

**Inventaire et quantification des flux de biomasses locales
valorisées ou valorisables en agriculture à La Réunion**



Kleinpeter Vivien, Vayssières Jonathan, Alison Chloé,
van de Kerchove Virginie, Degenne Pascal, Vigne Mathieu

Préambule

Cette étude menée par Vivien Kleinpeter a été réalisée dans le cadre du projet GABiR (Gestion Agricole des biomasses à l'échelle de La Réunion), projet lauréat de l'appel à projets CASDAR Innovation et Partenariat 2016 financé par le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Une première phase du projet a consisté à réaliser un inventaire géoréférencé des acteurs détenteurs de biomasses et des biomasses en question. Cette phase a été pilotée par la Fédération Régionale des Coopératives Agricoles (FRCA, Chloé Alison). Une deuxième phase a consisté à caractériser les flux de biomasses. Cette phase a été pilotée par la Chambre d'agriculture (Virginie van de Kerchove). Cette étude s'appuie pour partie sur des informations issues de stages réalisés par la FRCA (Alice Berthet), la Chambre d'agriculture (Agathe Deulvot, Gentiane Maillet) et le Cirad (Claire Gaffier, Joachim Thiébaud, Mélanie Texier). Ce rapport technique est un des résultats conjoint de ces deux phases du projet.

Comment citer ce document :

Kleinpeter V., Vayssières J., Alison C., van de Kerchove V., Degenne P., Vigne M., 2019. Inventaire et quantification des flux de biomasses locales valorisées ou valorisables en agriculture à La Réunion. Rapport technique du projet GABiR, 68 p.

Copyright des photos de la page de garde :

François Guerrin (camion de paille de canne), Fanny Lorré (chantier d'enrubannage), Pascal Degenne (plateforme de traitement de déchets verts), UR Recyclage et Risque (épandage de lisier).

Partenaires du projet GABiR



Résumé

L'agriculture réunionnaise dépend fortement des importations, notamment d'aliments pour animaux et d'engrais minéraux et de synthèse (respectivement environ 222 000 et 30 000 tonnes de matière brute par an). L'hypothèse est qu'une utilisation accrue des biomasses locales pourrait améliorer l'autonomie du secteur agricole et réduire les émissions de gaz à effet de serre dû au transport d'intrants. Cette étude inventorie l'ensemble des produits, co-produits et déchets de l'île qui sont valorisés ou valorisables en agriculture ainsi que leurs origines et leurs destinations. Les transferts de ces biomasses répertoriées concernent potentiellement près de 8000 acteurs issus du secteur agricole (dont environ 7500 chefs d'exploitation agricole et co-exploitants), de la filière forêt-bois, du milieu urbain, agroalimentaire et industriel, de la production d'intrants agricoles pour les sols et les litières animales et de la production d'énergie. En aval de l'ensemble des flux annuels de biomasses locales, la somme des quantités utilisées en productions animales et végétales est de près de 271 000 t de matière sèche (MS) (83% du total), 41 700 t MS sont éliminées (13%) et 12 500 t MS sont utilisées par le secteur urbain (4 %). Aussi, parmi les biomasses locales utilisées par les élevages et les cultures, 62 % proviennent directement de ces mêmes activités agricoles, 13 % du secteur agroalimentaire et industriel, 9 % des producteurs d'intrants agricoles pour les sols et les litières animales, 8% du secteur urbain et 8% du secteur de la production d'énergie. Les perspectives d'accroissement de la part de biomasses locales utilisée en agriculture se portent aujourd'hui principalement sur les biomasses éliminées. Ces biomasses étant de plus en plus valorisées en agriculture, la voie s'ouvre pour de nouveaux leviers d'actions : (i) un équilibrage de l'offre et de la demande au niveau des sols, des plantes et des animaux et (ii) la réduction des pertes de nutriments de la production à l'utilisation. Cela amène à envisager de nouvelles réflexions et analyses via une vision plus complète et intégrée à l'échelle de l'île, notamment en convertissant les flux en nutriments et en incluant dans l'analyse les flux à destination de l'alimentation humaine, les intrants agricoles importés et les exportations de produits agricoles.

Mots clés : biomasse, inventaire, flux, agriculture, La Réunion, valorisation, bioéconomie, économie circulaire

Summary

Agriculture in La Réunion island is highly dependent on imports, including animal feeds and fertilizers (respectively around 222 000 and 30 000 tons of fresh matter per year). The hypothesis is that an increased use of local biomass could improve the autonomy of the agricultural sector and reduce greenhouse gas emissions due to the transport of inputs. This study inventories all the products, co-products and wastes on the island that could be or are valorized in agriculture as well as their origins and destinations. These biomasses are transferred between nearly 8000 stakeholders from the sectors of agriculture (including about 7500 farmers), urban, agro-food and industrial, forest and wood, production of agricultural inputs for soils and animal litter and production of energy. Downstream of all yearly flows of local biomass, the sum of quantities used in animal and plant productions is close to 271 000 tons of dry matter (t DM) (83% of the total), 41 700 t DM are eliminated (13 %) and 12,500 t DM are used by the urban sector (4%). Also, among the local biomass used by livestock and crops, 62% comes directly from these same agricultural activities, 13% from the agri-food and industrial sector, 9% from agricultural input producers for soils and animal litter, 8 % of the urban sector and 8% of the energy production sector. The prospects for increasing the share of local biomass used in agriculture can be mainly focused on eliminated biomasses. As these biomasses are currently in the process of being valorized in agriculture, the long-term future levers of action seem to be finally more possible by (i) a balance of supply and demand in soils, plants and animals, and (ii) reducing nutrient losses from production to use. This leads to new thought and analysis through a more comprehensive and integrated vision on the scale of the island, especially by converting matter into nutrients and including in the analysis flows for human consumption, imported agricultural inputs and exported agricultural products.

Mots clés : biomass, inventory, flux, agriculture, La Réunion, recycle, bioeconomy, circular economy

Abréviations

AAI	Agroalimentaire et industriel
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ADIR	Association pour le Développement Industriel de La Réunion
AGORAH	AGence pour l'Observation de La Réunion, l'Aménagement et l'Habitat
AGRESTE	Marque de publication du service SSP du ministère chargé de l'agriculture
ARP	Association Réunionnaise de Pastoralisme
ARS	Agence Régionale de Santé
AVIPOLE	Coopérative (SCA) de producteurs de volaille de chair
BOS	Base d'occupation du Sol
CFS	Coopérative des Fermiers du Sud (producteurs de volaille de chair)
Cirad	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CORPEN	Comité d'ORientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'ENVironnement
CPLR	Coopérative des Producteurs de Lapins de La Réunion
CPME	Confédération des Petites et Moyennes Entreprises
CPPR	Coopérative des Producteurs de Porcs de La Réunion
CTEEGI	Coopérative de Traitement des Effluents d'Élevage de Grand Ilet
DAAF	Direction de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
DAE	Déchets d'Activités Economiques
DEAL	Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DMA	Déchets Ménagers et Assimilés
EDE	Etablissement Départemental d'Élevage
EPCI	Etablissement Public de Coopération Intercommunale
FRCA	Fédération Régionale des Coopératives Agricoles
GAB	Groupement des Agriculteurs Biologiques
GABiR	Gestion Agricole des Biomasses à l'échelle de l'île de La Réunion
GMS	Grandes et Moyennes Surfaces
ILEVA	Syndicat mixte de traitement des déchets du Sud et de l'Ouest de La Réunion
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
ISDND	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
MAA	Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (depuis mai 2017)
MAAF	Ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (juin 2012 - avril 2014)
MB	Matière Brute
MODECOM	MéthODE DE Caractérisation des Ordures Ménagères

MS	Matière Sèche
MVAD	Mission de Valorisation Agricole des Déchets
NAF	Nomenclature d'Activité Française
NFU	Norme Française des matières et objets utilisés en agriculture
ONF	Office National des Forêts
OVICAP	coopérative OVIn CAPrin
PRPGD	Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets
RGA	Recensement Général Agricole
RPG	Registre Parcellaire Graphique
SAFER	Sociétés d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural
SCA	Société de Coopérative Agricole
SCEA	Société Civile d'Exploitation Agricole
SICA	Société d'Intérêt Collectif Agricole
SICALAIT	SICA des producteurs de lait de La Réunion (coopérative bovins lait)
SICAREVIA	SICA REunion VIAnde (coopérative bovins allaitants)
SPL	Société Publique Locale
SRB	Schéma Régional Biomasse
SSP	Service de la Statistique et de la Prospective du ministère chargé de l'agriculture
STEU	Station de Traitement des Eaux Usées
SYDNE	SYndicat intercommunal de traitement des Déchets du Nord et de l'Est
UGB	Unité Gros Bétail
Urcoopa	Union Réunionnaise des Coopératives Agricoles

Glossaire :

Bioéconomie :

La bioéconomie englobe l'ensemble des activités liées à la production, à l'utilisation et à la transformation de bioressources ([MAAF, 2017](#)).

Bioéconomie durable :

La bioéconomie durable économise des ressources et contribue également à d'autres services écosystémiques : le stockage de carbone, le cycle de l'eau, la biodiversité, la valorisation des déchets produits par les ménages, les entreprises ([ADEME, 2018](#)).

Bioressources ou biomasses :

Le terme bioressources – ou encore biomasses – inclut l'ensemble des matières d'origine biologique (à l'exclusion des matières fossilisées comme le pétrole ou le charbon). Les végétaux terrestres, les algues, les animaux, les micro-organismes, les biodéchets produisent ou constituent des bioressources. Les bioressources sont directement ou indirectement issues de la photosynthèse et sont renouvelables ([MAAF, 2017](#)).

Le terme biomasse inclut ainsi les matières issues de matière biologique telles que les cendres.

Biomasse valorisée ou valorisable en agriculture :

Dans ce rapport, une biomasse valorisée en agriculture est une biomasse utilisée comme alimentation animale, litière animale, engrais, amendement, support de culture, paillage des sols ou comme substrat pour la création et l'entretien de parcelles. Une biomasse valorisable en agriculture est une biomasse non valorisée et considérée comme pouvant être mobilisable pour une valorisation agricole.

Biodéchets des Déchets d'Activités Economiques (DAE) des « gros producteurs » en collecte privée et Déchets Ménagers et Assimilé (DMA)

Au sens de l'[article R541-8 du code de l'environnement](#), un déchet d'activités économiques (DAE) est « tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur initial n'est pas un ménage » et un déchet ménager est « tout déchet, dangereux ou non dangereux, dont le producteur est un ménage ». Au sens du même [article R541-8 du code de l'environnement](#), un biodéchet est « tout déchet non dangereux biodégradable de jardin ou de parc, tout déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine issu notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que tout déchet comparable provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires ».

Les déchets ménagers sont collectés par le service public. Les DAE sont collectés soit par le service public soit par des opérateurs privés. Les DAE en collecte publique correspondent à la part « assimilée » des déchets ménagers et assimilés (DMA).

Les déchets collectés peuvent ainsi être divisés en deux catégories : les DMA et les DAE en collecte privée.

Lorsqu'il s'agit de biodéchets, la collecte par les opérateurs privés correspond la part produite par les « gros producteurs ». L'[article L541-21-1 du code de l'environnement](#) indique en effet que « les personnes qui produisent ou détiennent des quantités importantes de déchets composés

majoritairement de biodéchets sont tenues de mettre en place un tri à la source et une valorisation biologique ou, lorsqu'elle n'est pas effectuée par un tiers, une collecte sélective de ces déchets pour en permettre la valorisation de la matière de manière à limiter les émissions de gaz à effet de serre et à favoriser le retour au sol. »

Il est à noter que le seuil minimum pour qu'un producteur de biodéchets soit considéré comme « gros producteur », et doit ainsi respecter l'[article R. 543-225 du code de l'environnement](#) (collecte hors service public et obligation de valorisation), est passé de 120 tonnes MB en 2012 à 10 tonnes MB en 2016 ([arrêté du 12 juillet 2011 fixant les seuils définis à l'article R. 543-225 du code de l'environnement](#)).

Dans ce rapport le terme DAE est toujours utilisé pour faire référence aux biodéchets des DAE se trouvant dans les réseaux de collecte (privés ou publics). Le terme DAE n'est pas utilisé dans ce rapport pour les autres biodéchets des DAE, notamment de l'agriculture, tels que les effluents d'élevage ou les supports de culture usagés.

Ecologie industrielle et territoriale :

L'écologie industrielle et territoriale consiste, sur la base d'une quantification des flux de ressources, et notamment des matières, de l'énergie et de l'eau, à optimiser les flux de ces ressources utilisées et produites à l'échelle d'un territoire pertinent, dans le cadre d'actions de coopération, de mutualisation et de substitution de ces flux de ressources, limitant ainsi les impacts environnementaux et améliorant la compétitivité économique et l'attractivité des territoires ([loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte](#)).

Economie circulaire :

Système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien-être des individus ([ADEME, 2014](#)).

Engrais minéraux, engrais de synthèse, engrais organo-minéraux :

Le terme « engrais minéraux » fait référence dans ce rapport au phosphore et au potassium issus d'extractions (minières ou salines). Le terme « engrais de synthèse » fait référence aux engrais azotés produits par synthèse chimique (issus du procédé Haber-Bosch). A noter que les engrais azotés de synthèse peuvent être inorganique ou organique (N uréique de synthèse). Pour faciliter la lecture du document, le terme « organo-minéral » inclut les engrais organiques avec ajout d'engrais de synthèse.

Intrant agricole :

Le terme « intrant agricole » fait référence dans ce rapport aux aliments pour animaux, litières animales, engrais, amendements, supports de culture, paillages des sols et substrats pour la création et l'entretien de parcelles. Les résidus de cultures en retour au sol direct sur les parcelles ne sont pas considérés dans cette terminologie.

Produit, co-produit, déchet :

Le terme « produit » fait référence dans ce rapport à une biomasse issue d'une activité dont le but premier est la production de cet élément. A noter que la production principale de l'activité n'est pas toujours une biomasse.

Le terme « co-produit » fait référence dans ce rapport aux biomasses qui ne sont ni des produits, ni des déchets. Il s'agit ainsi au sens de l'[article L541-4-2 du Code de l'environnement](#) des biomasses issue d'une activité dont le but premier n'est pas la production de celle-ci et qui remplissent les conditions suivantes : (i) l'utilisation ultérieure est certaine, (ii) elle peut être utilisée directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes, (iii) elle est produite en faisant partie intégrante d'un processus de production, (iv) elle répond à toutes les prescriptions relatives aux produits, à l'environnement et à la protection de la santé prévues pour l'utilisation ultérieure, (v) elle n'aura pas d'incidences globales nocives pour l'environnement ou la santé humaine.

Le terme « déchet » fait référence dans ce rapport à la définition donnée dans l'[article L.541-1-1 du Code de l'environnement](#), à savoir « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit, ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que le détenteur destine à l'abandon ».

Table des matières

Introduction.....	11
1 Méthodologie	12
1.1 Cadre conceptuel.....	12
1.2 Identification des acteurs et des biomasses	17
1.3 Identification des unités et des activités.....	19
1.4 Caractérisation et quantification des flux de biomasses.....	19
2 Résultats	22
2.1 Les acteurs, leurs unités et leurs activités.....	22
2.2 Les biomasses valorisées ou valorisables en agriculture	25
2.3 Les flux de biomasses	26
3 Discussion	36
3.1 Incertitudes et amélioration possible de la quantification	36
3.2 Vers une réduction du tonnage de biomasses éliminées	38
3.3 Quelles perspectives pour l'agriculture réunionnaise ?.....	39
3.4 Vers une vision plus complète et intégrée des flux à l'échelle de l'île.....	42
Conclusion	44
Bibliographie.....	45
Annexes	47

Introduction

L'économie réunionnaise et l'autonomie alimentaire de l'île de La Réunion sont fortement dépendantes des importations d'intrants agricoles. Pour produire localement, ce sont en 2018 près de 30 000 tonnes d'engrais minéraux et de synthèse (DAAF La Réunion - douanes, 2019) et près de 200 000 tonnes d'aliments (Urcoopa, 2019) qui ont été importés pour fertiliser les sols et nourrir les élevages réunionnais. Aux enjeux économiques et d'autonomie que posent ces importations, s'ajoutent également des enjeux environnementaux tels que la réduction des émissions de gaz à effet de serre liées à la production et au transport de ces intrants, et la réduction des risques de pollutions des eaux de surface et des lagons. En effet, La Réunion est actuellement un puits de nutriments résultant d'une balance import - export de nutriments positive : face aux importations cités et en y ajoutant les denrées alimentaires, les seules importantes exportations sont environ 200 000 tonnes annuelles de sucre qui ne contient pas d'azote, de phosphore et de potassium et 2 700 tonnes annuelles de fruits et légumes (DAAF La Réunion, 2018).

Pour fertiliser leurs sols et nourrir leurs animaux, les agriculteurs de La Réunion n'utilisent pas uniquement des intrants importés : une partie des nutriments provient de biomasses locales. Ces biomasses sont produites directement par les agriculteurs (tels que les fourrages issus des prairies, la paille de canne, les effluents d'élevage, etc.) ou par des acteurs d'autres secteurs (tels que les écumes des sucreries, les déchets verts urbains, etc.). Qu'elles soient des produits, des co-produits ou des déchets, les biomasses qui circulent sur le territoire réunionnais et qui sont valorisables en agriculture ont aujourd'hui plusieurs destinations. En plus d'une destination agricole, elles sont également in fine utilisées par d'autres secteurs d'activités ou éliminées.

Plusieurs projets et études successifs ont été menés sur les transferts de biomasses en agriculture à La Réunion :

- quantification des déchets organiques issus de l'élevage et du milieu urbain (MVAD, 1996),
- modélisation de flux d'effluents d'élevage et des transferts de fertilité (ATP 99/60 - Guerrin et Paillat, 2003),
- référencement technico-économique des matières organiques fertilisantes (Chabalière et al., 2006),
- bilan à l'échelle de sous-commune des productions d'azote par les activités d'élevage et d'assainissement urbain vis-à-vis des besoins des cultures (DAAF et Cirad, 2007),
- bilan à l'échelle des communes des productions d'azote issues des effluents d'élevage vis-à-vis des besoins des cultures et des productions de fourrage vis-à-vis des besoins des élevages (Allo, 2015),
- ou encore démonstration de l'intérêt agronomique, socio-économique et environnemental de la gestion intégrée de l'ensemble des sources de résidus organiques sur une intercommunalité (projet GIROVAR - Wassenaar, 2015).

Dans la continuité de ces travaux, cette étude se place à l'échelle de l'île et considère les biomasses issues de l'ensemble des secteurs. Son objectif est (i) de présenter un inventaire des acteurs détenteurs des biomasses valorisées ou valorisables en agriculture et (ii) de quantifier les flux de leurs productions vers leurs utilisations (ou élimination). Elle fait partie intégrante du projet GABiR (2017-2020) sous financement CASDAR et qui vise à favoriser la valorisation agricole des biomasses locales (annexe 1).

Ce document est un premier support pour étudier à l'échelle territoriale les perspectives d'améliorations (i) de l'utilisation des biomasses locales pour l'agriculture réunionnaise et (ii) de la conservation des nutriments (notamment de l'azote) au cours de leurs cycles de leur production à leur

utilisation. Il peut servir de façon plus globale à orienter les réflexions en faveur d'une bioéconomie durable, d'une économie circulaire et d'une écologie industrielle et territoriale à La Réunion.

1 Méthodologie

1.1 Cadre conceptuel

1.1.1 Les entités d'organisation

Les entités d'organisation définies dans le cadre conceptuel sont les acteurs, les unités et les activités (figure 1).

L'entité « activité » a été définie pour rendre compte des étapes par lesquelles chaque biomasse transite de sa production à son utilisation. Cela permet, via leur typologie, de mettre pour exemple en évidence des résultats tels que la quantité de biomasse produite par les parcelles agricoles ou produisant de l'énergie ou éliminée en enfouissement. L'activité permet également d'identifier les utilisations in fine en aval de l'ensemble des flux, celles-ci n'étant pas toujours l'activité principale réalisée en ce lieu.

L'entité « unité » a été définie pour rendre de compte des résultats par secteur de l'activité principale réalisée en un endroit donné. Pour exemple, au sein d'une même usine agroalimentaire il peut y avoir à la fois la production d'un déchet issu de l'activité de production agroalimentaire, de la méthanisation d'une partie ce déchet (produisant de l'énergie) et une activité visant à éliminer l'autre partie du déchet.

Une hypothèse est que le transfert d'une biomasse entre deux unités est facilité lorsque les unités appartiennent à une même personne physique ou morale (pas d'intermédiaires, législation parfois différente, etc.). L'entité « acteur », correspondant à une personne physique ou morale, a ainsi été définie pour rendre compte de la distinction entre les flux inter-acteurs et intra-acteurs.

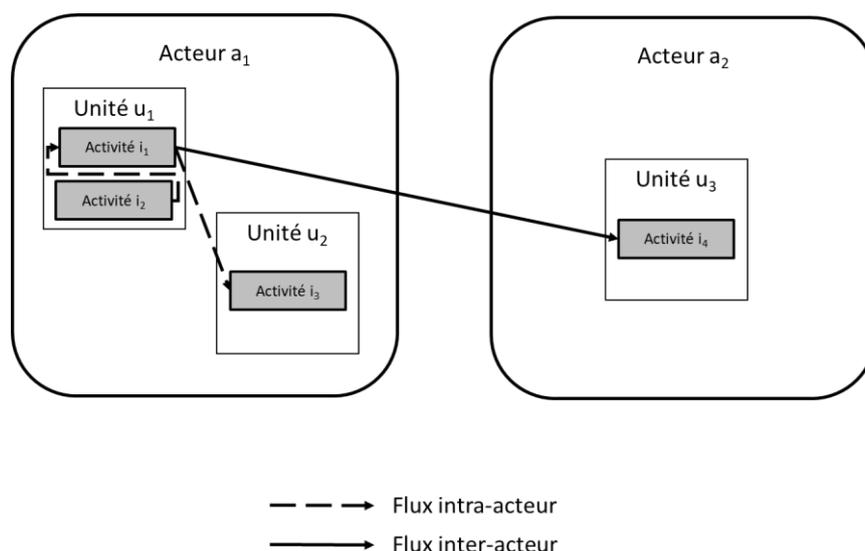


Figure 1 : exemple de liens entre entités d'organisations (acteur, unité, activité)

Les acteurs

Les acteurs considérés dans l'étude sont les personnes physiques ou morales détentrices de biomasses (ex : exploitant agricole, entreprise agroalimentaire, collectivité, etc.). L'échelle de l'acteur est celle de la prise de décision.

Les acteurs détenteurs de biomasses ont été divisés en 7 types (figure 2) : agricole, filière forêt-bois, urbain, agroalimentaire et industriel (AAI), producteurs d'intrants sols et litières, production d'énergie et extérieur.

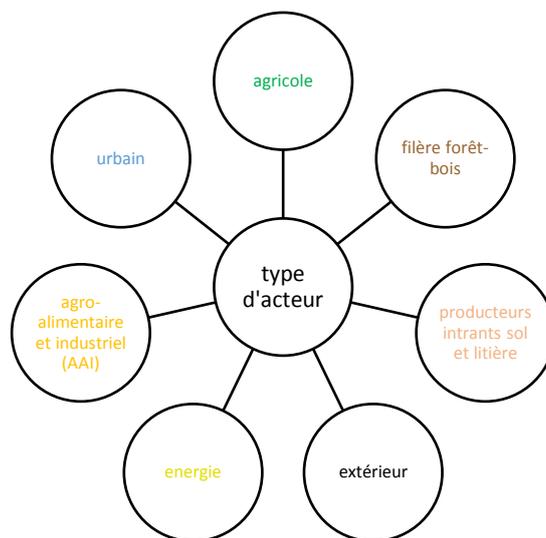


Figure 2 : types d'acteurs

Les acteurs de type agricole sont les exploitants agricoles, les pépiniéristes et les exploitants de centres équestres. Ces derniers acteurs sont souvent exclus alors qu'ils sont eux-mêmes éleveurs d'équidés ayant des similitudes de gestion des biomasses avec les autres types d'élevages (alimentations à base de fourrages et productions d'effluents).

Les acteurs de la filière forêt-bois sont les exploitants forestiers et les transformateurs de bois issus des forêts réunionnaises.

Les acteurs de type urbain sont les particuliers et les acteurs qui ont pour activité principale le traitement des déchets urbains. Concernant les plateformes de traitement de déchets, lorsqu'elles sont gérées en prestation de service, le prestataire a été considéré comme l'acteur bien qu'il ne soit pas propriétaire de la plateforme.

Les acteurs de type AAI sont ceux de l'agroalimentaire et de l'industrie. Cela inclut :

- L'agroalimentaire non industriel (boulangeries, pâtisseries, boucheries, restauration, grandes et moyennes surfaces).
- L'industrie agroalimentaire.
- L'industrie non agroalimentaire (hors industrie du bois déjà présents dans les acteurs de la filière forêt-bois).
- Les entreprises de traitement des déchets du bâtiment et travaux publics (BTP), qui ont une similitude avec l'AAI lorsqu'il s'agit de biodéchets, notamment vis-à-vis des réseaux de collecte et de la réglementation. Il s'agit pour exemple du traitement des palettes.

Si des biomasses sont identifiées comme étant collectées par un opérateur privé mais sans identification de l'acteur producteur, il sera considéré comme étant un acteur de type AAI. L'hypothèse est que les « gros producteurs » de biodéchets des déchets d'activités économiques (DAE) en collecte privée (cf. glossaire) sont pour la majeure partie des acteurs de type AAI.

Les acteurs de type producteurs d'intrants sols et litières sont les acteurs dont l'activité principale est la transformation de biomasse(s) en vue de commercialiser un ou des produits à destination des sols (engrais, amendement, support de culture) et des litières pour animaux d'élevage.

Les acteurs de type énergie ont pour activité principale la production d'énergie.

Les acteurs de type extérieur sont les acteurs destinataires des biomasses lorsque celles-ci sont exportées en dehors de l'île.

Les unités

Les unités sont les lieux de productions et/ou de consommations des biomasses (ex : exploitation agricole, usine, plateforme de traitement de déchets verts, etc.). L'échelle de l'unité est celle de la gestion. Un acteur peut posséder plusieurs unités.

Les unités ont été divisées en 7 secteurs (figure 3) représentant leur activité principale parmi les activités inventoriées qu'elles réalisent : agricole, filière forêt-bois, urbain, agroalimentaire et industriel (AAI), production d'intrants sol et litière, énergie et élimination.

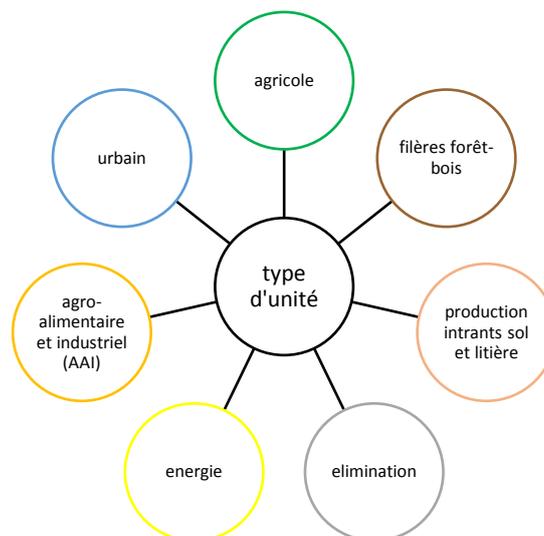


Figure 3 : type d'unités

Les activités

Les activités sont les entités à partir desquelles ont été définies les entrées et les sorties de biomasses (ex : production végétale des parcelles agricoles, méthanisation dans une usine, broyage au sein d'une plateforme de traitement de déchets verts, etc.). L'échelle de l'activité est celle de l'action. Une unité peut être composée d'une ou plusieurs activités.

Les activités ont été divisés en 10 types (figure 4) : agricole (productions végétales et animales), urbain, AAI productrice d'aliments pour animaux des exploitations, AAI hors productrice d'aliments pour

animaux des exploitations, production d'intrants pour les sols et les litières animales, production filière forêt-bois, production d'énergie, activité en vue de fournir une biomasse pour une valorisation énergétique, élimination et activité préalable à l'élimination d'une biomasse.

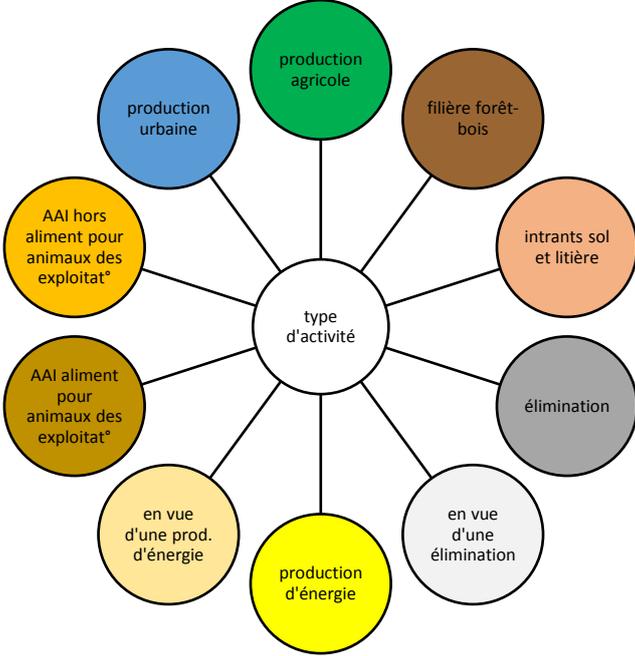


Figure 4 : type d'activités

1.1.2 Valorisation agricole et biomasses considérées

La valorisation agricole des biomasses (figure 5) correspond aux utilisations comme alimentation animale, litière animale, engrais, amendement, support de culture, paillage des sols et substrat pour la création et l'entretien de parcelles.

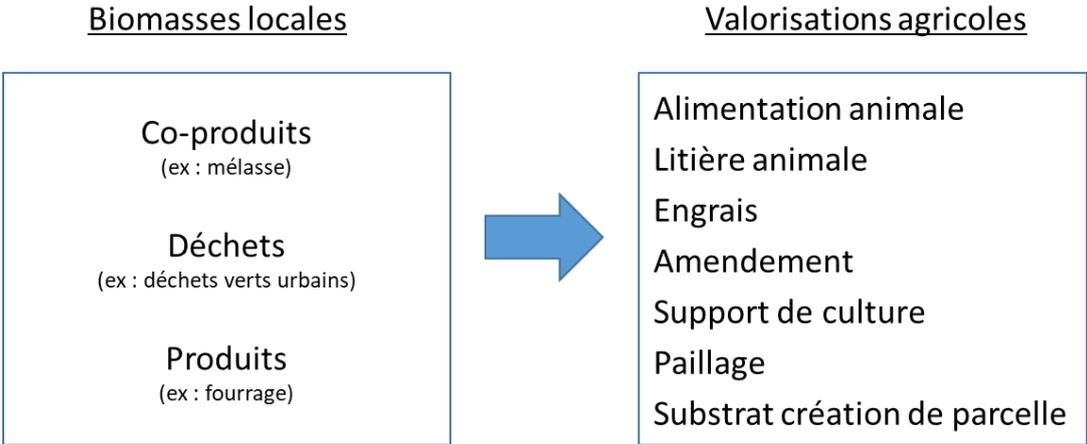


Figure 5 : biomasses locales et valorisations agricoles considérées

Les biomasses considérées dans l'étude, dites « locales », sont les produits, co-produits et déchets produits et circulant sur l'île de La Réunion et qui sont valorisées ou valorisables en agriculture. Cela exclut les biomasses importées à destination de l'agriculture. Cela exclut également le retour au sol direct des résidus de cultures. Cela inclut cependant les fertilisants produits à partir d'engrais minéraux ou de synthèse ajoutés afin d'équilibrer une biomasse vis-à-vis d'un besoin d'une culture (en N, P₂O₅ ou K₂O). Pour faciliter la lecture du document, le mot biomasse est utilisé pour désigner à la fois les biomasses et ces fertilisants « organo-minéraux locaux ».

Lorsque des engrais minéraux ou de synthèse sont ajoutés dans un processus de fabrication d'un fertilisant « organo-minéral local », ceux-ci ne sont pas comptabilisés en entrée de l'activité de production car non considérés comme une biomasse.

A noter que l'eau n'est pas considérée comme une biomasse et n'est pas comptabilisée en entrée des activités qui en consomment. Pour exemple l'eau utilisée lors de la distillation de la mélasse n'est pas comptabilisée en entrée de l'activité de production de rhum.

Les transferts peuvent être intra-activité ou entre activités, intra-unité ou entre unités, intra-acteur ou entre acteurs.

1.1.3 Les flux de biomasses

Un flux de biomasses (figure 6) est défini par son activité d'origine et de destination. Toute biomasse en entrée d'une activité a une origine et toute biomasse en sortie d'une activité a une destination. En d'autres termes un flux va toujours de la sortie d'une activité vers l'entrée d'une activité.

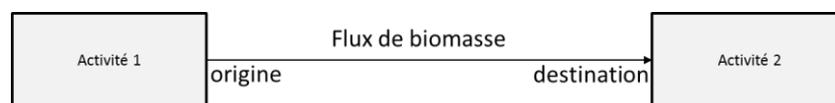


Figure 6 :représentation conceptuelle d'un flux de biomasse

Les flux en amont (figure 7) sont les « flux de départ » dont sont issus l'ensemble des flux en amont à l'échelle de l'île. Les origines des flux en amont sont les **activités en amont**, il s'agit des « points de départ » des flux.

Ces points de départ des flux sont définis de façon arbitraire en fonction de l'intérêt de remonter le flux le plus loin possible. Pour exemple, les activités de traitement des eaux usées au sein des stations de traitements des eaux usées (STEU) peuvent être choisies comme point de départ en amont des flux de boues de STEU en direction de leurs valorisations ou éliminations. Une autre option serait de considérer comme points de départ les ménages et entreprises. Il est en l'occurrence peu probable d'envisager un détournement des flux identifiés comme allant dans les STEU (législation d'obligation de traitement) et le choix des STEU comme point de départ des flux en amont de biomasses valorisées ou valorisables en agriculture semble le plus pertinent.

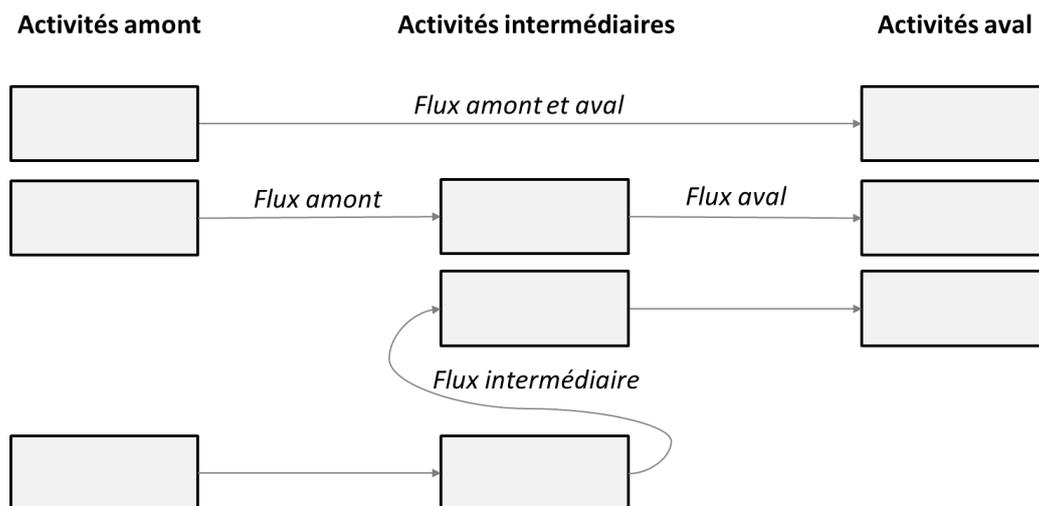


Figure 7 : représentation conceptuelle des flux de biomasses, de l'amont vers l'aval, entre les différentes activités produisant et/ou consommant des biomasses locales valorisées ou valorisables en agriculture à La Réunion.

Les flux en aval à l'échelle de l'île (figure 7) sont les flux en direction directe (i) de la valorisation agricole (sols et élevages), (ii) de la valorisation urbaine (sols et animaux de compagnie), (iii) de l'élimination (enfouissement et rejet en mer) et (iv) d'une production d'énergie sans matière en sortie (ex : combustion de bioéthanol). Les destinations des flux en aval sont les **activités en aval**.

Les activités situées entre des activités amont et aval sont des **activités intermédiaires**. Il est possible qu'un flux soit à la fois un flux amont et aval, c'est-à-dire qu'il aille directement de l'amont vers l'aval. Ce dernier ne passe ainsi par aucune activité intermédiaire.

1.2 Identification des acteurs et des biomasses

1.2.1 Acteurs agricole

Les acteurs agricoles sont dans cette étude considérés dans leur ensemble à l'échelle de l'île. Les biomasses produites par les acteurs ont été identifiées via un inventaire des productions végétales et animales présentes à l'échelle de l'île. Les productions végétales ont été inventoriées à l'aide du registre parcellaire graphique (RPG). Les différentes productions animales ont été inventoriées en consultant les organismes professionnels agricoles (OPAs), la Chambre d'agriculture et les organismes de recherche. Ceux-ci ont également été consultés pour connaître les éventuelles transformations des biomasses au sein du secteur agricole (ex : enrubannage de l'herbe).

Les biomasses consommées par les acteurs agricoles ont été identifiées en consultant des experts pour chaque type de culture et d'élevage au sein des OPAs, de la Chambre d'agriculture et des organismes de recherche. Des enquêtes réalisées auprès des agriculteurs dans le cadre du projet GABiR ont également permis de compléter cette liste.

1.2.2 Acteurs de la filière forêt-bois

Les acteurs de la filière forêt-bois ont été recensés en consultant l'Office National des Forêt (ONF) quant aux destinations agricoles du bois issu des forêts réunionnaises puis en consultant successivement les acteurs destinataires des biomasses en sortie des activités des ceux-ci. L'identification des biomasses s'est fait en consultant individuellement les acteurs.

1.2.3 Acteurs urbain

Les acteurs propriétaires-gestionnaires et prestataires de services des plateformes de traitement de déchets verts ont été identifiés en consultant les syndicats mixtes de traitement des déchets (ILEVA et SYDNE). Les STEU ont été identifiées en consultant l'Office de l'eau. Les biomasses consommées et produites par ces acteurs ont été identifiées en consultant les mêmes organismes.

1.2.4 Acteurs agroalimentaire et industriel

L'inventaire des acteurs de type AAI a été centré sur les industries agroalimentaires. L'hypothèse est qu'elles produisent et/ou consomment les plus grands tonnages de biomasses.

Les entreprises agroalimentaires ont été identifiées dans un premier temps via la base Sirene® en filtrant les établissements selon les codes de la nomenclature d'activités française (NAF) de l'institut national de la statistique et des études économiques (INSEE). Les codes NAF correspondant aux industries agroalimentaires à La Réunion sont identifiés dans l'étude sur le panorama des industries agroalimentaires à La Réunion (DAAF La Réunion - Nexa, 2013). Pour exemple, en mars 2019 (cf. annexe 2), cela correspond à 532 entreprises (numéro SIREN) et 579 établissements (numéro SIRET).

Au vu du nombre d'entreprises, la prise de contact a été priorisée selon le nombre de salariés (renseigné dans la base Sirene®). L'hypothèse est que les entreprises avec le plus grand nombre de salariés ont potentiellement les plus gros tonnages de biomasses.

Aussi, l'inventaire a été fait en partenariat avec la Fédération Régionale des Coopératives Agricole (FRCA) et l'Association pour le Développement Industriel de La Réunion (ADIR) dont plusieurs entreprises agroalimentaires sont adhérentes. Cela a facilité la prise de contact.

1.2.5 Acteurs producteurs d'intrants sols et litières

Les acteurs producteurs d'intrants à destination des sols et aux litières animales ont été identifiés en consultant les OPAs et la Chambre d'agriculture. Les biomasses ont été identifiées en consultant individuellement les acteurs.

1.2.6 Acteurs producteurs d'énergie

Les acteurs producteurs d'énergie ont été identifiés à la lecture du Schéma Régional Biomasse (SRB). Les biomasses ont été identifiées en consultant individuellement les acteurs.

1.2.7 Complément méthodologique d'identification des acteurs et des biomasses

Trois points complètent l'identification propre à chaque type d'acteur :

- (i) Pour l'ensemble des types d'acteurs, le SRB et le Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD) ont permis de compléter l'inventaire.
- (ii) Lors de la consultation des acteurs (phase d'identification des unités et des activités), de nouvelles biomasses ont été ajoutées à l'inventaire compte tenu de flux internes aux unités et encore non connus.
- (iii) Lors de l'identification des flux, les origines et les destinations des biomasses ont pu mettre en évidence des acteurs non connus.

1.3 Identification des unités et des activités

Pour des raisons de confidentialité, compte-tenu de leur grand nombre (plus de 7000) et au regard de la présence de nombreuses exploitations en polyculture – élevage, l'ensemble des unités agricoles (exploitations agricoles, pépinières, centres équestres et pensions équines) ont été regroupés en une seule unité. Toutefois, leurs activités ont été divisées en deux types : productions végétales et animales.

Les unités des acteurs urbains et leurs activités ont été identifiées individuellement en consultant les mêmes personnes ressources en même temps que la phase d'identification des acteurs et des biomasses.

Pour les autres acteurs, chacun a été contacté individuellement pour connaître les différentes unités qu'il possède et le fonctionnement interne de chacune d'elle au regard des biomasses qui y circulent.

1.4 Caractérisation et quantification des flux de biomasses

1.4.1 Informations renseignées par flux

La caractérisation d'un flux correspond à la définition de (i) son origine et de sa destination, (ii) son caractère intra- ou inter-acteur, (iii) son caractère intra- ou inter-unité et (iv) son caractère amont, aval, amont-aval ou intermédiaire vis-à-vis des flux à l'échelle de l'île. Aussi, pour chaque flux en direction des élevages, sa destination est définie selon son utilisation en alimentation animale ou en litière.

La quantification d'un flux est la définition de la quantité de biomasse transférée de l'origine vers la destination du flux défini. Il a été choisi dans l'étude que la quantité à l'origine du flux est toujours égale à la quantité en destination. Pour exemple les pertes pendant la manipulation ou le transport ne sont pas considérées. Ainsi, à l'échelle de l'île, le total des quantités de biomasses en sortie des activités est égal au total des quantités de biomasses en entrées des activités.

1.4.2 Unité de quantification

Chaque flux a été quantifié en tonnes matières brutes (MB) et en tonnes matières sèches (MS) par an. Une base de données sur la caractérisation des biomasses locales a été développée dans le cadre du projet GABiR en partenariat avec la Chambre d'agriculture. Celle-ci référence notamment pour chaque type de biomasse sa teneur en MS (%MS) et sa densité. Cette base de données a servi de base pour les conversions des flux de MB en MS et inversement selon que la donnée brute ait été fournie ou calculée en MB ou en MS. Elle a également servi pour les conversions des volumes en poids.

1.4.3 Année de référence

Les années de références pour la majeure partie des données sont 2016, 2017 ou 2018, les enquêtes de récolte de données auprès des acteurs ayant été réalisées entre mars 2017 et mars 2019.

Toutefois, les quantités d'effluents d'élevages et de fourrages s'appuient sur des données du Recensement Général Agricole (RGA) de 2010 ([Agreste - DAAF La Réunion, 2016](#)) et de la Base d'Occupation du Sol (BOS) de 2014 ([DAAF La Réunion, 2015](#)).

1.4.4 Méthodologie générale d'identification et de quantification des flux

Les flux en entrée des activités agricoles, urbaine et d'élimination ont été identifiés et quantifiés uniquement selon les informations renseignées à l'origine des flux, c'est-à-dire en sortie des activités qui vont vers l'agricole, l'urbain et l'élimination.

Les flux en sortie des activités agricoles et urbaines et des activités des producteurs de DAE en collecte privée sont décrits dans le [tableau 1](#) ci-dessous.

Les autres flux ont été identifiés et quantifiés en questionnant directement les acteurs détenteurs de biomasses. Il est possible qu'un flux ait plusieurs destinations qui inclut l'agricole, l'urbain et/ou l'élimination et que l'acteur ne connaisse pas la répartition des tonnages. Le cas échéant, un ordre de grandeur a été défini à dire d'experts (OPAs, Chambre d'agriculture, organismes de recherche, collectivités).

Tableau 1 : Méthodologie de caractérisation et de quantification des flux en sortie des activités agricole et urbaine et des activités des producteurs de Déchets d'Activités Economiques (DAE) en collecte privée

Secteur	Type de biomasse	Source
agricole	<i>Effluents d'élevage</i>	<p>La caractérisation des flux s'est faite à dire d'experts (OPAs et organismes de recherche).</p> <p>La quantification des flux s'est faite, pour chaque type d'effluent produit pour chaque catégorie d'animaux, par un calcul en multipliant les effectifs de la catégorie par la quantité d'azote annuelle rejetée par animal, puis en divisant le résultat par la teneur en azote de l'effluent.</p> <p>Les effectifs des bovins sont issus d'une extraction de la base de données de l'Etablissement Départemental d'Elevage (EDE) et ceux des autres catégories du RGA de 2010 (Agreste - DAAF La Réunion, 2016). Les quantités d'azote rejetées par animal sont issues des normes du comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (CORPEN). Les teneurs en azote des effluents sont issues de la base de données de caractérisation des biomasses créée dans le cadre du projet GABIR (Deulvot, 2018).</p>
	<i>Fourrages à destination de l'élevage</i>	Données issues de l'étude prospective sur la ressource fourragère à La Réunion (BRL-ARP, 2016).
	<i>Fibre de coco usagées</i>	La caractérisation des flux s'est faite à dire d'experts (OPAs et Qualitropic). La quantification des flux s'est faite par une estimation via une extraction de la base des douanes des importations de supports de culture en fibre de coco (DAAF La Réunion - douanes, 2019)
urbain	<i>Déchets verts transformés des DMA</i>	Consultation auprès des syndicats mixtes de traitement déchets (ILEVA et SYDNE).
	<i>Boues STEU</i>	Consultation auprès de l'office de l'eau.
	<i>Biodéchets des DMA hors déchets verts porte-à-porte</i>	Consultation auprès de l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). La quantification des flux est issue de l'étude dite « MODECOM ADEME 2018 » (MéthOde DE Caractérisation des Ordures Ménagères).
agroalimentaire et industriel	<i>Biodéchets des DAE en collecte privée</i>	<p>Une quantité de biodéchets collectés par le privé a été estimée par SYDNE (2016) pour son territoire.</p> <p>Aucune donnée n'est disponible pour le territoire d'ILEVA. Dans l'hypothèse que les biodéchets des DAE présents dans les circuits de collecte sont produits principalement par les industries agroalimentaires, un ordre de grandeur a été estimé en multipliant la quantité estimée par SYDNE proportionnellement au nombre d'industries agroalimentaires présentes sur le territoire d'ILEVA (cf. annexe 2).</p> <p>Une partie des flux de biodéchets des DAE en collectes privées a pu être géolocalisé.</p> <p>L'hypothèse retenue est que les flux non géolocalisés n'ont pas été identifiés comme étant valorisés et vont ainsi en enfouissement.</p>

2 Résultats

2.1 Les acteurs, leurs unités et leurs activités.

Les acteurs retenus dans l'étude, leurs unités et leurs activités sont inventoriés en [annexes 4, 5 et 6](#) respectivement. Pour rappel, les acteurs du secteur agricole, les particuliers et les producteurs de biodéchets collectés par le privé ont été agrégés sans géolocalisation par un point, contrairement aux autres acteurs. Certaines données non géolocalisées par un point sont cependant disponibles par zone tel que les intercommunalités et les syndicats mixtes.

Acteurs du secteur agricole

Les actifs permanents des exploitations agricoles sont estimés pour l'année 2016 à 15 232, dont 7 539 chefs d'exploitation et co-exploitants (ou associés actifs), 5 814 actifs apparentés au chef d'une exploitation individuelle et 1 880 salariés permanents ([DAAF La Réunion, 2018](#)). Le nombre d'exploitations est lui estimé pour l'année 2017 à 7000 ([DAAF La Réunion, 2018](#)).

Aussi, selon les chiffres du RGA 2010 ([Agreste - DAAF La Réunion, 2016](#)), 50% des exploitations agricoles réunionnaises ont de l'élevage et le nombre d'ateliers (bovins, équidés, chèvres, brebis, porcins, truies reproductrices, poulets chair et coqs) s'élève à environ 5 700. L'élevage est concentré dans le Sud et l'Ouest de l'île : 70% à la fois des éleveurs et des UGB se trouvent sur les territoires de la CASUD, de la CIVIS et du TCO ([Agreste - DAAF La Réunion, 2016](#)). La répartition par commune du nombre d'exploitations agricoles, du nombre d'éleveurs et du pourcentage des UGB de l'île est cartographiée en figure 8.

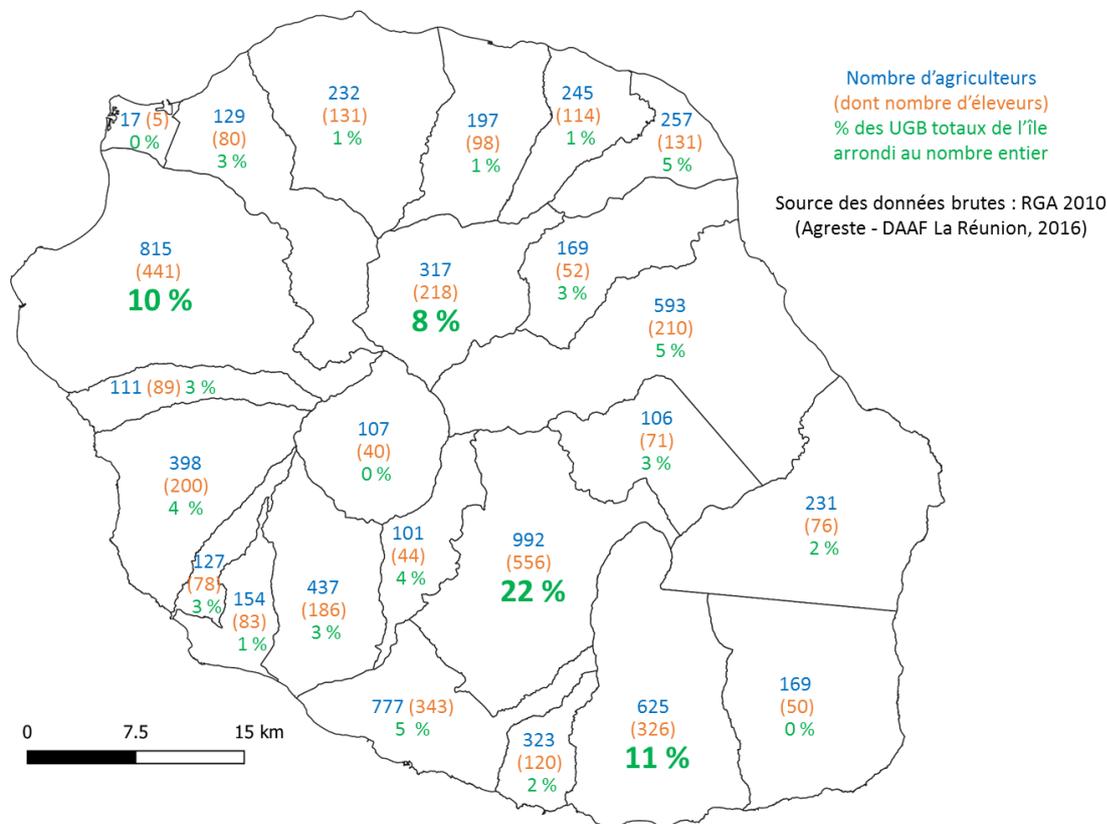


Figure 8 : Répartition par commune des exploitations, des éleveurs et des UGB (année de référence 2010)

Particuliers

La population réunionnaise millésimée 2016 recensée par l'INSEE est de 852 924 habitants (INSEE, 2016).

Producteurs de biodéchets collectés par le privé (les « gros producteurs » de DAE)

Le nombre de « gros producteurs » de biodéchets valorisables en agriculture collectés par le privé n'est pas disponible à l'échelle de La Réunion. Ils sont cependant inclus dans l'étude comme un ensemble car les quantités de biodéchets collectés par le privé ont, elles été estimées. Cependant, certains producteurs, qui font partie du type AAI, ont pu être identifiés et extraits de cet ensemble.

Autres acteurs

Les autres acteurs inventoriés dans l'étude sont au nombre de 42 (figure 9). Leurs unités géolocalisées sont au nombre de 63 (figure 10).

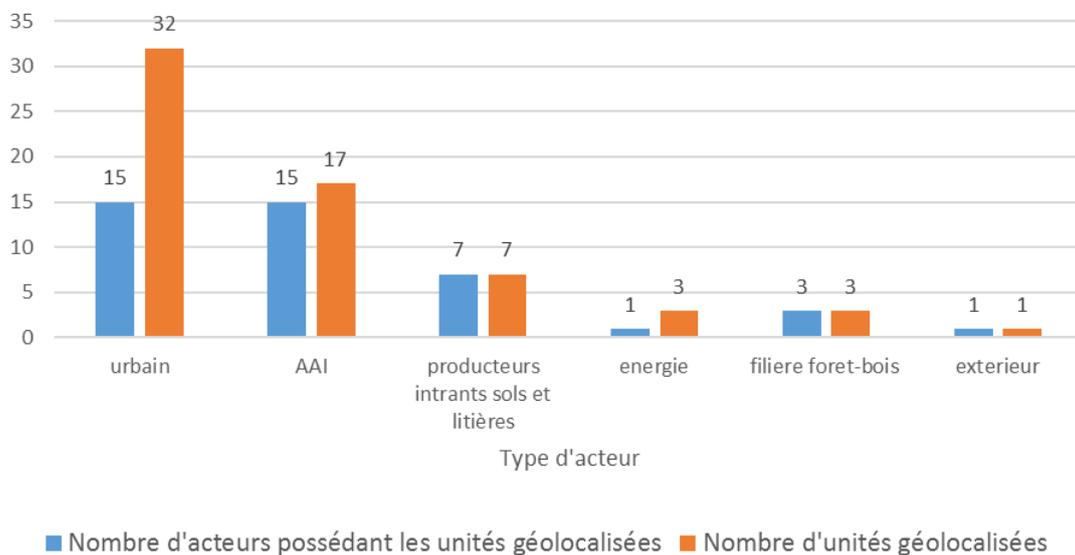


Figure 9 : Nombre d'acteurs dont les unités ont été géolocalisées et nombre d'unités distinguées détenues par ces acteurs, hors agriculture

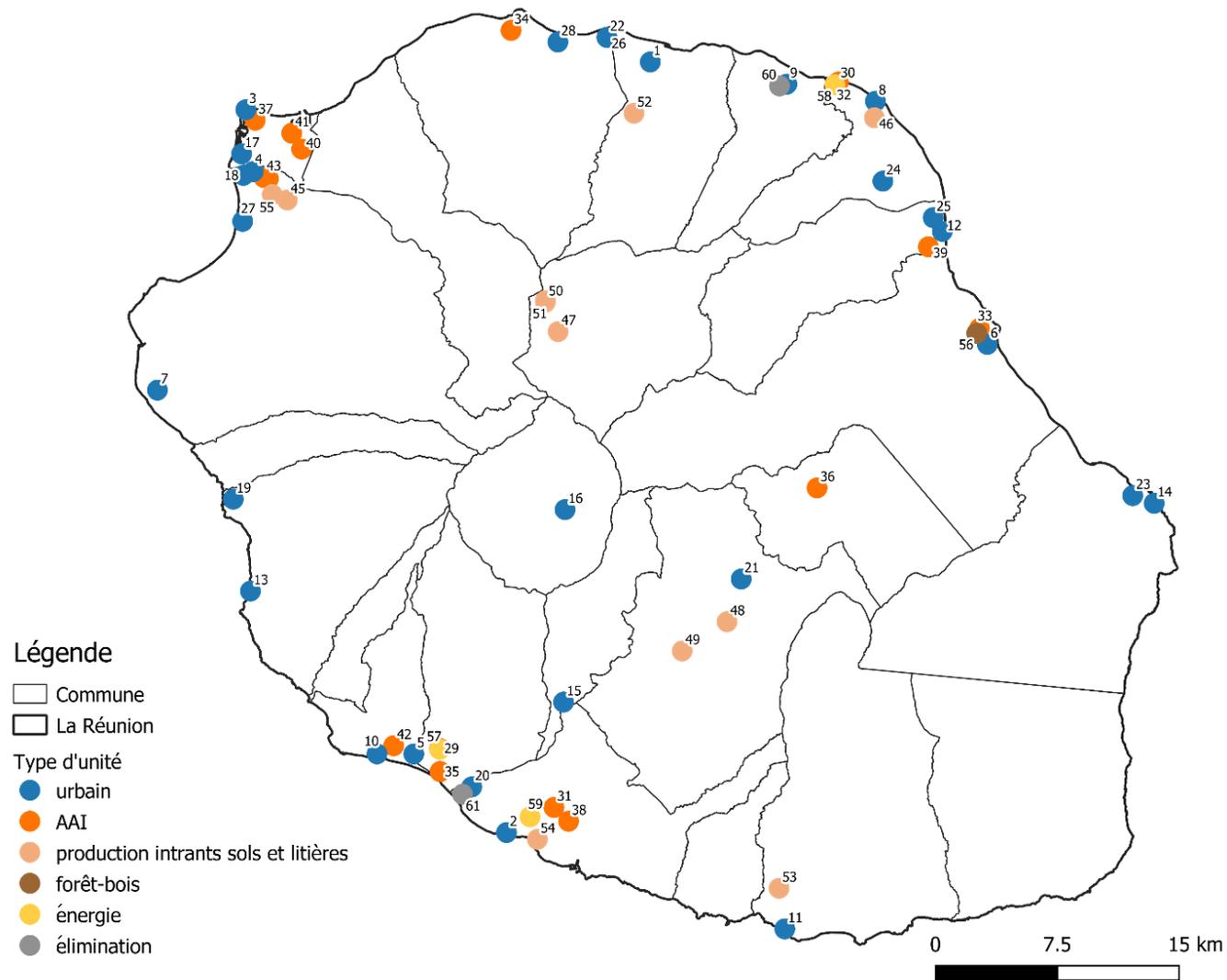


Figure 10 : unités géolocalisées (numérotation en *annexe 5*), hors agriculture

2.2 Les biomasses valorisées ou valorisables en agriculture

Au total 107 biomasses différentes ont été inventoriées (cf. [figure 11](#) et [annexe 8](#)).

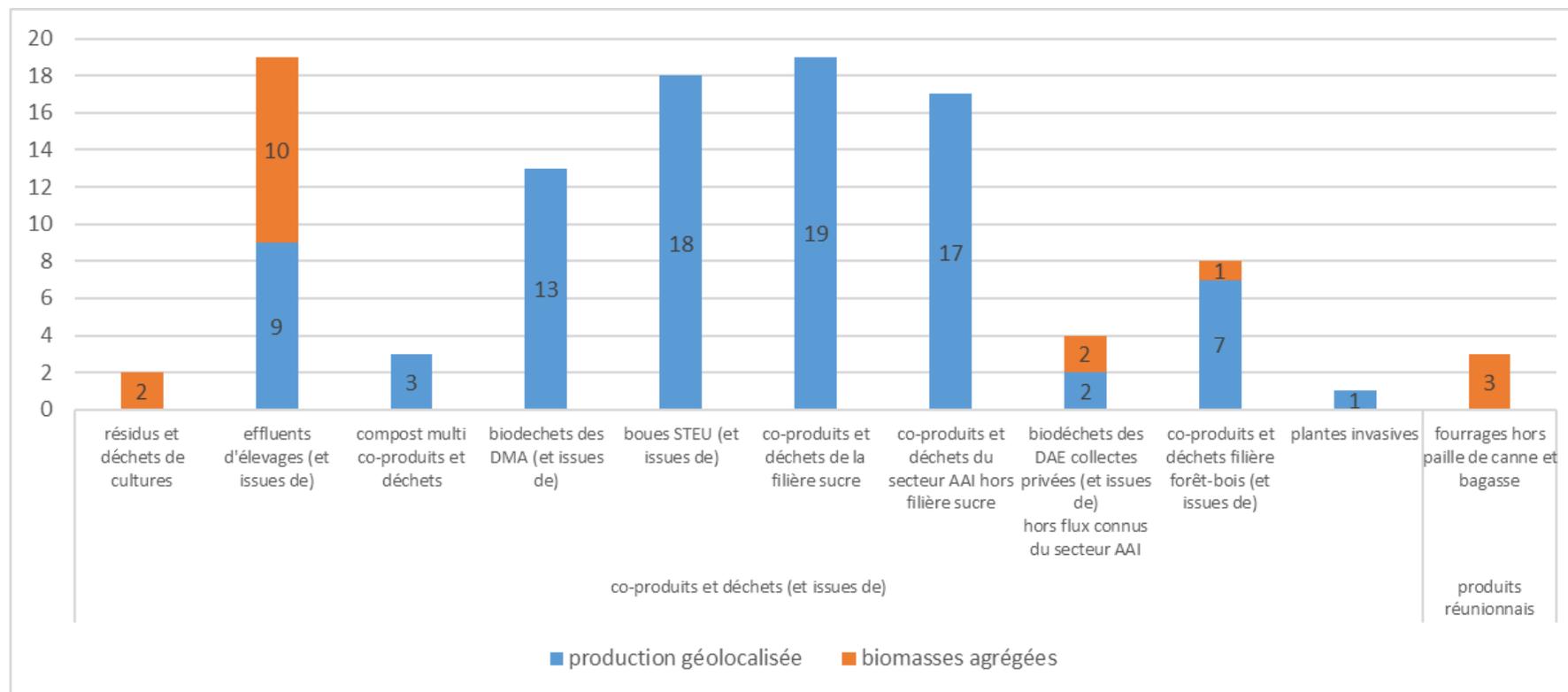


Figure 11 : nombre de biomasses inventoriées selon le type

2.3 Les flux de biomasses

2.3.1 Inventaire des flux de biomasses

L'inventaire exhaustif des flux de biomasses retenus dans l'étude est présenté dans la figure ci-après ([figure 12](#)). Ces mêmes flux sont présentés sous forme d'un diagramme de Sankey en [annexe 9](#). La [figure 12](#) montre la diversité et la complexité des flux de biomasses étudiés.

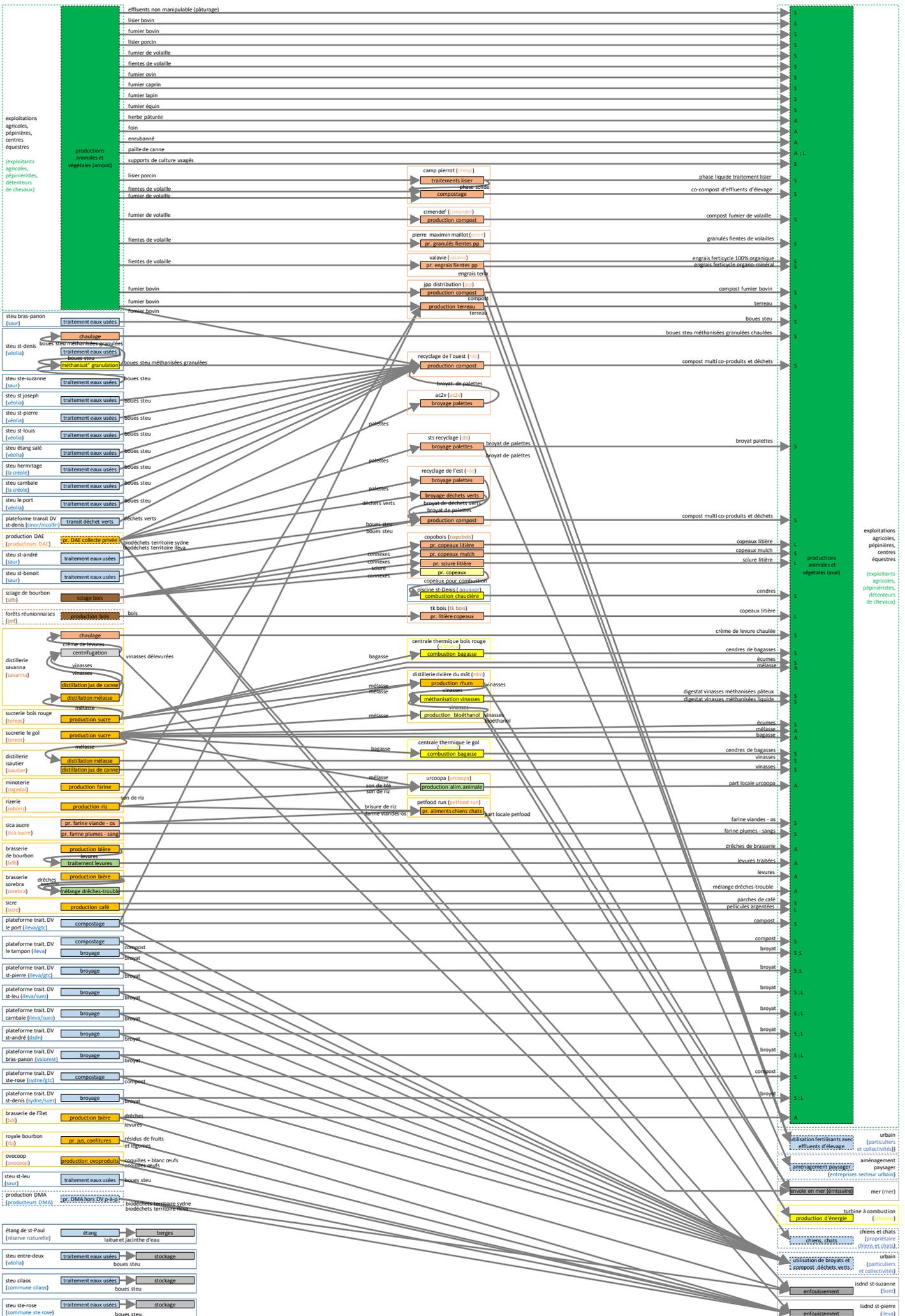


Figure 12 : inventaire des flux de biomasses locales valorisées ou valorisables en agriculture

Légende

Type d'acteur

(agricole)

(filière forêt-bois)

(urbain)

(AAI)

(production d'intrants sols et litières animales)

(énergie)

(élimination)

(extérieur)

Type d'unité

 agricole

 filière forêt-bois

 urbain

 AAI

 production d'intrants sols et litières animales

 énergie

 élimination

Type d'activité

 production agricole

 production forestière

 secteur urbain

 production AAI hors alimentation animale agricole

 production AAI alimentation animale agricole

 production d'intrants sols et litières

 en vue d'une élimination

 élimination

 en vue d'une production d'énergie

 production d'énergie

Agrégation d'unités et d'activités

 unique, localisée en un point

 agrégée, non localisée

Utilisation agricole

A : alimentation animale

L : litière animale

S : sols

Abréviations

alim. alimentation

DAE déchets d'activités économiques

DMA déchets ménagers et assimilés

DV déchets verts

isdnd installations stockage déchets non dangereux

p-à-p porte-à-porte

pp poules pondeuses

pr. production

steu station de traitement des eaux usés

trait. traitement

Remarques :

- Les flux de biomasses allant des activités de "productions animales et végétales (amont)" vers "productions animales et végétales (aval)" peuvent être intra- ou inter-unité (c.-à-d. intra- ou inter-exploitation).
- Lorsqu'une plateforme de traitement de déchets verts est exploitée en prestation de service l'acteur est indiqué sous la forme « régie/prestataire ».
- Les activités indiquées comme produisant des déchets d'activités économiques (DAE) collectés par le privé n'inclut pas les activités déjà présentes dans le schéma.

2.3.2 Quantification des flux totaux de biomasses

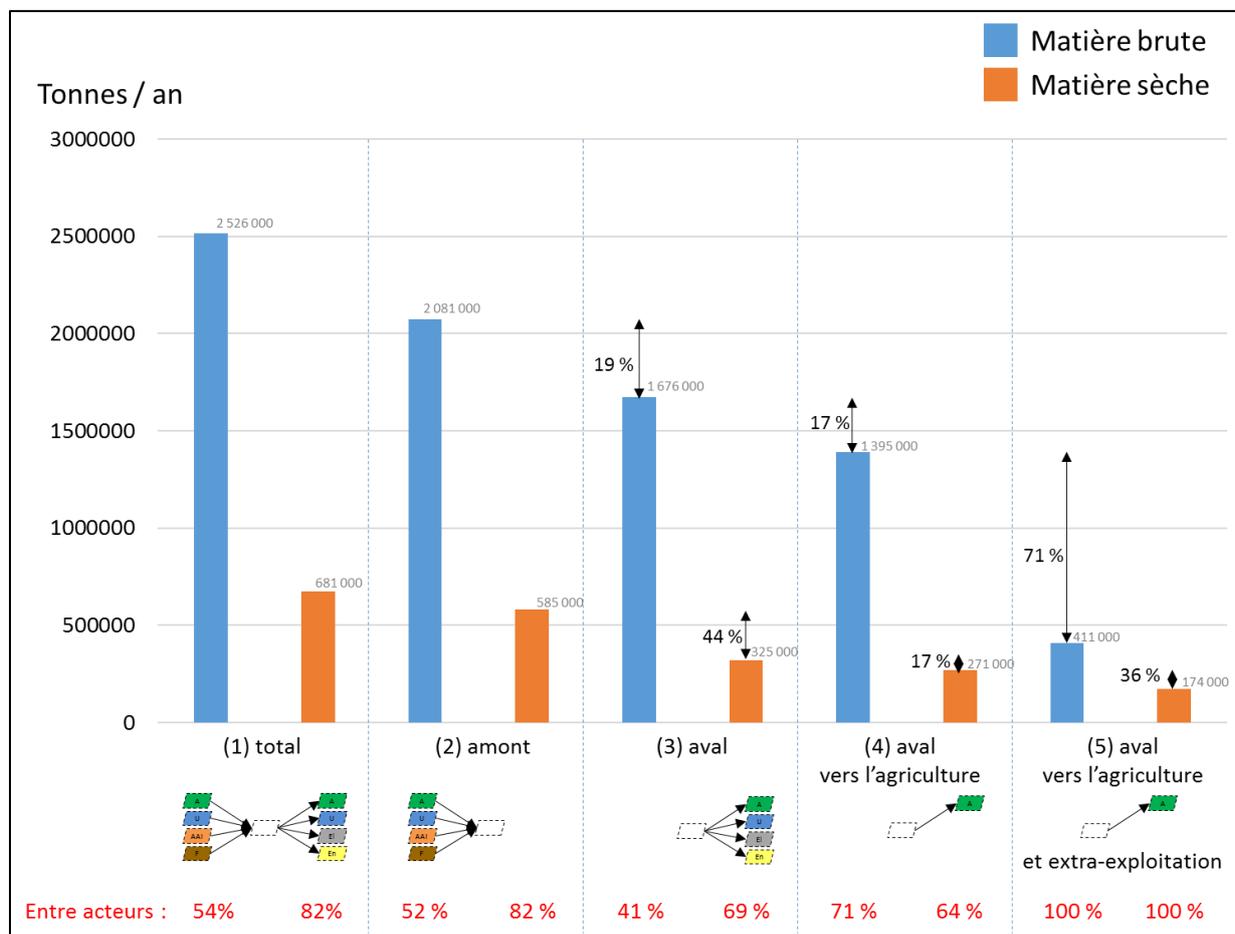


Figure 13 : quantification des flux annuels de biomasses locales : total, en amont, en aval, vers l'agriculture et vers l'agriculture inter-acteurs (i.e. extra-exploitation)

La **figure 13** représente le tonnage en matière brute (MB) et en matière sèche (MS) du total annuel des flux :

- (1) de biomasses inventoriées (cf. l'ensemble des flux présentés dans la **figure 12**)
- (2) en amont à l'échelle de l'île
- (3) en aval à l'échelle de l'île
- (4) en aval et valorisé en agriculture
- (5) en aval, valorisé en agriculture, et extra-exploitation (i.e. uniquement entre acteurs)

On peut ainsi noter que :

(1) Au total **2 526 000 t MB (681 000 t MS)** ont été inventoriées. Les flux entre acteurs s'élèvent à **54%** et **82%** des tonnages en MB et en MS respectivement.

(2) En amont, **2 081 000 t MB (585 000 t MS)** ont été inventoriées. Les flux entre acteurs s'élèvent à **52%** et **82%** des tonnages en MB et en MS respectivement.

(3) En aval, **1 676 000 t MB (325 000 t MS)** ont été inventoriées. Les flux entre acteurs s'élèvent à **41%** et **69%** des tonnages en MB et en MS respectivement. Entre l'amont et l'aval, on note ainsi une perte

de **19% de MB** et **44% de MS**. A noter que parmi les 44% de perte de matière sèche, la majeure partie (88%) correspond à la combustion de la bagasse (dont les cendres sont ensuite valorisées en agriculture) qui participe à la production de 9% de l'électricité consommée à La Réunion (cf. [annexe 10](#)).

(4) En aval vers l'agriculture, **1 395 000 t MB (271 000 t MS)** ont été inventoriées. **17%** des flux totaux en aval ont donc une autre destination que l'agriculture. Les flux entre acteurs s'élèvent à **71%** et **64%** des tonnages en MB et en MS respectivement. Parmi le total des flux vers l'agriculture, **71%** en matière brute et **36 %** en matière sèche sont des flux intra-exploitations.

(5) En aval vers l'agriculture et en extra-exploitation, **411 000 t MB (174 000 t MS)** ont été inventoriées.

2.3.3 Quantification des flux en amont selon l'origine

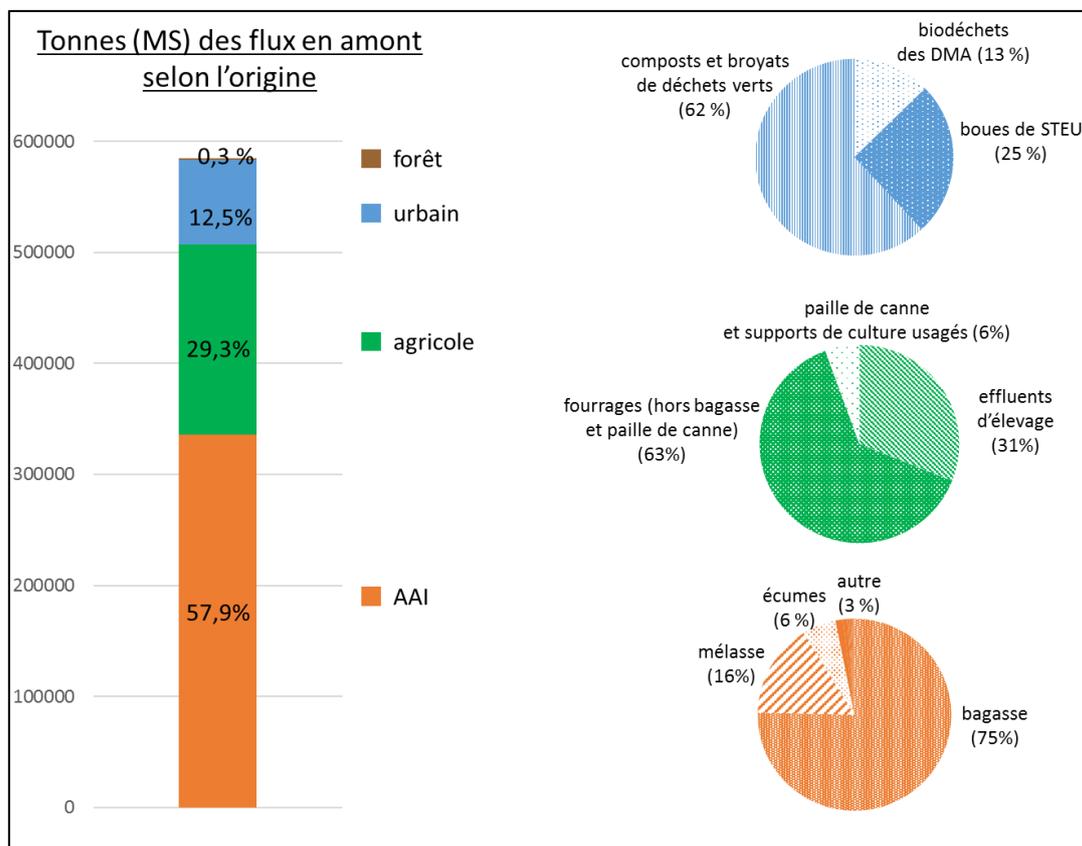


Figure 14 : tonnes par an en MS des flux en amont selon l'unité d'origine

La **figure 14** représente le tonnage annuel en matière sèche des flux en amont selon le type d'unité d'origine. Sur le total de 580 000 t MS en amont :

- 339 000 t MS (57,9 %) proviennent de l'agroalimentaire et de l'industrie
 - dont :
 - o 75% de bagasse
 - o 16% de mélasse
 - o 6% d'écumes
- 171 300 t MS (29,3%) proviennent de l'agricole
 - dont :
 - o 63% de fourrages hors paille de canne (foin, enrubanné, herbe pâturée)
 - o 31% d'effluents d'élevage
 - o 6 % de résidus et déchets de la production végétale (paille de canne et supports de culture usagés)
- 73 100 t MS (12,5 %) proviennent de l'urbain
 - dont :
 - o 62% de composts et broyats de déchets verts
 - o 25% de boues de STEU
 - o 13 % de biodéchets de DMA
- 1 600 t MS (0,3 %) proviennent des forêts

2.3.4 Quantification des flux en aval selon la destination

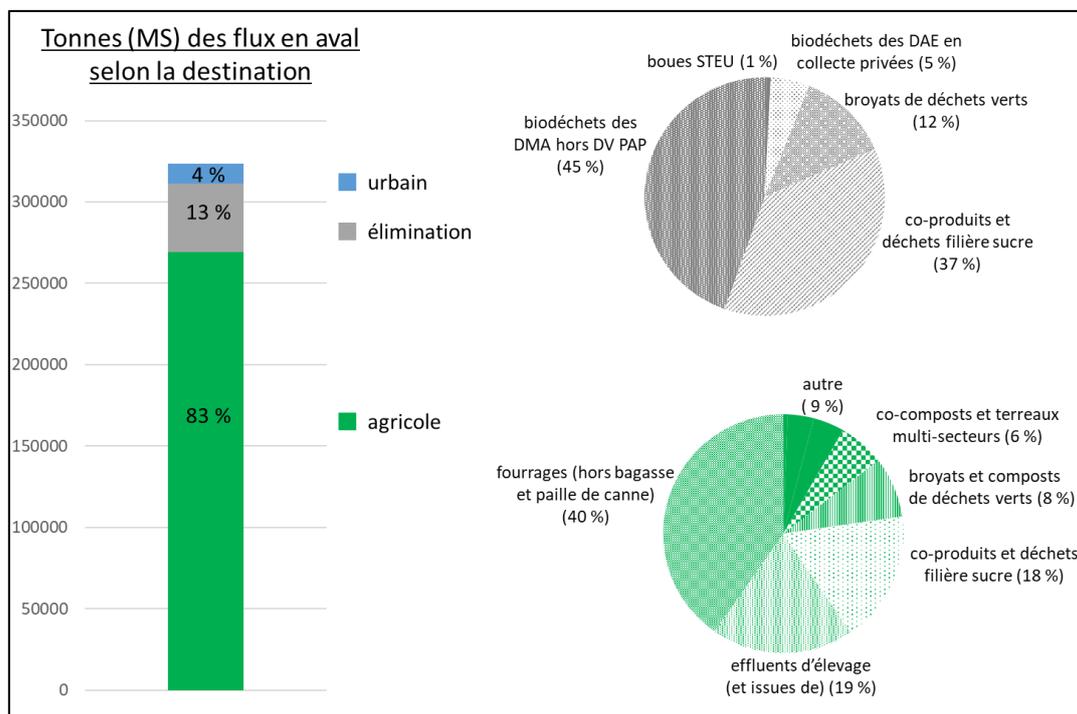


Figure 15 : tonne par an en MS des flux en aval selon la destination

La figure 15 représente le tonnage annuel en matière sèche des flux en aval selon le type d'unité de destination. Sur le total de 325 000 t MS en aval :

- 270 800 t MS (83%) sont valorisées en agriculture
 - dont :
 - 40 % de fourrages hors paille de canne et bagasse (foin, enrubanné, herbe pâturée)
 - 19 % d'effluents d'élevage et biomasses issues d'effluents d'élevages
 - 18 % de co-produits et déchets de la filière sucre (vinasses, mélasses, écumes, bagasses)
 - 8 % de broyats et composts de déchets verts
 - 6 % de co-composts et terreaux produits à partir de biomasses issues des secteurs agricoles, urbains et AAI (composts de Recyclage de l'ouest et Recyclage de l'Est, terreaux de JPP distribution)
- 41 700 t MS (13%) sont éliminées
 - dont :
 - 45 % de biodéchets des DMA hors déchets verts porte-à-porte (enfouissement en ISDND)
 - 37 % de vinasses et biomasses issues de vinasses (envoyées en mer par émissaire)
 - 12% de broyat de déchets verts (utilisé comme bio-filtre en centre d'enfouissement ISDND)
 - 5 % de biodéchets des DAE en collecte privée (enfouissement en ISDND)
- 12 500 t MS (4%) sont valorisées dans l'urbain

2.3.5 Quantification des flux en direction l'agriculture selon l'origine

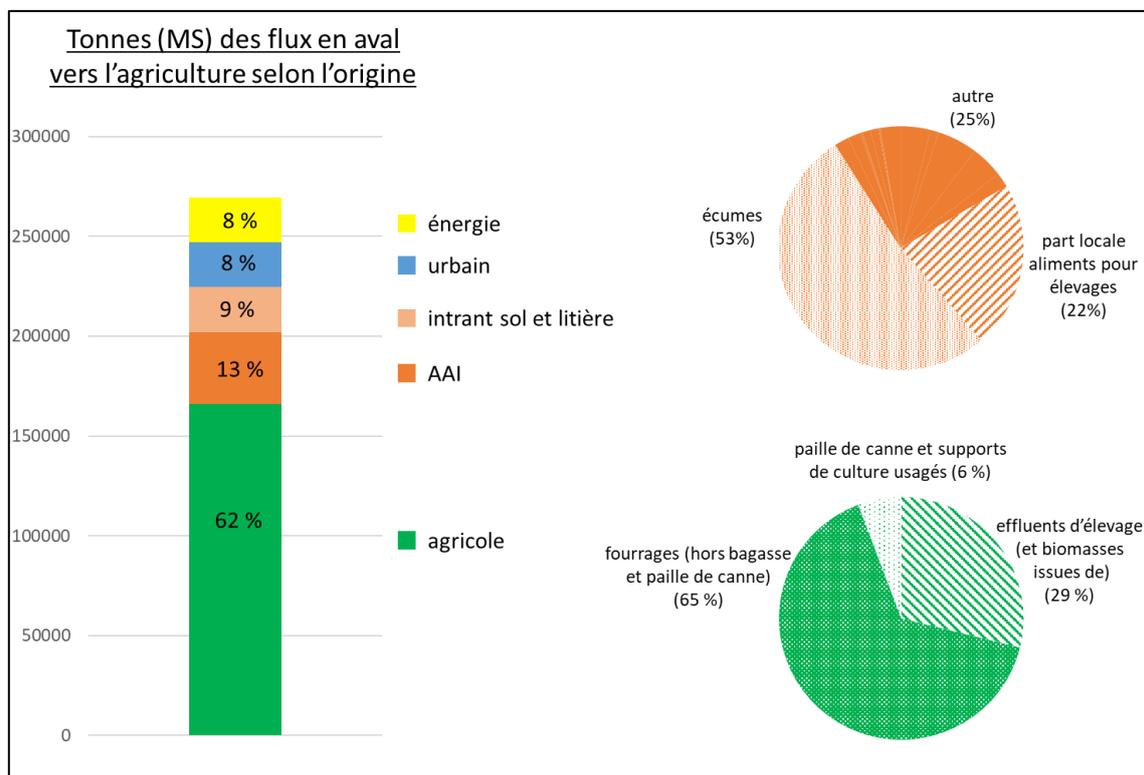


Figure 16 : tonnes par an en MS des flux en aval vers l'agriculture selon le type d'unité d'origine

La [figure 16](#) représente le tonnage annuel en matière sèche des flux en aval vers l'agriculture selon le type d'unité d'origine. Sur le total de 271 000 t MS en aval vers l'agriculture :

- **167 000 t MS (62%) proviennent de l'agriculture**, dont :
 - 65% de fourrages hors paille de canne et bagasse (foin, enrubanné, herbe pâturée)
 - 29% d'effluents d'élevage et biomasses issues d'effluents d'élevages, à destination des sols
 - 6% de résidus et déchets de la production végétale : paille de canne à destination des élevages (alimentation et litière) et supports de culture usagés à destination des sols.

- **36 000 t MS (13%) proviennent du secteur agroalimentaire et industriel**, dont :
 - 53 % d'écumes issues des sucreries à destination du sol
 - 22% correspondant à la part locale des aliments pour animaux Urcoopa (mélasse, son de blé, son de riz)

- **24 000 t MS (9%) proviennent du secteur de la production d'intrants pour les sols et de litières** :
 - JPP distribution : production de compost et de terreau à base d'effluent d'élevage, de compost de déchets verts urbains et de co-produits et déchets de l'industrie agroalimentaire

- Recyclage de l'Ouest et Recyclage de l'Est : production de compost contenant des boues de STEU
 - Valavie, CTEEGI, SCEA Le Cimendef et Pierre Maximin Maillot : production d'engrais et d'amendements à base d'effluents d'élevage
 - COPOBOIS : production de copeaux de bois (à destination des sols et utilisés comme litières) et transit de sciure (utilisée comme litière)
 - TK bois : production copeaux de bois (utilisés comme litière)
 - STS sud traitement service : production de broyat de palette (à destination des sols)
- **22 000 t MS (8%) proviennent du secteur urbain** : stations d'épurations (boues et boues méthanisées-granulées-chaulées à destination des sols), plateformes de traitement de déchets verts (broyat à destination des sols et utilisés comme litière, compost à destination des sols) et chaudière de la piscine Aquanor (cendres à destination des sols).
 - **22 000 t MS (8%) proviennent des centrales thermiques** du Gol et de Bois Rouge (cendres de bagasses à destination des sols).

2.3.6 Quantification des flux en direction l'agriculture selon l'utilisation

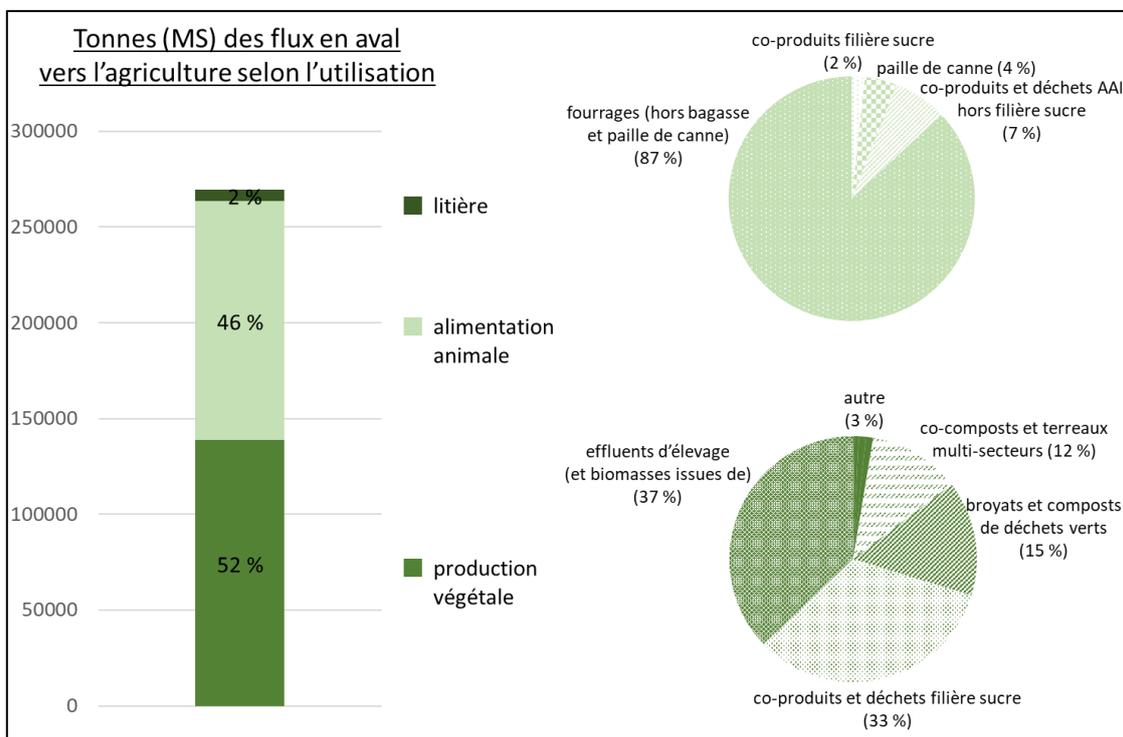


Figure 17 : tonnes par an en MS des flux en aval vers l'agriculture selon l'utilisation

La **figure 17** représente le tonnage annuel en matière sèche des flux en aval vers l'agriculture selon l'utilisation. Sur le total de 271 000 t MS en aval vers l'agriculture :

- 140 000 t MS (52%) sont utilisées en production végétale
 - dont :
 - o 37% d'effluents d'élevage et biomasses issues d'effluents d'élevage
 - o 33% de co-produits de la filière sucre (écumes, vinasses)
 - o 15% de broyats et composts de déchets verts
 - o 12% de co-composts et terreaux produits à partir de biomasses issues des secteurs agricoles, urbains et AAI (composts de Recyclage de l'ouest et Recyclage de l'Est, terreaux de JPP distribution)

- 125 000 t MS (46%) sont utilisées en alimentation animale
 - dont :
 - o 87% de fourrage hors paille de canne et bagasse (foin, enrubanné, herbe pâturée)
 - o 7% de co-produits et déchets de l'agroalimentaire et de l'industrie hors filière sucre
 - o 4% de paille de canne
 - o 2% de co-produits de la filière sucre (mélasse, bagasse)

- 6 000 t MS (2%) sont utilisées en litière

3 Discussion

3.1 Incertitudes et amélioration possible de la quantification

La méthodologie avait pour objectif une quantification exhaustive de l'ensemble des flux de biomasses locales valorisées ou valorisables en agriculture. Des incertitudes sont cependant présentes, notamment sur les quantités définies par flux et sur l'exhaustivité de l'inventaire. Nous estimons néanmoins que le niveau d'incertitude reste faible car nous avons croisé plusieurs sources d'informations très souvent concordantes.

Les incertitudes liées aux quantités définies par flux dépendent directement des données disponibles. L'accès à des données aujourd'hui non accessibles ou de nouvelles données pourraient affiner certains calculs. Pour exemple un nouveau recensement général agricole (RGA) aura lieu en 2020 et permettra une actualisation des données sur les cheptels et ainsi du calcul sur la production d'effluents d'élevage.

L'incertitude liée à l'exhaustivité de l'inventaire dépend des ressources disponibles (personnes, temps) permettant de mener des investigations plus poussées. Des études menées en parallèles à cette étude ont déjà permis de mettre en évidence d'autres biomasses qu'il faudrait ajouter pour affiner les résultats. Une amélioration pourrait notamment se porter sur les fourrages, les résidus de cultures, les transformations à la ferme et les biodéchets de l'AAI.

Fourrages

Concernant les fourrages, l'étude inclut le foin, l'enrubanné, l'herbe pâturée, la paille de canne et la bagasse, pour un total de 115 000 t MS. Deux études menées en parallèle par le projet GABiR ont estimé la production et la consommation de fourrages en y incluant d'autres biomasses manquantes dans cette étude (tableau 2).

Magnier (2019) a estimé une consommation totale de fourrage d'environ 111 000 t MS. Cela inclut le foin, l'enrubanné, l'herbe pâturée, la paille de canne, la canne fourragère et le « tout venant » (herbe et arbres fourragers en bord de route).

Lorré (2019) a estimé une production fourragère totale d'environ 114 000 t MS. Cela comprend le foin, l'enrubanné, l'herbe sur pied disponible pour être pâturée, la paille de canne, la canne fourragère et l'ensilage de maïs. La quantité d'herbe sur pied disponible pour être pâturée y est calculée en tenant compte des pratiques de gestion du pâturage (dont le chargement). La comparaison avec les résultats de Magnier (2019) laisse penser qu'une partie de l'herbe n'est pas réellement pâturée (60 700 – 35 600 = 25 100 t MS).

Tableau 2 : quantité de fourrages en tonnes de matière sèche estimée par notre étude, Magnier (2019) et Lorré (2019)

	Notre étude	Magnier (2019)	Lorré (2019)
foin et enrubanné	44 000	38 000	39 500
herbe pâturée	64 500	35 600	
herbe sur pied disponible pour être pâturé			60 700
paille de canne	5 300	2 900	6 400
bagasse	1 400		
canne fourragère			7 000
canne fourragère et « tout venant »		33 600	
ensilage de maïs			600
TOTAL arrondi	115 000	111 000	114 000

Ainsi, dans cette étude, l'ordre de grandeur pour les fourrages reste le même mais la répartition selon le type de fourrage peut être améliorée, en particulier la part d'herbe réellement pâturée qui semble être sur-évaluée et la part de canne fourragère et de fourrage « tout venant » non inventoriée dans l'étude présentée dans ce rapport.

Résidus de cultures

Concernant les résidus de cultures, l'étude inclut uniquement les transferts de la paille de canne exportée des parcelles. Des discussions menées dans le cadre du projet GABiR ont également identifié le transfert de résidus des productions maraichères et fruitières qui n'ont pas été quantifiés dans ce rapport.

Transformation à la ferme

Concernant les transformations réalisées par les agriculteurs, l'étude inclut uniquement les grosses unités de transformations visant à commercialiser le produit. Il s'agit des unités productrices d'engrais ou d'amendements à base d'effluents d'élevage. Dans le cadre conceptuel, celles-ci ne font pas partie de l'exploitation agricole (échelle de l'unité), mais sont des unités à part. Elles ne font d'ailleurs pas toujours partie de la même structure juridique que l'exploitation.

Les autres transformations dites « à la ferme » ne sont pas incluses dans l'étude. En effet, dans le cadre conceptuel les exploitations sont composés (i) des activités de productions animales et (ii) des activités des productions végétales. Cela n'inclut ainsi pas les flux entre ces activités qui passent par de la transformation tels que du compostage ou du co-compostage. Sachant que les quantités de biomasses utilisées par l'agriculture ont été définies à l'origine des flux et que ces activités de transformations peuvent engendrer une réduction de la matière sèche, les inclure permettrait d'affiner le résultat.

Dans le cadre du projet GABiR, il a notamment été identifié une dizaine d'éleveurs pratiquant du co-compostage à base d'effluents d'élevage et de déchets végétaux. Il a également été identifié du compostage réalisé dans les exploitations maraichères et fruitières.

Biomasses non identifiées de l'agroalimentaire et industriel

Bien qu'une estimation ait pu être faite pour l'ensemble des « gros producteurs » de biodéchets de l'AAI, toutes les biomasses et la localisation de leur production n'ont pu être précisément identifiées. Une exhaustivité de cet inventaire permettrait une meilleure analyse des perspectives de leurs valorisations.

3.2 Vers une réduction du tonnage de biomasses éliminées

Les biomasses aujourd'hui éliminées sont les biodéchets des DMA hors déchets verts collectés en porte-à-porte (45%), des vinasses et biomasses issues de vinasses (37%), du broyat de déchets verts (12%), des biodéchets des DAE en collecte privée (5%) et des boues de STEU (1%).

Vinasses

Une partie des vinasses de distilleries est aujourd'hui envoyée en mer par émissaire. Des projets sont actuellement en cours de mise en place en vue de les valoriser *in fine* en agriculture à destination des sols. Il est fort probable que cette valorisation se fasse à courte échéance (1-2 ans).

Biodéchets des Déchets d'Activités Economiques (DAE) en collecte privée

L'hypothèse la plus probable est que compte tenu de l'évolution récente du seuil d'obligation de valorisation des biodéchets de DAE (10 tonnes MB par an depuis 2016), une valorisation se généralise pour les gros producteurs. Cette hypothèse se vérifie déjà : les filières de valorisations des biodéchets des DAE sont en train de se mettre en place et la quantité allant en enfouissement en ISDND est en train de diminuer à La Réunion. Il ne s'agira pas de l'ensemble de la quantité estimée car la valorisation est obligatoire si « la masse de biodéchets représente plus de 50 % de la masse de déchets considérés, une fois exclus les déchets d'emballages » ([article R. 543-225 du code de l'environnement](#)). La part de biodéchets présentant cette caractéristique n'a pas pu être estimée dans cette étude.

Biodéchets des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA)

Les biodéchets des DMA sont également concernés par une future transformation de la filière puisque la [loi de transition énergétique pour la croissance verte publiée le 17 août 2015](#) prévoit « le développement du tri à la source des déchets organiques, jusqu'à sa généralisation pour tous les producteurs de déchets avant 2025 ».

Déchets verts urbains

Les broyats de déchets verts urbains allant aujourd'hui en ISDND à Sainte-Suzanne sont utilisés comme bio-filtre, notamment pour limiter les odeurs du centre d'enfouissement. Dans le cadre conceptuel de l'étude, ce flux a été considéré comme une élimination. Bien qu'allant en ISDND, la notion d'élimination peut être discutée et un nouveau cadre conceptuel pourrait considérer cette utilisation comme une valorisation. Concernant la possibilité de mobiliser ces tonnages en agriculture, cela supposerait de trouver un autre moyen de limiter les odeurs du centre d'enfouissement. A noter qu'à long terme les centres d'enfouissement tels qu'ils existent aujourd'hui seront très probablement amenés à disparaître puisque les politiques publiques s'orientent vers la mise en place de circuits de valorisation pour l'ensemble des déchets non « ultimes ». Seuls les déchets ultimes devraient ainsi être enfouis. Un déchet ultime est défini par l'[article L541-2-1 du code l'environnement](#) comme étant un « déchet qui n'est plus susceptible d'être réutilisé ou valorisé dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux ».

3.3 Quelles perspectives pour l'agriculture réunionnaise ?

3.3.1 Les biomasses éliminées en voie d'être valorisées en agriculture

Au regard de la partie précédente (3.2), 99% des flux de biomasses aujourd'hui éliminées (hormis les biodéchets non estimés des DAE des gros producteurs avec plus de 50% d'emballage) sont en voie d'être réorientés pour être valorisés. Cela va en faveur d'une valorisation agricole puisque (i) il est prévu que les vinasses soient *in fine* valorisées en agriculture et (ii) l'ensemble des futurs flux de biodéchets orientés par les politiques publiques devrait logiquement se diriger vers le recyclage et la valorisation par retour au sol puisque, après la prévention, la hiérarchie des modes de traitement des déchets définie dans l'[article L541-1 du code l'environnement](#) priorise cette voie avant les autres valorisations, notamment énergétiques.

3.3.2 La pertinence d'une réorientation des biomasses valorisées dans le secteur urbain à démontrer

Les biomasses valorisables en agriculture qui sont aujourd'hui valorisées dans le secteur urbain concernent pour la quasi-totalité une utilisation par les collectivités et les particuliers (notamment pour leurs jardins) de composts, de co-composts, de broyats, de terreaux et d'engrais à base d'effluents d'élevage.

Parmi le total des 12 500 t MS de biomasses valorisées en aval dans le secteur urbain, 89 % correspond à des amendements normés NFU 44 051 issues de la transformation des déchets verts urbains (broyats et composts) ou contenant ces biomasses (terreaux de JPP distribution). Le reste correspond (i) à d'autres produits NFU 44 051 (broyat de palettes de STS sud traitement service, compost de fumier de bovin de JPP distribution et copeaux de bois de COPOBOIS), (ii) à de l'engrais NFU 42 001 (engrais à base de fientes de poules pondeuses de Valavie) et (iii) à la part locale des aliments pour chiens et chats de Petfoodrun.

La question pourrait être posée de savoir si ces volumes devraient être réorientés en agriculture pour permettre notamment une réduction des importations d'intrants agricoles. En particulier, la contribution des produits finaux à l'autonomie alimentaire de l'île pourrait être questionnée.

Concernant les biomasses de type amendement (norme NFU 44 051), il ne semble pas y avoir aujourd'hui de compétition avec le secteur agricole. En effet, la grande majorité des flux vers le secteur urbain concerne du compost et du broyat de déchets verts urbains et du co-compost et terreaux contenant ces biomasses. Or des plateformes de traitement de déchets verts rencontrent des difficultés d'écoulement ([Gaffier, 2017](#)). Une marge de manœuvre est donc présente avant qu'une compétition entre les secteurs urbains et agricoles engendre d'un côté ou de l'autre une nécessité d'importation de ce type de produit.

Concernant les engrais (norme NFU 42 001), leurs achats par les particuliers répondent à priori à une demande en engrais organique. Dans cette hypothèse, réorienter ces volumes pour réduire les importations d'engrais agricoles consisterait à importer des engrais organiques pour le secteur urbain. Remplacer une importation par une autre importation semble à première vue peu pertinent. Une analyse approfondie de comparaison de ces deux scénarios pourrait éventuellement mettre en évidence le plus adéquat (ex : analyse multicritère environnementale, sociale et économique).

Tester ces deux scénarios suppose également que les agriculteurs soient en demande d'engrais organique à hauteur des volumes commercialisés dans le secteur urbain. Cela est possible puisque du côté du producteur (à savoir de fientes de volailles) la commercialisation d'un engrais au rayon jardinerie est davantage une stratégie commerciale pour vendre le produit plus cher que d'un manque de débouché de vente en vrac aux agriculteurs. A noter qu'envisager un scénario sans utilisation dans le secteur urbain des engrais à base d'effluents d'élevage sous-entend ainsi également un manque à gagner pour les éleveurs. Cela n'engendrera cependant pas un impact sur la production des filières d'élevage.

3.3.3 Une utilisation de biomasses non considérées dans l'étude à explorer

L'inventaire des biomasses définies comme valorisables en agriculture pourrait être élargi. En effet, pour exemple, la paille de canne laissée aux champs n'a pas été considérée dans l'étude. Un travail de recherche mené par eRcane et le Cirad est actuellement en cours à La Réunion pour définir la part de paille de canne exportable sans modifier l'équilibre sol-plante (restitution des nutriments et du carbone) et permettant une couverture au sol suffisante pour réduire l'utilisation de désherbants. Un tel résultat peut ouvrir des perspectives quant à l'utilisation alternative de cette paille de canne pour une valorisation en agriculture (ex : fourrage ou litière). Pour deuxième exemple, il pourrait être émis l'hypothèse que certaines parcelles sont sous valorisées et que davantage de biomasses pourraient être extraites sans intrants supplémentaires (ex : herbe d'une prairie non entièrement fauchée ou pâturée) (Lorré, 2019). Enfin, un flux important n'a pas été considéré dans cette étude, il s'agit des herbacées (ex : *Panicum maximum*) et arbustes (ex : *Leucaena leucocephala*) des friches et bords de route et ravine (actuellement en partie récoltés par les éleveurs hors filière dits « la kour »). Ce potentiel de biomasse n'a pas été estimé mais il n'est pas négligeable.

3.3.4 Produire davantage de biomasses à l'échelle de l'île

Il pourrait être envisagé de produire davantage de biomasses par l'agriculture et à destination de l'agriculture, notamment des productions végétales à destination des élevages. Une augmentation des rendements est envisageable si les engrais organiques locaux étaient mieux valorisés (fertilisation raisonnée sur la base d'analyse agronomique de sol et des besoins des cultures). Une autre option serait une modification de l'occupation du sol ou l'utilisation de terres aujourd'hui non cultivées. La procédure « terres incultes » menée à La Réunion par la SAFER vise d'ailleurs à reconquérir les terres en friches, estimées en 2005 à 6 600 ha (SAFER, 2019). Toutefois, cette dynamique (d'une augmentation de la production végétale locale à destination des élevages) ne pourra être utile pour l'autonomie de l'île que si elle est accompagnée d'une substitution des aliments concentrés importés par cette biomasse nouvellement produite, et donc d'une modification des systèmes d'élevage actuels.

3.3.5 Une réorientation des flux intermédiaires envisageable

La réorientation de certains flux intermédiaires pourrait s'envisager pour trois raisons.

Premièrement, il pourrait être démontré qu'il est plus pertinent que certains flux soient utilisés en agriculture plutôt que pour une autre utilisation (ex : combustion vs retour au sol), des indicateurs restent cependant à être définis pour comparer de tels scénarios.

Deuxièmement, tout en gardant la même finalité (ex : amender un sol ou nourrir des bovins) les étapes de la matière première à l'utilisation (transformations notamment) pourraient être séquencées afin

d'envisager des procédés visant à réduire autant que possible les pertes (ex : pertes d'azote par voies gazeuses).

Troisièmement, lorsqu'une biomasse est valorisée en agriculture, se pose la question de savoir si les besoins des plantes (ex : N, P₂O₅, K₂O), des sols (ex : matière organique) et des animaux (ex : protéines, énergie) pourraient être comblés avec une quantité moindre d'intrants. Concernant les productions végétales, il s'agirait de s'interroger sur la présence de parcelles sur-fertilisées. Concernant les élevages, il s'agirait de s'interroger sur l'équilibre des rations. Il pourrait être envisagé (i) de mener sur le terrain ces analyses d'équilibre au niveau des sols, des plantes, et des animaux et (ii) de réorienter le surplus vers d'autres parcelles et troupeaux. Cependant, cela peut induire des contraintes de changement de pratiques et une réorganisation profonde des filières d'approvisionnement.

Ce troisième point sous-entend une redéfinition du terme « valorisé en agriculture » défini dans le cadre conceptuel de cette étude. En effet l'ensemble des biomasses utilisées en agriculture a été considéré comme valorisé sans tenir compte des besoins du sol, des plantes et des animaux.

Une prochaine étape pour différencier la part effectivement valorisée serait ainsi de réaliser une conversion de l'ensemble des flux en nutriments (azotes, phosphore, potassium) et en carbone afin de mieux équilibrer l'offre et la demande au niveau des sols, plantes et animaux pour passer du concept de « valorisation » à celui de « valorisation efficiente ».

Une analyse à l'échelle de l'île de ces équilibres nécessite également une identification et une spatialisation des types de sol, de culture et d'animaux destinataires. Aussi, identifier les pertes d'azote lors de l'épandage (selon la méthode utilisée) ajouterait un élément d'analyse. Enfin, une telle analyse nécessiterait de ne pas prendre en compte uniquement les biomasses considérées dans cette étude mais d'intégrer les flux de biomasses importés et exportés (dont alimentation humaine et animale) ainsi que les matières hors biomasses utilisées en agriculture (ex : engrais minéraux et de synthèse).

3.4 Vers une vision plus complète et intégrée des flux à l'échelle de l'île

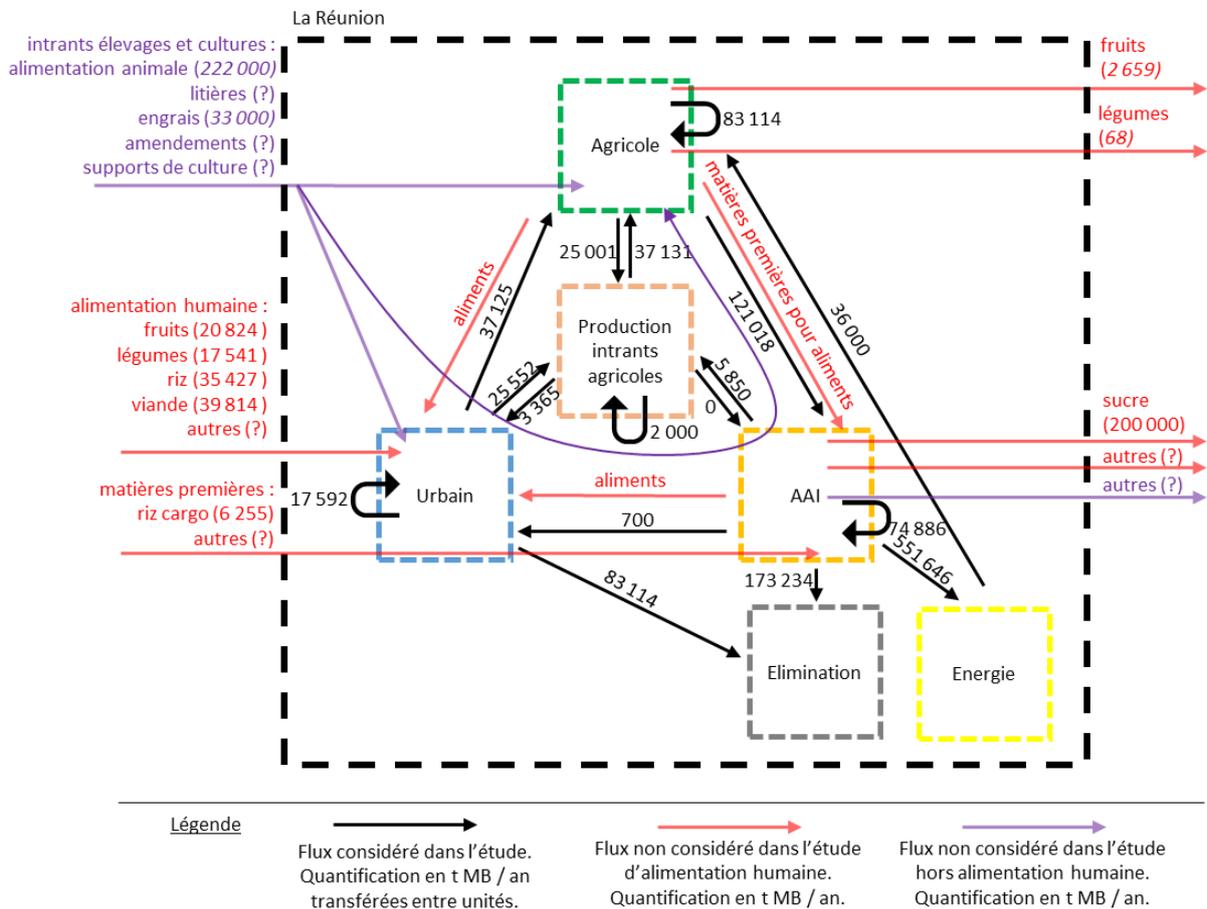


Figure 18 : vision globale des flux de l'ensemble des matières valorisées ou valorisables en agriculture ou destinées à l'alimentation humaine à l'échelle de l'île (en t MB / an)

Dans cette étude les flux considérés excluent les importations et les exportations de biomasses. L'étude exclut également les importations des matières hors biomasses contenant des nutriments utilisés en agriculture, tels que les engrais minéraux et de synthèse.

La figure 18 présente une vision globale vers laquelle la suite des travaux de recherche pourrait tendre. Elle représente les flux de matières valorisées ou valorisables en agriculture ou destinés à l'alimentation humaine à La Réunion, et ce en considérant les flux internes, les importations et les exportations.

Les flux annuels (année de référence 2017 ou 2018) d'importation et d'exportation identifiés sont les suivants (DAAF La Réunion, 2018 ; DAAF La Réunion - douanes, 2019 ; Agreste - DAAF La Réunion, 2019 ; Urcoopa, 2019) :

- 222 000 t MB d'aliments pour animaux. Une partie sont des aliments directement utilisés par la production animale. Une partie entre dans les formulations d'Urcoopa. Il s'agit principalement d'importations sous forme de céréales et de tourteaux de soja.
- 33 000 t MB d'engrais importés dont environ 32 000 t MB d'engrais minéraux et de synthèse et 1000 t MB d'engrais d'origine animale ou végétale.
- 20 824 t MB de fruits importés.
- 17 541 t MB de légumes importés.
- 35 427 t MB de riz blanchi et semi-blanchi importé.
- 39 814 t MB de viande importée.
- 6 255 t MB de riz cargo importé.
- 2 659 t MB de fruits exportés.
- 68 t MB de légumes exportés.
- 200 000 t MB de sucre exporté.

Une prochaine étape serait de faire un inventaire complet et une quantification des importations et des exportations, ici non exhaustive (en considérant notamment la poudre de lait, le compost en sac, etc.), ainsi que de convertir ces flux de MB en flux de MS et de nutriments. Cela permettrait le calcul d'indicateurs tels que l'autonomie en nutriments de l'île, et l'intensité du recyclage à l'échelle de l'île, i.e. le rapport entre les flux intra-Réunion et les flux totaux (= flux intra-Réunion + flux d'import + flux d'export) (Grillot et al., 2016 ; Alvarez et al., 2014).

Les données déjà identifiées permettent cependant, sur la base d'hypothèses (cf. annexe 11), de mettre en évidence un ordre de grandeur de la part importée des intrants agricoles à La Réunion et d'avoir ainsi une première vision de la répartition en matière sèche du total des intrants agricoles selon l'origine :

- **46 %** sont importés,
- **35 %** sont des intrants locaux extra-exploitation,
- **19 %** sont des intrants locaux intra-exploitation.

A noter que le total des intrants correspond à la somme des matières sèches utilisées en productions animales et en productions végétales. Cela inclut les flux entre les activités de productions animales et végétales (ex : effluents vers les prairies et fourrages vers les élevages).

Conclusion

L'étude a permis d'identifier, à l'échelle de La Réunion, les biomasses locales valorisées ou valorisables en agriculture ainsi que leurs origines, soit de leurs productions en amont vers leurs utilisations en aval. En amont des flux, 585 000 t MS (2 081 000 t MB) de biomasses locales ont été estimées. Le **secteur agroalimentaire et industriel (majoritairement la filière canne à sucre) est prépondérant** puisqu'il représente 57,9 % de ce tonnage en MS.

En aval, les flux sont estimés à 325 000 t MS (1 676 000 t MB), et la matière sèche est **principalement valorisée en agriculture (83%)**, sinon elle est éliminée (13%) ou valorisée dans le secteur urbain (4%). La valorisation agricole se répartit de façon équivalente entre l'agriculture et l'élevage.

Entre l'amont et l'aval des flux, les **pertes en matière sèche** au cours des processus de transformation intermédiaires sont estimées à **44%**. Cela étant principalement dû à la combustion de la bagasse (88% des pertes), dont les cendres sont ensuite valorisées sur les sols agricoles. Le reste est entre autres dû aux pertes de carbone et de nutriments par émissions gazeuses en cours de stockage et transformation (ex : compostage) et aux pertes pendant les manipulations et le transport.

Parmi l'ensemble des flux inventoriés, environ 80% des flux en MS sont opérés entre acteurs. Cela montre **qu'une forme de bioéconomie circulaire existe à La Réunion**. De plus, 36% des flux en MS vers l'agriculture sont des flux intra-exploitation, cela s'explique par une **spécialisation des exploitations agricoles réunionnaises** qui favorise les flux inter-exploitations. A noter également une part importante de l'élevage puisque 50% des flux en MB totaux inventoriés (dont flux intra-exploitation) sont produits ou consommés par l'élevage.

Les marges de manœuvre quant à la valorisation agricole de biomasses encore disponibles pourraient notamment concerner les biodéchets ménagers et les biomasses aujourd'hui enfouies. La loi de transition énergétique va d'ailleurs dans ce sens et des initiatives semblent déjà se mettre en place à La Réunion (ex : tri bientôt obligatoire au niveau des ménages).

De manière plus globale, réduire les importations d'intrants agricoles pourrait s'envisager par une optimisation de l'utilisation des biomasses déjà valorisées en agriculture. Il s'agirait notamment de réduire les pertes de nutriments de la production à l'utilisation et de mieux équilibrer l'offre et la demande au niveau des sols, plantes et animaux. Une telle approche nécessite une analyse complète des flux d'intrants agricoles et de biomasses à l'échelle de l'île de La Réunion. Cette analyse doit inclure i) les importations et les exportations en complément des flux de biomasses locales décrits dans cette étude, ii) une conversion de l'ensemble des flux en nutriments (azote, phosphore, potassium) et en carbone.

Bibliographie

- ADEME, 2014. Economie circulaire : notions. 10 p.
- ADEME, 2018. Stratégie de l'ADEME pour une bioéconomie durable - 2017-2022. 42 p.
- Agreste - DAAF La Réunion, 2016. Chiffres détaillés du Recensement Agricole 2010 par commune. <http://daaf.reunion.agriculture.gouv.fr/Les-chiffres-par-commune>
- Agreste - DAAF La Réunion, 2019. Observatoire des importations de fruits, légumes et viandes 2009 - 2018. 4p.
- Allo, M., 2015. Estimations des productions et des besoins de biomasse d'origine agricole à l'échelle territoriale : Cas des interactions entre agriculture et élevage à la Réunion. Mémoire d'ingénieur Gestion des Espaces Agricoles, Bordeaux Sciences Agro. 146 p.
- Alvarez, S., Rufino, M.C., Vayssières, J., Salgado, P., Tiftonell, P., Tillard, E., Bocquier, F., 2014. Whole-farm nitrogen cycling and intensification of crop-livestock systems in the highlands of Madagascar: An application of network analysis. *Agricultural Systems* 126, 25-37.
- BRL-ARP, 2016. Etude prospective sur la ressource fourragère. 87 p.
- Chabalier, P.F., van de Kerchove, V., Saint Macary, H., 2006. Guide de la fertilisation organique à La Réunion, Cirad, Chambre d'agriculture, Saint-Denis, La Réunion, 304 p.
- DAAF, Cirad, 2007. Atlas de la Matière Organique issue des activités d'élevage et d'assainissement urbain à La Réunion. La Réunion. DAAF. Décembre 2007. 70p.
- DAAF La Réunion, 2015. Base d'Occupation du Sol 2014. Fichier SIG téléchargé sur le site : http://www.daaf974.agriculture.gouv.fr/IMG/zip/BOS14_Internet_cle8d1151.zip
- DAAF La Réunion, 2018. Mémento Agricole et Rural. Agreste Octobre 2018, 11p.
- DAAF La Réunion - douanes, 2019. Extractions base des douanes année 2018.
- DAAF La Réunion - Nexa, 2013. Panorama des industries agro-alimentaires à La Réunion. Agreste n° 82, 32p.
- Deulvot, A., 2018. Etude tendancielle des caractéristiques agronomiques de biomasses valorisables en agriculture à la Réunion, sur base d'analyse standards, au sein du projet GABiR (Gestion Agricole des Biomasses à l'échelle de l'île de la Réunion. Mémoire de fin d'étude, ISTOM. 125 p.
- Gaffier, C., 2017. Analyse de la gestion des déchets verts urbains par un syndicat de traitement de déchets : stratégie actuelles et potentielles de valorisation dans le contexte réunionnais. Mémoire de fin d'étude : ingénierie de l'environnement : eau, déchets et aménagements durables - IDEA. Paris : AgroParisTech, 78p.
- Grillot M., Vayssières J., Lecomte P., Masse D., 2016. Ecological network analysis of nitrogen cycles at the landscape level: intensive versus extensive crop-livestock systems in the Senegalese groundnut basin. In: 5th EcoSummit "Ecological Sustainability: Engineering Change", Montpellier, France, 29 August-01 September, 1 p.

- Guerrin, F., Paillat, J.M., 2003. Modélisation des flux de biomasse et des transferts de fertilité - Cas de la gestion des effluents d'élevage à l'île de la Réunion. Restitution des travaux de l'Atp 99/60. Actes du séminaire des 19-20 juin 2002, Montpellier, France, Cirad, Colloques, Cédérom.
- INSEE, 2016. Populations légales millésimées 2016 et en vigueur le 1^{er} janvier 2019. Référence statistique au 1^{er} janvier 2016.
- Kirchherr, J., Reike, D., Hekkert, M., 2017. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*. 127, 221-232.
- 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 de fin d'études ESA Angers. 153 p.
- MAAF, 2017. Une stratégie bioéconomie pour la France : enjeux et vision. 36 p.
- Magnier, J., 2019. Construction et simulation de scénarios d'organisation d'une « filière fourrage » à la Réunion. Mémoire de fin d'étude ESA Angers. 165 p.
- MVAD, 1996. Quantification des déchets organiques issues de l'élevage et du milieu urbain. Actualisation faite en 2000 puis en 2007 avec diffusion sur le site <http://www.mvad-reunion.org/>
- SAFER, 2019. Les Terres Incultes. Page web consultée en avril 2019 à l'adresse <https://www.safer-reunion.fr/terres-en-friches/la-procedure-terres-incultes.html>
- SPL énergie Réunion, 2018. Bilan énergétique, île de la Réunion 2017. 80 p. Disponible sur : <http://energies-reunion.com/wp-content/uploads/2015/01/BER-Technique-2018-very-BD.pdf>
- SYDNE, 2016. Etude d'opportunité pour la mise en œuvre d'une collecte des biodéchets des ménages et des gros producteurs. Présentation lors de la fête de la science, 29 novembre 2016, 25p.
- Urcoopa, 2019. Données communiquées lors de la collecte de données réalisée dans le cadre du projet GABiR.
- Wassenaar, T., 2015. Rapport final GIROVAR. Gestion intégrée des résidus organiques par la valorisation agronomique à La Réunion. Cirad, Saint-Denis, 2015. 71p.

Annexes

Table des annexes

Annexe 1 : Description synthétique du projet GABiR	49
Annexe 2 : Nombre d'industries agroalimentaires réunionnaises par code NAF	53
Annexe 3 : Organismes acteurs de la bio-économie circulaire à La Réunion.....	54
Annexe 4 : Acteurs réunionnais inventoriés dans cette étude comme détenteurs de biomasses valorisées ou valorisables en agriculture	55
Annexe 5 : Unités réunionnaises inventoriées dans cette étude comme détentrices de biomasses valorisées ou valorisables en agriculture	56
Annexe 6 : Activités réunionnaises inventoriées dans cette étude comme détentrices de biomasses valorisées ou valorisables en agriculture	57
Annexe 7 : Découpage administratif de La Réunion	59
Annexe 8 : Biomasses locales valorisées ou valorisables en agriculture	60
Annexe 9 : Diagramme de Sankey des flux de biomasses locales valorisées ou valorisables en agriculture	62
<i>Annexe 10 : Evolution de la production d'électricité par source d'énergie</i>	<i>66</i>
<i>Annexe 11 : Calcul de la part importée vis-à-vis du total des intrants utilisés en agriculture.....</i>	<i>67</i>
<i>Annexe 12 : Cadre d'analyse des « 9 R »</i>	<i>68</i>

Gestion Agricole des Biomasses à l'échelle de l'Île de La Réunion

– Vers des outils de mobilisation collective et de prospective pour une agriculture circulaire –

Projet lauréat de l'AAP Casdar Innovation et Partenariat 2016

ORGANISME CHEF DE FILE et CHEF DE PROJET

Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad)

Mathieu Vigne

Cirad, Pôle Elevage, Ligne Paradis, 7 Chemin de l'IRAT, 97410 Saint-Pierre

mathieu.vigne@cirad.fr

PARTENARIAT

Partenaires techniques impliqués dans la réalisation du projet (destinataires de financements)

- Chambre d'agriculture de La Réunion
- Cirad : UR Aïda, UMR Selmet, UR Recyclage et Risque, UMR TETIS
- Complexe Régional d'Information Pédagogique et Technique agricole de l'île de La Réunion (CRIPTIR)
- Fédération Régionale des Coopératives Agricoles de La Réunion (FRCA)
- Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) : UMR Selmet
- Pôle de compétitivité Qualitropic
- Université de La Réunion : Laboratoire d'Informatique et de Mathématiques (LIM)

Partenaires financiers

- MAAF (CASDAR)
- Conseil Régional de La Réunion

Partenaires associés au comité de pilotage du projet

- Conseil Général de La Réunion, Conseil Régional de La Réunion
- Préfecture de La Réunion : DAAF et DEAL
- RITA Réunion : Animal, Canne et Horticole
- RMT Fertilisation & Environnement

Autres partenaires techniques impliqués dans le projet

Armeflhor, ARP, eRcane, ADIR (Association pour le Développement Industriel de La Réunion), agroindustriels (Tereos, CILAM, Urcoopa), coopératives en productions animales et végétales, intercommunalités (CASUD, CINOR, CIREST, CIVIS, TCO), syndicats de traitement des déchets (ILEVA, SYDNE) ou autres chambres consulaires (CCIR, CM). Selon les thèmes abordés, les actions de prospectives intégreront ponctuellement des agriculteurs, des représentants de la société civile (association de consommateurs par exemple), des agences sanitaires (ANSES), etc.

OBJECTIFS

L'objectif global du projet est d'améliorer l'autonomie des exploitations et plus globalement du secteur agricole face aux ressources importées sous forme de fertilisants minéraux, de tourbes horticoles et d'aliments pour les animaux. Pour y parvenir, il s'agit 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 et favorisant notamment la

valorisation des effluents d'élevage et autres produits résiduels organiques et des résidus de culture. Il s'agit pour cela plus spécifiquement de (i) analyser et comprendre les flux de biomasses valorisées ou potentiellement valorisables dans le secteur agricole local sous forme de fertilisation organique pour les cultures ou d'alimentation et de litière pour les troupeaux et (ii) développer des outils de mobilisation collective et de prospective via la co-construction à l'échelle de l'île de modèle(s) de simulation des transferts de biomasses entre les différents acteurs du territoire (consommateurs, producteurs et transformateurs) et de leurs impacts économiques et environnementaux.

PRESENTATION DES ACTIONS

ACTION 0 : COORDINATION

(Organisme pilote : Cirad UMR Selmet)

L'objectif global de cette action est de coordonner le fonctionnement scientifique, administratif et financier du projet. En tant que chef de file, le Cirad (UMR Selmet) assure le pilotage administratif et financier du projet pendant toute sa durée. En tant que chef de projet, il assure la coordination entre partenaires et le suivi opérationnel des différentes actions. Il assure également l'organisation des comités techniques et de pilotage ainsi que les séminaires de lancement du projet et final.

ACTION 1 : IDENTIFICATION DES ACTEURS

(Organisme pilote : FRCA)

L'objectif global de cette action est d'acquérir des références sur la diversité des unités de production, de consommation et de transformation des biomasses d'intérêt agricole. Il s'agit tout d'abord d'obtenir des données sur l'ensemble des cheptels présents sur l'île et des modes d'utilisation du sol ainsi que leur géoréférencement. L'inventaire de ces différents acteurs permet également d'établir une liste exhaustive des différents types de biomasses potentiellement consommées ou produites (produits et co-produits, bruts ou transformés) par les systèmes agricoles. Il s'agit également de compléter cette liste des unités de production, de consommation ou de transformation de la biomasse d'intérêt agricole pour l'ensemble du territoire et de les spatialiser à partir des initiatives pré-existantes (GIROVAR dans le TCO par exemple) et des connaissances des partenaires du projet. Enfin, il s'agira d'établir une liste de ces initiatives, des procédés mis en place, des matières entrantes et sortantes, de leurs performances techniques. Une première évaluation quantitative et spatialisée des potentiels de mise en place d'installation à la ferme ou collective (station de compostage collective par exemple) est également produite avec comme objectif de simuler l'impact de ces installations sur les bilans potentiels (A4).

ACTION 2 : CARACTÉRISATION DES FLUX DE BIOMASSES

(Organisme pilote : Chambre d'agriculture)

Les objectifs de cette action sont de quantifier les transferts de biomasses entre unités de production, de consommation et de transformation et d'objectiver les règles de transfert de celles-ci. Il s'agit donc dans un premier temps d'évaluer les besoins et les productions potentiels de biomasse des unités de production, de transformation et de consommation. Pour les systèmes agricoles, il s'agit de s'appuyer sur des références techniques, l'expertise de l'encadrement des filières et la construction d'une typologie des différents systèmes agricoles. Pour les autres acteurs (initiatives privées, collectivités territoriales, syndicat mixte, etc.), il est nécessaire à partir de l'inventaire réalisé en A1, de les agréger, d'établir des typologies ou de les représenter individuellement selon leur nombre et la diversité mise en lumière. Initialement quantifiées en quantité brute, ces biomasses sont par la suite exprimées en teneurs en matière sèche (MS), carbone (C), azote (N), phosphore (P) et potassium (K). Ces caractérisations sont issues soit de résultats d'analyses précédemment faites par le Cirad et l'ARP à partir de la spectrométrie dans le proche (SPIR) et moyen infra-rouge (SMIR) dans différents projets terminés ou en cours (ARChE_Net, C@Run, DPP SIAAM, Thèse de N. Rabetokotany, etc.) soit d'analyses complémentaires. Enfin, il s'agit de faire un inventaire des études déjà réalisées concernant les règles

de transfert des biomasses entre les différents acteurs. Considérant leur ancienneté et les changements réglementaires, structurels et sociologiques, intervenus depuis ces études ou susceptibles d'intervenir prochainement, il s'agit, dans un second temps, de valider auprès des techniciens des filières et des agriculteurs leur transposabilité au contexte actuel et à l'ensemble de l'île. Dans le cas contraire, il s'agit de compléter ces travaux par des enquêtes complémentaires afin d'aboutir à une typologie d'acteurs et de leurs règles de priorisation valides à l'échelle de l'île. Des premières réflexions sur les règles actuelles et leurs évolutions possibles seront déjà menées en prévision de la prospective future (A4).

ACTION 3 : MODÉLISATION DES RÉSEAUX DE TRANSFERT

(Organisme pilote : Cirad UMR TETIS)

L'objectif de cette action est de construire un ou plusieurs modèles de simulation des transferts de biomasses à différentes échelles. Ceci permet la conception et l'évaluation des impacts écologiques et environnementaux de différents scénarios de transfert de ces biomasses à l'échelle de l'île entière. Il s'agit pour cela de représenter à l'échelle de l'île les unités de production, de transformation et de consommation de biomasse (A1) à l'aide d'outils cartographiques associées aux typologies des systèmes de production et aux typologies d'acteurs et des règles de transfert (A2). Cela permet de mener une réflexion sur la structuration des réseaux de transfert et leur représentation. Cette représentation sert de modèle conceptuel pour la construction de modèles de simulation. Les approches et outils de modélisation pouvant répondre aux besoins de simulation dynamique et spatialisée de ces réseaux de transfert de biomasses sont multiples. Comme il ne s'agit pas de coupler ces différents outils, l'analyse de leur complémentarité pour répondre aux besoins de modélisation du projet sera menée pour répondre aux questions posées sur la gestion circulaire intégrée des flux de biomasses à l'échelle de l'île. Il s'agit également d'implémenter en complément à ce(s) modèle(s) de flux des modules d'évaluation économique et environnementale. L'évaluation économique concerne le secteur agricole dans sa totalité et sera réalisée à partir d'une approche bioéconomique et pluri-filières. L'évaluation environnementale concernera également l'estimation à l'échelle du secteur agricole des consommations d'énergie fossile et d'émissions de gaz à effet de serre, directes et indirectes, liées aux importations (production et transport), au transport local et aux pratiques agricoles (mécanisation, stockage et épandage de produits résiduels organiques, méthane entérique produit par les ruminants, etc.).

ACTION 4 : PROSPECTIVES

(Organisme pilote : Cirad UMR Selmet)

L'objectif de cette action est de mener une analyse prospective collective sur l'évolution potentielle des modes de transfert et d'utilisation des biomasses et leurs impacts économiques et environnementaux potentiels. Il s'agit donc ici d'identifier l'ensemble des variables exogènes ou endogènes mais indépendantes des porteurs d'enjeux ciblés dans ce projet (les acteurs de la gestion des biomasses) susceptibles d'impacter ces dynamiques. La hiérarchisation de ces variables et la modulation de leurs impacts à différents niveaux (par exemple faible ou forte urbanisation, interdiction d'épandage ou ouverture totale d'un type de produits, arrêt ou développement d'une filière agricole, etc.) constitueront la base de divers scénarios prospectifs face auxquels les acteurs de la biomasse devront réagir. Cette première étape s'appuie sur l'organisation d'un atelier prospectif faisant une place large aux acteurs de la gestion du territoire qu'ils soient issus de la société civile (acteurs agricoles ou non), des services techniques ou des élus (environ 20 acteurs). Dans un second temps, il s'agit de mettre en débat ces scénarios directement auprès des acteurs de la gestion des biomasses d'intérêt agricole lors de l'organisation de 3 ateliers de discussion d'une journée afin de faire émerger des réponses individuelles face à ces changements hypothétiques. Une phase de simulation/évaluation de ces stratégies individuelles concernant la circularité des biomasses sera ainsi intercalée entre chaque atelier de discussion. Les conséquences directes et indirectes de ces scénarios devront concerner des modifications dans les réseaux de transfert. Au-delà de l'intérêt des filières pour

la couverture des besoins ou l'évacuation des excédents, l'impact économique et environnemental à l'échelle du secteur agricole de l'île ainsi que l'évolution de la dépendance aux ressources importées seront évalués via le(s) modèle(s) construits en A3. Les résultats des simulations seront analysés et discutés en présence des différents partenaires lors d'ateliers de discussion et aboutiront à des réajustements de ces scénarios ou du modèle utilisé ou l'élaboration de nouveaux scénarios. Il est attendu de ces 3 ateliers qu'émergent trois types de scénarios représentant une vision contrastée de solutions allant de stratégies individuelles d'adaptation (atelier 1), vers des stratégies collectives concertées optimales (atelier 3) en passant par des stratégies collectives intermédiaires les plus probables (atelier 2). Il est également attendu que les effets de concurrence ou d'opportunité mutuelle soient discutés pour aboutir ou non à des compromis permettant de construire ces scénarios partagés.

ACTION 5 : VALORISATION ET COMMUNICATION

(Organismes co-pilotes : Chambre d'agriculture / CRIPTIR)

L'objectif de cette action est de transférer les connaissances scientifiques et techniques acquises au cours du projet à destination principalement des professionnels du secteur agricole, des apprenants, des techniciens des filières, des enseignants/formateurs, des décideurs, du grand public et de la communauté scientifique. Pour y parvenir différents supports en adéquation avec le public visé sont produits tels que des fiches techniques, de formations pour techniciens agricoles, agriculteurs, enseignants/formateurs et apprenants de l'enseignement agricole et universitaire, de recommandations pour l'élaboration de politiques publiques favorisant l'intégration durable des activités à l'échelle de l'île et de clés pour les décideurs afin d'évaluer les projets collectifs ou individuels, d'articles scientifiques dans des revues internationales, de participations à des séminaires scientifiques nationaux et internationaux, etc. L'objectif de cette action est également de construire et accompagner des opportunités locales de valorisation économique du projet via l'émergence d'initiatives collectives et individuelles de gestion des biomasses, sources de création de richesse et donc d'emplois pour le territoire réunionnais. Pour y parvenir, il s'agit dans un premier temps de suivre l'évolution de la législation, d'effectuer des études règlementaires ainsi qu'une veille sur les opportunités financières (dispositifs fiscaux, fonds régionaux, appels à projets nationaux et européens) relatifs à l'utilisation de la biomasse. Cet état de la législation et des opportunités financières, en complément des scénarios prospectifs (A4) et de l'état de l'art des technologies de transformation des biomasses (A1) seront portés à la connaissance de différents porteurs d'enjeux (acteurs privés, collectivités...) lors d'ateliers de construction de ces opportunités.

BUDGET

Titre des actions	Action 0	Action 1	Action 2	Action 3	Action 4	Action 5	Total général
Coût total en €	82 579	155 583	199 059	109 485	48 728	138 486	733 919
dont hors salaire public	53 585	142 633	175 954	32 986	11 495	122 942	539 595
dont salaire public	28 994	12 950	23 105	76 498	37 233	15 543	194 323
Aide sollicitée CASDAR	39 588	106 434	115 395	30 581	9 414	101 722	403 135
Autofinancement	42 990	49 149	83 663	78 903	39 314	36 764	330 784

Annexe 2 : Nombre d'industries agroalimentaires réunionnaises par code NAF

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'établissements présents sur le territoire réunionnais considérés comme une industrie agroalimentaire. Les codes NAF sont ceux sélectionnés dans la méthodologie du document Agreste La Réunion numéro 84 (DAAF La Réunion - Nexa, 2013).

	Code NAF	Intitulé code NAF	Territoire ILEVA	Territoire SYDNE	TOTAL	
Industrie des viandes - filière industrielle	1011Z	Transformation et conservation de la viande de boucherie	23	9	36	82
	1012Z	Transformation et conservation de la viande de volaille	5	2	7	
	1013A	Préparation industrielle de produits à base de viande	24	12	39	
Industrie des fruits et légumes	1032Z	Préparation de jus de fruits et légumes	14	4	19	94
	1039A	Autre transformation et conservation de légumes	11	8	19	
	1039B	Transformation et conservation de fruits	35	21	56	
Industrie Laitière	1051A	Fabrication de lait liquide et de produits frais	1	3	9	71
	1051C	Fabrication de fromage	4	1	5	
	1052Z	Fabrication de glaces et sorbets	29	19	57	
Travail du grain	1061A	Meunerie	3	3	6	10
	1061B	Autres activités du travail des grains	3	0	4	
Boulangerie, pâtisserie, pâtes - filière industrielle	1071A	Fabrication industrielle de pain et de pâtisserie fraîche	10	7	18	53
	1072Z	Fabrication de biscuits, biscottes et pâtisseries de conservation	15	7	23	
	1073Z	Fabrication de pâtes alimentaires	8	4	12	
Fabrication de sucre	1081Z	Fabrication de sucre	3	4	13	13
Autres industries alimentaires	1020Z	Transformation et conservation de poisson, de crustacés et de mollusques	21	11	33	206
	1041A	Fabrication d'huiles et graisses brutes	0	0	0	
	1082Z	Fabrication de cacao, chocolat et de produits de confiserie	15	6	22	
	1083Z	Transformation du thé et du café	10	4	14	
	1084Z	Fabrication de condiments et assaisonnements	11	10	22	
	1085Z	Fabrication de plats préparés	27	24	51	
	1089Z	Fabrication d'autres produits alimentaires non compris ailleurs	36	24	64	
Fabrication d'aliments pour animaux	1091Z	Fabrication d'aliments pour animaux de ferme	6	1	9	11
	1092Z	Fabrication d'aliments pour animaux de compagnie	2	0	2	
Fabrication de boisson	1101Z	Production de boissons alcooliques distillées	7	6	14	39
	1102B	Vinification	1	0	1	
	1105Z	Fabrication de bière	4	4	13	
	1107A	Industrie des eaux de table	4	1	6	
	1107B	Production de boissons rafraîchissantes	5	0	5	
TOTAL			337	195	579	579

Annexe 3 : Organismes acteurs de la bio-économie circulaire à La Réunion

Les organismes ci-dessous sont les acteurs non détenteurs de biomasses qui jouent un rôle quant aux orientations prises, à la réglementation et aux études réalisées en lien avec les biomasses qui circulent à La Réunion et qui sont valorisées ou valorisables en agriculture. La création de cette liste n'a pas fait l'objet d'une méthodologie particulière, elle a été réalisée grâce à l'ensemble des informations recueillies lors de cette étude. Elle n'est donc pas nécessairement exhaustive.

Institutions étatiques ou sous le contrôle l'état	ADEME
	ARS
	DAAF
	DEAL
	ONF
	SAFER
Collectivités et sociétés publiques locales	Région
	Département
	2 syndicats mixte de traitement des déchets
	5 EPCI
	24 communes
	SPL énergie
	Agence d'eau
Organisation consulaire	Chambre d'agriculture
Organismes professionnels agricoles (OPAs)	Armeflhor
	ARP
	FRCA
	7 coopératives animales (AVIPOLE, CFS, CPLR, CPPR, OVICAP, SICALAIT, SICAREVIA)
	11 coopératives végétales (Fruits et Légumes de Bourbon, CME, Vivéa, Terre de Bourbon, ANAFRUIT, CAHEB, Ananas Réunion, Bourbon Pointu, Chai de Cilaos, ProVanille, SICA TR, APRFLDT)
Agences	AGORAH
	Nexa
Organismes de recherche	Cirad
	INRA
	IRD
	eRcane
	Université de La Réunion
Associations	ADIR
	Cluster Green
	Collectif zéro déchet
	CPME Réunion
	GAB
Pôle de compétitivité	Qualitropic
Bureaux d'études	BRL Ingénierie
	Deloitte
	Espelia
	Recovering

Annexe 4 : Acteurs réunionnais inventoriés dans cette étude comme détenteurs de biomasses valorisées ou valorisables en agriculture

Type acteur	Nom
agricole	exploitants agricoles, pépiniéristes et les propriétaires d'équins
urbain	véolia
	la créole cie des eaux
	saur cise eau
	commune sainte-rose
	commune cilaos
	ileva
	gtc
	suez
	dsdn recyclage (groupe carpaye)
	valorest (groupe carpaye)
	nicollin
	piscine aquanor (cinor)
	réserve étang saint-paul
	privées et publiques réalisant aménagements paysagers et élagages
	producteurs de DMA territoire sydney
producteurs de DMA territoire ileva	
propriétaires chiens et chats	
particuliers et collectivités consommateurs de fertilisants et supports de culture	
AAI	tereos
	isautier
	savanna
	rivière du mat
	brasserie de bourbon
	brasserie sorebra
	brasserie de l'ilet
	soboriz
	royal bourbon industrie (rbi)
	ovocoop
	cogedal
	sicre
	sica aucre sica des sables
	groupe urcoopa
	sts sud traitement service
	ac2v services
	producteurs de DAE en collecte privée _territoire sydney
producteurs de DAE en collecte privée _territoire ileva	
producteurs intrants sols et litières	recyclage de l'ouest (rdo)
	recyclage de l'est (rde)
	cteegi
	jpp distribution
	valavie
	pierre maximin maillot
scea le cimendef	
filière forêt-bois	copobois
	sciage de bourbon
	tk bois
	onf
énergie	albioma
extérieur	mer

Annexe 5: Unités réunionnaises inventoriées dans cette étude comme détentrices de biomasses valorisées ou valorisables en agriculture

type d'unité	nom unité	n° carte
agricole	exploitations agricoles, pépinières, centres équestres, pensions équines	
urbain	steu grand prado (véolia)	1
	steu saint-pierre (véolia)	2
	steu le port (véolia)	3
	steu saint-paul cambaie (la créole cie des eaux)	4
	steu saint-louis (véolia)	5
	steu saint-benoît (saur cise eau)	6
	steu saint-paul hermitage (la créole cie des eaux)	7
	steu saint-andré (saur cise eau)	8
	steu sainte-suzanne (saur cise eau)	9
	steu étang-salé (véolia)	10
	steu saint-joseph (véolia)	11
	steu bras-panon (saur cise eau)	12
	steu saint-leu (saur cise eau)	13
	steu sainte-rose (commune sainte-rose)	14
	steu entre-deux (véolia)	15
	steu cilaos (commune cilaos)	16
	plateforme déchets verts le port (regie ileva, prestataire gtc)	17
	plateforme déchets verts le port cambaie (regie ileva, prestataire suez)	18
	plateforme déchets verts saint-leu (regie ileva, prestataire suez)	19
	plateforme déchets verts saint-pierre (regie ileva, prestataire gtc)	20
	plateforme déchets verts le tampon (ileva)	21
	plateforme déchets verts saint-denis (régie sydney, prestataire suez)	22
	plateforme déchets verts sainte-rose (régie sydney, prestataire gtc)	23
	plateforme déchets verts saint-andré (carpaye dsdn)	24
	plateforme déchets verts bras-panon (carpaye valorest)	25
	transit déchets verts saint-denis (régie cinor, prestataire nicollin)	26
	étang saint-paul	27
	piscine aquanor	28
lieux d'aménagements paysagers et d'élagages		
unités productrices de DMA territoire sydney		
unités productrices de DMA territoire ileva		
propriétaires chiens et chats		
particuliers et collectivités consommateurs de fertilisants et supports de culture		
AAI	sucrierie du gol (tereos)	29
	sucrierie bois rouge (tereos)	30
	distillerie isautier	31
	distillerie savanna	32
	distillerie rivière du mât	33
	brasserie bourbon	34
	brasserie sorebra	35
	brasserie de l'ilet	36
	soboriz	37
	cogedal	38
	royal bourbon industrie	39
	ovocoop	40
	sicre	41
	sica aucre sica des sables	42
	urcoopa	43
	petfoodrun	44
	unités productrices de DAE en collecte privée territoire sydney	
	unités productrices de DAE en collecte privée territoire ileva	
production intrants sols et litières	recyclage de l'ouest	45
	recyclage de l'est	46
	plateforme transformation effluents élevage cteegi	47
	jpp distribution	48
	valavie	49
	scea cimendef	50
	pierre maximin maillot	51
	copobois	52
	plateforme broyage bois (tk bois)	53
	plateforme recyclage et valorisation déchets btp (sts)	54
plateforme broyage palettes (ac2v)	55	
Forêt-bois	sciage de bourbon	56
	forêts onf	
énergie	centrale thermique le gol (albioma)	57
	centrale thermique bois rouge (albioma)	58
	turbine à combustion (albioma)	59
élimination	isdnd sainte-suzanne (suez)	60
	isdnd saint-pierre (exploitant ileva, gestionnaire gtc)	61
	mer	

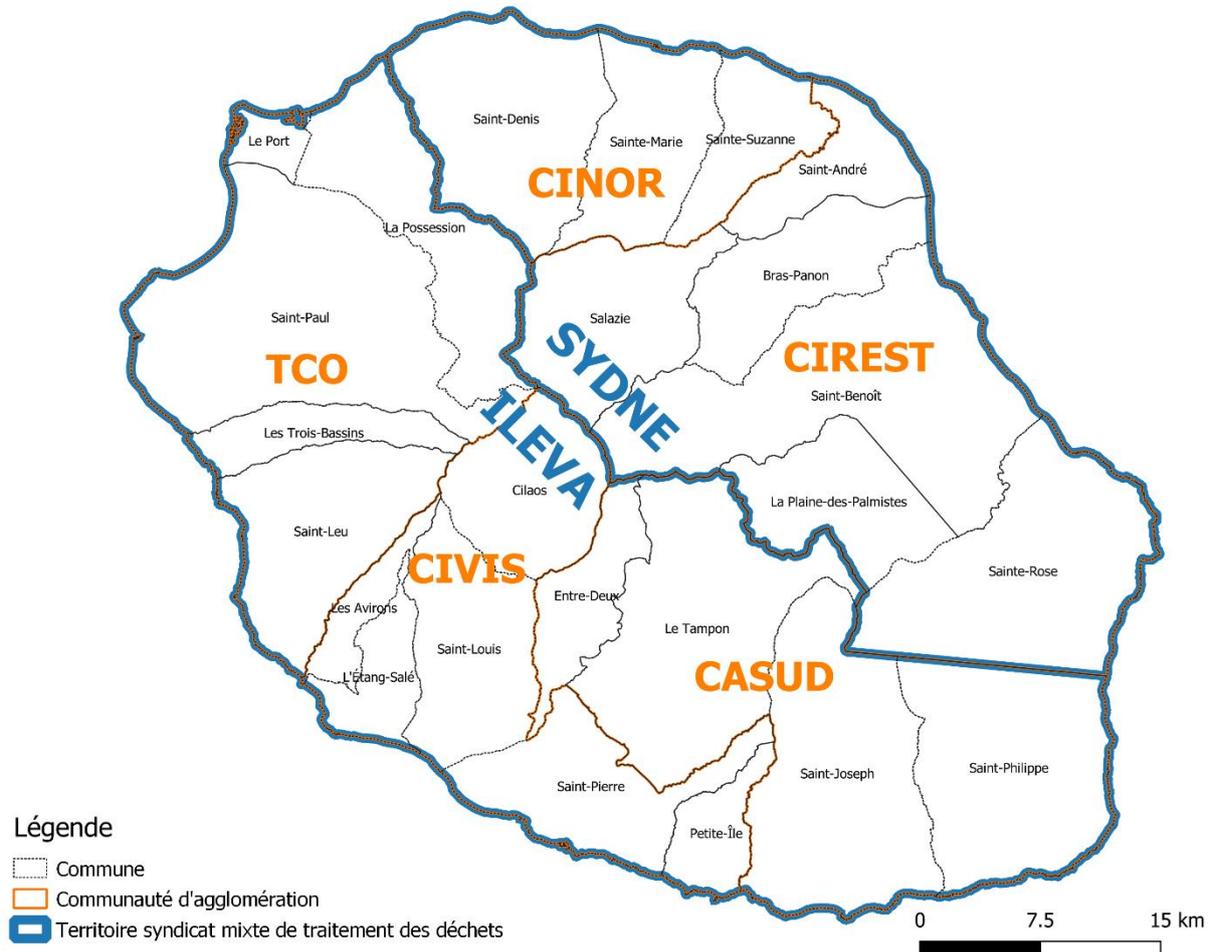
Annexe 6 : Activités réunionnaises inventoriées dans cette étude comme détentrices de biomasses valorisées ou valorisables en agriculture

type activité	nom
production agricole	productions végétales et productions animales (bovin, porcin, volaille, ovin, caprin, lapin, équin)
urbain	traitement eaux usées _steu grand prado
	traitement eaux usées _steu saint-pierre
	traitement eaux usées _steu le port
	traitement eaux usées _steu saint-paul cambaie
	traitement eaux usées _steu saint-louis
	traitement eaux usées _steu saint-benoît
	traitement eaux usées _steu saint-paul hermittage
	traitement eaux usées _steu saint-andré
	traitement eaux usées _steu sainte-suzanne
	traitement eaux usées _steu étang-salé
	traitement eaux usées _steu saint-joseph
	traitement eaux usées _steu bras-panon
	traitement eaux usées _steu saint-leu
	traitement eaux usées _steu sainte-rose
	traitement eaux usées _steu entre-deux
	compostage déchets verts _plateforme le port
	broyage déchets verts _plateforme le port cambaie
	broyage déchets verts _plateforme saint-leu
	broyage déchets verts _plateforme saint-pierre
	compostage déchets verts _plateforme le tampon
	broyage déchets verts _plateforme le tampon
	broyage déchets verts _plateforme saint-denis
	compostage déchets verts _plateforme sainte-rose
	broyage déchets verts _plateforme saint-andré
	broyage déchets verts _plateforme bras-panon
	transit déchets verts _plateforme saint-denis
	traitement eaux usées _steu cilaos
	étang saint-paul
	berges étang saint-paul
	aménagement paysager et élagage
	activités produisant des DMA _territoire sydne
	activités produisant des DMA _territoire ileva
	chiens et chats
activités des particuliers et collectivités consommant des fertilisants et supports de culture	
production AAI hors alimentation animale agricole	production sucre _sucrierie du gol
	production sucre _sucrierie bois rouge
	production rhum _distillerie isautier
	production rhum _distillerie savanna
	production rhum _distillerie rdm
	production bière _brasserie bourbon
	production bière _sorebra
	production bière _brasserie de l'ilet
	production riz _soboriz
	production farine de blé _cogedal
	production jus confitures condiments conserves grains _rbi
	production ovoproduits _ovocoop
	production café _sicre
	production aliments chiens et chats _petfoodrun
	activités produisant des DAE en collecte privée _territoire sydne
	activités produisant des DAE en collecte privée _territoire ileva

production AAI alimentation animale agricole	traitement levures _brasserie bourbon
	mélange drêche et trouble _sorebra
	production alimentation animale _urcoopa
production d'intrants sols et litières	chaulage crèmes de levure
	production farine viande os _sica aucre
	production farine plumes et sangs _sica aucre
	chaulage _steu grand prado
	production co-compost _rdo
	broyage palettes _rde
	broyage déchets verts _rde
	production co-compost _rde
	traitement lisier porcins _cteegi
	co-compostage _cteegi
	production terreau (universel, jardin, anthurium, orchidée, semis) _jpp distribution
	production fumier bovin composté _jpp distribution
	production engrais avec fientes poules pondeuses déshydratées _valavie
	production compost fumier de volaille _scea cimendef
	production granulées fientes volaille _pmm
	production copeaux mulch _copobois
	production copeaux litière _copobois
	production sciure litière _copobois
	production broyat de palette _ac2v
broyage palettes issues btp _sts	
production litière copeaux _tk bois	
production filière forêt- bois	sciage bois _sdb
	productions forestières _forêts onf
activité pour une valorisation énergétique	production bioéthanol _distillerie rdm
	production copeaux énergie (bois issue industrie du bois) _copobois
production d'énergie	méthanisation vinasses _distillerie rdm
	production énergie _albioma le gol
	production énergie _albioma bois rouge
	méthanisation granulation _steu grand prado
	production d'énergie _tac albioma
	combustion chaudière _aquonor
activité pour l'élimination	centrifugation vinasses _distillerie savanna
élimination	enfouissement _isdnd sainte-suzanne
	enfouissement _isdnd saint-pierre
	stockage boues _steu sainte-rose
	stockage boues _steu entre-deux
	stockage boues _steu cilaos
	mer

Annexe 7 : Découpage administratif de La Réunion

La carte ci-dessous présente les découpages de 24 communes, des 5 établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) et des 2 syndicats mixtes de traitement des déchets.



Annexe 8 : Biomasses locales valorisées ou valorisables en agriculture

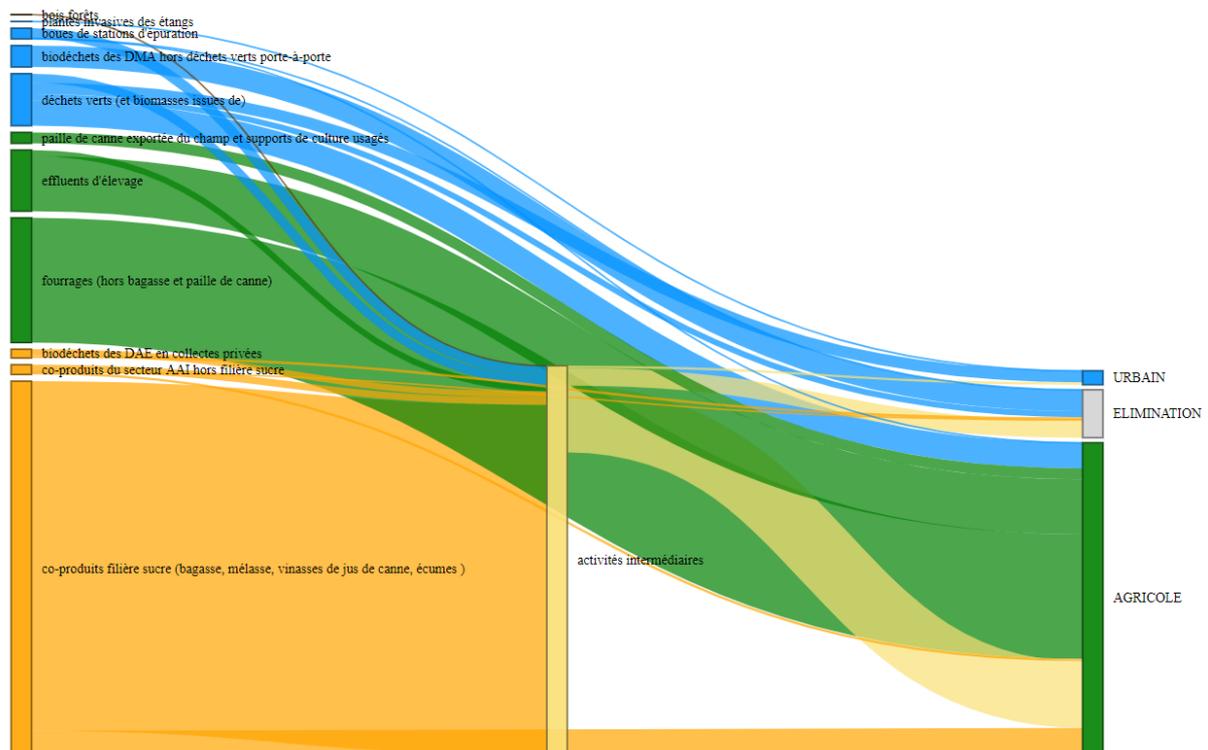
Type	Nom	géo-localisée	norme et homologation	
Co-produits et déchets (et issues de)				
Résidus et déchets de cultures	paille de canne exportée			
	support de culture fibre de coco usagé			
Effluents d'élevages (et issues de)	effluents d'élevage bruts	effluent bovin non manipulable (pâturage)		
		lisier bovin		
		fumier bovin		
		lisier porcin		
		fumier de volaille chair		
		fientes de poules pondeuses		
		fumier ovin		
		fumier caprin		
		fumier lapin		
	boues et eaux usées issues du traitement de lisier de porc	phase liquide traitement lisier cteegi	x	
		phase solide traitement lisier cteegi	x	
	composts d'effluent(s) d'élevage brut(s) ou traité(s)	compost cteegi	x	NFU 44 051
		compost fumier volaille cimendef	x	NFU 42 001
		compost fumier bovin jpp	x	NFU 44 051
	engrais à base de fientes de poules pondeuses	engrais ferticycle 100% organique valavie	x	NFU 42 001
		engrais ferticycle organo-minéral valavie	x	NFU 42 001
engrais terla valavie		x	NFU 42 001	
fientes de poules pondeuses déshydratées granulées pmm		x	NFU 42 001	
Co-composts et terreaux avec mélange de biomasses agricoles, urbaines et AAI	compost rdo	x	NFU 44 095	
	compost rde	x	NFU 44 095	
	terreux (universel, jardin, anthurium, orchidée, semis) jpp	x	NFU 44 051	
Biodéchets des DMA (et issues de)	déchets verts (et issues de)	déchets verts bruts		
		compost déchets verts le port	x	NFU 44 051
		compost déchets verts le tampon	x	NFU 44 051
		broyat déchets verts le port cambaie	x	NFU 44 051
		broyat déchets verts saint-leu	x	NFU 44 051
		broyat déchets verts saint-pierre	x	NFU 44 051
		broyat déchets verts le tampon	x	NFU 44 051
		broyat déchets verts saint-denis	x	NFU 44 051
		compost déchets verts sainte-rose	x	NFU 44 051
		broyat déchets verts saint-andré	x	NFU 44 051
		broyat déchets verts bras-panon	x	NFU 44 051
		broyat déchets verts rde	x	
	biodéchets DMA hors déchets verts p-à-p	biodéchets des DMA hors déchets verts porte-à-porte	x	
Boues STEU (et issues de)	boues steu gp méthanisées granulées	x		
	boues steu gp méthanisées granulées chaulées	x	homologation	
	boues steu grand prado	x		
	boues steu saint-pierre	x		
	boues steu le port	x		
	boues steu cambaie	x		
	boues steu saint-louis	x		
	boues steu saint-benoît	x		
	boues steu saint-paul hermitage	x		
	boues steu saint-andré	x		
	boues steu sainte-suzanne	x		
	boues steu étang-salé	x		
	boues steu saint-joseph	x		
	boues steu bras-panon	x		
	boues steu saint-leu	x		
	boues steu sainte-rose	x		
	boues steu entre-deux	x		
	boues steu cilaos	x		

Co-produits et déchets de la filière sucre (sucrieries et distilleries)	écumes de sucrerie	écumes le gol	x	NFU 44 051
		écumes bois rouge	x	NFU 44 051
	vinasses de distillerie	vinasses brutes _rdm	x	
		vinasses brutes distillation mélasse _isautier	x	
		vinasses brutes distillation mélasse _savanna	x	
		vinasses brutes distillation jus de canne _isautier	x	
		vinasses brutes distillation jus de canne _savanna	x	
		vinasses délevurées et eau de lavage	x	
	digestat vinasses méthanisées	digestat de vinasses méthanisées pâteux	x	
		digestat de vinasses méthanisées liquide	x	
	bagasse	bagasse le gol	x	
		bagasse bois rouge	x	
	mélasse	mélasse le gol	x	
		mélasse bois rouge	x	
crème de levures (et issues de)	crème de levures de distillerie	x		
	crème de levures de distillerie chaulée	x		
cendre de bagasses	cendres de bagasses le gol	x	homologation	
	cendres de bagasses bois rouge	x	homologation	
bioéthanol	bioéthanol _rdm	x		
Co-produits et déchets du secteur AAI hors filière sucre	issues brasseries	drêche de brasserie	x	
		trouble brasserie	x	
		mélange drêche brasserie + trouble	x	
		levure de brasserie brute	x	
		levure de brasserie désactivée	x	
	issues industrie ovoproduits	coquilles œufs + blanc technique	x	
		coquilles œufs	x	
	issues industrie café moulu	parche de café	x	
		pellicule argentée	x	
	issues filière abattage	farine plumes sangs	x	NFU 42 001
		farine viandes os	x	NFU 42 001
	issues minoterie	son de blé	x	
	issues industrie du riz	brisure de riz	x	
		son de riz	x	
issues industrie transfo. fruits et légumes	résidus fruits et légumes	x		
sorties industrie alimentation animale	part locale urcoopa	x		
	part locale petfoodrun	x		
Biodéchets des DAE en collectes privées (et issues de) hors flux connus du secteur AAI	biodéchets des DAE en collectes privées (hors flux connus)			
	palettes			
	broyat de palettes normé		x	NFU 44 051
	broyat de palettes non normé		x	
Co-produits et déchets filière forêt-bois (et issues de)	cendre copeaux cryptomeria		x	
	connexes bois _sdb		x	
	sciure _sdb		x	
	copeaux pour paillage _copobois		x	NFU 44 551
	copeaux pour combustion _copobois		x	
	copeaux pour litière _copobois		x	
	copeaux pour litière _tk bois		x	
	bois utilisé en litières animales			
plantes invasives	laitues et jacinthes d'eau		x	
Produits Réunionnais				
Fourrage hors paille de canne et bagasse	herbe pâturée			
	foin			
	enrubanné			

Annexe 9 : Diagramme de Sankey des flux de biomasses locales valorisées ou valorisables en agriculture

Les figures ci-dessous représentent l'ensemble des flux de biomasses locales valorisées ou valorisables en agriculture (cf. figure 12) sous forme de diagrammes de Sankey. Un diagramme de Sankey est un diagramme de flux dans lequel la hauteur de chaque flux représenté est proportionnelle à sa valeur. Les flux des diagrammes ci-dessous sont en tonnes de matières sèches.

Diagramme de Sankey 1 :



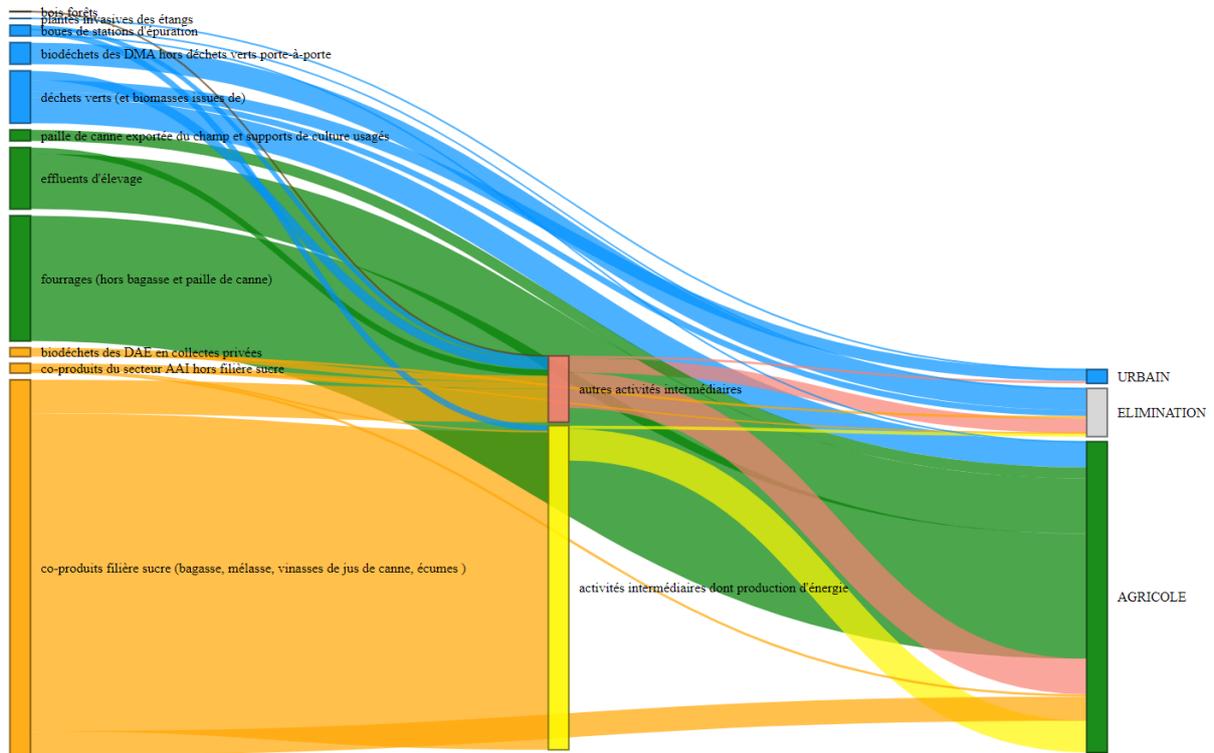
Amont : Type de biomasses.

Centre : Activités intermédiaires.

Un flux peut passer par une activité intermédiaire ou plusieurs qui se succèdent.

Aval : Type d'utilisation.

Diagramme de Sankey 2 :



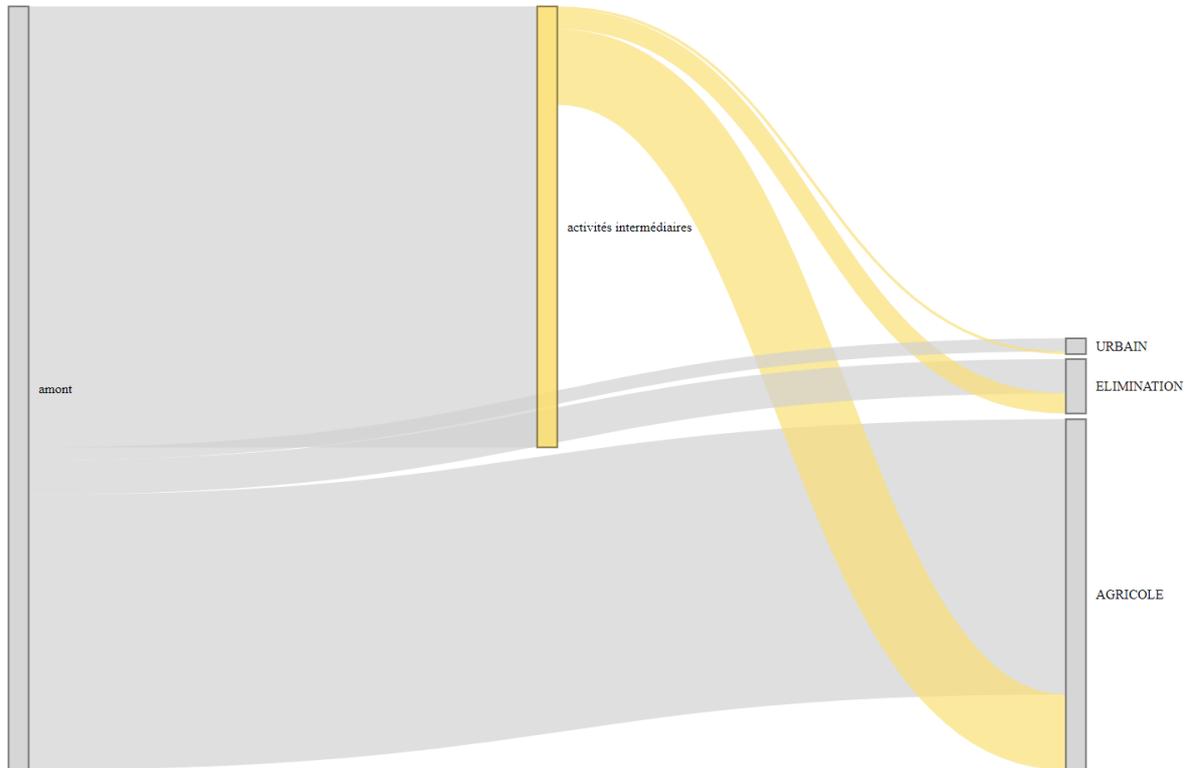
Amont : Type de biomasses.

Centre : Activités intermédiaires.

Un flux peut passer par une activité intermédiaire ou plusieurs qui se succèdent.
Certains flux passent par une activité productrice d'énergie.

Aval : Type d'utilisation.

Diagramme de Sankey 3 :

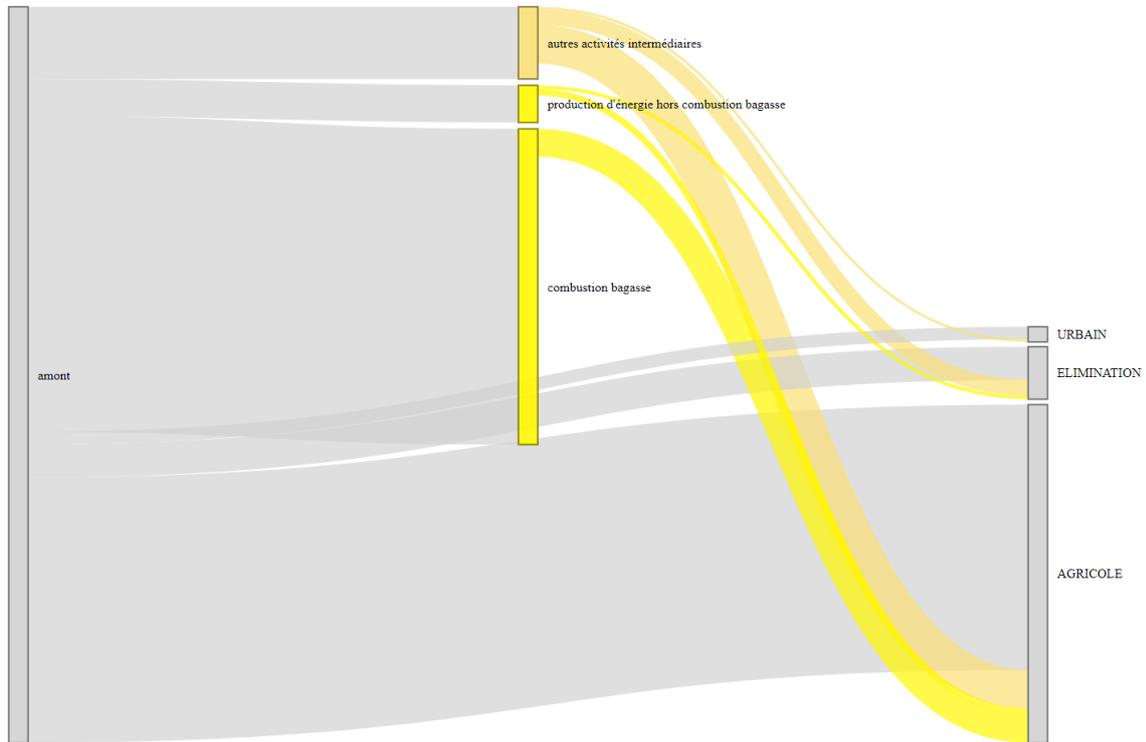


Amont : Total des biomasses.

Centre : Activités intermédiaires.
Un flux peut passer par une activité intermédiaire ou plusieurs qui se succèdent.

Aval : Type d'utilisation.

Diagramme de Sankey 4 :



Amont : Total des biomasses.

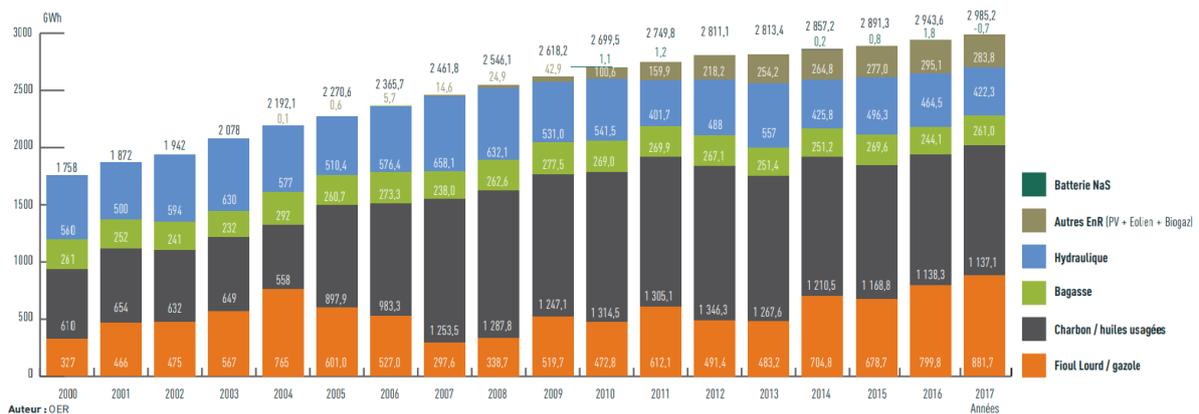
Centre : Activités intermédiaires.
Un flux peut passer par une activité intermédiaire ou plusieurs qui se succèdent.
Certains flux passent par une activité productrice d'énergie.

Aval : Type d'utilisation.

Annexe 10 : Evolution de la production d'électricité par source d'énergie

En 2017, 9% de l'électricité consommée à La Réunion était produite à partir de bagasse. A noter que les cendres de bagasse sont utilisées sur les terres agricoles pour leur effet chaulant (relever le pH) et pour leur effet fertilisant (surtout en K₂O).

Évolution de la production électrique par type d'énergie de 2000 à 2017 en GWh



Source : SPL énergie Réunion, 2018

Annexe 11 : Calcul de la part importée vis-à-vis du total des intrants utilisés en agriculture

	t MB	t MS	Sources et hypothèses
importation	254350	232220	
alimentation animale	222 000	200 000	Source : Urcoopa, 2019 . Hypothèse : 90 % MS
engrais	31 350	31 350	Source : DAAF La Réunion - douanes, 2019 Hypothèses : • environ 5% utilisé dans le secteur urbain (particuliers, entreprises, collectivités) • 100 % MS
supports de culture	1000	870	Hypothèses : • majoritairement fibre de coco soit environ 1000 tonnes MB (DAAF La Réunion - douanes, 2019) • 87 % MS
amendements	-	-	Des amendements organiques (ex : terreaux) ou organo-minéraux sont importés à La Réunion. Cette donnée est manquante. Cependant une hypothèse est que les tonnages sont négligeables vis-à-vis de l'ensemble des autres tonnages.
litières	-	-	Des litières sont importées à La Réunion, notamment pour les volailles. Cette donnée est manquante. Cependant une hypothèse est que les tonnages sont négligeables vis-à-vis de l'ensemble des autres tonnages.
intrants locaux	1395000	271000	
intra-exploitations	984000	97000	Etude de ce rapport.
extra-exploitations	411000	174000	Etude de ce rapport.

Répartition des intrants selon l'origine :

matières importés	15 %	46 %
matières locales	85 %	54 %
<hr/>		
intra-exploitations	60 %	19 %
extra-exploitation locaux	25 %	35 %
extra-exploitation importés	15 %	46 %
	100 %	100 %

Annexe 12 : Cadre d'analyse des « 9 R »



Cadre d'analyse des 9 R (Kirchherr et al., 2017).
Traduit depuis l'anglais par V. Kleinpeter.