérisée hors des abreuvoirs, elle a été cohérente avec le fait que les animaux plus légers, qui ingèrent une quantité plus faible de matière sèche et qui ont des performances laitières moindres, font partie de la catégorie des animaux subordonnés. Ces animaux les plus subordonnés ont aussi décalé leur abreuvement par rapport aux pics de consommation et ont préféré l'abreuvoir le plus isolé de la stabulation, démontrant sans doute un évitement des interactions avec leurs congénères des autres classes de rang social. De telles différences de comportements entre les animaux subordonnés ont été déjà observées aux abreuvoirs (Coimbra et al., 2012, Foris et al., 2023; McDonald et al., 2019).

### 1.2-2. A ce jour, les remplacements détectés par les abreuvoirs La Buvette© permettent d'identifier les vaches les plus subordonnées aux abreuvoirs mais ne permettent pas une caractérisation fine de la hiérarchie de dominance aux abreuvoirs

Nous n'avons pas pu, à l'issue de l'expérimentation du chapitre 1, valider pleinement l'utilisation des abreuvoirs connectés pour identifier la hiérarchie de dominance aux abreuvoirs en raison des valeurs de sensibilité et de spécificité trop faibles. Ces faibles valeurs de sensibilité et de spécificité par rapport à la méthode de référence d'observation

par vidéo de toutes les interactions agonistiques aux abreuvoirs sont sans doute à mettre en relation avec l'absence de portillon sur les abreuvoirs La Buvette© et les réglages internes de détection des visites associées à ces abreuvoirs. En particulier, nous nous sommes heurtés à des difficultés pour détecter les remplacements par observation vidéo, qui étaient censés être la mesure de référence, car l'emplacement des caméras ne nous permettait pas d'être certains que la vache s'abreuvait réellement ou qu'elle avait juste la tête au-dessus de l'abreuvoir (Figure 14). Nous avons défini dans cette expérimentation qu'un remplacement entre deux vaches avait lieu si les deux vaches engagées avaient bu avant, pour l'une, et après le remplacement pour l'autre. Ce choix avait été imposé par le système d'identification des vaches des abreuvoirs La Buvette© qui n'enregistre une buvée que si l'animal est détecté via sa boucle RFID et si le débitmètre s'enclenche. Dans ces conditions, combinées aux contraintes de disposition des caméras et à la qualité des vidéos, l'identification des remplacements basée sur l'analyse des vidéos a été laborieuse. A contrario, cette identification a été plus simple dans les études de Foris et al. (2019a) et de McDonald et al. (2019) car le remplacement a pu être défini par la sortie de la tête d'une vache et l'entrée de la tête d'une autre vache par le portillon, en relation avec le fonctionnement des abreuvoirs Insentec ©.

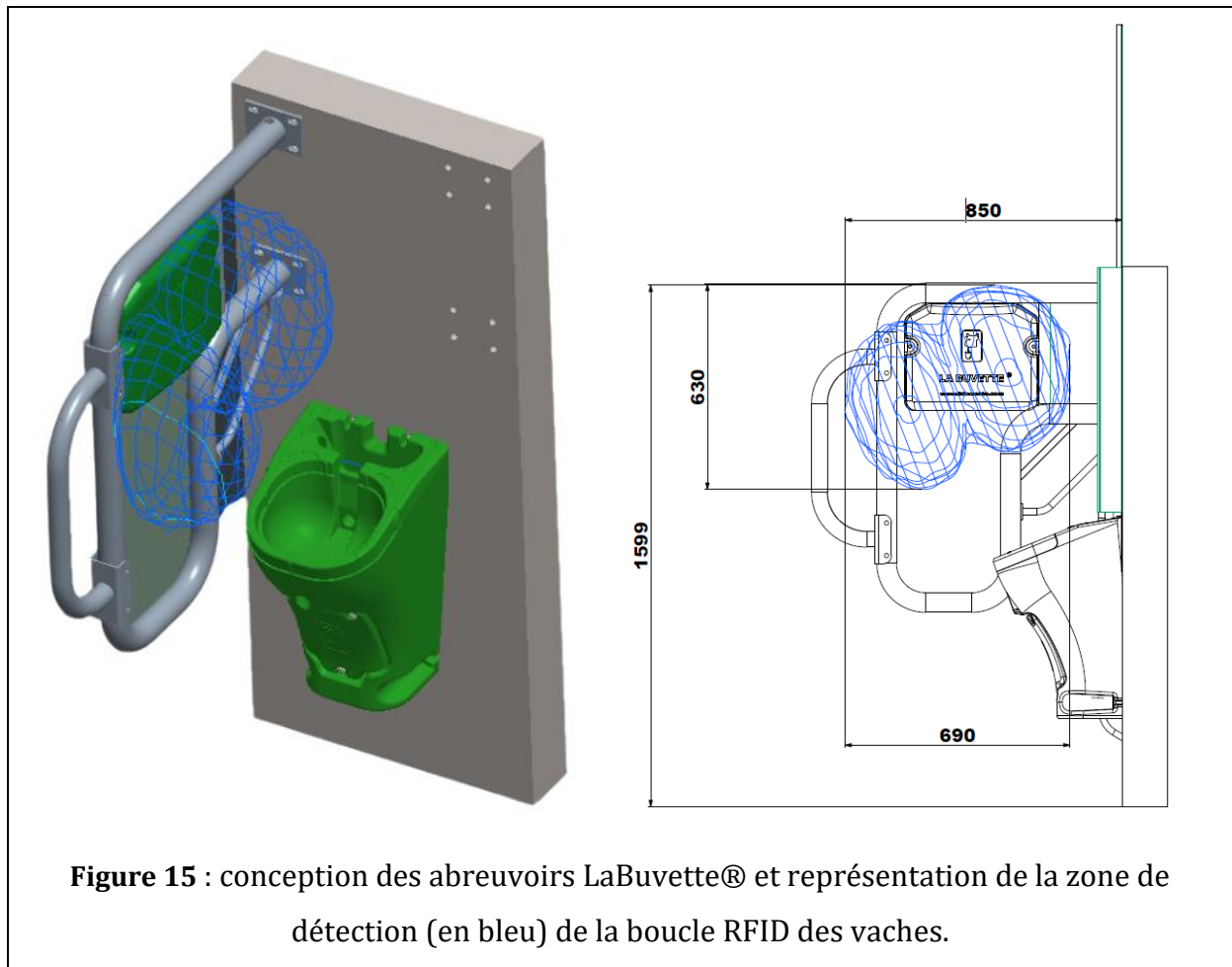


**Figure 14** : vidéos des 6 caméras positionnés pour identifier les interactions agonistiques aux abreuvoirs lors de l'étude de Nizzi et al. (2024)

### 1.2-3. L'identification des remplacements automatiquement détectés sur la base des présences enregistrées aux abreuvoirs La Buvette©, et non des buvées, doit être possible

Du fait des difficultés mises en avant précédemment pour observer les buvées sur les vidéos, nous avons sollicité la société La Buvette© pour créer une variable enregistrée automatiquement par les abreuvoirs, la variable « présence à l'abreuvoir ». Cette variable rend compte des vaches qui viennent passer leur tête et leurs épaules entre les deux cloisons des abreuvoirs sans forcément s'abreuver. Ainsi pour l'expérimentation du chapitre 4, à chaque fois qu'une vache passait sa tête et ses épaules entre les deux cloisons, le système créait une ligne, au même titre que les visites, avec un début et une fin de présence à l'abreuvoir. La validation de la pertinence de cette variable pour mesurer une échelle hiérarchique aux abreuvoirs est en cours et les résultats sont prometteurs (Annexe 2). La mise en œuvre des détections automatiques des « présences à l'abreuvoir » va cependant encore nécessiter de modifier certains paramètres afin de réduire le nombre de remplacements faux positifs détectés par l'abreuvoir dû à une sur-identification des vaches lorsqu'elle s'éloigne et rentre de nouveau dans la zone de détection de la boucle RFID (Figure 15, zone bleue). Les modifications vont donc certainement être réalisées sur i) la portée de la lecture de la puce RFID et ii) l'intervalle de temps minimum entre deux identifications à l'abreuvoir.





### 1.3- Extrapolation de ces résultats dans d'autres conditions ?

Sous réserve que l'on puisse équiper certaines fermes d'abreuvoirs connectés ou à défaut de caméra capable d'identifier les animaux, une question qui peut se poser est de savoir dans quelles mesures l'identification des déplacements et la mesure d'une hiérarchie de dominance à l'abreuvoir cohérente avec les comportements d'abreuvement des animaux identifiés sont extrapolables dans des fermes où l'accès aux abreuvoirs seraient moins compétitifs qu'à la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE.

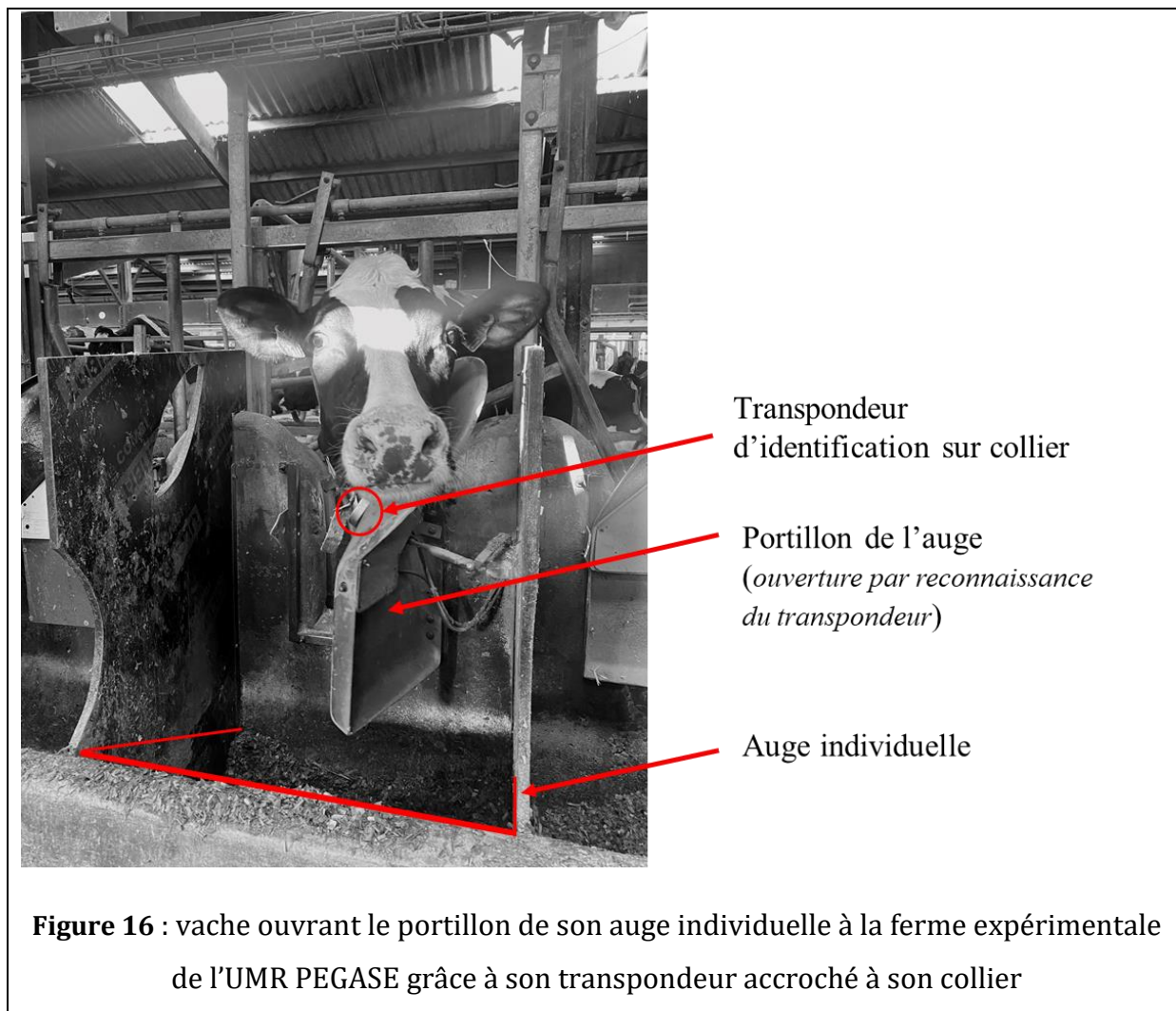
#### 1.3-1. Le blocage au cornadis à la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE a pu accentuer la compétition aux abreuvoirs

Dans la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE, les vaches sont bloquées entre 1 et 2 heures aux cornadis après chaque traite, pour prévenir les mammites, faciliter les interventions (insémination, traitement) ou encore évaluer l'état général des individus.

Ce blocage aux cornadis a pour conséquence de maximiser la synchronisation des individus pour se rendre aux abreuvoirs lorsque les cornadis sont ouverts et de maximiser la probabilité d'un pic de compétition pour l'accès à l'eau des animaux à ce moment-là. En effet, le temps de blocage correspond à un repas et on sait que les animaux vont s'abreuver après la traite et la distribution d'aliment (Cardot et al., 2008, Langhans et al., 1995). Toutes les fermes commerciales ne pratiquent pas ce type de contention après la traite et lors de l'alimentation. On peut supposer que, dans les fermes qui ne le pratiquent pas, les comportements d'abreuvement des vaches sont plus étalés dans le temps et que le pic de compétition post prandial est moins important. Cette hypothèse a été validée dans l'expérimentation du chapitre 4, où lorsque les vaches n'étaient pas bloquées aux cornadis, le pic d'abreuvement du groupe a été moins marqué et a généré moins de compétition aux abreuvoirs.

### 1.3-2. L'individualisation des auges à la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE a réduit la compétition alimentaire mais a pu augmenter la compétition pour l'accès à l'eau

A la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE, chaque individu avait accès à une seule auge grâce à un collier équipé d'un système d'identification permettant l'ouverture du portillon de l'auge en question (Figure 16). Cette attribution des auges est sans doute responsable d'une réduction drastique du nombre d'interactions agonistiques provoquées par l'accès à l'alimentation fraîchement distribuée au retour de la traite (DeVries et al., 2004). Dans les fermes commerciales, les accès à une table d'alimentation où les places ne sont pas attribuées, entraînent sans doute une compétition pour l'aliment. Dans les fermes équipées d'auges peseuses auxquelles plusieurs vaches peuvent accéder, il est probable que l'aliment puisse aussi être considéré comme la ressource qui engendre le plus de compétitions (Foris et al. 2019a). Il est donc possible que dans nos conditions d'élevage, où les vaches ne rivalisent pas pour l'accès aux auges, elles fassent de l'accès aux abreuvoirs la ressource prioritaire, créant un contexte de forts pics de compétitions.



### 1.3-3. La caractérisation de la hiérarchie aux abreuvoirs serait-elle possible et/ou utile dans un contexte de moindre compétition aux abreuvoirs ?

Ainsi, bien que nous ayons eu une densité de vaches par abreuvoir bien en dessous des recommandations de Welfare Quality®, l'individualisation des auges et le blocage au cornadis ont sans doute généré plus de compétition entre les vaches pour l'accès aux abreuvoirs dans la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE par rapport à la plupart des autres fermes. Une première difficulté pour réussir à caractériser la hiérarchie aux abreuvoirs sera donc d'être en mesure d'enregistrer suffisamment de remplacements dans un contexte où la compétition serait sans doute plus centrée sur l'accès aux auges et non aux abreuvoirs. Comme évoqué plusieurs fois dans ce manuscrit, il existe un nombre minimal de remplacements requis pour établir une hiérarchie de dominance

représentative du groupe (Sánchez-Tójar et al., 2018). On peut penser que, même dans un contexte de compétition pour l'accès aux auges et sans blocage au cornadis, une certaine synchronisation entre les animaux resterait visible du fait des heures de traite, de distribution d'aliments ou simplement de l'alternance jour-nuit, ce qui conduirait toujours à des remplacements entre les animaux aux abreuvoirs. En revanche, le nombre de jours d'enregistrements à considérer pour caractériser une hiérarchie sur la base des remplacements aux abreuvoirs serait sans doute plus conséquent.

Nous avons vu que la hiérarchie de dominance que l'on pouvait caractériser sur la base des remplacements aux abreuvoirs (Nizzi et al., 2024) est assez différente de celles que l'on caractérise sur la base des interactions agonistiques à l'écart de cette ressource. Concernant sa corrélation avec une hiérarchie de dominance à l'auge, Foris et al. (2023) ont aussi mis en évidence que les hiérarchies aux auges et aux abreuvoirs sont moyennement corrélées mais que les vaches les plus dominantes et subordonnées de ces hiérarchies restent les mêmes. Étant donné qu'un enjeu majeur de la caractérisation des hiérarchies sociales en ferme serait d'identifier les animaux (probablement les plus subordonnées) dont l'accès à l'alimentation, voire à l'abreuvement, pourrait être limité, disposer d'un instrument automatisé de mesure de la hiérarchie de dominance pour l'accès à ces ressources serait utile. L'installation d'abreuvoirs connectés ou de caméras simplement sur les lieux d'abreuvement est sans doute un moyen moins coûteux et plus simple de mesurer cette hiérarchie que l'installation d'auges connectées ou de caméras sur toutes les auges. En effet, les recommandations Welfare Quality® étant de ne pas dépasser 2 vaches par auge et 10 vaches par abreuvoir, cela implique cinq fois moins d'abreuvoirs à suivre que d'auges. La question qui reste à traiter après cette thèse est de déterminer si, dans un contexte peu compétitif pour l'abreuvement, une hiérarchie de dominance caractérisée sur la base des remplacements aux abreuvoirs resterait valable au niveau des auges.



## **2-Comment varie le comportement d'abreuvement et les quantités d'eau bue face à des contraintes et selon la hiérarchie de dominance ?**

Les expérimentations décrites dans les chapitres 2, 3 et 4 de cette thèse ont consisté à mesurer l'effet de plusieurs facteurs de variation du comportement d'abreuvement susceptibles de varier en ferme, à savoir la densité d'animaux aux abreuvoirs ou aux auges et les restrictions temporelles d'accès à ces dispositifs. Notre objectif de décrire les adaptations comportementales des individus au sein du troupeau, en prenant en compte leur positionnement dans la hiérarchie de dominance, nous a amené également à mesurer l'effet du rang social sur le comportement d'abreuvement. Cette partie a pour objectif de dresser une synthèse de l'effet de ces facteurs de variation sur le comportement d'abreuvement et d'en tirer des enseignements pratiques qui pourraient être applicables en élevage.

### **2.1- Face à des contraintes d'accès aux abreuvoirs, les vaches adaptent leur comportement pour maintenir autant que possible les volumes bus**

#### **2.1-1. La densité de vaches aux abreuvoirs conduit à une augmentation du nombre de visites et de la vitesse d'abreuvement**

Dans les expérimentations rapportées dans les chapitres 2 et 3, nous avons cherché à caractériser l'effet de la densité d'animaux aux abreuvoirs sur les volumes d'eau bue et le comportement d'abreuvement des vaches. L'expérimentation du chapitre 2 comparait deux densités de vaches, 10 vs 3,3 vaches/abreuvoir, en faisant varier spécifiquement le nombre d'abreuvoirs dans la stabulation, sans modifier le groupe de vaches ou le nombre d'auges. Chaque vache disposait par ailleurs de sa propre auge. L'expérimentation du chapitre 3 comparait deux densités de vaches dans des cases similaires équipées de 12 logettes, 1 abreuvoir et 12 auges. Le nombre de vaches dans les cases était de 6 ou de 12, ce qui conduisait à des densités de 6 ou 12 vaches/abreuvoir et 1 ou 2 vaches/auge. Dans l'expérimentation du chapitre 2, les densités de vache par abreuvoir sont toujours restées

inférieures ou égales à la densité maximale recommandée par le protocole Welfare Quality® alors qu'elle a été légèrement supérieure pour le traitement le plus sévère de l'expérimentation du chapitre 3, avec 12 au lieu de 10 vaches/abreuvoir.

Dans les deux expérimentations, nous n'avons pas observé de modifications des volumes d'eau bue induites par la variation de la densité aux abreuvoirs. Ceci est cohérent avec le fait que les densités d'animaux aux abreuvoirs sont restées inférieures ou proches des recommandations issues de Welfare Quality®, basées elles-mêmes sur 10 vaches par abreuvoir (Castle et Thomas, 1975). Ainsi, malgré la hausse des niveaux de production des vaches depuis la publication de Castle et Thomas (1975), ces recommandations sont sans doute toujours adaptées.

Dans nos deux expérimentations, pour maintenir les volumes d'eau bue, les vaches ont adapté leur comportement d'abreuvement au contexte le plus compétitif. Ainsi dans l'expérimentation du chapitre 3, la concurrence accrue pour l'accès à l'eau, avec l'augmentation de la densité de vaches aux abreuvoirs, s'est toujours traduite par une hausse du nombre de remplacements aux abreuvoirs, qui a même plus que doublé quand la densité est passée de 3,3 à 10 dans l'expérimentation du chapitre 2. Nous avons observé que les vaches se sont adaptées par une augmentation de leur fréquence et vitesse d'abreuvement. Ainsi, l'augmentation des remplacements a sans doute obligé les animaux remplacés à retourner plusieurs fois aux abreuvoirs et à boire plus rapidement pour satisfaire leur besoin en eau et éviter de se faire agresser. Nous avons observé une hausse similaire de la vitesse d'abreuvement avec l'augmentation de la densité des vaches aux abreuvoirs dans l'expérimentation du chapitre 3, malgré un contexte différent. Ces modifications de comportements face à une ressource, abreuvement ou aliment, semblent être généralisables. Dans des études ayant consisté à augmenter la densité d'animaux à l'auge, les résultats ont montré que le nombre de déplacements aux auges augmentait, que les vaches mangeaient plus rapidement, restaient moins de temps aux auges et revenaient plus fréquemment à la mangeoire lorsque la densité était augmentée (Collings et al., 2011; Olofsson 1999).

Ces résultats illustrent que le respect des recommandations du protocole Welfare Quality® en termes de densité d'animaux aux abreuvoirs n'empêche pas un contexte compétitif pour l'accès à l'eau. Les recommandations garantissent donc sans doute

l'absence de soif mais elles ne garantissent pas que l'état émotionnel des animaux ne soit pas altéré par des conditions de compétition accrues.

### 2.1-2. Les restrictions temporelles d'accès aux auges et aux abreuvoirs modifient les dynamiques horaires d'abreuvement et le budget temps des vaches pour l'ingestion et le repos

Les 4 expérimentations décrites dans les chapitres de cette thèse confirment que la répartition journalière des activités d'abreuvement dépend très fortement de celle des activités d'ingestion. Cette observation rejoint des constats plus anciens (Langhans et al., 1995). Elle s'explique par le fait que les animaux ont appris à anticiper, par une buvée ou des buvées en fin de repas, une hausse de la tonicité du sang qui pourrait être concomitante à l'absorption de nutriments sans dilution par la buvée post-prandiale (Langhans et al., 1995). Cette idée est par ailleurs cohérente avec le fait que les quantités de MSI sont le premier facteur de variation de l'eau totale ingérée, notamment pour les vaches laitières (INRA 2018, Khelil-Arfa, 2012). Dans nos 4 expérimentations, nous avons observé de nets pics d'activité d'abreuvement à la fin des repas, aussi bien lorsque l'accès aux abreuvoirs était libre (chapitre 3, traitement CTRL du chapitre 4), que lorsque les animaux étaient libérés du cornadis après les repas (chapitre 1, traitement HL du chapitre 4). L'expérimentation du chapitre 3 illustre bien à elle seule comment la répartition des activités d'abreuvement varie en fonction des contraintes temporelles sur l'accès aux auges. Ainsi, après le repas du matin, pour les traitements où l'accès aux auges était restreint, les vaches ont augmenté la proportion d'eau bue dans les deux premières heures suivant le pic d'abreuvement observé pour les traitements non restreints. Cette prolongation de la durée d'abreuvement est à mettre en relation avec des durées d'ingestion et des quantités ingérées beaucoup plus fortes lors du repas du matin pour les traitements restreints par rapport aux traitements non restreints (Collings et al., 2011). Dans cette même étude, nous avons observé que l'accès restreint aux auges diminuait les quantités d'eau bue journalières, ce qui était totalement corrélé à une baisse proportionnelle des quantités de matière sèche ingérée (Collings et al., 2011).

A l'instar de ce que nous avons observé lorsque la densité d'animaux aux abreuvoirs augmentait, les restrictions temporelles d'accès aux abreuvoirs dans l'expérimentation du



chapitre 4 ne se sont pas traduites par une diminution des volumes d'eau bue mais elles ont conduit à une modification sensible du comportement d'abreuvement. Ainsi, le temps passé aux abreuvoirs est moindre et la vitesse d'abreuvement a augmenté. Elles ont aussi modifié les caractéristiques des visites aux abreuvoirs et des épisodes d'abreuvement, ces derniers consistant en un cumul de visites jusqu'à satiété. Ainsi, lorsque le temps d'abreuvement était contraint, les visites étaient moins longues et les vaches buvaient plus vite. Les différences ont été plus marquées sur les épisodes d'abreuvement. Lors des fortes restrictions, les volumes d'eau bue ont été plus importants par épisode, avec un nombre d'épisodes plus faible au cours de la journée. La durée des épisodes a aussi plus que doublé, ce qui a fait diminuer la vitesse d'abreuvement à l'échelle de l'épisode. L'importante augmentation du temps d'interruption de l'abreuvement au sein des épisodes illustre que les vaches ont été dérangées à l'abreuvoir et ont dû revenir plusieurs fois pour satisfaire leur besoin en eau.

Paradoxalement, nous n'avons pas observé d'étalement des buvées à l'échelle du groupe avec les traitements les plus contraints dans l'expérimentation du chapitre 4. Les buvées ont même été plus concentrées dans le temps qu'observées pour le traitement témoin sans contrainte. Nous aurions pu imaginer que l'étalement des buvées aurait pu constituer pour les vaches une stratégie d'adaptation à la plus forte concurrence lors de pics d'abreuvement. Ceci démontre que le besoin d'abreuvement était sans doute très fort à la fin des périodes de restriction d'accès, ce qui a fortement synchronisé les animaux.

Dans l'expérimentation du chapitre 4, les modifications des dynamiques journalières d'abreuvement avec les restrictions temporelles d'accès à l'eau se sont traduites par une perturbation des dynamiques de temps d'ingestion mais aussi et surtout de repos. Les restrictions d'abreuvement ont conduit à un pic d'abreuvement au moment des réouvertures des abreuvoirs, obligeant les vaches, lors des traitements avec 2 h et 4 h de restriction d'accès à l'eau, à se relever pour aller s'abreuver. Cette contrainte les a peut-être poussées à retourner s'alimenter avant de se reposer. Les effets des contraintes d'abreuvement sur les temps journaliers de repos n'ont pas été homogènes selon les catégories sociales. Nous reviendrons sur ce point dans la section suivante (section 2.1-3).

Compte tenu des résultats de cette section, il semblerait que les recommandations de Welfare Quality® sur le nombre d'abreuvoirs restent toujours valables pour garantir

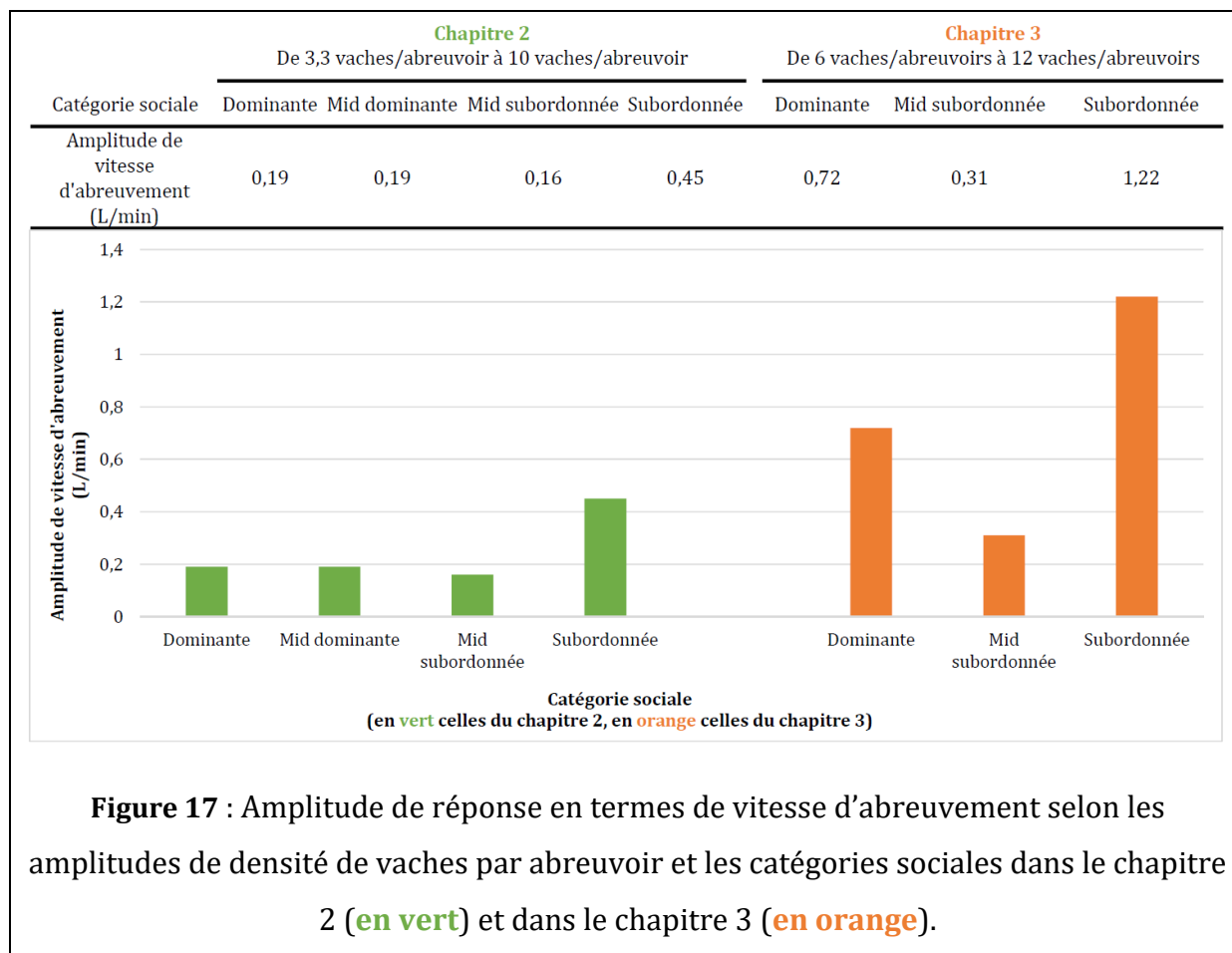
l'absence de soif lors de restrictions d'accès aux abreuvoirs que nous pouvons retrouver en ferme comme lors de blocages au cornadis ou encore d'absence volontaire d'abreuvoir à l'extérieur du bâtiment pour obliger les vaches à revenir se faire traire par le robot de traite avant d'accéder à l'abreuvoir placé dans le bâtiment. Malgré tout, ces recommandations pour absence de soif ne sont pas obligatoirement synonymes de bien-être et ne garantissent pas que les restrictions temporelles d'accès aux abreuvoirs n'altèrent pas le confort des vaches et en particulier leur temps de repos.

### 2.1-3. Les adaptations du comportement d'abreuvement à la densité d'animaux ou aux restrictions d'accès aux abreuvoirs ne sont pas de même nature selon le rang social des individus

Les résultats issus de nos expérimentations semblent montrer qu'en dehors de toute modification de densité d'animaux aux abreuvoirs ou de contraintes d'accès aux abreuvoirs, les vaches les plus subordonnées fuient les interactions agonistiques aux abreuvoirs. Nous avons en effet relevé que les vaches subordonnées (chapitre 1 et chapitre 4 traitement HL) et moyennement subordonnées (chapitre 1) avaient une activité d'abreuvement décalée par rapport aux vaches les plus dominantes après les repas. Nous avons aussi observé dans le chapitre 1, que les vaches ne s'abreuvaient pas dans les mêmes abreuvoirs selon leur catégorie sociale, les vaches subordonnées délaissant un abreuvoir très convoité par les vaches les plus dominantes et préférant s'abreuver dans l'abreuvoir le plus isolé de la stabulation. Nous avons aussi relevé des volumes d'eau bue supérieurs pour les vaches dominantes par rapport aux vaches subordonnées (chapitre 1, chapitre 2 avec 10 vaches/abreuvoir) mais ce résultat doit surtout être mis en relation avec une quantité de MSI et une production laitière inférieures pour les vaches subordonnées plutôt qu'à des spécificités comportementales de cette catégorie sociale.

Pour s'adapter aux contraintes imposées dans nos expérimentations par l'augmentation de la densité de vaches aux abreuvoirs ou par les restrictions de temps d'accès aux ressources, nous avons observé que, de manière générale, les vaches subordonnées sont celles qui ont le plus modifié leur comportement d'abreuvement en augmentant leur

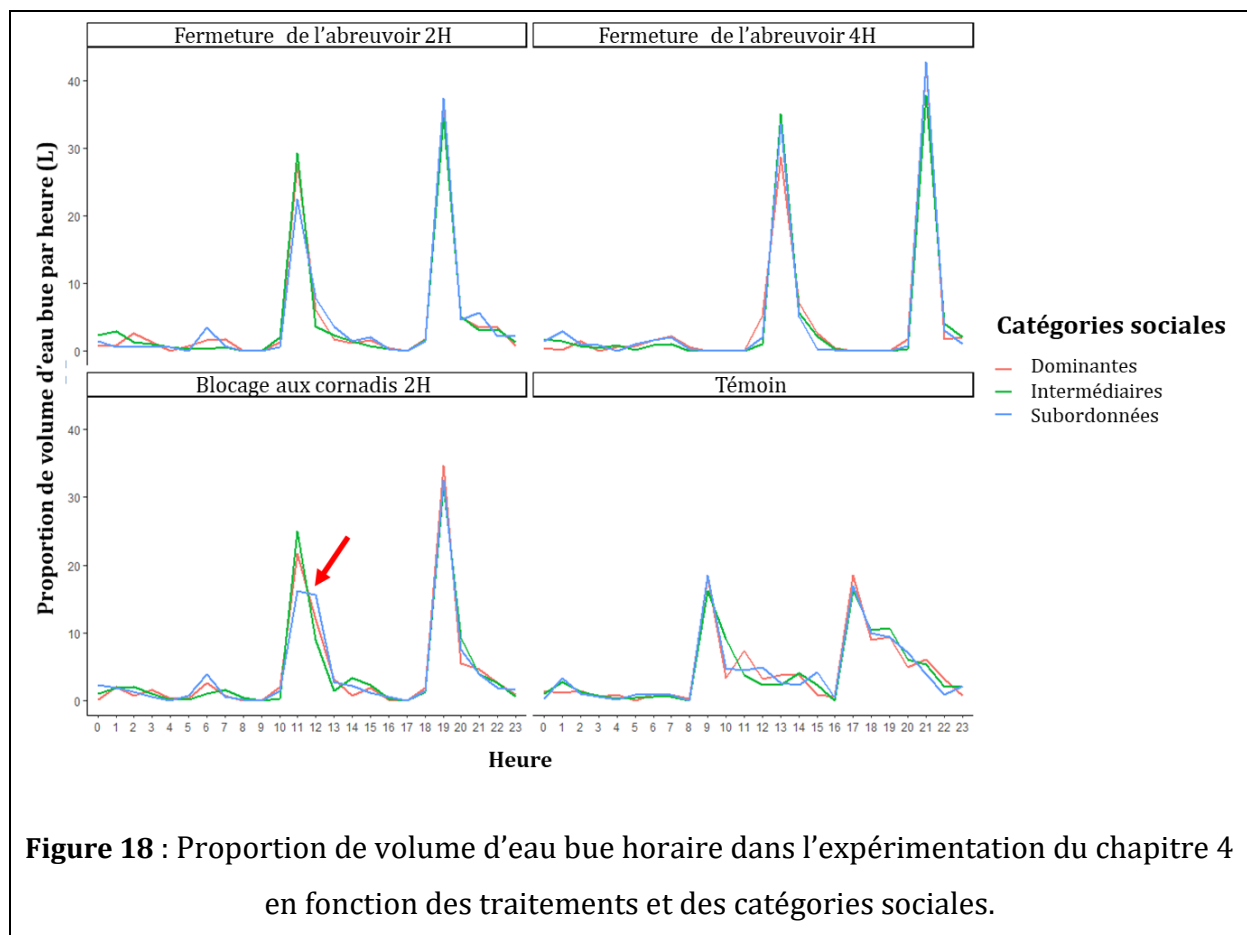
vitesse d'abreuvement, en fractionnant leurs buvées et en passant moins de temps aux abreuvoirs. Dans le chapitre 4 par exemple, en comparant la situation témoin (sans contraintes) aux situations avec restriction temporelle d'accès à l'eau (HL, D2H et D4H), les vaches dominantes ont en moyenne augmenté de 4,0% leur nombre de visite, les intermédiaires l'ont réduit de 4,4%, alors les subordonnées l'ont augmenté de 12% si on compare les niveaux de restriction au témoin et même de presque 25% si on compare D4H au témoin. Ces chiffres s'expliquent probablement par des agressions initiées par les autres vaches, qui ont conduit les vaches subordonnées à interrompre leurs visites aux abreuvoirs. Cette hypothèse est confirmée par l'augmentation des durées d'interruption de leurs épisodes d'abreuvement lors des traitements avec restrictions. En augmentant la densité d'animaux par abreuvoir dans le chapitre 3, de 6 à 12 vaches/ abreuvoir, les vaches subordonnées ont également été celles qui ont le plus réduit leur temps passé à l'abreuvoir. La diminution a été de presque 10 min par jour alors que les vaches intermédiaires ont bu 1,4 min de plus et les dominantes ont bu 2,5 min de moins. Dans le chapitre 2, l'augmentation de la densité d'animaux de 3,3 à 10 vaches/ abreuvoir a augmenté de 3,8% le temps d'abreuvement des vaches dominantes, en accord avec leur augmentation de volume d'eau bue, réduit celui des vaches moyennement dominantes et moyennement subordonnées de 1% et finalement réduit de 8% celui des vaches subordonnées. Enfin, nous avons choisi d'illustrer numériquement les amplitudes de réponses en terme de vitesse d'abreuvement par rapport aux amplitudes de densité d'animaux par abreuvoir, et pouvons remarquer que dans les expérimentations des chapitres 2 et 3, ce sont une fois encore les vaches les plus subordonnées qui ont été le plus impactées (Figure 17).



**Figure 17** : Amplitude de réponse en termes de vitesse d'abreuvement selon les amplitudes de densité de vaches par abreuvoir et les catégories sociales dans le chapitre 2 (en vert) et dans le chapitre 3 (en orange).

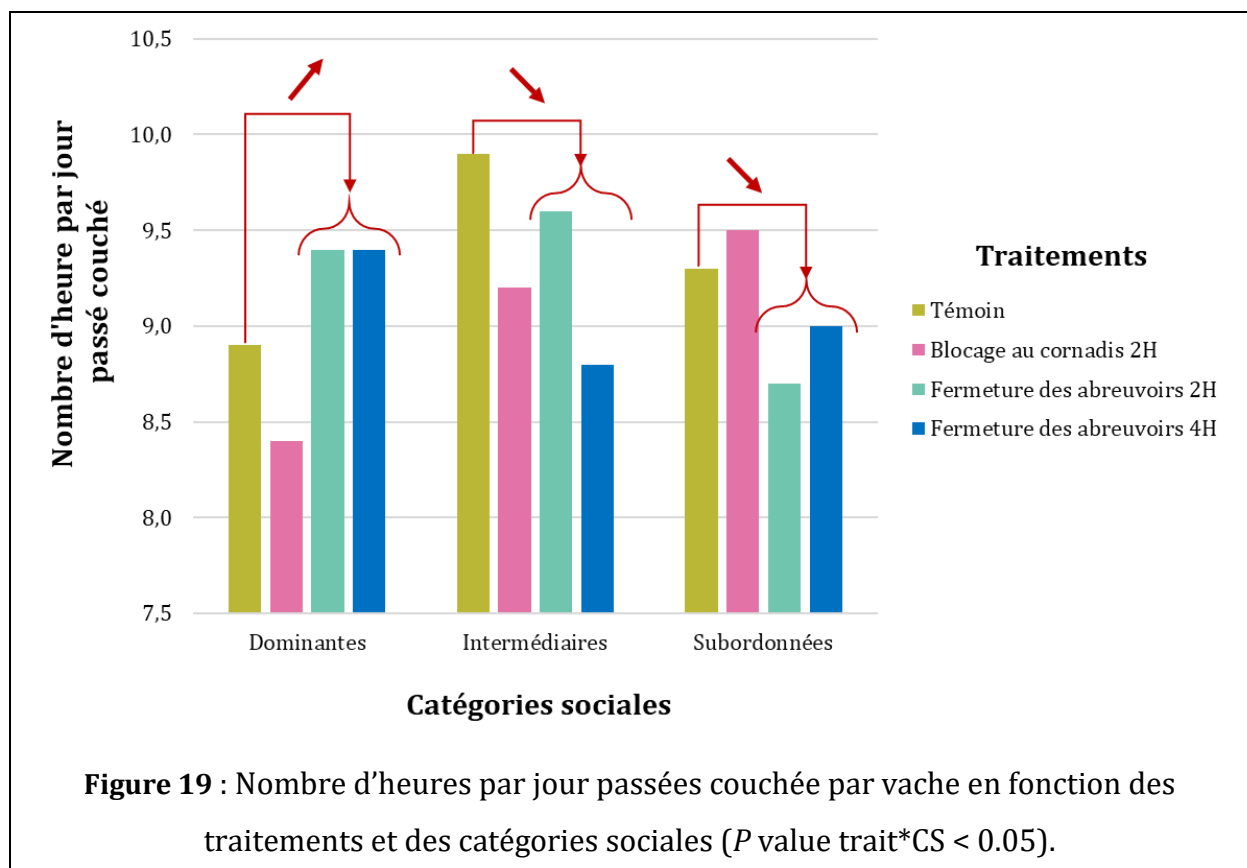
Pour s'adapter aux contraintes d'accès aux abreuvoirs causées par la hausse de la densité ou la restriction des temps d'accès, nous avons aussi observé que, dans certains cas, les vaches subordonnées ou intermédiaires, pouvaient décaler leurs moments d'abreuvement par rapport aux vaches plus dominantes. Ainsi, bien que ce résultat ne soit notable que numériquement (et non statistiquement), on peut remarquer, dans la figure 18, que lors du traitement HL de l'expérimentation du chapitre 4, les vaches subordonnées ont retardé leur abreuvement le matin par rapport aux autres catégories sociales, ce qui n'était pas le cas pour le traitement témoin. De même dans l'expérimentation du chapitre 2, les vaches moyennement subordonnées ont bu plus tardivement que les vaches dominées ou moyennement dominées avec la plus forte densité de vaches aux abreuvoirs, ce qui n'était pas le cas avec la plus faible densité de vaches aux abreuvoirs. Nous devons cependant souligner dans ce dernier essai que seules les vaches moyennement subordonnées ont décalé leur abreuvement avec la forte densité de vaches aux abreuvoirs alors que cela n'était pas été le cas pour les vaches

subordonnées. Ce résultat est sans doute à mettre en relation avec ceux de Landaeta-Hernández et al. (2020) et Arave et Albright (1976) qui ont observé que, l'instabilité de l'échelle hiérarchique et les conflits sociaux étaient plus importants au milieu de la hiérarchie de dominance qu'aux deux extrémités. Ainsi, on pourrait imaginer que des rivalités plus importantes dans la catégorie des vaches moyennement subordonnées aient conduit à plus d'interactions agonistiques au sein de ce groupe social et peut-être à un décalage temporel de l'abreuvement. Dans cette interprétation, il est possible que les vaches subordonnées aient pu s'abreuver plus rapidement après le repas en évitant les abreuvoirs qui constituaient une zone de conflit. Pour valider cette hypothèse, nous aurions dû analyser la fréquentation des abreuvoirs par les catégories sociales selon les traitements et les heures de la journée, ce que nous n'avons malheureusement pas fait.



Pour les vaches subordonnées et intermédiaires, nous avons aussi constaté que, l'adaptation aux contraintes de fermetures temporelles des abreuvoirs, en particulier pour les traitements 2 et 4 heures de l'expérimentation du chapitre 4, pouvait se traduire

par une altération de la dynamique de repos. En particulier, nous avons observé dans ces traitements une diminution de leur temps passé couché en comparaison au traitement témoin (Figure 19). L'effet du rang social sur le temps de repos est connu. Ainsi, Friend et al. (1977) ont mis en évidence une corrélation du temps passé couché avec la dominance sociale au sein du groupe de vaches, les vaches dominantes ayant moins de périodes de repos couché mais de plus longues durées que celles des vaches subordonnées, même lorsque le nombre de logettes n'était pas limitant. Notre étude ne valide pas cette dernière observation mais elle montre que les contraintes d'accès aux abreuvoirs, même si le temps d'abreuvement à l'échelle de la journée est court, peuvent limiter le temps de repos pour certains individus du troupeau. Par ailleurs, dans l'expérimentation du chapitre 4, le temps passé couché par les vaches subordonnées a également été plus important lors du traitement avec attache aux cornadis qu'avec le traitement témoin. Ceci pourrait signifier que ce temps de station debout forcé pendant 2 heures a davantage fatigué ces vaches que celles des autres catégories sociales. Ces vaches auraient alors sacrifié d'autres activités, pour se coucher pendant une durée plus importante, une fois libérées des cornadis comme cela a pu être relevé dans d'autres études (Norrington et Valros, 2016; revue de Tucker et al., 2021).



Enfin, le fait que les contraintes d'accès aux abreuvoirs poussent les vaches subordonnées à plus d'effort d'adaptation peut être amplifié par le fait que certaines vaches dominantes puissent monopoliser certains abreuvoirs. Ainsi dans le chapitre 1, nous avons observé que les vaches subordonnées s'abreuvaient dans des abreuvoirs différents, plus isolés, que ceux utilisés par les dominantes. Ceci concorde avec l'idée qu'elles puissent monopoliser certains abreuvoirs à certains moments de la journée (Coimbra et al. 2012). Cette volonté de monopolisation des abreuvoirs par les vaches dominantes est aussi apparue comme potentiellement exacerbée lorsque nous avons généré une compétition accrue pour l'accès à l'eau en réduisant le nombre d'abreuvoirs dans l'expérimentation du chapitre 2. Nous avons en effet pu noter une augmentation du volume d'eau bue uniquement par les vaches dominantes d'environ 5 L par jour lorsque la densité de vaches aux abreuvoirs a augmenté.

## **2.2- Quels enseignements pratiques ?**

Nos expérimentations illustrent bien que les conditions d'élevage peuvent induire une compétition plus ou moins importante aux abreuvoirs susceptibles de modifier le comportement d'abreuvement. Nous avons aussi observé que ces modifications dépendent du rang social des individus. L'objectif de cette section est tirer quelques enseignements applicables en élevage de ces résultats.

### **2.2-1. Les vaches primipares ont sans doute plus de difficultés à s'adapter aux contraintes d'accès au abreuvoirs**

Dans la gamme de contraintes d'accès aux abreuvoirs que nous avons testée, qu'elles aient été induites par des variations de densités des vaches aux abreuvoirs ou de restrictions de temps d'accès, les vaches ont réussi à boire les mêmes volumes d'eau, que l'on peut sans doute considérer comme correspondant à leur besoin physiologique (INRA, 2018). Ceci n'a cependant été possible qu'au prix d'adaptation des comportements d'abreuvement et parfois de repos, ces adaptations ayant été d'autant plus importantes que le rang social des individus au sein du troupeau était bas. Dans nos études, comme dans d'autres (Beilharz et Zeeb, 1982; Collings et al., 1979, Grant et Albright, 2001), les vaches subordonnées sont souvent des vaches primipares, plus jeunes et plus petites. Par ailleurs, le statut de primipare est délicat car synonyme de multiples stress au moment du

vêlage et d'une transition souvent très rapide vers le troupeau des vaches laitières. En effet, après leur premier vêlage, ces vaches intègrent un nouveau groupe avec des congénères plus âgées, une nouvelle stabulation et découvrent la salle de traite. Pour limiter les perturbations et le stress provoqués par ces changements d'environnement et accentués par les comportements agressifs des autres vaches, il a déjà été proposé de regrouper les vaches primipares séparément des multipares lors de la première année de lactation (Grant et Albright, 2001). Ces derniers auteurs ont montré que le regroupement des vaches primipares lors la première année entraînait une augmentation de l'ingestion et de la productivité de ces animaux, car ils avaient probablement alors un accès plus facile aux auges. Même si cela n'a pas été montré dans cette étude, nos résultats suggèrent que cet isolement des primipares pourrait éviter des interactions agonistiques aux abreuvoirs et des temps de repos plus longs. Nous avons conscience que la mise en œuvre d'une telle pratique est compliquée dans beaucoup de fermes et une alternative est sans doute de s'assurer que les compétitions pour les ressources soient aussi limitées que possible dans le troupeau des vaches laitières.

### 2.2-2. Les regroupements d'animaux remettent en cause la hiérarchie de dominance et peuvent engendrer plus de compétition pour les ressources

Dans l'expérimentation du chapitre 4, nous avons mis en évidence que la hiérarchie de dominance qui s'installe au sein d'un sous-groupe de vaches peut être très différente de celle attendue à partir du troupeau complet ou d'autres sous-groupes, même si les vaches se connaissent au préalable. Cette observation rejoint celle de Krahn et al. (2024), qui ont observé d'importantes variations du nombre d'interactions agonistiques entre sous-groupes issues d'un même troupeau. Cette variation peut en partie être due à la combinaison d'individus spécifiques dans les groupes (par exemple, des individus qui sont plus agressifs en présence d'un autre individu dans un même groupe) comme identifiée dans l'étude sur l'établissement de réseaux sociaux au sein de groupes de vaches menée par Foris et al. (2019b).

Ce constat souligne l'importance de bien surveiller les animaux lors de regroupements sur la ferme. Si après trois jours d'adaptation (Kondo et Hurnik, 1990), l'éleveur perçoit de nombreuses interactions agonistiques entre les animaux d'un même groupe, il pourrait



être nécessaire de reconsidérer la composition de ce groupe. Cette observation pourrait être complétée par l'observation des comportements affiliatifs entre animaux, qui pourraient être un indicateur complémentaire de leur bien-être. Ces interactions affiliatives pourraient limiter la concurrence et les agressions entre les vaches pour les ressources de par son effet de réducteur de tension et de stabilisateur des relations sociales (Sato et al., 1993) et sont à favoriser. Certaines vaches développent également des interactions affiliatives spécifiques avec seulement une autre vache pour par exemple faciliter leur accès mutuel à des ressources, comme l'alimentation en tandem décrite par Zobel et al. (2011) chez des génisses, par Stricklin et Gonyou (1981) chez des bœufs : deux animaux vont monopoliser une auge et se laisser la place à tour de rôle pour faciliter leur accès à l'alimentation.

### 2.2-3. Nos résultats quant au maintien des volumes d'eau bue face à des contraintes d'accès aux abreuvoirs mériteraient d'être généralisés sur des périodes plus longues

Les conclusions apportées dans cette thèse ont été établies sur des périodes courtes d'application des contraintes d'accès aux abreuvoirs, de 2 semaines pour l'expérimentation du chapitre 2 et de 7 jours pour celle du chapitre 4. Ces durées se justifiaient par le fait que les adaptations physiologiques des animaux à des restrictions quantitatives d'accès à l'eau sont rapides (Steiger Burgos et al., 2001), de même que la stabilisation de la hiérarchie sociale (Kondo et Hurnik, 1990). Les vaches ont toujours réussi à s'adapter aux contraintes d'accès aux abreuvoirs pour maintenir leurs quantités d'eau bue, ces adaptations étant plus marquées chez les vaches intermédiaires et subordonnées. La seule expérimentation pour laquelle les traitements ont affecté les volumes d'eau bue était celle du chapitre 3 mais dans ce cas, ces variations étaient à mettre en relation avec des variations parallèles des quantités d'aliments ingérées dues à la restriction d'accès aux auges plutôt qu'à une limite d'accès aux abreuvoirs. Une question que l'on peut se poser est le coût de ces adaptations en termes de bien-être animal, notamment si on considère qu'elles ont pu, par exemple, donner lieu à une réduction du temps de repos comme dans l'expérimentation du chapitre 4. Il conviendrait ainsi de déterminer si les vaches seraient en mesure de maintenir ces adaptations comportementales sur des durées plus longues, de l'ordre de plusieurs semaines ou mois,

représentatives de celles qu'elles peuvent rencontrer en élevage en conditions d'abreuvement dégradé.

#### 2.2-4. Le critère du nombre d'abreuvoirs par vache de Welfare Quality® semble bien garantir l'absence de soif

Dans nos expérimentations des chapitres 1, 2, dans lesquelles nous avons toujours respecté les recommandations de Welfare Quality®, en termes de nombre de vaches par abreuvoirs, nous avons vu que les volumes d'eau bue n'ont pas été affectés par les contraintes d'accès aux abreuvoirs que nous avons imposées aux vaches. Nous excluons de ce constat l'expérimentation du chapitre 3 pour laquelle les volumes d'eau bue ont été modifiés en réponse à des variations d'ingestion imposées par des contraintes d'accès aux auges. Ceci pourrait suggérer que le critère du nombre maximal de vaches par abreuvoir du protocole Welfare Quality® est adapté pour garantir l'absence de soif prolongée. Cependant, il convient de se demander si cette conclusion peut être extrapolée à l'échelle des fermes laitières françaises. Pour les expérimentations sur les restrictions temporelles aux abreuvoirs (4 groupes de 10 vaches et 1 abreuvoir/groupe), nos résultats ont mis en évidence que les vaches ont bu suffisamment d'eau. Nous supposons que nos résultats sont extrapolables aux fermes commerciales dans le sens où nous avons choisi des durées de restriction temporelle d'accès aux abreuvoirs qui sont observables en fermes du fait de certaines pratiques d'élevage comme le blocage au cornadis après la traite, ou l'absence d'abreuvoirs dans les pâtures pour inciter les vaches à revenir au robot de traite. Par contre, nos expérimentations ne permettent pas de garantir la pertinence de ce critère dans un certain nombre de cas que nous n'avons pas abordés dans cette thèse. Ainsi, on pourrait se demander s'il reste pertinent dans des groupes très conséquents d'animaux partageant des abreuvoirs bacs communs. De même, nos résultats ne garantissent pas la fiabilité de ce critère dans le cas de restrictions temporelles plus sévères que celles que nous avons testées comme celles qui pourraient se produire lors de problèmes d'équipement d'abreuvement ou de présence de courants parasites (composants électriques ou des câbles situés à proximité de l'abreuvoir défectueux ou mal isolés qui génèrent une fuite de courant électrique qui traverse la surface de l'eau ou les structures métalliques de l'abreuvoir) par exemple. Enfin, ce critère resterait à tester en condition de stress thermique.

Nous pouvons nous demander si le plus judicieux pour répondre à ces questions serait de faire de nouvelles expérimentations sur ces paramètres car ceci pourrait s'avérer très lourd. Une alternative pourrait être de réfléchir à des indicateurs d'absence de soif mobilisables à l'échelle de l'individu en ferme.

### **3-Peut-on définir de nouveaux indicateurs pour évaluer les conditions d'abreuvement dans les fermes ?**

Nous avons vu que la grille Welfare Quality®, qui reste une référence à ce jour pour l'évaluation du bien-être des animaux d'élevage, évalue spécifiquement les conditions d'abreuvement des vaches à travers le critère 'alimentation adaptée' et le sous-critère 'absence de soif prolongée'. Pour rappel, les mesures associées à ce sous-critère 'absence de soif prolongée' reposent sur le nombre d'abreuvoirs disponibles, leur longueur pour les abreuvoirs bacs et leur nombre pour les abreuvoirs avec bols en lien avec le nombre d'animaux présents dans le groupe ainsi que sur leur propreté et leur débits d'eau. Deux limites à cette évaluation Welfare Quality®, qui a par ailleurs le mérite d'exister, peuvent être émises. La première est que l'absence de soif est supposée résulter d'une obligation de moyens et pas forcément de résultats. Même si ces critères et leur grille de notation ont été établis d'après des données de la littérature, ces dernières sont anciennes, menées dans des conditions expérimentales parfois éloignées de la réalité des élevages commerciaux et on peut se demander si ces critères garantissent toujours le résultat. Une autre limite est que dans la grille Welfare Quality®, le seul critère d'évaluation des conditions d'abreuvement est l'absence de soif. Or, les résultats des expérimentations des chapitres 1 à 4 montrent que les modalités d'abreuvement peuvent avoir des effets très limités, voire inexistantes sur les quantités d'eau bue, mais avoir un impact sur les comportements d'abreuvement comme la vitesse d'abreuvement, le nombre de visites aux abreuvoirs ou encore les dynamiques horaires d'abreuvement. Ces modalités d'abreuvement peuvent également provoquer des situations de compétition accrue ou des modifications du budget temps d'autres activités que l'abreuvement (cf. SC3 WQ sur le temps passé couché par les vaches, tableau 3 de l'état de l'art). Aussi, de mauvaises conditions d'abreuvement peuvent aussi induire un nombre de comportements sociaux agonistiques accru (cf. SC9 WQ sur la fréquence des comportements agonistiques, tableau 3 de l'état de l'art), associés peut-être à un état émotionnel dégradé pour certains individus au moins, ou une relative limitation de l'expression de certains comportements (cf. SC10 WQ sur l'expression d'autres comportements et SC12 WQ sur l'absence de peur (et donc peut-être de stress ?) (Tableau 3 de l'état de l'art).

L'objectif de cette partie est d'une part, d'établir une synthèse de critères que l'on pourrait envisager pour juger de l'absence de soif et d'autre part, de montrer en quoi les conditions d'abreuvement doivent aussi être évaluées en relation avec les comportements agonistiques et les compétitions avec les autres activités qu'elles peuvent générer.

*Un critère est défini comme étant un élément de référence qui permet de juger, d'estimer, ou de définir quelque chose. En général, il faut plusieurs critères pour évaluer toutes les dimensions d'une question d'évaluation et ils nécessitent des indicateurs. Un ensemble de critères n'est manipulable qu'une fois traduit en indicateurs.*

*Un indicateur est un instrument de mesure qui qualifie ou quantifie la satisfaction d'un critère et donc les risques que ce critère ne soit pas respecté.*

### **3.1- Critères mobilisables pour juger de l'absence de soif ne reposant pas sur une obligation de moyens**

#### **3.1-1. Des critères physiologiques et zootecniques de l'absence de soif sans doute difficiles à décliner en indicateurs**

Disposer du volume d'eau bue par jour pourrait sembler un idéal à atteindre mais, outre le fait que sa mesure individuelle se heurte à des difficultés techniques majeures en fermes commerciales, établir ce critère comme indicateur est sans doute difficile voire impossible. En effet, à lui seul, il ne peut suffire à estimer les volumes d'eau ingérés par les vaches. L'eau bue est très dépendante de la teneur en matière sèche de la ration ainsi que d'autres caractéristiques propres à celle-ci. Elle est également dépendante des conditions extérieures comme la température et l'hygrométrie (INRA, 2018; Khelil-Arfa et al., 2012). Il semble alors très compliqué de connaître tous ces paramètres à l'échelle journalière et donc d'exploiter, si nous y avons accès, les volumes d'eau bue par les vaches. Par ailleurs, même si on avait cette information du volume d'eau bue, l'expérimentation de Steiger Burgos et al. (2001) montre que les animaux s'adaptent aux restrictions d'abreuvement en diminuant leur matière sèche ingérée (MSI) et leur production laitière, rendant les ratios eau bue/MSI ou eau bue/production laitière peu

variables, même en conditions de restrictions quantitatives de l'abreuvement. Des performances suboptimales du fait d'une limitation de l'abreuvement ont donc peu de chance de se répercuter sur ces ratios.

Les mesures réalisées sur le lait et le sang dans le cadre de l'expérimentation du chapitre 4 ne se sont pas non plus révélées très concluantes. Nous avons choisi d'étudier le taux d'urée, de sodium et d'hématocrite dans le sang comme indicateurs de déshydratation (Steiger-Burgos et al., 2001) ainsi que le taux d'urée et le point de congélation dans le lait (Bjerg et al., 2005; Wheelock et al., 1965). Certains de ces indicateurs (hématocrite, urée et point de congélation du lait) ont tout de même bien illustré leurs fortes sensibilités aux conditions immédiates d'abreuvement. Cependant, de part leurs fortes variabilités au cours de la journée, il en découle que la prise de sang isolée a peu de chance d'être concluante. Il faudrait développer des capteurs capables de rendre compte des dynamiques au cours du temps de ces indicateurs (taux d'urée, d'hématocrite, de sodium sanguin). Dans ce sens, plusieurs laboratoires de recherche ont mis au point des capteurs de contrôle de l'hydratation chez l'homme. Notamment pour les sportifs, le capteur Nix Hydration Biosensor ®, fixé sur le biceps, mesure localement le profil de transpiration du corps et, au travers de la mesure de la quantité de sueur qui coule sur ses électrodes, est capable de rendre compte de la vitesse à laquelle le liquide se déplace dans le corps. Une mesure de la natrémie (taux de sodium dans le sang) par tube capillaire (Epoc® Care-Fill™) a également été développée dans l'objectif de rendre compte de l'hydratation de sportifs de l'ultra-trail du Mont blanc en 2015 (Le Masle-Lastiolas, 2016). On peut se demander si ces méthodes, moins invasives que les prélèvements dans la veine jugulaire ou la veine de la queue des vaches, ne pourraient pas être réfléchies et adaptées en expérimentations sur les animaux d'élevage, voire même permettre à terme un suivi en diagnostic de l'état d'hydratation des vaches en fermes commerciales dans des cas suspects.

Enfin, les mesures réalisées sur le lait dans l'expérimentation du chapitre 4 ont aussi montré la sensibilité de la teneur en urée du lait et du point de congélation aux contraintes de restrictions temporelles d'eau. Bien que ces mesures ne soient pas décrites dans la littérature comme étant de potentiels indicateurs de déshydratation, une piste pourrait consister à valider ces indicateurs physiologiques du lait dans des situations de doutes extrêmes sur l'état de déshydratation des animaux.

### 3.1-2. Des indicateurs comportementaux de l'absence de soif peuvent être plus faciles à construire

Nous avons remarqué au travers des résultats de nos études que la vitesse d'abreuvement semblait être le paramètre du comportement d'abreuvement qui variait le plus selon les contraintes d'abreuvement imposées aux vaches. Il pourrait être considéré comme l'indicateur comportemental idéal d'un point de vue théorique, en ferme expérimentale équipée d'abreuvoirs connectés. Cependant, il reste très difficile à mesurer sans un équipement lourd en ferme commerciale.

Cette vitesse d'abreuvement pourrait peut-être être estimée indirectement à travers le décompte des gorgées. Ce paramètre a pu être mesuré par vidéo (Burkhardt et al. 2022, 2024). Ces auteurs ont d'ailleurs inclus l'analyse de ce paramètre dans leurs récentes recherches sur les types d'abreuvoirs utilisés (Burkhardt et al., 2022) et l'effet des conditions climatiques (Burkhardt et al., 2024). Machado et al. (2004) et Teixeira et al. (2006) ont eux aussi mesuré ce paramètre mais cela a nécessité de positionner des observateurs à 7 et 5 mètres respectivement des abreuvoirs pour enregistrer visuellement ces gorgées. Cette mesure semble à ce jour difficilement réalisable à l'échelle individuelle en ferme. Cependant, une large gamme de capteurs est aujourd'hui en développement pour enregistrer de nombreux comportements d'ingestion des vaches comme les enregistreurs de données à accéléromètre 3D (Mattachini et al., 2016). La création de colliers connectés de cette technologie, capables d'identifier des gorgées, et leur combinaison à un outil vidéo basé sur de l'intelligence artificielle (= vidéosurveillance intelligente) permettant d'identifier les vaches pourraient sembler aujourd'hui envisageables.

Le nombre de visites, les épisodes de buvée, les coupures dans les épisodes de buvées pourraient également être des indicateurs intéressants. Ces mesures seraient sans doute possibles à l'aide d'une vidéosurveillance intelligente (<https://www.aiherd.io/fr>; <https://www.hackster.io/gatoninja236/scan-qr-codes-in-real-time-with-raspberry-pi-a5268b>). Une alternative pour tenter de mesurer le nombre d'épisodes de buvée sont les bolus ruminiaux de suivi de la température du rumen. Il a été démontré que chaque buvée se traduisait par de nettes chutes de la température ruminale qu'il suffirait de compter

(Ammer et al., 2016, Fisher 2017). La seule limite à cette méthode est le coût des bolus ruminiaux qui rend leur déploiement sur toutes les vaches difficile et le fait que ce dispositif ne permette pas le décompte des visites aux abreuvoirs ou des coupures dans les épisodes de buvées. Nous nous heurtons malgré tout au fait que la température ruminale reste dépendante de la température ambiante (Boehmer et al., 2015), ce qui peut compliquer l'identification des épisodes de buvées avec cet outil.

Enfin, nous pouvons suggérer qu'une désynchronisation spontanée de certains individus au regard du reste du groupe pendant les pics d'activités d'abreuvement du troupeau pourrait alerter sur d'éventuels problèmes d'accès aux abreuvoirs de ces individus. Cette mesure pourrait aussi s'envisager via un système de vidéosurveillance intelligente.

### **3.2- Evaluations des conditions d'abreuvement au vu des comportements agonistiques qu'elles pourraient provoquer**

Un nombre élevé d'interactions aux abreuvoirs pourrait suggérer un équipement d'abreuvement inadéquat ou dysfonctionnel, une densité d'animaux trop importante au regard du nombre d'abreuvoirs disponibles, ou un problème de débit ou d'alimentation en eau. C'est donc un indicateur, facilement traçable par caméra, en dynamique sur la journée qui pourrait être utilisable pour identifier l'intensité des compétitions aux abreuvoirs. Nous avons vu dans nos expérimentations que, selon les conditions d'élevage et les moments de la journée, la zone d'abreuvement pouvait générer un nombre conséquent d'interactions agonistiques et que cela était fortement dépendant des conditions de restrictions des accès aux abreuvoirs. Par exemple, l'expérimentation du chapitre 2 a montré qu'une réduction du nombre de 12 à 4 pour 40 vaches, entraînait une compétition plus forte illustrée par un nombre d'interactions agonistiques enregistrées qui a doublé passant de 281 à 592.

La zone des abreuvoirs est une zone de forte compétition, au moins à certains moments de la journée. Cela pourrait constituer une zone stratégique pour identifier la hiérarchie de dominance entre les individus d'un groupe et tenter d'identifier les animaux les plus subordonnés, qui sont susceptibles d'être davantage affectés par ces moments de compétition. En conditions expérimentales, dans des fermes équipées d'abreuvoirs



connectés, cette hiérarchie pourrait être plus aisément identifiée à condition d'aller au bout du développement de l'algorithme dédié (cf. annexe 2). En ferme commerciale, il serait sans doute envisageable de suivre ces présences aux abreuvoirs à l'aide d'un système de vidéosurveillance intelligente qui détecteraient la localisation des vaches dans la stabulation et rendraient compte, dans une zone d'abreuvement délimitée préalablement, de leur présence autour des abreuvoirs et de leur volonté d'accéder à l'eau d'abreuvement. Nous pourrions même supposer que ces caméras soient en mesure d'identifier, dans cette zone, les comportements agonistiques entre les individus.

# Conclusion



L'objectif de cette thèse était de réévaluer expérimentalement la pertinence des critères d'évaluation de l'absence de soif prolongée dans les élevages laitiers, en tenant compte de la vulnérabilité accrue des animaux les plus subordonnés au sein des troupeaux. Cela nécessitait de disposer d'une méthode rapide pour caractériser la hiérarchie de dominance aux abreuvoirs, à l'aide d'abreuvoirs connectés dans un cadre de ferme expérimentale. Nous avons cherché à concevoir un algorithme capable de refléter de manière fiable la hiérarchie qui se met en place aux abreuvoirs de la ferme expérimentale de l'UMR PEGASE, équipée d'abreuvoirs connectés La Buvette©, comme cela avait été réalisé à la ferme expérimentale de l'UBC par Foris et al. (2019a) équipée d'abreuvoirs Insentec©. Même si nous n'avons pas entièrement réussi à rendre notre algorithme opérationnel, nous avons constaté que l'identification visuelle des remplacements suffisait à caractériser la hiérarchie de dominance qui se met en place aux abreuvoirs, ce qui a considérablement facilité la caractérisation des hiérarchies sociales lors des autres expérimentations. De plus, l'identification automatique des remplacements a progressé, pendant ce projet de thèse, grâce à des modifications apportées par la société La Buvette© sur les abreuvoirs, nous permettant désormais de recenser la simple présence des vaches aux abreuvoirs.

Au cours de nos expérimentations, nous avons montré que la recommandation d'un nombre maximal de 10 vaches par abreuvoir, préconisée par les instances internationales sur le bien-être animal, reste appropriée pour garantir l'absence de soif prolongée des animaux dans les troupeaux. Cependant, nous avons observé que la zone des abreuvoirs est une zone de compétition entre les animaux et que, lors de contraintes, du fait de densité de vaches par abreuvoir proche du maximum conseillé ou de restrictions temporelles d'accès à l'eau, les vaches les plus subordonnées du troupeau doivent fournir plus d'efforts pour s'adapter que les vaches d'autres catégories sociales. En particulier, elles doivent boire plus rapidement, rester moins longtemps aux abreuvoirs et y retourner plus souvent. Elles peuvent aussi décaler leurs heures d'abreuvement pour éviter des agressions avec d'autres vaches. Par ailleurs, nous avons aussi observé que toutes les vaches pouvaient modifier leur temps de repos du fait de contraintes temporelles sur les accès aux abreuvoirs. Ces résultats suggèrent que, bien que les vaches aient réussi à boire une quantité d'eau suffisante dans quasiment toutes les conditions que nous avons générées et que l'absence de soif ait été garantie, les contraintes d'élevage que l'on pourrait retrouver dans des fermes commerciales sont susceptibles d'avoir un

impact sur le bien-être des animaux, en particulier celui des vaches les plus subordonnées des troupeaux, même si les recommandations qui permettent de prédire une absence de soif prolongée sont respectées.

Il semble encore difficile, à ce stade, d'élaborer de nouveaux critères d'évaluation des conditions d'abreuvement dans les fermes commerciales dont la mesure ne reposerait pas sur des équipements lourds. Néanmoins, nos résultats suggèrent que certains indicateurs pourraient être particulièrement intéressants à construire et à intégrer dans une future grille d'évaluation, telles que la vitesse et durée d'abreuvement à l'échelle journalière et à l'échelle de l'épisode de buvée ou encore la caractérisation des épisodes de buvées (vitesse, durée d'interruption de l'abreuvement, durée d'abreuvement etc.). La compétition aux abreuvoirs, reflétée par le nombre d'interactions agonistiques, pourrait également être incluse. Un gros avantage de ces indicateurs est qu'ils seraient basés sur des grandeurs mesurables. Ces mesures sembleraient même accessibles aujourd'hui avec de nouveaux outils de précision, comme la vidéosurveillance intelligente et les bolus ruminiaux.

Nous sommes conscients que le déploiement, dans chaque ferme laitière, d'outils de précisions tels que la vidéosurveillance intelligente ou même les bolus ruminiaux est tout à fait irréaliste. Cependant, le déploiement d'un outil video basé sur de l'intelligence artificielle dans un objectif de diagnostic ponctuel, en les transportant d'une ferme à l'autre, pourrait être une piste à creuser. Ce type de caméra constituerait un outil précieux pour caractériser les comportements sociaux et d'abreuvement des vaches dans les conditions réelles de l'élevage et en dynamique. Cette caméra permettrait aussi de réaliser des enquêtes en fermes. Nos résultats ont déjà permis de cibler des indicateurs d'intérêt pour évaluer la des équipements d'abreuvement dans les fermes à l'avenir et ils représentent un premier pas pour élaborer une méthode d'évaluation en fermes.

# Bibliographie



Ammer, S., C. Lambertz, and M. Gauly. 2016. Comparison of different measuring methods for body temperature in lactating cows under different climatic conditions. *Journal of Dairy Research* 83:165–172. doi:10.1017/S0022029916000182.

Andersson, M. 1987. Effects of number and location of water bowls and social rank on drinking behaviour and performance of loose-housed dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 17:19–31. doi:10.1016/0168-1591(87)90004-9.

Andersson, M., J. Schaar, and H. Wiktorsson. 1984. Effects of drinking water flow rates and social rank on performance and drinking behaviour of tied-up dairy cows. *Livestock Production Science* 11:599–610. doi:10.1016/0301-6226(84)90074-5.

Andrew S.M., Erdman R.A., Waldo D.R., 1995. Prediction of body composition of dairy cows at three physiological stages from deuterium oxide and urea dilution. *J. Dairy Sci.*, 78, 1083-1095.

Anses. 2018. Avis de l'Anses relatif au « Bien-être animal : contexte, définition et évaluation ».

Appuhamy, J. a. D.R.N., J.V. Judy, E. Kebreab, and P.J. Kononoff. 2016. Prediction of drinking water intake by dairy cows. *J Dairy Sci* 99:7191–7205. doi:10.3168/jds.2016-10950.

Arave, C.W., and J.L. Albright. 1976. Social Rank and Physiological Traits of Dairy Cows as Influenced by Changing Group Membership<sup>1, 2</sup>. *Journal of Dairy Science* 59:974–981. doi:10.3168/jds.S0022-0302(76)84306-8.

Aschbacher, P.W., T.H. Kamal, and R.G. Cragle. 1965. Total Body Water Estimations in Dairy Cattle using Tritiated Water. *Journal of Animal Science* 24:430–433. doi:10.2527/jas1965.242430x.

Beede, D. 2012. What will our ruminants drink?. *Animal Frontiers* 2:36–43. doi:10.2527/af.2012-0040.

Beilharz, R.G., and K. Zeeb. 1982. Social dominance in dairy cattle. *Applied Animal Ethology* 8:79–97. doi:10.1016/0304-3762(82)90134-1.



Bjerg, M., M.D. Rasmussen, and M.O. Nielsen. 2005. Changes in Freezing Point of Blood and Milk During Dehydration and Rehydration in Lactating Cows. *Journal of Dairy Science* 88:3174–3185. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)73001-0.

Boehmer, B.H., T.A. Pye, and R.P. Wettemann. 2015. Ruminal temperature as a measure of body temperature of beef cows and relationship with ambient temperature. *The Professional Animal Scientist* 31:387–393. doi:10.15232/pas.2014-01336.

Botreau, R. 2008. Evaluation multicritère du bien-être animal : exemple des vaches laitières en ferme. These de doctorat Thesis. Institut national agronomique Paris-Grignon (1971-2006),.

Boudon, A., V. Cardot, M. Raymond, Q. Carré, and J. Lassalas. 2019. Validation of a monitoring system of individual drinking behavior for dairy cows housed in loose housing barn. Page XIII. International Symposium on Ruminant Physiology, Clermont-Ferrand, France.

Boudon, A., H. Khelil, J.-L. Ménard, P. Brunschwig, and P. Faverdin. 2013. Les besoins en eau d'abreuvement des bovins laitiers : déterminismes physiologiques et quantification. *INRA Productions Animales* 26:249–262.

de Boyer Des Roches, A., L. Mounier, M. Coignard, N. Bareille, R. Guatteo, and I. Veissier. 2012. Bien - être animal en élevage laitier : Problèmes majeurs rencontrés et relation avec certaines caractéristiques des fermes. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*.

Brambell, R., Barbour, Barnett, Ewer, Hobson, Pitchforth, Smith, Thorpe, and Winship. 1965. Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals kept under Intensive Livestock Husbandry Systems. Presented to Parliament by the Secretary of State for Scotland and the Minister of Agriculture, Fisheries and Food by Command of Her Majesty.

Burkhardt, F.K., J.J. Hayer, C. Heinemann, and J. Steinhoff-Wagner. 2022a. Drinking behavior of dairy cows under commercial farm conditions differs depending on water trough design and cleanliness. *Applied Animal Behaviour Science* 256:105752. doi:10.1016/j.applanim.2022.105752.

Burkhardt, F.K., J.J. Hayer, C. Heinemann, and J. Steinhoff-Wagner. 2022b. Drinking behavior of dairy cows under commercial farm conditions differs depending on water trough design and cleanliness. *Applied Animal Behaviour Science* 256:105752. doi:10.1016/j.applanim.2022.105752.

Burkhardt, F.K., J.J. Hayer, C. Heinemann, and J. Steinhoff-Wagner. 2024. Effect of Climatic Condition, Type of Trough and Water Cleanliness on Drinking Behavior in Dairy Cows. *Animals* 14:257. doi:10.3390/ani14020257.

Cardot, V., Y. Le Roux, and S. Jurjanz. 2008. Drinking Behavior of Lactating Dairy Cows and Prediction of Their Water Intake. *Journal of Dairy Science* 91:2257–2264. doi:10.3168/jds.2007-0204.

Castle, M.E., and T.P. Thomas. 1975. The water intake of British Friesian cows on rations containing various forages. *Animal Science* 20:181–189. doi:10.1017/S0003356100035170.

Chapinal, N., D.M. Veira, D.M. Weary, and M.A.G. von Keyserlingk. 2007. Technical Note: Validation of a System for Monitoring Individual Feeding and Drinking Behavior and Intake in Group-Housed Cattle. *Journal of Dairy Science* 90:5732–5736. doi:10.3168/jds.2007-0331.

CIGR. 2014. The design of dairy cow and replacement heifer housing. Report of the CIGR Section II Working Group N°14, Cattle Housing.

Coimbra, P., L. Pinheiro Machado Filho, and M.J. Hötzel. 2012. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behavior of cows on pasture. *Applied Animal Behaviour Science* 139:175–182. doi:10.1016/j.applanim.2012.04.009.

Collings, L.K.M., D.M. Weary, N. Chapinal, and M.A.G. von Keyserlingk. 2011. Temporal feed restriction and overstocking increase competition for feed by dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 94:5480–5486. doi:10.3168/jds.2011-4370.

Collis, K.A. 1976. An investigation of factors related to the dominance order of a herd of dairy cows of similar age and breed. *Applied Animal Ethology* 2:167–173. doi:10.1016/0304-3762(76)90044-4.

Crossley, R.E., A. Harlander-Matauschek, and T.J. DeVries. 2017. Variability in behavior and production among dairy cows fed under differing levels of competition. *Journal of Dairy Science* 100:3825–3838. doi:10.3168/jds.2016-12108.

David, H.A. 1987. Ranking from unbalanced paired-comparison data. *Biometrika* 74:432–436. doi:10.1093/biomet/74.2.432.

De Vries, H. 1998. Finding a dominance order most consistent with a linear hierarchy: a new procedure and review. *Animal Behaviour* 55:827–843. doi:10.1006/anbe.1997.0708.

DeVries, T.J., M. a. G. von Keyserlingk, and K.A. Beauchemin. 2003. Short communication: Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 86:4079–4082. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)74020-X.

DeVries, T.J., M.A.G. von Keyserlingk, and D.M. Weary. 2004. Effect of Feeding Space on the Inter-Cow Distance, Aggression, and Feeding Behavior of Free-Stall Housed Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 87:1432–1438. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73293-2.

Dickson, D.P., G.R. Barr, and D.A. Wieckert. 1967. Social Relationship of Dairy Cows in a Feed Lot. *Behaviour* 29:195–203.

Drews, C. 1993. The Concept and Definition of Dominance in Animal Behaviour. *Behaviour* 125:283–313. doi:10.1163/156853993X00290.

FAWC. 2009. FAWC Report on Farm Animal Welfare in Great Britain: Past, Present and Future. Accessed February 23, 2024. <https://www.gov.uk/government/publications/fawc-report-on-farm-animal-welfare-in-great-britain-past-present-and-future>.

Fischer, A. 2017. Etude de la variabilité interindividuelle de l'efficience alimentaire de la vache laitière. <https://theses.hal.science/tel-01697844>

Foris, B., B. Lecorps, J. Krahn, D.M. Weary, and M.A.G. von Keyserlingk. 2021. The effects of cow dominance on the use of a mechanical brush. *Sci Rep* 11:22987. doi:10.1038/s41598-021-02283-2.

Foris, B., A.J. Thompson, M. a. G. von Keyserlingk, N. Melzer, and D.M. Weary. 2019a. Automatic detection of feeding- and drinking-related agonistic behavior and dominance in dairy cows. *J Dairy Sci* 102:9176–9186. doi:10.3168/jds.2019-16697.

Foris, B., B. Vandresen, K. Sheng, J. Krahn, D.M. Weary, and M.A.G. von Keyserlingk. 2023. Automated, longitudinal measures of drinking behavior provide insights into the social hierarchy in dairy cows. *JDS Communications*. doi:10.3168/jdsc.2023-0487.

Foris, B., M. Zebunke, J. Langbein, and N. Melzer. 2019b. Comprehensive analysis of affiliative and agonistic social networks in lactating dairy cattle groups. *Applied Animal Behaviour Science* 210:60–67. doi:10.1016/j.applanim.2018.10.016.

Friend, T.H., F.G. Gwazdauskas, and C.E. Polan. 1979. Change in Adrenal Response from Free Stall Competition. *Journal of Dairy Science* 62:768–771. doi:10.3168/jds.S0022-0302(79)83321-4.

Friend, T.H., C.E. Polan, and M.L. McGilliard. 1977. Free Stall and Feed Bunk Requirements Relative to Behavior, Production and Individual Feed Intake in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 60:108–116. doi:10.3168/jds.S0022-0302(77)83835-6.

Galindo, F., and D.M. Broom. 2000. The relationships between social behaviour of dairy cows and the occurrence of lameness in three herds. *Research in Veterinary Science* 69:75–79. doi:10.1053/rvsc.2000.0391.

de Graaf, S., B. Ampe, C. Winckler, M. Radeski, L. Mounier, M.K. Kirchner, M.J. Haskell, F.J.C.M. van Eerdenburg, A. de B. des Roches, S.N. Andreasen, J. Bijttebier, L. Lauwers, W. Verbeke, and F.A.M. Tuytens. 2017. Trained-user opinion about Welfare Quality measures and integrated scoring of dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science* 100:6376–6388. doi:10.3168/jds.2016-12255.

Grant, R.J., and J.L. Albright. 2001. Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 84:E156–E163. doi:10.3168/jds.S0022-0302(01)70210-X.

Holter, J.B., and W.E. Urban. 1992. Water Partitioning and Intake Prediction in Dry and Lactating Holstein Cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science* 75:1472–1479. doi:10.3168/jds.S0022-0302(92)77904-1.

Houpt, T.R. *Water and electrolytes*. 12th ed.

Huzzey, J.M., T.J. DeVries, P. Valois, and M. a. G. von Keyserlingk. 2006. Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:126–133. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72075-6.

Huzzey, J.M., R.J. Grant, and T.R. Overton. 2012. Short communication: Relationship between competitive success during displacements at an overstocked feed bunk and measures of physiology and behavior in Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95:4434–4441. doi:10.3168/jds.2011-5038.

Huzzey, J.M., M.A.G. von Keyserlingk, and D.M. Weary. 2005. Changes in Feeding, Drinking, and Standing Behavior of Dairy Cows During the Transition Period. *Journal of Dairy Science* 88:2454–2461. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72923-4.

Huzzey, J.M., D.M. Weary, B.Y.F. Tiau, and M. a. G. von Keyserlingk. 2014. Short communication: Automatic detection of social competition using an electronic feeding system. *J. Dairy Sci.* 97:2953–2958. doi:10.3168/jds.2013-7434.

INRA. 2018. Inra, 2018. Alimentation des ruminants. Editions Quae.

Jensen, M.B., and M. Vestergaard. 2021. Invited review: Freedom from thirst-Do dairy cows and calves have sufficient access to drinking water?. *J Dairy Sci* 104:11368–11385. doi:10.3168/jds.2021-20487.

Khelil-Arfa, H., A. Boudon, G. Maxin, and P. Faverdin. 2012. Prediction of water intake and excretion flows in Holstein dairy cows under thermoneutral conditions. *Animal* 6:1662–1676. doi:10.1017/S175173111200047X.

Kondo, S., and J.F. Hurnik. 1990. Stabilization of social hierarchy in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 27:287–297. doi:10.1016/0168-1591(90)90125-W.

Konggaard, S.P., and C. Krohn. 1978. Performance of First-Calf Heifers in Two Different Grouping Systems. *Rep. Nat. Inst. Anim. Sci.*

Krahn, J., B. Foris, K. Sheng, D.M. Weary, and M.A.G. von Keyserlingk. 2024. Effects of group size on agonistic interactions in dairy cows: a descriptive study. *Animal* 18:101083. doi:10.1016/j.animal.2024.101083.

Krahn, J., B. Foris, D.M. Weary, and M.A.G. von Keyserlingk. 2022. Invited review: Social dominance in dairy cattle: A critical review with guidelines for future research. *Journal of Dairy Science*. doi:10.3168/jds.2022-22534.

Kume, S., K. Nonaka, T. Oshita, and T. Kozakai. 2010. Evaluation of drinking water intake, feed water intake and total water intake in dry and lactating cows fed silages. *Livestock Science* 128:46–51. doi:10.1016/j.livsci.2009.10.012.

Lamprecht, J. 1986. Structure and causation of the dominance hierarchy in a flock of bar-headed geese (*Anser indicus*). *Behaviour* 96:28–48. <https://doi.org/10.1163/156853986X00207>.

Landaeta-Hernandez, A.J., R. Ungerfeld, R. Randles, R. Littell, D.O. Rae, and P.J. Chenoweth. 2020. About the inconvenience of handling mixed-breed herds; aspects of social behavior as a potential source of stress and economic losses. *Trop. Anim. Health Prod.* 52:743–751. doi:10.1007/s11250-019-02065-z.

Langhans, W., R. Rossi, and E. Scharrer. 1995. Relationships between feed and water intake in ruminants. In: *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. Engelhardt W. V., Leonhard-Marek S., Breves G., Giesecke D. (Eds). Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Allemagne. 199–216.

Le Masle-Lastiolas, J.-L. 2015. L'impact du protocole d'hydratation "à la soif" sur la natrémie des coureurs de l'ultra-trail du Mont Blanc 2015 90.

Little, W., K.A. Collis, P.T. Gleed, B.F. Sansom, W.M. Allen, and A.J. Quick. 1980. Effect of reduced water intake by lactating dairy cows on behaviour, milk yield and blood composition. *Vet Rec* 106:547–551. doi:10.1136/vr.106.26.547.

Little, W., B.F. Sansom, R. Manston, and W.M. Allen. 1976. Effects of restricting the water intake of dairy cows upon their milk yield, body weight and blood composition. *Animal Science* 22:329–339. doi:10.1017/S0003356100035601.

Lomb, J., M. a. G. von Keyserlingk, and D.M. Weary. 2020. Behavioral changes associated with fever in transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 103:7331–7338. doi:10.3168/jds.2018-15969.

Machado, L.C.P., D.L. Teixeira, D.M. Weary, M. a. G. von Keyserlingk, and M.J. Hotzel. 2004. Designing better water troughs: dairy cows prefer and drink more from larger troughs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 89:185–193. doi:10.1016/j.applanim.2004.07.002.

Mattachini, G., E. Riva, F. Perazzolo, E. Naldi, and G. Provolo. 2016. Monitoring feeding behaviour of dairy cows using accelerometers. *Journal of Agricultural Engineering* 47:54–58. doi:10.4081/jae.2016.498.

McDonald, P., M.A.G. von Keyserlingk, and D.M. Weary. 2020. Hot weather increases competition between dairy cows at the drinker. *J. Dairy Sci.* 103:3447–3458. doi:10.3168/jds.2019-17456.

McDonald, P.V., M.A.G. von Keyserlingk, and D.M. Weary. 2019. Technical note: Using an electronic drinker to monitor competition in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 102:3495–3500. doi:10.3168/jds.2018-15585.

Mendl, M., A. J. Zanella, and D. M. Broom. 1992. Physiological and reproductive correlates of behavioral strategies in female domestic pigs. *Anim. Behav.* 44:1107–1121. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80323-9](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80323-9).

Meyer, U., M. Everinghoff, D. Gädeken, and G. Flachowsky. 2004. Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livestock Production Science* 90:117–121. doi:10.1016/j.livprodsci.2004.03.005.

Ministry for Food, Agriculture and Fisheries. 2017. BEK nr 79 af 23/01/2017, Miljø- og Fødevareministeriet.

Murphy, M.R. 1992. Water Metabolism of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 75:326–333. doi:10.3168/jds.S0022-0302(92)77768-6.

NASEM. 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. National Academies Press, Washington, D.C.

Neumann, C., J. Duboscq, C. Dubuc, A. Ginting, A.M. Irwan, M. Agil, A. Widdig, and A. Engelhardt. 2011. Assessing dominance hierarchies: validation and advantages of progressive evaluation with Elo-rating. *Animal Behaviour* 82:911–921. doi:10.1016/j.anbehav.2011.07.016.

Nizzi, E., B. Foris, J. Lassalas, C. Hurtaud, and A. Boudon. 2024. Monitoring individual drinking behaviour and the social hierarchy in dairy cows using electronic drinkers. *Applied Animal Behaviour Science* 106218. doi:10.1016/j.applanim.2024.106218.

Nizzi, E., C. Hurtaud, and A. Boudon. 2023. Interaction between drinker density and cow social dominance affects drinking behavior. *JDS Communications*. doi:10.3168/jdsc.2023-0479.

Norring, M., and A. Valros. 2016. The effect of lying motivation on cow behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 176:1–5. doi:10.1016/j.applanim.2015.11.022.

NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001. Nutrient requirements of domestic animals.* National Academies Press, Washington, D.C.

Odwongo, W.O., H.R. Conrad, A.E. Staubus, and J.H. Harrison. 1985. Measurement of water kinetics with deuterium oxide in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 68:1155–1164. doi:10.3168/jds.S0022-0302(85)80942-5.

Olofsson, J. 1999. Competition for total mixed diets fed for ad libitum intake using one or four cows per feeding station. *J. Dairy Sci.* 82:69–79. doi:10.3168/jds.S0022-0302(99)75210-0.

Osborne, V., R. Hacker, and B. McBride. 2002. Effects of heated drinking water on the production responses of lactating Holstein and Jersey cows. *Canadian Journal of Animal Science* 82:267–273. doi:10.4141/A01-055.

Phelps, A. 1992. Vastly superior first lactations when heifers fed separately. *Feedstuffs*.

Proudfoot, K.L., D.M. Veira, D.M. Weary, and M.A.G. von Keyserlingk. 2009. Competition at the feed bunk changes the feeding, standing, and social behavior of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92:3116–3123. doi:10.3168/jds.2008-1718.

RSPCA. 2018. *RSPCA welfare standards for dairy cattle.*

Sánchez-Tójar, A., J. Schroeder, and D.R. Farine. 2018. A practical guide for inferring reliable dominance hierarchies and estimating their uncertainty. *Journal of Animal Ecology* 87:594–608. doi:10.1111/1365-2656.12776.



Sato, S., K. Tarumizu, and K. Hatae. 1993. The influence of social factors on allogrooming in cows. *Applied Animal Behaviour Science* 38:235–244. doi:10.1016/0168-1591(93)90022-H.

Shaver, R. 2002. Rumen acidosis in dairy cattle: Bunk management considerations. *Adv. Dairy Technol.* 14.

Sheng, K., B. Foris, J. Krahn, D.M. Weary, and M.A.G. von Keyserlingk. 2022. The effects of competition at the feeder on dominance in dairy cows.

de Sousa, K.T., L.C.P. Machado Filho, G.S. Bica, M. Deniz, and M.J. Hötzel. 2021. Degree of affinity among dairy heifers affects access to feed supplementation. *Applied Animal Behaviour Science* 234:105172. doi:10.1016/j.applanim.2020.105172.

Steiger-Burgos, M., M. Senn, F. Sutter, M. Kreuzer, and W. Langhans. 2001. Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 280:R418–R427. doi:10.1152/ajpregu.2001.280.2.R418.

Stricklin, W.R., and H.W. Gonyou. 1981. Dominance and eating behavior of beef cattle fed from a single stall. *Applied Animal Ethology* 7:135–140. doi:10.1016/0304-3762(81)90091-2.

Teixeira, D., M.J. Hötzel, and L. Pinheiro Machado Filho. 2006. Designing better water troughs: 2. Surface area and height, but not depth, influence dairy cows' preference. *Applied Animal Behaviour Science - APPL ANIM BEHAV SCI* 96:169–175. doi:10.1016/j.applanim.2005.06.003.

Tilson, R. L., K. A. Sweeny, G. A. Binczik, and N. J. Reindl. 1988. Buddies and bullies: Social structure of a bachelor group of Przewalski horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 21:169–185. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(88\)90106-2](https://doi.org/10.1016/0168-1591(88)90106-2).

Tucker, C.B., M.B. Jensen, A.M. de Passillé, L. Hänninen, and J. Rushen. 2021. Invited review: Lying time and the welfare of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 104:20–46. doi:10.3168/jds.2019-18074.

Val-Laillet, D., V. Guesdon, M.A.G. von Keyserlingk, A.M. de Passillé, and J. Rushen. 2009. Allogrooming in cattle: Relationships between social preferences, feeding

displacements and social dominance. *Applied Animal Behaviour Science* 116:141–149. doi:10.1016/j.applanim.2008.08.005.

Val-Laillet, D., A.M. de Passille, J. Rushen, and M.A.G. von Keyserlingk. 2008. The concept of social dominance and the social distribution of feeding-related displacements between cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 111:158–172. doi:10.1016/j.applanim.2007.06.001.

Vasilatos, R., and P.J. Wangsness. 1980. Feeding Behavior of Lactating Dairy Cows as Measured by Time-Lapse Photography. *Journal of Dairy Science* 63:412–416. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)82948-1.

de Vries, H. 1995. An improved test of linearity in dominance hierarchies containing unknown or tied relationships. *Animal Behaviour* 50:1375–1389. doi:10.1016/0003-3472(95)80053-0.

de Vries, H., J.M.G. Stevens, and H. Vervaecke. 2006. Measuring and testing the steepness of dominance hierarchies. *Animal Behaviour* 71:585–592. doi:10.1016/j.anbehav.2005.05.015.

de Vries, M., E.A.M. Bokkers, G. van Schaik, R. Botreau, B. Engel, T. Dijkstra, and I.J.M. de Boer. 2013. Evaluating results of the Welfare Quality multi-criteria evaluation model for classification of dairy cattle welfare at the herd level. *Journal of Dairy Science* 96:6264–6273. doi:10.3168/jds.2012-6129.

Welfare Quality®. 2009. Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle (Fattening Cattle, Dairy Cows, Veal Calves). Welfare Quality® consortium.

Wheelock, J.V., J. a. F. Rook, and F.H. Dodd. 1965. The relationship in the cow between the osmotic pressure of milk and of blood. *Journal of Dairy Research* 32:79–88. doi:10.1017/S0022029900018392.

Williams, L.R., E.L. Jackson, G.J. Bishop-Hurley, and D.L. Swain. 2017. Drinking frequency effects on the performance of cattle: a systematic review. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 101:1076–1092. doi:10.1111/jpn.12640.







Woodford, S.T., M.R. Murphy, and C.L. Davis. 1984. Water dynamics of dairy cattle as affected by initiation of lactation and feed intake. *J Dairy Sci* 67:2336–2343. doi:10.3168/jds.S0022-0302(84)81582-9.





Zobel, G., K. Schwartzkopf-Genswein, B. Genswein, and M. Keyserlingk. 2011. Impact of agonistic interactions on feeding behaviours when beef heifers are fed in a competitive feeding environment. *Livestock Science - LIVEST SCI* 137:1–9. doi:10.1016/j.livsci.2010.09.022.

# Annexes



# Annexe 1

Titre	<b>Approvisionnement en eau</b>		
Cadre	Mesure basée sur le matériel : Vaches laitières		
Echantillon	Cf 6.1.5.		
Méthode	Tous les points d'eau sont évalués au sein de l'unité dans laquelle les vaches en lactation sont logées.( Cf 6.1.2.1., 6.1.4.1)		
	Pour chaque enclos : <ul style="list-style-type: none"> <li>• compter le nombre d'animaux.</li> <li>• noter le type de point d'eau présent : bac ouvert, bac à bascule, bol simple, bol à réservoir, bol avec un système antigel (balle), pipette.</li> <li>• Puis :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pour les bacs ouverts, mesurer la longueur du bac.</li> <li>○ Pour le bol simple, bol à réservoir, bol avec un système antigel (balle), pipette, compter le nombre de points d'eau.</li> </ul> </li> </ul>		
Classification	Niveau individuel :		
	NA		
Classification	Niveau du Groupe :		
	<b>Nombre d'animaux</b> <b>Nombre de chaque type de point d'eau</b> <b>Longueur des bacs (en cm)</b>		
Illustrations	 <p><b>Bac</b></p>	 <p><b>Bac à remplissage automatique</b></p>	
	 <p><b>Bol</b></p>	 <p><b>Bol à réservoir</b></p>	
	 <p><b>Bol avec système anti-gel</b></p>	 <p><b>pipette</b></p>	

Titre	<b>Propreté des points d'eau</b>			
Cadre	Mesure basée sur le matériel : Vaches laitières			
Echantillon	Cf 6.1.5.			
Méthode	Tous les points d'eau sont évalués au sein de l'unité dans laquelle les vaches en lactation sont logées. (Cf 6.1.2.1., 6.1.4.1)			
	<p>Pour chaque point d'eau, vérifier la propreté en considérant deux paramètres :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La propreté de l'abreuvoir : présence de saleté récente ou vieille sur la partie intérieure du bol ou du bac</li> <li>• La propreté de l'eau : coloration de l'eau (cf. illustrations)</li> </ul> <p>Les points d'eau sont considérés propres quand il n'y a pas de croûte de saleté (fèces, moisissures...) et/ou de nourriture pourrie. NB : la présence d'aliment frais est acceptable.</p>			
Classification	Niveau individuel :			
	NA			
Classification	Niveau du Groupe :			
	<p><b>0 – Propre</b> : l'abreuvoir <b>et</b> l'eau sont propres au moment de l'inspection  <b>1– En partie propre</b> : l'abreuvoir est sale mais l'eau est fraîche et propre au moment de l'inspection <b>ou</b> seulement une partie de la plupart des abreuvoirs sont propres et contiennent de l'eau propre  <b>2– Sale</b> : l'abreuvoir et l'eau sont sales au moment de l'inspection</p>			
Illustrations				
	<b>Propre</b>	<b>en partie propre</b>	<b>Sale</b>	<b>Sale</b>

Titre	<b>Débit des points d'eau</b>		
Cadre	Mesure basée sur le matériel : Vaches laitières		
Echantillon	Cf 6.1.5.		
Méthode	Tous les points d'eau sont évalués au sein de l'unité dans laquelle les vaches en lactation sont logées. (Cf 6.1.2.1., 6.1.4.1)		
	<p>Pour chaque point d'eau, vérifier la quantité d'eau qui est fournie en 1 minute :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vider le point d'eau</li> <li>• Collecter l'eau pendant une minute dans un seau, et mesurer sa quantité.</li> </ul> <p>Pour être suffisant, le débit d'eau doit être d'au moins :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 litres / minute pour un bol</li> <li>• 20 litres / minute pour un bac</li> </ul> <p>NB : Dans le cas de bacs à grand réservoir, ce test ne doit pas être réalisé. La valeur de débit allouée est alors de 20 litres / minute</p>		
Classification	Niveau individuel :		
	<b>Pour chaque point d'eau</b> : Quantité d'eau en litres/minute		
Classification	Niveau du Groupe :		
	<p><b>Nombre de points d'eau type bol</b> ayant un débit suffisant.  <b>Longueur des bacs</b> ayant un débit d'eau suffisant.</p>		

Titre	<b>Fonctionnement des points d'eau</b>		
Cadre	Mesure basée sur le matériel : Vaches laitières		
Echantillon	Cf 6.1.5.		
Méthode	Tous les points d'eau sont évalués au sein de l'unité dans laquelle les vaches en lactation sont logées. (Cf 6.1.2.1., 6.1.4.1)		
	Pour chaque point d'eau, vérifier qu'il fonctionne correctement : si les leviers sont amovibles et que l'eau sort lorsqu'on les bouge.		
Classification	Niveau individuel :		
	NA		
Classification	Niveau du Groupe :		
	<b>0</b> – Les points d'eau fonctionnent correctement <b>2</b> – Les points d'eau ne fonctionnent pas correctement		





## Annexe 2

Quelles améliorations ont été apportées à l'identification des remplacements grâce aux données des abreuvoirs connectés La Buvette© grâce à l'enregistrement des présences plutôt que des visites avec buvées ?

Nous avons vu dans le chapitre 1 que la validation de la détection automatisée des remplacements aux abreuvoirs La Buvette© basée sur un enregistrement des buvées se heurte à la difficulté de les observer fidèlement par une méthode de référence basée sur des observations visuelles. La raison première est que la définition d'un remplacement par observation visuelle doit être qu'une vache doit chasser une vache en train de boire pour boire à sa place et qu'il est très difficile de constater sur les vidéos que les animaux boivent ou pas. Pour cette raison, nous avons cherché à valider la détection automatisée des remplacements aux abreuvoirs La Buvette© sur la base des visites aux abreuvoirs. Notre espoir dans cette alternative est que les visites sont plus simples à observer par vidéos car elles sont été définies sur la base d'une vache qui va placer ses épaules entre les bat-flancs de l'abreuvoir pour en chasser une autre dont les épaules étaient placées entre les bat-flancs des abreuvoirs.

L'enregistrement des visites par les abreuvoirs La Buvette© a été rendue possible avant le démarrage de l'expérimentation du chapitre 4. La validation qui est proposée dans cette annexe repose sur un groupe de vaches du carré latin de cette expérimentation. La méthode de validation a été la même que celle utilisée dans la chapitre 1, à la seule différence que les données utilisées ne sont pas les mêmes.

Quelques abréviations reprises dans cette annexe :

**VP** =vrai positifs

**FP** = faux positifs

**FN** = faux négatifs

$$\mathbf{Sensibilité} = \frac{VP}{VP + FN}$$

$$\mathbf{Spécificité} = \frac{VP}{VP + FP}$$

F-score (Goutte et Gaussier., 2005; Saito et Rehmsmeier, 2015) :

$$\mathbf{F - score} = \frac{2 \times \mathbf{Sensibilité} \times \mathbf{Spécificité}}{\mathbf{Sensibilité} + \mathbf{Spécificité}}$$

1<sup>ère</sup> méthode : *Validation de la détection automatique des remplacements à partir des enregistrements des visites avec buvées par les abreuvoirs La Buvette© (Rappel des chiffres clés du chapitre 1)*

**Données** : Expérimentation chapitre 1 → 22 vaches, 9 jours, 6 abreuvoirs disponibles

**Nombre de remplacements observés** : 257

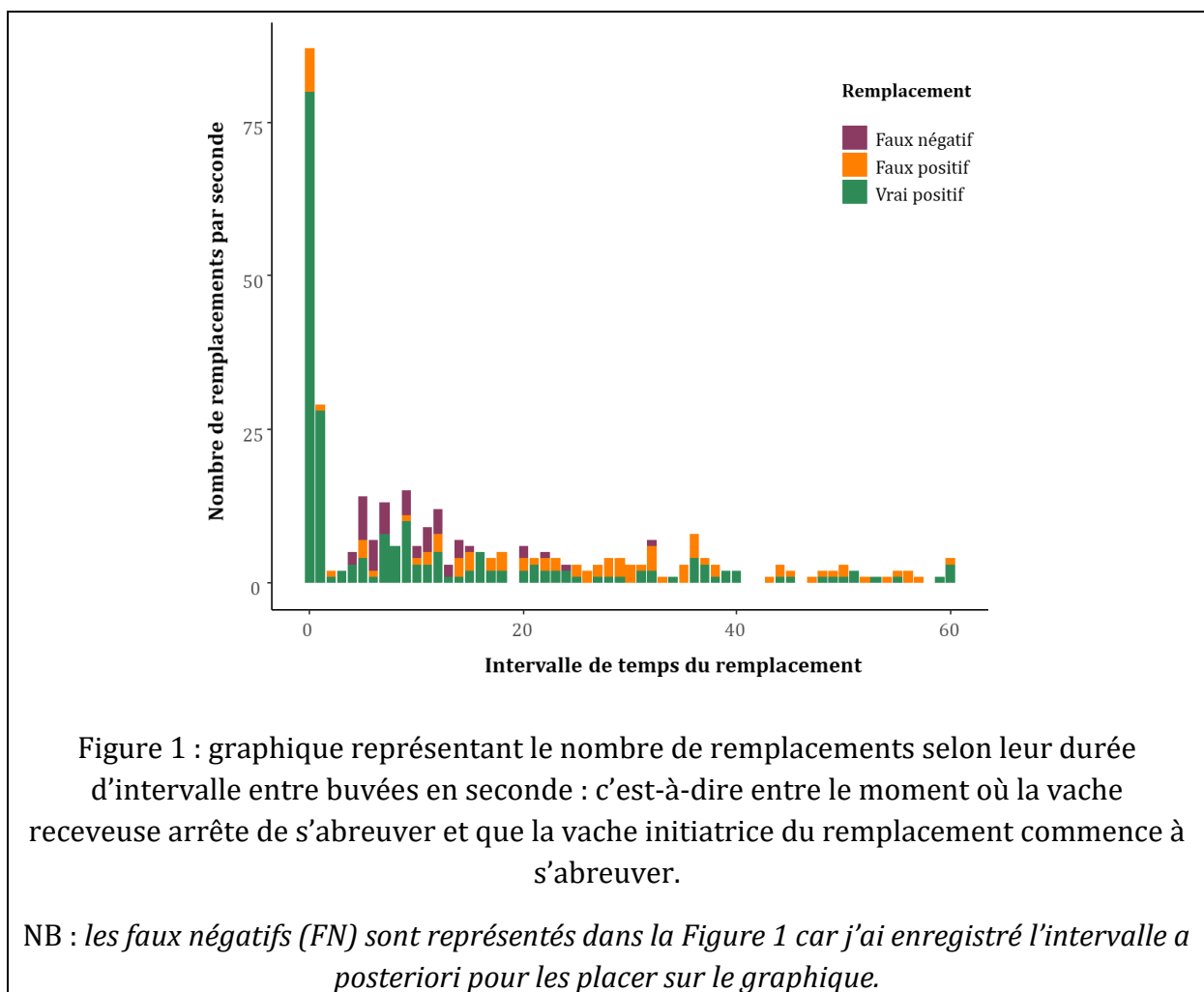
**Nombre de potentiels remplacements automatiquement détectés** : 297

Vrai positifs = 212 (62% des enregistrements)

Faux positifs = 85 (25% des enregistrements)

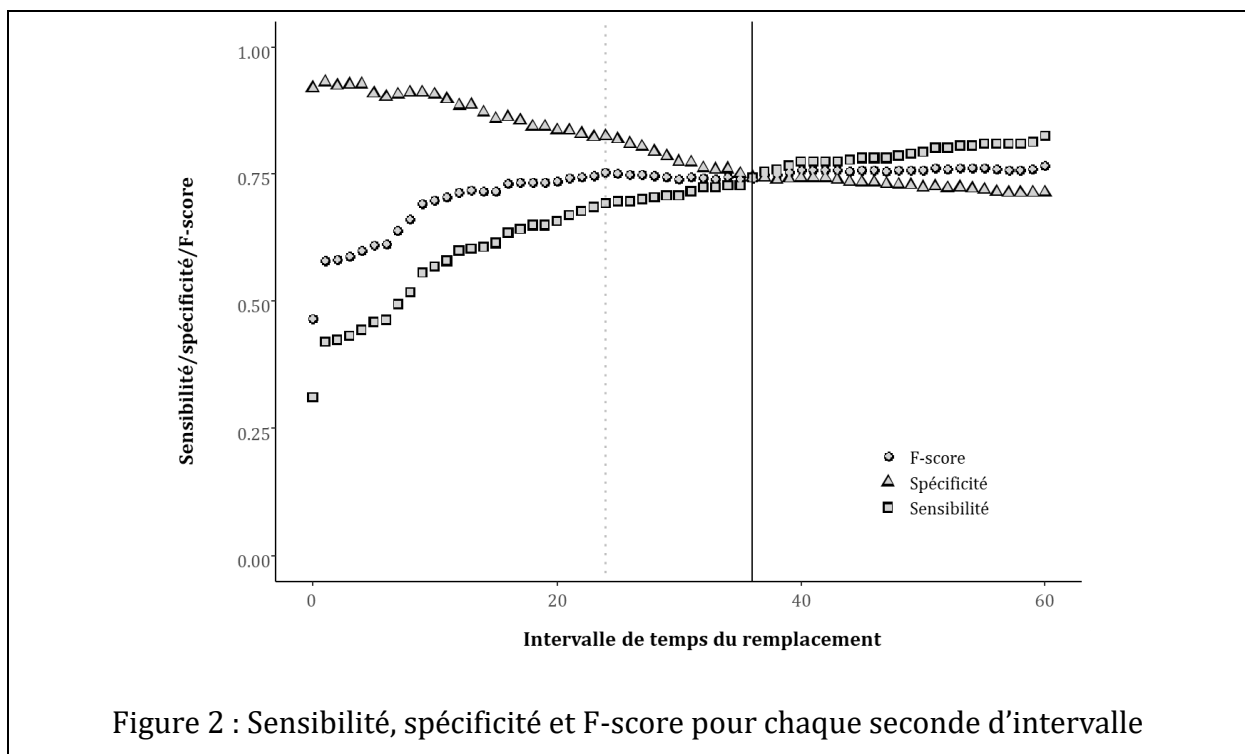
Faux négatifs = 45 (13% des enregistrements)

La grande majorité des remplacements aux abreuvoirs se fait dans un intervalle de moins de 2 secondes (**Figure 1**), mais cette durée s'étale tout de même jusqu'à 60 secondes qui était la limite maximale que nous avons décidé de considérer.



Nous avons identifié deux seuils d'intervalle de remplacement intéressants à considérer pour différencier les remplacements de la succession de deux vaches aux abreuvoirs sans interactions agonistiques (**Figure 2**) qui sont, 24 secondes (plus haute valeur de F-score) et 36 secondes (croisement entre les courbes de sensibilité et de spécificité). Pour ces intervalles, les sensibilités, spécificité et F-scores sont détaillés ci-dessous :

- A 24 secondes : sensibilité = 0,69, spécificité = 0,82, F-score = 0,75
- A 36 secondes : sensibilité = 0,74, spécificité = 0,74, F-score = 0,74



2ème méthode : *Validation de la détection automatique des remplacements à partir des enregistrements des présences des vaches aux abreuvoirs La Buvette©*

**Données** : Expérimentation chapitre 4 (sur 1 groupe du carré latin) → 10 vaches, 4 jours, 1 abreuvoir disponible

**Nombre de remplacements observés** : 106

**Nombre de potentiels remplacements automatiquement détectés** : 130

Vrai positifs = 97 (70% des enregistrements)

Faux positifs = 33 (24% des enregistrements)

Faux négatifs = 9 (6% des enregistrements)

Un résultat intéressant est que le nombre de faux négatifs est en proportion diminuée de moitié par rapport au chapitre 1, ce qui confirme qu'une validation sur la base des remplacements lors des visites est une piste à suivre pour valider l'algorithme.

La hiérarchie de dominance de référence (**Figure 3**) a été déterminée sur la base de 106 remplacements observés pendant 4 jours d'analyse vidéo. Cette hiérarchie de dominance de référence va être, dans la suite de l'annexe, comparée aux hiérarchies issues de la détection automatique des visites.

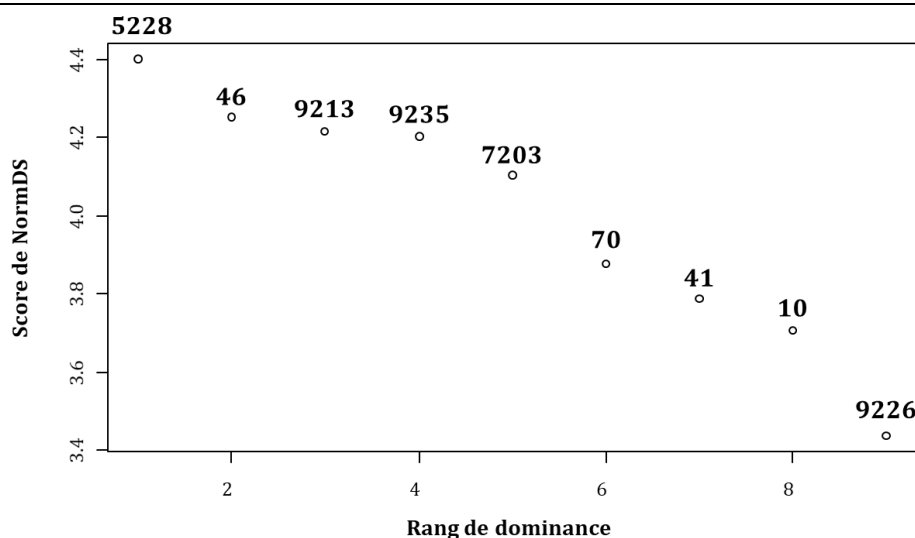
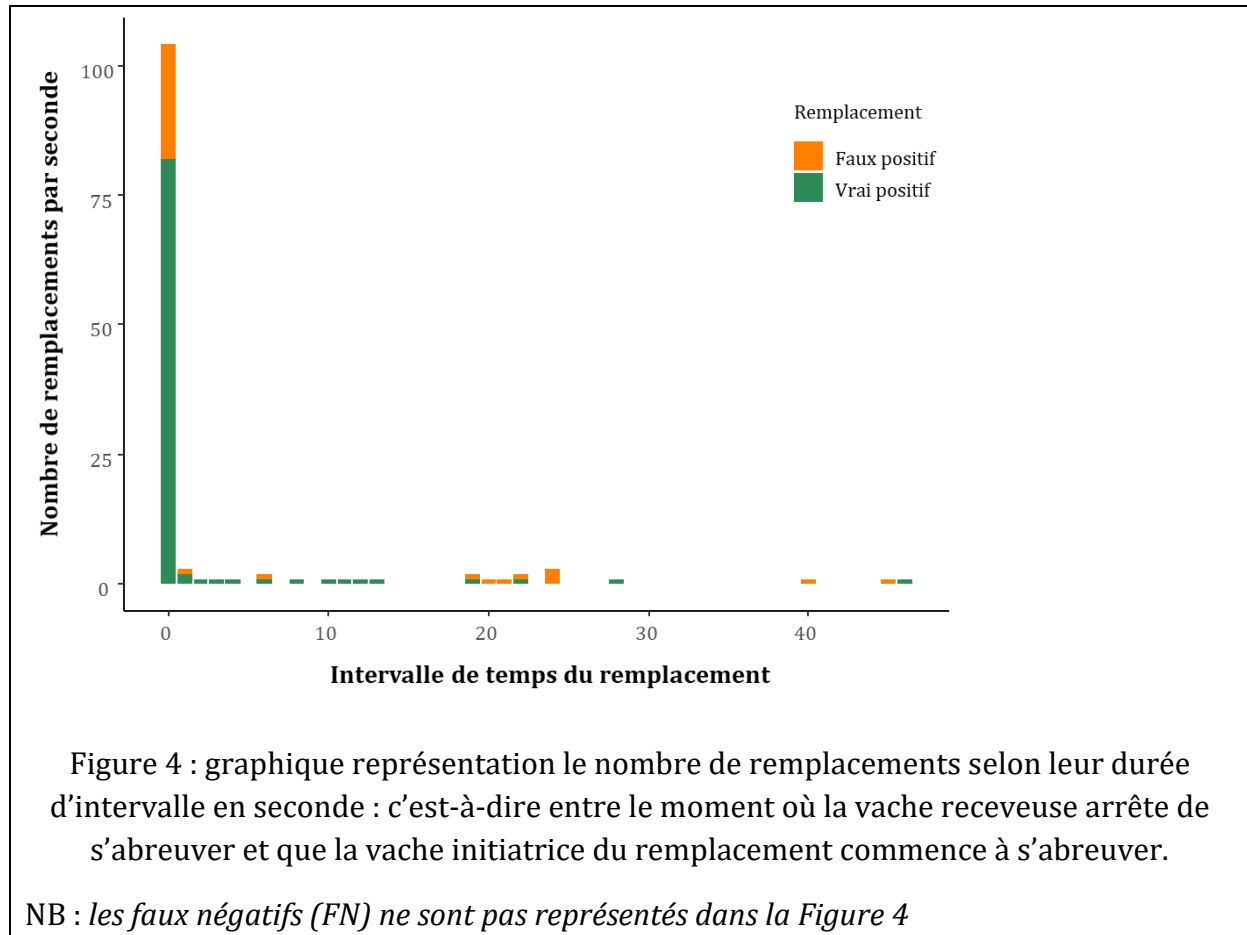


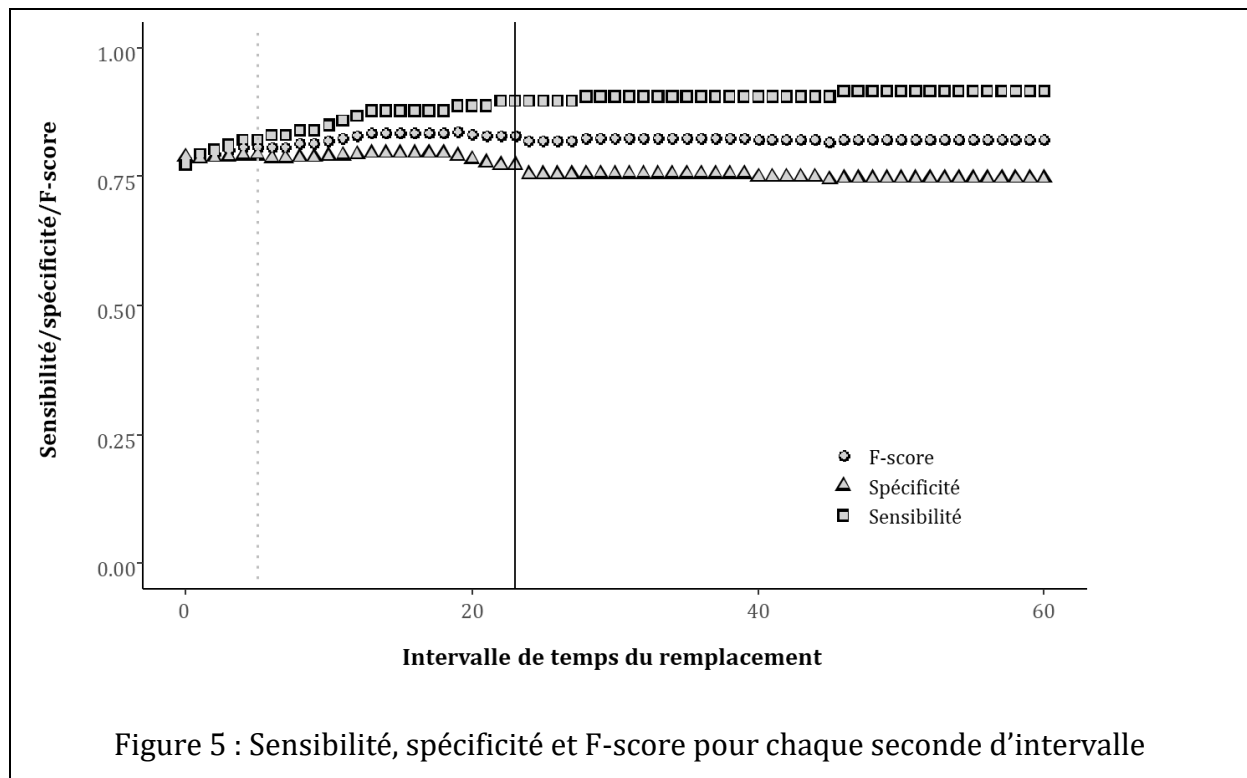
Figure 3 : Hiérarchie de dominance de référence élaborée à partir des 106 remplacements observés au cours de 4 jours

NB : Une vache n'a pas eu d'interactions avec les autres vaches aux abreuvoirs et donc n'est pas représentée dans cette hiérarchie de dominance à l'abreuvoir

La plupart des remplacements aux abreuvoirs se fait dans un intervalle de moins de 2 secondes (**Figure 4**).



En étudiant les courbes de sensibilité, spécificité et du F-score (**Figure 5**) réalisées à partir de la détection des VP, FP et FN, nous pouvons identifier deux seuils d'intervalle intéressants. Un seuil d'intervalle de 5 secondes qui correspond à l'intersection entre les courbes de sensibilité et de spécificité et un seuil d'intervalle de 23 secondes qui correspond à la plus haute valeur de F-score et une bonne valeur de sensibilité. Nous allons également étudier dans la suite de l'annexe la hiérarchie de dominance issue de l'ensemble des remplacements automatiquement détectés dans cette intervalle de 60 s.



Les valeurs de sensibilité, de spécificité et de F-score pour chacun de ces trois seuils ont été les suivantes:

- A 5 secondes : sensibilité = 0,82, spécificité = 0,79, F-score = 0,81
- A 23 secondes : sensibilité = 0,90, spécificité = 0,77, F-score = 0,83
- A 60 secondes : sensibilité = 0,92, spécificité = 0,74, F-score = 0,82

La relative rareté des remplacements entre 23 et 60 s fait que les performances de spécificité ne sont que peu dégradées par l'augmentation de ce seuil. Le seuil de 23 s offre le meilleur compromis sensibilité/spécificité sur un critère de F-score.

Quel que soit le seuil considéré (5 s, 23 s ou 60 s), les vaches déterminées comme étant les plus dominantes ont toujours été les vaches 5228 et 46 et les plus subordonnées les vaches 41, 10 et 9226 dans les hiérarchies issues de la détection automatique des visites (Figure 6), ce qui concordait avec la hiérarchie de référence (Figure 3).



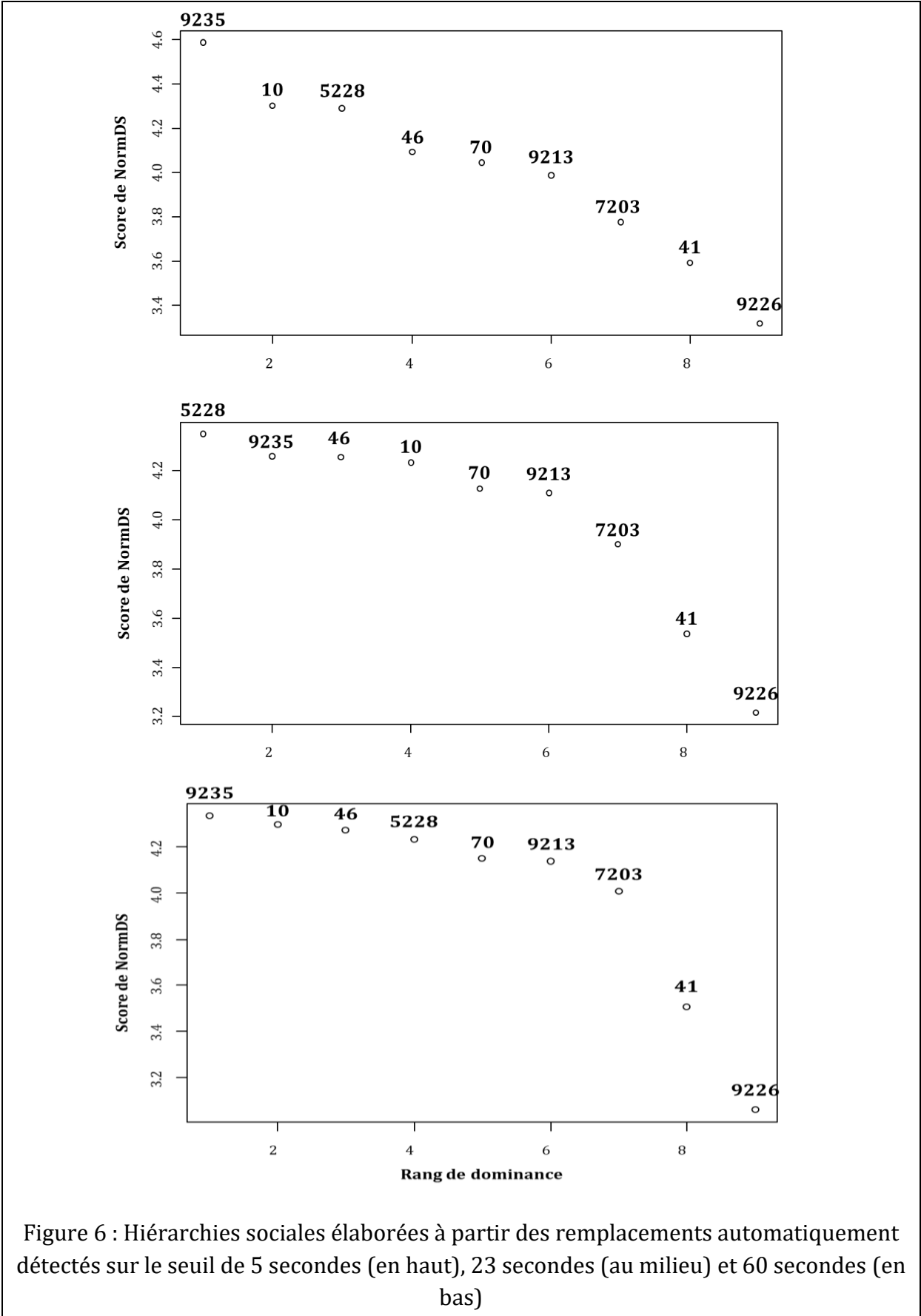


Figure 6 : Hiérarchies sociales élaborées à partir des remplacements automatiquement détectés sur le seuil de 5 secondes (en haut), 23 secondes (au milieu) et 60 secondes (en bas)

Nous avons enfin brièvement comparé les 3 hiérarchies sociale issues de la détection automatique des visites à celles issues de leur observation vidéo. La vache la plus subordonnée est clairement identifiable dans les 3 hiérarchies. Les corrélations de Spearman restent relativement faibles lorsqu'on utilise les seuils de 5 secondes et de 60 secondes (Figure 7). En revanche, le seuil d'intervalle de remplacement de 23 secondes atteint une corrélation de Spearman de 0,7 (Figure 7).

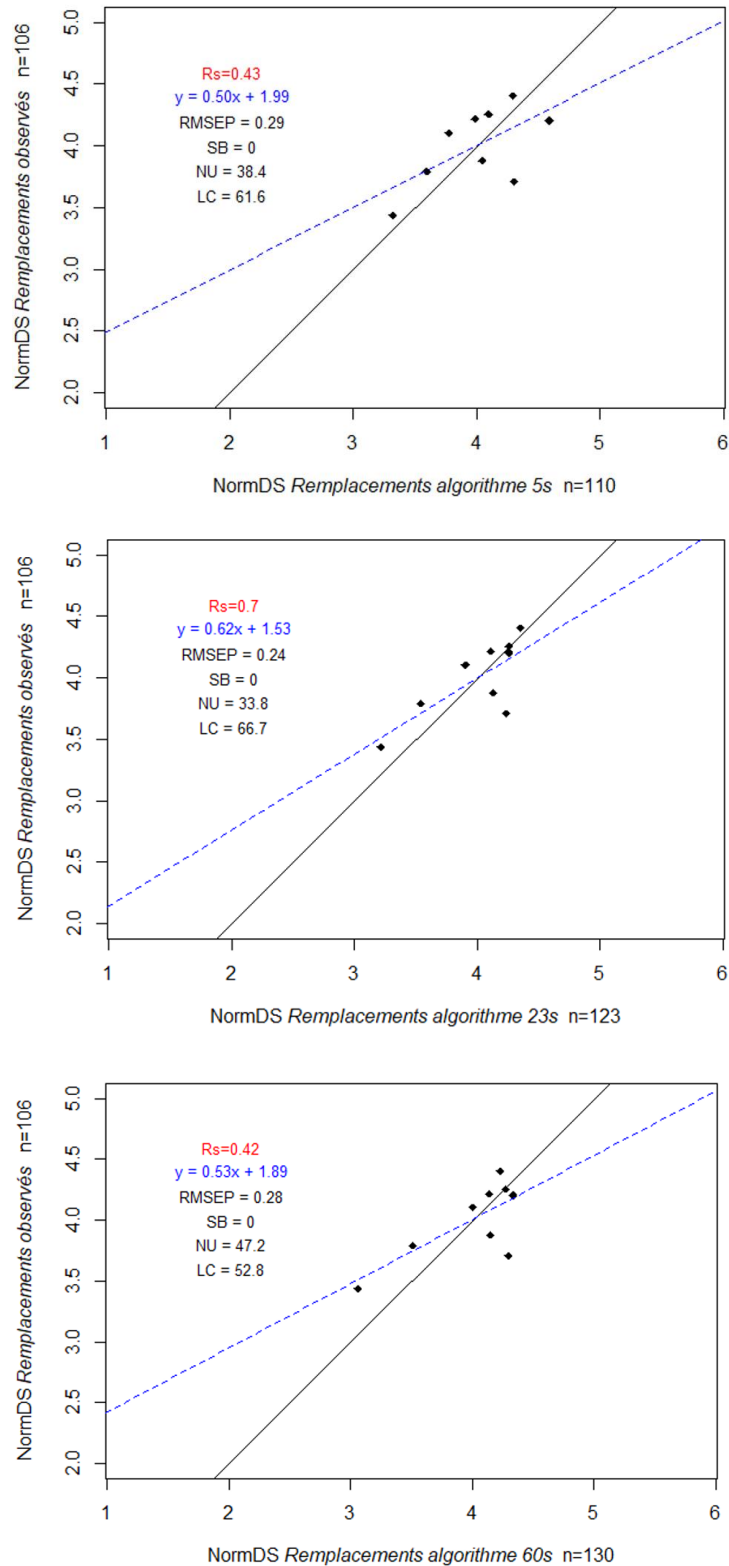


Figure 7 : comparaison des scores de NormDS des vaches, obtenus à partir de l'observation des remplacements par analyse vidéo (en y) et à partir de l'identification des remplacements automatiquement détectés par l'algorithme avec des seuils d'intervalle de 5 s (en haut), 23 s (au milieu) et 60 s (en bas).

L'algorithme de caractérisation de la hiérarchie de dominance sur la base de l'enregistrement automatique des visites semble prometteur pour une identification correcte des remplacements aux abreuvoirs. Les corrélations entre les hiérarchies issues de cet algorithme de présence et la hiérarchie de référence sont moins élevées que ce qui avait été trouvé dans le chapitre 1 ( $R_s = 0,7$  pour la meilleure vs  $R_s = 0,85$ ). Cependant, nous ne nous basons ici que sur 10 vaches et 4 jours d'analyse.

Les pistes de poursuite de ce travail devraient être de tester cet algorithme de présence sur un groupe d'animaux plus important, pendant une plus longue période. Avant cela, un réglage fin de la portée d'identification des vaches présentes aux abreuvoirs ainsi que de la durée minimale entre deux identifications va devoir être réalisé de façon à fortement diminuer la proportion d'enregistrement classés comme FP.



## Annexe 3

### Monitoring individual drinking behavior and the dairy cows social hierarchy using electronic drinkers

E. Nizzi<sup>1\*</sup>, C. Gérard<sup>1</sup>, C. Hurtaud<sup>1</sup>, B. Foris<sup>2</sup>, J. Lassalas<sup>1</sup>, A. Boudon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

<sup>2</sup> Animal Welfare Program, Faculty of Land and Food Systems, University of British Columbia, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada

\*Correspondence: [ellyn.nizzi@inrae.fr](mailto:ellyn.nizzi@inrae.fr)

#### Abstract

Freedom from thirst is a key criterion for dairy cattle welfare but little is known about how competition at the drinker influences the water access of different individuals in a group. Recently, automated methods had been validated to record the individual drinking behavior of cows and competition at the drinker. However, it is not known if competition at the drinker provides suitable data for identifying the dominance hierarchy in cow groups. We monitored agonistic interactions and drinking behavior in a group of 22 lactating Holstein dairy cows for 9 consecutive days by video recording and with 6 electronic drinkers. 691 agonistic interactions were identified by video observation during this period, including 299 events at the drinkers. We used the Normalized David's Score to calculate the dominance score of each cow based on all observed agonistic interactions (*Complete DS*) and then based on those only at the drinker (*Drinker DS*). The social ranks of individuals were highly correlated between hierarchies (Pearson's  $r = 0.82$ ), suggesting that the social hierarchy can be identified using agonistic interactions at drinkers. We further categorized agonistic interactions at drinkers that can potentially be detected based on automated drinker data (i.e., replacements; aggressive contact from the actor cow that resulted in the recipient leaving the drinker and the actor occupying the place within 60s). Replacements ( $n=235$ ) were used to determine each cow's social rank (*Replacement DS*) and found that it was highly correlated with the *Drinker DS* (Pearson's  $r = 0.75$ ). Our results indicate that drinkers can be used to identify the dominance position of cows, allowing for the monitoring of the drinking behavior of cows with a low social rank.

**Keywords:** drinking behavior, electronic drinker, social hierarchy, dairy cow

Using electronic drinkers to monitor individual drinking behavior and the social hierarchy of dairy cows



# Annexe 4

## Suivi du comportement individuel d'abreuvement et de la hiérarchie sociale chez les vaches laitières à l'aide d'abreuvoirs connectés

E. Nizzi<sup>1</sup>, C. Gérard<sup>1</sup>, B. Foris<sup>2</sup>, J. Lassalas<sup>1</sup>, C. Hurtaud<sup>1</sup>, A. Boudon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

<sup>2</sup> Animal Welfare Program, Faculty of Land and Food Systems, University of British Columbia, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada

\*Correspondance: [ellyn.nizzi@inrae.fr](mailto:ellyn.nizzi@inrae.fr)

### Résumé

Alors que l'absence de soif est un critère essentiel au bien-être animal, une très grande variabilité des dispositifs d'abreuvement a été identifiée dans les fermes laitières françaises (de Boyer Des Roches et al., 2012). Dans une proportion conséquente de fermes, les équipements ne permettent pas de satisfaire les besoins physiologiques des vaches laitières. Ce constat aura des conséquences d'autant plus importantes sur le bien-être et la santé des troupeaux du fait du changement climatique et l'augmentation des températures estivales dans les régions laitières françaises. Dans le protocole Welfare Quality (Welfare Quality Network, 2009), l'évaluation de l'absence de soif se base sur une obligation de moyens (nombre et positionnement des abreuvoirs, débit d'eau) et non sur une obligation de résultats. En situation de contrainte, comme lors de compétition pour l'accès à l'eau, certaines vaches peuvent voir leur accès à cette ressource limité. Il s'avère incontournable de chercher à mieux quantifier l'hétérogénéité des volumes d'eau bue par les vaches. Les abreuvoirs connectés apparaissent aujourd'hui comme un outil essentiel pour mesurer individuellement le comportement d'abreuvement des vaches laitières. En parallèle, des études ont aussi permis de montrer que des systèmes automatiques d'enregistrement de l'abreuvement et de l'ingestion pouvaient permettre une caractérisation automatisée de la hiérarchie sociale entre les vaches. Cependant, l'utilisation des seuls abreuvoirs connectés pour identifier la hiérarchie n'a encore jamais été étudiée. Si cette méthode fonctionnait, on pourrait envisager le développement d'outils adaptés en fermes pour généraliser ce type de mesure dans des contextes variés. Le but de cette étude a donc été d'évaluer si l'utilisation d'abreuvoirs connectés pouvait permettre la caractérisation conjointe de l'échelle hiérarchique au sein de troupeau et de ses conséquences sur la variabilité individuelle du comportement d'abreuvement. L'étude a été menée sur un lot de 22 vaches laitières de race Prim' Holstein à la ferme expérimentale de Méjusseume (IE PL, 35650 Le Rheu, France; <https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68>) ayant accès à 6 abreuvoirs connectés et 22 auges individuelles. La stabulation était aussi équipée de 6 caméras qui ont permis, par analyses vidéos, de quantifier 4 types d'interactions agonistiques au cours de 9 jours d'enregistrement. Le David Score Normalisé a été utilisé pour calculer les valeurs de Dominance Score (DS) de chaque vache et déterminer leur rang social. Un total de 691 interactions agonistiques (*Vidéo Complet DS*) dont 299 identifiées uniquement aux abreuvoirs (*Vidéo Abreuv DS*) ont été observées par vidéo. La comparaison des deux hiérarchies issues de *Vidéo Complet DS* et *Vidéo Abreuv DS* suggère qu'il est possible d'identifier le rang sociale des individus à partir des seules interactions agonistiques aux abreuvoirs (corrélation de Pearson  $r=0.82$ ). Ces interactions aux abreuvoirs ont ensuite été classées en deux catégories : *déplacements* (contact agressif d'une vache « donneuse » sur une vache « receveuse » provoquant l'arrêt de l'abreuvement et la fuite de cette dernière) et *remplacements* (*déplacement* où la donneuse prend la place à l'abreuvoir dans les 60 secondes après le départ de la receveuse). La caractérisation des seuls remplacements (*Video Remplacement DS n=235*) a permis d'identifier fidèlement la hiérarchie sociale (corrélation Pearson  $r=0,75$  entre *Video Abreuv DS* et *Video Remplacement DS*). Enfin, l'analyse automatisée des données issues des abreuvoirs connectés par l'algorithme de Foris et al (2019) a également permis de caractériser des remplacements. La confrontation de ces données aux observations vidéos a permis d'identifier que malgré quelques faux négatifs, les abreuvoirs connectés permettent une détection acceptable de ces interactions. Les étapes suivantes de ce travail seront de généraliser ce type de mesure dans des conditions contrastées de compétition aux abreuvoirs afin de déterminer les modalités à partir desquelles le comportement d'abreuvement des animaux les plus subordonnés peut être pénalisé.

**Mots clés** : comportement d'abreuvement, abreuvoirs connectés, hiérarchie sociale, vaches laitières



## Suivi du comportement individuel d'abreuvement et de la hiérarchie sociale chez les vaches laitières à l'aide d'abreuvoirs connectés

NIZZI E. (1), FORIS B. (2), GERARD C. (1), LASSALAS J. (1), HURTAUD C. (1), BOUDON A. (1)

(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

(2) Animal Welfare Program, University of British Columbia, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada

**RESUME** – Disposer de suffisamment d'eau d'abreuvement de bonne qualité est essentiel pour la production et le bien-être des vaches laitières. Malgré tout, il a été mis en évidence que la satisfaction de ce besoin reste extrêmement hétérogène dans un nombre conséquent de fermes laitières. Des abreuvoirs connectés sont aujourd'hui disponibles pour mesurer individuellement les volumes d'eau bue et ils constituent un moyen pour mieux définir les besoins d'abreuvement. Ces outils pourraient notamment permettre de mesurer l'échelle hiérarchique des animaux au sein du troupeau, qui est sans doute un facteur explicatif majeur de la variabilité individuelle d'abreuvement. Les objectifs de notre étude ont été d'évaluer la capacité des abreuvoirs connectés à rendre compte de la hiérarchie sociale à travers l'étude d'un comportement agonistique ciblé, le remplacement à l'abreuvoir, et à mesurer l'hétérogénéité du comportement d'abreuvement des vaches selon leur rang social. Il est ressorti que l'échelle hiérarchique aux abreuvoirs peut être déterminée par l'étude exclusive des remplacements aux abreuvoirs observés par vidéo mais que cette dernière est différente de l'échelle hiérarchique mesurée grâce à un éthogramme plus complet des comportements agonistiques dans toute la stabulation. Il est apparu aussi que l'échelle hiérarchique a aussi pu être mesurée à partir des remplacements détectés automatiquement par l'abreuvoir en considérant que toute succession de buvées entre 2 individus durant moins de 25 s constituait un remplacement. Cette dernière a été fidèle à celle déterminée par les remplacements observés par vidéo. Les données individuelles d'abreuvement des vaches selon leur rang social à l'abreuvoir a révélé que les vaches les plus subordonnées ont tendance à utiliser spécifiquement les abreuvoirs les plus isolés et les plus éloignés de l'aire d'alimentation, contrairement au reste du groupe.

### Monitoring individual drinking behaviour and the social hierarchy in dairy cows using electronic drinkers

NIZZI E. (1), FORIS B. (2), GERARD C. (1), LASSALAS J. (1), HURTAUD C. (1), BOUDON A. (1)

(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

**SUMMARY** – Providing sufficient access to clean drinking water is essential for the production and welfare of dairy cows. However, dairy farms show high variability in how they provide water to cows. Electronic drinkers are now available to monitor individual drinking intake and allow to better define the cow's water need. These devices could also be used to measure the social hierarchy of cows within a group, which may influence individual drinking behavior. We assess the ability of electronic drinkers to identify a specific agonistic behaviour, replacement at the drinker, and the corresponding social hierarchy in a group of 22 lactating cows over 9 days. We also investigated the variation in drinking behaviour of cows according to their social rank. We found that an algorithm based on electronic drinker data can reliably identify agonistic replacements using short (i.e., lower than 26s) time intervals of visits between two cows at the same drinker. The social hierarchy at the drinkers was different from the hierarchy based on all agonistic interactions in the pen. However, the hierarchy determined based on automatically detected replacements at the drinker was consistent with the hierarchy determined using replacements observed on video. We also found that the most subordinate cows in the drinker hierarchy tended to use the most isolated drinkers and those furthest from the feeding area, unlike the rest of the group. Our results imply that automatically measuring social competition at the drinker may help ensuring sufficient water access to all individuals within a group.

#### INTRODUCTION

Bien que l'absence de soif soit un critère essentiel au bien-être animal, il a été montré que les équipements d'abreuvement ne permettent sans doute pas de satisfaire les besoins physiologiques des vaches laitières dans une proportion conséquente de fermes (de Boyer Des Roches et al., 2012). Ce constat aura des conséquences d'autant plus importantes sur le bien-être et la santé des troupeaux dans les années à venir du fait du changement climatique et de l'augmentation des températures estivales qui en découlera dans les régions

laitières françaises. Dans le protocole Welfare Quality (Welfare Quality®, 2009), l'évaluation de l'absence de soif se base sur une obligation de moyens (nombre et positionnement des abreuvoirs, débit d'eau) et non sur une obligation de résultats. En situation de contrainte, comme lors de compétition pour l'accès à l'eau, certaines vaches du troupeau, selon leur position dans l'échelle hiérarchique, peuvent voir leur accès à cette ressource limité comme cela a été démontré pour l'accès aux ressources alimentaires (Val-Laillet et al., 2008). Dans ce contexte, il est particulièrement pertinent de caractériser l'hétérogénéité des volumes d'eau bue par les vaches dans des

configurations variées de conduite de troupeau en relation avec le dispositif d'abreuvement. Les abreuvoirs connectés sont un outil essentiel pour mesurer individuellement le comportement d'abreuvement. Il a aussi été montré que les systèmes automatiques d'enregistrement de l'abreuvement et de l'ingestion pouvaient permettre une caractérisation automatisée de l'échelle hiérarchique entre les vaches (Foris et al., 2019 ; Huzzey et al., 2014). Cependant, l'utilisation des seuls abreuvoirs connectés pour identifier la hiérarchie n'a encore jamais été étudiée. Si cette méthode fonctionnait, on pourrait envisager le développement d'outils adaptés en fermes pour généraliser ce type de mesure dans des contextes variés. Le but de cette étude a donc été d'évaluer si l'utilisation d'abreuvoirs connectés pouvait permettre la caractérisation conjointe de l'échelle hiérarchique au sein du troupeau et de ses conséquences sur la variabilité individuelle du comportement d'abreuvement, dans l'objectif à terme de généraliser ces mesures dans des contextes d'abreuvement variés.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Animaux et conditions de logement

Nous avons suivi un groupe de 22 vaches Prim'Holstein en lactation (parité :  $1,5 \pm 0,7$ , production laitière moyenne : 31 kg/j, Matière Sèche Ingérée (MSI) moyenne : 22 kg/j) à la ferme expérimentale INRAE de Méjusseume (IE PL, 35650 Le Rheu, France ; <https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68>), du 02/03/2019 au 20/03/2019. Ces vaches étaient logées dans une stabulation libre équipée de 23 logettes individuelles. Chaque vache disposait d'une auge spécifique, dont l'ouverture était contrôlée grâce à une porte de détection électronique par radio fréquence (RFID). Une ration complète, à base d'ensilage de maïs supplémenté, était distribuée à volonté (10% de refus) deux fois par jour (08h00 et 16h00). Les vaches étaient traitées matin et soir (06h00 et 15h30). Après chaque traite, elles restaient bloquées au comadis environ 1 heure.

### 1.2. Les abreuvoirs

Les vaches avaient un accès *ad libitum* à l'eau grâce à 6 abreuvoirs interconnectés (La Buvette®, figure 1), constitués chacun d'un bol en polyéthylène haute densité (PEHD) d'une capacité de 3 L, d'un débitmètre et d'une antenne RFID. Un flotteur à l'arrière de chaque abreuvoir permettait de réguler l'alimentation en eau et de maintenir un niveau constant d'eau dans le bol. Pour permettre l'identification des vaches lors des buvées, les vaches étaient équipées d'un transpondeur RFID. Lorsqu'une vache s'approchait de l'abreuvoir, l'antenne placée sur le côté de l'abreuvoir détectait le transpondeur de la vache, le débitmètre enregistrait alors les impulsions générées par le flux d'eau et les informations concernant la visite à l'abreuvoir (heure, durée, volume, identifiant de l'animal) étaient consignées. Le volume d'eau par impulsion a été préprogrammé dans le logiciel avec un calibrage constant de 0,0248 L par impulsion. Deux cloisons, de part et d'autre de chaque abreuvoir permettaient de limiter l'accès à une vache à la fois. Toutes les données relatives aux abreuvoirs ont été centralisées grâce au système Blue Intelligence TM (La Buvette®, Charleville-Mézières, France) et exportées sous format Excel. Ces données nous ont permis de calculer la fréquence, la durée et la consommation journalière pour chaque vache.

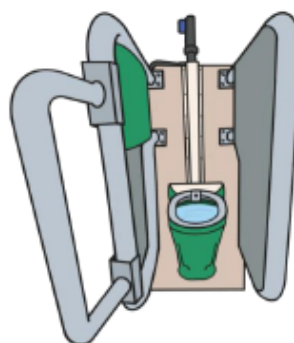


Figure 1 : Abreuvoir La Buvette® installé à la ferme expérimentale de Méjusseume (dessin ©B. Vandresen2022)

### 1.3. Enregistrements vidéos, analyse des interactions agonistiques et détermination des échelles hiérarchiques de référence du troupeau

Sept caméras réparties dans la stabulation ont permis d'enregistrer les comportements des vaches entre 5h00 et 22h30 durant 9 jours. Afin de faciliter la reconnaissance sur les vidéos, chaque vache a été marquée d'un symbole sur son dos et ses flancs. Cinq comportements agonistiques ont été considérés selon l'éthogramme donné en tableau 1. Les 4 premiers comportements agonistiques correspondent aux interactions agonistiques de bases identifiées par Dickson et al. (1967). Le cinquième est basé sur la définition donnée par Foris et al. (2019).

Type d'interaction	Description
Coup de tête	Une vache actrice de l'interaction donne un coup de tête à une congénère.
Combat	Deux vaches s'affrontent tête contre tête
Coup de corps	Une vache actrice de l'interaction donne un coup de corps à une congénère.
Menace/Évitement	Interaction sans contact physique où une vache actrice prend une position menaçante face à une congénère et entraîne sa fuite.
Remplacement (à l'abreuvoir)	Une vache actrice donne un coup de tête ou de corps à une congénère s'abreuvant, provoquant son départ de l'abreuvoir. L'actrice prend sa place dans les 60 s

Tableau 1: Ethogramme des comportements agonistiques enregistrés lors du visionnage des vidéos.

Toutes les vidéos ont été analysées par un même observateur qui a identifié, pour chacune des interactions agonistiques, la vache gagnante et la vache perdante de l'interaction. Ces données ont permis de constituer une matrice de dominance et de calculer pour chaque vache un score de David normalisé (SDnorm) comme décrit par de Vries et al. (2006). Les vaches ont ensuite été classées au sein du groupe selon leur SDnorm, ce qui a permis de leur affecter un numéro de rang social allant de 1 (vache la plus dominante) à 22 (vache la plus subordonnée), ce qui constitue l'échelle hiérarchique. Selon les types d'interactions agonistiques considérées lors de la constitution de la matrice de dominance, quatre échelles hiérarchiques ont alors été caractérisées. La première a été établie à partir des seuls remplacements observés aux abreuvoirs. Les seconde et troisième échelles ont été établies à partir de l'ensemble des comportements agonistiques

observés par vidéos lorsqu'une des vaches impliquées dans l'interaction s'abreuvait ou lorsqu'aucune des vaches impliquées dans l'interaction ne s'abreuvait. La quatrième a été établie à partir de l'ensemble des comportements agonistiques observés par vidéos sur la totalité de la stabulation.

#### 1.4. Détection des remplacements par l'algorithme basée sur les données issues des abreuvoirs connectés

L'hypothèse de notre travail est que parmi les comportements agonistiques que nous avons enregistrés à partir des vidéos, le comportement de remplacement aux abreuvoirs pourrait être détecté automatiquement à partir des abreuvoirs connectés et suffire à caractériser une échelle hiérarchique du groupe comparable à celle obtenue par une méthode de référence basée sur l'analyse de vidéos (Foris et al., 2019). L'identification des remplacements par l'algorithme repose sur des intervalles inter-buvées entre deux vaches sur un même abreuvoir, et sont considérés comme remplacements ceux dont l'intervalle est inférieur à un seuil optimum d'identification des remplacements (SOIR). Ce seuil a été préalablement calibré sur les données de cet essai, grâce à une analyse de la performance de l'algorithme à identifier correctement les remplacements pour toutes les valeurs possibles de seuil d'identification des remplacements entre 0 et 60 s, à raison d'une valeur par seconde. La performance a été évaluée par un calcul de sensibilité et de spécificité en considérant comme référence les remplacements identifiés par les vidéos. Les nombres de remplacements vrais positifs (VP : remplacements identifiés par l'observateur des vidéos et par l'algorithme), faux positifs (FP : remplacements uniquement identifiés par l'algorithme) et faux négatifs (FN : remplacements identifiés uniquement par l'observateur) ont été calculés. La sensibilité et la spécificité ont été estimées selon les formules suivantes :

$$\text{Sensibilité} = \text{VP} / (\text{VP} + \text{FN})$$

$$\text{Spécificité} = \text{VP} / (\text{VP} + \text{FP})$$

Le point d'intersection entre les courbes de sensibilité et de spécificité a été considéré comme le SOIR. Toutes les données ont été traitées à l'aide du logiciel R version 4.0.3 (R Core Team, 2020).

#### 1.5. Comparaison des échelles hiérarchiques

Les cinq échelles hiérarchiques, comprenant les quatre dites de référence et celle issue de l'algorithme utilisant les données des abreuvoirs connectés ont été comparées grâce à l'évaluation des corrélations entre les SDnorm par la méthode Spearman ( $r_s$ ). Pour chacune des échelles hiérarchiques, le comportement d'abreuvement des vaches les plus subordonnées a aussi été comparé au reste du groupe, en définissant les vaches les plus subordonnées comme celles présentant les SDnorm compris dans les 15 % les plus faibles (équivalent à 4 vaches identifiées comme subordonnées dans chacune des échelles hiérarchiques). Les variables de comportement d'abreuvement considérées ont été les volumes d'eau bue, le nombre de visites aux abreuvoirs et la durée d'abreuvement. Ces variables ont été moyennées par vache par jour avant d'être analysées par analyse de variance selon un modèle incluant l'effet du jour (comme effet aléatoire), de l'abreuvoir, du groupe hiérarchique et de l'interaction entre les deux. Les erreurs données pour les moyennes issues du modèle d'analyse de variance sont les erreurs standard et les écart-type pour les autres moyennes.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Caractérisation des comportements agonistiques

Au cours des 9 jours d'analyse, 858 interactions agonistiques ont été enregistrées dont environ la moitié a eu lieu lorsqu'une des deux vaches engagées dans l'interaction s'abreuvait. Parmi cette moitié, 257 remplacements aux abreuvoirs ont été identifiés.

### 2.2. Calibrage de la détection automatique des remplacements aux abreuvoirs par les abreuvoirs connectés

Au total, 297 intervalles inter-buvées de moins de 60 s entre deux vaches sur un même abreuvoir ont été enregistrés par les abreuvoirs. Parmi eux, 212 correspondaient à des remplacements également identifiés par l'observateur (VP). La figure 2-A représente la distribution des fréquences des VP et FP pour chaque seuil d'identification des remplacements entre 0 et 60 s. La figure 2-B illustre pour chacun de ces seuils, la sensibilité et la spécificité de la détection des remplacements par rapport aux vidéos. La valeur de SOIR retenue pour la suite des analyses a été de 25 s, ce qui correspond au seuil pour lequel les valeurs de sensibilité et de spécificité ont été les plus proches. Lorsque le SOIR a été paramétré à 25 s, la sensibilité a été de 0,81 et la spécificité de 0,82.

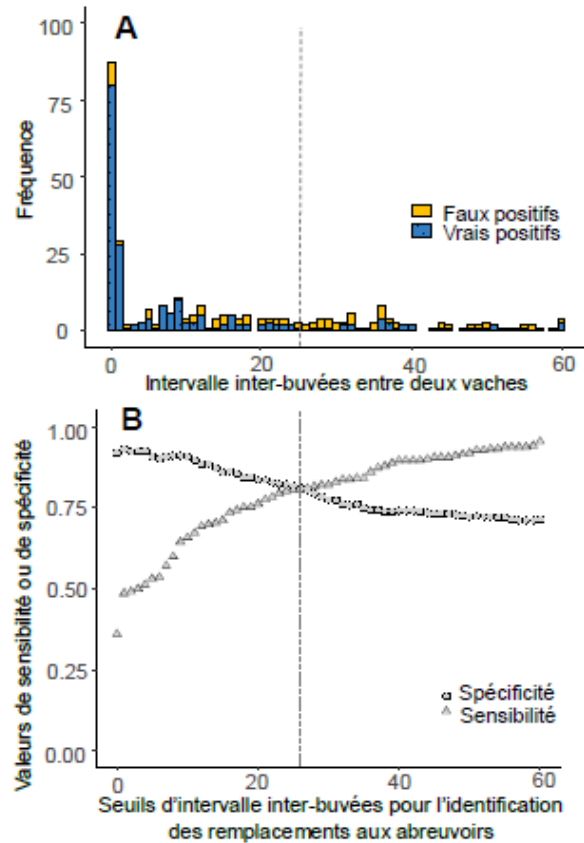


Figure 2 : Fréquences des vrais positifs et faux positifs des détections de remplacements à l'abreuvoir par rapport aux vidéos (A) et spécificité et sensibilité basées sur ces valeurs (B) pour des seuils d'identification des remplacements aux abreuvoirs compris entre de 0 et 60 s

### 2.3. Evaluation de l'échelle hiérarchique

Les SDnorm issus des remplacements à l'abreuvoir observés par vidéos et ceux issus des remplacements détectés par l'algorithme ont été bien corrélés ( $r_s=0.82$ ), ce qui suggère que l'algorithme peut remplacer l'analyse de vidéos par l'œil humain. Les SDnorm issus des remplacements à l'abreuvoir observés par vidéos ont aussi été bien corrélés à ceux issus de l'ensemble des interactions agonistiques observées lorsqu'une vache s'abreuve ( $r_s = 0,86$ , figure 3A), ce qui montre que l'analyse des seuls remplacements rend bien compte de l'échelle hiérarchique établie sur un critère d'accès aux abreuvoirs. Par contre, les SDnorm issus de l'ensemble des interactions agonistiques observées lorsqu'une vache s'abreuve sont assez peu corrélés à ceux issus de l'ensemble des interactions agonistiques observées lorsqu'aucune vache ne s'abreuve ( $r_s=0,37$ , figure 3B). Ces résultats suggèrent que l'échelle hiérarchique établie sur un critère d'accès aux abreuvoirs n'est pas généralisable à celle que l'on obtient en prenant en compte l'ensemble des interactions agonistiques hors abreuvoirs. L'amplitude des SDnorm a été plus faible dans l'échelle hiérarchique issue des interactions agonistiques enregistrées aux abreuvoirs.

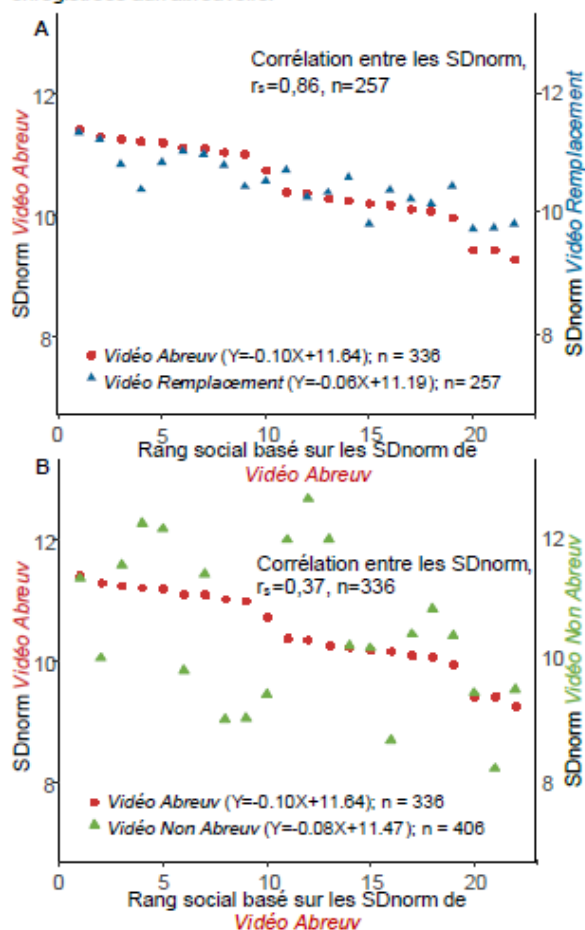


Figure 3 : Comparaison des rangs sociaux des vaches selon les échelles hiérarchiques issues des observations vidéos de l'ensemble des interactions agonistiques au cours desquelles une vache s'abreuve (*Vidéo Abreuv*), des remplacements aux abreuvoirs (*Vidéo Remplacement*) (A) et des interactions agonistiques au cours desquelles aucune vache ne s'abreuve pas (*Vidéo Non Abreuv*) (B). SDnorm : scores de David normalisés, issus des matrices de dominance de chaque échelle hiérarchique étudiée.

#### 2.4. Comportements d'abreuvement des vaches en fonction de leur rang social

Les 22 vaches ont consommé en moyenne  $82 \pm 13,5$  L/j pour une durée d'abreuvement de  $9,6 \pm 2,4$  min/j et ont un nombre quotidien de visites à l'abreuvoir de  $11 \pm 7,9$  /j. La durée de l'abreuvement quotidien et la fréquence des visites à l'abreuvoir n'ont pas été différentes entre les vaches les plus subordonnées et le reste du groupe, quelle que soit la hiérarchie considérée. En revanche, pour la hiérarchie issue de la détection par l'observateur des remplacements à l'abreuvoir, les vaches les plus subordonnées ont consommé moins d'eau que le reste du troupeau ( $71,8 \pm 14,5$  contre  $84,2 \pm 8,0$  L/jour ;  $F_{1,20} = 5,8441$ ,  $P=0,0253$ ). Ces vaches ont aussi consommé moins d'eau dans les abreuvoirs n°1, 2, 4 et 6 - les abreuvoirs 2, 4 et 6 étant les 3 abreuvoirs les plus proches de la zone d'alimentation - et plus d'eau dans l'abreuvoir n°5 ( $45,2\% \pm 1,3$  L/jour, figure 4), situé dans la zone la plus isolée de la stabulation et la plus éloignée de l'aire d'alimentation. Des résultats similaires ont pu être observés lorsque l'on a considéré la proportion de temps passé à boire sur chacun des abreuvoirs et la répartition des visites.

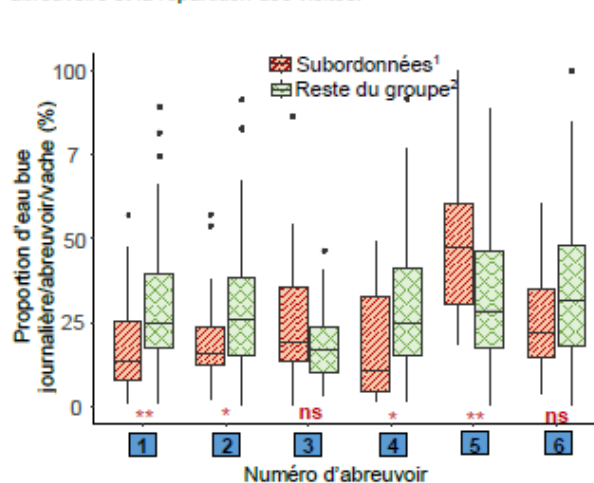


Figure 4 : Contribution des 6 abreuvoirs en terme de proportion quotidienne d'eau bue par vache (ns = non significatif, \* =  $P<0.05$ , \*\*  $P<0.01$ ).

### 3. DISCUSSION

#### 3.1. Des conditions de forte compétition aux abreuvoirs malgré un nombre d'abreuvoirs pléthorique

Parmi les 858 interactions agonistiques détectées lors de 9 jours d'observation, plus de la moitié a été détectée lorsqu'une des deux vaches impliquées s'abreuvait. Cette concentration d'interactions aux abreuvoirs peut être due à nos conditions d'élevage. Dans notre étude, la distribution des rations individuelle était réalisée durant la traite du matin, ce qui fait que les vaches réalisaient un gros repas au retour de la traite. De plus, dans un souci de prévention des mammites, elles restaient bloquées aux comadis pendant 30 minutes après leur repas. Il est établi que la consommation d'eau est concomitante aux repas, notamment chez les ruminants (Langhans et al., 1995), et proportionnelle à la consommation d'aliment (Khelil-Arfa et al. 2012). Ces éléments de contexte ont sans doute généré une forte motivation des vaches à boire une fois libérées des comadis. Ceci serait concordant avec le grand nombre d'interactions agonistiques aux abreuvoirs observées dans

notre essai, malgré un nombre pléthorique d'abreuvoirs. Nous avons moins de 4 vaches par abreuvoir dans cet essai alors que la recommandation est de moins de 10 vaches par abreuvoir (Welfare Quality®, 2009)

### 3.2. Détection des remplacements par l'algorithme

Les calculs de sensibilité et spécificité ont permis d'obtenir un SOIR pour des intervalles inter-buvées inférieurs ou égaux à 25 s. Ce seuil concorde parfaitement avec celui déterminé dans d'autres études du même type. Huzzey et al. (2014) ont mis en avant un seuil de 26 s sur des auges connectées de marque Insentec® (groupe Hokofarm, The Netherlands). McDonald et al. (2019) ont identifié un seuil de 29 s sur des abreuvoirs connectés de marque Insentec®. Foris et al. (2019) ont identifié un seuil entre 26 et 29 s selon leurs réplicas sur le même type d'abreuvoirs et d'auges que ceux considérés par Mc Donald et al. (2019). Les auges et abreuvoirs de la marque Insentec® sont équipés de portes automatiques contrairement aux abreuvoirs La Buvette®. Ce système limite de manière conséquente les erreurs d'identification des vaches aux abreuvoirs par l'observateur. Avec notre conception d'abreuvoir, sans portes de régulation et présentant deux cloisons en acier, la précision de l'observateur quant à l'identification de la vache s'abreuvant est diminuée mais les conditions d'abreuvement sont plus proches de celles que l'on peut trouver en fermes.

### 3.3. Les abreuvoirs connectés permettent une évaluation de l'échelle hiérarchique mais assez spécifique à l'abreuvement

Il ressort de nos observations que les comportements agonistiques de remplacement détectés par les abreuvoirs automatisés permettent de relativement bien caractériser l'échelle hiérarchique qui a été obtenue par analyses vidéos des comportements agonistiques aux abreuvoirs, restreints ou non aux remplacements. Par contre, la hiérarchie issue des interactions agonistiques observées aux abreuvoirs se distingue clairement de celle issue des interactions agonistiques hors abreuvoir, à la fois par le classement relatif des individus et par une amplitude moindre des SDnorm. Cette différence d'amplitude a déjà été observée par Foris et al. (2019) lors de la comparaison entre la hiérarchie issue des comportements de remplacement aux auges connectées et celle issue de toutes les interactions agonistiques enregistrées dans la stabulation. Kondo et Hurnik (1990) ont observé qu'après une période d'acclimatation post-regroupement de 3-4 jours, les interactions physiques initiées entre les vaches diminuaient et laissaient place à davantage d'interactions agonistiques non physiques de type menaces/évitements, ce qui peut constituer un indicateur d'échelle hiérarchique stabilisée. Dans notre étude, les interactions agonistiques observées aux abreuvoirs ont été exclusivement des coups de tête et de corps tandis que les interactions agonistiques observées hors des abreuvoirs ont été, pour plus d'un quart, non physiques, c'est-à-dire sous forme de menaces et d'évitements. Nous pouvons suggérer que la hiérarchie identifiée hors abreuvoirs correspond à la hiérarchie stabilisée du groupe (hors contexte de compétition) et que la hiérarchie aux abreuvoirs serait influencée par le contexte de compétition. On ne peut cependant pas complètement exclure le fait que les vaches peuvent difficilement se voir lorsque l'une d'elles s'abreuve et que cela a aussi pu limiter les interactions de type menaces et évitements.

### 3.4. Un effet de la position des individus dans l'échelle hiérarchique sur leur comportements d'abreuvement

Nous avons observé que les individus les plus subordonnés privilégiaient les abreuvoirs les plus isolés, et évitaient ceux où la compétition semblait la plus forte, c'est à dire proches de la zone d'alimentation ou de l'aire de passage à la salle de traite. Si ces résultats restent préliminaires, le nombre d'abreuvoirs disponibles, pourtant pléthorique dans cet essai, et leur localisation pourraient avoir une réelle importance sur l'hétérogénéité du comportement individuel d'abreuvement au sein du troupeau. L'identification des animaux les plus subordonnés aux abreuvoirs semble être une piste prometteuse pour déterminer les individus en situation de sous-abreuvement lorsque les conditions d'abreuvement ne sont pas optimales.

## CONCLUSION

Nous avons montré que la détection automatisée des remplacements aux abreuvoirs permet de rendre compte d'un nombre conséquent de remplacements réellement observés. Nous avons aussi montré qu'un intervalle inter-buvées entre deux vaches au même abreuvoir inférieur ou égal à 25 s est un seuil cohérent pour identifier les remplacements à l'abreuvoir. Par contre, l'échelle hiérarchique issue des comportements agonistiques aux abreuvoirs a été assez différente de celle issue des comportements agonistiques hors abreuvoirs dans cette étude. Cela peut être la conséquence d'un contexte de compétition aux abreuvoirs particulier à cette étude du fait du blocage des vaches à l'auge après chaque traite.

Les auteurs remercient la société La Buvette pour sa contribution au financement du projet et particulièrement Vincent Cardot pour son aide technique précieuse pour l'installation du dispositif d'abreuvement sur l'IEPL et sa contribution à la réflexion scientifique de ce projet.

- de Boyer Des Roches A., Mounier L., Coignard M., Bareille N., Guatteo R., Veissier I., 2012. *Renc. Rech. Ruminants*, 16, 277-280
- Dickson, D.P., Barr, G.R., Wieckert, D.A., 1967. *Behaviour*, 29, 195-203
- de Vries H., Stevens J.M.G., Vervaecke H., 2006. *Anim. Behav.*, 71, 585-592
- Foris B., Thompson A.J., von Keyserlingk M.A.G., Melzer N., Weary D.M., 2019. *J. Dairy Sci.*, 102, 9176-9186
- Huzzey J.M., Weary D.M., Tiao B.Y.F., von Keyserlingk M.A.G., 2014. *J. Dairy Sci.*, 97, 2953-2958
- Khelil-Arfa H., Boudon A., Maxin G., Faverdin P., 2012. *Animal*, 6, 1662-1676
- Kondo S., Hurnik J.F., 1990. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 27, 287-297
- Langhans W., Rossi R., Scharrer E., 1995. In: *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. Langhans, W., Rossi, R., Scharrer, E., 1995. WV Engelhardt, S Leonhard-Marek, G Breves and D Giesecke (edition). Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Allemagne, 199-216.
- R. Core Team, 2020.
- Val-Laillet D., de Passille A.M., Rushen J., von Keyserlingk M.A.G., 2008. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 111, 158-172
- Welfare Quality, 2009. Leyllystad, Pays-Bas

## Annexe 5

### Dairy cows' social rank influences their drinking behavior

E. Nizzi <sup>1\*</sup>, C. Hurtaud<sup>1</sup>, B. Foris <sup>2</sup>, J. Lassalas<sup>1</sup>, A. Boudon <sup>1</sup>

<sup>1</sup> PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

<sup>2</sup> Animal Welfare Program, Faculty of Land and Food Systems, University of British Columbia, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada

\**Correspondence*: [ellyn.nizzi@inrae.fr](mailto:ellyn.nizzi@inrae.fr)

#### Abstract

Providing sufficient access to clean drinking water is essential for the productivity and welfare of dairy cows. However, dairy farms show high variability in how they provide water to cows. Insufficient water access could lead to competition for this resource and agonistic interactions between cows. Little is known about how the social rank of cows influences individual drinking behavior, particularly drinker choices and drinking times. The most subordinate cows could avoid high water competition times and places by developing adaptive strategies. We monitored drinking behavior and replacements (an actor cow butting or pushing a receiver cow, leading to the receiver being replaced by the actor) at the drinker in a group of 22 lactating Holstein dairy cows for 9 days by video recording. Cows had access to 6 electronic drinkers. We recorded 257 replacements during this period. Based on these replacements, we used the Normalized David's Score to calculate the dominance score of each cow. We classified cows into 4 dominance categories using dominance score quartiles. Comparing categories in terms of dynamic of drinking, we found that subordinate cows modified their drinking behavior by shifting their drinking time from 2 to 3 hours after dominants drank. Results also show subordinates and dominants used different drinkers among the 6 available, with subordinates mostly using the furthest from the feeding area. Our results indicate that cows' social rank can determine specific drinking strategies to avoid greater water competition peaks within the group, even in experimental conditions with a high number of drinkers per cow.

**Keywords:** drinking behavior, water competition, social hierarchy, dairy cow



# Dairy cows' social rank influences their drinking behavior

E. Nizzi<sup>1</sup>, C. Hurtaud<sup>1</sup>, B. Foris<sup>2</sup>, J. Lassalas<sup>1</sup>, A. Boudon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

<sup>2</sup> Animal Welfare Program, Faculty of Land and Food Systems, University of British Columbia, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada

*Sufficient access to clean drinking water is essential for the productivity and welfare of dairy cows*



- Climate change ↗ heat waves → Thermal stress ↘ health and welfare
- Providing water to cows ↔ high variability between farms...
- ...can ↗ competition + agonistic interactions ↘ drinker access of certain cows

*Do all the cows in a herd have sufficient access to water, whatever their social rank?*

## METHODS

22 cows, 6 electronic drinkers: 3.6 cows/drinker VS 10 cows/drinker (Welfare Quality, 2009)

Agonistic interactions: 7 cameras, 9 analyzed days (from 5:30 to 22:00)

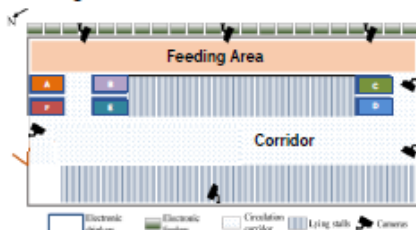


Figure 1: experimental pen layout

- Determined social categories based on quantiles of the replacement hierarchy
- Analyzed the effect of social category, hour of the day and drinker on the daily water intake of cows.

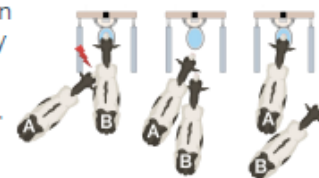


Figure 2: Replacement

## RESULTS

### Drinking proportion per drinker

By social category:

- ❖ E Mid subordinates > Subordinates
- ❖ A Mid dominants > all others
- ❖ B Dominants > Subordinates
- ❖ D Subordinates and Mid sub. > Dominants

For the whole group:

- ❖ Low in F and high in C

- Two peaks of water consumption
- Significant differences in water intake between social categories at 12:00, 18:00, 20:00 and 21:00
- Subordinate cows drink 2 to 3 hours after the peaks

### Hourly drinking dynamics by social category

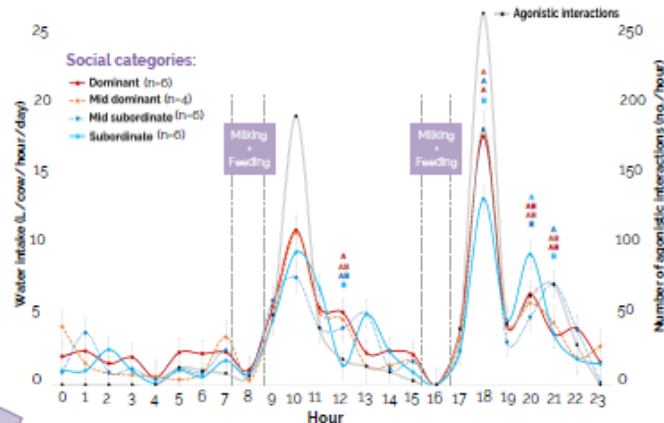


Figure 3: Hourly drinking behavior of the cows according to their social category and hourly number of agonistic interactions in the pen

## CONCLUSION

The social hierarchy influences the hourly dynamic of drinking of the cows...  
... subordinates drink differently than other social categories

Even with a great number of drinkers available:

- Two great peaks of competition for water during the day
- Cows used different drinkers according to their social category

Knowing the existence of social hierarchy and individual variability in drinking behavior...

... it is essential to provide a comfortable number of drinkers at different locations on farms



## Annexe 6

### Regrouping affects cows' social position at the drinker

Ellynn Nizzi, Ophélie Dhumez, Aline Le-Croizier, Catherine Hurtaud, Anne Boudon

Social dominance between cows in the same group can affect their drinking behavior. In competition for water, some dominant cows may monopolize access to the drinker, limiting access for subordinates. Furthermore, regrouping of cows is a common practice on farms and can challenge established hierarchies and affect subordinates, resulting in poorer welfare and even suboptimal performance. This study aimed to investigate the effect of two regrouping situations on the established social hierarchy between cows at the watering place.

The study was conducted with 39 lactating Holstein cows. The experiment was divided into two periods. During the first "**large group**" period, cows were housed altogether and then divided into 4 groups ("**small group**" period). Dominance scores were assigned to each cow based on replacement analysis. The group was then divided into 4 homogeneous groups. Each group consisted of 3 dominants, 4 intermediates, and 3 subordinates. Then, during the **small group** period, the position of the cows in new social categories per group was redetermined.

During the **large group** period, 524 replacements were recorded at the drinkers. During the **small group** period, 106, 116, 101, and 213 replacements were recorded at the drinkers in groups 1, 2, 3, and 4, respectively. Group 3 had the lowest number of replacements, associated with marked differences in dominance scores, allowing clear identification of dominants and subordinates. In contrast, Group 4 had the highest number of replacements and small differences in dominance scores, making it more difficult to discriminate between dominants and subordinates. We also found considerable variability in cows' social position between the two periods.

Our results suggest that regrouping affects the social position of the cow and that the group may determine the time required to establish a stable hierarchy. These results highlight the importance of well-managed regrouping and well-monitored regrouped cows, especially subordinates.





## Annexe 7

### **With adequate drinking facilities, short-term restrictions on access to drinking water for lactating dairy cows disrupt their time budget but do not limit their water intake**

*E. Nizzi<sup>1</sup>, O. Dhumez<sup>1</sup>, M. Lemarchand<sup>1</sup>, A. Chauvin<sup>1</sup>, C. Hurtaud<sup>1</sup>, A. Boudon<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590 Saint-Gilles, France

Several milking practices commonly used on dairy farms, can result in a temporal restriction of the access to drinking water for cows. The aim of this study was to investigate the effect of 3 modalities of temporal restriction of access to drinking water on the individual behavior of cows and on physiological indicators of dehydration. Four treatments (CTRL = free access to the drinker and feed fence, HL = 2 hours of headlock at the feed fence after morning and evening milking, D2H = free access to the feed fence and no access to water for 2 hours after milking and D4H = free access to the feed fence and no access to water for 4 hours after milking) were compared on 4 groups of 10 lactating dairy cows using a 4×4 Latin square design. Each period lasted 1 week and each group of cows was housed in a pen equipped with 1 electronic drinker, 10 individual feeders and 2 cameras, within a free stall barn. Social hierarchy was characterized by normalized David's scores based on replacements at the drinkers detected by video. For the last 4 days of each period, drinking behaviour was measured using connected drinkers and eating and lying times were measured using accelerometers. Plasma indicators of dehydration were analysed on the last day before milking and milk composition was also determined. Regardless of their social category, cows drank the same daily amount of water regardless of treatment but, compared to CTRL, they increased their drinking rate and the frequency of their drinking bouts with HL, D2H and D4H and decreased their drinking time with D4H. Compared to CTRL, the lying times decreased at 1000 h with HL, at 1100 h with D2H and at 1200 and 1300 h with D4H, which could be a sign of discomfort for the cows. At both milkings, the milk freezing point was higher with HL, D2H and D4H than with CTRL. In contrast to the other social categories, subordinate cows did not increase the duration of their drinking bouts and the time of drinking interruption within bouts in D2H compared to CTRL. Cows appear to successfully meet their water requirements with short-term water restriction in the situation of drinking facilities that meet the recommendations.



## Annexe 8

### La hiérarchie sociale établie aux abreuvoirs à l'épreuve des regroupements chez les vaches laitières

Ellynn Nizzi, Ophélie Dhumez, Aline Le-Croizier, Catherine Hurtaud, Anne Boudon

L'absence de soif est, au même titre que l'absence de faim, la première des cinq libertés fondamentales définissant les bases du bien-être animal. La dominance sociale qui s'établit entre les vaches d'un même groupe peut affecter leur comportement d'abreuvement. Lors de compétitions pour l'eau, certaines vaches dominantes peuvent monopoliser l'accès à l'abreuvoir, tandis que des vaches subordonnées peuvent voir leur accès restreint. Les conséquences sont d'autant plus importantes si on considère que le regroupement des vaches dans des lots de taille variable est une pratique courante dans les élevages qui peut remettre en cause régulièrement les hiérarchies établies dans l'élevage. Ceci peut forcer les animaux les plus dominés à des adaptations permanentes, à l'origine d'un bien-être dégradé voire de performances zootechniques sub-optimales. L'objectif de cette étude a donc été d'explorer l'effet de deux situations de regroupement sur la hiérarchie sociale établie entre les vaches à l'abreuvoir.

L'étude a été menée sur 39 vaches Prim' Holstein en stabulation libre. Chaque vache avait son auge dédiée et le groupe avait accès à 4 abreuvoirs connectés. L'étude s'est scindée en deux périodes. Pendant la première période, « **grand groupe** », les 39 vaches ont été logées ensemble, puis elles ont été réparties en 4 groupes (période « **petits groupes** »). Lors des 4 derniers jours de la période **grand groupe**, des scores de dominance ont été attribués à chaque vache en appliquant la méthode des scores de David normalisés obtenus à partir de l'étude des remplacements aux abreuvoirs. Le groupe a ensuite été séparé en 4 groupes homogènes de 9 ou 10 vaches selon les caractéristiques physiologiques, les performances zootechniques et la place hiérarchique des animaux. Chaque groupe était composé de 3 vaches dominantes, 4 intermédiaires et 3 subordonnées. À partir des 4 derniers jours de la période **petits groupes**, la place hiérarchique des vaches par petit groupe aux abreuvoirs a été redéterminée. Trois nouvelles catégories sociales par petit groupe ont été élaborées avec 3 vaches dominantes, 3 à 4 subordonnées et 3 à 4 vaches intermédiaires.

Pendant la période **grand groupe**, 524 remplacements ont été enregistrés aux abreuvoirs. Pendant la période **petits groupes**, 106, 116, 101 et 213 remplacements aux abreuvoirs ont respectivement été enregistrés dans les groupes 1, 2, 3 et 4. Le groupe 3 présentait le nombre de remplacements le plus bas, ce qui était associé à des différences de scores de dominance marquées (scores de 5,5 à 3,6; moyenne  $4,5 \pm 0,6$ ) permettant de différencier facilement les vaches dominantes des dominées. A contrario, le groupe 4 présentait le nombre de remplacements le plus élevés, ce qui était associé à des différences de scores de dominance très peu marquées (scores de 4,9 à 4,2; moyenne  $4,5 \pm 0,2$ ) où il était plus difficile d'identifier les vaches dominantes et dominées. Cette homogénéité des scores de dominances dans le groupe 4 laisse penser que la hiérarchie n'est pas encore clairement établie et stable dans ce groupe. Nous avons aussi trouvé une grande variabilité de la place hiérarchique des vaches entre les périodes **grand groupe** et **petits groupes**.

Nos résultats suggèrent que le regroupement des animaux affecte la place des vaches dans la hiérarchie et que la taille et/ou la composition des groupes déterminent peut-être le temps nécessaire à l'instauration d'une hiérarchie considérée comme stable. Ces résultats illustrent l'importance d'une gestion minutieuse des regroupements et d'un suivi attentif des animaux après ces réallotements, en particulier des plus subordonnés.

# La hiérarchie sociale établie aux abreuvoirs à l'épreuve d'allotements chez les vaches laitières

## *The dominance hierarchy established at drinkers: a test of regrouping in dairy cows*

NIZZI E. (1), DHUMEZ O. (1), LE CROIZIER A. (1), HURTAUD C. (1), BOUDON A. (1)

(1) PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

### INTRODUCTION

L'absence de soif est, au même titre que l'absence de faim, la première des cinq libertés définissant les bases du bien-être animal (Welfare Quality®, 2009). Au sein d'un même groupe, la hiérarchie sociale établie peut affecter le comportement d'abreuvement des vaches les plus subordonnées (Nizzi et al., 2024). Les conséquences peuvent être d'autant plus importantes lors d'allotements de vaches dans des lots de taille variable (Grant et Albright, 2001). Cette pratique courante dans les élevages peut remettre en cause les hiérarchies établies dans l'élevage (Krahn et al., 2023). Ceci peut forcer les animaux les plus dominés à des adaptations permanentes, à l'origine d'un bien-être dégradé voire de performances zootechniques suboptimales. L'objectif de cette étude a donc été d'explorer l'effet d'allotements au sein du troupeau sur la hiérarchie sociale établie entre les vaches à l'abreuvoir.

### 1. MATERIEL ET METHODES

L'étude a été menée sur 39 vaches Prim' Holstein en stabulation libre. Chaque vache avait accès à une auge qui lui était dédiée et le groupe avait accès à 4 abreuvoirs connectés. Pendant la première période, appelée « **grand groupe** », les 39 vaches ont été logées ensemble pendant 7 semaines. Lors des 4 derniers jours de cette période, des scores de dominance ont été établis pour chaque vache à partir des remplacements enregistrés aux abreuvoirs, selon la méthode des scores de David normalisés (de Vries et al., 2006) et les vaches ont été classées par rang social (**RS**) et catégorisées en catégories sociales (**CS**). Pendant la seconde période de l'étude, appelée « **petits groupes** », le groupe de 39 vaches a été réparti en 4 groupes homogènes de 9 ou 10 vaches selon les caractéristiques physiologiques, les performances zootechniques et la place hiérarchique des animaux (- de 4% de différence intergroupe). Chaque groupe était composé de 3 vaches dominantes, 4 intermédiaires et 3 subordonnées. Lors des 4 derniers jours de cette période, les scores de dominance de chaque vache au sein des groupes ont été re-déterminés et les vaches ont été affectées à un nouveau RS de 1 à 9 ou 10.

### 2. RESULTATS

Pendant la période grand groupe, 524 ( $131/j \pm 21$ ) remplacements ont été enregistrés aux abreuvoirs. Pendant la période petits groupes, 106 ( $27/j \pm 6$ ), 116 ( $29/j \pm 2$ ), 101 ( $20/j \pm 7$ ) et 213 ( $53/j \pm 8$ ) remplacements aux abreuvoirs ont respectivement été enregistrés dans les groupes A, B, C et D, soit deux fois plus de remplacements dans le groupe D que dans les autres. Pour tous les groupes, deux pics de remplacements ont été constatés à 11 h et à 19 h, après l'ouverture des cornadis (Figure 1A). L'amplitude de variation des scores de dominance entre les vaches a été la plus élevée dans le groupe C (scores de 5,5 à 3,6 ; moyenne  $4,5 \pm 0,6$ ) et la plus faible dans le groupe D (scores de 4,9 à 4,2 ; moyenne  $4,5 \pm 0,2$ ) (Figure 1B). Une corrélation de  $0,05$  a été trouvée en comparant les RS des vaches entre les deux périodes. Enfin, en comparant les CS des vaches entre les deux périodes, 31,6 % des vaches ont gardé la même CS, 57,9 % ont changé d'une CS et 10,5 % des vaches ont évolué de deux CS (dominantes ↔ subordonnées).

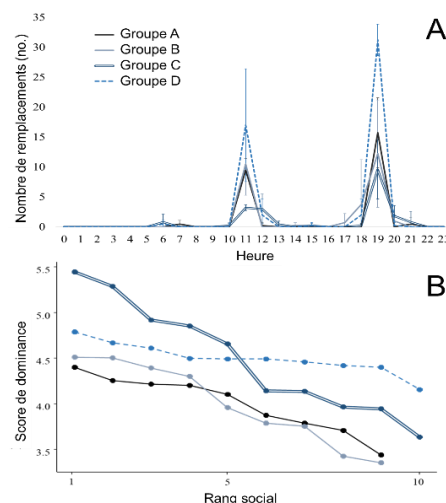


Figure 1 Dynamique horaire de remplacements (A) et hiérarchies sociales établies (B) au sein des groupes

### 3. DISCUSSION

Nous avons constaté dans le groupe C une hiérarchie sociale bien marquée avec une distinction claire des vaches les plus dominantes et les plus subordonnées, du fait d'une amplitude de variation importante des scores de dominance. Ce groupe s'est aussi distingué par un faible nombre de remplacements aux abreuvoirs. A contrario, le groupe D, avec un nombre de remplacements enregistrés deux fois plus important, s'est caractérisé par une distinction plus difficile des vaches les plus dominantes et subordonnées. Une structure hiérarchique, plus plate lors de l'augmentation du nombre d'interactions négatives entre les animaux d'un groupe, a aussi été mise en évidence par Sheng et al. (2022). L'homogénéité des scores de dominances dans le groupe D peut laisser penser que la hiérarchie n'est pas encore clairement établie et stable dans ce groupe ou que certains animaux du groupe exacerbent les interactions négatives (Foris et al., 2019). Nous n'avons pas trouvé de corrélation entre les RS des vaches entre les deux périodes, contrairement à l'étude de Krahn et al. (2024) qui a montré que dans 86 % des cas, la vache gagnante d'une dyade reste la même lors d'un re-allotement dans un sous-groupe. Notre hypothèse est que lors d'un réallotement, la composition du groupe change, et des vaches particulièrement inhibitrices ou provocatrices d'agressions peuvent perturber le groupe.

## CONCLUSION

Nos résultats suggèrent qu'un bon allotement, avec une hiérarchie stable, engendrera moins de compétition pour la ressource limitante, en l'occurrence l'eau dans notre essai, et un meilleur accès à cette ressource pour tous les animaux du groupe.

*Les auteurs remercient la société La Buvette© pour sa contribution au financement du projet ainsi que les animaliers de l'IEPL pour leur suivi des animaux.*

**Foris, B., et al. 2019.** Appl. Anim. Behav. Sci. 210, 60-67

**Grant, R. J. et Albright, J. L. 2001.** J. Dairy Sci., 84, 156-163

**Krahn, J., et al 2024.** Animal. 18, 101083

**Krahn, J., et al. 2023.** J. Dairy Sci., 106, 1489-1501

**Nizzi, E., et al. 2024.** Appl. Anim. Behav. Sci., 273, 106218

**Sheng et al., 2022.** EAAP, p635

**de Vries, H., et al. 2006.** Anim. Behav., 71, 585-592

**Welfare Quality©. 2009.** Consortium, p182



## Annexe 9

### Etapas suivies sur R pour déterminer les épisodes de buvées

Méthode décrite par Horvath and Miller-Cushon (2019).

K. C. Horvath and E. K. Miller-Cushon. 2019. Characterizing grooming behavior patterns and the influence of brush access on the behavior of group-housed dairy calves. J. Dairy Sci. 102:3421–3430. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15460>

Utilisation du package R **Mixdist** pour modéliser les distributions de fréquence des intervalles entre les visites d'abreuvement, pour la détermination de la durée d'un épisode de buvée.

Les étapes suivies pour déterminer un épisode de buvée:

#### 1- Nettoyage du jeu de données

	date_heure	date	heure_fact	cow	group	period	treatment	num_abreuv	volume	duree	frequence	vitesse
1	2023-03-19 03:57:47	2023-03-19	3	10	G1	P1	HL	108-1	14.52040	127	1	0.114333858
2	2023-03-19 11:26:06	2023-03-19	11	10	G1	P1	HL	108-1	16.63584	129	1	0.128960000
3	2023-03-19 16:16:20	2023-03-19	16	10	G1	P1	HL	108-1	11.15504	85	1	0.131235765
4	2023-03-19 19:37:46	2023-03-19	19	10	G1	P1	HL	108-1	19.15800	129	1	0.148511628
5	2023-03-19 19:37:15	2023-03-19	19	10	G1	P1	HL	108-1	1.42848	18	1	0.079360000
6	2023-03-21 00:18:19	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	108-1	5.98920	53	1	0.113003774
7	2023-03-21 00:14:58	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	108-1	1.33920	21	1	0.063771429
8	2023-03-21 00:14:32	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	108-1	1.09368	10	1	0.109368000
9	2023-03-21 11:23:51	2023-03-21	11	10	G1	P1	HL	108-1	2.23200	17	1	0.131294118
10	2023-03-21 11:20:21	2023-03-21	11	10	G1	P1	HL	108-1	22.28528	158	1	0.141046076
11	2023-03-21 19:24:04	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	108-1	15.60664	101	1	0.154521188
12	2023-03-21 19:24:02	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	108-1	0.36456	2	1	0.182280000
13	2023-03-21 19:22:25	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	108-1	10.98640	73	1	0.150498630
14	2023-03-21 19:16:13	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	108-1	0.51584	3	1	0.171946667
15	2023-03-21 23:16:12	2023-03-21	23	10	G1	P1	HL	108-1	12.74968	90	1	0.141663111
16	2023-03-21 23:15:50	2023-03-21	23	10	G1	P1	HL	108-1	1.15816	10	1	0.115816000
17	2023-03-22 11:23:12	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	108-1	16.55400	159	1	0.104113208

(recherche des valeurs aberrantes, suppression des jours où des problèmes ont été détectés etc.).

1 ligne = une visite d'une vache à l'abreuvoir.



## 2- Ajout d'une colonne de date de fin de buvée (« **heureFin** »)

	date_heure	date	heure_fact	cow	group	period	treatment	volume	duree	frequence	vitesse	heureFin
1	2023-03-19 03:57:47	2023-03-19	3	10	G1	P1	HL	14.52040	127	1	0.114333858	2023-03-19 03:59:54
2	2023-03-19 11:26:06	2023-03-19	11	10	G1	P1	HL	16.63584	129	1	0.128960000	2023-03-19 11:28:15
3	2023-03-19 16:16:20	2023-03-19	16	10	G1	P1	HL	11.15504	85	1	0.131235765	2023-03-19 16:17:45
4	2023-03-19 19:37:15	2023-03-19	19	10	G1	P1	HL	1.42848	18	1	0.079360000	2023-03-19 19:37:33
5	2023-03-19 19:37:46	2023-03-19	19	10	G1	P1	HL	19.15800	129	1	0.148511628	2023-03-19 19:39:55
6	2023-03-21 00:14:32	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	1.09368	10	1	0.109368000	2023-03-21 00:14:42
7	2023-03-21 00:14:58	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	1.33920	21	1	0.063771429	2023-03-21 00:15:19
8	2023-03-21 00:18:19	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	5.98920	53	1	0.113003774	2023-03-21 00:19:12
9	2023-03-21 11:20:21	2023-03-21	11	10	G1	P1	HL	22.28528	158	1	0.141046076	2023-03-21 11:22:59
10	2023-03-21 11:23:51	2023-03-21	11	10	G1	P1	HL	2.23200	17	1	0.131294118	2023-03-21 11:24:08
11	2023-03-21 19:16:13	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	0.51584	3	1	0.171946667	2023-03-21 19:16:16
12	2023-03-21 19:22:25	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	10.98640	73	1	0.150498630	2023-03-21 19:23:38
13	2023-03-21 19:24:02	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	0.36456	2	1	0.182280000	2023-03-21 19:24:04
14	2023-03-21 19:24:04	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	15.60664	101	1	0.154521188	2023-03-21 19:25:45
15	2023-03-21 23:15:50	2023-03-21	23	10	G1	P1	HL	1.15816	10	1	0.115816000	2023-03-21 23:16:00
16	2023-03-21 23:16:12	2023-03-21	23	10	G1	P1	HL	12.74968	90	1	0.141663111	2023-03-21 23:17:42
17	2023-03-22 11:16:56	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	10.84504	79	1	0.137278987	2023-03-22 11:18:15
18	2023-03-22 11:22:59	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	0.05456	0	1	Inf	2023-03-22 11:22:59
19	2023-03-22 11:23:00	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	0.09672	0	1	Inf	2023-03-22 11:23:00
20	2023-03-22 11:23:12	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	16.55400	159	1	0.104113208	2023-03-22 11:25:51

## 3- Ajout des intervalles (en seconde) inter-buvées (« **intervalle** ») pour chaque vache et chaque jour, basé sur la différence entre l'heure de début d'une visite et l'heure de fin de la visite précédente

	date_heure	date	heure_fact	cow	group	period	treatment	volume	duree	frequence	vitesse	heureFin	intervalle
1	2023-03-19 03:57:47	2023-03-19	3	10	G1	P1	HL	14.52040	127	1	0.114333858	2023-03-19 03:59:54	27028
2	2023-03-19 11:26:06	2023-03-19	11	10	G1	P1	HL	16.63584	129	1	0.128960000	2023-03-19 11:28:15	17499
3	2023-03-19 16:16:20	2023-03-19	16	10	G1	P1	HL	11.15504	85	1	0.131235765	2023-03-19 16:17:45	12073
4	2023-03-19 19:37:15	2023-03-19	19	10	G1	P1	HL	1.42848	18	1	0.079360000	2023-03-19 19:37:33	160
5	2023-03-19 19:37:46	2023-03-19	19	10	G1	P1	HL	19.15800	129	1	0.148511628	2023-03-19 19:39:55	103016
6	2023-03-21 00:14:32	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	1.09368	10	1	0.109368000	2023-03-21 00:14:42	47
7	2023-03-21 00:14:58	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	1.33920	21	1	0.063771429	2023-03-21 00:15:19	254
8	2023-03-21 00:18:19	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	5.98920	53	1	0.113003774	2023-03-21 00:19:12	39880
9	2023-03-21 11:20:21	2023-03-21	11	10	G1	P1	HL	22.28528	158	1	0.141046076	2023-03-21 11:22:59	227
10	2023-03-21 11:23:51	2023-03-21	11	10	G1	P1	HL	2.23200	17	1	0.131294118	2023-03-21 11:24:08	28345
11	2023-03-21 19:16:13	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	0.51584	3	1	0.171946667	2023-03-21 19:16:16	445
12	2023-03-21 19:22:25	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	10.98640	73	1	0.150498630	2023-03-21 19:23:38	99
13	2023-03-21 19:24:02	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	0.36456	2	1	0.182280000	2023-03-21 19:24:04	103
14	2023-03-21 19:24:04	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	15.60664	101	1	0.154521188	2023-03-21 19:25:45	13916
15	2023-03-21 23:15:50	2023-03-21	23	10	G1	P1	HL	1.15816	10	1	0.115816000	2023-03-21 23:16:00	112
16	2023-03-21 23:16:12	2023-03-21	23	10	G1	P1	HL	12.74968	90	1	0.141663111	2023-03-21 23:17:42	43323
17	2023-03-22 11:16:56	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	10.84504	79	1	0.137278987	2023-03-22 11:18:15	363
18	2023-03-22 11:22:59	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	0.05456	0	1	Inf	2023-03-22 11:22:59	1
19	2023-03-22 11:23:00	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	0.09672	0	1	Inf	2023-03-22 11:23:00	171
20	2023-03-22 11:23:12	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	16.55400	159	1	0.104113208	2023-03-22 11:25:51	28263

#### 4- Transformation des intervalles en log10

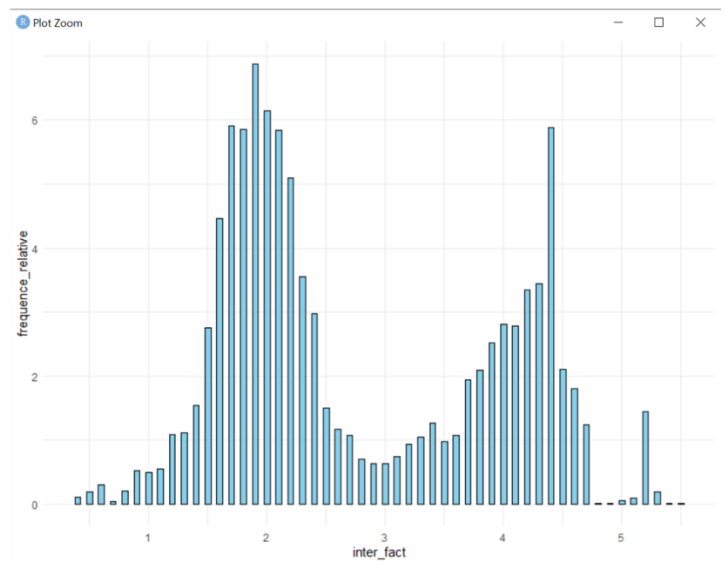
	date_heure	date	heure_fact	cow	group	period	treatment	volume	duree	frequence	vitesse	heureFin	intervalle	log10_intervalle
1	2023-03-19 03:57:47	2023-03-19	3	10	G1	P1	HL	14.52040	127	1	0.114333858	2023-03-19 03:59:54	27028	4.431814
2	2023-03-19 11:26:06	2023-03-19	11	10	G1	P1	HL	16.63584	129	1	0.128960000	2023-03-19 11:28:15	17499	4.243013
3	2023-03-19 16:16:20	2023-03-19	16	10	G1	P1	HL	11.15504	85	1	0.131235765	2023-03-19 16:17:45	12073	4.081815
4	2023-03-19 19:37:15	2023-03-19	19	10	G1	P1	HL	1.42848	18	1	0.079360000	2023-03-19 19:37:33	160	2.204120
5	2023-03-19 19:37:46	2023-03-19	19	10	G1	P1	HL	19.15800	129	1	0.148511628	2023-03-19 19:39:55	103016	5.012905
6	2023-03-21 00:14:32	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	1.09368	10	1	0.109368000	2023-03-21 00:14:42	47	1.672098
7	2023-03-21 00:14:58	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	1.33920	21	1	0.063771429	2023-03-21 00:15:19	254	2.404834
8	2023-03-21 00:18:19	2023-03-21	0	10	G1	P1	HL	5.98920	53	1	0.113003774	2023-03-21 00:19:12	39880	4.600755
9	2023-03-21 11:20:21	2023-03-21	11	10	G1	P1	HL	22.28528	158	1	0.141046076	2023-03-21 11:22:59	227	2.356026
10	2023-03-21 11:23:51	2023-03-21	11	10	G1	P1	HL	2.23200	17	1	0.131294118	2023-03-21 11:24:08	28345	4.452476
11	2023-03-21 19:16:13	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	0.51584	3	1	0.171946667	2023-03-21 19:16:16	445	2.648360
12	2023-03-21 19:22:25	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	10.98640	73	1	0.150498630	2023-03-21 19:23:38	99	1.995635
13	2023-03-21 19:24:02	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	0.36456	2	1	0.182280000	2023-03-21 19:24:04	103	2.012837
14	2023-03-21 19:24:04	2023-03-21	19	10	G1	P1	HL	15.60664	101	1	0.154521188	2023-03-21 19:25:45	13916	4.143514
15	2023-03-21 23:15:50	2023-03-21	23	10	G1	P1	HL	1.15816	10	1	0.115816000	2023-03-21 23:16:00	112	2.049218
16	2023-03-21 23:16:12	2023-03-21	23	10	G1	P1	HL	12.74968	90	1	0.141663111	2023-03-21 23:17:42	43323	4.636719
17	2023-03-22 11:16:56	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	10.84504	79	1	0.137278987	2023-03-22 11:18:15	363	2.559907
18	2023-03-22 11:22:59	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	0.05456	0	1	Inf	2023-03-22 11:22:59	1	0.000000
19	2023-03-22 11:23:00	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	0.09672	0	1	Inf	2023-03-22 11:23:00	171	2.232996
20	2023-03-22 11:23:12	2023-03-22	11	10	G1	P1	HL	16.55400	159	1	0.104113208	2023-03-22 11:25:51	28263	4.451218
21	2023-03-22 19:14:08	2023-03-22	19	10	G1	P1	HL	0.64728	7	1	0.092468571	2023-03-22 19:14:15	374	2.572872

#### 5- Identification des fréquences relatives tous les 0,1

interval	fréquence	frequence_relative	inter_fact
1 (0.3,0.4]	7	0.10464942	0.4
2 (0.4,0.5]	13	0.19434893	0.5
3 (0.6,0.7]	20	0.29899836	0.6
4 (0.7,0.8]	3	0.04484975	0.7
5 (0.8,0.9]	14	0.20929885	0.8
6 (0.9,1]	35	0.52324712	0.9
7 (1.1,1]	33	0.49334729	1.0
8 (1.1,1.2]	37	0.55314696	1.1
9 (1.2,1.3]	73	1.09134400	1.2
10 (1.3,1.4]	75	1.12124383	1.3
11 (1.4,1.5]	103	1.53984153	1.4
12 (1.5,1.6]	184	2.75078487	1.5
13 (1.6,1.7]	299	4.47002541	1.6
14 (1.7,1.8]	395	5.90521752	1.7
15 (1.8,1.9]	392	5.86036777	1.8
16 (1.9,2]	460	6.87696218	1.9
17 (2.2,1]	411	6.14441621	2.0
18 (2.1,2.2]	391	5.84541785	2.1
19 (2.2,2.3]	341	5.09792196	2.2
20 (2.3,2.4]	238	3.55808043	2.3
21 (2.4,2.5]	199	2.97503364	2.4

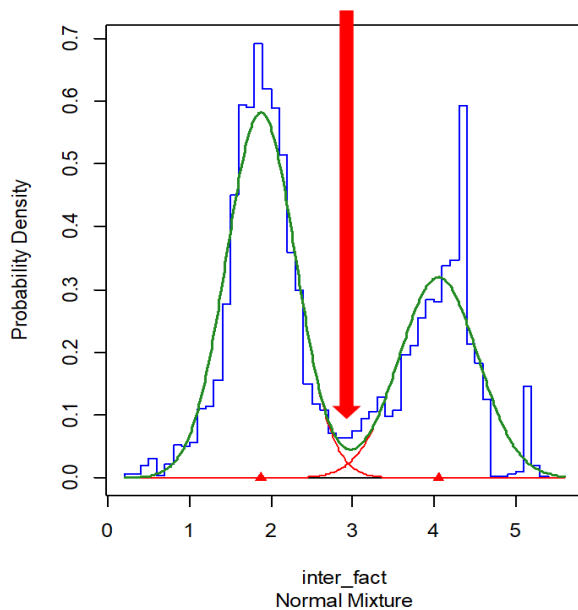
## 6- Visualisation des fréquences relatives

frequence_relative	inter_fact
0.10464942	0.4
0.19434893	0.5
0.29899836	0.6
0.04484975	0.7
0.20929885	0.8
0.52324712	0.9
0.49334729	1.0
0.55314696	1.1
1.09134400	1.2
1.12124383	1.3
1.53984153	1.4
2.75078487	1.5
4.47002541	1.6
5.90521752	1.7
5.86036777	1.8
6.87696218	1.9
6.14441621	2.0
5.84541785	2.1
5.09792196	2.2
3.55808043	2.3
2.97503364	2.4



## 7- Utilisation package **mixdist** pour identifier le croisement entre les deux gaussiennes et identifier la durée de nos épisodes de buvée

$10^{2,9} = 794$  secondes = **13,2 minutes**



inter_fact	frequence_relative	
14	1.7	5.90521752
15	1.8	5.86036777
16	1.9	6.87696218
17	2.0	6.14441621
18	2.1	5.84541785
19	2.2	5.09792196
20	2.3	3.55808043
21	2.4	2.97503364
22	2.5	1.49499178
23	2.6	1.16609359
24	2.7	1.07639408
25	2.8	0.70264614
26	2.9	0.62789655
27	3.0	0.62789655
28	3.1	0.74749589
29	3.2	0.94184482
30	3.3	1.04649424
31	3.4	1.27074301
32	3.5	0.97174466
33	3.6	1.07639408
34	3.7	1.94348931

## Script R

```
##### VISIT CRITERION #####  
  
### import fichier des visites aux abreuvoirs ##### getwd() #Specification du repertoire de  
travail  
  
buvee <- read_excel(paste0(getwd(),"/Data brutes/EAU/","dbDump_buvee.xlsx"), sheet = 4)  
buvee <- buvee[,c(2,4,3,5,6,7)] str(buvee)  
  
## ajout numéro d'abreuvoir  
  
buvee$num_abreuv <- paste(buvee$idRS485, buvee$numero, sep = "-") ## joint deux colonnes  
séparé d'un "-"  
  
str(buvee)  
  
buvee <- buvee[,c(1,4,7,2,3)] summary(buvee)  
  
buvee$date = as.POSIXct(buvee$heureDebut, format = "%d/%m/%y %H:%M:%S") buvee$jour  
<- format(buvee$date, "%D")  
  
buvee$jour1 = as.Date(buvee$jour, format = "%m/%d/%y") buvee$jour <- buvee$jour1  
  
buvee$jour1 <- NULL buvee$date1 <- buvee$date  
  
buvee$heure <- format(buvee$date1, "%T") buvee$heure = as.POSIXct(buvee$heure,  
format = "%H:%M:%S") buvee <- buvee %>%  
  
ungroup() %>% group_by(heure) %>%  
  
mutate(heure_fact = hour(heure)) %>% ungroup()  
  
str(buvee)  
  
buvee1 <- buvee[,c(6,7,10,2,3,4,5)] summary(buvee)  
  
### import du fichier d'identification des animaux ##### id_animal <-  
read.table(paste0(getwd(),"/Data brutes/EAU/","  
"fichier_base_R_vl_period_group_treatment.csv"),  
sep=";", quote = "\"", dec=".", header=T) length(unique(id_animal$idAnimal))  
  
str(id_animal)  
  
id_animal$date = as.Date(id_animal$day, format = "%d/%m/%Y") id_animal$day = NULL  
  
id_animal <- id_animal[,c(6,5,1,2,3,4)]  
  
names(buvee1)[1] = "date_heure" names(buvee1)[2] = "date"  
  
buvee_animal <- left_join(buvee1, id_animal)  
  
buvee_animal <- na.omit(buvee_animal) length(unique(buvee_animal$cow)) #on a bien nos 39  
VL  
  
drink_data <- buvee_animal
```

```

drink_data$cow <- as.factor(as.character(drink_data$cow)) drink_data <-
drink_data[,c(1,2,3,8,9,10,11,5,6,7)]

drink_data <- drink_data %>% mutate(volume = volume * 0.00248)

drink_data$duree <- as.numeric(drink_data$duree) drink_data$heure_fact <-
as.factor(drink_data$heure_fact) drink_data$cow <- as.factor(drink_data$cow)
drink_data$group <- as.factor(drink_data$group) drink_data$period <-
as.factor(drink_data$period) drink_data$treatment <- as.factor(drink_data$treatment)
drink_data$num_abreuv <- as.factor(drink_data$num_abreuv)

drink_data$frequence = 1

# drink_data$duree = drink_data$duree/60

length(unique(drink_data$cow)) length(unique(drink_data$date))

### nettoyage du jeu de données d'abreuvement #### compil_complet <- drink_data
compil_complet$idAnimal <- NULL

compil_complet$vitesse <- compil_complet$volume/compil_complet$duree # données
d'abreuvement VL 26 --> problème ID à l'abreuvoir compil_complet <-
compil_complet[compil_complet$cow != "26",]

#retire G1 le 20 mars car problème de cornadis compil_complet <- compil_complet %>%
filter(!(group == "G1" & date == "2023-03-20"))

#retire 9221 le 28 et 29 mars, sûrement pb de santé, valeurs étranges sur eau et msi
compil_complet <- compil_complet %>%
filter(!(cow == "9221" & date >= as.Date("2023-03-28") & date <= as.Date("2023-03-29")))

#retire 41 en P3 et 9/04 --> problème de pied
compil_complet <- compil_complet %>%
filter(!(cow == "41" & date >= as.Date("2023-04-02") & date <= as.Date("2023-04-12")))

#retire 60 le 26/03 --> chaleurs compil_complet <- compil_complet %>%
filter(!(cow == "60" & date == "2023-03-26"))

#retire 5228 le 26,27,28/03 --> problème de panari compil_complet <- compil_complet %>%
filter(!(cow == "5228" & date >= as.Date("2023-03-26") & date <= as.Date("2023-03-28")))

```

```

#retire 9226 le 22/03 --> pb ID portillon cornadis compil_complet <- compil_complet %>%
filter(!(cow == "9226" & date == "2023-03-22"))

#retire 9235 le 28/03 --> pb de case donc pas mangé compil_complet <- compil_complet %>%
filter(!(cow == "9235" & date == "2023-03-28"))

#### identification des intervalles interbuvées d'une même vache ### clean_drink =
compil_complet

clean_drink = clean_drink%>% dplyr::select(-num_abreuv)
length(unique(clean_drink$cow)) length(unique(clean_drink$date))

#### création de la colonne heureFin ###

clean_drink <- clean_drink %>% ungroup()%>% arrange(date_heure, cow)%>%
group_by(cow)%>%

mutate(heureFin = date_heure + seconds(duree)) print(clean_drink)

# Trier le DataFrame par 'cow' et 'date_heure' clean_drink <- clean_drink %>% arrange(cow,
date_heure)

# Calculer la différence entre 'heureFin' et 'date_heure' de la ligne suivante pour chaque 'cow'
clean_drink <- clean_drink %>% group_by(cow) %>%
mutate(intervalle = lead(heureFin) - date_heure)

clean_drink <- clean_drink %>%

mutate(intervalle = gsub("secs", "", intervalle)) clean_drink$intervalle <-
as.numeric(clean_drink$intervalle)

clean_drink$log10_interval <- log10(clean_drink$intervalle)

intervalles_df <- clean_drink %>% filter(!is.infinite(log10_interval) & !is.nan(log10_interval))
%>%

group_by(interval = cut(log10_interval, breaks = seq(0, max(log10_interval, na.rm = TRUE) + 0.1,
by = 0.1))) %>%

summarize(fréquence = n())

```

```
sum(intervalles_df$fréquence) # = bien 6689 (3 étaient à 0 donc en passant en log ils sont allés en "inf")
```

```
intervalles_df$frequence_relative =  
(intervalles_df$fréquence/sum(intervalles_df$fréquence))*100
```

```
intervalles_df$inter_fact <- 0.3 + 0.1 * (1:(nrow(intervalles_df))) print(intervalles_df)
```

```
intervalles_df <- na.omit(intervalles_df)
```

```
### représentation graphique des intervalles ### ggplot(intervalles_df) +  
aes(x = inter_fact, y = fréquence) + geom_jitter(size = 0.5) + theme_minimal()  
ggplot(intervalles_df) +  
aes(x = inter_fact, y = frequence_relative) + geom_jitter(size = 1.5) +  
geom_smooth()+ theme_minimal()  
ggplot(intervalles_df) +  
aes(x = inter_fact, y = frequence_relative) +  
geom_bar(stat = "identity", fill = "skyblue", color = "black", width = 0.05) + theme_minimal()
```

```
### appel du package mixdist ### library(mixdist)
```

```
### sans le log #### #Import data
```

```
df <- intervalles_df[,c(4,3)] df <- as.mixdata(df)
```

```
# Fit the mixture of distributions.
```

```
# Provides estimates of starting points for fitting the distributions. # Options for this are well documented in the reference manual.
```

```
fit <- mix(df, mixparam(mu = c(1,3.5), sigma = c(2,2), pi = c(0.6,0.4)), "norm",  
constr=mixconstr(conpi = "NONE", conmu = "NONE", consigma = "NONE",
```

```
fixpi = NULL, fixmu = NULL, fixsigma = NULL))
```

```
#Plot the interval distribution and fitted curves # plot(fit)
```

```
#Output summary of fit parameters summary(fit)
```

```
# output the model probability estimates. For defining bout criteria, # we examine the $conditprob (conditional probability) columns
```

# and select the interval corresponding with the point where the probability becomes greater for the second curve.

fitted(fit)

### Résultats ###

$10^{2.9}$  # =794 secondes 794/60 # =13.2 minutes





**Titre :** Adaptations comportementales des vaches laitières aux contraintes d'abreuvement selon leur position sociale

**Mots clés :** abreuvement, interaction agonistique, hiérarchie sociale, vache laitière

**Résumé :** Il existe des recommandations pour garantir l'absence de soif dans les troupeaux. Cependant, les critères d'évaluation des équipements d'abreuvement sur lesquels reposent ces recommandations répondent à des obligations de moyens mais pas de résultats. Cette thèse a montré comment des conditions d'élevage variées, observables dans les fermes, peuvent affecter l'abreuvement des animaux et refléter leur hétérogénéité de réponse face à certaines situations. La recherche d'une méthode d'identification automatique de la hiérarchie sociale qui s'établit aux abreuvoirs a été menée. Puis, des expérimentations simulant des conditions d'élevage variées visibles en ferme, avec des contraintes sur l'abreuvement, ont été mises en œuvre. Les résultats suggèrent que les recommandations actuelles en matière de nombre d'animaux par abreuvoir garantissent toujours l'absence de soif prolongée. En revanche, les animaux les plus subordonnés des troupeaux semblent avoir plus de mal à s'adapter à des contraintes telles que des augmentations de la densité d'animaux aux abreuvoirs ou des restrictions temporelles d'accès à l'eau. Ces contraintes temporelles ont également affecté le temps de repos des vaches. Ainsi, bien que toutes les vaches aient réussi à s'abreuver de manière suffisante, ces résultats suggèrent que ces contraintes pourraient affecter leur bien-être. Les expérimentations menées ont enfin mis en évidence que certains comportements liés à l'abreuvement, tels que la vitesse d'abreuvement ou les épisodes de buvées, pourraient, à l'avenir, servir de base pour créer de nouveaux indicateurs, afin de mieux caractériser l'absence de soif prolongée pour toutes les vaches des troupeaux laitiers.

**Title:** Dairy cows' behavioral adaptations to watering restrictions as a function of their social position

**Keywords :** drinking behavior, agonistic interaction, social hierarchy, dairy cow

**Abstract :** Recommendations exist to ensure that dairy herds do not suffer from prolonged thirst. However, the current evaluation criteria for on-farm watering systems, on which these recommendations are based, induces an obligation of means but not of results. This thesis has shown that rearing conditions observed on farms can affect animal drinking behavior, with heterogeneous responses between animals. During this work, a method was sought to automatically characterize the social hierarchy established at drinking troughs. Experiments were then conducted to simulate a variety of on-farm housing conditions, with constraints on watering. The results suggest that current recommendations regarding the number of animals per trough still guarantee the absence of prolonged thirst. On the other hand, the most subordinate animals in the herd seemed to find it more difficult to adapt to constraints such as an increase in the density of animals at water troughs or temporal restrictions on access to water. These temporal constraints also affected the resting time of the cows. Although all the cows managed to drink sufficiently, these results suggest that these constraints could affect their well-being. Finally, the experiments showed that certain parameters of drinking behavior, such as drinking rates or the distributions of watering into drinking bouts, could be used in future to develop new indicators to better characterize the absence of prolonged thirst in all cows in dairy herds