



La revue francophone sur les fourrages et les prairies

The French Journal on Grasslands and Forages

Cet article de la revue **Fourrages**,
est édité par l'Association Francophone pour les Prairies et les
Fourrages

Pour toute recherche dans la base de données
et pour vous abonner :

www.afpf-asso.fr



AFPF - Maison Nationale des Eleveurs - 149 rue de Bercy - 75595 Paris Cedex 12
Tel. : +33.(0)1.40.04.52.00 - Mail : contact@afpf-asso.fr

Association Francophone pour les Prairies et les Fourrages

Modélisation spatialisée des besoins, de la production, et des flux de fourrages en vue de la création d'une filière « Fourrages » sur l'île de La Réunion

A. Lurette¹, M. Miralles-Bruneau^{1,4}, F. Lorre¹, J. Magnier¹, P. Degenne², V. Kleinpeter^{1,4}, M. Vigne^{1,3}, J. Vayssières^{1,4}

Ce cas d'étude s'inscrit dans le cadre du projet GABIR qui s'intéresse à l'émergence d'une économie circulaire autour de l'agriculture. Une organisation des flux de fourrages basée sur un stockage plus important du surplus en saison des pluies et une organisation saisonnière et spatiale des transferts de fourrages conservés entre producteurs et demandeurs devrait permettre d'accroître l'autonomie fourragère des élevages d'herbivores à La Réunion.

RESUME

Au début des années 2010, les coopératives d'élevage de bovins à La Réunion ont eu recours à l'importation de foin depuis la France métropolitaine, pour répondre en urgence à un déficit de fourrage associé à des épisodes de sécheresse marquée. Ces événements ont mis en lumière la fragilité des élevages en termes d'autonomie fourragère. Dans l'optique d'accroître l'autonomie des élevages, il a été demandé au CIRAD de quantifier l'offre et la demande en fourrages et de proposer des scénarios de structuration d'une filière de fourrages conservés (foin, enrubanné, paille) à l'échelle de l'île. Le CIRAD a donc développé un modèle dynamique et spatialisé de simulation des flux de fourrages intégrant une géolocalisation fine des élevages d'herbivores et de l'ensemble des parcelles de prairies et de canne à sucre de l'île. La production fourragère annuelle du département a été évaluée à 114 050 tonnes de matière sèche. Le besoin annuel en fourrages des cheptels a lui été évalué à 110 550 tonnes de matière sèche. Le bilan fourrager, met en avant une sous-valorisation de l'herbe sur pied en saison des pluies qui conduit à des tensions autour de la disponibilité des fourrages conservés en saison sèche plus particulièrement. Les bilans saisonniers sont également contrastés selon les sous-régions de l'île du fait d'une forte variabilité spatiale et temporelle de l'offre et de la demande en fourrages. Les simulations ont permis de quantifier les flux nécessaires entre sous-régions, de représenter les réseaux d'acteurs et d'évaluer l'amélioration de la couverture des besoins en fonction de la mise en place de nouvelles pratiques au niveau de la production et du positionnement des lieux de stockages. Cette étude a abouti à des préconisations techniques et logistiques ; ces résultats ont été repris et valorisés par un bureau d'étude dans le cadre d'une expertise visant à évaluer la faisabilité technico-économique d'une telle filière de fourrages à La Réunion.

SUMMARY

Spatialized modeling of needs, production, and flows of fodder in order to create a "Fodder" sector on Reunion Island

In the early 2010s, cattle breeding cooperatives in Reunion Island resorted to importing hay from France, as an emergency response to a shortage in forages caused by episodes of severe drought. These events highlighted the vulnerability of the livestock farms in terms of self-sufficiency. With a view to improve the self-sufficiency of livestock farms, CIRAD was asked to quantify the supply of and demand for fodder and to propose scenarios for structuring a conserved fodder sector (hay, wrapped fodder, straw) at the island level. CIRAD has therefore developed a dynamic and spatially explicit forage flow simulation model integrating a fine geolocation of herbivore farms and all the island's grasslands and sugarcane plots. The annual fodder production of the department was evaluated at 114,050 tons of dry matter. The annual fodder requirement of livestock was evaluated at 110,550 tons of dry matter. The fodder balance highlights the under-use of unharvested grass in the summer season, leading to tensions over the availability of conserved fodder in the winter season in particular. The seasonal balances are also contrasted according to the island's sub-regions due to a strong spatial and temporal variability of fodder supply and demand. The simulations made it possible to quantify the necessary flows between sub-regions, to represent the networks of actors and to evaluate the improvement of the coverage of needs according to the implementation of new practices at the level of production and the positioning of storage places. This study led to technical and logistical recommendations; these results were taken up and developed by a consultancy agency in the context of an expert appraisal aimed at evaluating the technical and economic feasibility of such a fodder sector in Reunion Island.

AUTEURS

1 : SELMET, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agri, Montpellier, France

2 : CIRAD, UMR Tetis, Montpellier, France

3 : CIRAD, UMR SELMET, 110 Antsirabe, Madagascar

4 : CIRAD, UMR SELMET, F-97410 Saint-Pierre, Réunion, France

MOTS-CLES : Filière fourragère, Autonomie fourragère, modélisation, échelle territoriale, La Réunion

KEY-WORDS: Fodder chain, fodder autonomy, modeling, territorial scale, Reunion Island

REFERENCE DE L'ARTICLE : Lurette A., Miralles-Bruneau M., Lorre F., Magnier J., Degenne P., Kleinpeter V., Vigne M., Vayssières J., (2022). « Modélisation spatialisée des besoins, de la production, et des flux de fourrages en vue de la création d'une filière « Fourrages » sur de l'île de La Réunion ». *Fourrages* 249, 45-56

Introduction

Les spécificités du climat réunionnais constituent un paramètre majeur dans le fonctionnement des systèmes herbagers de l'île. La ressource fourragère est soumise à une variation quantitative et qualitative au cours de l'année (Blanfort, 1998; Blanfort *et al.*, 2000; Thomas *et al.*, 2004). En effet, de novembre à avril, la saison des pluies marquée par de fortes chaleurs et précipitations, induit une pousse de l'herbe très importante. La saison sèche, qui s'étend de mai à septembre, est en revanche caractérisée par des températures et une pluviométrie plus basse, et par conséquent par un net ralentissement de la croissance des végétaux de mai à octobre. C'est pendant cette période qu'un déficit fourrager apparaît dans de nombreuses exploitations. Il existe donc sur l'année une période d'excédent et une période de déficit en fourrage (Mandret *et al.*, 2000). Les éleveurs cherchent à compenser ces déficits saisonniers par l'achat extérieur d'aliments concentrés importés, de fourrages conservés produits sur le littoral (foin de Chloris) ou des sous-produits de la canne à sucre (paille de canne, bagasse, mélasse). Ils complètent également grâce aux stocks fourragers constitués pendant la saison des pluies, principalement sous forme d'ensilage d'herbe enrubanné (Choisit *et al.*, 2009). Cependant, le potentiel de production de fourrages conservés n'est pas exploité à son maximum, notamment en raison d'une récolte et d'un stockage insuffisant en partie causés par un défaut d'anticipation et des moyens logistiques parfois limitants (Leleux, 2016; Scherrer, 2017). Bien que les importations de fourrages n'aient été que ponctuelles, la situation fourragère actuelle reste délicate. Si le foncier reste une contrainte majeure pour l'élevage à la Réunion, il semble que le déficit fourrager sur l'île soit plutôt lié à un manque de valorisation des surfaces disponibles qu'à un manque de surfaces fourragères, ainsi qu'à des défauts de coordination à l'échelle de l'ensemble du territoire (Leleux, 2016). Cette problématique est commune à de nombreux pays situés dans une zone tropicale humide, tels que l'île Maurice, l'Australie ou encore l'Afrique du Sud (Clicanoo, 2002) mais également à de nombreux autres contextes agricoles. Elle fait écho à la difficulté globale de l'adaptation aux contraintes d'un milieu fluctuant dans une démarche de recherche d'autonomie alimentaire.

Dans une île isolée comme l'est La Réunion, une meilleure valorisation de la biomasse locale peut être une solution pour une agriculture plus autonome et moins dépendante des ressources importées. Dans ce contexte, un réseau de producteurs de foin créé en 2013 et suivi par l'Association Réunionnaise de Pastoralisme (ARP) a permis de fournir les coopératives comme la SICALAIT (coopérative regroupant des éleveurs de bovins laitiers) et la SICAREVIA (coopérative d'éleveurs de bovins allaitants) en fourrage de qualité. En 2015, 917 tonnes de foin ont été livrées aux coopératives.

Cependant, cette quantité de foin ne répond pas à la demande croissante des éleveurs (Scherrer, 2017). Une première étude prospective a été réalisée en 2017, afin d'évaluer la production fourragère de l'île, son adéquation avec les besoins des cheptels d'herbivores, et d'identifier des leviers d'amélioration. Une des préconisations de cette étude était de structurer une filière fourragère, afin de faciliter les achats-ventes de fourrages, et améliorer la production et le stockage de fourrages conservés (foin, enrubanné, paille). L'ARP réfléchit donc à la mise en place pérenne d'une filière « fourrages » structurée dans le but d'orchestrer et de sécuriser l'approvisionnement des élevages au cours de l'année. Par le biais d'une modélisation spatialisée, ce travail vise d'une part à décrire finement la situation fourragère actuelle, et à tester l'impact de leviers techniques permettant d'augmenter la disponibilité fourragère. D'autre part, un simulateur représentant les productions, les besoins et les flux de fourrages sur l'île a été développé et sa capacité à évaluer les impacts de la mise en place d'une filière structurée a été explorée.

1. Le contexte du projet GABIR et la spécificité du cas d'étude « mise en place d'une filière fourragère »

Comme de nombreux territoires insulaires tropicaux, l'île de La Réunion est caractérisée par une densité de population élevée et une concurrence importante sur le foncier agricole. C'est dans ce contexte et dans une démarche de transition agroécologique que s'est inscrit le projet Casdar GABIR (Gestion Agricole des Biomasses à l'échelle de la Réunion), dont l'objectif est d'améliorer l'autonomie des exploitations et plus globalement du secteur agricole face aux ressources importées, en valorisant au mieux les biomasses disponibles localement. Pour y parvenir, il s'agissait de faire émerger des solutions pour une valorisation agricole innovante des biomasses à l'échelle de La Réunion, basées sur les principes d'une gestion circulaire et durable aux niveaux économique et environnemental.

L'île de La Réunion est caractérisée par une forte diversité pédoclimatique qui induit une spécialisation des zones de productions agricoles. Ainsi, on distingue majoritairement (i) les « Hauts », zones d'altitude soumises à une pluviométrie élevée, un climat plus tempéré et de fortes pentes (Blanfort, 2000), où l'on trouve les prairies pâturées, la majorité des élevages herbivores et la production de fourrages conservés par voie humide (enrubanné) et (ii) les « Bas », zones littorales moins pentues, au climat tropical et à plus faibles précipitations, où l'on produit surtout de la canne à sucre mais également des fourrages conservés par voie sèche (paille de canne, foin de chloris). Cette organisation spatiale nécessite le développement d'une gestion spatiale et collective des biomasses à l'échelle de l'île. Plusieurs initiatives de structuration d'échanges de

biomasses entre acteurs et entre territoires ont été mises en lumière et étudiées par le projet GABIR (Kleinpeter *et al.*, 2021). Plus particulièrement, cet article présente le cas d'étude traitant de la possibilité de mettre en œuvre une filière structurée de fourrages à l'échelle de l'île. Cette distinction territoriale conditionne les activités d'élevage. A l'échelle de l'île, on observe une coordination insuffisante entre l'offre et la demande en fourrages. Ce sont donc l'ARP et les coopératives animales qui se chargent d'anticiper les risques de déficits fourragers en saison sèche. Ces structures souhaiteraient ne plus avoir à jouer ce rôle, qu'ils qualifient « de pompier ». Lors des pires années de sécheresse (cela a été le cas en 2012 et 2013), La Réunion a dû faire importer des fourrages (environ 6000 tMS à 350 euros la tonne environ - ARP, communication personnelle). Garantir l'autonomie fourragère est un enjeu d'autant plus important dans un contexte de changement climatique et de croissance démographique qui tend à augmenter sa dépendance aux produits d'importation, tels que les concentrés, et qui rend plus globalement les activités d'élevage plus vulnérables aux cours des matières premières.

Pour répondre à ces enjeux, une réflexion est portée par l'ARP sur la mise en place d'une filière de fourrages structurée, qui permettrait de sécuriser l'approvisionnement des élevages. Cette étude intégrée au projet GABIR présente deux objectifs complémentaires. D'une part, il s'agit de réaliser un diagnostic des bilans fourragers annuels et saisonniers à l'échelle de l'île, et d'autre part d'envisager des scénarios d'amélioration de la disponibilité des fourrages en s'appuyant à la fois sur des leviers techniques et sur une organisation des flux de fourrages entre agriculteurs *via* des unités intermédiaires de stockage collectif.

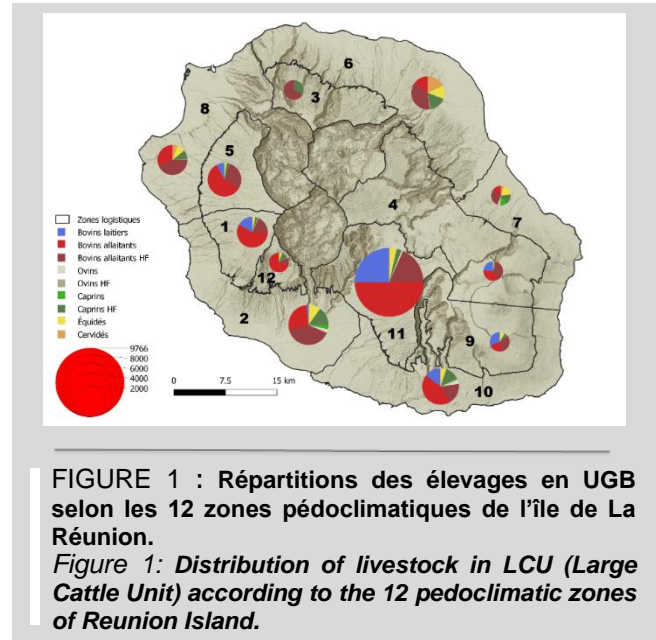
2. Des bilans fourragers différenciés entre saisons et entre zones géographiques

2.1. La réalisation des bilans fourragers

Les bilans fourragers sont réalisés à partir de l'équilibre entre les fourrages produits et consommés. Les conditions de climat et de reliefs réunionnais ont justifié la réalisation de ces bilans fourragers à la fois par saison et par zone géographique. En effet, le fort contraste entre les productions abondantes en saison des pluies et les pénuries en saison sèche justifie de travailler à l'échelle de la saison. A cette variabilité temporelle de la ressource s'ajoute une variabilité spatiale, induite par une grande diversité de pédoclimats et des contraintes de relief.

La structuration d'une filière d'approvisionnement en fourrages nécessite d'implanter des sites de stockage pour drainer les excédents de fourrages et les redistribuer quand ils font défaut. Cette implantation impose une analyse des flux par sous-territoires,

appelées « zones logistiques ». Les règles régissant ce découpage logistique tiennent compte de l'altitude, de la pluviométrie, du relief et du réseau routier. La courbe d'altitude de 800 mètres permet communément de distinguer les Bas des Hauts. Cette méthode a abouti à un découpage en 12 zones logistiques, cinq dans les Bas et sept dans les Hauts (Figure 1).



2.2. Les surfaces fourragères et leurs productions

L'étude de la production fourragère consiste en l'élaboration d'une cartographie fine du parcellaire fourrager. Celle-ci est réalisée par la combinaison de trois bases de données géographiques complémentaires : le RPG (Registre Parcellaire Graphique) 2017, la BOS (Base d'Occupation du Sol) 2016, et la Carte d'Occupation du Sol 2017 (Dupuy et Gaetano, 2019). Le parcellaire obtenu contient 12 326 parcelles pour une surface totale de 35 184 ha qui se répartissent entre 10 959 ha de prairies et 22 918 ha de canne à sucre. L'ensemble des parcelles identifiées est alors caractérisé selon une typologie des surfaces fourragères et leurs modes d'exploitation/gestion (Figure 2). Les types sont affectés à chaque parcelle de la carte à partir de plusieurs sources de données : des références bibliographiques ou à dire d'expert selon les grandes tendances sur des sous-régions, des données connues à la parcelle recueillis lors de précédents suivis tels que les bilans fourragers réalisés par l'ARP ou lors d'enquêtes, ou de photo-identification à partir d'analyse visuelle d'images satellites par expertise des conseillers de l'ARP.

Un rendement de production est ensuite affecté à chaque parcelle, il tient compte du type de la parcelle, de son mode d'exploitation et de la zone pédoclimatique concernée. Les rendements sont issus d'une table élaborée avec l'ARP. La multiplication du rendement par la surface permet d'obtenir la production en fourrage de

chaque parcelle de l'île par type de fourrage produit et par saison (Lorré, 2019).

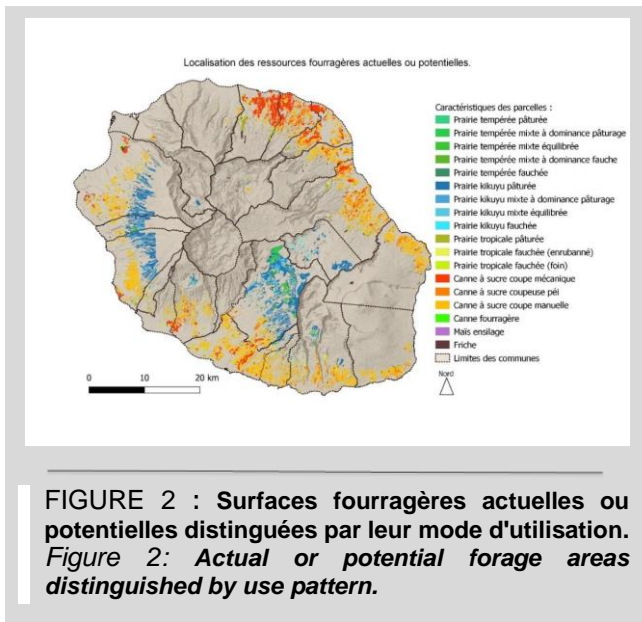


FIGURE 2 : Surfaces fourragères actuelles ou potentielles distinguées par leur mode d'utilisation.
Figure 2: Actual or potential forage areas distinguished by use pattern.

Concernant la production en tonnes de matière sèche (tMS) de chaque aliment produit sur l'île par an et par saison, on remarque que la plus grosse production en termes de volume est l'herbe sur pied, dont la variation saisonnière est de 52 % en été et 48 % en saison sèche (Tableau 1).

Aliment	Production	%
Herbe sur pied	60 682 tMS	53 %
Enrubané	25 067 tMS	22 %
Foin	14 395 tMS	13 %
Canne fourragère	6 978 tMS	6 %
Paille de canne	6 375 tMS	5,6 %
Maïs ensilage	557 tMS	0,4 %

TABLEAU 1 : Fourrages produits par an (en Tonne de Matière Sèche tMS)
Table 1 : Forages produced per year (in Tons of Dry Matter tMS)

Pour ce qui est de l'enrubané, qui correspond à 22 % de la production fourragère de l'île, ce sont 71 % qui sont produits en été. Le foin est en troisième place avec 13 % de la production, dont 54 % est produite en été. La canne fourragère distribuée en vert est estimée à 6 % de la production, dont 56 % en été. Enfin, la paille de canne représente 6 % de l'île. La campagne de canne s'étalant de juillet à décembre, la récolte de paille est divisée entre trois mois de saison des pluies et trois mois de saison sèche. La Plaine des Cafres, située au centre sur la carte (Figure 1), est la zone la plus productrice avec plus de 4 000 tMS, dont essentiellement de l'herbe. Les zones des Hauts sont productrices d'herbe pâturée et d'enrubané tandis que dans les zones des Bas se

caractérisent surtout par les fourrages conservés de graminées tropicales, de la paille de canne et de la canne fourragère.

2.3. L'élevage herbivore réunionnais et sa consommation de fourrages

L'élevage à la Réunion est doté d'une spécificité terminologique : on distingue communément « l'élevage en filière » pour une exploitation adhérente à une coopérative d'élevage et « l'élevage hors filière » dans le cas d'un élevage indépendant ou à caractère informel. Les éleveurs de bovins laitiers et allaitants ainsi que les éleveurs de petits ruminants ont à La Réunion l'opportunité de prendre part aux filières organisées autour des 3 coopératives d'élevages : la SICAREVIA pour la filière bovin viande, la SICALAIT pour la filière laitière et OVICAP pour les ovins et les caprins. Ces élevages « en filière » sont accompagnés par les techniciens de ces coopératives, ainsi que par l'ARP dans la gestion de leurs pâturages. On distingue également un « élevage hors filière » parallèlement à cet élevage organisé : de nombreuses petites exploitations de quelques têtes (Choisis *et al.*, 2009). Ce type d'élevage domine en production caprine, largement destinée à produire des animaux de sacrifices pour alimenter les cérémonies Tamoul des différentes religions de l'île (Fontaine *et al.*, 2008 ; Charvet, 2012).

Un travail de méta-analyse et la mobilisation des acteurs des coopératives d'élevage et des fournisseurs d'aliments du bétail de La Réunion ont permis de géolocaliser par filière l'ensemble des exploitations implantées sur l'île et d'en préciser les effectifs ainsi que les rations par lot. Les travaux de recherche bibliographique et les échanges avec les acteurs de terrain des élevages réunionnais ont permis de lister les fourrages principaux composant les rations animales : l'herbe pâturée, l'enrubané, le foin, la paille de canne, l'affouragement en vert et l'ensilage de maïs (Grimaud et Thomas, 2002). Des rations alimentaires type par espèce et par lot (en kgMS/animal/jour) ont également été définies avec les techniciens des coopératives et de la chambre d'agriculture sur la base du distribué à l'auge dans le cas d'animaux en bâtiment, et sur la base de l'ingéré dans le cas d'animaux au pâturage. A partir de ces données, une trame de calcul commune pour tous les élevages permet de décrire la demande en fourrages de chaque exploitation en multipliant les effectifs par lot et par la ration alimentaire type. Ainsi, pour chaque exploitation de l'île, la consommation en fourrages des animaux est estimée en fonction des effectifs de chaque lot présent et de la composition de ration distribuée à ces lots (Magnier, 2019). Les besoins en fourrages sont alors géopositionnés, en tenant compte du siège social de l'exploitation considérée.

Animaux	Bovins laitiers	Bovins allaitants	Caprins	Ovins	Cervidés	Equins et asins
Coopérative	SICALAIT	SICAREVIA	OVICAP	OVICAP	pas de coopérative	pas de coopérative
Nombre d'élevages en filière	58	305	26	52	9	99***
Nombre de tête en filière*	4527	15541	1530	2920	2230	1434
Nombre de tête hors filière** estimé	0	8623	15769	384	0	816

*On appelle communément « en filière » les animaux des exploitations adhérentes aux coopératives ou, pour les équins et cervidés, les animaux identifiés-pucés.

**Les animaux « hors-filière » sont ceux détenus dans des élevages non-adhérents, et généralement non identifiés par des puces.

***Centres équestres et/ou élevages

TABLEAU 2 : Effectifs d'animaux en filière et hors filière sur l'île de la Réunion
Table 2: Number of animals inside and outside the sector on the island of Reunion

On compte au total pour les filières formelles et informelles, structurées ou non, décrites précédemment 3062 détenteurs d'herbivores à La Réunion (Tableau 2). Ces derniers se partagent les 53 848 animaux d'élevages ruminants répartis dans les différentes filières avec en premier, et à égalité, les bovins allaitants de la SICARÉVIA et les caprins hors filière (plus de 15 000 chacune), puis bovins allaitants hors filière avec 16 % du cheptel. Ainsi les bovins hors filière et les petits ruminants hors filière représentent près de la moitié du cheptel total de l'île. Toutefois, si l'on ne considère plus les cheptels par le nombre d'individus mais plutôt par le nombre d'UGB (Unité de Gros Bétail), les trois cheptels bovins (allaitant en filière, puis allaitant hors filière, puis laitier) rassemblent alors la quasi-totalité des effectifs : respectivement 42 %, 26 % et 14 % (soit un total de 82 %) des UGB de l'île. Comme la répartition des élevages par filière le laissait présager, les exploitations d'élevage sont géographiquement inégalement implantées à La Réunion (Figure 1). La zone logistique 11 est celle qui abrite le plus d'animaux (15 541 têtes, soit 29 % d'entre eux), dont une majorité de bovins allaitants en filière. C'est également dans cette zone que les bovins laitiers sont les plus présents et représentatifs

du cheptel local. Les zones logistiques 2, 6 et 10 sont également des zones avec un nombre important d'animaux : on y trouve respectivement 18 %, 13 % et 14 % du cheptel total de l'île. Les caprins hors filière y sont nettement dominants. C'est également le cas pour les zones 3, 8 et 12. Les zones logistiques 1 et 5 qui couvrent les Hauts de l'Ouest sont très nettement dominées par les troupeaux de bovins allaitants. Les zones de l'Ouest (4, 7 et 9) sont des zones avec une répartition assez hétérogène des animaux. Les zones 3, 4, 7, 9 et 12 sont des zones avec un faible nombre d'animaux, aucune n'abrite plus de 5 % du cheptel de l'île.

Le premier fourrage utilisé à La Réunion est l'herbe pâturée avec une consommation évaluée à 35 650 tonnes de MS/an (32 % de la consommation totale) puis viennent l'affouragement en vert (30 %), l'enrubanné (22 %) et le foin (13 %) (Tableau 3). Les besoins en paille de canne et en maïs ensilé sont faibles par rapport aux autres fourrages.

Le cheptel le plus grand consommateur de fourrages à La Réunion est le cheptel de bovins allaitants en filière avec une part de la consommation de

	Herbe pâturée	Enrubannage	Foin	Paille de canne	Affouragement en vert	Maïs ensilé	Total
Bovins laitiers	211	7711	-	1527	-	-	9449
Bovins allaitants	23 676	13 178	489	566	1878	99	39 887
Bovins allaitants HF	10 686	1950	5941	518	13 023	-	32 118
Caprins	-	567	183	41	686	-	1476
Caprins HF	-	-	-	-	16 820	-	16 820
Ovins	346	633	1175	203	725	-	3082
Ovins HF	-	-	-	-	384	-	384
Équidés	-	-	6520	-	-	-	6520
Cervidés	725	-	-	-	95	-	821
Total tous fourrages	35 645	24 040	14 307	2855	33 612	99	110 557

HF : hors filière

TABLEAU 3 : Total des consommations annuelles de six fourrages par les différents cheptels réunionnais (en tMS/an)
Table 3 : Total annual consumption of six fodder by the different herds in Reunion (in tMS/year)

36 % (39 890 tMS/an) (Tableau 3). Les bovins allaitants hors filière ont également besoin d'une grande quantité de fourrages : 32 118 t MS/an. Les caprins hors filière et les bovins laitiers occupent des parts notables de la consommation de biomasses : respectivement 15 % et 9 %. Enfin, les troupeaux de petits ruminants en filière, d'ovins hors filière ainsi que les équidés et cervidés se partagent le reste de la consommation.

La quantité de fourrages nécessaire pour alimenter à l'année les herbivores à La Réunion a été évaluée à 110 560 t MS/an. Enfin, les troupeaux de bovins hors filière et de petits ruminants hors filière consomment à eux seuls 49 320 tMS/an, soit près de la moitié des besoins totaux de l'île.

2.4. Des bilans fourragers différenciés entre zones géographiques

Le bilan fourrager global à l'échelle de l'île (Tableaux 1 et 4) se caractérise par une sous-valorisation de l'herbe sur pied et un flux tendu pour les fourrages conservés, ce qui traduit bien la marge de sécurité réduite. Cette situation est sensible aux aléas climatiques, qui induisent des importations de fourrages lors des années les plus sèches.

Le déficit saisonnier est plus marqué dans les Hauts de l'Ouest et à La Plaine des Cafres qui sont des zones excédentaires en herbe mais déficitaires en foin et paille de canne. Dans ces zones, la demande en fourrages conservés est la plus forte en raison de la localisation des élevages les plus consommateurs. La zone des Hauts du Nord est globalement à l'équilibre. La zone des Bas, où les élevages sont moins présents, montre un excédent en foin. Les difficultés d'approvisionnement des élevages à certaines périodes de l'année confirment l'intérêt de la mise en place d'une gestion globale des stocks à l'échelle de l'île.

L'affouragement en vert se fait généralement à partir de surfaces fourragères de petites tailles. Il s'agit souvent de récoltes « informelles » de végétations de bords de routes et de parcelles de canne fourragère ou en friches. Ce fourrage occupe cependant une place importante dans les rations des troupeaux, principalement ceux des élevages hors filière.

Les estimations de rendements, et particulièrement ceux alloués à chaque saison pour chaque zone pédoclimatique, pourront être prochainement affinées grâce aux données issues de l'observatoire de la croissance de l'herbe (Miralles-Bruneau *et al.*, 2022 ; Tillard *et al.*, 2022). Ce réseau de fermes de référence a été mis en place fin 2017, par l'ARP et le CIRAD, dans le but de mesurer la croissance annuelle des principales zones de pâturages. Ces résultats permettront de mieux comprendre les écarts entre les pratiques des éleveurs (constats de déficit d'herbe en saison sèche incitant à compléter les animaux) et les bilans obtenus par l'étude (fort excédent d'herbe dans les Hauts de l'Ouest à cette période). Les travaux quantitatifs menés ici dans le cadre du projet GABIR pourront être croisés avec une analyse de l'ensemble des bilans fourragers réalisés à l'échelle de l'exploitation dans une centaine d'élevage par l'ARP depuis 3 ans.

3. Des scénarios associant les leviers techniques et l'organisation des flux de fourrages entre agriculteurs pour accroître l'autonomie fourragère des exploitations à l'échelle de l'île

3.1. La modélisation spatiale pour explorer les scénarios de mise en œuvre d'une filière « fourrages » structurée

Zone	Saison	Enrubané	Mais ensilage	Foin	Herbe pâturée	Paille de canne
Hauts de l'Ouest	Saison des pluies	6890	0	-899	1646	-577
	Saison sèche	-2298	0	-904	4971	-608
Plaine des Cafres	Saison des pluies	-410	1202	0	-282	2642
	Saison sèche	-464	-1459	0	-284	2907
Hauts du Nord	Saison des pluies	-70	0	0	-9	172
	Saison sèche	-70	0	0	-9	96
Bas de l'Ouest	Saison des pluies	-3876	-425	94	1821	-2
	Saison sèche	-3954	-492	85	1407	-3
Île entière	Saison des pluies	8546	238	669	11401	1779
	Saison sèche	-7519	220	-581	13639	1740

TABLEAU 4 : Bilan fourrager saisonnier à l'échelle de l'île de La Réunion et dans 4 zones logistiques contrastées (Bilan calculé par la différence entre production et besoins par zone, en tMS)
Table 4 : Seasonal fodder balance on the scale of Reunion Island and in 4 contrasting logistic zones (Balance calculated by the difference between production and needs per zone, in tMS)

Afin d'explorer la possible mise en place d'une filière « Fourrages », un modèle de simulation dynamique et spatialisé a été développé, implémenté en langage Ocelet. Ce langage 'métier' est basé sur le principe de graphes d'interactions. Il permet de modéliser des flux et gérer des réseaux d'acteurs tout en spatialisant les données (Degenne et Lo Seen, 2016).

En situation initiale, le modèle est alimenté par la base de données précédemment décrite et représente : le parcellaire et la production des différents fourrages évalués dans les bilans annuels et saisonniers, la répartition des élevages et leurs besoins en foin et enrubannage, les réseaux d'acteurs liant producteurs et demandeurs de fourrages. Les flux entre acteurs modélisés dans cette étude n'ont concerné que le foin et l'enrubannage. Il s'agit des fourrages conservés les plus importants en termes de volumes et ils représentent des cas d'étude représentatifs de la diversité des situations puisqu'il s'agit de fourrages à conservation sèche et humide, produits respectivement dans les bas et les hauts de l'île. Les flux de paille de canne ont également été simulés, mais ils ne sont pas présentés ici du fait de questionnements sur les quantités que l'on peut réellement exporter des parcelles de canne à sucre sans remettre en cause le rôle du paillis au sol pour le contrôle des adventices.

A partir des bilans fourragers et en partenariat avec les professionnels de l'élevage réunionnais, des leviers techniques d'amélioration de la disponibilité en ressources fourragères ont été proposés. Ils ont alors été simulés afin d'évaluer leurs impacts sur la production de stocks fourragers. A ces scénarios d'amélioration de disponibilité de fourrages s'ajoutent des scénarios de mise en place de quatre structures de stockage collectif. Leur implantation permet de stocker les excédents de fourrages produits en période des pluies, et de les redistribuer en période de pénurie. L'implantation de quatre structures de stockage a été validée à dire d'experts lors d'un atelier réunissant tous les acteurs liés au cas d'étude porté par le projet GABIR. Ainsi, deux de ces structures sont situées dans les Hauts et deux dans les Bas pour stocker respectivement les fourrages à conservation humide (enrubanné) et les fourrages à conservation sèche (foin et paille de canne).

3.2. Trois leviers techniques pour améliorer la disponibilité fourragère

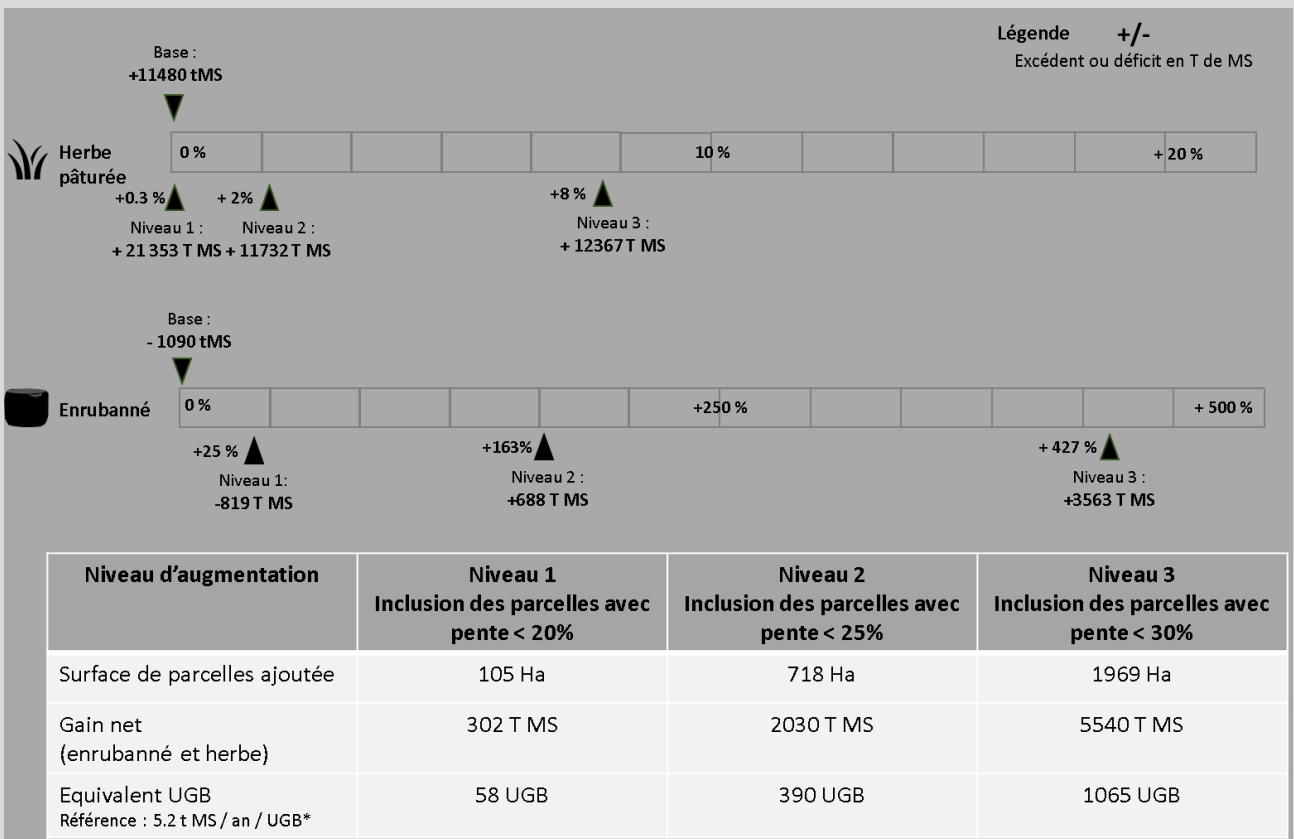
Trois leviers techniques à mobiliser pour améliorer la disponibilité en fourrages ont été étudiés : (i) la récupération de friches dans les Bas pour la production de fourrages conservés, (ii) la mise en place de pratiques de fauche dans les Hauts de l'Ouest (région où l'élevage allaitant est majoritaire, et principalement concernée par la problématique du déficit fourrager) et (iii) l'amélioration de la gestion du pâturage. Pour chaque levier, différentes modalités de mises en œuvre décrivant l'intensité de l'application ont été simulées et les résultats ont été présentés aux partenaires impliqués

dans le cas d'étude lors d'un atelier. Parmi l'ensemble des leviers proposés, l'amélioration des pratiques de fauche pour produire plus de fourrages enrubannés dans les Hauts de l'Ouest a été retenu comme levier technique pertinent à scénariser. Il s'agit alors de définir les différentes modalités de mise en œuvre et d'en évaluer l'impact sur la disponibilité en fourrages. En effet, le diagnostic spatialisé a montré que cette région est potentiellement excédentaire avec une sous-exploitation des prairies pâturées en particulier en période estivale. L'augmentation de stocks d'enrubannage concerne les parcelles pâturées ayant une surface supérieure à 1 ha ; un chantier de fauche sur une surface inférieure n'est pas économiquement envisageable. Pour ce levier technique, trois niveaux d'augmentation des surfaces fauchées ont été représentés, discriminés par le niveau de pente des parcelles : niveau 1 - ajout des parcelles dont la pente est inférieure à 20 %, niveau 2 - inférieure à 25 %, niveau 3 - inférieure à 30 %. Ces trois niveaux illustrent trois niveaux de difficulté lors de la réalisation des chantiers de fauches sur ces surfaces supplémentaires. Les trois modalités de mises en œuvre ont été comparées à partir du calcul du bilan fourrager, en type et volume de fourrages pour chaque zone et à l'échelle de l'île.

Les modalités de mise en œuvre des leviers ont été comparées à partir des indicateurs suivants : la variation du bilan avec gain ou perte de fourrage, en type et volume et le nombre d'équivalents UGB : pour apprécier le nombre d'animaux selon les scénarios simulés. Par convention, une UGB consomme 5200 kg MS par an, incluant l'herbe pâturée et les fourrages conservés (IDELE, 2013).

Les Hauts de l'Ouest (zones logistiques Hauts de l'Ouest Nord et Sud) sont déficitaires en fourrages conservés, notamment en raison d'une récolte et d'un stockage insuffisants. Le gain sur le bilan d'enrubanné est de 25 % (niveau 1) à 427 % (niveau 3) (Figure 3). L'autosuffisance de la zone est atteinte à partir du niveau 2, qui permet de nourrir 390 UGB grâce au gain net de fourrage produit (enrubanné et herbe confondus).

Pour les scénarios d'augmentation de production de fourrages conservés, le gain sur la production d'enrubanné à l'échelle de l'île varie de +1 % (pour un niveau 1 d'augmentation) à +18 % (pour un niveau 1 d'augmentation), avec un bilan fourrager positif dès le niveau 2 implémenté. Considérant que la fauche stimule la repousse des plantes, limite les zones de refus et la propagation des mauvaises herbes, la mise en place de ces pratiques permet également d'augmenter légèrement la production globale d'herbe.



* Référence de consommation en tonnes de matière sèche d'un UGB par an tenant compte des refus et des pertes (source Idele, 2013)

FIGURE 3 : Impact de l'augmentation des pratiques de récolte et de stockage de l'herbe sur le bilan fourrager des hauts de l'Ouest.

Figure 3: Impact of increased grass harvesting and storage practices on the forage balance of western highlands.

D'autres leviers techniques ont émergé des propositions des acteurs tels qu'une amélioration de la gestion des pâturages ou la récupération des surfaces de friches. L'amélioration de la gestion du pâturage semble être un levier plus difficile à mettre en place, à court terme, qu'une augmentation des pratiques de fauche. Elle demande une révision profonde des pratiques. C'est dans cette optique qu'un observatoire de la croissance de l'herbe a été mis en place (Miralles-Bruneau *et al.*, 2022), afin de quantifier la croissance saisonnière par secteur, et redéfinir les indicateurs de conception et de gestion des systèmes pâturants. Elle

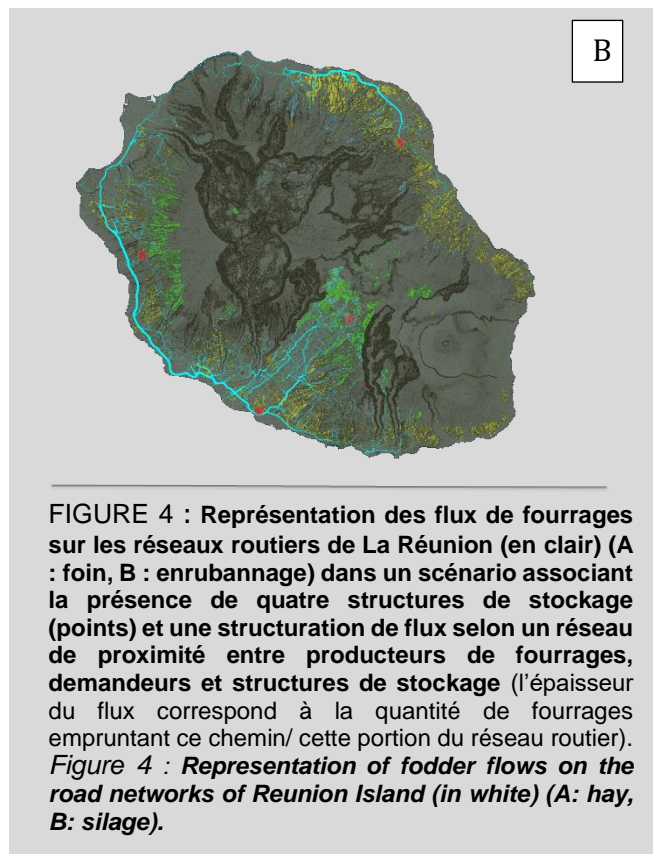
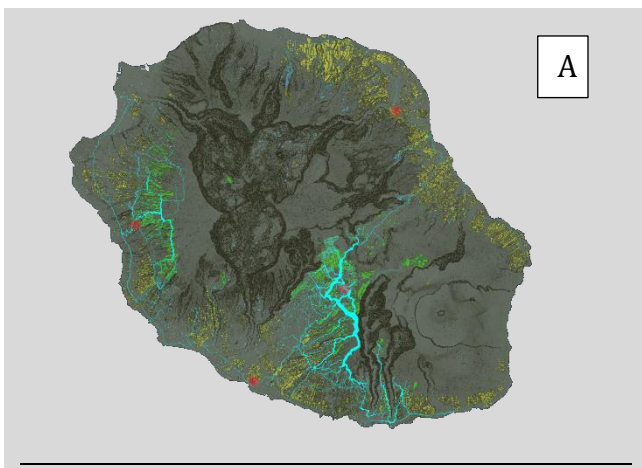


FIGURE 4 : Représentation des flux de fourrages sur les réseaux routiers de La Réunion (en clair) (A : foin, B : enrubannage) dans un scénario associant la présence de quatre structures de stockage (points) et une structuration de flux selon un réseau de proximité entre producteurs de fourrages, demandeurs et structures de stockage (l'épaisseur du flux correspond à la quantité de fourrages empruntant ce chemin/ cette portion du réseau routier).

Figure 4 : Representation of fodder flows on the road networks of Reunion Island (in white) (A: hay, B: silage).

devra s'accompagner également d'infrastructures supplémentaires telles que l'installation de clôtures et de points d'eau, voire d'amélioration foncière. De même, une part de pâturage plus conséquente dans la ration des animaux entraînerait une modification des apports en concentrés, et donc obligerait les éleveurs à redéfinir leurs plans de rationnement. Revenir à des systèmes herbagers qui valorisent une ressource locale et bon marché permettrait également de réduire la consommation de paille de canne par les troupeaux. En effet, la paille de canne accompagne généralement les importantes quantités de concentrés distribués aux cheptels bovins lait et d'engraissement, en fournissant un fourrage grossier de faible valeur alimentaire. Cela représente actuellement près de 3000 tMS de paille de canne distribuées aux animaux. Une moindre consommation permettrait d'utiliser cette paille comme litière aux multiples effets bénéfiques sur le bien-être animal et les services rendus par les prairies (contrôle des adventices, stockage du carbone dans les sols, etc.).

Les pratiques de fertilisation des surfaces peuvent également être plus difficiles à mettre en œuvre sur les parcelles pâturées, souvent très pentues et non mécanisables. De plus, l'efficacité des fertilisants peut être limitée par les conditions climatiques réunionnaises. En effet, la volatilisation de l'azote est plus importante en conditions sèches et chaudes, et l'azote peut être lessivé par les fortes pluies, non sans impact sur l'environnement (Vayssières et Rufino, 2012). Pour les prairies multi-espèces avec légumineuses, la fertilisation azotée va limiter la présence de ces dernières. Augmenter la productivité d'une prairie ne passe donc pas uniquement par la fertilisation, mais aussi par une meilleure valorisation de la ressource existante.

La récupération des friches a également été suggérée par les partenaires comme levier pour améliorer le disponible fourrager. Les friches sont des parcelles déclarées par des agriculteurs en tant que « Surface agricole temporairement non exploitée », « Surface boisée sur une ancienne terre agricole » ou identifiées comme friches par photo-interprétation. Ces parcelles appartiennent à des propriétaires qui n'envisagent pas de les exploiter pour la production de fourrage. Un premier verrou à la mobilisation de ce levier est donc l'accès aux surfaces. Ensuite, même si les parcelles de friches présentent des pentes relativement faibles (de < 10 % à < 20 %), il sera nécessaire de les défricher et de réaliser des travaux d'amélioration foncière pour les rendre accessibles et productives.

3.3. Simulation de scénarios d'organisation de flux de fourrages conservés pour envisager la mise en place d'une filière « Fourrages » à La Réunion

Si les productions et besoins en fourrages ont été renseignés dans la base de données, nous n'avons actuellement pas connaissance des réseaux sociaux à

l'origine des flux d'échanges à l'échelle de l'île. Afin de tester la capacité du simulateur à évaluer l'impact de la mise en œuvre d'une filière structurée, nous avons choisi de représenter un réseau de proximité pour l'ensemble des éleveurs. Ainsi, les demandeurs s'approvisionnent en priorité chez les producteurs les plus proches. Ensuite parmi les nombreux itinéraires possibles sur le réseau routier, le modèle simule les solutions optimales de mises en relation producteur-demandeur. Les indicateurs en sortie du modèle pour chaque scénario sont : (i) le nombre de flux de fourrages, (ii) la somme des distances parcourues, (iii) le nombre de détenteurs d'animaux dont les besoins en fourrages sont entièrement satisfaits. Dans ce cas d'étude, la modélisation des flux de fourrages concerne uniquement le foin et l'enrubannage (voir explications plus haut).

A partir de la situation de référence basée uniquement sur des échanges de proximité entre producteurs et consommateurs de fourrages, un scénario combinant une augmentation de la production dans les Hauts de l'Ouest (niveau 2) et la création de quatre structures de stockage a été simulée. Les structures de stockage ont été géopositionnées en concertation avec les partenaires du projet : avec une implantation de deux structures dans les Hauts et deux dans les Bas de l'île (Figure 4).

Ce scénario montre une augmentation d'environ 5 % de la part d'élevages dont les besoins sont couverts en période sèche, et atteint 97 % d'élevages prenant part à la structuration des flux. Cette faible augmentation s'accompagne cependant d'un accroissement de 700 flux qui impliquent des distances à parcourir jusqu'à près de 20 000 km supplémentaires annuels. En terme de distance parcourue, les flux de foin représentent alors 58 062 km pour un total de 24 184 tMS de MS transportées et les flux d'enrubanné représentent 29 377 km parcourus pour une quantité totale matière transportée de 46 884 tMS. De plus, ces flux concernent des déplacements dont les distances sont plus courtes : seuls 28 % des trajets font plus de 20 km, contre 50 % en situation initiale sans lieux de stockage.

Les volumes de fourrages présents en fin de période des pluies et en saison sèche, et donc les volumes redistribués aux éleveurs présentés dans le tableau 5, confirment la valorisation de 8691 tMS supplémentaires de fourrages durant la saison sèche grâce aux structures de stockage. La structure de stockage n°1 draine le plus de fourrages en fin d'été et les fourrages des structures 2 et 3 sont totalement utilisés en fin de saison sèche. Les simulations surestiment le niveau de satisfaction et le nombre de flux en comparaison des flux réels, en particulier dans une situation sans filière « Fourrages » et sans unités de stockage intermédiaires, car les simulations partent de l'hypothèse que l'ensemble des éleveurs ont connaissance et accès aux stocks disponibles, ce qui n'est actuellement pas le cas (communication personnelle ARP).

La mobilisation d'outils cartographiques et de simulations-explorations spatialisées s'avère féconde pour représenter des scénarios de flux de biomasses sur un territoire et favoriser l'émergence de solutions collectivement partagées. Cet outil est particulièrement

(En tMS)	Structure de stockage				Total
	1	2	3	4	
Volume stocké en fin de saison des pluies	5866	1867	587	821	9141
Volume stocké en fin de saison sèche	243	0	0	207	450
Transfert	5623	1867	587	614	8691

TABLEAU 5 : Simulation de la biomasse stockée dans chaque structure de stockage à la fin de chaque saison.

Table 5: Simulation of the biomass stored in each storage structure at the end of each season.

utile quand les processus n'obéissent pas seulement à des considérations techniques ou financières. La modélisation permet de simuler des appariements producteurs - consommateurs offrant une meilleure couverture des besoins, de part et d'autre, et tenant compte des contraintes logistiques et réglementaires. Des indicateurs économiques seront nécessaires pour compléter ces résultats de simulation. L'ensemble des scénarios simulés peuvent être mobilisés pour objectiver un potentiel d'amélioration basé sur une évolution de ces réseaux d'échange, en favorisant les réseaux de connaissances et la mise en lumière d'intérêts communs. Si la réflexion se poursuit pour une mise en œuvre d'une filière « Fourrages », des scénarios élaborés en concertation avec les acteurs potentiels de cette filière seront nécessaires. Ces scénarios devront non seulement tenir compte des réseaux sociaux existants entre agriculteurs guidant les flux et structures de stockage, mais devront également étayer des réflexions autour de l'organisation de cette filière. Ces premiers résultats soulèvent un certain nombre de questions logistiques et organisationnelles telles que : qui prend en charge la gestion des flux et la construction, la maintenance et la gestion des structures de stockage ? Qui fixe les tarifs d'achats et de vente des fourrages qui transitent ? Qui prend en charge les frais de distribution ? Autant de questions qui nécessitent des discussions entre les différents partenaires déjà présents autour de la table dans le projet GABIR. Les choix qui en découleront auront un impact fort sur l'organisation des flux de fourrage et l'efficacité de la future filière fourragère.

L'utilisation de la modélisation spatialisée a montré sa pertinence pour l'étude de scénarios prospectifs visant la structuration des flux de fourrages à l'échelle d'un territoire. Ce type d'approche nécessite cependant un jeu de données important qu'il est

souvent difficile de produire, et s'avère donc difficile à généraliser. Un des enjeux du projet GABIR était justement de fournir un recensement précis des flux de biomasses à l'échelle de La Réunion, tenant compte des lieux de production et de distribution. Parmi la richesse des données recensées, plusieurs ont cependant été obtenues à dire d'experts (notamment les consommations de fourrages). La comparaison des scénarios étant réalisée à toutes valeurs égales, les conclusions du travail demeurent informatives. Cependant, une analyse de sensibilité réalisée sur le simulateur permettrait d'estimer les biais obtenus sur les valeurs globales (notamment sur les quantités de fourrages produites et transportées). Pour compléter l'évaluation des bilans fourragers à l'échelle de l'île, une réflexion complémentaire devra également être menée pour tenir compte de la qualité des fourrages produits, et non uniquement la quantité telle que présentée dans cette étude. Le CIRAD et l'ARP possèdent des jeux de données conséquents de la valeur alimentaire des fourrages réunionnais couvrant la diversité des espèces fourragères et des contextes pédoclimatiques de l'île (Miralles-Bruneau *et al.*, 2018 ; Pelletier and Miralles-Bruneau, 2019) qui pourraient être valorisés dans ce sens.

L'élaboration des scénarios a été mise en discussion avec les acteurs réunionnais. Les scénarios ont porté sur des leviers techniques globalement déjà identifiés par l'ARP, et pour lesquels des références étaient de fait disponibles mais souvent à l'échelle de la parcelle. Les résultats de simulation ont ainsi pu illustrer des estimations des effets de la mise en œuvre des scénarios à des échelles supra, notamment à l'échelle de zones logistiques et à l'échelle de l'île de La Réunion. Ces résultats, obtenus à différentes échelles, ont été mobilisés dans une étude de faisabilité technico-économique de développement d'une filière fourrage, portée par l'ARP, et financée par l'ODEADOM (Leleux *et al.*, 2020). Plusieurs scénarios ont été co-construits par les acteurs lors d'ateliers (coopératives, chambre d'agriculture, producteurs de foin, éleveurs, DAAF, conseil départemental), et ont intégré les aspects logistiques, financiers et réglementaires de la mise en œuvre d'une telle filière. Les discussions ont abouti à la validation de certaines options : calendrier de mise en place à 3-5 ans, proposition chiffrée de financement (Bourjea et Leleux, 2020). A ce jour, des accords financiers entre les différents acteurs n'ont pas encore été conclus concernant l'avance de la trésorerie, et les coopératives comptent encore fortement sur l'ARP pour la mise en œuvre des leviers techniques.

Le simulateur développé dans le cadre de cette étude n'avait pas vocation à être utilisé directement par les acteurs, mais la démarche globale a permis de fournir des éléments qualitatifs et quantitatifs pour mener des réflexions. A l'échelle de l'île, la circularité des flux de biomasse, dont les flux de fourrages, continue d'être étudiée à partir d'une version enrichie du

simulateur dans une thèse financée par l'Ademe (Kleinpeter *et al.*, 2021b).

4. Conclusion et perspectives

L'analyse du bilan fourrager réalisée dans cette étude a montré une sous-valorisation de l'herbe sur pied en saison des pluies en particulier et conduisant à des tensions autour de la disponibilité des fourrages conservés notamment en saison sèche. Les bilans saisonniers sont également contrastés selon les sous-régions de l'île du fait d'une forte variabilité spatiale et temporelle de l'offre et de la demande en fourrages. Ces résultats appuient la démarche de réflexion de l'ARP autour de la nécessité d'une structuration des flux de fourrages entre producteurs et consommateurs. Cependant, si la mobilisation des exploitations déjà organisées « en filière » de commercialisation dans la structuration d'une filière de fourrages semble acquise, l'importance de l'élevage informel dans la demande en fourrages peut s'avérer être une difficulté dans l'organisation d'une telle structuration.

Cette étude a permis d'estimer l'importance des flux de fourrages (en nombre, en distance parcourue et en volume) entre agriculteurs et entre zones géographiques de l'île de La Réunion. Cette spécificité, liée à une spécialisation des territoires, montre l'intérêt de mettre en place une filière de fourrages structurée. Elle pourrait, d'une part, permettre d'avoir une vision d'ensemble de l'offre et de la demande à l'échelle de l'île, et de mieux administrer les flux afin de réduire les coûts dus au transport et à la spéculation, et d'autre part, permettre un approvisionnement facilité et plus accessible pour les éleveurs. Une filière structurée permettrait également de remettre la qualité au centre des préoccupations en pratiquant par exemple des prix incitatifs à la qualité. En effet, lors d'entretiens avec les partenaires des filières de bovins allaitants et équines notamment, la faible qualité des fourrages a été abordée. Travailler sur l'amélioration de la qualité pourrait s'avérer être un levier intéressant à mobiliser et semblerait fondamentale pour l'adhésion des éleveurs. A l'échelle de l'île, cela permettrait à la fois de réduire la dépendance aux aliments concentrés importés, et d'améliorer les performances individuelles des animaux et des exploitations.

Pour conclure, le disponible fourrager sur l'île de la Réunion est influencé par le climat, mais aussi par d'autres facteurs tels que la gestion des surfaces fourragères et les modèles dominants de systèmes d'élevages. Il existe des leviers techniques concernant les pratiques de gestion qui pourraient permettre d'améliorer l'autosuffisance fourragère de l'île et sa résilience face aux aléas climatiques. Mais ces leviers ne représentent qu'une partie de la solution et la problématique doit être réfléchi en articulant changement de pratiques à l'échelle de la parcelle et organisation de la filière à l'échelle de l'île. Si la mise en place d'une filière structurée pourrait permettre de

sécuriser l'approvisionnement des élevages, d'autres pistes d'amélioration telles que la diversification des espèces fourragères, des solutions technologiques de séchage, ou une transition des systèmes d'élevage pourraient être mobilisées pour une meilleure valorisation de la ressource disponible.

Enfin, cette étude confirme que la production fourragère de l'île peut potentiellement couvrir les besoins actuels des élevages d'herbivores (Leuleu, 2016; Scherrer, 2018) et au final aujourd'hui peu d'éleveurs détenteurs de prairies valorisent au maximum leurs surfaces fourragères. Chez une grande majorité des acteurs rencontrés lors de cette étude, il existe un verrou d'ordre politico-économique au changement de pratique et à l'innovation dans les élevages de l'île qui limite la valorisation des prairies (Marblé *et al.*, 2018). L'observatoire de la croissance de l'herbe mis en place permettra d'alimenter les réflexions sur les pratiques de pâturage et de fauche adaptées en estimant plus précisément la disponibilité des biomasses.

L'ensemble des résultats de cette étude ont été valorisés dans le cadre d'une étude de faisabilité technico-économique de développement d'une filière fourrage. Des scénarios de mise en œuvre ont été discutés et validés par les différentes parties prenantes.

Article accepté pour publication le 07 mars 2022

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blanfort V., (2000). « Le contexte écologique », in: L'élevage bovin à la Réunion : Synthèse de quinze ans de recherche. *Repères*. CIRAD, Montpellier, pp. 35–42.
- Blanfort V., (1998). « Agroécologie des pâturages d'altitude à l'île de la Réunion : pratiques d'éleveurs et durabilité des ressources herbagères dans un milieu à fortes contraintes ». (thesis). CIRAD-EMVT.
- Blanfort V., Thomas P., Fontaine O., Riviere E., (2000). « La gestion agroécologique des prairies », in: L'élevage bovin à la Réunion : Synthèse de quinze ans de recherche. *Repères*. CIRAD, Montpellier, pp. 129–163.
- Bourjea R., Leleux M., (2020). « Banque fourragère : négoce de fourrage (Rapport d'expertise) ». *BRL ingénierie*; 3A Conseil, Sainte Clotilde, La Réunion.
- Charvet S., (2012). « Pratiques d'alimentation des caprins allaitants à La Réunion ». *Mémoire de fin d'Etude* ENSAT. CIRAD.
- Choisis J-P., Grimaud P., Lassalle C., (2009). « Pratiques d'élevage dans les exploitations bovines allaitantes conduites sur pâturage dans les Hauts de la Réunion ». *INRA Productions animales*, 22, pp. 345–354.
- Clicanoo.re « Pas d'élevage sans fourrage ! » 18 Mai 2002. [En ligne] <https://www.clicanoo.re/node/382175> [consulté le 10/07/2019].
- Degenne P., Lo Seen D., (2016). « Ocelet: Simulating processes of landscape changes using interaction graphs ». *SoftwareX*, 5:89-95.
- Dupuy S., Gaetano R., (2019). « Production des cartes de l'occupation du sol agricole à la Réunion à partir d'images satellites 2016 – 2019 - Rapport méthodologique ». *Saint Pierre* : CIRAD-ES-UMR TETIS, 61 p.
- Fontaine O., Niobe D., Shitalou E., Fontaine D., Choisis J.-P., (2008). « Hindouisme et sacrifice de boucs à l'île de la Réunion ». *Ethnozootecnie* (85), 18 p.
- Grimaud P., Thomas P., (2002). « Diversité des rations à base de graminées et gestion des prairies en élevage bovin sur l'île de la Réunion ». *Fourrages*, 169, pp. 65–78.

- IDELE, (2013). « Référentiel bovin viande île de la Réunion ». Disponible sur : " <http://www.odeadom.fr/wp-content/uploads/2013/10/Referentiel-modulaire-Bovins-Viande-Reunion-2013.pdf>"
- Kleinpeter V., Vayssières J., Degenne P., Choisis J.P., Wassenaar T., Lo Seen D., Vigne M., (2021a). « Multiple on-going industrial symbiosis initiatives for a transition to a circular agri-food system on a tropical insular territory ». In : Global Research Alliance (GRA) Circular Food Systems Network kick-off workshop, June 22-23, Wageningen, Netherlands, oral presentation (virtual), 6 p.
- Kleinpeter, V., Vayssières, J., Degenne, P., Choisis, J.P., Vigne, M., (2021b). « Contribution de l'agriculture à la circularité des nutriments au sein du métabolisme d'un territoire insulaire : cas de l'île de la Réunion ». In : *Congrès de l'AFEP*, June 29-July 2, Toulouse, France, oral presentation (virtual), 2 p.
- Leleux M., (2016). « Etude prospective sur la ressource fourragère (Rapport d'expertise No. 3) ». *BRL ingénierie*, La Réunion.
- Leleux M., Lafont E., De Abreu B., Lavenus R., Fischer S., Bourjea R., Charlanes H., Dominique O., (2020). « Filière fourrage à la Réunion : étude de faisabilité technico-économique de développement d'une filière fourrages (Rapport d'expertise) ». *BRL ingénierie*; 3A Conseil.
- Lorré F., (2019). « Evaluation du disponible fourrager à l'échelle de l'île de la Réunion et leviers pour une meilleure valorisation des surfaces fourragères ». *Mémoire ingénieur*, ESA, Angers, 60 p.
- Magnier J., (2019). « Evaluation de la consommation fourragère à La Réunion, construction et simulation de scénarios d'organisation d'une « filière fourrage » ». *Mémoire ingénieur*, ESA, Angers, 52 p.
- Mandret G., Hassoun P., Paillat J.-M., Tillard E., Blanfort V., (2000). « L'élevage bovin à la Réunion : Synthèse de quinze ans de recherche ». Montpellier : CIRAD, 396 p. (Repères : CIRAD) ISBN 2-87614-374-7
- Marblé Y., Aubron C., Vigne M., (2018). « Le développement des hauts de la réunion par l'élevage bovin laitier : un modèle à bout de souffle ». *Géocarrefour*, vol 92, no 92/3 (2018)
- Miralles-Bruneau M., Pellier Y., Forget D., (2018). « Le laboratoire d'analyse des fourrages : Résultats d'analyses » 2014-2017. 'p.
- Miralles-Bruneau M., Pellier Y., Pierre P., Tillard E., Delaby L., (2022). « Le premier observatoire de la croissance de l'herbe en Outre-Mer : présentation du dispositif de la Réunion et des premiers résultats ». *Fourrages* 249 (ce numéro)
- Pellier Y., Miralles-Bruneau M., (2019). « Laboratoire des Fourrages : résultats 2019 ». 4p. Disponible sur : http://arp.re/wp-content/uploads/LT_ResultatsLaboFourrages19.pdf
- Scherrer L., (2017). « Caractérisation des élevages bovins allaitants réunionnais par leurs pratiques et stratégies fourragères en vue d'améliorer le suivi et le conseil de ces exploitations » *Mémoire de fin d'étude*. ISTOM, CIRAD, Saint Pierre - La Réunion.
- Thomas P., Barbet-Massin V., Grimaud P., Michon A., (2004). « Guide technique pour la création et la valorisation des prairies à la Réunion ». Plaine des Cafres, UAFP-CIRAD, 106 p.
- Tillard E., Miralles-Bruneau M., Pellier Y., Pierre P., Cogranne T., Soetens C., Laurent L., Gimenez B., Garcia Q., Texier J., Averna J., Delaby L., (2022). « La densité des couverts herbacés à l'île de La Réunion : Facteurs de variation et proposition d'une grille saisonnière ». *Fourrages* 249 (en révision).
- Vayssières J., Rufino M.C., (2012). « Managing nutrients cycles in crop and livestock systems with green technologies ». In: Arcand Y. & Boye J.I. (Eds), *Green Technologies in Food Production and Processing*. Springer, New York, USA, p 151-182.