



HAL
open science

Exploitation des ressources hydriques et alimentaires par les bovins en pâturage extensif, dans les marais du littoral atlantique

Céline Mialhe

► **To cite this version:**

Céline Mialhe. Exploitation des ressources hydriques et alimentaires par les bovins en pâturage extensif, dans les marais du littoral atlantique. Zootechnie. 2021. hal-03364605

HAL Id: hal-03364605

<https://hal.inrae.fr/hal-03364605>

Submitted on 4 Oct 2021

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.

MASTER ETHOLOGIE

APPLIQUEE

DOMAINE DE FORMATION : SCIENCES, TECHNOLOGIE ET SANTE

**Exploitation des ressources hydriques et alimentaires par les bovins en
pâturage extensif, dans les marais du littoral atlantique**

Par

Céline Mialhe

Maître de stage : Eric Kerneis

Co-encadrants : Anne Farrugia, Pascal Faure, Michel Prieur, Pierre Roux

Année Universitaire 2020-2021

INRAE – UNITE EXPERIMENTALE DE SAINT-LAURENT-DE-LA-PREE

UNIVERSITE SORBONNE PARIS NORD – UFR LLSHS

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
Matériel et méthode.....	4
Etude « Alimentation »	4
Etude « Abreuvement ».....	6
Analyses statistiques	8
Note éthique	9
Résultats	10
Etude « Alimentation »	10
Etude « Abreuvement ».....	11
Discussion	13
Remerciements	17
References	18
Annexes	21
Annexe I : Cartographie du bloc de parcelles de M. G pour l'étude « alimentation ».....	21
Annexe II : Vache de race charolaise, appartenant au lot étudié, sur le bloc central de M. G, Avril 2021	21
Annexe III : Cartographie de la parcelle G1, utilisée pour l'étude « abreuvement ».....	22
Annexe IV : Tableau des espèces majoritaires relevées dans les différentes zones d'alimentation chez M. G.....	22
Annexe V : Vache de race Maraîchine, sur la parcelle G1, juste après un abreuvement au fossé, juillet 2021	23
Annexe VI : analyse descriptive des paramètres relevés via la méthode des unités physiologiques.....	23
Annexe VII : Pourcentages de buvées relevés dans chacun des fossés en phase 1.....	24

RESUME

Les marais desséchés du littoral atlantique sont des zones humides remarquables dans lesquelles la gestion de la biodiversité et le pâturage extensif sont étroitement liés. Les parcelles sont caractérisées par une végétation hétérogène et entourées de fossés qui servent de barrières naturelles ainsi que de lieu d'abreuvement aux animaux. A travers deux études nous avons voulu connaître le point de vue des bovins pour savoir si l'hétérogénéité de la végétation pouvait être stratégiquement exploitée par les animaux, valorisant ainsi ces systèmes pastoraux. En parallèle, en réponse à des questionnements sur le bien-être animal, nous avons apporté de l'eau propre du réseau, à un lot de vaches maraîchines afin qu'elles nous indiquent si l'apport de cette eau de meilleure qualité, serait préférentiellement utilisée par les troupeaux par rapport à l'eau des fossés, souillée et difficile d'accès. L'approche éthologique nous a permis de montrer que les communautés végétales particulières présentaient une complémentarité intéressante pour l'alimentation des bovins et que l'apport d'une eau de meilleure qualité ne semblait pas être exploitée outre-mesure par les maraîchines, qui semblaient se satisfaire des ressources hydriques à leur disposition.

Mots clés : Zones humides / Comportement alimentaire / Abreuvement / Bien-être animal

ABSTRACT

The atlantic coast dry swamps are remarkable wetlands in which biodiversity management and extensive grazing are closely linked. The pastures are characterised by heterogeneous vegetation and surrounded by ditches that serve as natural barriers as well as watering places for the animals. Through two studies we wanted to know the point of view of the cattle beef to know if the heterogeneity of the vegetation could be strategically exploited by the animals, enhancing these pastoral systems. At the same time, in response to questions about animal welfare, we brought clean water to a group of "maraîchines" breed cows to know if this better-quality water would be preferentially used by the herds compared to dirty and difficult to access water from ditches. The ethological approach enabled us to show that the particular plant communities presented an interesting complementarity for the cattle's food and that the contribution of better-quality water did not seem to be exploited excessively by the "maraîchines" who seemed to be satisfied with the water resources at their disposal.

Key words: Wetlands / Eating behaviour / Drinking / Animal welfare

Résultant d'anciens golfes maritimes, les marais desséchés du littoral atlantique sont aujourd'hui des zones humides particulières dont la gestion représente un enjeu écologique et économique majeur pour les acteurs du territoire. Tout d'abord soustraits à la mer pour une exploitation en marais salants, ces zones sont aujourd'hui alimentées uniquement en eau douce, et leur réseau hydraulique repose sur un dispositif entièrement aménagé et géré par l'Homme (<https://www.conservatoire-du-littoral.fr>, 2021). L'activité salicole, progressivement abandonnée, a laissé place à une exploitation exclusivement agricole, rassemblant des prairies de fauche, des zones de cultures et des pâtures pour l'élevage extensif. Les marais de Rochefort Nord et de Brouage dans le département de la Charente-Maritime (17), font partie de ces zones humides remarquables. Ils sont classés parmi les marais doux de type « desséchés » ayant une géomorphologie particulière liée à leur histoire. Les parcelles sont séparées par des fossés qui restent en eau toute l'année. Elles sont caractérisées par des structures alternées particulières appelées « jas » (zones en cuvette résultant du creusement des anciennes salines) et bosses (zones plus hautes résultant des amas de terre liés au creusement des jas) utilisées pour le pâturage extensif. On retrouve également plusieurs parcelles plus plates, fréquemment utilisées pour les cultures (<https://www.charente-maritime.gouv.fr>, 2021). Abritant une biodiversité spécifique, ces marais représentent un apport nutritionnel diversifié pour les élevages, avec une grande variété d'herbacées (*Poaceae*) et de légumineuses (*Fabaceae*) qui s'y développent naturellement. Le pastoralisme et le maintien écologique de ces milieux sont étroitement liés et dépendants l'un de l'autre (Bonis, 2004). En effet, la végétation particulière forme des habitats spécifiques favorables à la reproduction de nombreuses espèces animales et est essentielle au maintien de l'élevage en marais. Le pâturage par le bétail, quant à lui, permet de conserver ces milieux ouverts avec le cortège d'espèces qui leur sont associées.

Les qualités du marais sont cependant contrebalancées par des aspects négatifs qui posent question et qui représentent une menace pour le maintien du pastoralisme. En effet, les sols de type argileux, imperméables et gorgés d'eau en hiver, ne sont pas porteurs et obligent les éleveurs à garder leurs animaux en stabulation de la mi-novembre à la mi-mars. De plus, la structure spécifique en bosses et jas est à l'origine d'une évolution de la végétation « à deux vitesses ». Les plantes présentes sur les bosses se développent rapidement et sont sénescentes et sèches très tôt dans la saison estivale. Les jas, quant à eux, sont submergés une partie de l'année, la surface de pâturage s'en trouvant ainsi réduite durant toute cette période. La végétation s'y développe cependant plus tardivement offrant du fourrage dit « vert » aux

animaux, lorsque les températures sont les plus hautes. Certains éleveurs, face à des problèmes de viabilité et de production de leurs infrastructures, voient dans ce système particulier un frein à l'élevage, considérant que les zones de pâturage sont limitées et moins productives par rapport à celles que l'on trouve en plaine, dans ce que l'on appelle les « terres hautes » (Lemaire, 1995). Dans le même temps, le bilan hydrique largement excédentaire l'hiver et déficitaire l'été, impose une gestion hydraulique constante, via un syndicat de propriétaires, pour maintenir les fossés en eau toute l'année. Ceux-ci font office de barrières naturelles réduisant drastiquement les coûts d'entretien de clôture des éleveurs, et servent également de lieux d'abreuvement pour le bétail. Toutefois, cette eau est souillée par les ragondins (*Myocastor coypus*) et autres animaux qui pullulent dans les marais et peut être le vecteur de maladies et parasites, telle que la Leptospirose (*Leptospira sp.*), véhiculée notamment par l'urine des ragondins. Les bords de fossés sont escarpés et l'accès à l'eau est donc difficile. Les bovins (*Bos taurus*) sont souvent contraints de se mettre « à genoux » pour pouvoir s'abreuver. De plus, le marais étant un milieu ouvert il n'y a pas de ligneux procurant des zones d'ombre et les animaux ne disposent d'aucun abri naturel pour se protéger du soleil et de la température très élevée en été.

Le pâturage en marais pose donc question quant au niveau de bien-être des animaux. En 1992, le « Farm Animal Welfare Council », dans le but d'établir des critères d'évaluation du bien-être des animaux d'élevage, énonce le principe des « cinq libertés » selon lequel les animaux ne doivent souffrir ni de la faim ni de la soif, ne pas avoir de blessures, de maladies ou de douleurs, être protégés de l'inconfort physique et/ou thermique, ne pas éprouver de la peur et pouvoir exprimer un comportement normal par rapport aux exigences biologiques de l'espèce (FAWC, 1992). Dès lors, la question est de savoir si les marais desséchés du littoral atlantique répondent bien à ces exigences et permettent aux animaux de satisfaire leurs besoins physiologiques et comportementaux. Si la littérature scientifique est fournie concernant les choix alimentaires des bovins (Distel et al. 1995 ; Baumont, 1996 ; Dumont, 1996 ; Dumont & Boissy, 1999 ; Dumont et al. 2001), peu de suivis ont été effectués dans les marais desséchés pour voir de quelle manière ils exploitent la végétation et son rythme de développement si particuliers. De plus, l'apport d'eau potable dans le marais représente un défi économique et sanitaire conséquent pour les éleveurs et, la question des préférences d'abreuvement n'ayant jamais été posée directement aux animaux, il était important de considérer leur point de vue, afin de déterminer si cet apport serait une ressource précieuse et exploitée par les bovins, ou bien un fardeau économique et environnemental trop important pour les professionnels, sans bénéfices apparents pour leurs animaux.

Dans le but d'apporter des éléments nouveaux de réflexion sur ces sujets, deux études ont été menées en parallèle par les équipes de l'Unité expérimentale de l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE) de Saint-Laurent-de-la-Prée (17). Depuis 2018 et pour une durée de 5 ans, dans le cadre d'un projet porté par le Réseau Rural National, le marais de Brouage est devenu l'un des trois sites pilotes d'expérimentation, visant à établir des connaissances et références pour le soutien aux élevages extensifs en milieu humide. Dans ce cadre, des relevés floristiques ont été effectués toutes les 2 semaines, dans le but de mettre en valeur les avantages du marais et les qualités nutritionnelles des fourrages qui en sont issus, via la méthode des unités physiologiques de végétation (Mathieu & De Vaubernier, 1988). En parallèle, des suivis comportementaux ont été mis en place afin de mettre en évidence la complémentarité des jas et des bosses, qui permet aux troupeaux d'avoir accès à une végétation verte et variée tout au long de la saison de pâturage. La littérature scientifique nous donne en effet de nombreuses indications quant aux choix perpétrés par les animaux qui semblent être enclins à diversifier leur alimentation (Baumont, 1996 ; Dumont, 1996). Chez les bovins, une végétation verte, non épiée et de plus grande valeur nutritionnelle représente en général une plus forte appétence, ou palatabilité, que de la végétation plus sénescence (Dumont et al. 2001). Nous nous attendions donc à ce que les bosses soient largement utilisées au printemps et que les animaux descendent progressivement dans les jas pour s'y alimenter presque exclusivement au plus fort de la saison estivale. Une parcelle d'étude a été sélectionnée chez un éleveur partenaire du projet afin de pouvoir suivre le comportement alimentaire des animaux à différentes périodes de la saison de pâturage. Pour des raisons logistiques, nous ne pouvions pas tester les préférences d'abreuvement chez cet éleveur, aussi, nous avons réalisé la seconde étude à la ferme expérimentale de Saint-Laurent-de-la-Prée où les problématiques d'abreuvement sont similaires, sur un lot d'animaux appartenant à l'INRAE. Nous sommes partis du postulat que les animaux montreraient une préférence pour de l'eau fraîche dans un bassin, issue du réseau d'eau de ville, si l'eau des fossés présentait pour eux une qualité médiocre (température, souillures, salinité) et était trop difficile d'accès (pentes escarpées le long des fossés). L'équipe animalière de l'INRAE nous a donc permis de mettre en place une étude sur son site au sein du marais de Rochefort avec le même objectif : utiliser le point de vue de l'animal pour soutenir l'élevage en marais afin de définir dans quelle mesure les ressources en présence sont suffisantes pour maintenir les qualités zootechniques d'un troupeau et lui permettre d'exprimer ses préférences biologiques et comportementales.

MATERIEL ET METHODE

Etude « Alimentation »

Lieu, contexte et dates de l'étude :

Cette étude s'est déroulée dans le marais de Brouage sur la commune de Saint-Just-Luzac (17). Comme chaque année, des suivis de végétation ont été effectués sur 3 blocs de parcelles sélectionnés sur les terres d'un éleveur de bovins en production de viande (Monsieur G), ainsi que sur deux blocs chez un autre éleveur du marais (Monsieur C). Ces relevés avaient pour but de déterminer la physionomie et le type de végétation sur lesquels les animaux pâturaient ainsi que, via des prélèvements, la valeur fourragère des végétaux consommés (les résultats des analyses ne sont pas disponibles à ce jour). Bien que ces suivis n'aient pas pu être annexés à l'analyse des données sur le comportement, ils devront à l'avenir pouvoir servir d'indicateurs quant à la qualité nutritionnelle de ce que consomment les animaux et constituer une mesure indirecte du comportement de pâturage.

Pour les suivis comportementaux, un bloc de 3 parcelles de structures similaires a été sélectionné (en fonction de sa conformation et de sa représentativité des parcelles du marais), sur les terrains de M.G. La cartographie des parcelles a été réalisée à l'aide du logiciel Qgis (Quantum Geographic Information System ; version Server 3.10) et de photos satellites, disponibles en accès libre. Nous avons ainsi pu identifier les bosses, jas et bords de jas et les rapporter précisément sur l'interface Qgis (cartographie en annexe Ia). Les suivis floristiques des années précédentes, avaient montré que les bords de jas étaient beaucoup utilisés pour les déplacements. De ce fait, ils présentaient un type de végétation particulier lié au piétinement des animaux, faisant ressortir le sel encore contenu dans les sols (Kerneis, com.pers. mars 2021). Nous les avons donc considérés comme des zones à part et identifiées comme telles.

M.G pratique un pâturage dit « tournant », c'est-à-dire que les animaux sont laissés sur un bloc de parcelles pendant environ 1 semaine, avant d'être menés sur un autre bloc. Le troupeau devait tourner sur 3 blocs avec une mise à l'herbe en mars, à partir de laquelle nous avions prévu d'effectuer les relevés, une semaine sur trois, tout au long de la saison de pâturage et uniquement sur le bloc central. Cependant, les conditions météorologiques exceptionnelles cette année, n'ont pas permis une repousse de l'herbe assez rapide au printemps pour que les animaux puissent tourner à cette fréquence. Des blocs supplémentaires ont été utilisés lors des rotations et nos suivis ont dû être espacés de plusieurs semaines. Les relevés ont donc été

effectués durant 3 jours consécutifs sur 3 périodes : du 18 au 20 Mai inclus (période 1), du 22 au 24 juin inclus (période 2) et du 27 au 29 juillet inclus (période 3).

Relevés floristiques : méthode des unités physionomique

Pour effectuer les relevés floristiques, nous nous sommes basés sur la méthode des unités physionomiques (Mathieu & De Vaubernier, 1988), qui a consisté à décrire par unités (i.e. ensemble de communautés végétales homogènes), la structure et le stade phénologique de la végétation en termes de hauteur d'herbe et de pourcentages de végétation sèche, épiée, pâturée et couchée. Trois bosses et cinq jas ont été suivis sur les parcelles dans lesquelles nous avons analysé le comportement des animaux (annexe Ia). Les unités étaient différenciables à l'œil nu et constituées d'une ou plusieurs strates d'herbacées. L'observateur, se plaçant au centre de la bosse ou du jas et pouvait ainsi estimer le pourcentage de recouvrement de chacune de ces unités et, au sein de celles-ci, le pourcentage de recouvrement des strates. Les coefficients de recouvrement ainsi obtenus ont été utilisés pour calculer la hauteur moyenne (pondérée) d'herbe ainsi que les pourcentages moyens (pondérés) de végétation sèche, épiée, pâturée et couchée, sur l'ensemble de la bosse ou du jas considéré, pour chaque date.

Individus étudiés :

Le troupeau étudié était composé de 20 vaches allaitantes avec leurs veaux et d'un taureau. Seul le comportement alimentaire des adultes a été suivi, soit 21 individus, tous de race charolaise (Annexe II). Les animaux ont été marqués via une bombe de peinture spécifique (Raidex) de couleur rouge, le 31 mars, et immédiatement mis au pâturage. Par la suite la peinture n'a pas résisté aux intempéries si bien que nous n'avons pas été en mesure de distinguer les individus.

Méthode de relevé des données :

Plusieurs visites, réalisées chaque vendredi à partir de la mise à l'herbe et jusqu'au 14 Mai, nous ont permis de réaliser des observations préliminaires et d'habituer les animaux à notre présence au sein du troupeau. En nous basant sur des études similaires (Petit, 1969 ; Dejaifve, 2004 ; Manning et al. 2017a ; b), nous avons utilisé la méthode dite de « *scan sampling* » (Altmann, 1974) pour relever en direct et toutes les 10 minutes, l'activité comportementale et la position géographique de chacun des 21 individus considérés, sur la plage horaire 6h-22h lors des 3 périodes d'observation. Pour ce faire, nous avons utilisé les couches cartographiques intégrées à l'interface « Lizmap » (version Webclient 3.3) permettant par un simple « clic » sur la carte, d'enregistrer sur un serveur distant les données correspondant à chaque individu.

L'application a été installée sur une tablette (Crosscall Core-t4) fonctionnant avec le système d'exploitation Android 11 et a été entièrement programmée et paramétrée sur mesure par le géomaticien de l'unité, M. Julien Ancelin. Six observateurs, formés à l'utilisation du matériel et au relevé des données, ont participé aux sessions de terrain

Seul le comportement de pâturage nous intéressait ici, mais nous avons toutefois déterminé l'activité de chaque animal, en nous basant sur 14 catégories comportementales utilisées dans d'autres études (Manning et al. 2017a ; b) et identifiées lors des observations préliminaires. Ces différents comportements ont été relevés en vue d'une exploitation ultérieure des données et pour éviter de comptabiliser plusieurs fois le même individu en pâturage.

Etude « Abreuvement »

Lieu, contexte et dates de l'étude :

Cette étude a eu lieu à l'unité expérimentale INRAE de Saint-Laurent-de-la-Prée (17). La parcelle (G1) a été sélectionnée pour sa représentativité des marais ouverts du domaine de Saint-Laurent-de-la-Prée, et dans la continuité d'observations réalisées sur cette même parcelle en 2020. Sa surface est de 8.14 ha et elle est entourée de 4 fossés que nous avons numérotés de 1 à 4 (F1, F2, F3 et F4 ; annexe III). Une petite zone en cuvette à proximité du fossé 4 permet la formation d'une mare avant la période sèche. Des animaux ont été vus s'y abreuver en 2020 mais celle-ci s'assèche généralement rapidement en été et ne constitue donc pas une source d'abreuvement importante tout au long de la saison. Les buvées effectuées dans cette mare (M) ont toutefois été relevées. A l'origine, nous avions prévu de suivre le comportement de 4 individus 24h/24 grâce à des colliers GPS comportant un altimètre de grande précision. Mais le matériel, jamais testé auparavant pour ce type d'étude, n'a pas résisté aux conditions expérimentales. Cette période de test des colliers, a été utilisée pour habituer les vaches à notre présence dans la pâture.

L'étude s'est alors déroulée en 3 phases :

- Phase 1 du 15 au 18 juin inclus : relevé du comportement d'abreuvement sans apport d'eau supplémentaire. Cette phase avait pour but de déterminer un éventuel lieu d'abreuvement préféré entre les différents fossés et la mare, afin d'installer les bassins à proximité. Cette préférence a été établie de manière purement descriptive car nous n'avions que 4 jours de relevés.

- Phase 2 du 29 juin au 2 juillet inclus : introduction des bassins vides pour habituer les animaux à leur présence. Nous avons poursuivi le relevé des comportements d'abreuvement afin de confirmer ou infirmer le lieu d'abreuvement préféré.
- Phase 3 : du 6 au 9 juillet inclus et les 12, 13, 15 et 16 juillet : cette phase avait pour but de présenter aux animaux un test de choix (les conditions expérimentales n'ayant pas pu être strictement contrôlées) en leur proposant un bassin rempli d'eau du réseau (ER) et un bassin rempli d'eau directement pompée dans le fossé (EF). Les bassins, d'une capacité de 900 litres chacun, ont été positionnés à 15 mètres du fossé d'abreuvement privilégié en phase 1, et à 15 mètres l'un de l'autre (annexe III). Ils ont été remplis tous les 2 jours pour limiter la prolifération des microorganismes. Ainsi, le but était de déterminer si les vaches avaient une préférence pour l'eau claire par rapport à l'eau du fossé en comparant le nombre de buvées effectuées respectivement dans les 2 bassins. Dans le même temps, nous voulions aussi déterminer si elles choisissaient une zone d'abreuvement plus facile d'accès que les fossés (F), en se déplaçant majoritairement jusqu'aux bassins (B).

Individus étudiés :

Les animaux étudiés appartenaient à un lot de 16 vaches de race Maraîchine (annexe V) composé de 8 vaches taries multipares, une vache primipare et 7 génisses. Les veaux ont été séparés des mères à la date du 27 mai 2021.

Relevés des données :

Le troupeau a été rassemblé le 15 juin, et, grâce à un couloir à contention mobile avec un cornadis, les individus ont été bloqués et numérotés de 1 à 16 avec une bombe de peinture spécifique (Raïdex) de couleur rouge, pour faciliter leur identification dans la parcelle. Si cette opération de contention peut sembler lourde, il est à noter qu'elle est utilisée chaque mois pour la pesée tout au long de la saison de pâturage. Les animaux étaient donc déjà habitués au dispositif, qui n'a pas modifié leur comportement, ni nécessité un entraînement particulier. Cette opération a été répétée chaque semaine pour que les numéros restent lisibles de loin. Nous avons utilisé les mêmes interfaces que précédemment (Qgis et Lizmap pour Android) pour géolocaliser les individus et relever le nombre de buvées effectuées. Pour cette étude, la méthode du « *all occurrences sampling* » (Altmann, 1974) a été utilisée et nous avons noté tous les comportements de buvée survenus (en occurrences), lors de différentes plages horaires d'observation réparties sur la journée : de 6h à 9h, de 11h à 14h, de 15h à 18h et de 19h à 22h.

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont toutes été effectuées à l'aide du logiciel R version 4.1.0 (R Core Team, 2021) et ne concernent que la partie comportement. Le seuil alpha de significativité a été fixé à 5%. Ce seuil a été corrigé à l'aide d'une correction séquentielle de Bonferroni pour toutes les comparaisons « post-hoc ».

Etude « Alimentation » :

Les nombres moyens de pâturages réalisés dans les différentes zones de la parcelle, ont été comparés au cours des trois périodes de respectivement 3 jours, en appliquant un modèle linéaire mixte (LMM) avec la fonction *lmer* du package *lmerTest* (Kuznetsova, Brockhoff & Christensen, 2017). Le scan a été utilisé comme unité statistique (période 1 : $n = 873$; période 2 : $n = 855$; période 3 : $n = 864$). Les zones n'étant pas de tailles équivalentes, nous avons pondéré le nombre de pâturages par le coefficient de surface de chacune des zones correspondantes (mesurées en m^2 à l'aide du logiciel Qgis). Nous nous intéressons à la possibilité d'un changement de préférence de zone d'alimentation au cours de la saison de pâturage, aussi l'interaction entre la zone et la période d'observation a été ajoutée dans le modèle. L'observateur et le numéro de scan implémenté dans le jour, ont été inclus en tant que facteurs aléatoires répétés. Les valeurs de p ont été obtenues à l'aide d'un test de permutation (méthode de Kenward-Roger avec 1000 permutations) en utilisant la fonction *permanova.test* du package *predictmeans* (Luo, Ganesh & Koolaard, 2020).

Etude « Abreuvement » :

Afin de mettre en évidence, l'existence ou l'absence d'une zone d'abreuvement préférée lors des 2 premières phases, le nombre de buvées dans chaque zone a été relevé. Certains animaux n'ayant pas été vus en train de boire au cours des différentes périodes, nos bases de données comportaient un grand nombre de zéros. Pour pallier cette surreprésentation de valeurs nulles, nous avons dû réaliser les analyses en deux étapes : en premier lieu, la probabilité d'abreuvement du troupeau ($n = 16$ animaux) dans les différentes zones, a été analysée pendant 8 jours (phases 1 et 2 ; Fossé 1 : $n = 128$; Fossé 2 : $n = 128$; Fossé 3 : $n = 128$; Fossé 4 : $n = 128$; Mare : $n = 128$), en constituant une base de données de type binomiale. Un « 0 » représentait l'absence de buvées et un « 1 » la présence d'au moins une buvée pour chaque individu dans chaque zone. Nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé pour données binomiales (GLMM) avec la fonction *glmer* du package *lme4* (Bates et al. 2015) pour calculer les valeurs de p . L'individu (implémenté dans le jour) et le jour, ont été inclus au modèle en

tant que facteurs aléatoires répétés. Dans un second temps, pour comparer le nombre moyen de buvées par individu entre les zones, nous avons conservé uniquement les comptages exacts des animaux vus en train de boire (F1 : $n = 12$; F2 : $n = 19$; F3 : $n = 14$; F4 : $n = 36$; M : $n = 7$). Les valeurs de p ont été calculées en utilisant un modèle linéaire généralisé pour données de Poisson (GLMM) avec la fonction *glmer* du package *lme4* (Bates et al. 2015). Nous avons vérifié qu'il n'y avait pas de surdispersion des données grâce à la fonction *check_overdispersion* du package *performance* (Lüdtke et al. 2020), et les numéros d'individus, (implémentés dans le jour) et le jour ont également été inclus comme facteurs aléatoires répétés. Dans la 3^{ème} phase ($n = 8$ jours), nous avons utilisé la même méthode en deux étapes (utilisation de données binomiales puis de comptages exacts) à l'aide des mêmes fonctions, packages et tests, pour comparer d'abord la probabilité d'abreuvement du troupeau ($n = 16$ animaux), dans les deux bassins (ER : $n = 128$; EF : $n = 128$), puis le nombre moyen de buvées effectuées par les animaux ayant bu (EF : $n = 53$; ER : $n = 40$). Les données de la mare, qui était presque à sec, ont été supprimées. Ces analyses ont été répétées en additionnant les buvées effectuées dans les deux bassins (B) et celles effectuées dans tous les fossés (F) afin de comparer les probabilités d'abreuvement et le nombre de buvées entre bassins et fossés (Etape 1 - B : $n = 128$; F : $n = 128$ / Etape 2 - B : $n = 72$; F : $n = 66$). En utilisant uniquement les données binomiales, nous avons également voulu vérifier le maintien ou non de la préférence d'abreuvement dans un des fossés sur cette phase (F1 : $n = 128$; F2 : $n = 128$; F3 : $n = 128$; F4 : $n = 128$). Enfin, nous avons vérifié que la probabilité d'utilisation des fossés était similaire avant et après l'introduction des bassins (Avant : $n = 512$; Après : $n = 512$) en utilisant toujours les mêmes fonctions et packages de R.

Note éthique

Les habitudes des animaux n'ont jamais été changées à des fins expérimentales. Leurs conditions de vie sont restées strictement identiques tout au long de cette étude dont la portée reste très appliquée à l'élevage en marais. Nous avons veillé à leur fournir du grain à chaque passage dans le couloir à contention, afin de limiter l'effet négatif de la contention par un renforcement positif.

RESULTATS

Etude « Alimentation »

Suivis floristiques :

Les relevés d'unités physiologiques opérés en parallèle, ont mis en évidence la présence de communautés mésophiles sur les bosses, hygrophiles dans les jas et mésohygrophiles sur les bords de jas. L'annexe IV résume les caractéristiques de ces communautés ainsi que les espèces majoritaires qui y ont été relevées. Sur les 3 bosses et 5 jas suivis dans notre bloc d'étude, nous avons constaté (de manière descriptive) que les bosses présentaient un pourcentage de pâturage prononcé au printemps contrairement aux jas, préférentiellement pâturés dès la 2ème quinzaine du mois de mai (Annexe VI, Fig.1). Parallèlement, le pourcentage de végétation sèche a augmenté fin juin dans les jas, et dans la deuxième quinzaine d'avril et au mois de juin sur les bosses (Annexe VI, Fig.2). Le pourcentage de végétation épiée, quant à lui, était au contraire très élevé dans les jas au printemps et à son maximum sur les bosses début juin (Annexe VI, Fig.3). Il semblerait donc que les animaux aient eu tendance à s'orienter de préférence vers une végétation peu épiée.

Suivis de comportements :

Les analyses statistiques nous ont permis de mettre en évidence une interaction significative entre la zone d'alimentation et la période d'observation, qui indique un changement de préférence d'aire de pâturage, dépendant de l'avancée de la saison (LMM avec test de permutation : $p < 0.001$; $F = 99.633$). Les comparaisons post-hoc ont révélé le maintien significatif de cette interaction entre les trois périodes (LMM avec test de permutation - période 1/période 2 : $p < 0.001$; période 1/période 3 : $p < 0.001$; période 2/période 3 : $p < 0,001$; Fig.2). De nouvelles comparaisons, réalisées cette fois entre les zones au sein des différentes périodes, nous ont indiqué que les bords de jas n'ont jamais été préférés et ont été, de manière significative, les zones les moins pâturées, tout au long de la saison. En revanche, les bosses ont été significativement plus pâturées en première période (LMM avec test de permutation – bosses/jas : $p = 0.043$; bosses/bords de jas : $p < 0.001$; jas/bords de jas : $p < 0.001$; Fig.2) et les jas ont été significativement préférés en période 2 (LMM avec test de permutation – bosses/jas : $p < 0.001$; bosses/bords de jas : $p < 0.001$; jas/bords de jas : $p < 0.001$) et en période 3 (LMM avec test de permutation – bosses/jas : $p < 0.001$; bosses/bords de jas : $p < 0.001$; jas/bords de jas : $p < 0.001$; Fig.2).

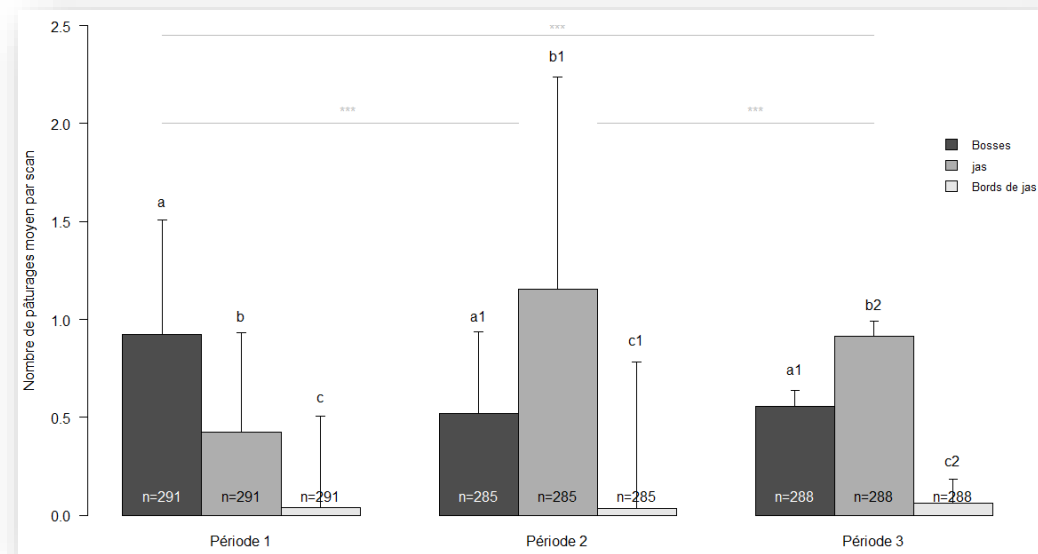


Fig.2 : Comparaison des nombres moyens de pâturages par scan, pondérés par la surface des zones, en fonction des zones et des périodes d’observations. Les paramètres statistiques figurent dans le texte ci-dessus. Les barres d’erreurs représentent les écarts-types. *** : $p < 0.001$.

Etude « Abreuvement »

Phase 1 : estimation de la zone d’abreuvement préférée

Au cours de la phase 1 de l’étude, les animaux semblaient montrer une préférence de zone d’abreuvement pour le fossé 4 avec 44.12% des buvées enregistrées dans celui-ci (table 1 en annexe VII).

Phase 2 : confirmation de la zone d’abreuvement préférée :

Par la suite, en cumulant les données des phases 1 et 2, nous avons validé cette préférence. En effet, l’analyse statistique (GLMM pour données binomiales : $\chi^2 = 30.712$, $df = 4$, $p < 0.001$) et les comparaisons pos-hoc, ont révélé une probabilité d’abreuvement du troupeau significativement plus élevée dans le fossé 4 et significativement plus basse dans la mare que dans les autres zones (GLMM pour données binomiales – F1/F2 : $p = 0.166$; F1/F3 : $p = 0.678$; F1/F4 : $p < 0.001$; F1/M : $p < 0.01$; F2/F3 : $p = 0.325$; F2/F4 : $p = 0.008$; F2/M : $p < 0.001$; F3/F4 : $p < 0.001$; F3/M : $p = 0.019$; F4/M : $p < 0.001$). En revanche, lorsque les animaux étaient vus en train de s’abreuver, le nombre moyen de buvées par individu n’était pas significativement différent entre les zones (GLMM pour données de poisson : $\chi^2 = 0.518$, $df = 4$, $p = 0.971$).

Phase 3 : Test de choix entre eau propre et eau du fossé et entre accès simplifié (bassins) et accès difficile (fossés) :

Lors de la phase 3, nous n'avons pas relevé de différences significatives entre les deux bassins, que ce soit en termes de probabilité d'abreuvement (GLMM pour données binomiales : $\chi^2 = 2.956$, $df = 1$, $p = 0.085$; Fig.3a), ou en nombre moyen de buvées parmi les animaux ayant bu (GLMM pour données de poisson : $\chi^2 = 0.039$, $df = 1$, $p = 0.841$). De plus, nous n'avons pas non plus constaté de préférence d'abreuvement entre les bassins et les fossés, en probabilité (GLMM pour données binomiales : $\chi^2 = 0.438$, $df = 1$, $p = 0.508$; Fig.3b) ou en nombre moyen de buvées par individus ayant bu (GLMM pour données de poisson : $\chi^2 = 0.032$, $df = 1$, $p = 0.856$).

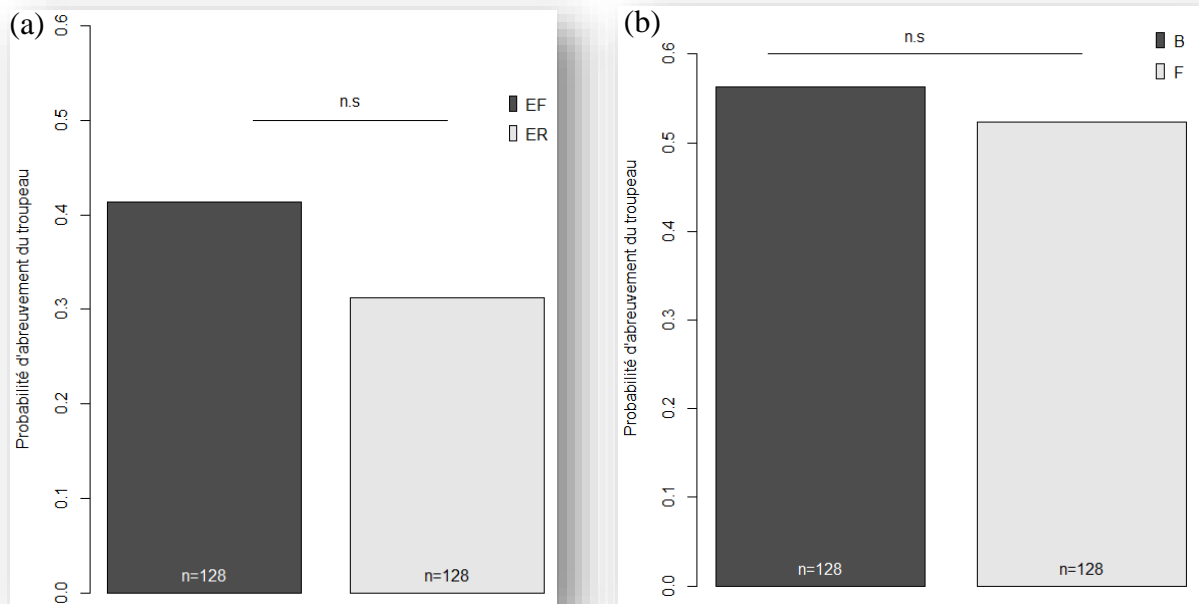


Fig.3 : Comparaison de la probabilité d'abreuvement du troupeau entre les deux bassins (a) et entre les bassins et les fossés (b). EF = bassin contenant l'eau du fossé ; ER = bassin contenant l'eau du réseau ; B = données cumulées des deux bassins (ER + EF) ; F = données cumulées des fossés (F1 + F2 + F3 + F4) ; n.s = non significatif.

Phase 3 : vérification du maintien du fossé préféré

La préférence pour le fossé 4 n'a pas été maintenue au cours de la phase 3. En effet, la probabilité d'abreuvement dans les fossés 1, 2 et 4 était similaire et les animaux ont, par ailleurs, significativement moins utilisé le fossé 3 au cours de cette période : (GLMM pour données

binomiales – $\chi^2 = 17.578$, $df = 3$, $p < 0.001$; F1/F2 : $p = 0.280$; F1/F3 : $p < 0.001$; F1/F4 : $p = 0.529$; F2/F3 : $p < 0.001$; F2/F4 : $p = 0.742$; F3/F4 : $p < 0.001$).

Phase 3 : contrôle de la probabilité d'utilisation des fossés avant et après introduction des bassins :

L'utilisation des fossés par les animaux est restée stable dans le temps. En effet nous n'avons pas trouvé de différence significative de probabilité d'abreuvement dans les fossés entre les phases 1 et 2, au cours desquelles les bassins étaient absents ou non remplis, et la phases 3, avec bassins fonctionnels (GLMM pour données binomiales : $\chi^2 = 0.002$, $df = 1$, $p = 0.958$).

DISCUSSION

Le bien-être des animaux élevés au pâturage est un thème très plébiscité dans la presse et par le grand public. On trouve d'ailleurs sur de nombreux produits de consommation, la mention « animaux élevés au pâturage » qui montre que les consommateurs se sentent de plus en plus concernés par les conditions de vie des animaux de rente. Mais, un animal élevé en extérieur est-il pour autant systématiquement un animal en situation de bien-être tel que décrit par le principe des cinq libertés (FAWC, 1992) ? Chez les bovins en production laitière, il a été démontré que si l'accès à la pâture favorise les comportements naturels et réduit le nombre de comportements agonistiques ainsi que les risques cliniques tels que mammites, métrites, boiteries et avortements, les troupeaux sont en revanche plus exposés aux événements climatiques extrêmes, à des déséquilibres alimentaires ou encore à de forts taux de parasitismes interne et/ou externe (Arnott, Ferris & O'Connell, 2016 ; Mee & Boyle, 2020). Les vaches qui pâturent dans les marais desséchés du littoral atlantique sont d'ailleurs particulièrement exposées à ces risques.

A travers ces deux études nous avons donc voulu utiliser le point de vue de l'animal afin de déterminer de quelle manière les troupeaux peuvent s'accommoder des conditions environnementales particulières dans lesquelles ils évoluent. Dans le marais de Brouage, le développement de la végétation est conditionné par la géomorphologie particulière des pâtures et par les conditions météorologiques et présente donc un profil très hétérogène. Cette étude sur l'alimentation, nous a permis de montrer que la structure en jas et bosses, pouvant être perçue comme handicapante, présentait en fait une complémentarité très intéressante pour le troupeau étudié, qui a opéré des choix bien marqués et montré des préférences pour la végétation des bosses en début de saison et pour la végétation des jas lorsque ceux-ci se sont asséchés. Ces préférences nous ont conforté dans l'idée que les animaux pouvaient exploiter les pâtures du

marais et le décalage de développement des différentes communautés végétales (i.e les communautés formées respectivement par la végétation des bosses, des jas et des bords de jas) de manière à combler leurs besoins physiologiques et comportementaux en sélectionnant les aliments qui leur sont bénéfiques. De nombreuses études réalisées en stabulation ont en effet démontré la capacité des ruminants à suivre la théorie de l'Optimal foraging (McArthur & Pianka, 1966) en s'orientant de préférence vers des aliments facilement préhensibles, pouvant être ingérés rapidement et ayant une bonne digestibilité (Baumont, 1996 ; Dumont, 1996). Parallèlement, Anne Bonis et son équipe ont montré, à travers diverses mesures, que la qualité nutritionnelle des fourrages diminuait globalement avec l'avancée de leurs stades phénologiques (Bonis, 2004). En revanche, dans les prairies de marais cette qualité semblait relativement stable dans le temps, à l'échelle des communautés végétales. Selon cette équipe de recherche, il semblerait que cette stabilité ait été liée à l'hétérogénéité et à la diversité de ces pâtures qui formeraient ce qu'elle nomme des « relais phénologiques » (Bonis, 2004). Autrement dit, dans notre cas, le fait que la végétation des bosses se développe de manière plus précoce que celle des jas, permettrait de conserver des végétaux à des stades phénologiques différents, tout au long de la saison de pâturage. Nos vaches charolaises pourraient donc ici s'être orientées de préférence vers des couverts au stade végétatif ayant des qualités nutritionnelles plus élevées que celles des couverts plus sénescents. Cependant, la littérature scientifique, nous indique aussi que les préférences alimentaires des animaux ne se limitent pas à la sélection d'aliments de meilleure qualité nutritionnelle. Dans une étude réalisée par Meuret (Meuret et al. 1985 ; Meuret, 2006), des brebis confrontées à un couvert végétal hétérogène regroupant de multiples espèces de plantes, se sont en effet constitué des rations diversifiées avec des aliments de qualité variable. En pâturage libre, le modèle d'alimentation exprimé par les animaux semble dès lors résulter de mécanismes complexes faisant intervenir de nombreux facteurs qui traduisent la motivation alimentaire de l'animal (Meuret, 2006), tels que la composition des troupeaux et la hiérarchie mise en place, les expériences passées, les apprentissages sociaux, le chargement animal, la qualité nutritive, la palatabilité et la structure de la végétation (Baumont, 1996 ; Dumont, 1996 ; Dumont & Boissy, 1999 ; Dumont et al. 2001). Les ruminants sont également capables d'associer une conséquence digestive et/ou physiologique à un type d'aliment qui influence leurs choix futurs, et leurs préférences alimentaires peuvent être orientées en fonction de ce qu'ils ont consommé auparavant. Il a en effet été constaté qu'un aliment non consommé depuis longtemps peut présenter une plus forte attractivité, même s'il est de plus faible valeur fourragère qu'un aliment consommé régulièrement (Dumont et al. 2001). Ce phénomène peut devenir particulièrement intéressant

dans le cas d'un pâturage tournant et pourrait par ailleurs expliquer en partie l'attraction forte des animaux vers les jas lorsque ceux-ci ne sont plus en eau, car ils regroupent une végétation non disponible le reste de l'année. Si ces résultats étaient en accord avec nos prédictions et avec les pourcentages de pâturé estimés via la méthode des unités physiologiques, il serait toutefois opportun de tenir compte des conditions météorologiques exceptionnelles de cette année, qui ont modifié le rythme de développement habituel de la végétation. Une forte sécheresse au printemps a bloqué la repousse de l'herbe alors qu'un volume important de précipitations au mois de juin a, au contraire, provoqué une reprise rapide. Le rythme de développement n'a pas suivi la même courbe d'évolution que l'année précédente (Montillard, 2020), avec notamment un pourcentage de sec assez élevé dans les jas, à la fin juin. Malgré cela notre troupeau a maintenu sa préférence pour la végétation des jas qui était pourtant à un stade phénologique plus avancé que de coutume. Il pourrait donc être intéressant de renouveler cette étude sur plusieurs saisons de pâturage afin d'atténuer les effets d'une météo capricieuse et de coupler les relevés de végétation aux suivis alimentaires des animaux, ainsi qu'aux analyses de valeurs fourragères auxquelles nous n'avons pas eu accès.

Parallèlement, sur le domaine de Saint-Laurent-de-la-Prée, nous n'avons pas constaté de préférence d'abreuvement pour de l'eau propre par rapport à de l'eau souillée, ni pour un accès facilité dans un bassin, par rapport aux pentes escarpées des fossés. Cependant, les bassins représentaient un volume d'eau beaucoup moins important que celui des fossés. Aussi, nous ne savons pas dans quelle mesure cette différence a pu impacter les choix des animaux. Il semblerait toutefois qu'apporter de l'eau propre dans le marais ne soit pas une mesure adéquate au regard de la réponse des animaux. Ces résultats nous ont un peu interpellés car la littérature scientifique nous laissait attendre une utilisation beaucoup plus élevée des bassins. En effet, il est reconnu que la mise en place d'un abreuvoir est une méthode de gestion efficace pour éloigner le bétail en pâturage libre des cours d'eau que l'on souhaite protéger du piétinement, de la dégradation et des excréments (McIver, 2004). Selon plusieurs études, cette technique serait une alternative très efficace à la mise en défens des cours d'eau ou zones d'eaux calmes (lentilles), qui réduirait jusqu'à 90% leur taux de fréquentation par les animaux (Miner et al. 1992 ; Godwin & Miner, 1996 ; Sheffield et al. 1997 ; McInnis & McIver, 2001 ; McIver, 2004). Dans notre cas, il semble que l'apport de bassins n'ait pas modifié la motivation des maraîchines pour utiliser les fossés. Il nous est par ailleurs apparu au cours de nos observations, que les animaux avaient tendance à aller s'abreuver dans la zone à proximité immédiate de l'endroit où ils pâturaient juste avant. Ceci serait intéressant à vérifier par le biais d'observations

complémentaires et pourrait éventuellement expliquer pourquoi les animaux n'ont pas montré une motivation importante à aller s'abreuver dans les bassins mais également pourquoi la préférence pour le fossé 4 n'a pas été maintenue lors de la phase 3 et pourquoi les animaux se sont subitement mis à ne plus utiliser le fossé 3. Encore une fois nous ne pouvons ici qu'émettre des hypothèses qui ne sont pas vraiment en accord avec la littérature scientifique sur le sujet. En effet, dans les études précitées et lors d'autres travaux de recherche, la localisation du point d'eau était le facteur influençant la répartition des animaux et leurs zones de pâturage (Ganskopp, 2001, Veira & Liggins, 2002). Ceux-ci semblaient tout d'abord montrer une préférence pour l'eau des abreuvoirs en s'éloignant des cours d'eau et adapter leurs zones d'alimentation pour rester à proximité des abreuvoirs (Gillen et al. 1984). Dans notre cas, il est un peu difficile de savoir si c'est la localisation des points d'eau qui influençaient le déplacement des animaux où l'inverse, au regard de la conformation de la parcelle G1. En effet, celle-ci forme un rectangle un peu allongé à l'extrémité avec un accès à l'eau sur tout son pourtour, si bien que les animaux sont toujours plus ou moins à proximité d'une source d'abreuvement, même lorsqu'ils pâturent en son centre. De plus, nous avons vu dans l'étude précédente que les bovins en pâturage libre sont capables d'adapter leurs zones d'alimentation en fonction de l'avancée de la saison de pâturage et donc du stade phénologique de la végétation. Nous n'avons pas effectué de relevés floristiques sur la parcelle G1, aussi il nous était impossible de caractériser les zones utilisées par les maraîchines, cependant, il est probable que celles-ci se soient orientées vers les endroits présentant une végétation plus attractive pour elles et se soient donc abreuvées directement à proximité.

Si le lot étudié n'a pas semblé montrer de préférences pour de l'eau du réseau et a semblé ainsi nous indiquer que de telles mesures ne seraient pas adéquates dans le marais, il reste toutefois le problème de la qualité de l'eau qui représente un risque de parasitisme élevé, et n'est donc pas en accord avec le principe des cinq libertés (FAWC, 1992). Il a d'ailleurs été montré que les performances zootechniques des bovins sont augmentées, notamment la prise de masse corporelle, lorsqu'une eau de meilleure qualité est apportée (Lardner et al. 2005). Ce problème semble néanmoins difficile à résoudre au regard du peu de motivation qu'ont montré les animaux pour s'abreuver dans les bassins, une mise en défens des fossés étant difficilement envisageable dans le contexte de l'élevage en marais.

Conclusion :

Ces deux études réalisées dans les marais desséchés du littoral atlantique nous ont permis de mettre en valeur des pratiques pastorales traditionnelles qui semblent s'accorder avec plusieurs critères reconnus comme fondamentaux pour le bien-être animal. Les troupeaux disposent d'une alimentation variée qu'ils sont à même d'équilibrer en opérant des choix au fur et à mesure de l'avancée de la saison. De plus, les conditions d'abreuvement qui semblent à première vue difficiles, se sont révélées moins néfastes que ce qui était pressenti, les animaux n'ayant pas montré de préférence marquée pour les points d'eau d'accès plus facile et de meilleure qualité. L'apport de l'éthologie a été un point fondamental dans ces travaux car il a permis de répondre à des interrogations concrètes en utilisant le point de vue de l'animal. Ces deux études mériteraient cependant d'être réitérées en appliquant les protocoles sur plusieurs saisons et dans des conditions expérimentales variées impliquant des groupes contrôles que nous n'avons malheureusement pas pu mettre en place ici. Cette approche éthologique a toutefois soulevé d'autres questions et a ouvert des perspectives de recherche sur le bien-être des bovins au pâturage, notamment sur la gestion du parasitisme et le confort thermique des animaux qui ne disposent pas de zones d'ombre pour se protéger des chaleurs estivales.

REMERCIEMENTS

J'adresse mes plus sincères remerciements à toute l'équipe de permanents, contractuels et stagiaires du domaine de Saint-Laurent-de-la-Prée, pour leur accueil bienveillant et leurs conseils dans de nombreux domaines. Je dois citer notamment, Eric Kernéis, Anne Farrugia, Pascal Faure, Michel Prieur, Pierre Roux, Julien Ancelin et Olivier Schmit pour m'avoir permis de réaliser ce stage et m'avoir laissée participer amplement à la conception et à la réalisation de ces deux études. Je tiens également à saluer leur collaboration sans faille pour les relevés de terrain malgré les horaires décalés et les conditions météorologiques difficiles et pour la programmation et la mise en place des logiciels et du matériel nécessaires. Je remercie également les éleveurs, Messieurs C et G, qui nous ont laissé l'accès à leurs parcelles pour mener à bien l'étude sur l'alimentation. J'exprime aussi toute ma reconnaissance à mes enseignants Gilles Gheusi et Raquel Monclus, pour leur disponibilité, leur réactivité et leur aide, et enfin à Cassandra Milliet, éthologue, Jennifer Rouleau, psychologue clinicienne et Marine Wojciechowski, étudiante en biostatistiques, pour la relecture attentive de ce manuscrit.

REFERENCES

- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: Sampling methods. *Behaviour*, 49(3), 227-266.
- Arnott, G., Ferris, C.P. & O'Connell, N.E. (2016). Review: Welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. *Animal*, 11 (2), 261-273.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48.
- Baumont, R. (1996). Palatabilité et comportement alimentaire chez les ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 9 (5), 349-358.
- Bonis, A. (2004). Recherche en prairies naturelles de marais. Dans, Bonnis, et al. (2004). CR Journée d'échange. Valeur Fourragère et Ecologique des Prairies de Marais, *Forum des marais atlantiques*, 2-15.
- Conservatoire du Littoral. Paysages et Sites. Les sites du Conservatoire. Marais de Brouage. http://www.conservatoire-du-littoral.fr/siteLittoral/195/28-marais-de-brouage-17_charente-maritime.htm, consulté le 30 Avril 2021.
- Département de la Charente-Maritime. Les marais de la Charente-Maritime. <https://www.charente-maritime.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/Milieux-Foret-et-Biodiversite/Marais-et-zones-humides/Les-marais-de-la-Charente-Maritime>, consulté le 31 Mai 2021.
- Distel, R.A., Laca, E.A., Griggs, T.C. & Demment, M.W. (1995). Patch selection by cattle: maximization of intake rate in heterogeneous pastures. *Applied Animal Behaviour Science*, 45, 11-21.
- Dejaifve, P.A. (2004). Etude éthologique des troupeaux de bovins charolais dans la réserve naturelle nationale du Val d'Allier. *Direction régionale de l'environnement Auvergne*.
- Dumont, B. (1996). Préférences et sélection alimentaire au pâturage. *INRA Prod. Anim.*, 9(5), 359-366.
- Dumont, B. & Boissy, A. (1999). Relations sociales et comportement alimentaire au pâturage. *Productions animales, Institut National de la Recherche Agronomique*, 12 (1), 3-10.
- Dumont, et al. (2001). Le pâturage vu par l'animal: mécanismes comportementaux et applications en élevage. *Fourrages*, 166, 213-238.

Farm Animal Welfare Council. (1992). FAWC: updates the five freedoms. *Veterinary Record*, 17(357).

Ganskopp, D. (2001). Manipulating cattle distribution with salt and water in large aridland pastures: a GPS/GIS assessment. *Applied Animal Behaviour Science*, 73, 251-262.

Gillen, R.L., Krueger, W.C., & Miller, R.F. (1984). Cattle distribution on mountain rangeland in Northeastern Oregon. *Journal of Range Management*, 37(6), 549-553.

Godwin, D.C. & Miner, J. R. (1996). The Potential of Off-Stream Livestock Watering to Reduce Water Quality Impacts. *Bioresource Technology*, 58, 285-290.

Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B. & Christensen, R.H.B. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1-26.

Lardner, H.A. et al. (2005). The effect of water quality on cattle performance in pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56, 97-104.

Lemaire. T. (1995). Les Marais de Brouage du sel à l'herbe et aux céréales. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 26, 13-18.

Lüdecke, Makowski, Waggoner & Patil (2020). Assessment of Regression Models Performance. CRAN. Available from <https://easystats.github.io/performance>.

Luo, D., Ganesh, S. & Koolaard, J. (2020). predictmeans: Calculate Predicted Means for Linear Models. R package version 1.0.4. <https://CRAN.R-project.org/package=predictmeans>.

Manning, J., et al. (2017)a. The Behavioural Responses of Beef Cattle (*Bos taurus*) to Declining Pasture Availability and the Use of GNSS Technology to Determine Grazing Preference. *Agriculture*, 7, 45-57.

Manning, J., et al. (2017)b. The effects of global avigation satellite system (GNSS) collars on cattle (*Bos taurus*) behaviour. *Applied Animal Behaviour Science*, 187, 54-59.

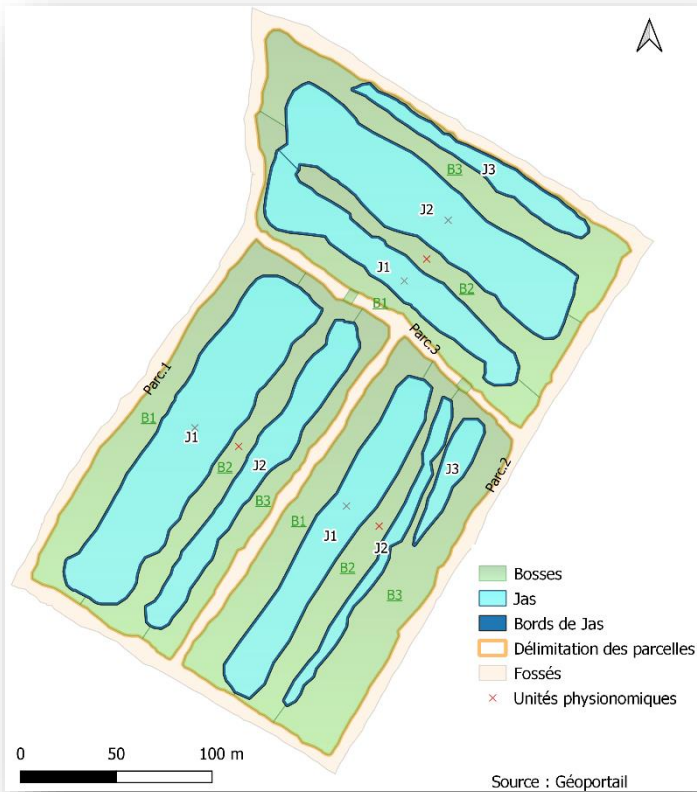
Mathieu, A. & De Vaubernier, E. (1988). Physiognomie description of sward heterogeneity as an indicator for grazing management diagnosis. *Europ. Grassl. Feder. XIIIth Gen. Meet. Dublin*, 172-173.

MacArthur, R.H. & Pianka, E.R. (1966). On Optimal Use of a Patchy Environment. *The American Naturalist*, 100 (916), 603 – 609.

- Mee, J.F. & Boyle, L.A. (2020). Assessing whether dairy cow welfare is “better” in pasture-based than in confinement-based management systems. *New Zealand Veterinary Journal*, 68 (3), 168-177.
- Meuret, M., Bartiaux-Thill, N. & Bourbouze A. (1985). – Évaluation de la consommation d’un troupeau de chèvres laitières sur parcours forestier : méthode d’observation directe des coups de dents ; méthode du marqueur oxyde de chrome. *Annales de Zootechnie*, 34, 159-180.
- Meuret, M. (2006). Les pratiques pastorales entre temps court de l’alimentation des troupeaux et temps long des ressources et des milieux. *Actualité et Modernité du Pastoralisme*. hal-02752445.
- McInnis, M.L. & McIver, J. (2001). Influence of off-stream supplements on streambanks of riparian pastures. *Journal of Range Management*, 54, 648-652.
- McIver, S. (2004). Revue des documents sur l’emploi de points d’abreuvement hors des cours d’eau en zones riveraines en guise de pratique de gestion bénéfique. *Agriculture et agro-alimentaire Canada*, 2-13.
- Miner, J.R., Buckhouse J.C. & Moore J.A. (1992). Will a Water Trough Reduce the Amount of Time Hay-Fed Livestock Spend in the Stream (and therefore improve water quality). *Rangelands. Society for Range Management*, 14(1), 35-38.
- Montillard, T. (2020). Approche de la valeur pour l’élevage des prairies naturelles du marais de Brouage. *Rapport de stage 2^{ème} année de DUT Génie biologique option Agronomie*. Université d’Aix Marseille.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sheffield, R.E., et al. (1997). Off-Stream Water Sources for Grazing Cattle as a Stream Bank Stabilization and Water Quality BMP. *Transactions of the ASAE*, 40(3), 595-605.
- Veira, D. & Liggins, L. (2002). Do cattle need to be fenced out of riparian areas ? *Beef Cattle Industry Development Fund-Project*, 95, 1999-2002.

ANNEXES

Annexe I : Cartographie du bloc de parcelles de M. G pour l'étude « alimentation »

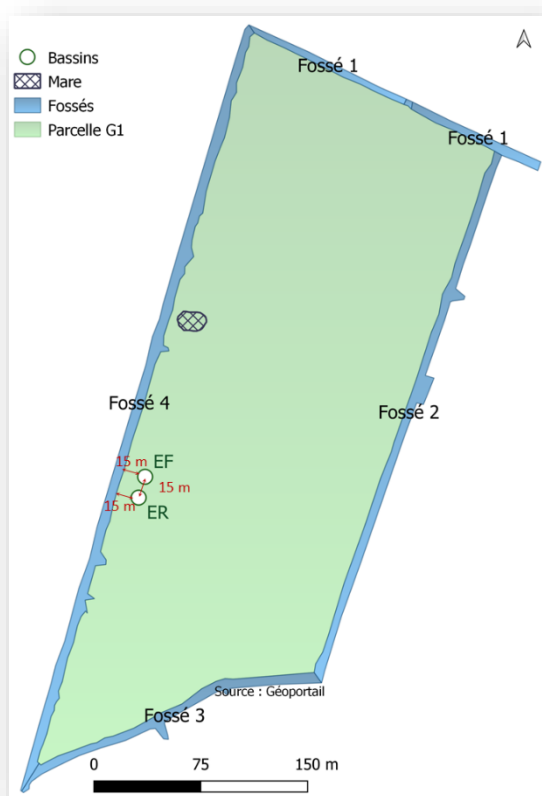


Cartographie des 3 parcelles (Parc.1/Parc.2/Parc.3) du bloc 2 de M.G. Les bosses sont représentées par la lettre B et les jas par la lettre J.

Annexe II : Vache de race charolaise, appartenant au lot étudié, sur le bloc central de M. G, Avril 2021



Annexe III : Cartographie de la parcelle G1, utilisée pour l'étude « abreuvement »



Cartographie de la parcelle G1 du domaine de Saint-Laurent-de-la-Prée. N.B : les bassins ne sont pas à l'échelle pour des raisons de visibilité sur la carte. EF = bassin avec eau du fossé. ER = bassin avec eau du réseau

Annexe IV : Tableau des espèces majoritaires relevées dans les différentes zones d'alimentation chez M. G.

Zones	Espèces majoritaires	Noms scientifiques	Familles	Type végétation
Jas	Scirpe maritime	<i>Bolboschoenus maritimus</i>	<i>Cyperaceae</i>	Hygrophile
	Scirpe des marais	<i>Eleocharis palustris</i>	<i>Cyperaceae</i>	
	Scirpe glauque	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	<i>Cyperaceae</i>	
	Agrostis stolonifère	<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Poaceae</i>	
Bosses	Ray-Grass	<i>Lolium perenne</i>	<i>Poaceae</i>	Mésophile
	Orge faux-seigle	<i>Hordeum secalinum</i>	<i>Poaceae</i>	
	Carex divisé	<i>Carex divisa</i>	<i>Cyperaceae</i>	
	Trèfle des prés	<i>Trifolium pratense</i>	<i>Fabaceae</i>	
Bords de jas	Jonc de Gérard	<i>Juncus gerardi</i>	<i>Juncaceae</i>	Mésohygrophile
	Orge Maritime	<i>Hordeum marinum</i>	<i>Poaceae</i>	
	Lepture raide	<i>Parapholis strigosa</i>	<i>Poaceae</i>	

Table 1 : Espèces principales relevées au sein des communautés végétales homogènes formées par les bosses, jas et bords de jas. Espèces hygrophiles = ont un important besoin en eau pour réaliser leur cycle de développement qui s'effectue en milieu très humide. Espèces mésophiles = espèces qui se développent dans les milieux tempérés, relativement peu humide. Espèces méso-hygrophiles = se développent en milieu humide avec un besoin en eau cependant moins important que pour les espèces hygrophiles.

Annexe V : Vache de race Maraîchine, sur la parcelle G1, juste après un abreuvement au fossé, juillet 2021



Annexe VI : analyse descriptive des paramètres relevés via la méthode des unités physiologiques.

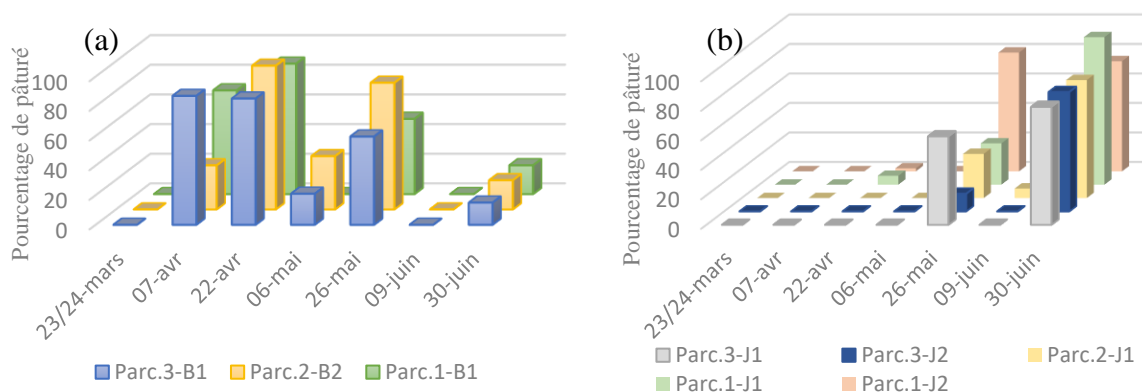


Fig.1 : Pourcentage de pâturé estimé sur les 3 bosses (a) et les 5 jas (b) suivis dans le bloc central de M. G. Avec : Parc.1-B1 : Parcelle 1-Bosse 1 ; Parc.2-B2 : Parcelle 2-Bosse 2 ; Parc.3-B1 : Parcelle 3-Bosse 1 (a) ; Parc.1-J1/J2 : Parcelle 1-Jas 1 /Jas 2 ; Parc.2-J1 : Parcelle 2-Jas 1 ; et Parc.3-J1/J2 : Parcelle 3-Jas 1/Jas 2 (b).

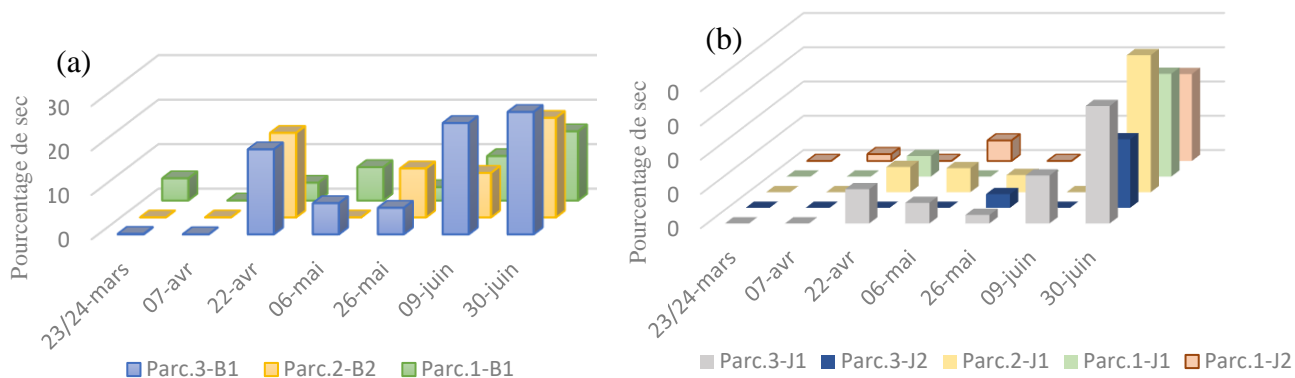


Fig.2 : Pourcentage de végétation sèche estimé sur les bosses (a) et dans les jas (b) du bloc central de M. G.

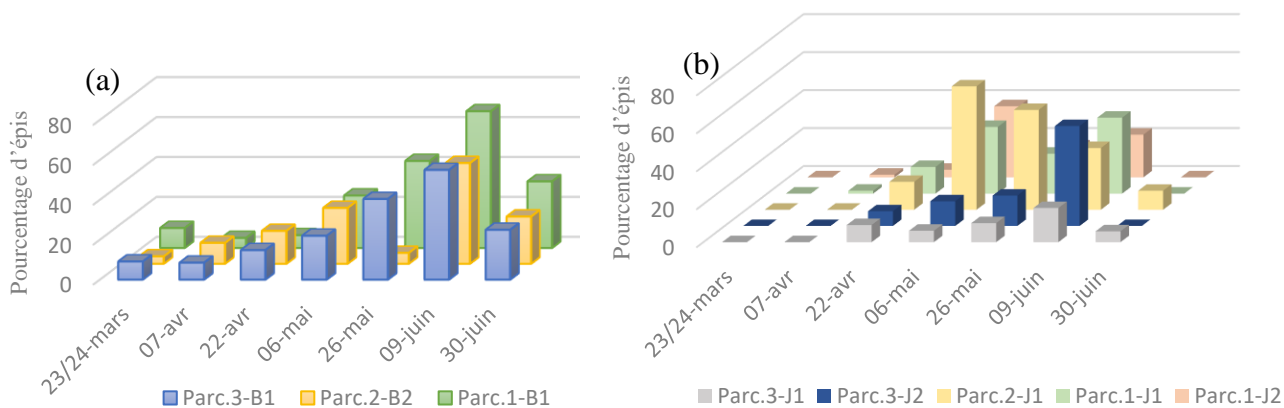


Fig.3 : Pourcentage de végétation épiée estimé sur les bosses (a) et dans les jas (b) du bloc central de M. G.

Annexe VII : Pourcentages de buvées relevés dans chacun des fossés en phase 1

Zone	F1	F2	F3	F4	M
% de buvées	5.88	22..06	19.12	44.12	8.82

Table1 : Comparaison, exprimée en pourcentages, du nombre de buvées effectuées dans chaque zone sur le nombre total de buvées observées au cours de la phase 1.