



POUR UNE ALIMENTATION ET UNE
AGRICULTURE 100% LOCALES, BIO,
PAYSANNES, EN AUTOSUFFISANCE,
POUR TOUS, AU JUSTE PRIX.

Mission d'étude à La Réunion

Compte rendu

Gilles Billen et Josette Garnier
CNRS, UMR Metis, Paris.

Juin 2022



Sommaire

Introduction	5
1. Agenda des visites, présentations et entretiens	6
2. Données recueillies sur les systèmes agricoles	22
2.1. Un jardin créole	22
2.2. Maraîchage et vergers bio	24
2.3. Autres systèmes maraîchers bio	26
2.4. Elevage de volaille bio	26
3. Prélèvements d'eau dans les rivières	28
Conclusion	32
ANNEXES	33
ANNEXE 1. Rapports transmis à Oasis-Réunion préalablement et postérieurement à la mission	34
1. L'autonomie alimentaire durable est- elle possible à La Réunion ? (Mai 2022)	34
2. Les conditions d'une autosuffisance alimentaire durable à La Réunion (Juillet 2022)	39
ANNEXE 2. Présentations durant la mission	43
1. Présentation à la Foire Agricole de Bras-Panon	43
2. Présentation à Hell-Bourg	58
3. Présentation au CIRAD de Saint-Pierre	71

Introduction

Le Collectif Oasis-Réunion porte le projet ambitieux *d'une alimentation et d'une agriculture bio, locale et paysanne, en autosuffisance, au juste prix pour tous*. Les travaux que nous avons menés en métropole et au niveau Européen et mondial portent précisément sur la faisabilité de scénarios prospectifs du système agro-alimentaire basés sur la généralisation de pratiques agro-écologiques couplés à des modifications structurelles profondes des systèmes de production et du régime alimentaire. A la demande d'Oasis Réunion, nous avons appliqué la même démarche au cas de l'île de la Réunion et produit un ensemble de scénarios indicatifs, montrant à quelles conditions l'autonomie alimentaire de l'île pourrait être atteinte. Ce rapport est fourni en annexe 1.

Compte tenu des spécificités très particulières de La Réunion (son insularité, la diversité de ses paysages et climats, la faiblesse des surfaces cultivables par rapport à la population,...) il nous apparaissait cependant qu'un avis circonstancié sur la faisabilité d'un scénario d'autonomie alimentaire à la Réunion ne pourrait être donné qu'après une prise de contact directe avec les réalités de ce territoire. C'est la raison du voyage d'étude de trois semaines que nous avons effectué dans l'île du 21 mai au 15 juin 2022. Outre une approche sensible des paysages, nous avons cherché à rencontrer une série d'acteurs du système agro-alimentaire réunionnais et à acquérir quelques données sur les systèmes alternatifs différant largement des pratiques agricoles majoritaires sur lesquelles se concentrent les données des organismes officiels de l'administration et de la recherche.

Dans ce rapport, nous livrons à l'état brut les éléments et les données recueillis au cours de ces trois semaines.

Une première partie (1. *Agenda*) liste simplement dans l'ordre chronologique les visites et entretiens que nous avons réalisés, avec un bref résumé des éléments marquants qui en sont ressortis. Une seconde partie (2. *Données sur les systèmes agricoles*) présente une première synthèse du matériel recueilli lors des enquêtes sur les exploitations agricoles, Une troisième partie (3. *Prélèvements sur les cours d'eau*) décrit les prélèvements d'eau de rivière que nous avons effectués comme indicateur intégratif de l'activité agricole et urbaine, et fournit les résultats des analyses réalisées.

Les présentations que nous avons été amenés à faire au cours du séjour sont reproduites en annexe 2.

Les principaux documents photographiques acquis au cours de ces 3 semaines, dont ceux utilisés pour illustrer ce rapport, sont rassemblés sur un drive librement accessible à l'adresse :

<https://photos.app.goo.gl/XAeCcdHT1WmLBdSK6>

Le traitement de tout ce matériel, joint à celui d'autres informations à rechercher encore dans la littérature scientifique et administrative, demandera encore plusieurs mois de travail. Notre objectif à l'issue de ces travaux est de produire une analyse scientifique de la situation actuelle du système agro-alimentaire réunionnais et une description plus concrète et plus fine de ce que pourrait être ce système à l'horizon 2030-2040 l'autonomie alimentaire durable.

Nous avons été extrêmement bien accueillis par les réunionnais. Nous tenons exprimer toute notre gratitude aux personnes qui ont accepté de nous rencontrer et nous ont offert leur temps pour éclairer notre connaissance de la Réunion. Nous sommes particulièrement reconnaissants aux membres du Collectif Oasis-Réunion qui ont tout fait pour rendre notre séjour utile, nous l'espérons, et surtout très agréable. Merci à zot tout !

1. Agenda des visites, présentations et entretiens

Samedi 21 Mai 2022

Arrivée à Saint Denis au matin. Accueil par Bernard Bonnet d'Oasis-Réunion (OA), qui nous héberge dans sa maison familiale à La Montagne.



Première visite de son jardin créole, dont nous décidons de faire un exemple type de production familiale informelle. Voir plus loin (§ 2.1.) les résultats de cette analyse.

Discussion avec Erwan Molinié, sociologue, doctorant à l'Université Paris Cité, sur les obstacles au changement de système agricole à la Réunion.

Dimanche 22 mai.

Foire agricole de Bras-Panon.

**OASIS RÉUNION EST INVITÉ
À LA FOIRE AGRICOLE DE
BRAS-PANON**

LES DIMANCHES 15 & 22 MAI

DIMANCHE 15 MAI
6H - 13H
Au MARCHÉ LA KOUR
avec les producteurs locaux à l'extérieur

DIMANCHE 22 MAI
9H30 - 14H
Dans la Salle du Conseil Municipal
dans la Foire à gauche en entrant

PROGRAMME:

- Projection du Film: «Secrets Toxiques»
En Première à La Réunion, un documentaire révélateur de la très forte toxicité des pesticides (Roundup, glyphosate) fortement utilisés sur l'île
- Débats
- Table Ronde
- Conférence de Presse
- Conférence des scientifiques:
Gilles Billen et Josette Garnier, biogéochimistes et directeurs de recherche au CNRS, sur
- les conditions à réunir pour atteindre l'Autonomie Alimentaire Durable sur l'île à l'horizon 2030 -

Places limitées & Réservation obligatoire sur
contact@oasis-reunion.bio ou texto au 0692954545
Possibilité de repas barquette 100% local & bio
sur réservation : formules de 6€ à 10€-





Réunion sur invitation dans la salle du conseil de la Mairie de Bras-Panon, en présence du Maire Johny Atchapa, très engagé dans l'agriculture durable, et soutien actif des objectifs d'Oasis Réunion. Projection du film « Secrets Toxiques » sur les manquements de l'évaluation de la toxicité à long terme des pesticides avant leur autorisation de mise sur le marché.

Conférence sur l'autonomie alimentaire durable de la Réunion. Le support de présentation est disponible en annexe.

Lors de la discussion, interviennent entre autres :

Jean-Bernard Maratchia, Conseiller Régional, président de la CGPER et planteur de canne. Il explique les difficultés d'un changement de système agricole et les limites de la diversification notamment face aux cyclones.

Philippe Lucas, agriculteur et formateur, membre de l'association Déméter. Il promeut les cultures associées en inter-rangs.

David Morel, conseiller technique en AB de la Chambre d'Agriculture de La Réunion qui rappelle les chiffres du développement de l'AB sur l'île (soit : 502 agriculteurs en AB certifiés et 2200 ha au total des différentes filières agricoles, selon l'Agence Bio au 31/12/2021).

Patrick Malbrouck, de l'IMVEC, expose le fonctionnement du potager Calixte, vouée à la ré-insertion professionnelle par le maraîchage bio (voir plus loin).

François Maugis, intervient au nom de l'Association Energie et Environnement qu'il préside;

Hermann Hosteing au nom du Groupement des Agriculteurs Biologiques de la Réunion (GAB-974).

Bernard Bonnet, d'Oasis-Réunion, conclut sur la nécessité de décisions historiques de diversification agricole radicale à prendre d'urgence face aux menaces de pénuries alimentaires qui se profilent pour l'île.

Lundi 23 mai 2022

Visite au Jardin de Cocagne de La Montagne.



Alain, son responsable nous en explique le fonctionnement. Il s'agit d'un jardin d'insertion de 11 ha au total, dont 2.8 ha de parcelles effectivement cultivées et 10 serres de 200 m², consacré à la production de légumes bio, essentiellement écoulee sous forme de paniers (par an 2840 paniers de 3 à 3.5 kg). Une petite partie du domaine est également consacrée à un jardin pédagogique.

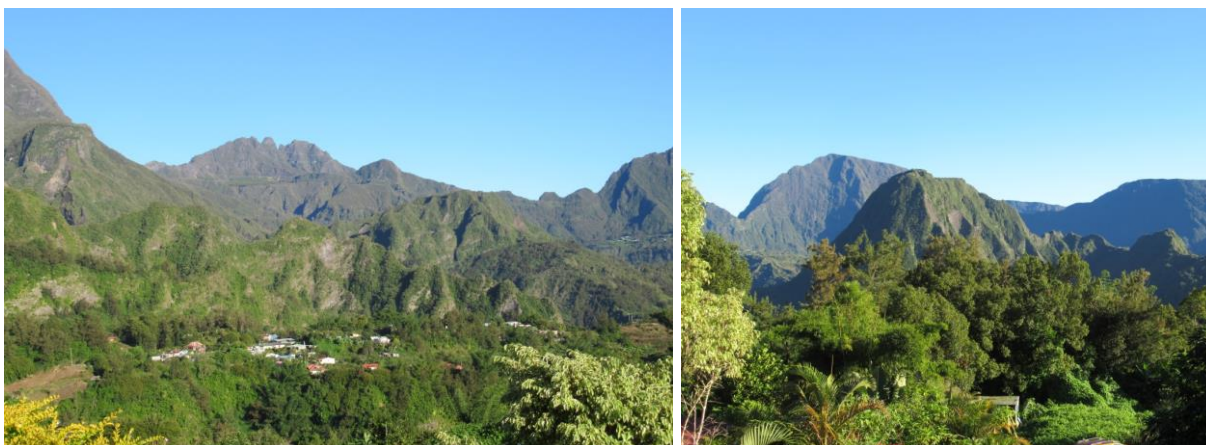


Les chiffres de production et de fertilisation ont contribué à l'établissement de la synthèse sur les productions maraîchères bio réalisée dans la seconde partie de ce rapport.

L'irrigation se fait actuellement sur le réseau d'eau potable. Une retenue collinaire de 1600 m² est en projet sur la partie haute du site. En projet également : offrir à un maraîcher la possibilité d'une installation sur 0.5 ha sur le site.

Mardi 24 mai

Route de Saint Denis à Hell-Bourg.



Mercredi 25 mai.

Visite du jardin potager d'insertion de Saint-André (IMVEC) et discussions avec Patrick Malbrouck, son directeur.



Il s'agit d'un jardin de 0.5 ha, établi sur une ancienne déchargé décontaminée en plein milieu urbain. Outre son rôle social de ré-insertion, le jardin se veut un conservatoire d'espèces de légumes et d'arbres fruitiers lontans : plus de 200 espèces sont conservées et cultivées. Une extension de 0.5 ha à Saint Anne est prévue, qui sera consacrée à la permaculture, autour de la papaye (cultivée en cycles de 18 mois).

Les données de production et de fertilisation obtenues ont contribué à l'établissement de la synthèse sur les productions maraîchères bio réalisée dans la seconde partie de ce rapport.

Jeudi 26 mai

Événement Oasis-Réunion à Hell-Bourg.



Projection du film « Kour Cirkui », précédé d'un repas péi et bio préparé par l'association Just'Accord (Stéphane le Duff), et commenté par Guillaume Fournat son réalisateur.

Invitation pour une présentation d'une conférence sur l'autonomie alimentaire devant une cinquantaine de personnes. Le diaporama est disponible en annexe 3.

Durant le débat très riche qui suit, interviennent notamment : Hermann Hosteing (président du GAB), Jacques Fort (agriculteur, intervenant dans le film), Madame l'adjointe au Maire de Salazie, M. Charlat (service agricole du département), Jean-François Maillot (Réseau Compost Citoyen à la Réunion) et plusieurs agriculteurs de Salazie. La discussion évoque les difficultés économiques et administratives (accès au foncier par exemple) auxquelles sont confrontés les agriculteurs qui tentent de sortir des pratiques conventionnelles, ainsi que ceux qui cherchent à s'installer. Les difficultés d'approvisionnement rencontrées durant la crise du covid, surtout en matière d'alimentation animale, sont encore dans toutes les mémoires. La reconquête des terrains en friche, y compris en milieu urbain, apparaît comme une nécessité (certains parlent de « nouveau marronage », ou d'« économie des ronds-points »), de même que le partage et le libre échange des semences péi. Plusieurs personnes évoquent les potentialités des fruits et légumes lontans, qui ont tendance à être délaissés en dépit de leur abondance et de leurs excellentes qualités nutritionnelles et gustatives.

Vendredi 27 mai

Randonnée au cirque de Mafate depuis le Col des Bœufs.



Merci à Marie-Claire Vigier de nous avoir servi de guide !

Samedi 28 mai

Départ d'Hell Bourg vers la Plaine des Cafres.
Prélèvement d'eau dans la rivière du Mât, à Hell Bourg (Thermes) et à Saint André (Parc du Mât), et dans la rivière des Marsouins, en forêt de Belouve et à Saint Benoît).
Arrivée à La Plaine des Cafres.

Dimanche 29 mai

Visite de l'exploitation maraîchère bio de Pascal Dijoux.



Située à 1000 m d'altitude, cette exploitation de 3.4 ha dont 2 ha cultivés en maraîchage et 600 m² de serres a été convertie en bio en 2009, après la reprise de l'exploitation paternelle par Pascal Dijoux. Elle emploie 2.5 équivalents temps plein. Pascal Dijoux assure en outre 450h annuelle de formation en lycée agricole.

Il est membre et président de la coopérative Uprobio, dont les 50 adhérents s'échangent des produits pour diversifier l'offre sur les marchés.

Il évoque le problème de l'accès aux semences, provenant en majorité de Métropole, et souvent mal adaptées aux conditions locales, malgré les efforts de l'Armeflhor (Association Réunionnaise pour la Modernisation de l'Economie Fruitière, Légumière et HORTicole), créée en 1992 par les professionnels de La Réunion, avec laquelle il collabore.

L'analyse de son exploitation a contribué à la synthèse sur les productions maraîchères présentée plus loin.

Lundi 30 mai

Entretien de Mme Z, éleveuse de poules pondeuses bio, sur une exploitation de 90 poules pondeuses, comprenant aussi 0.7 ha de productions fruitières et légumières (agrumes, bananes, chouchoux) à la Plaine des Cafres. L'analyse de sa production est incluse plus loin. Madame Z évoque l'absurdité de l'application stricte du cahier des charges de l'AB qui impose de facto l'importation depuis la métropole des poussins et de la nourriture des volailles, ce qui rend impossible l'autonomie de son exploitation, même si ses productions fruitières (bananes notamment) contribuent à l'alimentation des poules.



Au-dessus de 1000 m, le maïs pousse trop lentement pour être récolté avant la saison des cyclones. Plus bas, au Tampon, sa culture était traditionnelle, selon une rotation maïs/haricots/manioc telle que pratiquée par ses parents et grands-parents.

Rendez-vous avec Laurence Mondon, maire-adjointe déléguée à l'agriculture du Tampon, et également éleveuse de bovins, porcins et volailles dans le nord de la commune.



La commune est en charge de la restauration scolaire (40 écoles maternelles et primaires) et sert plus de 10 000 repas par jour préparés dans 20 cuisines centrales. Elle privilégie l'approvisionnement auprès des maraîchers locaux. L'approvisionnement en quantités garanties est un problème, vu la taille très réduite des exploitations maraîchères (5 ha en conventionnel, 3.5 ha en bio). Elle a signé une charte pour l'approvisionnement en viande auprès des coopératives réunionnaises. Une nutritionniste élabore les menus, avec un repas hebdomadaire végétarien, et travaille à la réduction du gaspillage alimentaire. 15€ sont demandés aux familles par mois par enfant sans condition de revenus (soit 1€ le repas).

L'exploitation d'élevage de Mme Mandon comporte 30 vaches laitières, 60 truies en bâtiment et 27 000 volailles en 3 poulaillers. L'exploitation, qui occupe 3 ETP, dispose de 40 ha de prairies et cultures fourragères, mais achète la plus grande partie des aliments, à l'usine Urcoopa de Saint-Paul (la seule de l'île depuis la fusion en 2012 des usines des 4 coopératives de production d'aliments pour animaux) qui importe l'essentiel de ses matières premières.

Mardi 31 mai

Réunion de travail au Cirad, sur le site de Ligne Paradis (Saint Pierre), en visio avec les chercheurs du site de Saint Denis.



Présentation par Jonathan Vayssières des activités des 3 départements du Cirad à la Réunion : Biodiversité/Santé animale et végétale, Système alimentaire durable (SADUR) et Métabolisme, biomasse et production agricole (CAPTerre). Les thèmes abordés par ce dernier sont la bioénergie, la Canne à sucre et l'Élevage (GABIR).

Présentation et discussion de nos travaux sur l'Europe, et de nos premiers résultats sur la Réunion. Le support de présentation est en annexe.

Nous retenons tout d'abord de la discussion plusieurs mises en garde vis-à-vis de la complexité du contexte réunionnais :

Certains des coefficients que nous utilisons, particulièrement ceux relatifs aux pertes ou aux productions, devraient être 'tropicalisés', de même que les coefficients de conversion de l'élevage. Les chiffres de production des prairies fournis par l'étude BRL sont trop élevés de l'avis du Cirad.

Nos scénarios devraient être replacés dans l'historique des pratiques créoles. Les plans de résorption de l'habitat insalubre (RHI) mis en œuvre à partir des années 1960, ont provoqué la disparition des petits jardins créoles avec quelques volailles, voire un cochon, ce qui a conduit à une modification drastique du régime alimentaire de la population pauvre (diminution de la consommation de légumes, de racines et tubercules, remplacement de la viande blanche par la viande rouge, augmentation de la consommation de sucre à travers les sodas,...)

Mercredi 1 juin.

Visite de Cilaos.



Entretien avec le gérant franchisé du Leader Price local. Depuis 2016, il est propriétaire du terrain (800 m²) et du bâtiment, mais effectue toutes ses commandes chez les fournisseurs référencés du catalogue Leader Price. Il emploie 15 à 20 employés en cdi, cdd ou apprentissage.



Entretien avec Yannick Gonthier, technicien de l'Association des Producteurs de Lentilles de Cilaos (APLC).



La lentille de Cilaos est cultivée exclusivement dans les Illets du cirque de Cilaos, moins humide et plus froid que les autres cirques de la Réunion, en monoculture sur 80 à 100 ha. L'Association compte 60 adhérents (80 dans le passé). Les rendements sont de 800 kg à 1.5 tonnes à l'hectare. Les intrants sont constitués de granules de fientes de poules, et de fongicides contre la pourriture blanche et grise. Yannick Gonthier cherche à promouvoir la culture de la lentille en rotation (p.ex. Lentille-Riz-Légumes), ou en association (p.ex. Lentille-Cameline, Lentille-Avoine) en bio.

Prélèvements dans la Rivière Saint Etienne à Cilaos et à Saint Louis.

Jeudi 2 juin

Saisie d'entretiens, repos et tourisme à Saint Pierre.



Vendredi 3 juin

Route de Saint-Pierre à St Leu (entretien) et vers Bois-des-Nèfles (Haut de St Paul/Le Port). Au passage à Saint-Louis, prise de photos autour de l'usine du Gol (fermée au public depuis le COVID19).

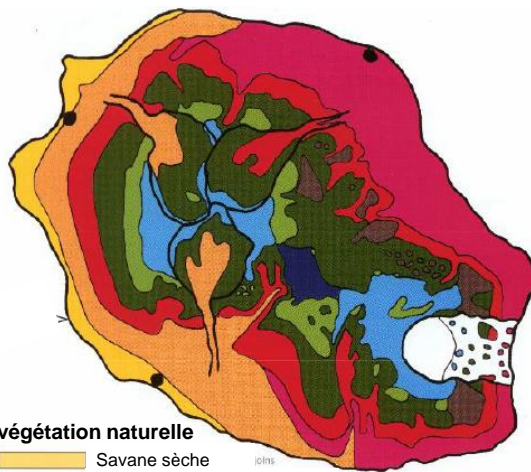


Les affiches vantent, à l'arrière des camions, les immenses mérites de l'industrie sucrière pour l'environnement réunionnais, ce qui nous laisse pour le moins perplexes.

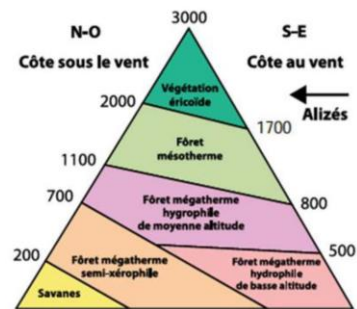


A Saint Leu, entretien avec Jean Hivert, botaniste au Conservatoire Botanique National de Mascarin, spécialiste de la flore endémique de La Réunion. Il nous explique la zonation de la végétation naturelle de l'île de la Réunion (dont seule 30% subsiste aujourd'hui), telle qu'elle a été établie par

Thérésien Cadet à la fin des années 1970. C'est cette zonation qui sert de base aux programmes de replantation d'espèces indigènes ou endémiques et de lutte contre les espèces invasives. Il nous paraît pertinent de s'inspirer de cette zonation pour définir des régions agricoles à la Réunion et ainsi affiner les scénarios établis jusqu'à présent à l'échelle de l'Ile de la Réunion.



- végétation naturelle**
- Savane sèche
 - Forêt tropicale semi-sèche
 - Forêt de bois de couleurs des Bas
 - Forêt tropicale humide de moyenne altitude
 - Forêt tropicale humide d'altitude ou Forêt de bois de couleurs des Hauts
 - Forêt éricoïde ou Avoune
 - Forêt à Acacia heterophylla ou Avoune
 - Fourrés hydrophiles
 - Végétation éricoïde d'altitude ou prairie altimontaine
 - Zone minérale
 - Végétation marécageuse



Pyramide de Cadet (1977)

Ce qu'il reste de végétation naturelle aujourd'hui (30%)



Samedi 4 juin

Prélèvement dans la rivière des Galets.

Festival du Film d'Environnement au Port. Invitation à participer à une Table ronde (*ronkozé*) sur l'autonomie alimentaire (*planté pou manzé*), à laquelle participent aussi entre autres des militants de Greenpeace, Attac, Adefa, Oass-Réunion, Zazalé, IRCNR-Climat, C3AD (Comité d'Action pour l'Autonomie Alimentaire Durable)...



L'objectif est d'unir les efforts des différentes associations qui oeuvrent pour l'autonomie alimentaire de la Réunion, par la mise en commun de leurs plateformes et l'organisation d'actions communes. Plusieurs participants rappellent que le cadre de l'enseignement en lycée agricole (5 ha par famille dont 4 réservé à la canne et 1 ha en diversification) n'a pas évolué depuis 40 ans. L'autorisation d'exploiter est un préalable à l'accès au foncier et entrave les projets alternatifs. Le débat souligne la nécessité de campagnes de sensibilisation qui doivent commencer par les écoles et leur cantines (cf campagne OA « une école/un jardin »). Le libre partage des semences, le compostage systématique et la récupération des excréments humains s'imposent pour s'affranchir des règles contraignantes du cahier des charges bio qui impose de fait le recours aux intrants importés de la métropole.

L'inventarisation des friches, souvent gelées par les mairies, le département et la Région, apparaît comme une action prioritaire. (Voir en annexe notre note sur le point précis de ce que l'on peut attendre des friches dans l'objectif de l'atteinte de l'autonomie alimentaire à La Réunion).

Visite de l'exploitation de Mme et M Taristas, maraichers bio au Guillaume (Hauts de Saint Paul).



Située à 850 m d'altitude, l'exploitation de 2.8 ha en maraichage, 1.5 en arboriculture et d'un atelier de 400 poules pondeuses, bénéficie d'un sol profond (2m). Elle occupe 4ETP. Les données quantitatives sur les productions et la fertilisation de l'exploitation sont intégrées dans la synthèse en partie 2 de ce rapport.

60% de la production est écoulee sur les marchés de Saint Gilles et autres, sous forme de paniers créoles à 20€ la pièce, ou en AMAP. La coopérative Uprobio écoule le reste. M. Taristas souhaiterait qu'Uprobio organise des regroupements des producteurs pour répondre aux appels d'offre des cantines scolaires.

Dimanche 5 juin

Journée de repos. Ascension au Maïdo,....



et marche dans les forêts de tamarins.



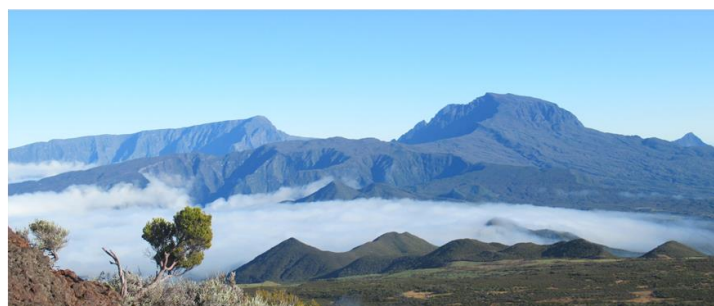
Lundi 6 juin

Visite et prise de photos du Grand Port Maritime de la Réunion. Retour sur St Pierre et saisie d'entretiens



Mardi 7 juin et Mercredi 8 juin

Randonnée au volcan de la Fournaise.





Jeudi 9 juin

Prélèvements dans la rivière des Marsouins et la rivière Langevin.



Vendredi 10 juin

Entretien avec Serge Hoareau, maire de Petite-Ile, vice-président du Département délégué à l'Agriculture, président de l'Association des Maires de l'Île.



Monsieur Hoareau a souhaité que l'entretien que nous avons eu avec lui ne soit pas rendu public.

A Petite-Ile l'AREC (Association pour le Respect de l'Environnement et du Cadre de vie) promeut l'agriculture biologique, anime une AMAP qui compte 350 adhérents, et organise un marché bio associatif.

Samedi 11 juin

Visite de la partie Est de l'île.
Echantillonnage de la Rivière de l'Est.

Dimanche 12 juin

Visite de la Bitasyon de Frank et Benoît Morel, verger bio où poussent des centaines de variétés de fruits tropicaux *lontans*. Samuel Constasy y entretient une pépinière d'espèces patrimoniales.



L'exploitation résulte de la conversion au bio dans les années 1990 de l'exploitation familiale essentiellement consacrée à la monoculture conventionnelle de l'ananas depuis les années 1970. L'objectif que se fixe Benoît Morel est de produire toute l'année des fruits et légumes de saison en jouant sur l'extrême diversité des espèces traditionnelles, toutes importées par l'homme depuis les quatre coins du monde, et aujourd'hui trop souvent méconnues. Un laboratoire de transformation sur place (compotes, confitures) est en construction. Frank Morel (fils de Benoît Morel) se consacre au développement d'une filière cacao-péi à partir des variétés produites localement sur l'exploitation.

Lundi 13 juin

Rendez-vous dans les Hauts de Saint-Paul (Bois-des-Nèfles) avec Nicolas Florence, président de l'Association Riz-Réunion (ARR).



Sur de petites surfaces expérimentales (250m²), protégées par des filets de la prédation des oiseaux (principalement le Bélier, espèce invasive d'Afrique du Sud, le Foudi Rouge et le moineau domestique du Japon), Nicolas Florence expérimente les conditions de culture du riz pluvial. Avec un apport de 9 kgN/ha, 60 kg de semences à l'hectare en décembre ou janvier, une irrigation pour la germination dans les premiers jours, un désherbage à la houe à 7 jours, il obtient en avril 3 à 4 tonnes de riz paddy/ha. Des expériences sont menées dans toutes les régions de l'île pour définir le meilleur calendrier.

L'objectif de l'ARR est de promouvoir une production de riz pays, de variété paysanne, en circuit court et en agriculture biologique. Elle compte plus sur la multiplication des petites surfaces de production que sur la culture à grande échelle. Le riz pourrait être introduit en rotation avec lentilles ou haricots et jachères en productions maraîchères.

L'ARR travaille en étroite collaboration avec Soboriz, la firme de Saint Paul qui importe depuis 1968 (principalement d'Inde) le riz paddy consommé à la Réunion, en réalise le blanchiment, la calibration et l'ensachage. Soboriz aide à la création d'une petite rizerie coopérative de traitement du paddy qui serait accessible aux tout petits producteurs.

Une autre association historique de riziculture existe depuis 1980 : la Cetariz. Elle regroupait une 50aine d'agriculteurs à Saint Paul, et produisait 50 à 60 tonnes/an. Le riz produit était vendu comme riz complet en pharmacie 5 fois plus cher que le riz importé. L'orientation politique très indépendantiste de l'Association l'avait fait ostraciser et le cyclone Feringa en 1989 y avait mis un coup d'arrêt. Le flambeau a été repris par l'association Riziculteurs péi 974, créée en 2020 par Roland Turpin et qui compte une 20aine d'adhérents. Contrairement à l'ARR, Riziculteurs 974 ne vise pas à une production biologique. Elle affiche des rendements de l'ordre de 6 tonnes/ha.

L'importation de riz à la Réunion est aujourd'hui de 43 000 tonnes/an, ce qui représente une consommation apparente de 50 kg/habitant/an. Une enquête réalisée par l'ARR et basée sur un questionnaire précis portant sur les quantités effectivement consommées semble montrer une consommation effective de 16 à 22 kg/habitant/an, ce qui indiquerait un gaspillage considérable.

Mardi 14 juin

Retour à Saint Denis. Debriefing avec Bernard Bonnet.

Prélèvements dans la Rivière de Saint-Denis et de la Rivière des Pluies.



Mercredi 15 juin

Retour en Métropole.

2. Données recueillies sur les systèmes agricoles

2.1. Un jardin créole

Le jardin créole de Bernard Bonnet, très bien documenté par son exploitant (voir Tableau 2.1), a pu servir de modèle pour l'analyse des flux d'azote dans les systèmes maraîchers mixtes comportant à la fois des productions végétales et animales sur de petites surfaces.



La représentation GRAFS qui en résulte est montrée dans la Figure 2.1.

Jardin créole, à La Montagne (Saint Denis) 800 m²

10 kN/an
1 kgN/an

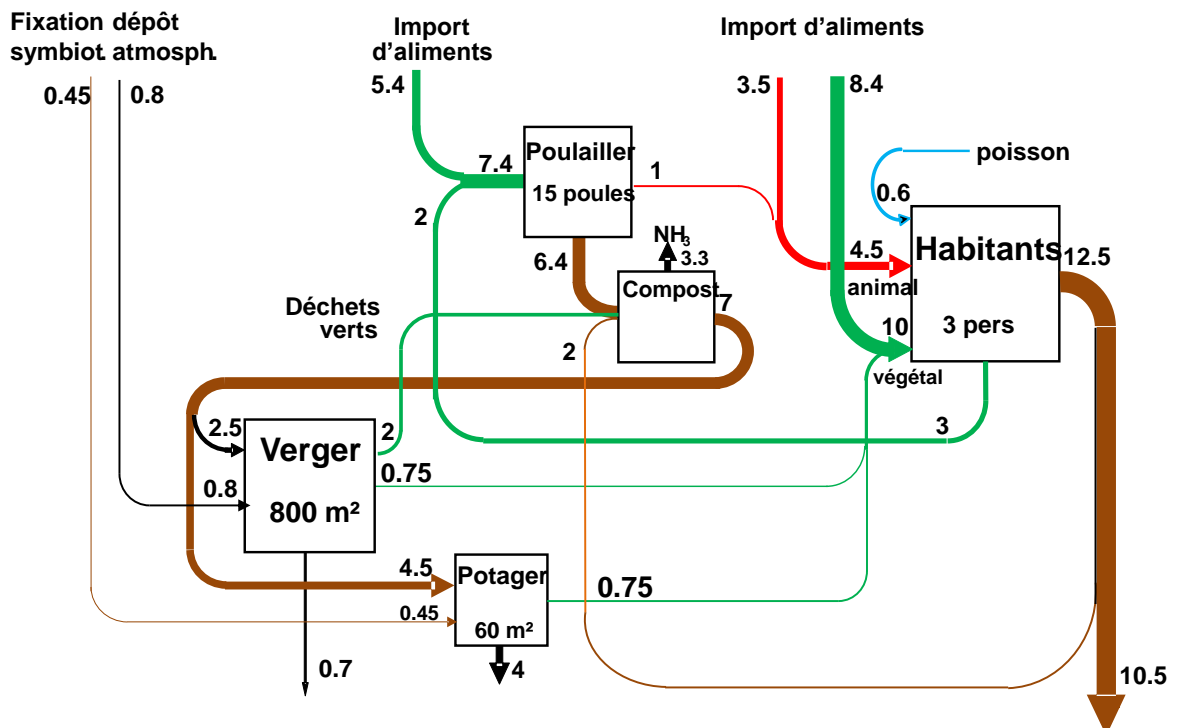


Figure 2.1. Représentation GRAFS (en flux d'azote) d'un jardin créole à La Montagne.

Tableau 2.1. Caractéristiques générale d'un jardin créole, données de production végétale, animale, de consommation humaine et de fertilisation.

Jardin créole Bernard Bonnet						
3, chemin Decotte, La Montagne						
altitude (m)	430 m					
pluviométrie	2250 mm	(2000-2500)				
surface cultivée totale, m²	800					
dont potager, m²	60					
dont poulailler, m²	100					
Productions végétales						
arbres fruitiers						
	production					
	kg fruits/an	kg/ha/an	%N	kgN/an	kgN/ha jardin/an	
Sapote noir (Diospyra digyna)	75					
Olivier de Ceylan (Olaeocarpus serratus)	75					
Carambole (Averrhoa carambola)	75					
Bilimbi (Averrhoa bilimbi)	3					
Papayer (Carica papaya)	10					
Bananiers (Musa)	50					
Manguiers	60					
Letchis	100					
Jacquiers	50					
Cerisier du Brésil	10					
Cerisier du japon	2					
Jamrose	5					
Jamalak	10					
Goyave	5					
Divers	5		0.14			
total fruits	535	6687.5	0.14	0.749	9.4	
potager						
production (kg/an)	kg/an	ton/ha potage	%N	kgN/an	kgN/ha jardin/an	kgN/ha pota
legumes feuilles (salades, brèdes)	50		0.32	0.16		
legumes fruits (chouchou, tomates, courges....)	12		0.16	0.02		
graines légumineuses (fèves, pois, haricots)	10		3.50	0.35		
racines et tubercules	140		0.16	0.22		
plantes aromatiques et médicinales	pm		0.2			
Total	212	35.3		0.75	9.4	125
total jardin				1.50	18.8	
Production animale						
poulailler						
nbre poules	15 (12-18)					
nourriture	kg/an		%N	kgN/an		
épluchures/ croûtes fromages/ pain sec	365		0.5	1.825		
maïs	300		1.52	4.56		
riz	84		0.96	0.81	5.37	
				7.2		
production	nb/an	kg/an	%N	kgN/an		
œufs	1000 œufs	50	1.79	0.895		
viande	4 poules	4	2.1	0.084		
				0.979	conv eff	0.14
excretion		0.5 kgN/cap/an		7.5 kgN/an		
Consommation humaine						
	nb pers		kgN/pers/an	kgN/an		
	3					
prot végétale			3.3	9.9		
prot animale hors poisson			1.5	4.5		
poisson			0.2	0.6		
total			5	15		
					1.05	
Fertilisation						
compost			%N	kgN/an	kgN/ha cultivé/an	
fientes poules				7.5		
déchets ménagers domestiques	3 pers					
déchets verts	800 kg/an		0.2	1.6		
urine humaine	0.5 pers			2		
total				11.1		
pertes (30% volatil)				3.33		
reste				7.77		
				kgN/an		
fixation symbiotique				0.455		
			kgN/ha/an			
dépôt atmosphérique			10	0.8		
total					113	

On peut en tirer quelques conclusions préliminaires :

Avec une surface de 267 m²/personne, le jardin couvre 22% de la consommation alimentaire totale du foyer, dont 22% des protéines animales (hors poissons et fruits de mer) et 15% de la consommation de protéines végétales.

Avec une production légumière de plus de 120 kgN/ha/an (ramenée à la surface strictement potagère), le système potager apparait extrêmement productif. La production fruitière, est bien plus faible avec 9.4 kgN/ha/an, mais conforme aux valeurs généralement rencontrées pour les vergers.

Le poulailler fonctionne avec un rendement de conversion des protéines végétales en protéines animales d'environ 14%. Il dépend d'un apport extérieur de nourriture important puisque 74% des protéines consommées par les poules proviennent de l'extérieur.

Le système poulailler-compost constitue un dispositif efficace de recyclage des déchets alimentaires et des déchets verts, et, malgré une perte supposée (à partir de la littérature) de 30% par volatilisation d'ammoniac, assure l'essentiel de la fertilisation des surfaces productives.

2.2. Maraichage et vergers bio

L'exploitation de M. et Mme Taristas offre l'exemple d'un système maraicher bio commercial beaucoup plus intensif que le jardin créole traditionnel, bien que basé sur la même complémentarité entre vergers, surfaces maraichères et atelier de poules pondeuses. Les données recueillies sont rassemblées dans le tableau 2.2. Le fonctionnement qui en résulte en termes de flux d'azote est représenté à la Figure 2.2.

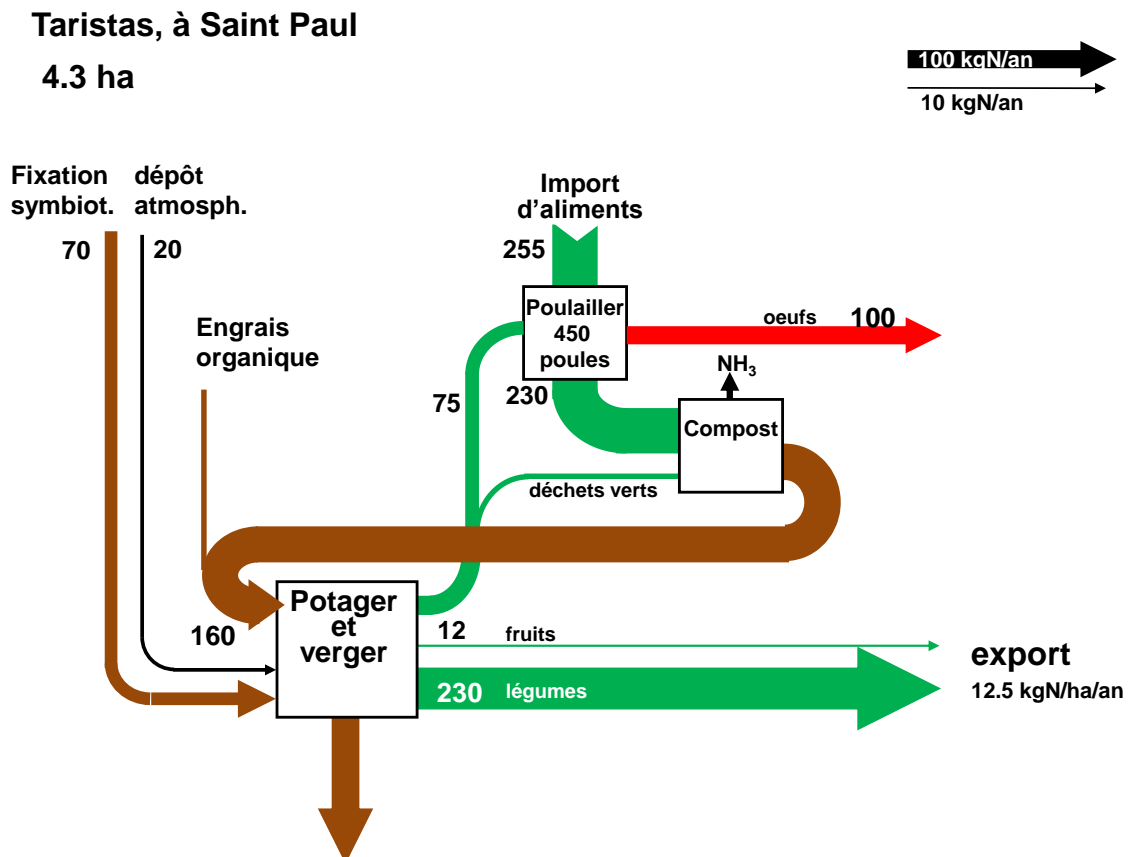


Figure 2.2. Représentation GRAFS (en flux d'azote) de l'exploitation de M. et Mme Taristas au Guillaume (Saint Paul).



Tableau 2.2. Caractéristiques générale d'une exploitation maraîchère, données de production végétale, animale, de consommation humaine et de fertilisation.

Exploitation Taristas au Guillaume (Saint Paul)							
Maraichage bio							
2 employés + famille	4 UTA						
altitude	850 m						
surface emprise totale, ha							
maraichage		2.8					
arboriculture		1.5					
total		4.3					
production légumière							
		ton/an	%N	kgN/an			
legumes feuilles		20	0.2	40.0			
cucurbitacés		60	0.16	96.0			
legumes racines		20	0.2	40.0			
ananas		6	0.03	1.8			
légumineuses graines		1.5	3.5	52.5			
Total		107.5		230.3			
arbres fruitiers							
	nb pieds	production					
		kg fruits/an	%N	kgN/an			
bananes		2	0.112	2.24			
citrons		5.5	0.18	9.9			
total fruits				12.1			
total				242.4	kgN/ha cultivé/an	56.4	
poulailler							
	450 poules		%N	kgN/an			
ingestion	15 ton alim (maïs tou		1.7	255			
	déchets divers de l'exploitation			75			
excrétion	5 ton fientes/an		3	227	150	% efficience conversion	
production	96000 œufs/an		1.79	103		31	
Intrants							
		ton/an	%N	kgN/an	kgN/ha cultivé/an		
fientes poules et copeau bois				159			
fixation symbiotique plantes récoltées				66.7			
dépôt atmosph				21.5			
total intrants				247	88	NUE, %	63.9

2.3. Autres systèmes maraîchers bio

Outre le jardin créole et le système maraîcher analysés ci-dessus, nous avons pu rassembler des données sur 4 autres systèmes maraîchers bio, très contrastés. Certaines données, qui demandaient un travail de recueil de la part des exploitants, ne nous sont pas encore parvenues. Mais nous pouvons néanmoins estimer les flux de production et de fertilisation pour la plupart d'entre eux (Tableau 2.3)

Tableau 2.3. Production et fertilisation totales de 6 exploitations (comprenant les deux détaillées ci-dessus). L'altitude et la surface sont indiquées.

	Altitude, m	Surface, ha	Production totale, kgN/ha/an	Fertilisation totale, kgN/ha/an
Bernard Bonnet, La Montagne, Saint Denis	430	0.08	19	113
Yannick et Sandra Taristas, Le Guillaume, Saint Paul	850	4.3	56	88
Mme Z, Plaine des Cafres	1100	0.4	1.7	40
Pascal Dijoux, Plaine des Cafres	1000	2		285
Jardin Cocagne, La Montagne, Saint Denis	450	4.2	6	160
IMVEC, Saint André	20	0.5	54	397

Comme généralement observé en systèmes maraîchers, le niveau de production varie énormément d'un système à l'autre. Les systèmes bio que nous avons étudiés se placent dans la large gamme rencontrée pour les systèmes conventionnels, comme le montre la figure 2.3.

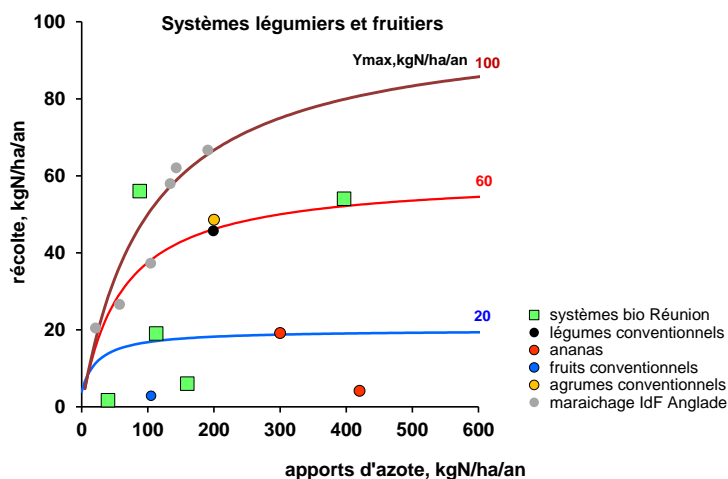


Figure 2.3. Récolte et apports d'azote dans les systèmes maraîchers étudiés et dans divers systèmes conventionnels à la Réunion. Les données rassemblées par Anglade et al (2005) sur les systèmes maraîchers bio en Ile de France sont également représentés.

2.4. Elevages de volaille bio

Les quelques systèmes d'élevage de poules pondeuses bio que nous avons pu enquêter montrent un rendement de conversion nourriture-protéines consommables (œufs et viande) qui varie entre 14% (pour le jardin créole informel) et 31% (pour l'élevage professionnel de Yannick Taristas) (Tableau 2.4).

Tableau 2.4. *Rendement de conversion pour des élevages de poules au nombre d'individus contrastés. Le rendement de conversion est le rapport de la production de viande sur la consommation végétale, en %.*

	Nombre de poules	Rendement conversion %
Bernard Bonnet, La Montagne, Saint Denis	15	14
Mme Z, Plaine des Cafres	90	21
Yannick Taristas, Le Guillaume, Sant Paul	450	31

3. Prélèvements d'eau dans les rivières

La qualité de l'eau des rivières constitue un indicateur intégratif très utile de l'influence des activités humaines (agricoles et urbaines) sur l'environnement.

Les principales rivières pérennes de l'île de la Réunion ont été échantillonnées entre le 28 mai et le 14 juin 2022, à l'aval de leur bassin versant (Figure 3.1), permettant ainsi de compléter les mesures répertoriées dans la base de données Naïdes, disponibles toutefois jusqu'en 2020 (<https://naiades.eaufrance.fr/>).

Prélèvements. Les prélèvements ont été réalisés avec un flacon en plastique de 500ml dans le lit de la rivière, traités sur place ou 2h après au maximum, l'eau ou les échantillons étant conservés à environ 10°C avec de la glace pendant les transports, et au réfrigérateur pendant le séjour.

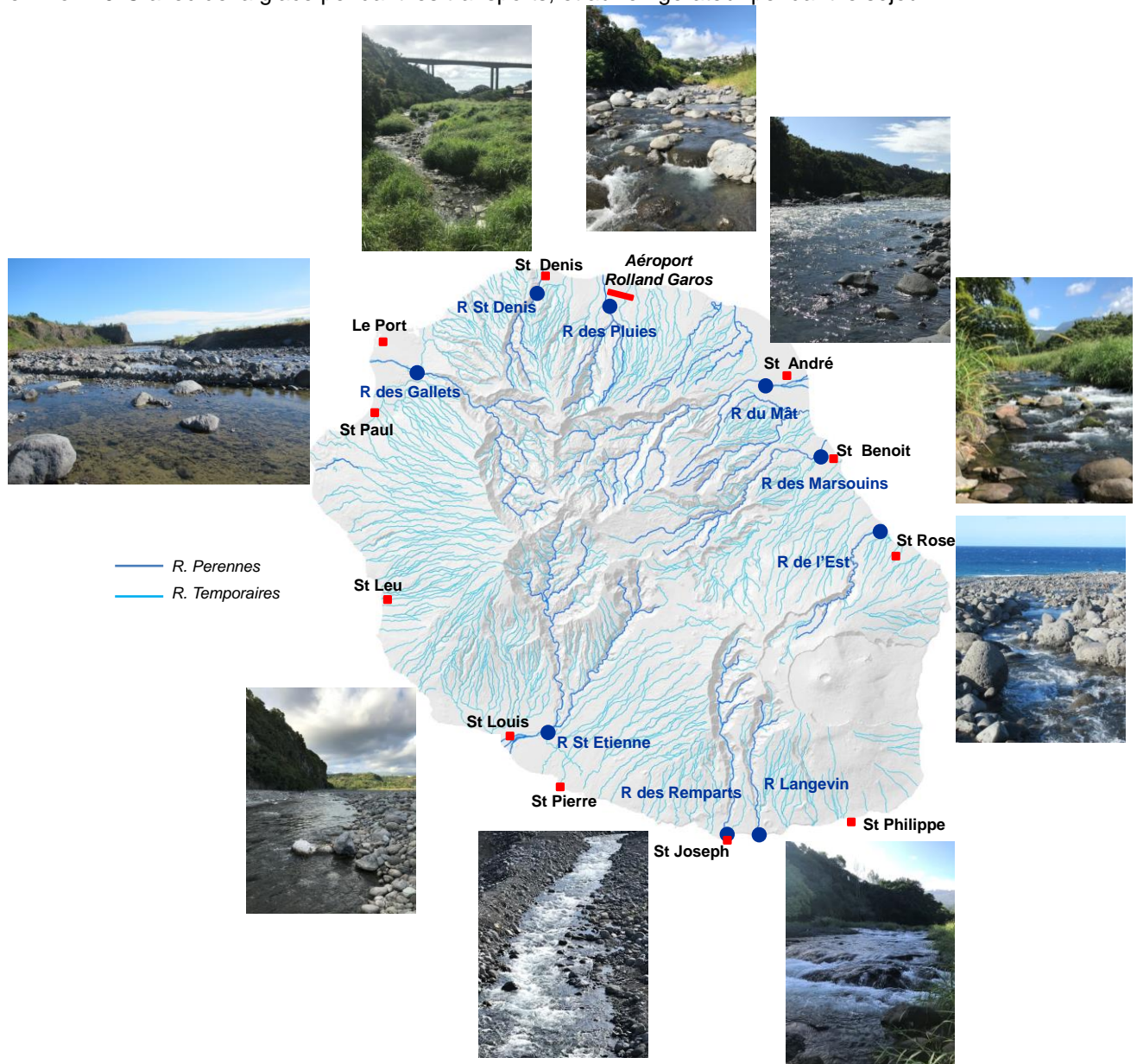


Figure 3.1. Carte du réseau hydrographique de la Réunion, avec les rivières pérennes et temporaires (ravines). Les stations de prélèvements sont indiquées par des cercles bleus ; les photos représentent les stations des rivières prélevées, indiquées en bleu également. Les carrés rouges situent les villes principales.

Traitements et analyses. Les sous-échantillons ont été filtrés en vue des analyses de matière en suspension (MES sur filtres GF/F calcinés à 500°), le filtrat étant conservé pour les analyses des nutriments (phosphates $-PO_4^{3-}$, nitrate $-NO_3^-$, nitrite $-NO_2^-$, ammonium $-NH_4^+$, et silice dissoute $-DSi$), ainsi que les ions majeurs (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{--}) et le carbone organique dissous – COD- (échantillons stockés dans des tubes en verre calcinés et 0.5ml d'acide sulfurique à 3 M). Des échantillons d'eau brute ont été réservés à l'analyse du phosphore total –Ptot-. Les échantillons destinés à toutes les autres analyses que celles du COD, ont été conservés dans des flacons en polyéthylène de 30ml.

Les protocoles d'analyses sont ceux décrits dans Garnier et al. (2008 ; 2010). Les analyses ont été réalisées en triple exemplaires entre le 20 et le 30 juin 2022.

Résultats. Les concentrations en nitrate varient de 0.16 à 0.43 mgN/L (Figure 3.2), des valeurs assez faibles par rapport à celles rencontrées en métropole, entre 1.5 et 5.4 mgN/L aux exutoires de fleuves de la façade atlantique (Wei et al., 2022). Les rivières St Etienne et du Mât présentent les concentrations les plus élevées, drainant respectivement à l'amont les cirques de Cilaos et de Salazie, outre les zones de canne à sucre dans les bas. Les concentrations en phosphates sont relativement élevées dans les rivières des Remparts, Langevin, de l'Est, des Pluies et de St Denis) atteignant 0.1 mgP/L. Il en est de même pour le phosphore total (dont les valeurs sont égales ou supérieures à celles des phosphates, et en moyenne deux fois plus élevées) (Figure 3.2). En comparaison de la Métropole, excepté les concentrations de 0.1 mgP/L en Seine (un des plus anthropisés en Europe), les autres fleuves ont des concentrations de l'ordre de 0.3-0.4 mgP/L (Wei et al., 2022). Les quelques prélèvements effectués en amont de trois rivières montrent des concentrations plus faibles en amont. Ces concentrations en phosphates relativement fortes en aval pourraient montrer que l'épuration des eaux usées domestiques et/ou industrielles reste à améliorer.

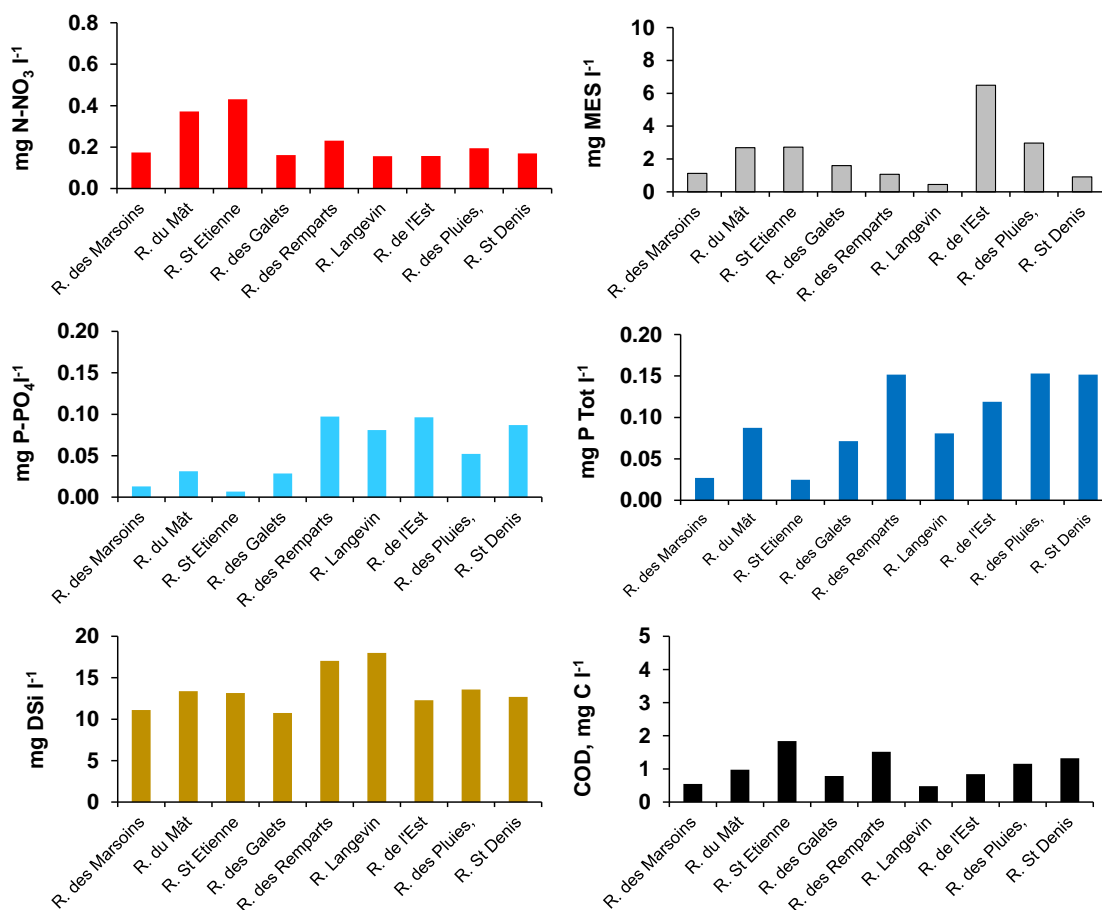


Figure 3.2. Concentrations (gauche) en nutriments (phosphates $-PO_4^{3-}$, nitrate $-NO_3^-$, et silice dissoute $-DSi$), (droite) en MES, Ptot et COD, à l'aval des rivières échantillonnées.

La silice dissoute, qui provient de l'altération des roches, montre des concentrations très élevées (11-18 mg DSi/l, caractéristiques des socles volcaniques, contre 4-8 mg DSi/l dans les rivières métropolitaines. Le carbone organique dissous, variant de 0.5 à 1.5 mgC/l, ne montre donc pas d'apport particulier de type par les sols riches en matière organique, ou par des effluents d'origine ponctuelle (Figure 3.2). Ces concentrations sont en accord avec les valeurs fournies dans la base de données Naiades en 2019-2020

En ce qui concerne les éléments majeurs, les sommes de ces différents éléments sont les plus élevées pour les rivières du Mât, St Etienne et des Galets, ce qui est en accord avec les mesures de conductivité de la base de données Naiades (> 150 à 250 $\mu\text{S/cm}$) alors que pour les autres rivières, les valeurs de conductivité varient autour de 100 $\mu\text{S/cm}$ (et même aussi basses que 60 et 80 $\mu\text{S/cm}$ dans les rivières des Marsouins et Langevin, respectivement) (Figure 3.3).

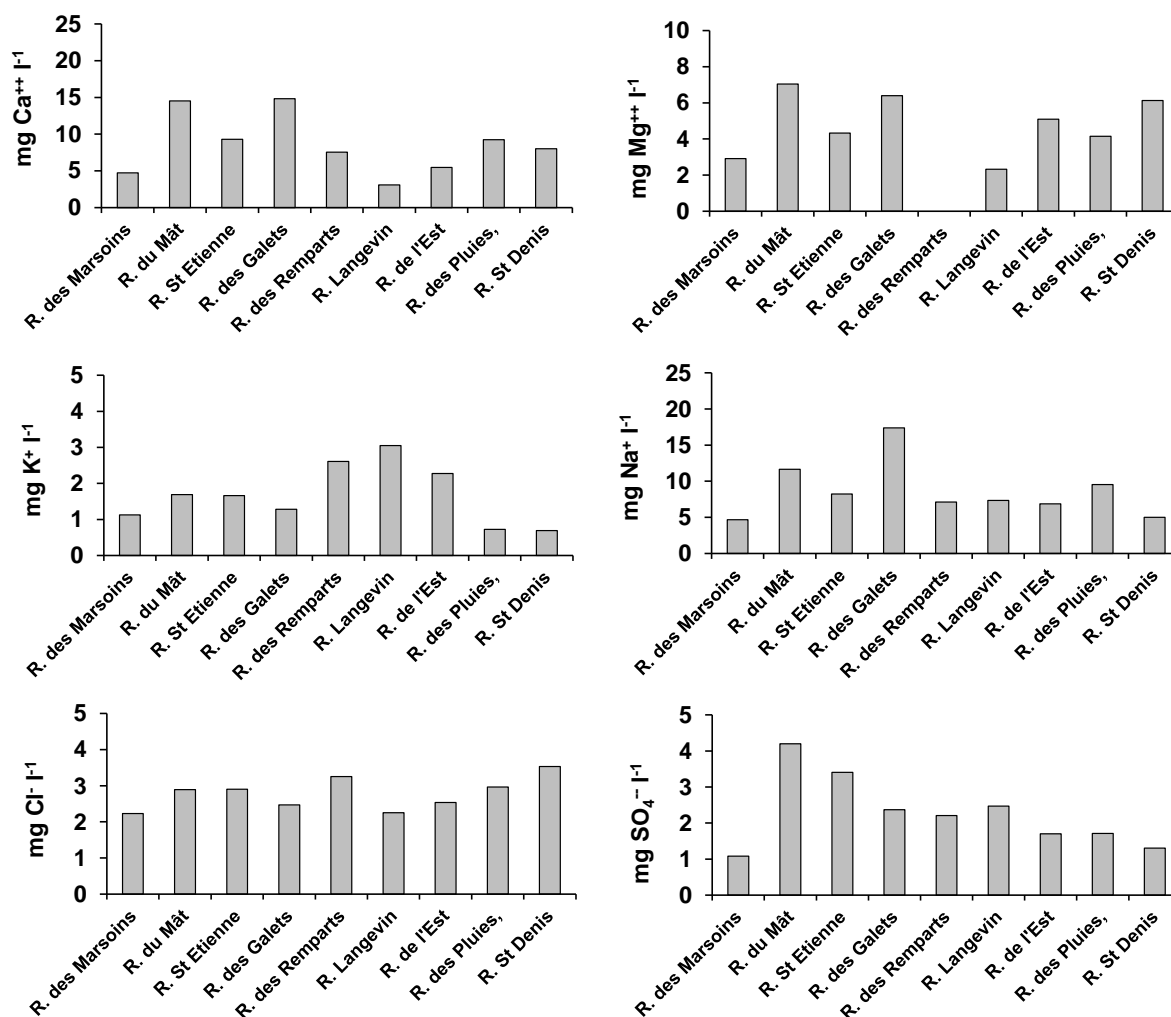


Figure 3. Concentrations en éléments majeurs dans les rivières échantillonnées.

Comparativement les valeurs sont d'environ 500 $\mu\text{S/cm}$ dans le bassin de la Seine, avec notamment de teneurs en Ca^{++} , K^+ et SO_4^- de 5 à 10 fois plus élevées.

Au total, les rivières de la Réunion présentent une bonne qualité des eaux du point de vue du nitrate et de la silice, et du carbone. Les concentrations en phosphates sont suffisantes pour entrainer des phénomènes d'eutrophisation, notamment dans les eaux stagnantes qui pourraient être alimentées par ces rivières. Il apparait donc qu'une vigilance est nécessaire, sur les rejets d'eaux usées, mais sans doute aussi sur l'érosion des sols. Il sera en outre important d'analyser la qualité de l'eau du point de vue des pesticides, en particulier appliqués à la culture de la canne à sucre, la plus intensive de l'île.

Références

Garnier, J., G. Billen, S. Even, H. Etcheber, P. Servais (2008). Organic matter dynamics and budgets in the maximum turbidity zone of the Seine Estuary (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*, 77 : 150-162. doi:10.1016/j.ecss.2007.09.019

Garnier J., Billen G., Némery J., Sebilo M. (2010). Transformations of nutrients (N, P, Si) in the turbidity maximum zone of the Seine estuary and export to the sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (2010), 90: 129-141. doi:10.1016/j.ecss.2010.07.012.

Wei X., Garnier J., Thieu V., Passy P., Le Gendre R., Billen G., Akopian M., Laruelle G.G. (2022). Nutrient transport and transformation in macrotidal estuaries of the French Atlantic coast: a modelling approach using C-GEM. *Biogeosciences*. 19, 931–955. <https://doi.org/10.5194/bg-19-931-2022>

Conclusion

Les informations recueillies durant cette mission d'étude complètent en partie celles qui nous manquaient pour parfaire le diagnostic de la situation actuelle du système agro-alimentaire de La Réunion et pour étayer plus solidement des esquisses de scénarios possibles visant l'autonomie alimentaire de l'île.

Il était important pour nous de nous immerger dans le mode de vie des réunionnais, de percevoir tant à travers des conversations informelles que lors des entretiens ou des manifestations publiques (Foire de Bras-Panon, évènement d'Hell-Bourg, Festival international du film sur l'environnement), ce qui fait débat, et ce qui est essentiel dans ce mode de vie. Si les entretiens avec les exploitants agricoles étaient destinés à approfondir, autant que possible de manière quantitative, les performances des systèmes de cultures, d'autres avec les associations et collectivités locales ou régionales ont permis d'appréhender les actions mises en œuvre pour la résilience du système agro-alimentaire. Enfin des rencontres avec d'autres scientifiques (CIRAD, Université de St Denis, Conservatoire Botanique) nous permettent d'ores et déjà de revoir certaines hypothèses et d'ouvrir de nouvelles pistes pour cette recherche.

Il nous était par ailleurs indispensable de pouvoir nous représenter concrètement ce que nous ne savions que de façon livresque sur le territoire. Il s'agit en particulier de l'incroyable diversité du relief, des paysages et des situations climatiques, qui empêchent de considérer l'île comme une entité homogène. S'y ajoute la confirmation du foisonnement des initiatives locales et des expériences alternatives en matière d'agriculture et d'approvisionnement.

Les prélèvements effectués ponctuellement dans les principales rivières ont montré une qualité plutôt bonne du point de vue des nutriments. Ces données seront mises en perspectives avec celles de la base de données institutionnelle 'Naïdes' que nous nous proposons d'exploiter pour un état des lieux plus complet.

Sur la base de toutes ces informations, et d'autres à recueillir, il va maintenant nous être possible de reprendre avec un regard nouveau le travail que nous avons réalisé à la demande d'Oasis-Réunion sur la quantification de scénarios possibles pour l'avenir du système agro-alimentaire de l'île, de préciser ces scénarios en les régionalisant pour plus de réalisme, et les rendre ainsi plus crédibles et désirables, compte tenu des efforts considérables qui doivent être consentis pour aller vers une plus grande autonomie alimentaire.

ANNEXES

ANNEXE 1. Rapports transmis à Oasis-Réunion préalablement et postérieurement à la mission

- 1. L'autonomie alimentaire durable est- elle possible à La Réunion ?
(Mai 2022)**
- 2. Les conditions d'une autosuffisance alimentaire durable à La Réunion
(Juillet 2022)**

ANNEXE 2. Présentations durant la mission

- 1. Présentation à la Foire Agricole de Bras-Panon**
- 2. Présentation à Hell Bourg**
- 3. Présentation au CIRAD de Saint-Pierre**

ANNEXE 1. Rapports transmis à Oasis-Réunion préalablement et postérieurement à la mission

**1. L'autonomie alimentaire durable est- elle possible à La Réunion ?
(Mai 2022)**



Mai 2022

L'autosuffisance alimentaire durable est-elle possible à La Réunion ?

Gilles Billen et Josette Garnier, CNRS, Sorbonne-Université, Paris (gilles.billen@upmc.fr; josette.garnier@upmc.fr)

Dans le contexte actuel de crises sanitaire, géopolitique, climatique et écologique qui secouent le monde entier, la question de l'autonomie alimentaire durable posée pour l'île par le Collectif Oasis-Réunion, revêt aussi une urgence internationale. Nous aborderons donc cette question à ces deux niveaux, général et particulier :

- (1) *Peut-on se passer des engrais de synthèse ?*
- (2) *Une agriculture locale sans engrais de synthèse peut-elle nourrir la population réunionnaise ?*



POUR UNE ALIMENTATION ET UNE AGRICULTURE 100% BIO, LOCALES, PAYSANNES, EN AUTOSUFFISANCE, POUR TOUS AU JUSTE PRIX

Courriel: contact@oasis-reunion.bio
Facebook: www.facebook.com/oasis.reunion.bio
tel: 0692954545 par texto de préférence

1. Comment peut-on se passer des engrais de synthèse ?

Il n'y a pas d'agriculture sans fertilisation des sols, car le sol s'épuise si les éléments qui lui sont soustraits et exportés par la récolte, ne lui sont pas exactement restitués. L'azote, en raison de sa faible disponibilité dans les sols est un élément limitant de la production végétale, qu'il importe le plus de fournir par la fertilisation. Mais si le mode dominant de fertilisation en agriculture chimique (dite conventionnelle) est l'épandage des engrais azotés chimiques, synthétisés industriellement à partir de l'azote de l'air par le procédé Haber-Bosch, très gourmand en combustibles fossiles, il n'en a pas toujours été ainsi.

De la polyculture-élevage à l'agriculture pétro-chimique

L'agriculture européenne du XIXe siècle assurait la fertilisation par le recours aux légumineuses (trèfle, luzerne) qui ont la propriété de fixer l'azote de l'air grâce à la symbiose qu'elles entretiennent sur leurs racines avec des bactéries. L'azote fixé dans leurs tissus par cette fixation symbiotique est directement rendu disponible aux autres plantes de la rotation culturale par la décomposition de leurs résidus racinaires et indirectement par les déjections des animaux nourris par ces plantes fourragères. Le système agricole dominant alors était celui de la polyculture-élevage; l'étroite connexion entre l'élevage des ruminants et les rotations culturales où les légumineuses occupaient, avec les céréales, une place de choix, assurait la fertilité des sols, et dans la plupart des cas, une quasi autonomie alimentaire des territoires, les villes étant nourries pour l'essentiel par un arrière-pays relativement proche.

C'est la généralisation de l'usage des engrais industriels après la seconde Guerre Mondiale, grâce à la mise en place de politiques agricoles publiques, d'un volontarisme sans précédent dans l'histoire, qui a plongé l'agriculture dans une totale dépendance vis-à-vis de l'industrie chimique pour la fertilisation azotée. Pourtant le recours aux engrais de synthèse pose de graves problèmes environnementaux: émissions de gaz à effet de serre tant lors de leur fabrication que de leur usage, pollution des aquifères, eutrophisation des eaux de surface... Surtout, ce mode de fertilisation a abouti à une rupture totale de la complémentarité séculaire entre agriculture et élevage et a précipité une spécialisation territoriale extrême de l'agriculture avec des régions de grandes cultures céréalières dépourvues de bétail et des régions d'élevage intensif hors-sol, tributaires d'importations pour nourrir leur cheptel.

Si aujourd'hui l'Europe est exportatrice nette de céréales et de produits animaux, elle est cependant davantage importatrice des protéines du soja destinées à nourrir son bétail (Figure 1a). Elle est de plus tributaire à 25 % d'importations d'engrais azotés industriels depuis les pays comme la Russie disposant de réserves de gaz naturel, à partir duquel sont fabriqués aujourd'hui les engrais Haber-Bosch (Figure 1a).

Un scénario agro-écologique pour l'Europe en 2050

Nous avons montré que l'Europe pourrait nourrir sa population, et exporter encore des quantités significatives de produits agricoles vers les pays tiers, sans recours aux engrais azotés de synthèse et sans déforestation, en actionnant simultanément **deux leviers**. Le premier porte sur l'**offre**, c'est-à-dire sur la reconception selon les principes de l'agro-écologie des systèmes de culture et leur connexion à l'élevage. Le second levier porte sur la **demande**, c'est-à-dire sur une réorientation du régime alimentaire humain vers moins de produits animaux.

L'agriculture biologique donne l'exemple de systèmes dans lesquels l'apport d'azote est exclusivement assuré par l'alternance des céréales et des légumineuses (fourragères comme le trèfle ou la luzerne, ou graine comme les pois et les lentilles), dans des rotations longues et diversifiées qui excluent les pesticides. Le fait remarquable, est que, même si les rendements céréaliers obtenus par ces rotations biologiques sont généralement plus faibles d'un tiers que ceux de l'agriculture conventionnelle, la production totale en protéine, intégrée sur l'ensemble de la rotation, y est la même, à niveau de fertilisation équivalent. Notre scénario agro-écologique généralise ce type de système de culture, en utilisant, dans chaque région, les rotations céréales-légumineuses adaptées localement.

La valorisation des légumineuses fourragères ne peut se faire que pour l'alimentation locale du bétail. Les scénarios agro-écologiques prévoient donc le retour de l'élevage dans les régions actuellement spécialisées en grande culture, pour lesquelles une surface minimale en prairies permanentes est restaurée. En revanche, la densité de cheptel est fortement réduite dans les zones actuellement occupées par l'élevage industriel hors-sol. Les ruminants, capables contrairement aux monogastriques, de se nourrir d'herbe, sont privilégiés. L'épandage local des déjections animales sur les terres cultivées contribue à leur fertilisation, de même que la valorisation d'une part significative des excréments humains comme fertilisants agricoles.

Du côté de la demande, la part des produits animaux dans le régime alimentaire humain est le point essentiel. Pour des raisons de santé publique, les diététiciens recommandent une réduction de moitié de la consommation de viande et de lait dans les pays occidentaux, pour réduire à 25-35% la part des protéines animales dans la ration protéique totale, celle-ci variant entre 4 et 5 kgN par personne et par an, conformément aux recommandations de l'OMS. Un tel régime est équitable au sens où il peut être partagé par tous les habitants de la planète, contrairement aux régimes hyper-carnés et lactés qui caractérisent aujourd'hui l'Europe et les USA.

2. Les conditions de l'autonomie alimentaire durable de la Réunion

Il n'est pas du tout évident qu'à La Réunion, avec une population qui pourrait atteindre le million en 2050 sur une surface cultivable de l'ordre de 50000 ha, un tel scénario agro-écologique puisse assurer l'autonomie alimentaire.

Un territoire historiquement voué aux cultures d'exportations

Même à l'apogée de la culture de la canne à sucre, l'île produisait ses «vivres» (Figure 2): maïs, blé, manioc, légumes secs... Mais alors même que la population s'accroissait, c'est au détriment de ces surfaces vivrières que

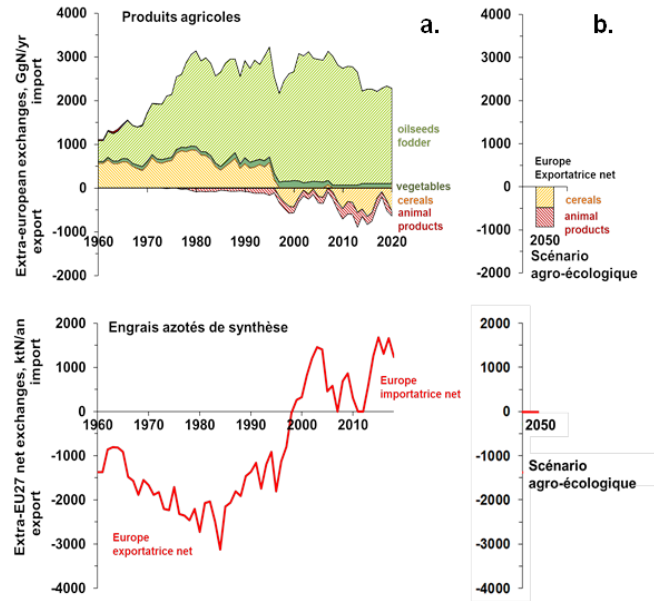
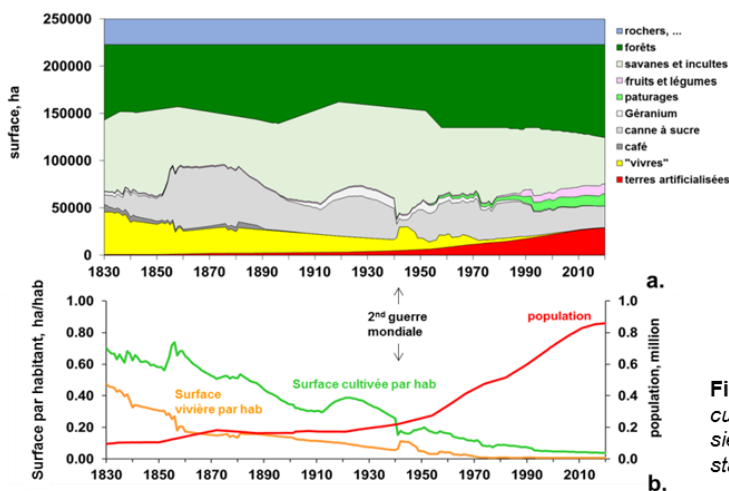


Figure 1. a. Importation ou exportation nette de produits agricoles et d'engrais azotés de synthèse par l'Europe depuis ou vers le reste du monde. b. scénario agro-écologique pour l'Europe en 2050 (Billen et al., 2021 doi.org/10.1016/j.oneear.2021.05.008). Pour pouvoir comparer entre eux les flux des différents produits, les produits agricoles sont comptabilisés en termes de contenu en protéines (exprimés en tonnes d'azote), car les protéines sont des composants incompressibles de l'alimentation humaine.

s'est fait l'accroissement des terres vouées (i) aux cultures d'exportation et (ii) celles destinées au logement et aux infrastructures. Le blocus de l'île pendant la deuxième Guerre Mondiale a entraîné une reprise temporaire des cultures de subsistance, mais après la départementalisation, le choix a été fait de privilégier le maintien de la production sucrière, avec une diversification portant surtout sur d'autres cultures d'exportation (géranium, puis ananas).

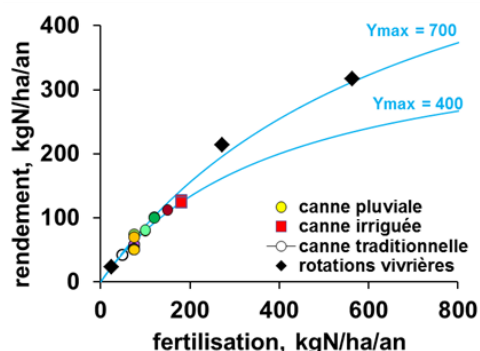
Figure 2. Usages du sol (a), population et surface cultivée par habitant (b.) à La Réunion depuis le XIXe siècle. (Reconstitution à partir des annuaires statistiques de La Réunion)

Les conditions de l'autonomie alimentaire durable à la Réunion

La surface cultivée par habitant à La Réunion n'a cessé de décroître, atteignant aujourd'hui moins de 0.04 ha par personne (Figure 2). C'est dix fois moins que la surface moyenne qui nourrit un habitant en métropole (0.37 ha/pers. selon Solagro, 2022), mais plus de 90% des terres y sont destinées à fournir la viande et le lait. L'équation de l'autonomie alimentaire de la Réunion est donc extrêmement contrainte ; elle passe, ici encore, par une remise en question simultanée des **modes de cultures** et de la **consommation alimentaire**.

Les modes alternatifs de culture et d'élevage

La monoculture de la canne n'est pas la seule option agricole à La Réunion. L'analyse des autres pratiques culturales qui peuvent être mises en œuvre, qui le sont marginalement, ou qui l'ont été par le passé, montre que des rotations diversifiées où alternent les céréales, les racines ou tubercules, et les légumineuses graines ou fourragères, sont parfaitement adaptées aux conditions locales. La canne à sucre elle-même était traditionnellement cultivée pour 4 années de repousses au maximum, suivies de cultures racines ou légumineuses destinées à rétablir la fertilité du sol. La relation observée entre le rendement moyen de ces rotations et l'apport total d'azote au sol (par les engrais et la fixation symbiotique des légumineuses) permet de calculer les récoltes que l'on peut attendre de ces modes de cultures (Figure 3).



Les légumineuses sont la clé de la production de ces systèmes : elles apportent de l'azote « nouveau », issu de l'atmosphère et elles fournissent de la nourriture pour les hommes (graines) ou pour les animaux (fourrage). On comprend qu'une **étroite connexion entre l'élevage et les cultures** soit essentielle, pour valoriser les nécessaires productions de légumineuses fourragères et pour récupérer le plus efficacement possible les déjections animales à épandre sur les champs.

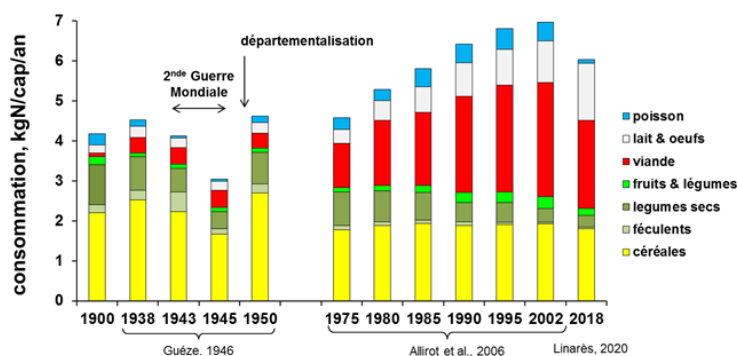
Figure 3. Relation entre rendement et fertilisation azotée pour une série de rotations culturales observées à la Réunion (Du Buisson, 1890 ; Saint Macary et al, 2003 <https://agritrop.cirad.fr/517988/> ; Dadant, 1974 <https://agritrop.cirad.fr/421131/> ; Boyer & Reversat, 1999).

La taille du cheptel est dictée par les besoins humains en protéines animales. La proportion de ruminants / monogastriques doit être ajustée de manière à utiliser au mieux les ressources fourragères disponibles sans compétition avec la nourriture des hommes. Le **gaspillage alimentaire**, évalué actuellement à 30% de la consommation totale humaine, pourrait être réduit de moitié, et les déchets inévitables affectés à l'alimentation des monogastriques.

Le régime alimentaire réunionnais

Le régime alimentaire des Réunionnais a beaucoup évolué au cours des 50 dernières années : accroissement de la consommation de viande et de lait, réduction de celle des féculents et des légumes secs (Figure 4). L'inversion de ces tendances n'est pourtant pas hors de portée (voir Figure 5).

Figure 4. Régime alimentaire moyen des réunionnais (en termes de protéines consommées annuellement par personne).



Trois scénarios visant l'autonomie alimentaire à la Réunion

Trois scénarios ont été élaborés, correspondant à trois niveaux de sévérité des contraintes nécessaires (Tableau1). Tous les trois se basent sur une population réunionnaise d'un million d'habitants. Les systèmes de production fruitière et légumière occupent dans les 3 scénarios une surface de 20 000 ha nécessaire pour couvrir la demande locale et reçoivent la fertilisation qui leur est nécessaire sous forme de fumier animal et humain. Les surfaces des prairies et pâturages permanents, représentant actuellement 10 800 ha, dont beaucoup étaient occupés il y a quelques décennies encore par de petites exploitations de polyculture-élevage ou de géranium, est réduite de moitié pour laisser place à des cultures en rotation. Avec la mise en culture de ~6000 ha de friches recensées sur l'Île, une surface totale de 27 600 ha de terres arables vivrières est supposée disponible; **la canne à sucre y trouve éventuellement sa place** à côté de céréales, de féculents et de légumineuses graines et fourragères.

La production récoltée de ces différents systèmes de culture est tributaire des ressources disponibles en fertilisants azotés, issues de la fixation symbiotique des cultures de légumineuses, des déjections animales et humaines et du dépôt atmosphérique, à l'**exclusion des engrais azotés de synthèse**.



Figure 4. Exemple de confection d'un repas fast-food et d'un repas péi et valeur nutritive correspondante, en fonction du contenu en protéines animales de l'assiette. (*Les assiettes figurées représentent env. 40% des apports quotidiens) (photos et réalisation des assiettes péi par Bernard Bonnet)

(1) Le premier scénario (« *milieu du chemin vers l'autonomie* ») vise une réduction de la consommation humaine de protéines animales jusqu'à 30% de la consommation totale de protéines (contre 57% actuellement). Dans ces conditions, soit le cheptel est dimensionné de manière à assurer la demande locale et nourri en partie par du fourrage importé, soit la taille du cheptel est ajustée aux ressources locales de fourrage sans importation d'aliments pour bétail, auquel cas une importation de produits animaux est nécessaire pour compléter l'alimentation humaine. Dans les deux cas, il est possible de maintenir une production de canne à sucre significative, permettant des niveaux d'exportation de sucre de l'ordre de 50 à 60 % du niveau actuel.

(2) Une réduction plus drastique de la part de protéines animales dans le régime alimentaire serait nécessaire pour atteindre l'autonomie alimentaire. Avec 20% de protéines animales, cette autonomie peut être atteinte. La place laissée à la canne dans les rotations de grande culture est alors très faible, ne laissant guère de possibilité d'exportation de sucre. C'est le scénario **demitarien sans canne**.

(3) En poussant la réduction de la part de protéines animales dans le régime alimentaire jusqu'à 15% seulement, l'autonomie alimentaire de l'Île serait compatible avec une production de canne permettant une exportation de sucre proche du quart du niveau actuel. C'est le scénario **végétarien sucré**.

Tableau 1. Principales hypothèses des scénarios discutés ici et leurs conséquences

		Référence actuelle	Scénario 1 (milieu du chemin)	Scénario 2 (demitarien sans canne)	Scénario 3 (végétarien sucré)
leviers					
population	M hab	0.866	1	1	1
Régime alimentaire	kgN/hab/an	6.6	5	5	5
	% prot animales	58%	30%	20%	15%
Surfaces fruits et légumes	ha	11 000	20 000	20 000	20 000
Surfaces pâturages	ha	10 800	5 400	5 400	5 400
Surfaces grandes cultures	ha	23 500	26 730	26 730	26 730
dont canne à sucre	% grande culture	96%	15%	1%	7.5%
conséquences					
Importation engrais	tonN/an	6000	0	0	0
Import aliments bétail	tonN/an	4480	2060-0	0	0
Import nourriture humaine	tonN/an	4.1	0 - 670	0	0
Export sucre	kton/an	190	145-125	5	-60

En conclusion, la démarche de **modélisation** du système agro-alimentaire réunionnais, qui doit encore être affinée par davantage de données sur les systèmes agricoles alternatifs, montre dès à présent le champ des possibles. Une *agriculture et d'une alimentation 100 % bio, locales et paysannes, en autosuffisance*, n'est pas « une chimère assénée par certains à des fins purement idéologiques » ; des modifications de grande ampleur du système actuel seraient cependant nécessaires pour y parvenir, tels que celles décrites dans le **Plan Stratégique Global** établi par Oasis-Réunion. Un préalable essentiel consiste dans la reprise en main collective et démocratique du fonctionnement de la chaîne de production-distribution-consommation alimentaire à l'échelle du territoire de La Réunion.

2. Les conditions d'une autosuffisance alimentaire durable à La Réunion (Juillet 2022)



Juillet 2022

Les conditions d'une autosuffisance alimentaire durable à La Réunion

Gilles Billen et Josette Garnier, CNRS, Paris (gilles.billen@upmc.fr josette.garnier@upmc.fr)

Le Collectif Oasis-Réunion (<https://oasis-reunion.bio/>) a lancé un grand mouvement de réflexion et d'action avec l'objectif d'atteindre l'autonomie alimentaire durable à La Réunion.



POUR UNE ALIMENTATION ET UNE AGRICULTURE 100% BIO, LOCALES, PAYSANNES, EN AUTOSUFFISANCE, POUR TOUS AU JUSTE PRIX

Depuis quelques semaines, les interventions publiques de plusieurs acteurs-clés du système agricole réunionnais semblent indiquer que l'objectif d'une autonomie alimentaire durable de l'île porté par Oasis-Réunion est largement partagé.

Ainsi Dominique Clain, président de l'UPNA, estime-t-il que La Réunion peut atteindre l'autonomie alimentaire *sans toucher aux 22 000 ha de canne, par la simple mise en culture de 1800 ha de friches sur les 6000 disponibles dans l'île, pour produire en plus grandes quantités les produits de nécessité* ». (<https://www.ipreunion.com/actualites-reunion/reportage/2022/06/28/planteurs-dominique-clain,154134.html>)

Plus récemment encore, Bruno Robert, premier vice-président de la Chambre d'Agriculture, évalue entre *1500 et 3000 ha le besoin de nouvelles terres pour produire assez de produits frais pour la Réunion. Ce sont des objectifs réalisables* assure-t-il. (https://www.zinfos974.com/2-000-hectares-de-friches-a-exploiter-pour-atteindre-l-autosuffisance-alimentaire-a-La-Reunion_a184617.html)

Il faudrait se réjouir de ces déclarations si elles n'entretenaient pas une confusion sur ce qu'il faut entendre par autonomie alimentaire. Celle-ci ne peut être réduite aux seuls produits frais (les fruits et légumes, la viande, le lait), mais doit s'entendre pour l'ensemble des aliments, ceux des hommes et ceux des animaux d'élevage.

Pour estimer l'autonomie alimentaire, il faut mettre en regard la consommation de la population réunionnaise (Figure 1, à droite) avec les surfaces de terres agricoles disponibles, leur affectation actuelle et leur capacité à assurer l'approvisionnement alimentaire (Figure 1, à gauche). Il faut en outre convenir d'une unité commune pour comparer entre eux les différents aliments : par exemple les calories contenues, ou les protéines. Définie de la sorte, l'autonomie alimentaire de La Réunion ne dépasse guère aujourd'hui les 30%, en ce sens que la production locale de protéines ne représente globalement qu'un tiers de ce qui est nécessaire à l'approvisionnement de l'île. Si pour les fruits et légumes (y compris les surgelés et produits transformés) l'autonomie est de l'ordre de 50%, elle n'est que de 5% au mieux pour les « vivres » (céréales, grains et féculents) ! Pour l'alimentation animale, la couverture des besoins par les prairies et cultures fourragères n'est que d'un tiers.

De surcroît, la production agricole de l'île, quand elle se fait selon les pratiques de l'agriculture conventionnelle, dépend de manière cruciale d'intrants importés, comme les engrais et les pesticides, ce qui constitue une dépendance extérieure de fait, justifiant le diagnostic d'Oasis-Réunion d'un *taux réel d'autonomie alimentaire* de l'ordre de 1% !

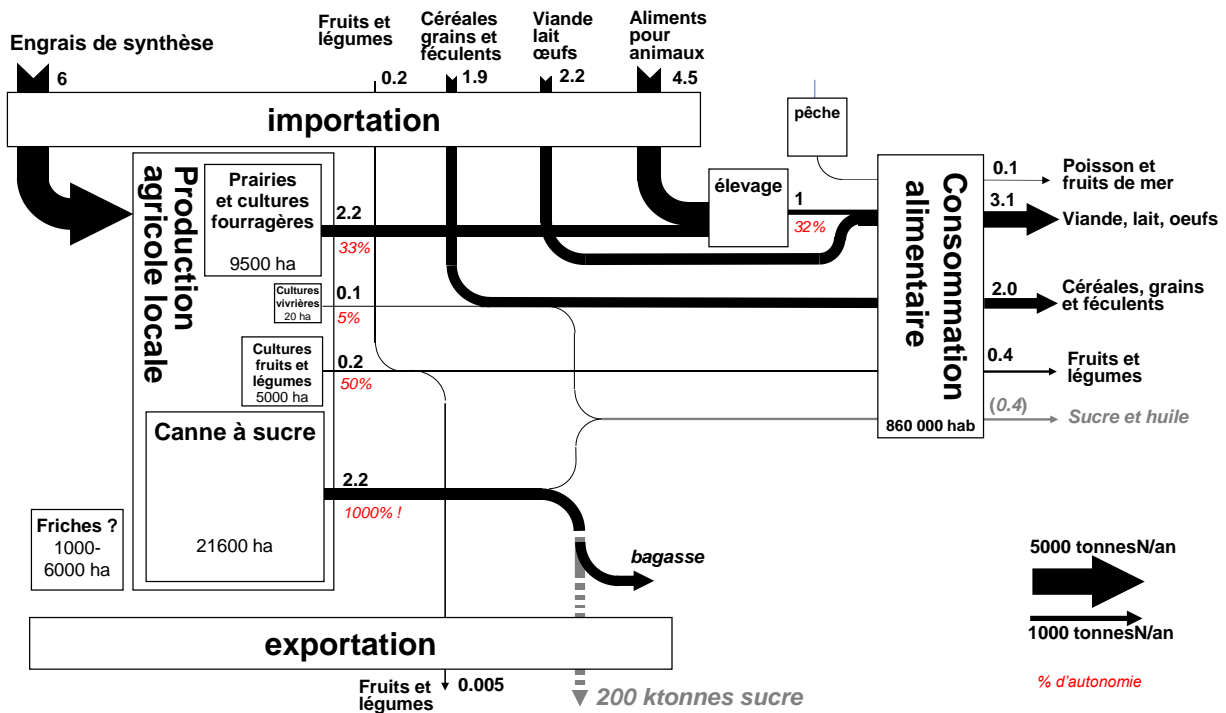


Figure 1. Schéma du système agro-alimentaire de la Réunion. La consommation alimentaire de la population est représentée à droite (Tous les flux sont exprimés en tonnes d'azote protéique contenu dans les aliments). La production agricole locale figure à gauche, ainsi que les surfaces cultivées correspondantes). Les flux importés sont figurés en haut et les exportations en bas. En gris sont représentés les flux de produits alimentaires ne contenant pas de protéines, qui ne peuvent donc être représentés quantitativement de la même façon que les autres flux. En rouge figure le degré d'autonomie alimentaire de chaque catégorie de produits. (sources : Linarès-Ortegon, 2021 ; Agreste, 2019)

Cette très faible autonomie de la Réunion s'explique par deux causes principales. Tout d'abord l'extrême exigüité de l'île : même en comptant les hypothétiques 6000 ha de friches, le total des terres cultivables n'est que de 0.048 ha, soit 480 m² par habitant, quand en métropole, chaque habitant « dispose » de 3700 m², soit 8 fois plus, pour son alimentation (Pointereau, 2022). Mais l'hégémonie de la culture de la canne à sucre, qui occupe 60% des terres cultivées à La Réunion renforce encore plus la dépendance aux importations alimentaires (Figure 2).

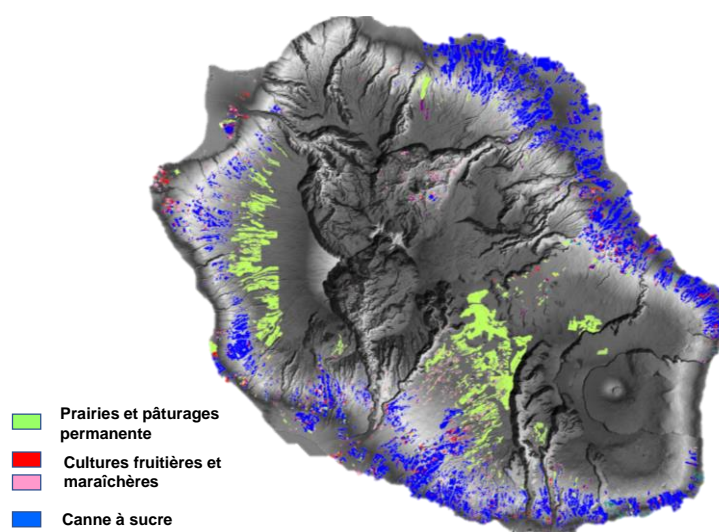


Figure 2. Répartition des terres cultivées à La Réunion. La canne à sucre (en bleu) occupe l'essentiel des terres cultivables des Bas (jusqu'à 600m env). Les pâturages (en vert) occupent la plus grande partie des terres agricoles des Hauts. Les cultures maraichères et fruitières n'apparaissent que dans les interstices de ces cultures et des terres urbanisées. (source : Registre Parcellaire Graphique, 2019, IGN-Géoportail)

On voit bien que l'équation de l'autonomie alimentaire de l'île ne peut se résoudre par un simple ajustement de détail de l'affectation des terres. Seule une modification structurelle majeure du système agro-alimentaire actuel peut permettre d'atteindre cet objectif.

Tout d'abord une modification importante du régime alimentaire humain, vers un régime plus sain, moins riche, surtout en produits animaux. La consommation de produits animaux représente aujourd'hui 56% de l'apport protéique, mais l'élevage occupe le quart des terres agricoles et l'importation d'aliments pour bétail et de produits animaux représente 76% des importations. Réduire, au moins de moitié, la consommation de viande et de lait est un levier essentiel pour atteindre l'autonomie alimentaire.

Une ré-affectation majeure des terres est aussi nécessaire. La canne à sucre doit céder au moins une part de son espace à des rotations culturales plus diversifiées, incluant des céréales et des légumineuses.

Enfin le recyclage efficace des nutriments contenu dans ce qui est aujourd'hui trop souvent considéré comme des déchets doit permettre de boucler au mieux le cycle des éléments. Il s'ensuit la nécessité de reconnecter l'élevage et les cultures, mais aussi de récupérer à la source les excréments humains. Bien sûr des pertes sont inévitables, particulièrement en ce qui concerne l'azote, élément très mobile. Mais la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique réalisée par les légumineuses graminées et fourragères permet d'assurer l'apport d'azote nécessaire à la production agricole sans recours aux engrais de synthèse totalement dépendant des combustibles fossiles.

Que des mesures vigoureuses soient prises pour recenser les friches agricoles, les protéger de la spéculation immobilière, les remettre en culture, est une excellente chose. En aucun cas cependant, on ne peut espérer par ces seules mesures modifier significativement l'état actuel de dépendance extérieure de l'approvisionnement alimentaire de l'île. Le risque est grand qu'en se focalisant sur les friches, on en oublie l'impérieuse nécessité de « *planter pour manger* » plutôt que pour exporter, de fermer les cycles de nutriments, et de réduire notre consommation de produits animaux, trois leviers essentiels pour atteindre une véritable autonomie alimentaire durable à la Réunion.

Références

Linarès-Ortegon D. (2021) Analyse du système agro-alimentaire de l'île de la Réunion en vue de l'élaboration d'un scénario de reconquête de l'autonomie alimentaire. Mémoire de stage M1 Sciences de l'Univers, Environnement, Ecologie. Sorbonne-Université.

Pointereau P (2022). La Face cachée de nos consommations. Quelles surfaces agricoles et forestières importées ? Solagro. <https://solagro.org/travaux-et-productions/publications/la-face-cachee-de-nos-consommations>

ANNEXE 2. Présentations durant la mission

1. Présentation à la Foire Agricole de Bras-Panon



Foire Agricole de Bras-Panon, 22 mai 2022



L'autosuffisance alimentaire durable à La Réunion?

Gilles Billen et Josette Garnier, *directeur.trice de recherche du CNRS, UMR Metis, Paris*



<p>Contents lists available at ScienceDirect</p> <p>Environmental Science & Policy</p> <p>journal homepage: www.elsevier.com/locate/escp</p> <p>Reconnecting crop and cattle farming to reduce nitrogen losses to river water of an intensive agricultural catchment (Seine basin, France): past, present and future</p> <p>Josette Garnier^{a,b,c}, Juliette Anglade^b, Marie Benoit^a, Gilles Billen^{a,b}, Thomas Puech^a, Antsiva Ramarison^b, Paul Passy^a, Marie Silvestre^a, Luis Lassaletta^a, Jean-Marie Trommsenschlager^a, Céline Schott^a, Gaëlle Tallec^a</p> <p>^aUMR 7619 Metis, BP 123, Rue 56-55, Etage 4, 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France ^bUMR 1019 SUDOS, BP 123, Rue 56-55, Etage 4, 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France ^cUMR 4072 Denonix de July 402 avenue Jean Ruffet 88500 Montvauvray, France ^dUMR 1019 SUDOS, BP 123, Rue 56-55, Etage 4, 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France ^eUMR 1019 SUDOS, BP 123, Rue 56-55, Etage 4, 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France</p>	<p>Contents lists available at ScienceDirect</p> <p>Science of the Total Environment</p> <p>journal homepage: www.elsevier.com/locate/scotenv</p> <p>Two contrasted future scenarios for the French agro-food system</p> <p>Gilles Billen^a, Julia Le Noë^a, Josette Garnier^a</p> <p>ScienceDirect Elsevier 0169-8295 (2021) 780:100001 doi:10.1016/j.scotenv.2021.125000</p> <p>Highlights</p> <ul style="list-style-type: none"> • Two prospective scenarios for French agriculture in the 2050 horizon are proposed. • In 2050, scenarios show a decrease of agricultural nitrogen and phosphorus. • A 50% reduction in nitrogen and phosphorus losses is expected in 2050. • The analysis is conducted using a conceptual model based on nitrogen and phosphorus flows. • The A.R. scenario is based on France with better environmental performance. <p>Graphical Abstract</p>	<p>One Earth</p> <p>Global Standard 11 tons of CO₂ offset</p> <p>CellPress</p> <p>Perspective</p> <p>Reshaping the European agro-food system and closing its nitrogen cycle: The potential of combining dietary change, agroecology, and circularity</p> <p>Gilles Billen,^{1,*} Eduardo Aguilera,² Pasamus Erlanson,^{3,†} Josette Garnier,¹ Simone Gingrich,⁴ Bruna Grizzetti,⁵ Luis Lassaletta,⁶ Julia Le Noë,⁷ and Alberto Sanz-Cobena⁸</p> <p>¹UMR 7619 Metis, BP 123, Rue 56-55, Etage 4, 4 Place Jussieu, 75005 Paris, France ²ITIA Agronomía, Alameda y de Biocentros, CSIC-IRAM Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain ³Division of Physical Resource Theory, Department of Space, Earth and Environment, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden ⁴Institute of Social Ecology (ISE), Department of Economics and Social Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria ⁵European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra, Varese 21027, Italy ⁶Correspondence: gilles.billen@metis.fr https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.05.008</p>
---	--	--

La Méthode pour analyser les systèmes agro-alimentaires existant pour imaginer des systèmes alternatifs possible

Une métrique unique pour représenter les flux d'approvisionnement alimentaire:

L'azote (N)

* Constituant principal des protéines

Besoins alimentaires constants (renouvellement des tissus):
Minimum: 3.6 kgN/personne/an



* Élément limitant principal de la production agricole

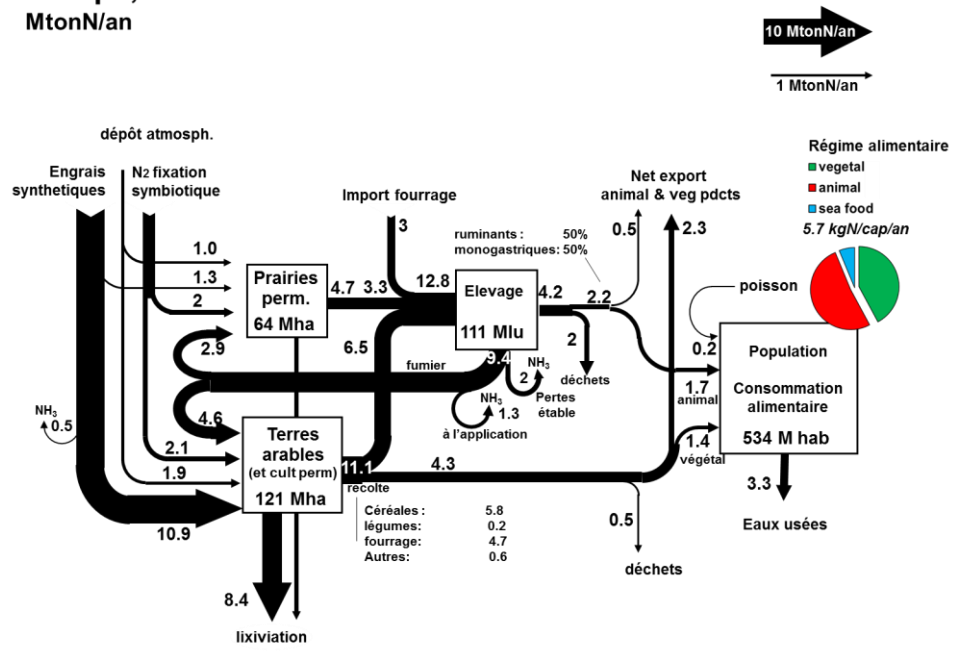
L'importance des apports de N au sol (= fertilisation) détermine le rendement agricole



2



Europe, 2014-2019 MtonN/an

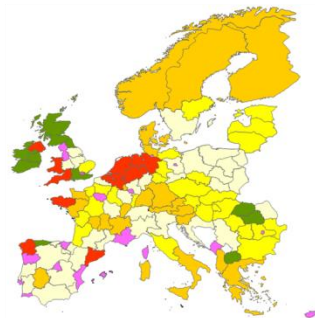


3

Europe, 2014-2019

Une forte spécialisation territoriale...

- Grandes cultures sans élevage
- Elevage intensif spécialisé
- Polyculture-élevage herbagère
- Polyculture-élevage fourragère
- Grandes cultures et élevage déconnectés
- Urbain dominant

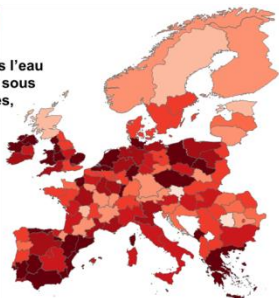


...qui induit des pertes environnementales importantes



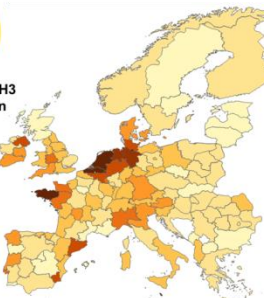
Nitrates dans l'eau d'infiltration sous terres arables, mgN/L

- > 25
- 20 - 25
- 15 - 20
- 10 - 15
- 8 - 10
- 6 - 8
- 4 - 6
- 2 - 4
- < 2



Émission d'NH₃ kgN/haSAU/an

- > 40
- 35 - 40
- 30 - 35
- 25 - 30
- 20 - 25
- 15 - 20
- 10 - 15
- 5 - 10
- 0.5 - 5
- < 0.5



Emission de N₂O par l'agriculture, kgN/haSAU/an

- > 10
- 7.5 - 10
- 5 - 7.5
- 4 - 5
- 3 - 4
- 2 - 3
- 1 - 2
- 0.25 - 1
- < 0.25



Un scénario agro-écologique pour l'Europe en 2050 ?

L'Europe peut-elle se passer des engrais azotés de synthèse et des importations de soja ?

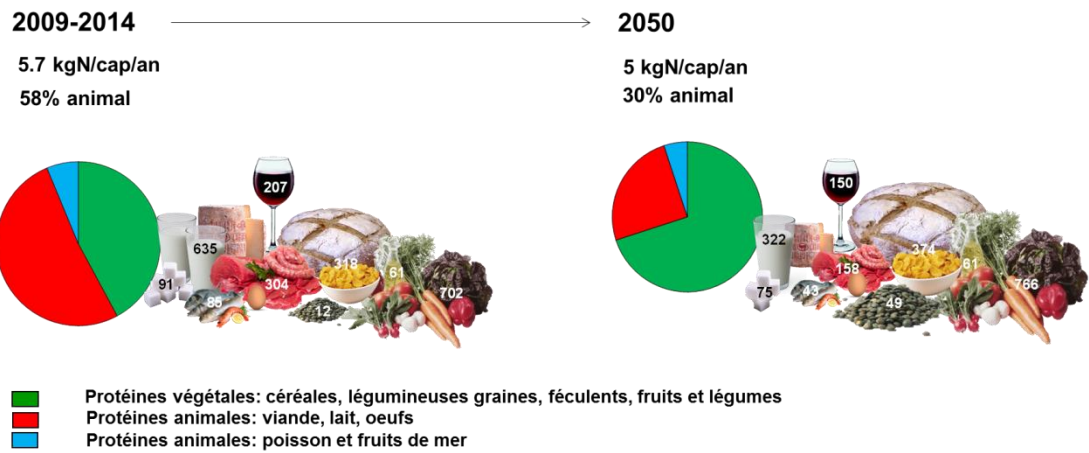


3 leviers:

- * modification du régime alimentaire humain
- * généralisation des rotations culturales incluant des légumineuses
- * reconnexion des cultures et de l'élevage

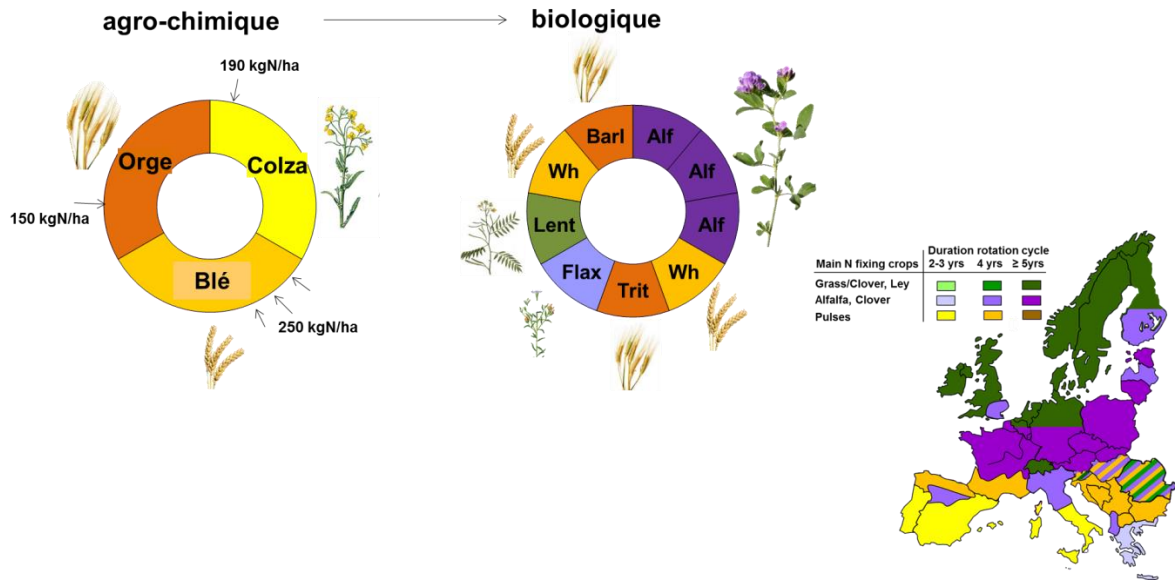
6

1. Vers un régime alimentaire plus sain (et plus équitable):



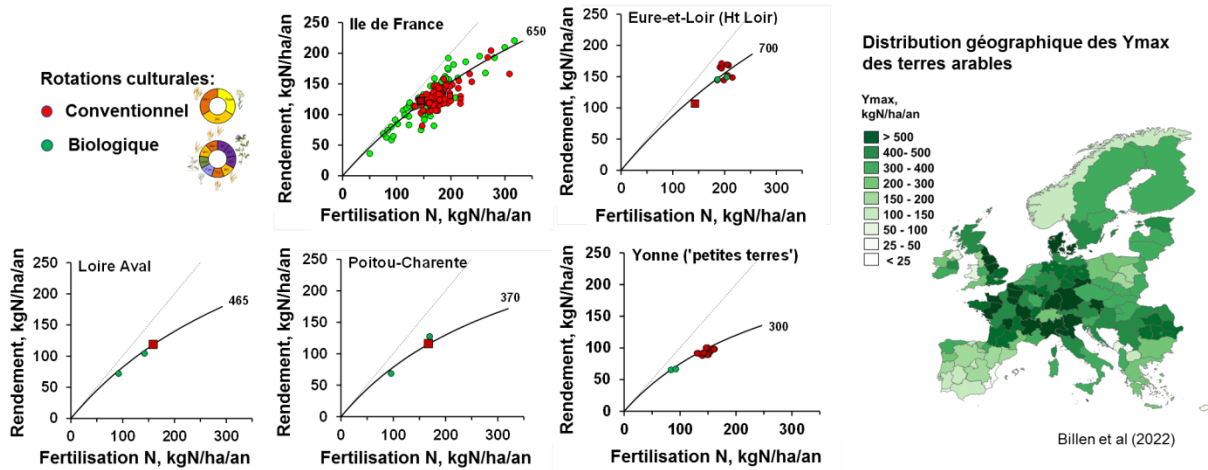
7

2. Généralisation de l'agriculture biologique: rotations longues et diversifiées laissant la place aux légumineuses



Dans un contexte pédo-climatique donné, les rotations bio ou conventionnelles montrent la même relation entre rendement intégré et fertilisation.

L'agriculture biologique n'est pas par essence moins productive!

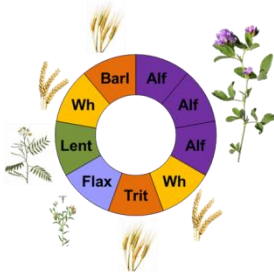


Billen, Le Noé & Garnier (2018) STOTEN

Billen et al (2022)

9

3. Reconnexion de l'élevage et des cultures



La taille du cheptel est strictement limitée par les ressources locales en nourriture

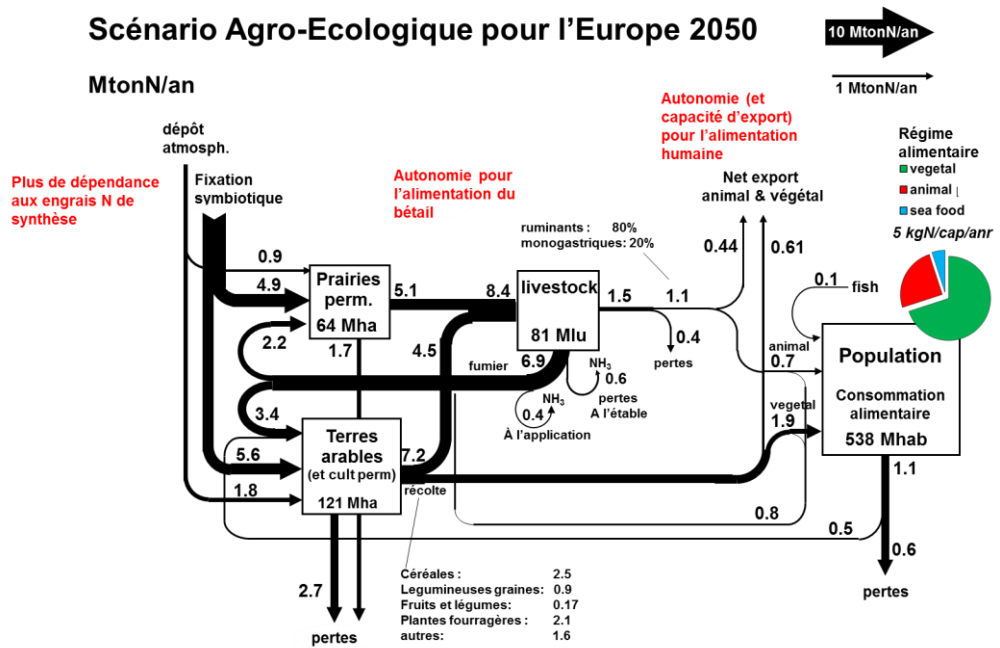
- Légumineuses fourragères et prairies temporaires incluses dans les rotations bio } ruminants
- Prairies permanentes
- [Céréales en excès des besoins humains] } monogastriques
- Déchets alimentaires

Pas d'importation de fourrage!

10



Scénario Agro-Ecologique pour l'Europe 2050

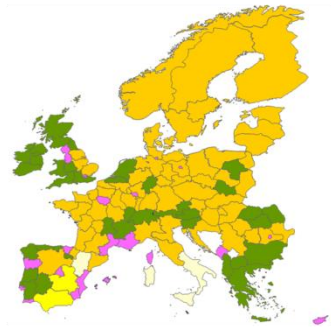


11

Europe, agro-écologique 2050

Retour à une nouvelle forme de polyculture-élevage...

- Grandes cultures sans élevage
- Elevage intensif spécialisé
- Polyculture-élevage herbagère
- Polyculture-élevage fourragère
- Grandes cultures et élevage déconnectés
- Urbain dominant

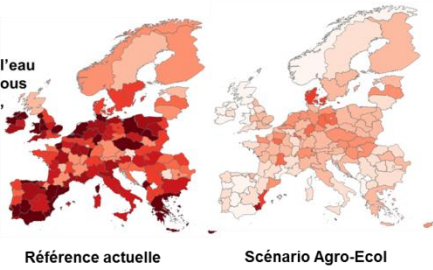


...avec une réduction sensible des pertes environnementales

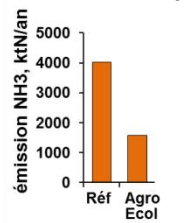


Nitrates dans l'eau d'infiltration sous terres arables, mgN/L

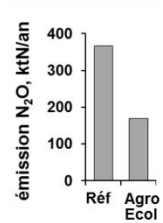
- > 25
- 20 - 25
- 15 - 20
- 10 - 15
- 8 - 10
- 6 - 8
- 4 - 6
- 2 - 4
- < 2



Émission d' NH_3



Émission de N_2O



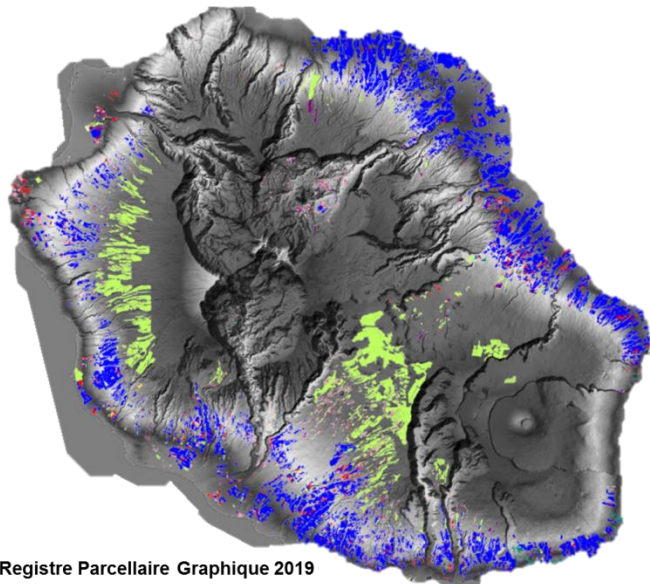
Un tel scénario est-il possible à La Réunion?



POUR UNE ALIMENTATION ET UNE AGRICULTURE 100% BIO, LOCALES, PAYSANNES, EN AUTOSUFFISANCE, POUR TOUS AU JUSTE PRIX

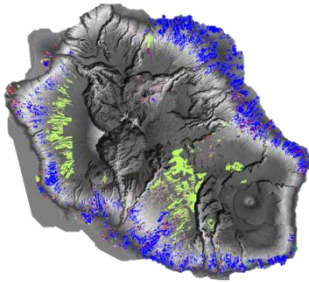
?

2500 km²
1 M habitants en 2030



Registre Parcellaire Graphique 2019
IGN, geoportail

Un tel scénario est-il possible à La Réunion?



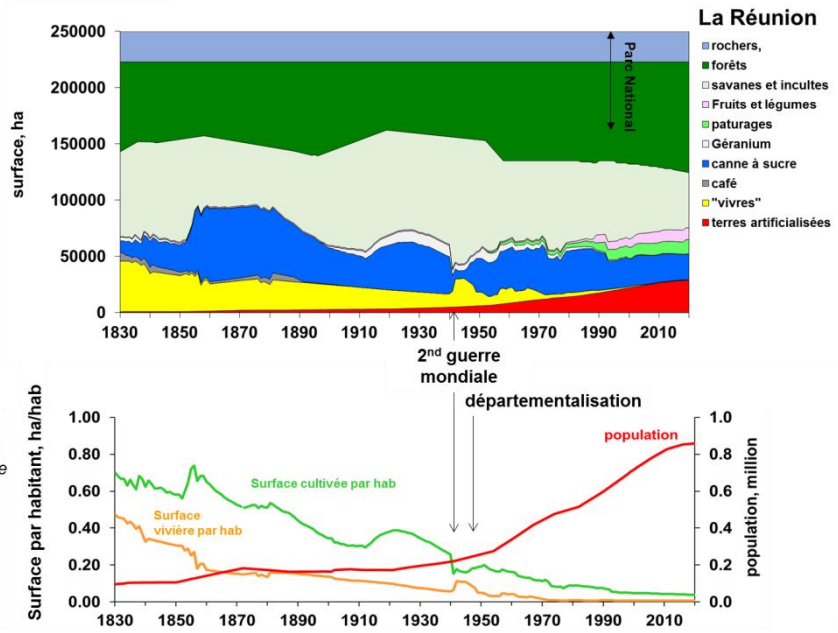
Registre Parcellaire Graphique 2019

IGN, geoportail

En 2020

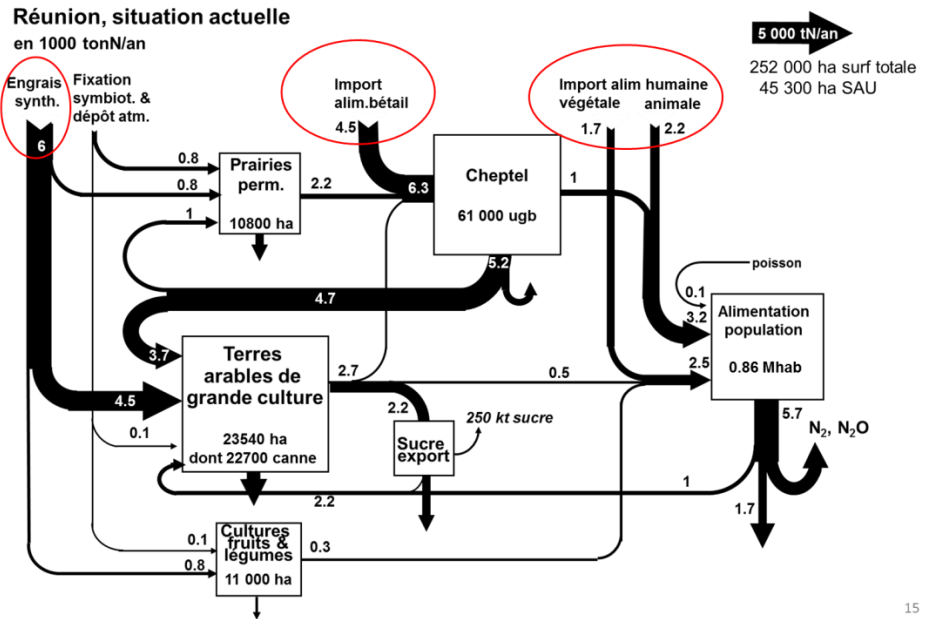
Terres agricoles = 0.04 ha/habitant

Opinion répandue dans les années 1950:
« Un ha de cultures vivrières fait vivre une personne, quand un ha de canne en fait vivre quatre »!



14

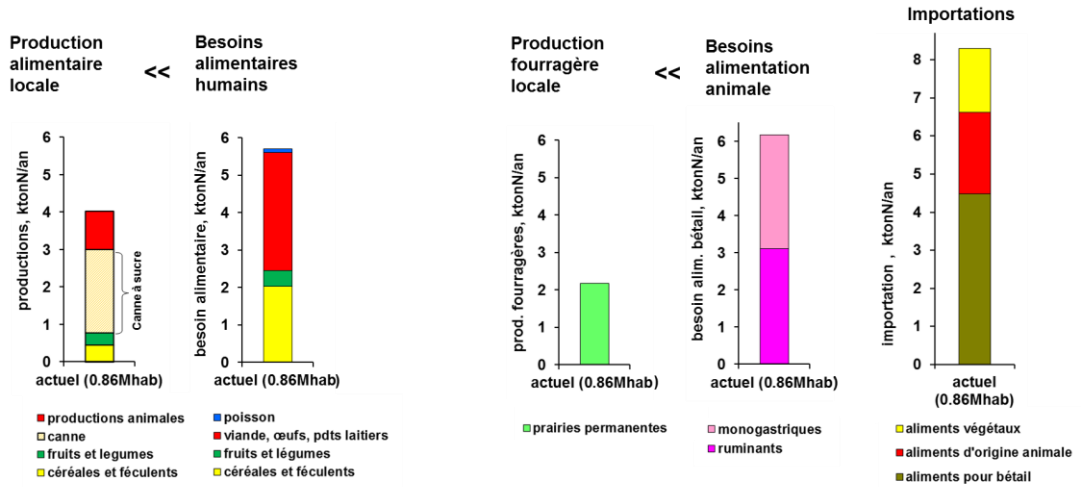
Le système agro-alimentaire réunionnais (2010-2019) en flux d'azote



15

Le système agro-alimentaire réunionnais (2010-2019): une très faible autosuffisance alimentaire

Comparaison de la production alimentaire réunionnaise avec les besoins de la population humaine et animale.



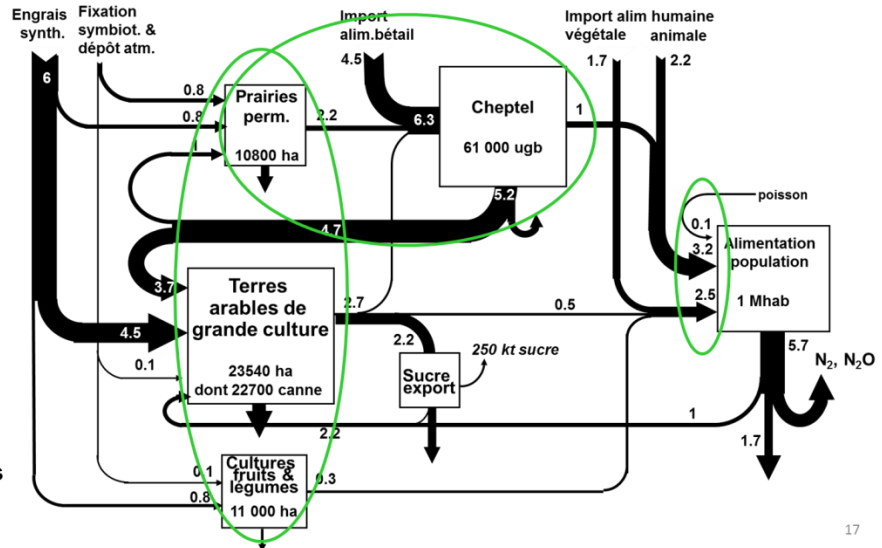
$$\% \text{ dépendance alimentaire} = \frac{\text{Importations d'aliments pour les hommes et les animaux}}{\text{Besoins alimentaires des hommes et des animaux}} = 70 \%$$

16

2. Les leviers d'un changement structurel



- * Le régime alimentaire
- * Les systèmes de cultures
- * L'élevage et sa connexion aux cultures

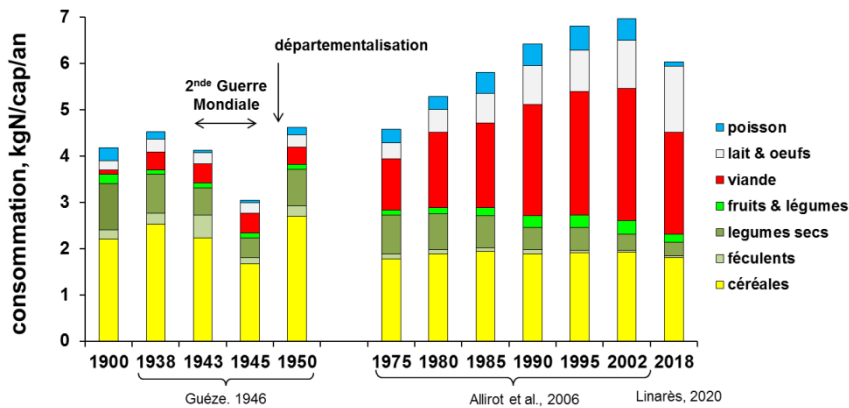


17

2. Les leviers d'un changement structurel : * Le régime alimentaire

Régime alimentaire moyen actuel par personne en kcal par jour et en kgN/an.

	kg/cap/an	kcal/cap/jr	kgN/cap/an	
Sucre	21	167	0,02	42% végétal
Céréales et féculents	200	1995	2,34	
Fruits et légumes	168	225	0,47	
Lait et produits laitiers	205	275	1,25	
Viande	68	283	2,22	58% animal
Œufs	9	35	0,18	
Poisson	3	9	0,10	
Total	674	2990	6,58	



18

Pour un régime alimentaire plus sain:

Réduire la quantité totale de protéines consommées
(et réduire le gaspillage)

Réduire la part des protéines animales
(en privilégiant les protéines végétales)



3000 kcal/j*
16 gNprotéique/j*
60% de protéines animales/jour



Clichés et réalisation des assiettes: B.Bonnet)



2200 kcal/j*
14 gNprotéique/j*
30% de protéines animales



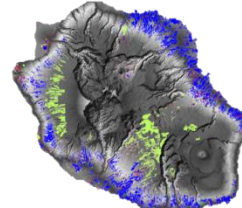
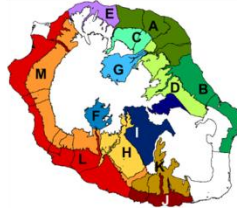
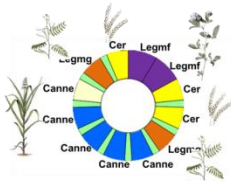
2200 kcal/j*
14 gNprotéique/j
20% de protéines animales



2200 kcal/j*
14 gNprotéique/j
15% de protéines animales

* l'assiette figurée représente env 40% des apports quotidiens

2. Les leviers d'un changement structurel : * Les systèmes de cultures



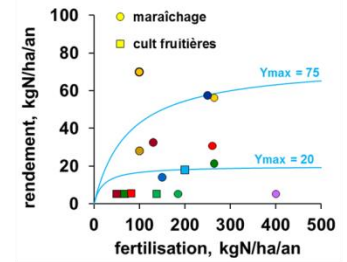
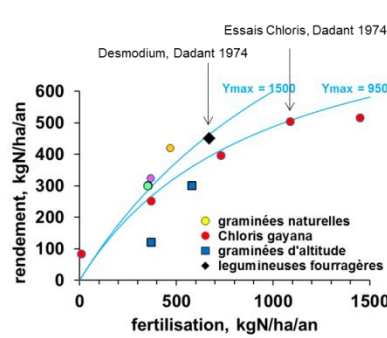
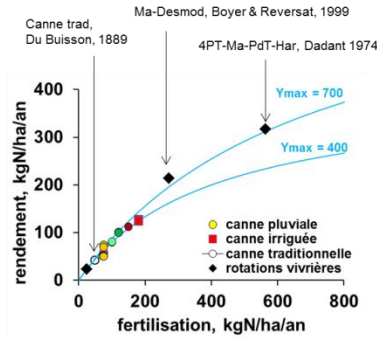
Grandes cultures potentiellement en rotation
Canne à sucre en monoculture 22 700 ha
Autres cultures 3 800 ha
Friches 6 800 ha

Saint Macary, 2003

IGN, geoportail

Pâturages permanents 10 800 ha

Fruits et légumes 10 500 ha

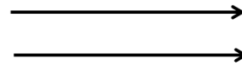


2. Les leviers d'un changement structurel : * L'Élevage et sa connexion aux cultures

1. Calibrer le cheptel sur les besoins humains de produits animaux

2. Assurer son alimentation

Herbe prairies permanentes
 Légumineuses fourragères
 des rotations de gde culture

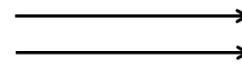


Efficiéce de conversion :
 ruminants: 8%

ruminants



Excédents céréaliérs
 par rapport aux besoins humains
 Déchets alimentaires récupérés



Efficiéce de conversion :
 monogastriques: 33%

mono-gastriques



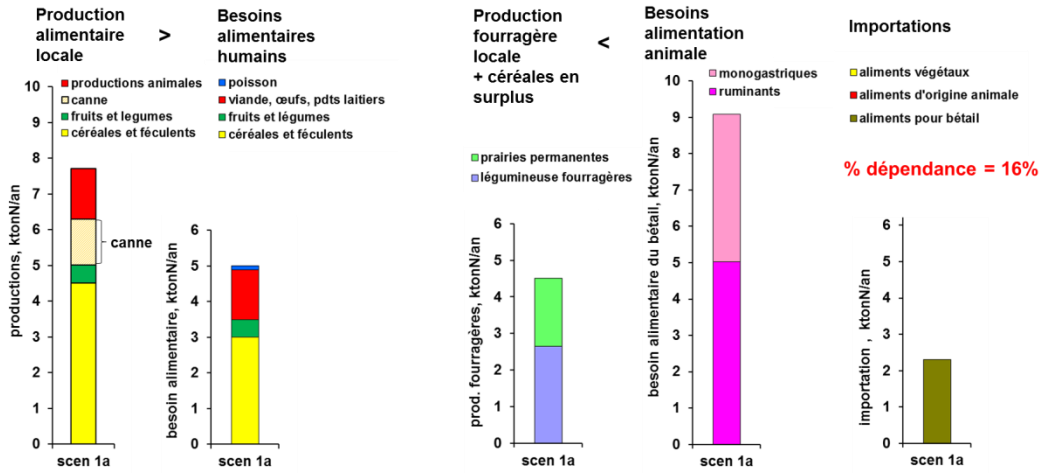
[complété si besoin par aliments importés]

3. Assurer au maximum le retour des excréments aux terres cultivées

3. Quelques exemples de scénarios à l'horizon 2030 Comment combiner ces leviers?

Scenario 1a: scénario de transition

Régime alim à 30% protéines animales
Conversion de 50% des prairies permanentes en grandes cultures



22

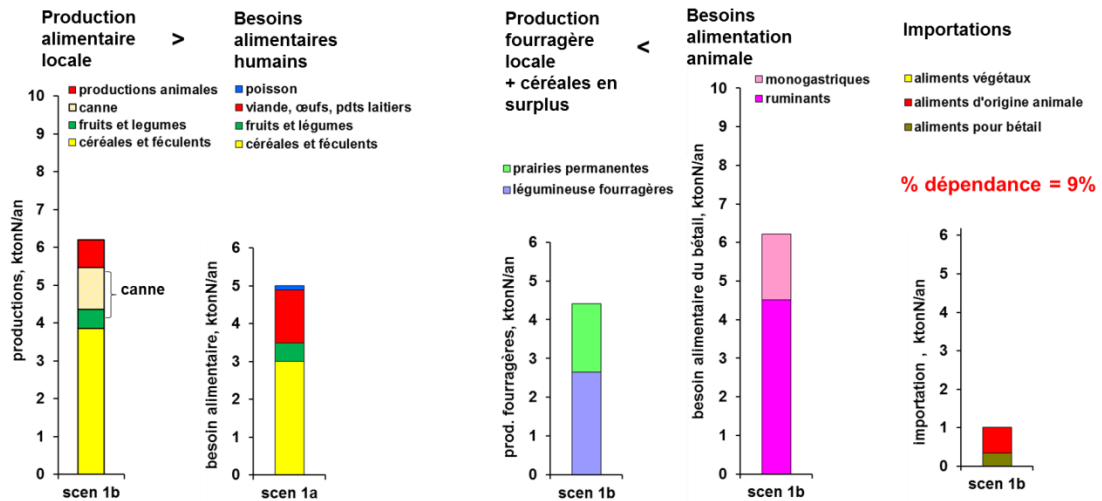
22

3. Quelques exemples de scénarios 2030

Comment combiner ces leviers?

Scenario 1b: scénario de transition

Régime alim à 30% protéines animales
Conversion de 50% des prairies permanentes en grandes cultures



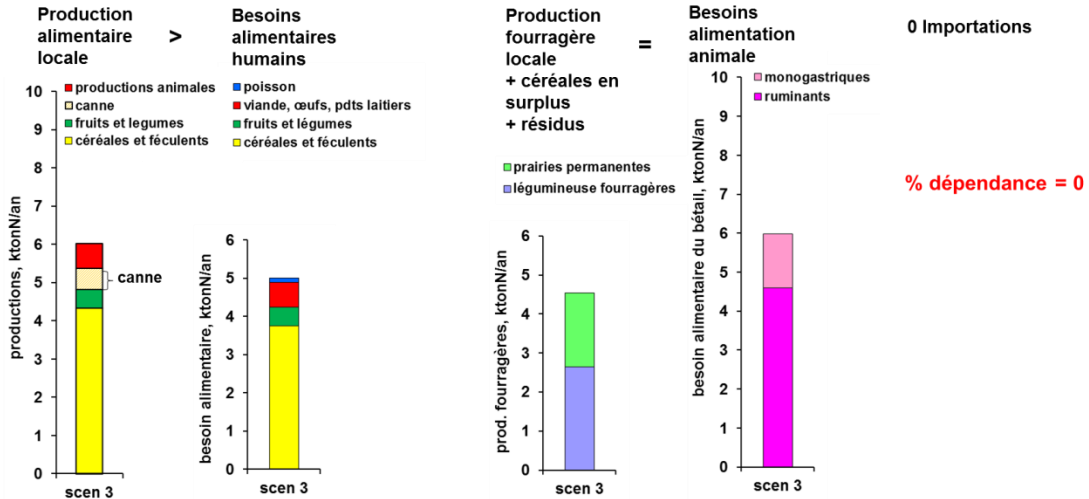
23

23

3. Quelques exemples de scénarios 2030

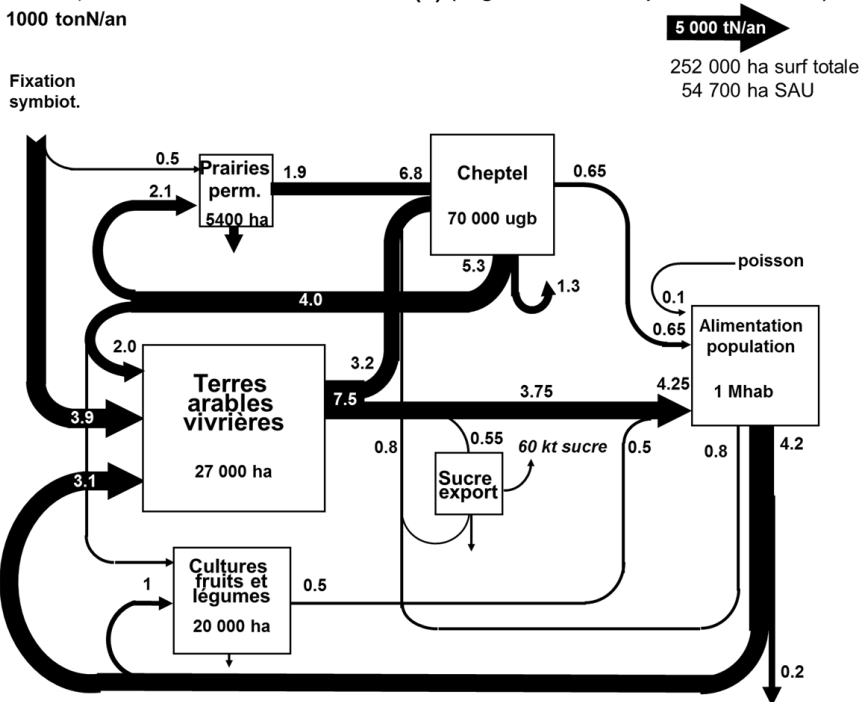
Scenario 3: scénario autosuffisant avec production de sucre

Régime alim à 15% protéines animales
Conversion de 50% des prairies permanentes en grandes cultures



26

Réunion, 2030 scénario d'autonomie (3) (Régime alim. à 15% protéines animales) en 1000 tonN/an

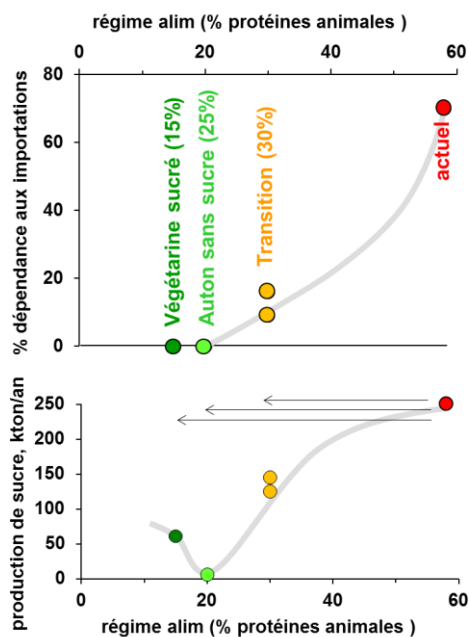


27

Récapitulation des scénarios

L'atteinte de l'autosuffisance alimentaire requiert une diminution drastique de la consommation de produits animaux

et un changement majeur d'affectation des sols cultivés



28

4. Conclusion



POUR UNE ALIMENTATION ET UNE AGRICULTURE 100% BIO, LOCALES, PAYSANNES, EN AUTOSUFFISANCE, POUR TOUS AU JUSTE PRIX

L'objectif d'Oasis Réunion est réalisable, mais requiert des changements structurels majeurs

L'approche de modélisation GRAFS montre l'espace des possibles....

C'est au débat démocratique et citoyen dûment éclairé de définir ce qui est désirable.



L'avenir de l'île et le nôtre sont entre nos mains !

2. Présentation à Hell Bourg



Hell-Bourg, 26 mai 2022



L'autosuffisance alimentaire durable est-elle possible à La Réunion?

Gilles Billen et Josette Garnier, *directeur.trice de recherche au CNRS, UMR Metis, Paris*



POUR UNE ALIMENTATION ET UNE AGRICULTURE 100% BIO, LOCALES, PAYSANNES, EN AUTOSUFFISANCE, POUR TOUS AU JUSTE PRIX

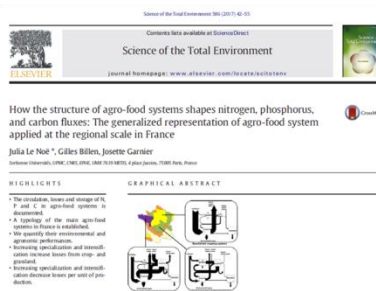
Un scénario agro-écologique pour l'Europe en 2050

La France métropolitaine et l'Europe pourraient se passer des engrais azotés de synthèse et des importations d'aliment pour bétail (soja)



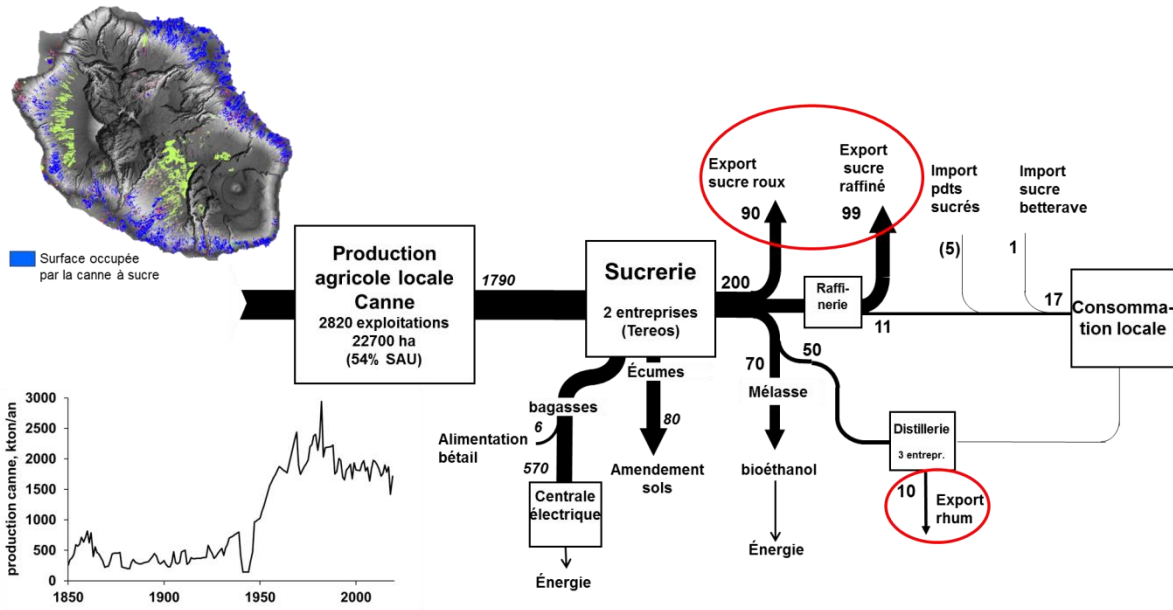
3 leviers:

- * sortir de l'agriculture chimique (généralisation des rotations culturales incluant des légumineuses)
- * reconexion de l'élevage avec les cultures
- * modification du régime alimentaire humain



Exemple 1: La filière canne-sucre-rhum

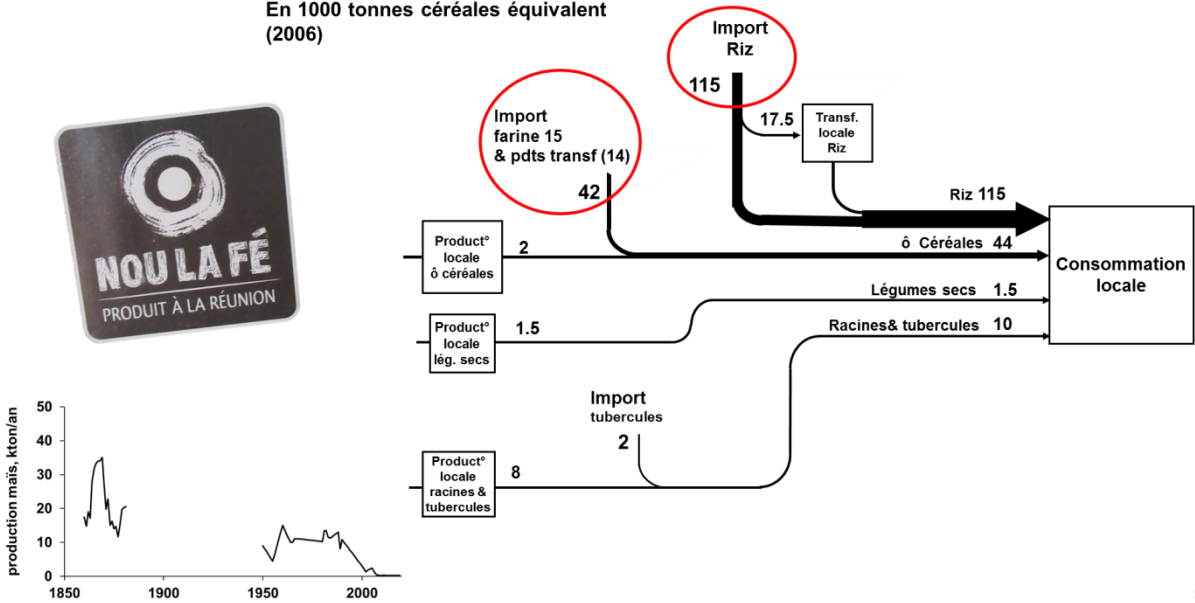
En 1000 tonnes de sucre (2007-2020)



4

Exemple 2: La filière céréales et féculents

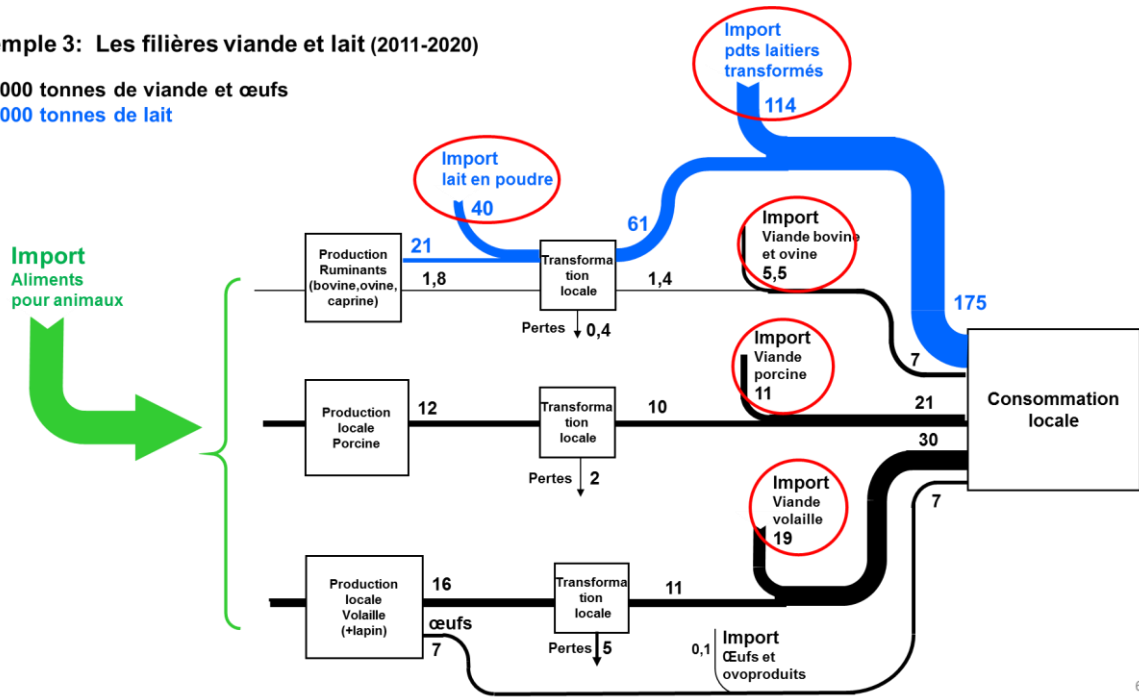
En 1000 tonnes céréales équivalent (2006)



5

Exemple 3: Les filières viande et lait (2011-2020)

En 1000 tonnes de viande et œufs
En 1000 tonnes de lait



6

L'azote (N)

Une métrique unique pour représenter les flux d'approvisionnement alimentaire:

* Constituant principal des protéines

Besoins alimentaires constants (renouvellement des tissus):
Minimum: 3.6 kgN/personne/an



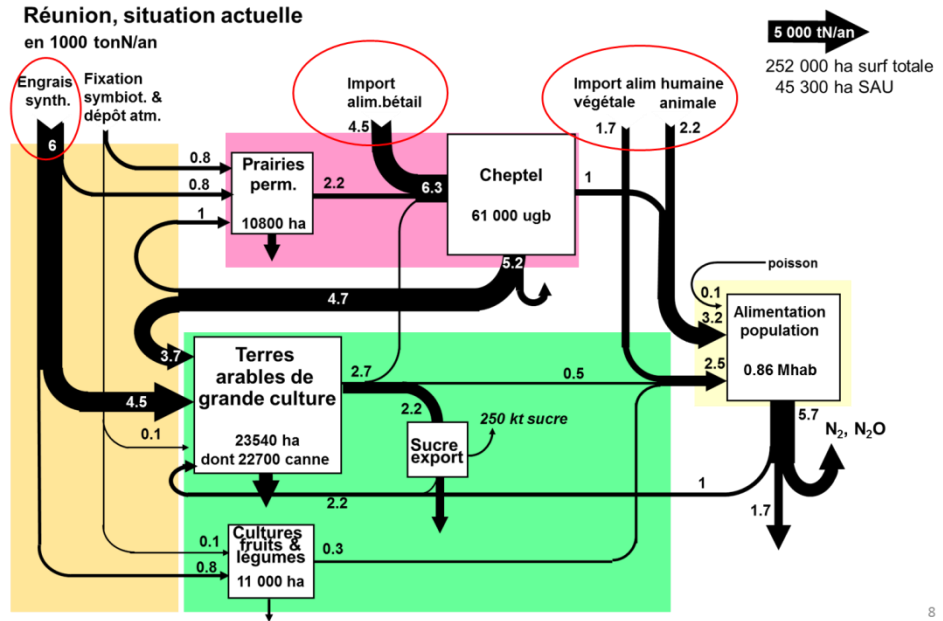
* Élément limitant principal de la production agricole

L'importance des apports de N au sol (= fertilisation) détermine le rendement agricole



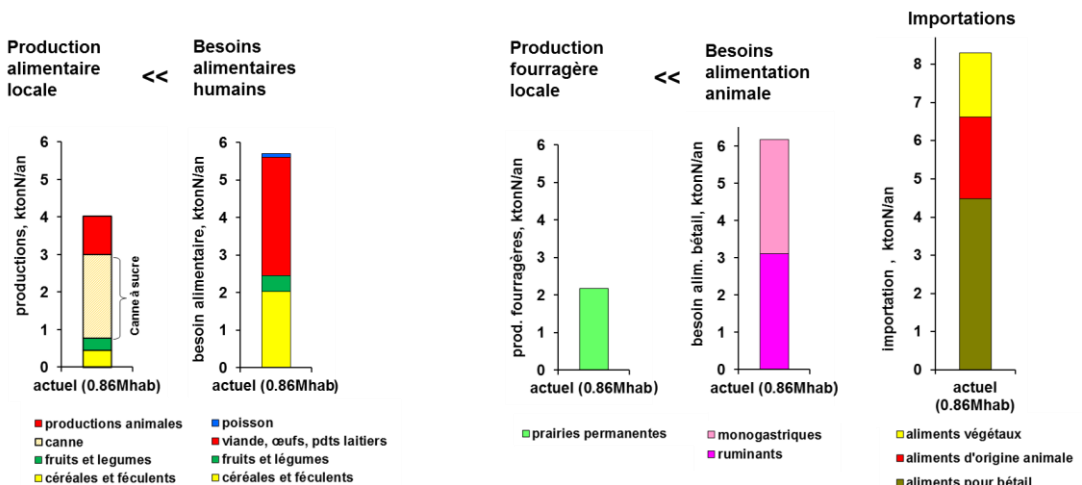
7

Le système agro-alimentaire réunionnais (2010-2019) en flux d'azote



Le système agro-alimentaire réunionnais (2010-2019): une très faible autosuffisance alimentaire

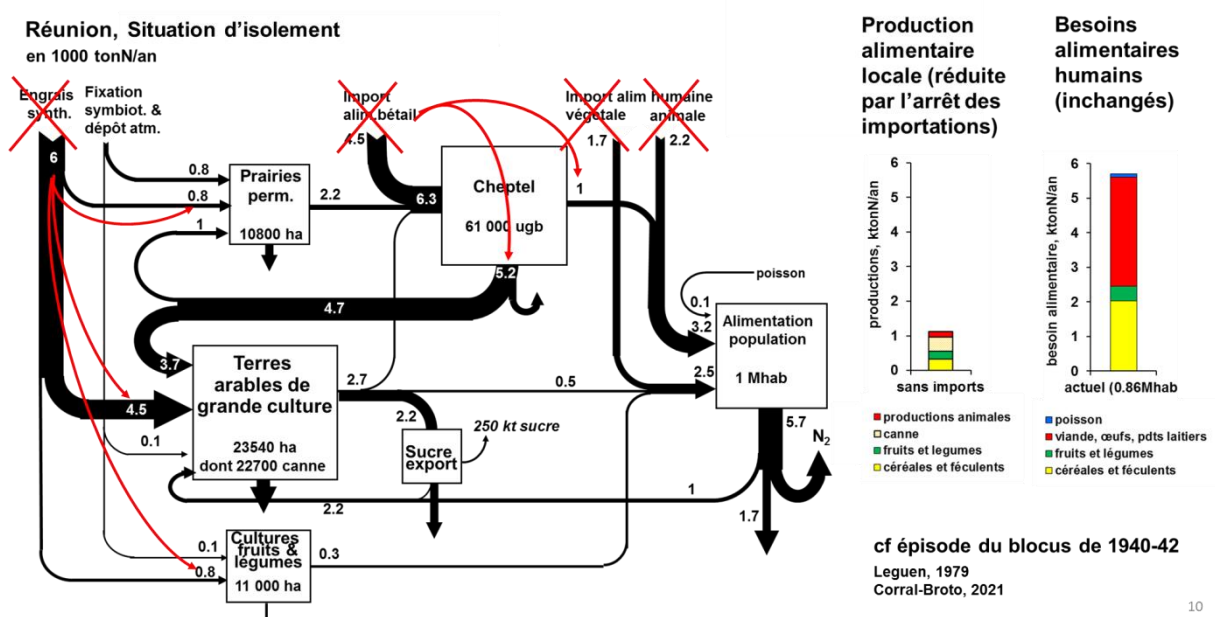
Comparaison de la production alimentaire réunionnaise avec les besoins de la population humaine et animale.



$$\% \text{ dépendance alimentaire} = \frac{\text{Importations d'aliments pour les hommes et les animaux}}{\text{Besoins alimentaires des hommes et des animaux}} = 70 \%$$

9

Le système agro-alimentaire réunionnais (2010-2019): une très grande vulnérabilité en cas d'isolement



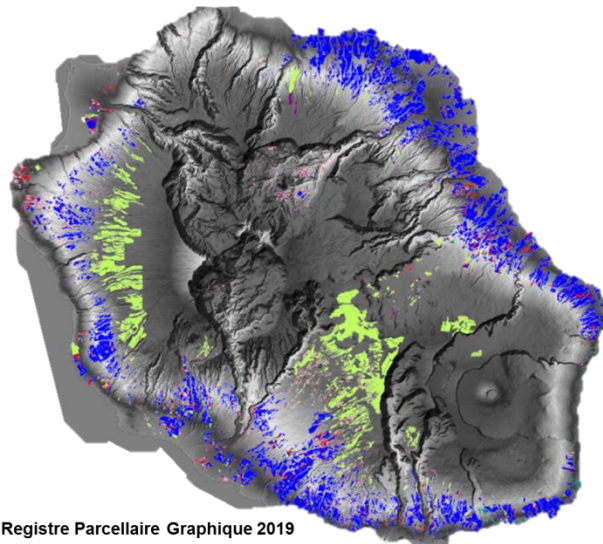
Un scénario agro-écologique à La Réunion?

?

2500 km² (= 250 000 ha)
1 M habitants en 2030

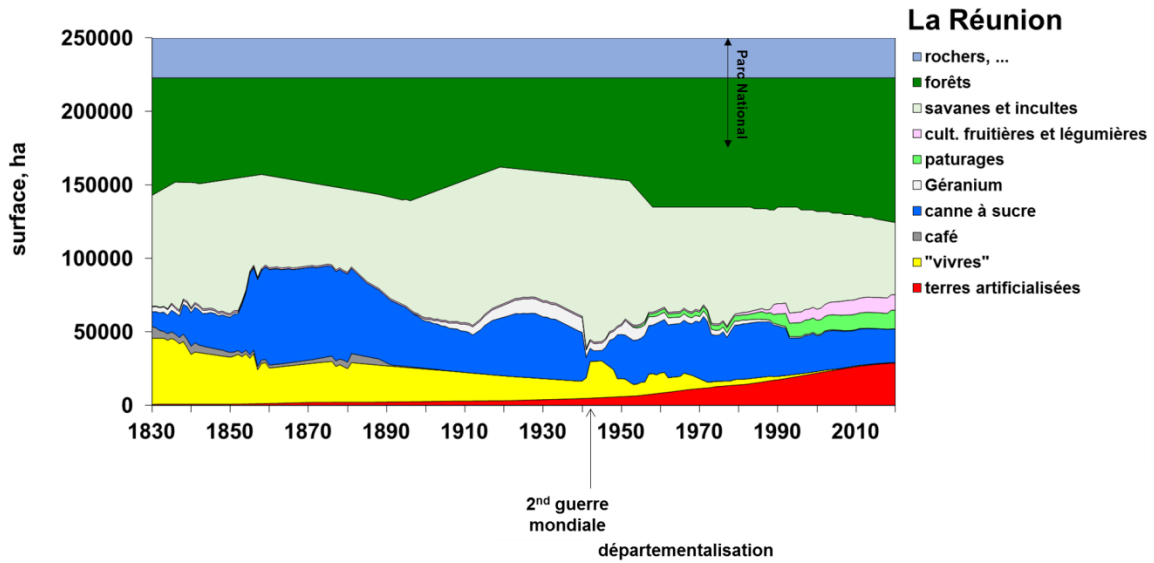
Terres cultivables: ~ 45 000 ha
0.045 ha/pers (= 400 m²/hab)

En métropole: 0.4 ha/pers (= 4000 m²/hab)



11

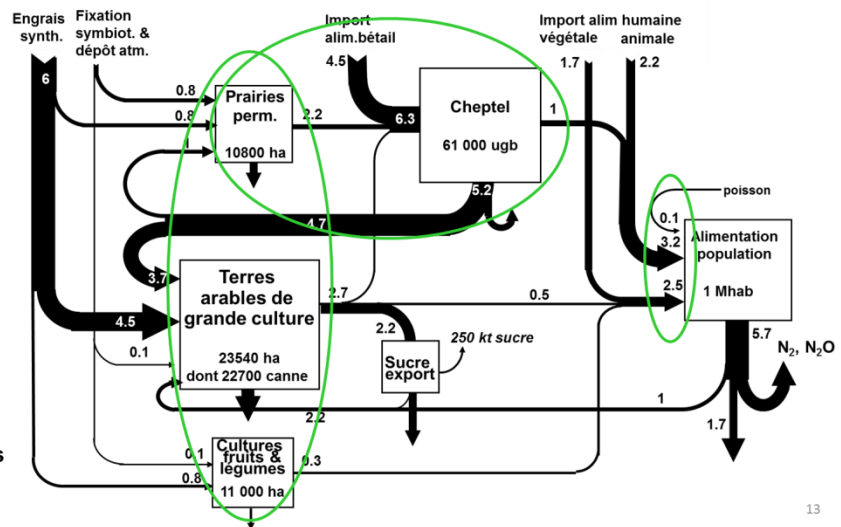
Evolution historique des surfaces cultivées



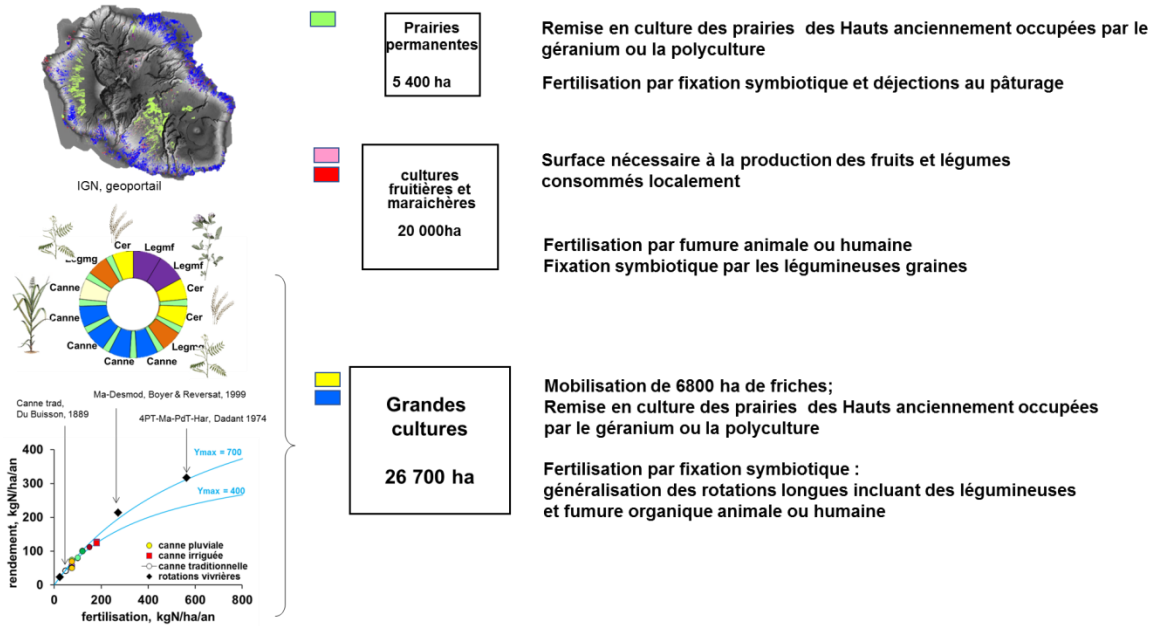
Les leviers à actionner



- * Les systèmes de cultures
- * L'élevage et sa connexion aux cultures
- * Le régime alimentaire



1. Des systèmes de culture alternatifs (en agro-bio-écologie)



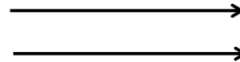
14

2. L'Élevage et sa connexion aux cultures

* Calibrer le cheptel sur les besoins humains de produits animaux

* Assurer son alimentation

Herbe prairies permanentes
Légumineuses fourragères
des rotations de gde culture

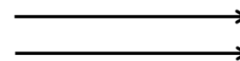


Efficiéce de conversion :
ruminants: 8%

ruminants



Excédents de céréales et de grains
par rapport aux besoins humains
Déchets alimentaires récupérés



Efficiéce de conversion :
monogastriques: 33%

mono-gastriques



[complété si besoin par aliments importés]

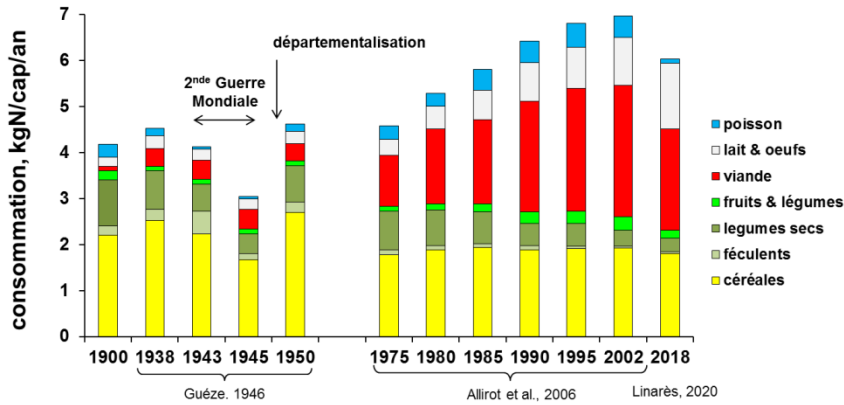
* Assurer au maximum le retour des excréments aux terres cultivées

15

3. Le régime alimentaire humain

Régime alimentaire moyen actuel par personne en kcal par jour et en kgN/an.

	kg/cap/an	kcal/cap/jr	kgN/cap/an		
Sucre	21	167	0,02	} 42% végétal	
Céréales et féculents	200	1995	2,34		
Fruits et légumes	168	225	0,47		
Lait et produits laitiers	205	275	1,25		
Viande	68	283	2,22		} 58% animal
Œufs	9	35	0,18		
Poisson	3	9	0,10		
Total	674	2990	6,58		



16

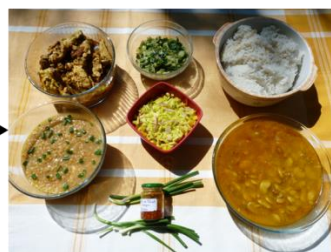
Pour un régime alimentaire plus sain:

Réduire la quantité totale de protéines consommées
(et réduire le gaspillage)

Réduire la part des protéines animales
(en privilégiant les protéines végétales)



3000 kcal/j*
16 gNprotéique/j*
60% de protéines animales/jour



Clichés et réalisation des assiettes: B. Bonnet)



2200 kcal/j*
14 gNprotéique/j*
30% de protéines animales



2200 kcal/j*
14 gNprotéique/j
20% de protéines animales



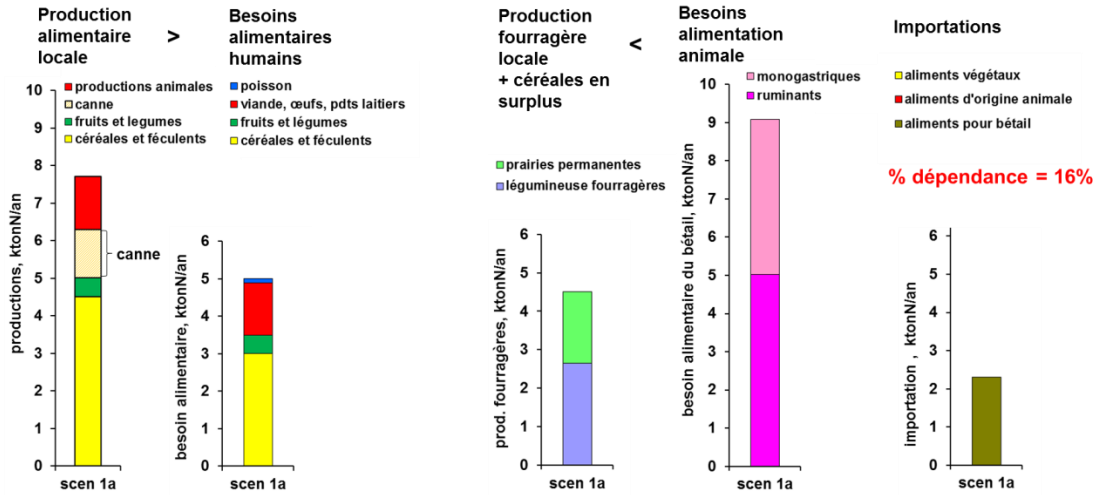
2200 kcal/j*
14 gNprotéique/j
15% de protéines animales

* l'assiette figurée représente env 40% des apports quotidiens

Scénarios à l'horizon 2030 En combinant les 3 leviers

Scenario 1: scénario de transition

Régime alim à **30% protéines animales**

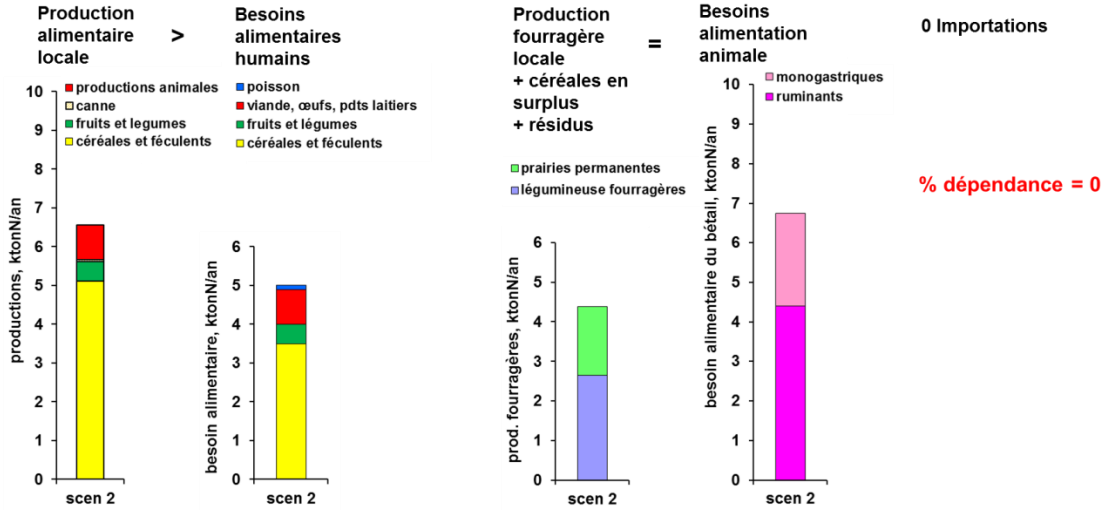


18

18

Scenario 2: scénario autosuffisant sans production de sucre

Régime alim à **20% protéines animales**



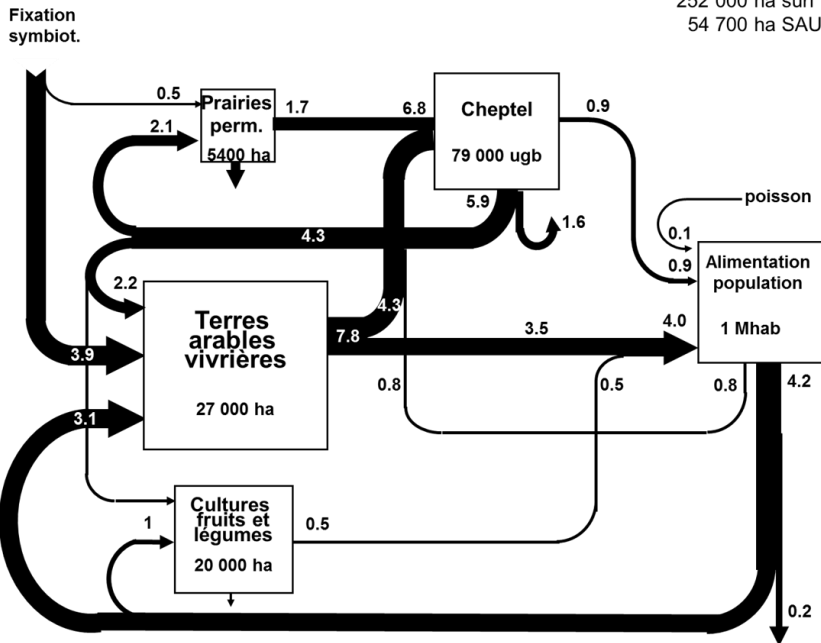
19

19

Réunion, 2030 scénario d'autonomie (2) (Régime alim. à 20% protéines animales) en 1000 tonN/an

5 000 tN/an

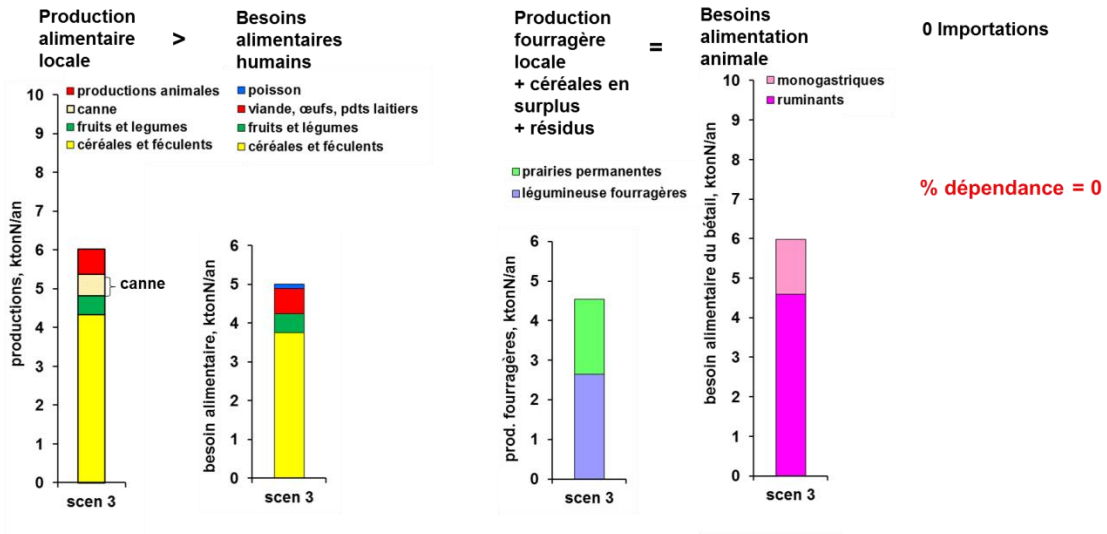
252 000 ha surf totale
54 700 ha SAU



20

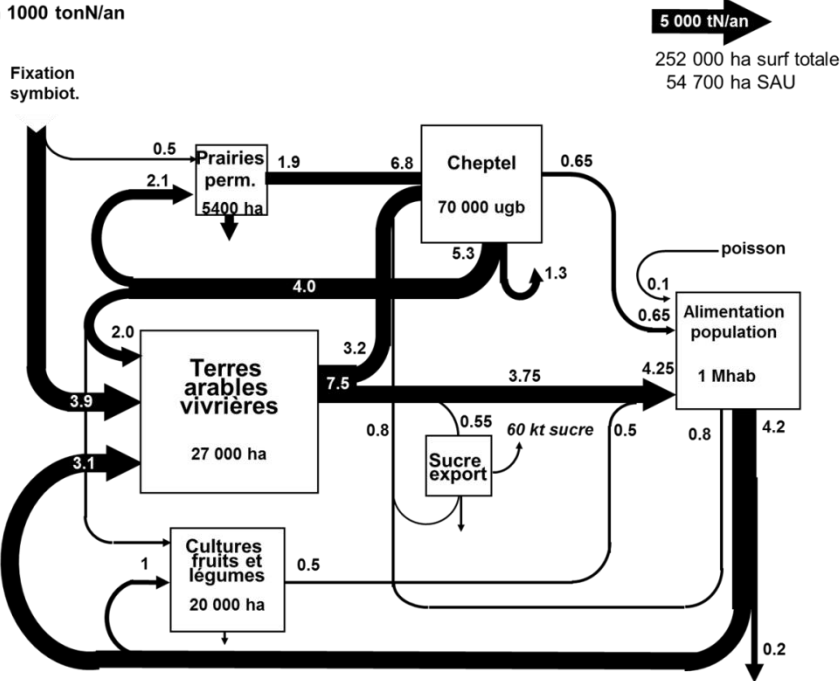
Scenario 3: scénario autosuffisant avec production de sucre

Régime alim à **15% protéines animales**



21

Réunion, 2030 scénario d'autonomie (3) (Régime alim. à 15% protéines animales)
en 1000 tonN/an

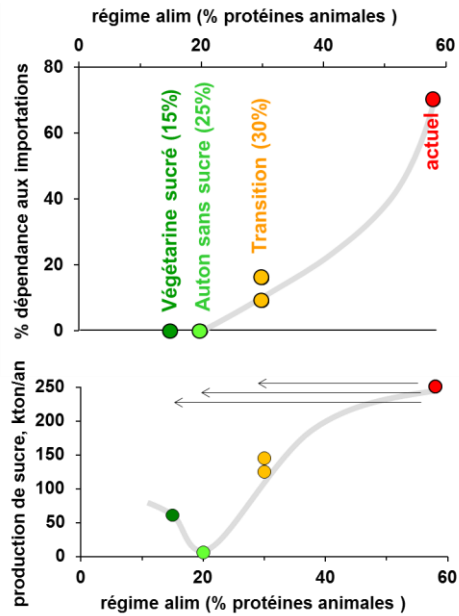


22

Récapitulation des scénarios

L'atteinte de l'autosuffisance alimentaire requiert une diminution drastique de la consommation de produits animaux

et un changement majeur d'affectation des sols cultivés



23

4. Conclusion



POUR UNE ALIMENTATION ET UNE AGRICULTURE 100% BIO, LOCALES, PAYSANNES, EN AUTOSUFFISANCE, POUR TOUS AU JUSTE PRIX

L'objectif d'Oasis Réunion est réalisable, mais requiert des changements structurels majeurs

L'approche de modélisation montre l'espace des possibles....

C'est au débat démocratique et citoyen dûment éclairé de définir ce qui est désirable.



L'avenir de l'île et le nôtre sont entre nos mains !

3. Présentation au CIRAD de Saint-Pierre



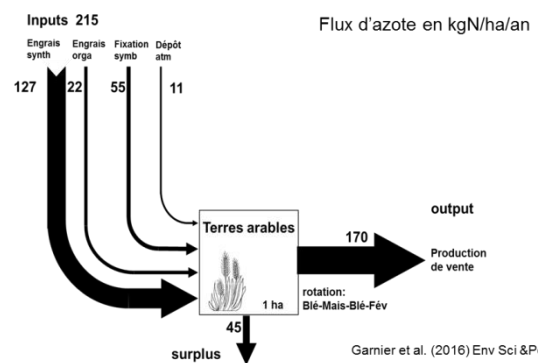
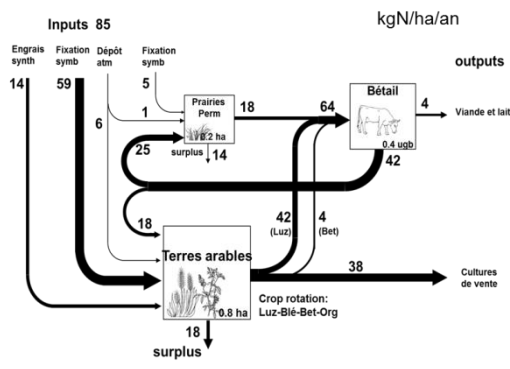
Rencontre Cirad Saint Pierre, 31 mai 2022

Modélisation des systèmes agro-alimentaires et construction de scénarios prospectifs: application à l'Europe et à La Réunion

Gilles Billen et Josette Garnier, *directeur.trices de recherche du CNRS, UMR Metis, Paris*

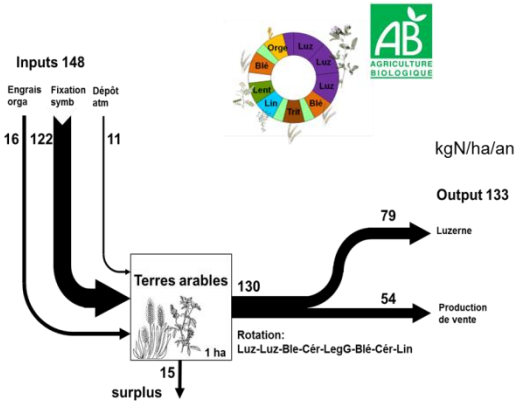
1. La genèse de la méthode sur le cas de la Brie Laitière
2. L'application à l'échelle Européenne
3. Nos interrogations pour l'application à l'échelle de La Réunion

La Brie Laitière

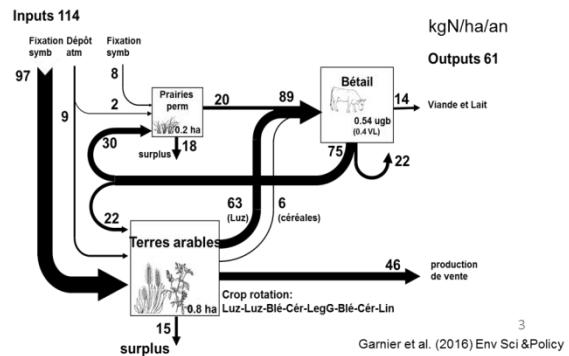


Garnier et al. (2016) Env Sci & Policy ²

Aujourd'hui: quelques agriculteurs en grande culture biologique



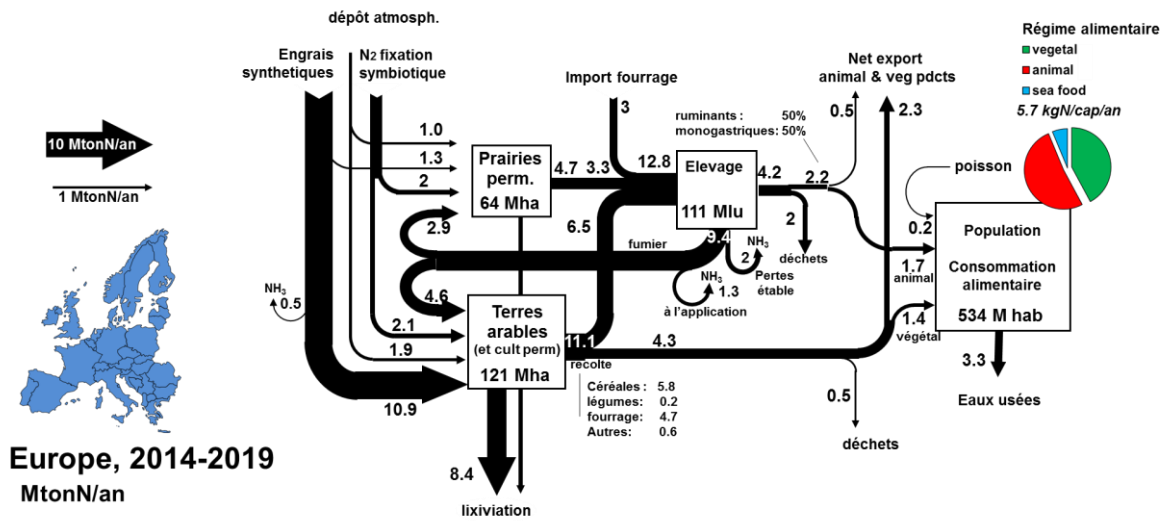
Demain?: réintroduction de l'élevage laitier comme débouché de la luzerne bio



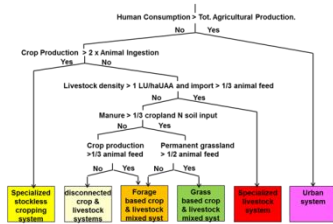
La démarche GRAFS et son application à l'Europe à l'échelle NUTS 2

1. Description en flux d'azote du système agroalimentaire
2. Calibration d'un modèle simplifié des 3 compartiments du système Agro-Alimentaire
 - a. Le régime alimentaire
 - b. Les systèmes de cultures
 - c. L'élevage
3. Calcul de scénarios prospectifs sous hypothèses de contraintes

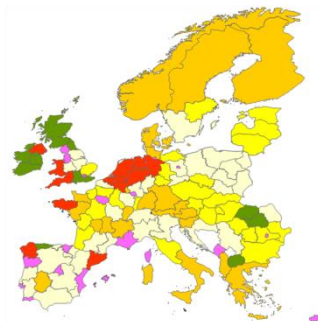
1. Description du système agro-alimentaire Européen en flux d'azote



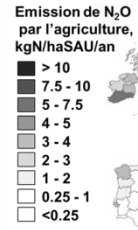
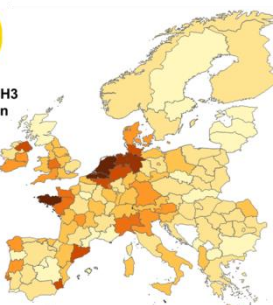
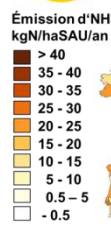
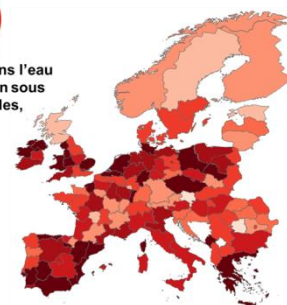
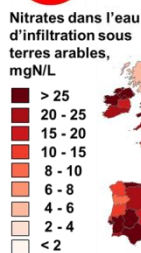
Europe, 2014-2019 Une forte spécialisation territoriale...



- Grandes cultures sans élevage
- Elevage intensif spécialisé
- Polyculture-élevage herbagère
- Polyculture-élevage fourragère
- Grandes cultures et élevage déconnectés
- Urbain dominant

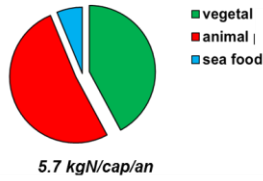


...qui induit des pertes environnementales importantes

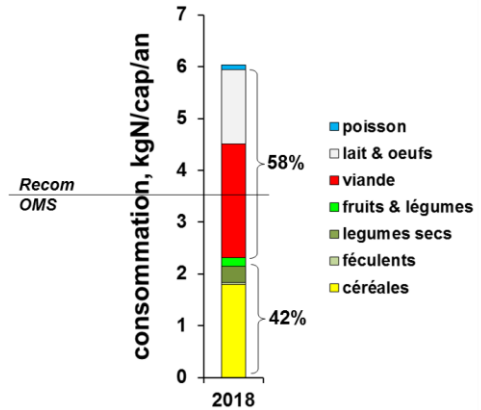


2. Calibration d'un modèle simplifié des 3 compartiments du système Agro-Alimentaire

a. Le régime alimentaire



...définit les besoins locaux

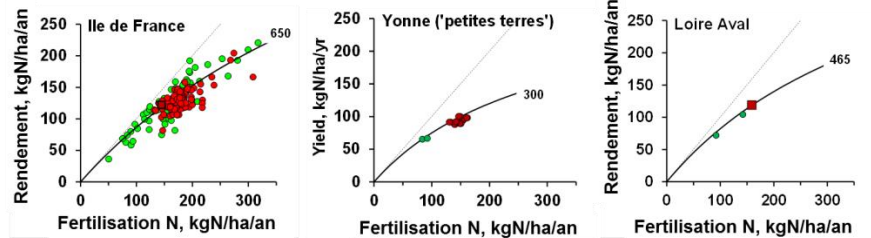


b. Les systèmes de cultures: Grandes cultures en rotation

1. Dans un même contexte pédo-climatique, une même relation rendement-fertilisation

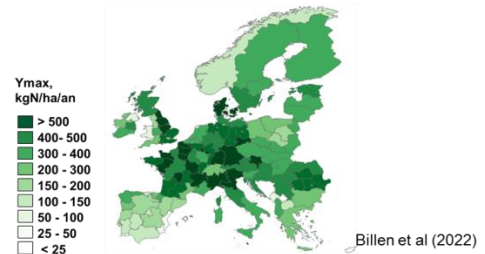
$$Y = Y_{\max} \frac{F}{F + Y_{\max}}$$

Rotations culturales:
● Conventionnel
● Biologique



Billen, Le Noë & Garnier (2018) STOTEN

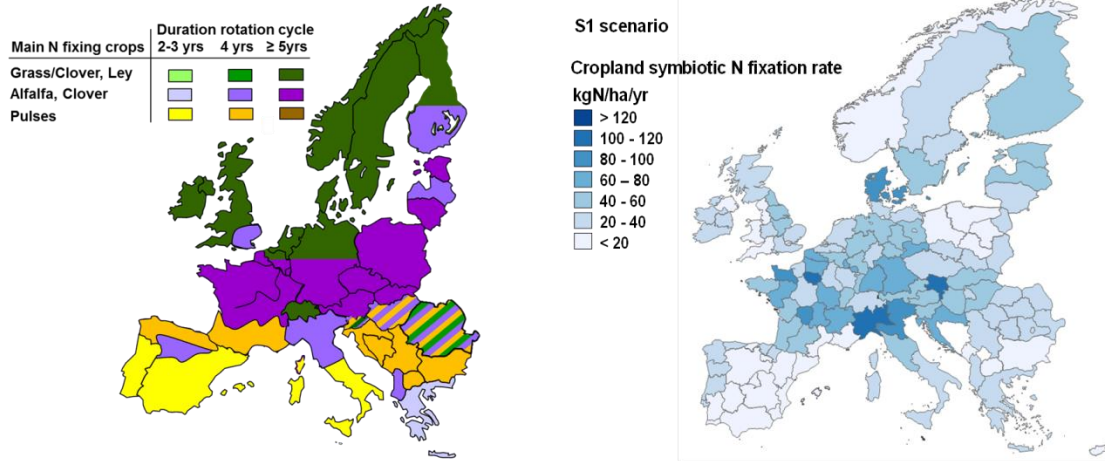
2. Distribution géographique des Ymax



3. Le rendement des légumineuses est indépendant de la fertilisation exogène et est liée au Ymax de chaque région pédo-climatique

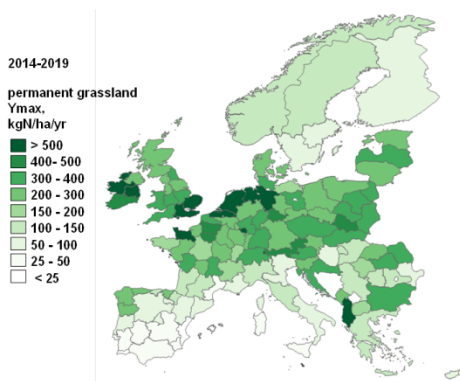
4. La fréquence des légumineuses dans les rotations définit l'apport d'N par fixation symbiotique

Une typologie des rotations bio en Europe

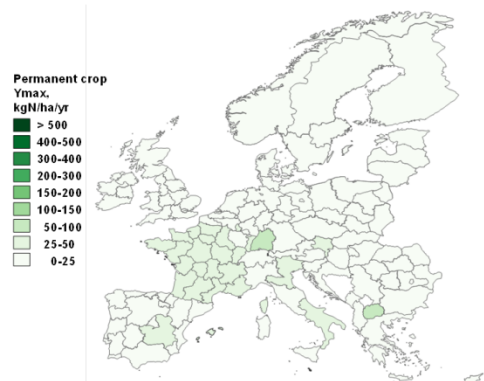


9

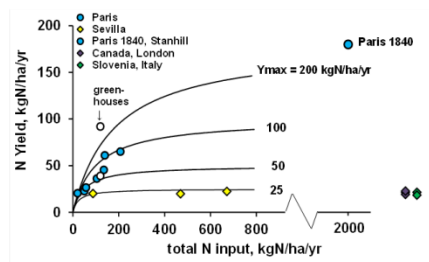
Les prairies permanentes



Les cultures permanentes



Le maraichage

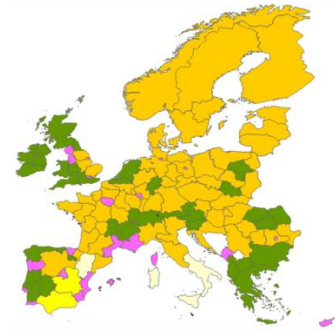


10

Europe, agro-écologique 2050

Retour à une nouvelle forme de polyculture-élevage...

- Grandes cultures sans élevage
- Elevage intensif spécialisé
- Polyculture-élevage herbagère
- Polyculture-élevage fourragère
- Grandes cultures et élevage déconnectés
- Urbain dominant

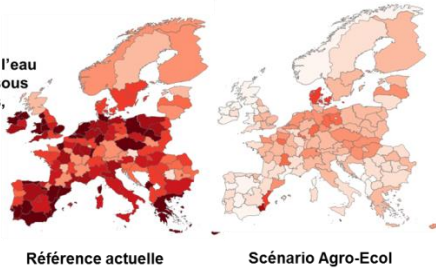


...avec une réduction sensible des pertes environnementales

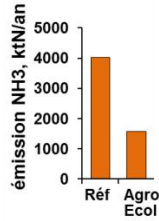


Nitrates dans l'eau d'infiltration sous terres arables, mgN/L

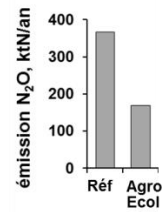
- > 25
- 20 - 25
- 15 - 20
- 10 - 15
- 8 - 10
- 6 - 8
- 4 - 6
- 2 - 4
- < 2



Émission d' NH_3



Émission de N_2O



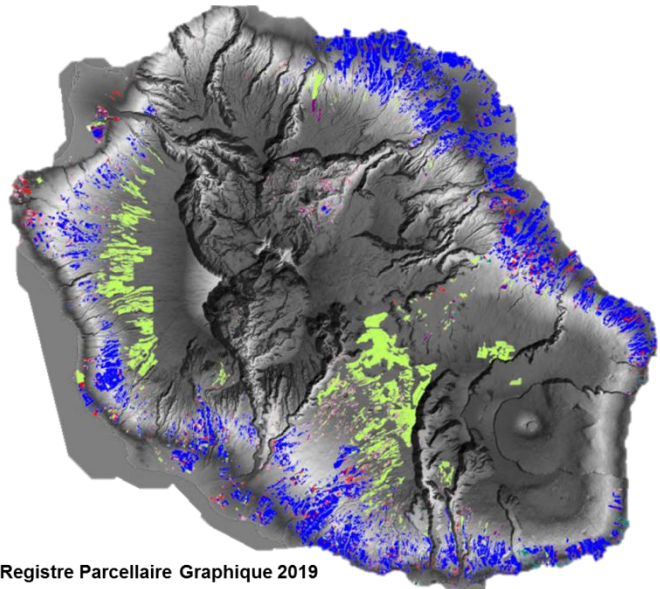
Un tel scénario est-il possible à La Réunion?



POUR UNE ALIMENTATION ET UNE AGRICULTURE 100% BIO, LOCALES, PAYSANNES, EN AUTOSUFFISANCE, POUR TOUS AU JUSTE PRIX

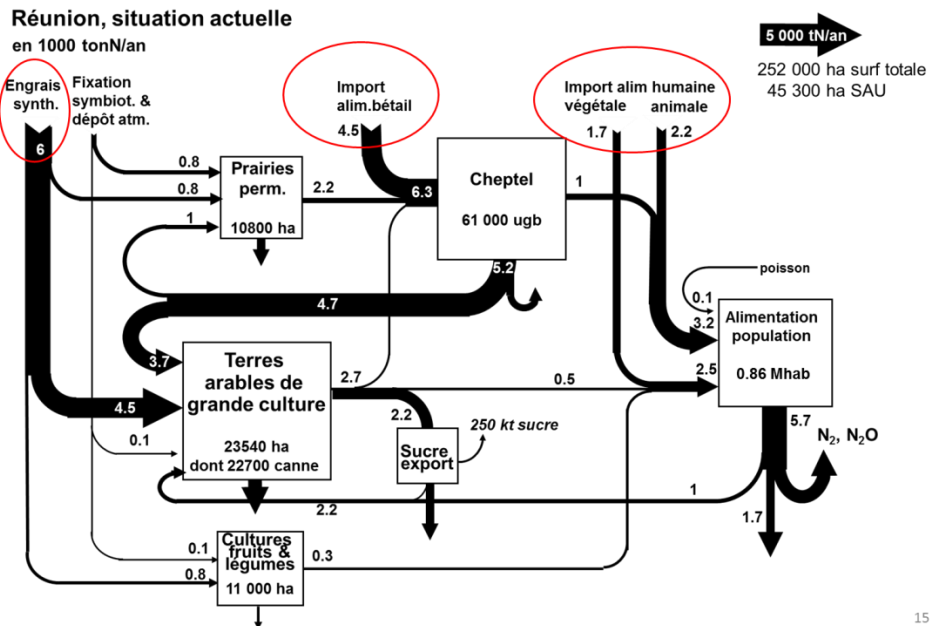
?

2500 km²
1 M habitants en 2030



Registre Parcellaire Graphique 2019
IGN, geoportail

Le système agro-alimentaire réunionnais (2010-2019) en flux d'azote



15

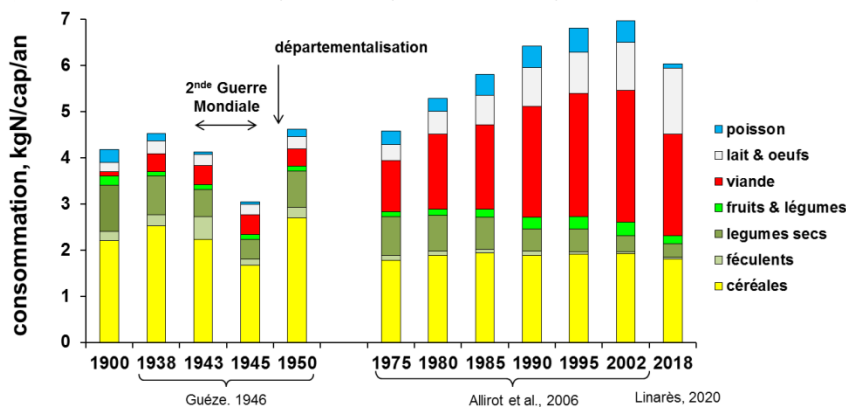
Les leviers d'un changement structurel : * Le régime alimentaire

Régime alimentaire moyen actuel par personne en kcal par jour et en kgN/an.

	kg/cap/an	kcal/cap/jr	kgN/cap/an	
Sucre	21	167	0,02	} 42% végétal
Céréales et féculents	200	1995	2,34	
Fruits et légumes	168	225	0,47	
Lait et produits laitiers	205	275	1,25	
Viande	68	283	2,22	} 58% animal
Œufs	9	35	0,18	
Poisson	3	9	0,10	
Total	674	2990	6,58	

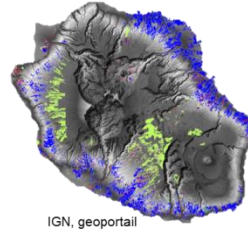
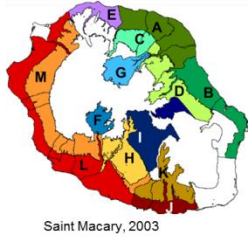
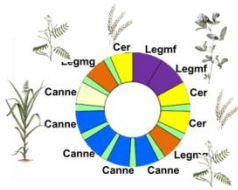


Tester différents niveaux de réduction de consommation de protéines animales



16

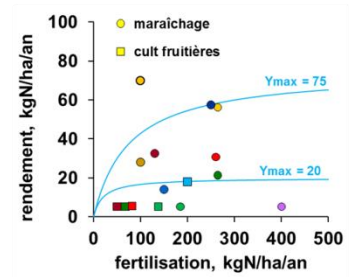
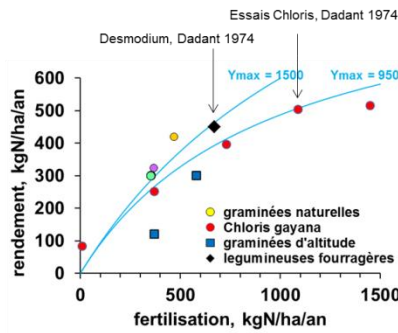
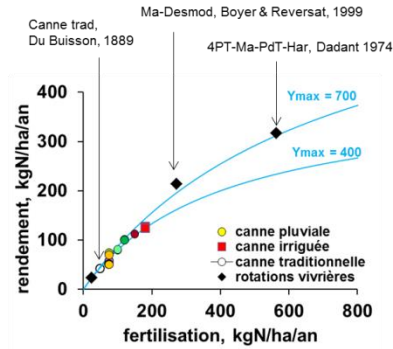
Les leviers d'un changement structurel : * Les systèmes de cultures



Grandes cultures potentiellement en rotation
Canne à sucre en monoculture 22 700 ha
Autres cultures 3 800 ha
Friches 6 800 ha

Pâturages permanents 10 800 ha

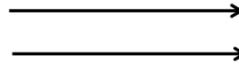
Fruits et légumes 10 500 ha



Les leviers d'un changement structurel : * L'Elevage et sa connexion aux cultures

1. Calibrer le cheptel sur les besoins humains de produits animaux
2. Assurer son alimentation

Herbe prairies permanentes
Légumineuses fourragères
des rotations de gde culture

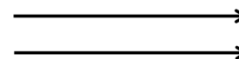


ruminants



Efficiéce de conversion :
ruminants: 8%

Excédents céréaliérs
par rapport aux besoins humains
Déchets alimentaires récupérés



monogastriques



Efficiéce de conversion :
monogastriques: 33%

[complété si besoin par aliments importés]

3. Assurer au maximum le retour des excréments aux terres cultivées

Exploration de scénarios



POUR UNE ALIMENTATION ET UNE AGRICULTURE 100% BIO, LOCALES, PAYSANNES, EN AUTOSUFFISANCE, POUR TOUS AU JUSTE PRIX

Selon la part de protéines animales dans le régime alimentaire, il semble possible de tendre vers l'autonomie, avec une place plus ou moins réduite pour la canne à sucre.

