



HAL
open science

Efficiencia alicantaria des plantas à tanins pour une production animale agroécologique

Carine Marie-Magdeleine

► **To cite this version:**

Carine Marie-Magdeleine. Efficiencia alicantaria des plantas à tanins pour une production animale agroécologique. Chimie. Université des Antilles (UA) - Site de Guadeloupe, FRA, 2019. tel-02958089

HAL Id: tel-02958089

<https://hal.inrae.fr/tel-02958089>

Submitted on 5 Oct 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSITÉ DES ANTILLES

ÉCOLE DOCTORALE :

Ecole doctorale en Sciences, Technologie, Santé

DISCIPLINE : CHIMIE-PHARMACOGNOSIE

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

soutenue le 16/12/2019

par

Dr. Carine MARIE-MAGDELEINE

Efficiencia alicamentaria de plantas tropicales a taninos para una produccion animal agroecologica

Composition du jury :

<i>Rapporteurs :</i>	DR BENCHAAR C.	Directeur de Recherches (Agriculture et Agroalimentaire Canada)
	Pr GHARBI M.	Professeur hospitalo-universitaire (Ecole de médecine vétérinaire de Sidi Thabet)
	Pr MEFFRE P.	Professeur des Universités (Université de Nîmes)
<i>Examineurs :</i>	Pr ARSENE M-A.	Professeur des Universités (Université des Antilles)
	Dr CEBRIÁN-TORREJÓN G.	Maître de conférences (Université des Antilles), HDR
	Pr FABRE N.	Professeur des Universités (Université Paul Sabatier)
	DR OZIER-LAFONTAINE H.	Directeur de Recherches (INRA Antilles Guyane)

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le Professeur Marie-Ange ARSENE, pour son parrainage dans la préparation à cette HDR et sa participation au jury.

Mes remerciements s'adressent également à Chaouki Benchaar, Directeur de Recherches ; à Mohamed Gharbi, Professeur hospitalo-universitaire ; et à Patrick Meffre, Professeur des Universités, en tant que rapporteurs et membres du jury.

Je tiens également à remercier Gerardo Cebrián-Torrejón Maître de conférences ; Nicolas Fabre, Professeur des Universités et Harry Ozier-Lafontaine, Directeur de Recherches, pour leurs participations au jury en tant qu'examineurs.

Ce travail n'aurait pas pu être réalisé sans le concours de mes collègues de l'URZ, de l'UE PTEA, du Centre INRA Antilles-Guyane, de mes partenaires nationaux et internationaux, et des nombreux stagiaires et doctorants. Je les remercie tous vivement pour ces fructueuses collaborations.

Enfin, je remercie ma famille et mes amis pour leur soutien inconditionnel.

A Aldo, Maéva, Manoa, Olga et la family crew....

« L'inachevé n'est Rien ! »...

« Roule ta voie... »

Table des matières

Glossaire, liste des abréviations.....	5
Liste des tableaux.....	6
Liste des figures.....	7
Avant-Propos.....	9
Chapitre 1- Introduction générale.....	13
Chapitre 2- Activités de recherche.....	25
<i>Description des activités de recherche</i>	26
A- Connaissance chimique des tanins condensés.....	29
A.1. Problématique et objectifs.....	29
A.2. Travaux, résultats discussion.....	30
A.2.1. Méthodologie de caractérisation chimique des TC.....	30
A.2.2. Extraction des tanins condensés.....	33
A.2.3. Dosage des tanins condensés dans les végétaux.....	33
A.2.4. Caractérisation qualitative des tanins condensés.....	35
A.2.5. Base de données phytochimique et prédiction des teneurs en TC par la spectroscopie proche infrarouge.....	39
A.3. Conclusions- Perspectives.....	41
B- Evaluation du potentiel des tanins condensés et valorisation en système d'élevage de petits ruminants.....	42
B.1. Problématique et objectifs.....	42
B.2. Travaux, résultats-discussion.....	46
B.2.1. Evaluation du potentiel et des modes d'action alicamentaire des tanins condensés.....	46
B.2.2. Application en système d'élevage de petits ruminants : Conception et utilisation d'un granulé alicamentaire anthelminthique.....	64
B.3- Conclusions-perspectives.....	68
Chapitre 3- Activités d'encadrement.....	70
Chapitre 4- Autres activités.....	73
Chapitre 5- Responsabilités administratives et collectives.....	76
Chapitre 6- Publications et communications scientifiques.....	79
Conclusion - Perspectives.....	83
Références bibliographiques citées.....	92
Annexes.....	101
Annexe1- <i>Curriculum vitae</i>	102

Annexe 2 - Production scientifique.....	109
Annexe 3 - Rapports des stages encadrés.....	120

Glossaire, liste des abréviations

AgroParisTech :	Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (Paris).
CARARE :	CARibbean Animal genetic RESources. Centre de Ressources Biologiques de l'INRA URZ.
CE50 :	Concentration Efficace 50. Concentration en un produit testé, qui engendre un effet de 50%.
CRB :	Centre de Ressources Biologiques.
dMO	Digestibilité de la Matière Organique.
DTU :	Université Technique du Danemark.
EPPFIH :	Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey ; Station d'expérimentation sur les prairies et les cultures fourragères (Cuba).
ENVT :	Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.
INRA :	Institut National de la Recherche Agronomique.
MODI	Matière Organique Digestible Ingérée.
MS-MSI	Matière Sèche Matière Sèche Ingérée.
MSP :	Métabolites Secondaires des Plantes.
OPG :	Nombre d'œufs par Grammes de Fèces.
PCV :	Packed Cell Volume (taux d'Hématocrite).
PSA :	Productions et Santé animales (CRB INRA-CIRAD).
SE :	Système d'Elevage.
TC :	Tanins Condensés.
UAEM	Iniversidad Autonoma del Estado de Mexico.
UE PTEA :	Unité Expérimentale Plateforme Tropicale d'Expérimentation sur l'Animal.
UMR MoSAR :	Unité Mixte de Recherches Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants.
UMR TOXALIM :	Unité Mixte de Recherches TOXicologie ALIMentaire.
UMRH :	Unité Mixte de Recherches sur les Herbivores.
UR ASTRO :	Unité de Recherches Agro Systèmes TROPicaux.
URZ :	Unité de Recherches Zootechniques.

Liste des tableaux

Tableau 1. Caractérisation chimique d'extraits de tanins condensés (TC), suite à un traitement par la méthode de thiolyse et une analyse LC-MS.

Tableau2. Bilan des réalisations

Tableau 3. Moyens collaboratifs et d'encadrement pour la réalisation des futurs projets

Liste des figures

- Figure 1.** Organigramme hiérarchique de l'Unité de Recherches Zootechniques (URZ).
- Figure 2.** Structure type d'un tanin condensé.
- Figure 3.** Sous-unités de base flavan3-ol des tanins condensés de type Procyanidine.
- Figure 4.** Sous-unités de base flavan3-ol des tanins condensés de type Prodelphinidine.
- Figure 5.** Unités de base flavan3-ol des tanins condensés, galloylées en C3.
- Figure 6. Types de liaisons covalentes inter flavanes et structures spatiales en lien.
- Figure 7.** Cycle du nématode parasite gastro-intestinal *H. contortus*.
- Figure 8.** Effet des groupements galloyls sur la détermination de la teneur en TC par la méthode HCl/BuOH-Acétone, en comparaison à la méthode de référence par thiololyse.
- Figure 9.** Réaction chimique entre la vanilline et les tanins condensés lors de la méthode de dosage à la vanilline acide.
- Figure 10.** Chromatogrammes HPLC des extraits de tanins condensés (TC) de *Manihot esculenta* (manioc amer) et *Leucaena leucocephala* (Leucaena) avant et après thiololyse.
- Figure 11.** Réaction chimique de la thiololyse d'un tanin condensé.
- Figure 12. Structure chimique d'un flavanol de type Epi-afzelechine
- Figure 13.** Corrélation entre l'estimation des teneurs en tanins condensés par la méthode SPIR et les valeurs de références, pour *Manihot esculenta* et *Cajanus cajan*.
- Figure 14. Effet des tanins condensés de *T. catappa* (Am), *A. altilis var non seminifera* (Ap) et *A. altilis var seminifera* (Ch) sur la dégradabilité de l'azote.
- Figure 15. Effet des TC sur l'ingestibilité de feuillages par le porc en croissance.
- Figure 16.** Corrélation entre la production de méthane et la concentration en acides gras volatiles (VFA), et la quantité de tanins condensés *in vitro*.
- Figure 17.** Relation entre production de méthane et digestibilité de la matière organique (dMO) lors de la fermentation de plantes à tanins condensés.
- Figure 18.** Effet des tannins condensés sur la digestibilité de la matière organique (OMD) et la production de CH₄ et d'ammoniaque (NH₃-N).
- Figure 19.** Effet des tanins condensés de *T. catappa* (Am), *A. altilis var non seminifera* (Ap) et *A. altilis var seminifera* (Ch) sur le développement larvaire d'*H. contortus*.
- Figure 20.** Effet des tanins condensés de 7 plantes, à la concentration de 2,5 mg/ml sur le dégagement des larves L3 d'*H. contortus*.

Figure 21. Effet d'une alimentation à base de feuilles de *Manihot esculenta* sur le développement du parasite *H. contortus* chez le mouton.

Figure 22. Profils HPLC et Effets des TC de *Manihot esculenta*, *Leucaena leucocephala* et *Cajanus cajan* sur le développement et le dégagement larvaire du parasite *H. contortus* résistant ou non aux anthelminthiques de synthèse.

Figure 23. Effet d'une alimentation à base de *Leucaena leucocephala* sur : (A) la charge parasitaire, (B) la fécondité des vers femelles et (C) le développement des oeufs d'*H. contortus* résistants (R) et sensibles (S) aux anthelminthiques de synthèse, chez le cabri.

Figure 24. Effet des molécules anthelminthiques sur la migration larvaire de souches d'*Haemonchus contortus* issues d'animaux ayant ingéré les plantes à tanins condensés : *Manihot esculenta* (Manioc), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Cajanus cajan* (Pois), et leur mélange.

Figure 25. Développement larvaire des stades L1 à L3 de souches d'*Haemonchus contortus* issues d'animaux ayant ingéré les plantes à tanins condensés : *Manihot esculenta* (manioc), *Leucaena leucocephala* (leucene), *Cajanus cajan* (pois), et leur mélange.

Figure 26. Teneurs en flavanols libres de types procyanidine (PC) et prodelphinidine (PD), dans les extraits de feuilles et granulés de *Manihot esculenta*, *Cajanus cajan*, et de leur mélange en quantités égales (Mix).

Figure 27. Effet d'une alimentation à base de *Leucaena leucocephala* sur (a) la croissance et (b) l'excrétion des œufs d'*H. contortus* résistants (R) et sensibles (S) aux anthelminthiques de synthèse, chez le cabri.

Figure 28. Evolution de la teneur en TC et flavonoïdes de *Manihot esculenta*, lors du transit dans le tube digestif de caprin. CTC : contenu total caillette.

Figure 29. Effet du mode de séchage (étuve 45°C, sous serre ou lyophilisation) sur la teneur en tanins condensés de feuilles de *Manihot esculenta* (manioc), *Leucaena leucocephala* (Leucaena), *Cajanus cajan* (pois d'angole).

Figure 30. Teneurs en tanins condensés des feuilles de *Manihot esculenta* (manioc), *Leucaena leucocephala* (Leucaena), *Cajanus cajan* (pois d'angole) en fonction des zones de récoltes en Guadeloupe. Grande-Terre (GT) et Basse-Terre (BT).

Figure 31. Encadrements 2009-2019 selon les volets de recherche « connaissance des tanins condensés » et « Evaluation et valorisation des tanins en système d'élevage »

Figure 32. Répartition du temps d'encadrement entre les différents niveaux d'études, pour les volets de recherche "connaissance des TC" (A) et « Evaluation et valorisation des TC en système d'élevage» (B), sur la période 2009-2019.

Avant-Propos

Après un DEUG¹ Sciences de la Vie, suivi d'une licence et d'une maîtrise de chimie, obtenus à l'Université Antilles Guyane, j'ai poursuivi mon cursus universitaire par un DEA (Master2 Recherche) « chimie moléculaire et molécules bioactives », à l'Université Aix-Marseille III. Forte de mes compétences en biologie, biochimie et en chimie, acquises de par ma formation initiale, j'ai été recrutée en 2007 à l'Unité de Recherches zootechniques INRA en tant qu'Ingénieure d'Etudes, pour assurer la gestion du laboratoire d'analyses. En 2010, ma carrière a évolué avec la prise en charge concomitante d'un programme de recherches, au sein de cette unité largement pluridisciplinaire (génétique, alimentation, parasitologie, microbiologie, agro écologie et économie), me permettant ainsi de valoriser des compétences spécifiques en pharmacognosie et zootechnie, développées dans le cadre de mes travaux de thèse, soutenue en 2009.

L'Unité de Recherches Zootechniques UR143 (URZ), au sein de laquelle j'évolue, est rattachée au Département de Génétique Animale de l'INRA, et a pour mission l'amélioration des productions animales en zone tropicale humide. Le projet d'unité vise à «Promouvoir des Systèmes d'élevage efficaces dans un milieu à fortes contraintes dans une perspective agroécologique », et est décliné en 3 axes de recherche : WP1, WP2 et WP3 (voir organigramme URZ, Figure 1).

L'URZ est composée de 24 chercheurs et ITA² (14 chercheurs et ingénieurs, 10 techniciens et assistants ingénieurs) et 4 doctorants; avec entre 2015-2018 : 2 post-doc, 7 doctorants, 79 stagiaires et 5 contractuels accueillis. L'URZ compte une plateforme laboratoire comprenant : un laboratoire d'analyses (biologiques, biochimiques, physico-chimiques), une plateforme biotechnologique et un Centre de Ressources Biologiques (CRB). L'URZ travaille en étroite collaboration avec l'unité expérimentale INRA UE1294 - PTEA (Plateforme Tropicale d'Expérimentation sur l'Animal).

¹ DEUG : Diplôme d'Etudes Universitaires Générales

² ITA : Ingénieurs Techniciens et Administratifs

Suite à mon recrutement pour animer l'équipe de la plateforme laboratoire de l'URZ, composée d'1 Assistant Ingénieur et 4 Techniciens de la Recherche, j'ai intégré, en accord avec ma hiérarchie, l'équipe de recherche de l'unité, pour y développer en parallèle un programme de recherches, qui s'inscrit dans le cadre des WP2 et WP3 du projet de l'URZ.

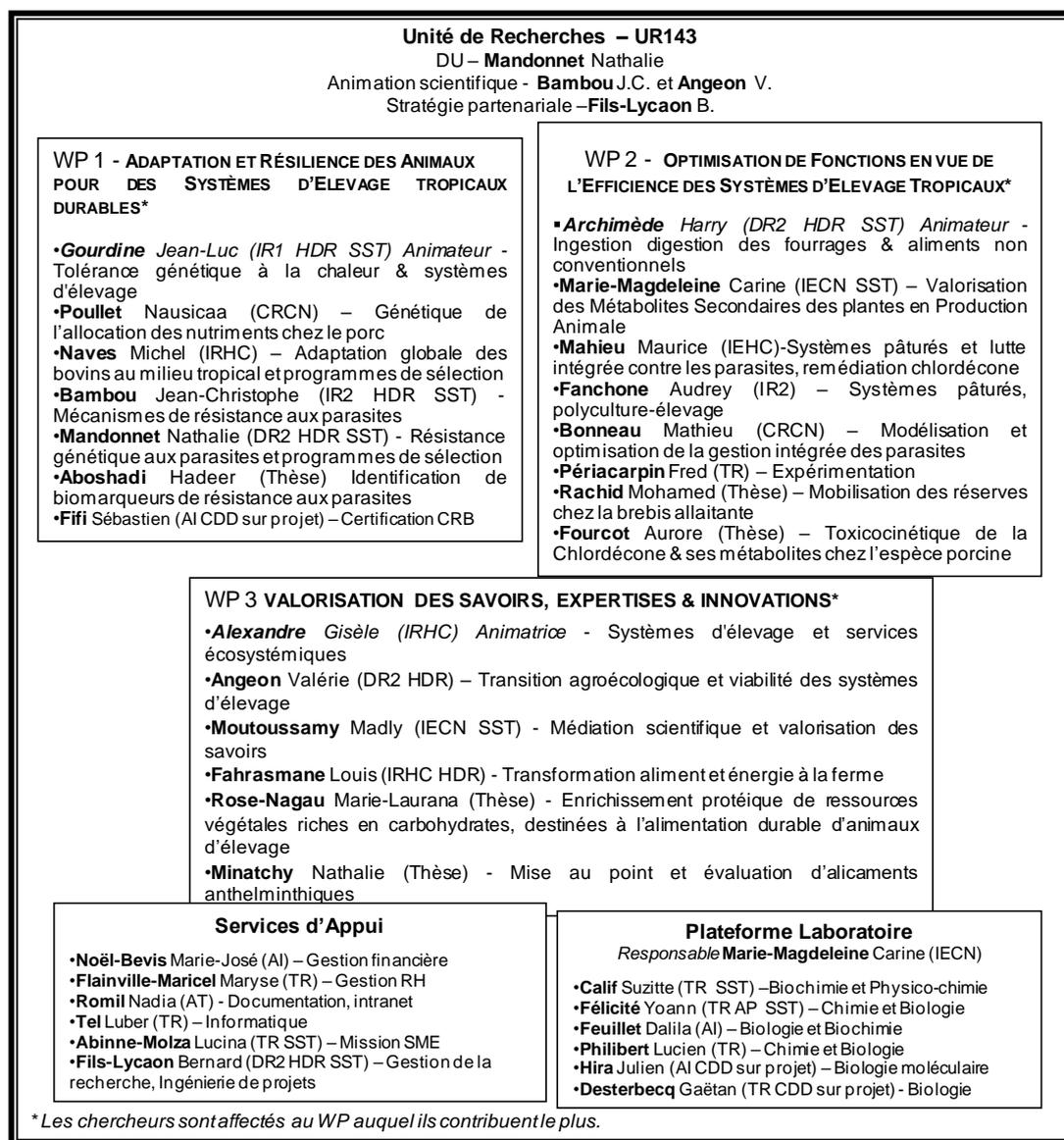
Dans un contexte agro-écologique, j'étudie la bio-activité des métabolites secondaires des plantes tropicales (MSP), pour (1) l'alimentation des animaux d'élevage, (2) leur santé³ et (3) les émissions de gaz à effet de serre (GES) produites par les animaux. En vue d'optimiser les fonctions des ressources végétales pour un usage zooteknique, je valorise les MSP à partir de mes compétences disciplinaires en pharmacognosie⁴, au sein du groupe de recherches du WP2, qui travaille à l'évaluation multicritères des aliments chez les petits ruminants. Mon projet de recherche concerne plus particulièrement une des familles des MSP, les tanins condensés (TC), qui ont des effets variables selon leur concentration, leur nature et leur structure. Aussi, afin de valoriser ces TC chez les petits ruminants pour un usage alimentaire, prophylactique et environnemental, j'étudie comment les caractéristiques chimiques et les teneurs impactent les mécanismes d'action, et je recherche des applications technologiques à mettre en œuvre en élevage, pour l'utilisation des plantes contenant ces TC.

Le diplôme d'HDR s'inscrit dans mon projet d'évolution de carrière, dans la continuité de mon investissement en recherche, et reflète l'évolution des activités d'encadrement que j'ai menées depuis l'obtention de ma thèse de doctorat en 2009. Organisé en 6 chapitres, ce rapport reprend, de façon synthétique et décliné sur la période 2009-2019, l'essentiel de mes activités professionnelles. Le travail est tout d'abord introduit de manière générale au chapitre 1, avant de décrire au chapitre 2, mes activités scientifiques, menées en partenariat avec l'unité expérimentale INRA PTEA, et en collaboration avec mes collègues de l'unité (nutritionnistes, techniciens de la recherche) ; ainsi que mes autres collègues INRA (UR ASTRO, UMRH, MoSAR), mais aussi externes (ENVT, AgroParisTech, Université des Antilles, Université de Reading, EEPFIH). Les chapitres 3, 4 et 5 retracent

³ Effet anthelminthique contre les strongyloses gastro-intestinales, principales pathologies des petits ruminants d'élevage, responsable de 40% de mortalité dans les élevages de Guadeloupe avant sevrage...

⁴ Science appliquée multidisciplinaire (chimie, biologie, pharmacologie,...), traitant des matières premières et des substances d'origine biologique, à potentialité médicamenteuse.

respectivement mes activités d'encadrement, mes autres activités professionnelles, et mes responsabilités administratives et collectives. Je poursuis par une présentation de mes publications, avant des conclusions générales accompagnées d'une ouverture sur mes perspectives de recherches. Ces 6 chapitres sont complétés de 3 annexes, présentant mon CV, ma production scientifique et les rapports de stages encadrés, précédés de la bibliographie citée dans ce mémoire.



Mise à jour le 19/03/2019

Figure1. Organigramme hiérarchique de l'Unité de Recherches Zootechniques (URZ)

Chapitre 1- Introduction générale

Contexte

L'agriculture mondiale du 21^{ème} siècle se trouve confrontée au défi d'assurer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations croissantes (de 7,6 aujourd'hui à 11,2 milliards d'individus d'ici 2100), tout en concourant à la lutte contre le changement climatique, en gérant durablement les ressources naturelles et en s'appuyant sur de nouvelles options innovantes et écologiques (Richard et al., 2018). Ces nouveaux modèles, non productivistes, doivent prendre en compte les contraintes, les opportunités et les savoirs locaux, pour développer des modes de production durables. L'agro-écologie rentre dans ce schéma, par l'utilisation intégrée des ressources, en se basant pour mieux produire, sur des mécanismes de la nature et sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes, tout en alliant les dimensions écologique, économique et sociale (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2016).

D'ici 2050, plus de 70% de protéines animales supplémentaires seront nécessaires pour nourrir le monde. Cependant, les aléas climatiques (élévation de températures, variabilité pluviométrique) entraînent des tensions sur la sécurité alimentaire, avec des conséquences négatives majeures pour les populations et pour le développement durable (GIEC, 2014)⁵. Ainsi, les productions animales subissent deux contraintes majeures :

1 - La réduction de la surface de pâturage disponible, une diminution de la disponibilité en ressources alimentaires en quantité et en qualité (sols pauvres et fragiles), un affaiblissement des animaux du fait du stress hydrique (manque d'eau). Les prévisions les plus alarmistes, envisagent même la disparition de l'élevage, avec la conversion des éleveurs dans les productions végétales (Boko et al., 2007).

2 - Le développement de maladies, dont le risque s'accroît par la mondialisation et la modification des comportements humains et des modes de production, qui offrent de nombreuses opportunités aux pathogènes de coloniser de nouveaux territoires et d'évoluer sous de nouvelles formes. En veut pour exemple, la forte prévalence des pathogènes nématodes gastro-intestinaux chez les petits ruminants d'élevage, qui de surcroît, ont développé mondialement une résistance importante à la plupart des produits anthelminthiques de synthèse, suite à la modification des

⁵ Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat

systèmes de production (Kaplan and Vidyashankar, 2012; Mahieu et al., 2014; Torres-Acosta et al., 2012; Wolstenholme et al., 2004). Ces pathogènes, impactant négativement la production de protéines d'origine animale, doivent être sérieusement pris en compte, notamment dans les pays en développement. En effet, en zone tropicale et subtropicale, l'élevage de petits ruminants est prédominant. Il est associé à la production de viande et/ou de lait dans tous les types de systèmes. Ces produits représentent non seulement une source de nourriture de bonne qualité, mais aussi une source de revenus pour de nombreux petits agriculteurs-éleveurs de ces pays (Hernández-Castellano et al., 2019). Or plus de 20% des pertes dans les élevages, sont liées aux maladies qui entraînent des chutes de production. Elles constituent une menace directe pour les revenus des communautés rurales, tributaires de l'élevage (près d'un milliard de personnes, soit 13% de la population mondiale). Pour l'humanité, une diminution de la disponibilité alimentaire en protéines animales, conduira à de graves problèmes de santé publique, dus aux pénuries et aux carences occasionnées (FAO, 2019).

En conséquence, pour accroître la disponibilité en protéines animales, la dynamique de l'élevage dans le monde doit être renforcée (accroissement de la productivité et de la durabilité de la production). Elle s'accompagne de nouveaux défis à relever : protéger les animaux des maladies et produire des aliments alternatifs, tout en valorisant les ressources naturelles. L'agro-écologie s'appuie sur des fondamentaux parmi lesquels, la synergie cultures-élevage (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2016), déclinée dans les systèmes de type polyculture élevage (SPE) plus ou moins intégrés. Ces SPE reposent sur certains principes agro-écologiques contribuant à la plus grande autonomie de l'exploitation : réduction des intrants à la ferme, recyclage des co-produits de récolte, valorisation de ressources non conventionnelles pour l'alimentation animale et choix de races locales pour le bétail (Archimède et al., 2014). Dans les SPE tropicaux et subtropicaux, les moutons et chèvres de races tropicales présentent une adaptation unique aux climats tropicaux et aux ressources alimentaires locales. De surcroît, la présence de biomasse aux propriétés alimentaires permet à la fois de nourrir et soigner les animaux. C'est dans ce contexte que la valorisation des métabolites secondaires des plantes prend toute son importance, notamment au regard de leurs valeurs alimentaires et/ou santé (propriétés anthelminthiques).

Mes recherches à l'URZ

Dans ce même contexte agro-écologique, l'INRA URZ, à laquelle je suis rattachée, a pour mission l'amélioration des productions animales dans la zone tropicale humide. Dans le cadre de son projet d'unité, nous menons des recherches pour concourir à une utilisation efficiente des ressources végétales et animales disponibles en milieu tropical. Il s'agit de valoriser des processus naturels, pour produire autrement, plutôt que de transformer de façon artificielle le milieu, pour maximiser la production. En ce sens, l'URZ approfondit 4 idées force de l'agro-écologie : l'équilibre de l'animal avec son milieu, la valorisation de l'agro-biodiversité, la prise en compte de la complexité et de l'incertitude caractérisant les Systèmes d'Élevage Tropicaux, et l'intégration de la composante humaine dans les systèmes d'élevage (SE). Les travaux aboutissent à des exploitations agricoles ayant une activité à empreinte environnementale réduite du fait du recyclage des éléments minéraux et de leur faible dépendance aux intrants de synthèse. Cette approche agro-écologique est vertueuse, notamment par rapport à la problématique du changement climatique, et mène à la conception de SE plus résilients.

Inscrit dans le cadre de ce projet d'unité, mon programme de recherche, est intégré au groupe de travail sur l'optimisation des fonctions des ressources végétales pour l'efficience des systèmes d'élevage tropicaux (WP2). L'efficience est comprise ici comme l'utilisation optimale des ressources par le SE, en vue d'atteindre plusieurs objectifs sur l'exploitation. Elle se démarque d'une approche de maximisation des fonctions productives, et se construit en intégrant les connaissances sur l'adaptation et la résilience des animaux et des systèmes, auxquelles travaillent mes autres collègues de l'unité (WP1).

Dans ce WP2, où l'efficience est déclinée des ressources végétales et animales, à l'exploitation agricole voire au territoire, et dans lequel les démarches et pratiques agro-écologiques prennent toute leur ampleur, mes travaux de recherches visent à la valorisation des métabolites secondaires des plantes en productions animales.

Enjeux de la valorisation des plantes à tanins condensés en exploitation agricole tropicale

Les métabolites secondaires des plantes (MSP) sont principalement représentés dans les trois groupes chimiques des alcaloïdes, terpénoïdes et phénoliques, parmi lesquels les trois sous-groupes : tanins (phénoliques), saponines et huiles essentielles (tous deux des terpénoïdes), d'intérêt pour la production animale, la santé et leur impact environnemental (Makkar et al., 2007). Bien que ces MSP aient été traditionnellement décrits comme des facteurs anti-nutritionnels voire toxiques, ils peuvent également avoir des effets bénéfiques, qui peuvent différer selon leur concentration et leur structure chimique (Acamovic and Brooker, 2005). Dans les zones tropicales, la chaleur et les réponses métaboliques des plantes aux prédateurs (herbivores, insectes....), rendent la teneur en MSP plus élevée que dans les zones tempérées (Downum, 1993). Parmi les MSP, les tanins sont largement présents dans les légumineuses et les aliments non conventionnels des régions chaudes (Mlambo and Mapiye, 2015). Les TC sont les tanins les plus représentés dans les légumineuses fourragères. Dans les zones chaudes, de nombreuses espèces fourragères contenant des TC ont une proportion élevée de TC totaux (70-95%) sous forme de TC extractibles, variant de 0 à 200 g/kg MS chez les légumineuses et certains feuillages, et inférieure à 10 g/kg MS chez les graminées (Jackson et al., 1996a; Jackson et al., 1996b).

Définition - Structure chimique des tanins condensés

Dans la nature, les TC (ou proanthocyanidines), qui font partie de la famille des polyphénols, existent sous la forme de divers mélanges d'oligomères et polymères construits à partir d'un ensemble commun de sous-unités flavan-3-ols. Les TC construits à partir de ces sous-unités flavan-3-ol sont caractérisés sur la base de l'hydroxylation, de la stéréochimie, des groupes fonctionnels et des liaisons interflavan-3-ol (Schofield et al., 2001), Figure 2.

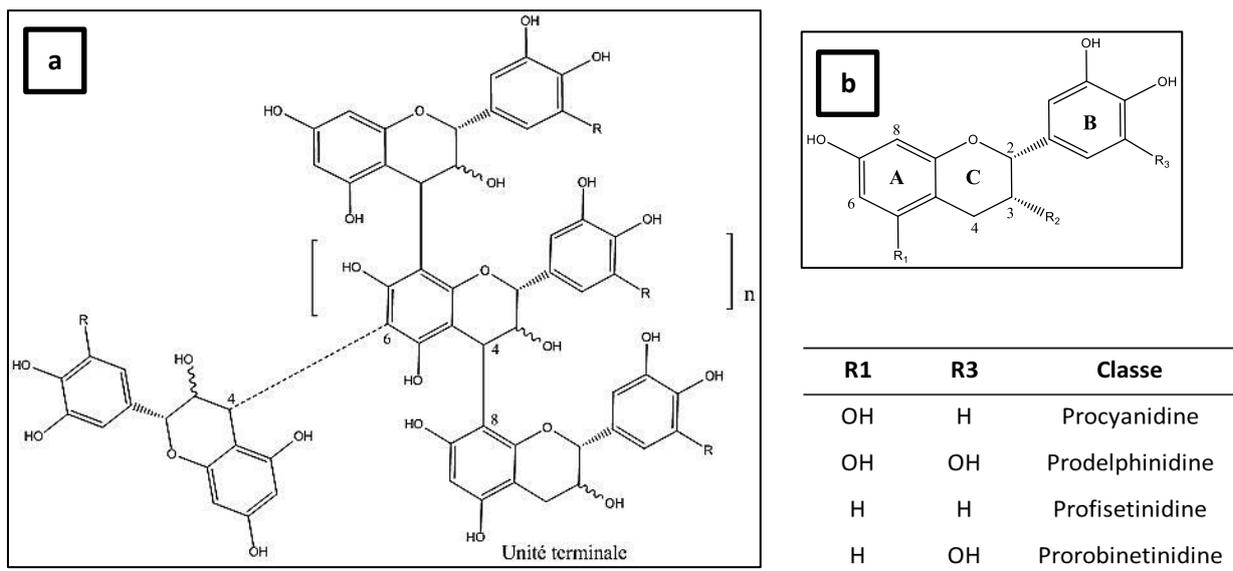


Figure 2. Structure type d'un tanin condensé, polymère proanthocyanidol (d'après Schofield et al.2001).

- Si R=H ou OH, alors la structure est de type procyanidine ou prodéphinidine. La liaison 4-6 (en pointillés) est une liaison alternative.
- Monomères, sous-unités flavan-3-ols, de tanins condensés.

La plupart des TC retrouvés dans les espèces fourragères sont composés des 4 sous-unités flavan-3-ol : la catéchine et l'épicatéchine (Figure 3), donnant lieu aux TC de type procyanidine (PC), et la gallocatéchine et l'épigallocatéchine, possédant un groupe hydroxyle supplémentaire en C5 du cycle B (Figure 4), donnant lieu à des TC de type prodéphinidine (PD). La catéchine et l'épicatéchine ne diffèrent que par leur stéréochimie du groupe hydroxyle (OH) sur le carbone en C3. De même, la gallocatéchine et l'épigallocatéchine diffèrent l'une de l'autre par la stéréochimie du groupe hydroxyle en C3. Ainsi, la stéréochimie relative des substituants C2 et C3 au niveau du cycle C de ces sous-unités a pour conséquence une caractéristique structurale déterminante de ces polyphénols : C2 et C3 posséderont une orientation *cis* dans l'épicatéchine et l'épigallocatéchine et une orientation *trans* dans la catéchine et la gallocatéchine (Figures 3 et 4). Certains TC peuvent également contenir des groupes galloyls, comme par exemple la catéchine gallate ou l'épigallocatéchine gallate, galloylés en C3 (Figure 5).

Procyanidines

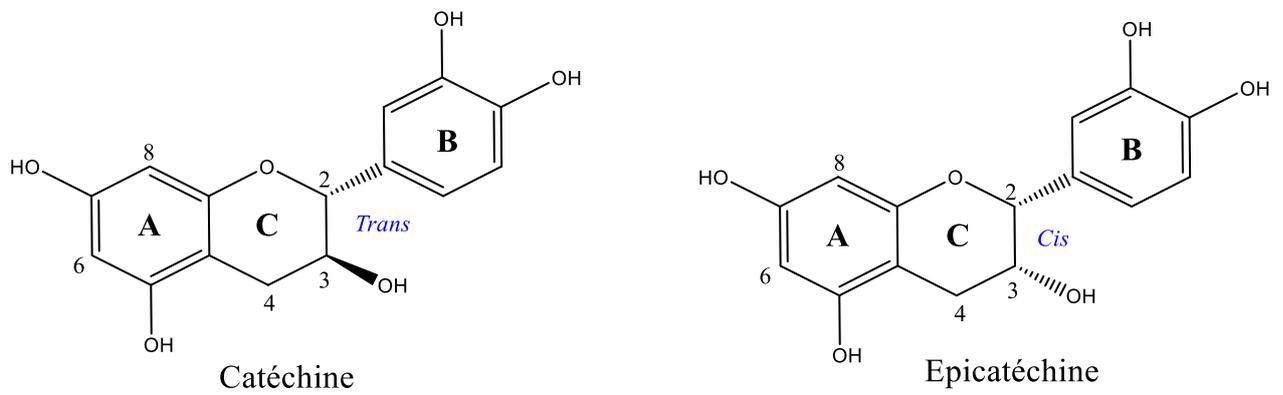


Figure 3. Sous-unités de base flavan3-ol des tanins condensés de type Procyanidine.

Prodelphinidines

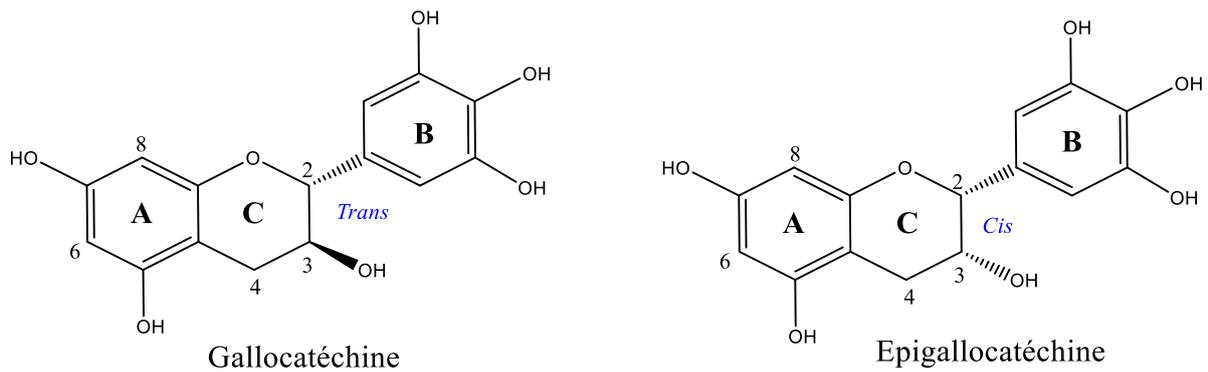


Figure 4. Sous-unités de base flavan3-ol des tanins condensés de type Prodelphinidine.

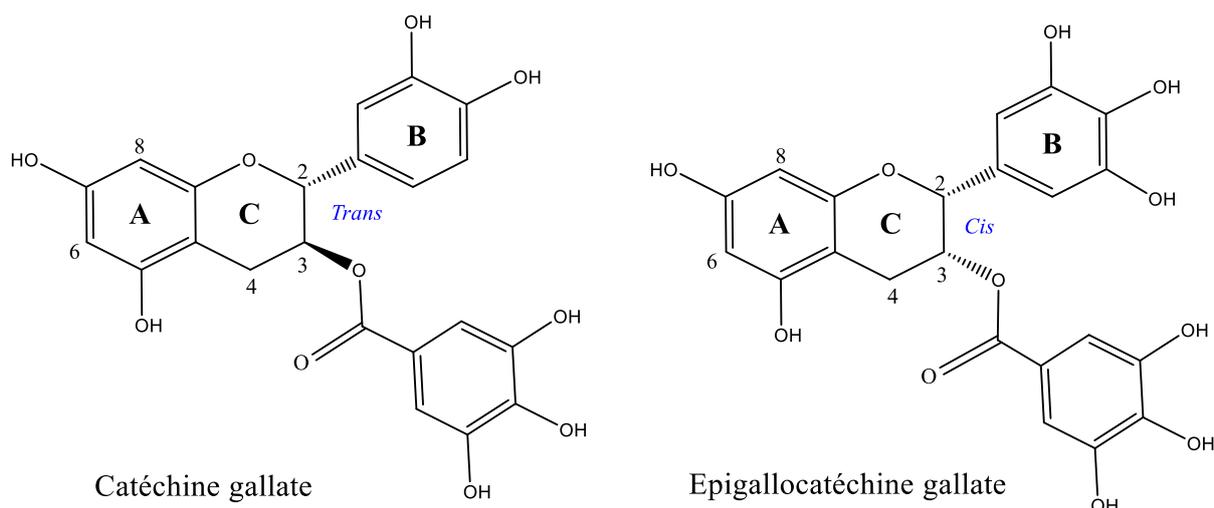
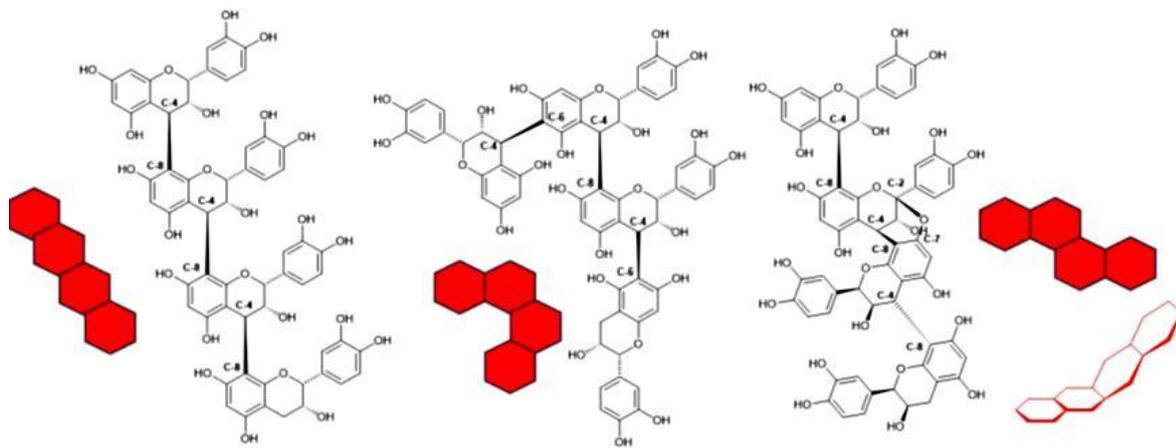


Figure 5. Unités de base flavan3-ol des tanins condensés, galloylées en C3.

Les liaisons entre ces sous-unités flavan 3-ol pour former des chaînes de différentes longueurs sont le plus souvent de type B et C4-C8 (liaisons 4,8-B). On retrouve également des liaisons de type C4-C6 (liaison 4,6-B) chez les TC à flavan-3-ols dépourvus de groupement -OH en C5, comme les robinetidiols et fisetinidols (Figure 2b.). On parle de liaisons de type A lorsque 2 liaisons simples sont impliquées entre flavan3-ols adjacents : les atomes C4 et C2 du cycle C d'une sous-unité flavan-3-ol forment des liaisons covalentes avec le C8 et l'atome d'oxygène relié à C7 du cycle A, respectivement, de la sous-unité flavan-3-ol adjacente. Ces différents types de liaisons impliqueront différentes structures spatiales des TC (Figure 6).



Liaisons de type 4-8B

Liaisons de type 4-8 et 4-6B

Liaisons de type 4-8B et A

Figure 6. Types de liaisons covalentes inter flavanes et structures spatiales en lien (Zeller et al.2019).

Les sous-unités PC et PD sont réparties de manière aléatoire sur toute la longueur des TC, ce qui donne lieu à pléthore de combinaisons au sein de TCs ayant le même degré de polymérisation (mDP). Ajouté aux différents types de liaisons, il existe ainsi une grande diversité de TC avec diverses compositions en PC-PD degrés de polymérisation, et densité de ramification (Zeller, 2019).

Effets biologiques des tanins et intérêts pour l'exploitation agricole

Les tanins condensés (TC) représentent jusqu'à 20% de la matière sèche dans les légumineuses fourragères utilisées pour l'alimentation des ruminants. Un grand nombre de plantes contiennent des TC, mais seules celles qui ont une concentration supérieure à 5 g/kg de MS sont considérées comme étant des fourrages bioactifs (Piluzza, 2014). Les effets biologiques des TC reposent sur leur capacité d'affinité avec les protéines (Santos-Buelga and Scalbert, 2000). Chez les petits ruminants, ils concernent l'ingestion la digestion, les émissions entériques de CH₄ et la santé. Ces effets, qui dépendent de la concentration en TC et de leur structure, peuvent varier avec la source végétale, l'état physiologique et l'espèce animale concernés (Valarini and Possenti, 2006). Un effet anti-nutritionnel des TC peut apparaître lorsque les concentrations dépassent 50 g/kg MS, mais ce seuil approximatif varie selon le fourrage (Piluzza, 2014). D'autre part, l'importance des caractéristiques structurales du TC doit être prise en compte. En effet, les réponses anormales des animaux aux TC ont été initialement attribuées à la concentration dans le régime alimentaire, mais des recherches récentes ont mis en évidence l'importance de leurs structures moléculaires, ainsi que la concentration, et aussi la composition des rations contenant les TC (Mueller-Harvey et al., 2019).

Les réponses bénéfiques des animaux aux TC comprennent : une croissance améliorée, une meilleure production de lait et de laine, une meilleure fertilité, une réduction des émissions de méthane, une prévention des météorisations et l'évaporation d'azote via les déjections et urine. Le plus important des effets est la capacité de ces fourrages à lutter contre les effets du parasitisme gastro-intestinal par les nématodes (Figure 7), et à améliorer la résilience de l'animal, du fait de la protection des protéines alimentaires d'une excessive fermentation ruminale (Archimède et al., 2018).

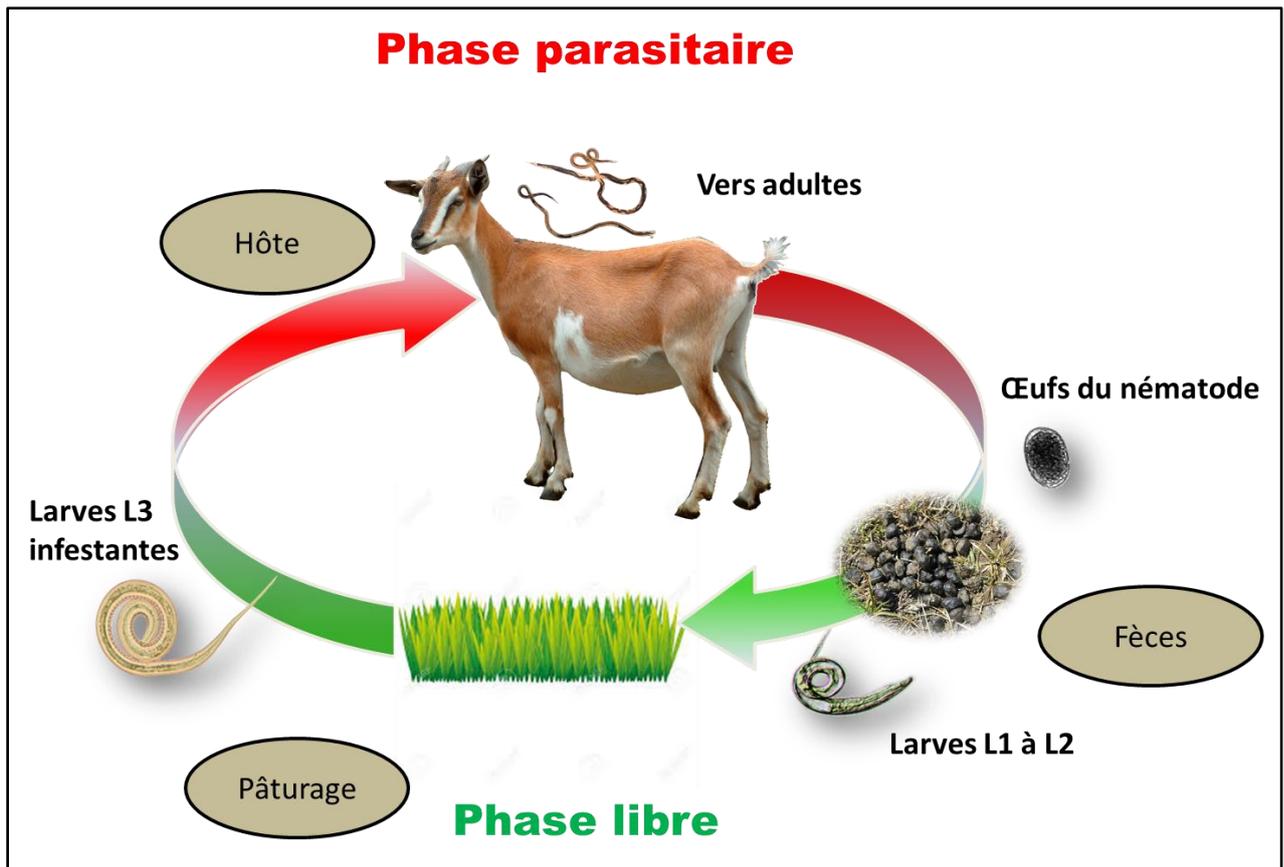


Figure 7. Cycle du nématode parasite gastro-intestinal *Haemonchus contortus*.

Les tanins condensés (TC) sont présents dans une diversité de familles botaniques, notamment les plantes ligneuses, fourragères. La valorisation des plantes en élevage, et plus particulièrement l'utilisation de fourrages et autres matières végétales contenant des TC, peut avoir une incidence positive sur la durabilité économique et environnementale des exploitations agricoles, notamment en système polyculture-élevage. En effet, utiliser les TC permet la diminution des intrants, et le gain d'autonomie en termes d'alimentation animale sur l'exploitation, tout en réduisant l'empreinte environnementale, et en assurant le bien-être animal.

Un des intérêts majeurs des TC découle de leur capacité à affecter presque tous les aspects du cycle de l'azote à la ferme, principalement du fait de leurs interactions avec des protéines fourragères ou microbiennes. Ces interactions TC-protéines peuvent générer des effets agricoles importants tels que la protection des

protéines fourragères lors de l'ensilage, et de la digestion dans le rumen, permettant à un plus grand nombre de protéines non dégradées de pénétrer dans l'intestin postérieur où elles peuvent renforcer la production de lait, de laine et de viande. Il a également été démontré que les TC réduisent les émissions de gaz à effet de serre (CH₄) des ruminants, ainsi que l'excrétion d'urée et d'ammoniac, et qu'ils possèdent une activité inhibitrice contre les bactéries nitrifiantes dans le sol (Muir, 2011).

En plus d'affecter le cycle de l'azote de la ferme, les aliments pour animaux contenant du TC ont également une capacité de prévention de la formation de météorisation et d'action en tant qu'agents antiparasitaires naturels (Archimède et al., 2018; Marie-Magdeleine et al., 2018; Marie-Magdeleine et al., 2010b). A noter que le parasitisme impose une pénalité nutritionnelle considérable aux animaux, et que le contrôle de la charge parasitaire profitera indirectement à l'état nutritionnel des animaux. Les fourrages à TC peuvent donc être utilisés à des fins alicamentaires, ce qui correspond à une action combinée d'avantages nutritionnels et antiparasitaires [Archimède et al., 2016a]⁶.

⁶ Archimède, H., Bambou, J., Cej, W., Ceriac, S., Minatchy, N., **Marie-Magdeleine, C.** 2016. Interactions nutrition parasitisme gastro-intestinal et alicaments, Revue de la littérature. In 52nd CFCS Annual Meeting Meeting, (Guadeloupe, July 10-16, 2016.).

Chapitre 2- Activités de recherche

**Efficiencce alicamentaire de plantes tropicales à
tanins pour une production animale
agroécologique**

Description des activités de recherche

Recrutée à l'INRA en 2007 au sein de l'Unité de Recherches Zootechniques (URZ), dont l'objectif est l'amélioration des productions animales en zone tropicale humide, mes premiers travaux de recherche autour des métabolites secondaires des plantes (MSP) portaient principalement sur la valeur santé (propriétés anthelminthiques) des ressources tropicales pour les ruminants, dans le cadre de la lutte intégrée contre le parasitisme gastro-intestinal par les strongles. Ces travaux ont été valorisés dans le cadre de ma thèse, par 6 articles de rang A⁷. Les résultats que j'ai obtenus de ces premiers travaux de recherche, novateurs en matière d'élevage, car en décalage avec le modèle dominant d'administration de produits anthelminthiques de synthèse, m'ont orientée vers de nouvelles questions de recherche sur la thématique des MSP, qui représentent potentiellement des objets d'étude d'intérêt, dans une approche agro-écologique de l'élevage. A partir de 2010, dans une démarche d'innovation en matière de pratiques d'élevage, et afin d'étendre les usages des ressources végétales tropicales (santé, bien-être animal, environnement), j'ai identifié de nouvelles questions de recherche autour des modalités d'action des MSP tanins condensés (protection des acides aminés et orientation des fermentations du rumen). En lien avec les nouveaux enjeux de l'agriculture et en bonne adéquation avec le projet scientifique de l'URZ, et les orientations stratégiques de l'INRA, j'ai donc fait évoluer mes travaux de recherche vers une évaluation multicritères des ressources végétales, en ajoutant au volet santé, un volet alimentation (alicament, 2010) et un volet impact environnemental (émission de CH₄ et d'azote, 2012). Ces nouveaux résultats, qui s'inscrivent aux axes WP2 et WP3⁸ du projet de l'unité, ont non seulement apporté des connaissances générales sur les ressources végétales étudiées (projets ANR EPAD, ANIHWA-ERANet CARES, Interreg FEDER IEPAC, Metaprogramme INRA GISA-Strep, FEDER AgroEcoDiv⁹, thèse N. Minatchy, collaborations Université de Reading

⁷ Voir Production scientifique, Annexe 1.

⁸ WP (du projet d'unité URZ) : WP2-Optimisation de fonctions en vue de l'efficacité des systèmes d'élevage tropicaux ; WP3-Valorisation des savoirs, expertises et innovations.

⁹ EPAD : Efficience environnementale et Productions Animales pour le Développement durable ; CARES : Coping with Anthelmintic RESistance ; IEPAC : Inventaire et Evaluation de Plantes Anthelminthiques de la Caraïbe ; GISA Strep : Gestion Intégrée de la Santé des Animaux drastic and Sustainable Treatment Reduction against Parasitism in livestock ; AgroEcoDiv : Agroécologie basée sur la Diversification des espèces cultivées.

(Royaume Uni), INRA-UMRH, UAEM, EEPFIH), mais ont également été valorisés, pour contribuer à la généralité des connaissances, notamment pour les régions chaudes (projet système d'alimentation INRA Systali, [Archimède et al., 2018]¹⁰.

Dans un contexte agro-écologique, j'étudie donc la bio-activité des MSP pour, l'alimentation des animaux d'élevage, leur santé¹¹, et les émissions de gaz à effet de serre (méthane notamment) par les animaux. En vue d'optimiser les fonctions des ressources végétales pour un usage zootechnique, je valorise les MSP à partir de mes compétences disciplinaires en pharmacognosie¹², au sein du groupe de recherches du WP2 « optimisation de fonctions en vue de l'efficacité des systèmes d'élevage tropicaux » du projet de l'URZ, WP qui travaille à l'évaluation multicritères des aliments chez les petits ruminants.

Depuis 2010, mon projet de recherche concerne plus particulièrement une des familles des MSP, les tanins condensés (TC). Retrouvés, entre autres, dans les légumineuses fourragères et les graminées, les TC sont des polyphénols de structure complexe (nombreuses sous-familles), qui, en plus de réduire la contamination par les strongles, sont de véritables effecteurs des fonctions alimentaires et environnementales (Piluzza, 2014). Produits naturels, à large spectre, et à effets variables selon : leur concentration, leur nature et leur structure (Valarini and Possenti, 2006), les TC sont potentiellement de bons candidats pour une utilisation en alimentation animale, dans une approche d'innovation agro-écologique. C'est pourquoi il m'a paru opportun d'étudier ces MSP dans le cadre de l'interdisciplinarité de l'URZ.

Aussi, afin de valoriser ces TC chez les petits ruminants pour un usage alimentaire, prophylactique et environnemental, j'étudie comment les caractéristiques chimiques et les teneurs impactent les mécanismes d'action alimentaires, anthelminthiques et fermentaires, et je recherche des applications technologiques à mettre en œuvre en élevage, pour l'utilisation des plantes contenant ces TC.

¹⁰ H. Archimède, C. Marie-Magdeleine, M. Boval and D. Sauvant. Specificities of feeding ruminant livestock in warm areas. INRA, 2018. INRA feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 640pp. chapter 22.

¹¹ Effet anthelminthique contre les strongyloses gastro-intestinales, principales pathologies des petits ruminants d'élevage, responsable de 45% de mortalité dans les élevages de Guadeloupe avant sevrage.

¹² Science appliquée multidisciplinaire (chimie, biologie, pharmacologie,...), traitant des matières premières et des substances à potentialité médicamenteuse d'origine biologique.

Je développe cette thématique en concevant et en mettant en œuvre des expérimentations, que je conduis en lien avec l'Unité expérimentale INRA PTEA et la plateforme laboratoire d'analyses de l'URZ, ou avec des collaborations extérieures. Ma démarche scientifique consiste à commencer par caractériser la structure chimique et évaluer la bio-activité globale visant les effets alimentaires, fermentaires et anthelminthiques des TC. En parallèle, j'étudie les mécanismes d'action par le biais de TC modèles, afin d'évaluer et de valoriser l'efficacité des TC. Puis, en fonction des TC et des espèces végétales, je vois les applications potentielles pour la fabrication de produits agro transformés à base de plantes riches en TC.

Pour atteindre ces objectifs, le financement de mes recherches est assuré à travers des projets contractualisés, que j'initie ou auxquels je collabore. Je valorise mes résultats scientifiques par le biais des publications, des communications orales et des affiches lors de congrès, des rapports de stagiaires que j'encadre, par des documents techniques, et des journées techniques.

La synthèse de mes travaux de recherche, menés sur la période 2009-2019, et dont la liste est présentée en annexe, sera présentée dans ce rapport selon la démarche scientifique décrite précédemment. Je présenterai donc l'étude en 2 sections : une première traitera de la connaissance chimique des tanins condensés (partie A), une seconde (partie B) sera consacrée à l'évaluation du potentiel des TC et à leur valorisation en système d'élevage de petits ruminants. Dans chacune de ces parties seront abordés la problématique et les objectifs, avant la présentation et l'analyse des travaux. Mon parcours professionnel au sein de l'INRA de 2007 à 2019, est également décrit en annexe via mon *Curriculum Vitae*. Dans tout le document, je citerai en priorité mes publications scientifiques (acceptées ou soumises), sous la forme **[Nom et al., année]**, et les rapports de stagiaires encadrés sous la forme {nom, année}. Pour les travaux non encore publiés, j'indiquerai les communications présentées dans des congrès et/ou le préciserai.

Activités de recherche

Les effets biologiques des TC dépendent de leur concentration, leur structure et de leur poids moléculaire (Barry and McNabb, 1999; Mueller-Harvey, 2006). La connaissance, et donc la caractérisation des TC est un critère important pour le choix de la ressource végétale valorisable en productions animales. L'étude du potentiel bio actif des ressources végétales riches en TC, pour une utilisation en productions animales, doit par conséquent être liée à une évaluation qualitative et quantitative des composés dans les matières végétales. C'est la raison pour laquelle mes travaux de recherche ont été menés de manière parallèle selon les volets de caractérisations chimique et bio-active, en lien avec les systèmes d'élevage de petits ruminants, avant d'évoluer vers un volet finalisé pour une application au système d'élevage.

A-Connaissance chimique des tanins condensés

A.1. Problématique et objectifs

L'utilisation des plantes à TC dans les pratiques agricoles nécessite que l'évaluation de l'activité ou de l'efficacité soit déterminée de façon précise. Cette évaluation repose sur la force de la méthodologie analytique d'estimation quantitative. Outre des aspects importants tels que le processus de séchage, le stockage de la plante, ou le mode d'extraction (Mueller-Harvey, 2001; Muetzel and Becker, 2006) ; l'analyse des TC dans les plantes est compliquée du fait de la vaste gamme de structures des composés au sein du groupe lui-même, mais aussi au sein du groupe de TC inter plantes, chaque espèce ayant sa spécificité de composition en TC.

Pour caractériser chimiquement et quantifier les TC, nous avons mené des screenings phytochimiques et des essais analytiques sur une quinzaine de plantes. Ils ont abouti au développement de 4 méthodologies : d'extraction/purification, de caractérisation par HPLC, de dosage des TC par colorimétrie, de prédiction par

spectroscopie en proche infrarouge ; et à la caractérisation qualitative de 13 espèces de plantes pour leurs teneurs et profils en différents monomères et pour leur degré de polymérisation {Malicieux T. 2019, Nerome L. 2018, Peler J. 2018, Théophile M. 2017, Letapin C. 2016, Onapin, Cassand M. 2015 ; Contaret A. 2014, Glandier M. 2013, Opet E. 2012, Rotin N. 2011 ; Uneau C., Opet E., Dragin R. 2011 ; Rangassamy 2010 ; Lastel 2010 ; Placerdat J. 2009 ; CDD : Grédoire M. 2013}.

Au total, les nombreux protocoles expérimentaux de ce volet ont été développés par l'appui de 17 stages (2 master2, 3 master1, 8 Licence3, 5 BTS et 1 groupe d'apprentis chercheurs)¹³, du projet Européen KBBE FP7¹⁴ « Animalchange » et du projet FEDER « AgroEcoDiv » tranche 1 (URZ-ASTRO-UA-CIRAD), auxquels j'ai émargé en pilotant des tâches respectivement sur l'évaluation de plantes à visée anthelminthiques et l'orientation des voies métaboliques animales par les MSP. Ce travail méthodologique a été valorisé dans 5 publications¹⁵ dont une soumise; dans 12 communications et affiches à des congrès¹⁶ ; et a été développé via le projet apprentis chercheurs de l'association l'Arbre des connaissances, et 2 projets de collaborations avec l'Université des Antilles et l'Université de Reading au Royaume-Uni. De plus, 1 article en cours de rédaction est consacré aux essais méthodologiques et à la caractérisation chimique.

A.2. Travaux, résultats discussion

A.2.1. Méthodologie de caractérisation chimique des TC

De nombreuses méthodes analytiques ont été utilisées pour quantifier les TC dans les matériaux végétaux, et à l'heure actuelle, il n'existe pas de méthode standard. Il reste donc encore à améliorer les méthodes existantes, ou à en développer de nouvelles, afin de participer à mieux comprendre la biologie des TC.

¹³ Voir Production scientifique, Annexe 2 : rapports de stages encadrés, thème A.

¹⁴ Knowledge Based Bio-Economy (KBBE), Programme spécifique "Coopération": Alimentation, agriculture et biotechnologie, 7th framework Program (FP7).

¹⁵ Voir Production scientifique, Annexe 1 : articles, thème A.

¹⁶ Voir Production scientifique, Annexe 1 : communications, thème A.

Les différentes méthodes d'analyse des TC reposent soit sur : la dépolymérisation par réactions de clivage acide (dosage acide-butanol, (Porter et al., 1986); thiolysé (Labarbe et al., 1999); dégradation du phloroglucinol, (Koupai-Abyazani M.R. et al., 1992), réaction avec un aldéhyde aromatique (dosage à la vanilline, (Price et al., 1978)), réactions de précipitation, et procédures d'inhibition microbienne et gravimétrique (Giner-Chavez et al., 1997; Schofield et al., 2001).

La méthode colorimétrique HCL / butanol (HCL / Bu-OH), largement utilisée est considérée comme une procédure standard pour la détermination quantitative des TC (Kardel et al., 2013; Schofield et al., 2001). Cependant, lors de nos premiers travaux, conduits entre 2010 et 2013, nous nous sommes heurtés à quelques difficultés de reproductibilité lors de la détermination des TC de nos plantes, du fait du manque de sensibilité de la méthode. C'est en nous appuyant sur les données de la littérature (Schofield et al., 2001), que nous nous sommes dirigés vers la méthode de dosage colorimétrique à la vanilline sulfurique pour la poursuite de nos travaux. En effet, notre choix a été éclairé par le fait que la méthode classique Butanol-Acide (BA), dite spécifique aux TC (Porter et al., 1986), semblait inadaptée à la quantification. En effet, la littérature rapporte qu'en fonction des espèces végétales il est observé une sensibilité à l'eau, entraînant une diminution du niveau de détection. De plus, une non réactivité de l'unité terminale du polymère, et une résistance au clivage acide en fonction de la nature du substituant du cycle A et pour les liaisons 4->6 a été mise en évidence. D'autre part, une variation de la longueur d'onde maximale d'absorbance de anthocyanidines résultant du clivage acide est également notée, selon le nombre de groupes phénoliques des cycles A et B (Giner-Chavez et al., 1997). Enfin, il n'existe pas toujours de linéarité de la coloration en lien avec la quantité de TC.

Ce dernier phénomène, que l'on retrouve également pour la méthode Vanilline Acide (VA), est lié à la réactivité variable des sous-unités de flavanols internes du polymère de TC (Schofield et al., 2001). Cette variabilité réactionnelle met en avant un point essentiel de la détermination quantitative des TC, quant au choix du standard approprié. En effet, compte tenu de l'hétérogénéité des TC entre espèces de plantes, la nature du tanin de référence peut impacter les mesures s'il n'a pas la même structure que celui de la plante évaluée (Giner-Chavez et al., 1997). Par

exemple, la cyanidine, la delphinidine ou le TC de quebracho, qui ont longtemps été utilisés comme standards, ont montré leurs inadéquations dans certains cas, surestimant ou sous-estimant les teneurs en TC (Mueller-Harvey, 2006; Schofield et al., 2001; Stewart et al., 2000). De même, la catéchine usuellement utilisée comme standard avec la méthode VA, ne donne pas le même niveau de coloration lorsqu'elle est incluse dans le polymère (Schofield et al., 2001). Il apparaît donc indispensable que le TC extrait du matériel végétal étudié, soit utilisé comme standard, pour la détermination quantitative, par ces méthodes colorimétriques.

En outre, nos derniers travaux menés en collaboration avec l'Université de Reading, ont mis en évidence que la quantification par la méthode BA ne permettait pas d'atteindre, pour les plantes tropicales étudiées, le niveau de concentration obtenu lors de l'analyse de référence par thiolyse [Marie-Magdeleine et al. 2019, en cours]¹⁷. Les différences observées seraient dues à la forte présence de groupements galloyls dans ces extraits de TC, rendant la méthode BA inadéquate. En effet, on observe globalement une valeur seuil de teneur en galloyls, de 20% au-dessus de laquelle il y a sur estimation des valeurs de TC mesurées et en deçà de laquelle la valeur en TC mesurée par la méthode BA sera sous-estimée (Figure 8).

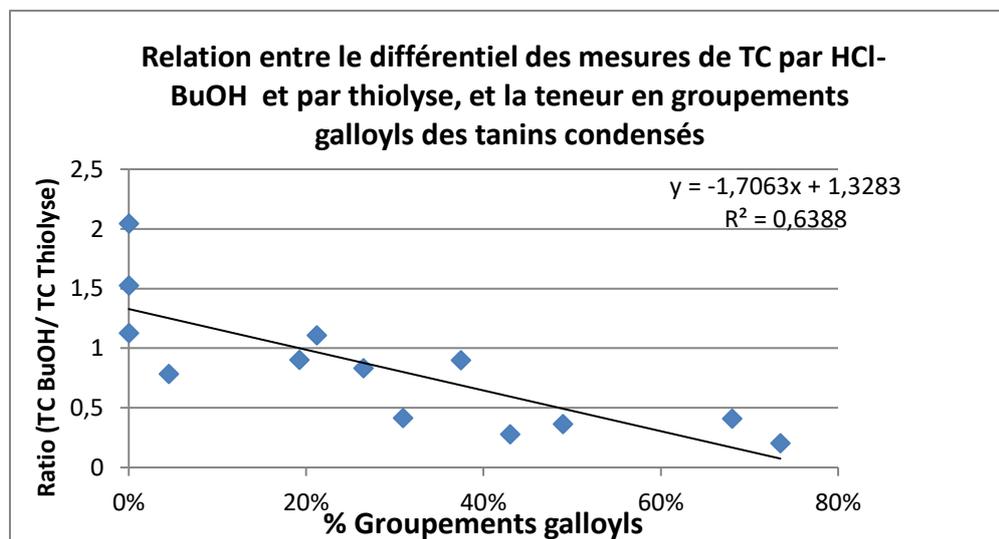


Figure 8. Effet des groupements galloyls sur la détermination de la teneur en TC par la méthode HCl/BuOH-Acétone, en comparaison à la méthode de référence par thiolyse.

¹⁷ Marie-Magdeleine C. et al., 2019. Comparison of thiolysis and BuOH-HCl methods for the characterization of condensed tannins from 13 tropical plants. En cours de rédaction.

Bien que la méthode VA soit spécifique aux flavanols (de sorte que les diphénols simples réagissent également), et que la méthode BA soit spécifique aux TC, la méthode VA est plus sensible, et peut donc être utilisée pour déterminer sélectivement les TC. Il s'est donc agi pour nous, de travailler au développement d'une méthode de quantification des TC en utilisant la vanilline sulfurique comme catalyseur.

A.2.2. Extraction des tanins condensés

La première étape de notre travail de recherche a consisté à la mise au point d'une méthodologie d'extraction et de purification des TC, afin d'obtenir un standard spécifique à chaque plante testée. Ces extraits purifiés de TC pourront ainsi, également être utilisés pour les bio-tests.

Suite à plusieurs mises au point visant à améliorer la qualité et le rendement d'extraction {Rotin 2012, Opet 2012, Grédoire 2013}, l'extraction des TC se fait maintenant selon la méthode de Giner-Chavez (1997) modifiée. Un premier extrait brut, obtenu suite à une extraction à l'acétone 70% à 0,1% d'acide ascorbique, sur terre de diatomée, à l'aide de l'extracteur ASE (Automated Solvent Extractor). L'extrait acétonique, délipidé à l'éther diéthylique, est ensuite évaporé puis purifié sur gel de Sephadex LH20, par lavage au méthanol 50, afin de retirer les composés phénoliques non-tanins. Les Proanthocyanidines (TC) adsorbées sur le gel d'exclusion sont ensuite éluées à l'acétone 70%. L'extrait évaporé est ensuite lyophilisé et conservé à -80°C avant analyse.

A.2.3. Dosage des tanins condensés dans les végétaux

La méthode VA mise au point au laboratoire, qui est inspirée de la méthode de Swain and Hillis (Swain and Hillis, 1959), fait appel aux propriétés de complexation des tanins condensés. La réaction avec la vanilline n'est pas universelle. Cette réaction est positive pour les flavan-3-ol, les oligomères de procyanidines mais pas

pour les gallotanins, les acides phénoliques ou les hétérosides de flavonols et de flavones (tanins hydrolysables, (Schofield et al., 2001)). La vanilline réagit avec les monomères catéchiques et les unités terminales des proanthocyanidines pour former un complexe chromophore rouge qui absorbe à 500nm. Elle ne réagit pas avec les unités intermédiaires des proanthocyanidines car son site de fixation (carbone 6) est pris dans la liaison monomère - monomère C4 -C6 (Figure 9).

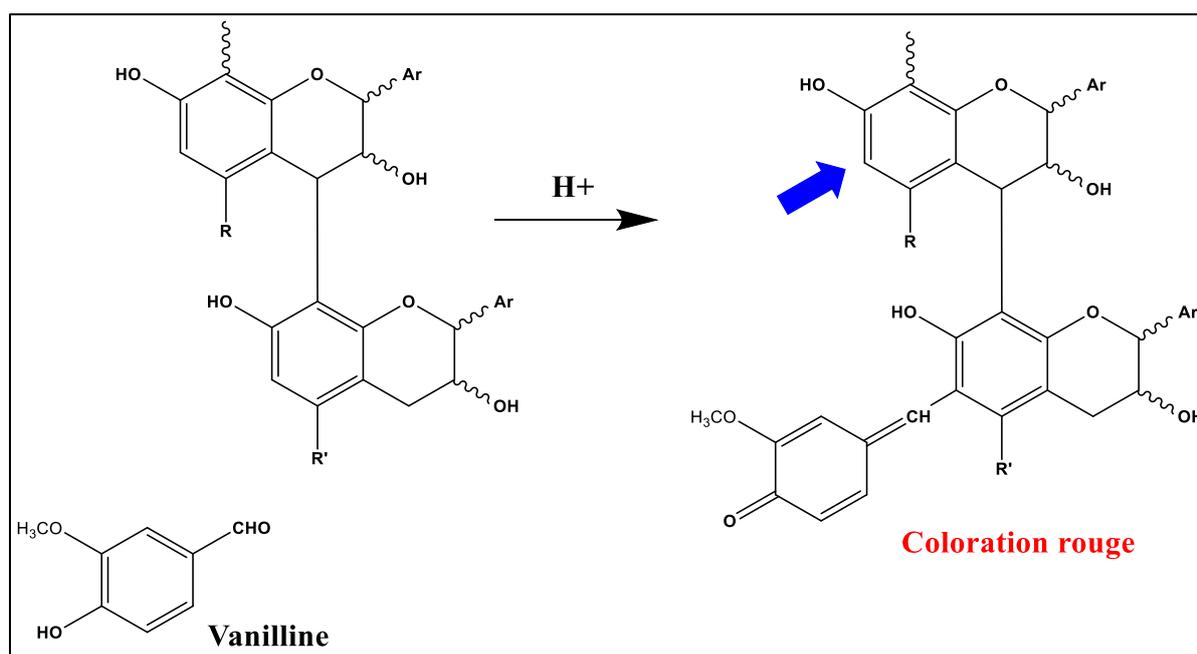


Figure 9. Réaction chimique entre la vanilline et les tanins condensés lors de la méthode de dosage à la vanilline acide. La flèche bleue désigne un autre site réactionnel potentiel avec la vanilline (d'après Schofield et al., 2001).

Suite à nos essais {Opet 2012, Grédoire 2013, Glandier 2013}, nous avons observé l'influence du mode d'extraction préalable, ainsi que de la concentration en acide sulfurique, sur la qualité du dosage. Après avoir testé différentes concentration d'acide sulfurique, nous observons que les absorbances augmentent en fonction des concentrations. D'autre part, la présence de méthanol influe également sur les résultats. En effet, en présence d'une trop grande quantité de méthanol une coloration bleue se produit, ce qui fausse les résultats. Ce phénomène serait dû à la réaction entre la vanilline et l'alcool, à forte concentration en acide sulfurique,

qui forme un composé de type coniferyl-aldéhyde, qui se condense avec le phénol (Swain and Hillis, 1959). L'extraction au méthanol a donc été remplacée par une extraction à l'acétone (70%) /Eau (30%)/Acide Ascorbique (1%), ce qui conduit à des valeurs en TC plus élevées. De plus, la concentration en vanilline sulfurique est fixée à 1%. D'autre part, d'un point de vue pratique, il convient, avant chaque réaction, que les solutions d'acide sulfurique à 70% et de vanilline sulfurique 1% soient homogènes, préparées de manière extemporanée et maintenues à 4°C.

A.2.4. Caractérisation qualitative des tanins condensés

Outre la teneur, la composition des TC est un autre facteur important influant l'activité biologique. Nos travaux ont mis en évidence des différences d'activités entre TC issus de différentes espèces végétales (voir 3.1.2.2), ce type de résultats a été également retrouvé par ailleurs dans la littérature (Brunet and Hoste, 2006; Mueller-Harvey et al., 2019; Quijada et al., 2015; Williams A. R., 2014).

Afin de permettre de discriminer différentes familles de TC dans nos échantillons végétaux, nous avons décidé, dans un premier temps, de travailler à développer une méthodologie de caractérisation des profils des TC 1) directement par HPLC en phase inverse, puis 2) après un traitement par thiololyse. Pour cela, nous avons travaillé sur une diversité de 15 espèces végétales à TC, cultivées ou non, et issues de familles botaniques diverses {Grédoire 2013, Glandier 2013, Contaret 2014}. Les méthodologies développées nous ont ainsi permis de réaliser une première typologie des TC en 4 groupes, selon les profils HPLC obtenus (figure 10).

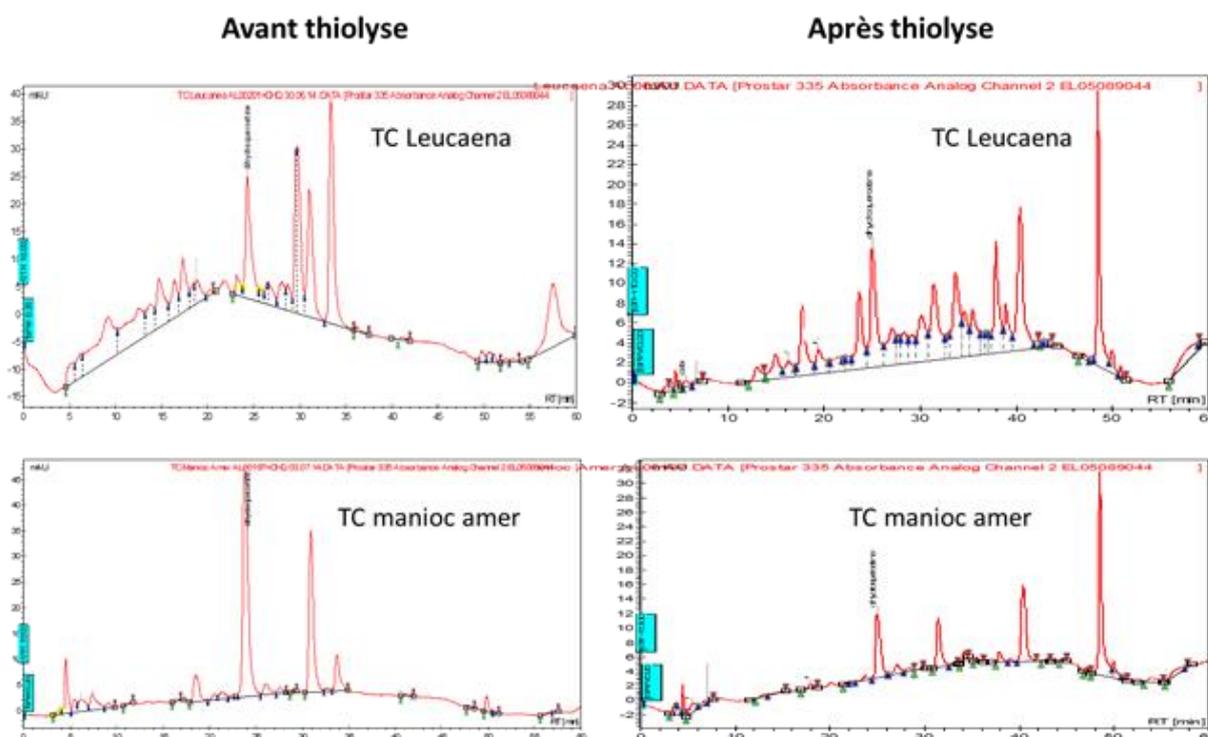


Figure 10. Chromatogrammes HPLC des extraits de tanins condensés (TC) de *Manihot esculenta* (manioc amer) et *Leucaena leucocephala* (Leucaena) avant et après thiolyse.

D'autre part, pour compléter et approfondir ces premières données, nous avons étudié en 2016, en collaboration avec l'Université de Reading (Royaume Uni), les compositions et puretés de nos TC extraits de 13 plantes tropicales, par la méthode de thiolyse. La méthode de dégradation des TC par thiolyse, associée à l'analyse LC-MS, et développée par l'équipe du professeur Irène Mueller-Harvey, est une technique qui, suite au clivage des polymères de TC en sous-unités flavan 3-ols (Figure11), permet d'obtenir différentes informations quant à la structure des TC sur : le degré de pureté (concentration en TC), le degré de polymérisation (mDP), la composition en procyanidine (PC) et prodelphinidine (PD) et leur stéréochimie *Cis/trans* (Tableau1).

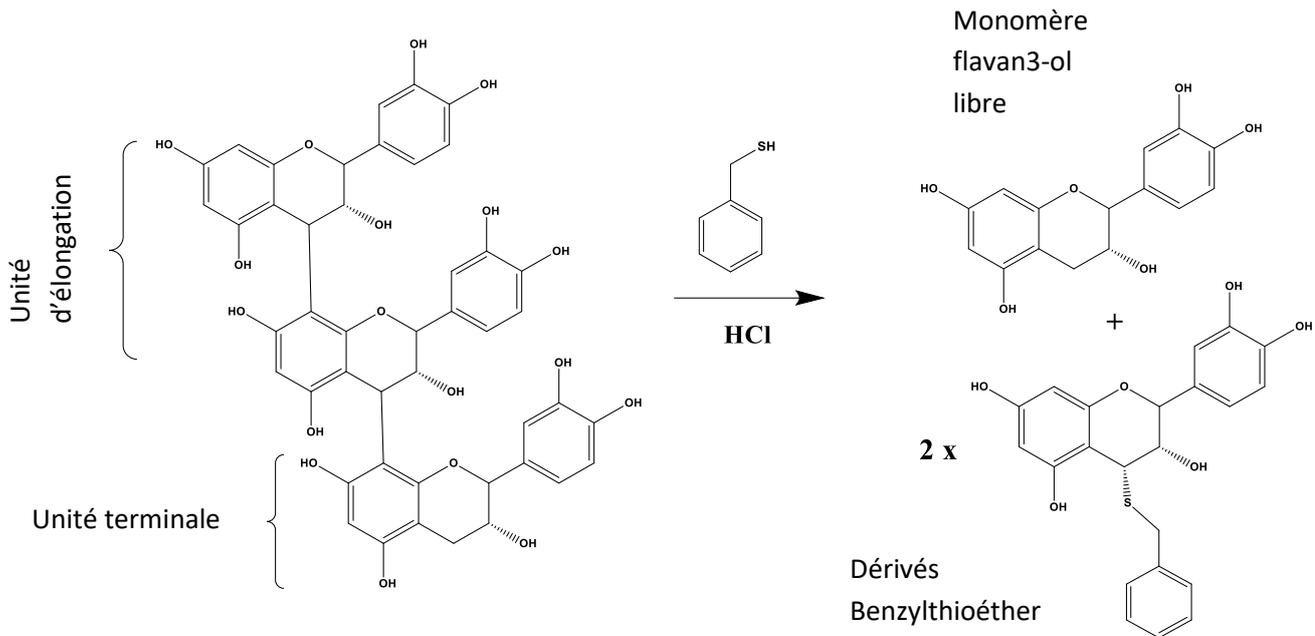


Figure 11. Réaction chimique de la thiolysé d'un tanin condensé.

Les résultats obtenus [Marie-Magdeleine et al., 2018]¹⁸ mettent en évidence la présence de groupements galloyls et epi-afzelechines particuliers dans certaines espèces végétales (Figure 5, Figure12, Tableau1.). Ces groupes fonctionnels, rarement retrouvés dans des proportions aussi élevées, pourraient influencer sur l'effet biologique des TC. En effet, la capacité de liaison aux protéines serait augmentée, par des interactions hydrophobes entre les résidus aromatiques des protéines ; et par la présence des hydroxyles additionnels des groupes galloyls, qui accroîtrait la probabilité de formation de liaisons hydrogènes (Le Bourvellec and Renard, 2019).

D'autre part, au regard des résultats obtenus concernant la pureté des extraits de TC, nous avons poursuivi le développement méthodologique de la caractérisation des TC par thiolysé, en mettant au point en première étape, une méthodologie de dosage des flavanols libres, par HPLC {Malicieux, 2019}. Cette démarche permettra d'améliorer la précision de nos résultats pour le dosage des TC dans les végétaux, par la méthode VA.

¹⁸ Marie-Magdeleine, C., Macheboeuf, D., Philibert, L., Arece García, J., Udino, L. 2018. Various condensed tannins from tropical plants as potential multi-purpose nutraceutical in ruminant feed. . In 10. International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH10) Cambridge, G.C.U.P., ed. (Clermont-Ferrand, FRA Advances in Animal Biosciences), pp. p. 381-381.

Tableau 1. Caractérisation chimique d'extraits de tanins condensés (TC), suite à un traitement par la méthode de thiolysse et une analyse LC-MS.

Plante	Teneur TC (mg/100mg)	mDP	Ratio PC/PD	Ratio <i>cis/trans</i>	% Groupes galloyls	Epi-afzelechine
<i>T. catappa</i>	1.69	15.32	10.69	24.69	19.23	ND
<i>C. cajan</i>	11.39	7.84	0.85	3.25	0.00	oui
<i>L. leucocephala</i>	26.77	3.27	0.59	2.38	26.44	oui
<i>M. esculenta</i>	44.31	7.23	0.16	2.18	37.44	trace
<i>C. icaco</i>	58.97	9.19	0.01	1.67	4.51	ND

mDP : degré de polymérisation ; PC : procyanidine ; PD : prodelphinidine ; stéréochimie *Cis/trans* ; ND : non détecté.

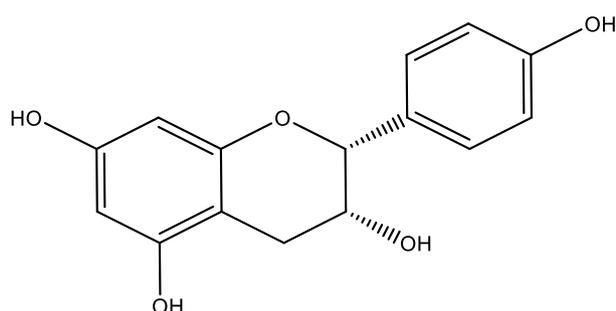


Figure 12. Structure chimique d'un flavanol de type Epi-afzelechine

A.2.5. Base de données phytochimique et prédiction des teneurs en TC par la spectroscopie proche infrarouge

Les TC, de par leur potentiel multi-actif alimentaire, sanitaire et environnemental, présenteraient l'intérêt d'être intégrés au régime alimentaire des ruminants, car cela contribuerait à l'autonomie de la ferme et à augmenter sa productivité, de manière durable. Il apparaît donc nécessaire de rechercher des outils haut débit pour l'évaluation de leur utilisation, de manière optimale, sur l'exploitation. Ainsi, mes travaux de thèse, des enquêtes et travaux collaboratifs dans la Caraïbe, les screenings phytochimiques¹⁹, ainsi que les résultats de la caractérisation chimique des TC, sont venus alimenter une base de données d'une vingtaine d'espèces de plantes (feuillages principalement). En effet, dans le cadre du projet Interreg IEPAC, que nous avons présenté sur le site de l'INRA en 2015 en organisant des journées scientifiques et techniques, des enquêtes ethnovétérinaires ont été réalisées sur l'île de la Dominique, en Guadeloupe et dans la littérature des zones tropicales. Ces travaux ont recensé les usages traditionnels en santé animale de 194 plantes pour la santé animale, parmi lesquelles 71 sont identifiées pour un usage anthelminthique [Marie-Magdeleine and Archimède, 2015]²⁰. De plus, les screenings phytochimiques des ressources végétales ont validé les usages traditionnels, pour la poursuite de travaux de recherche, notamment pour les ressources à TC {Placerdat, 2009 ; Rangassamy 2010 ; Lastel 2010 ; Uneau, Opet, Dragin 2011 ; Onapin, 2015 ; Peler 2018}.

Courant 2017, je me suis formée en chimiométrie afin d'étudier d'autres pistes de valorisation de mes bases de données de mesures qualitatives et quantitatives des TC. Ainsi, la base de données, issue du large screening phytochimique de ressources végétales à TC, complétée de données obtenues par spectroscopie dans le proche infrarouge, a été valorisée lors d'une première étude de calibration par la méthodologie de spectroscopie proche infrarouge (SPIR), pour la prédiction des teneurs et la discrimination des 3 ressources modèles *Manihot esculenta*, *Leucaena*

¹⁹ Voir publications scientifiques, Annexe 2 : rapports de stages encadrés, thème A.

²⁰ Marie-Magdeleine, C., Archimède, H. 2015. Plantes anthelminthiques pour les animaux d'élevage, INRA, ed. (Petit-Bourg Guadeloupe, INRA), p. 19.

leucocephala, et *Cajanus cajan* {Letapin 2016, Nerome 2018}. Une base de données PIR a ainsi été constituée, et est désormais mobilisable pour l'évaluation de ces 3 ressources modèles, sur le plan des TC (3 espèces de plantes, 3 familles botaniques, 481 spectres PIR et teneurs en TC : 246 *Manihot esculenta*, 64 *Leucaena leucocephala*, 81 *Cajanus cajan*). A l'issue de cette première étude, nous avons pu développer une méthode quantitative applicable aux *Manihot esculenta* (manioc) et *Cajanus cajan* (pois d'angole), pour la prédiction rapide des teneurs en TC à l'aide de la méthode SPIR. Les spectres PIR, acquis avec un balayage de 400 à 2490 nm (intervalle de 10 nm), ont été prétraités par une normalisation du signal, selon la méthode Standard Normal Variate, couplée à une dérivation Savitzky-Golay de degré 1, avant de procéder à une régression de type Partial Least Square. Les coefficients de corrélations des droites de calibration pour l'estimation des teneurs en TC et les erreurs-standards de validation croisée (SECV) sont respectivement de 0,64 et 3,16 pour *Manihot esculenta*, et de 0,87 et 2,95 pour *Cajanus cajan*. De plus, des corrélations significatives ont été obtenues entre valeurs SPIR prédites et valeurs de référence pour le set de validation ($> 0,7$ pour les deux espèces de plantes) et des erreurs de prédictions (RMSEP) de 3.89% et 1.58% respectivement pour *Manihot esculenta* et *Cajanus cajan* (Figure 13).

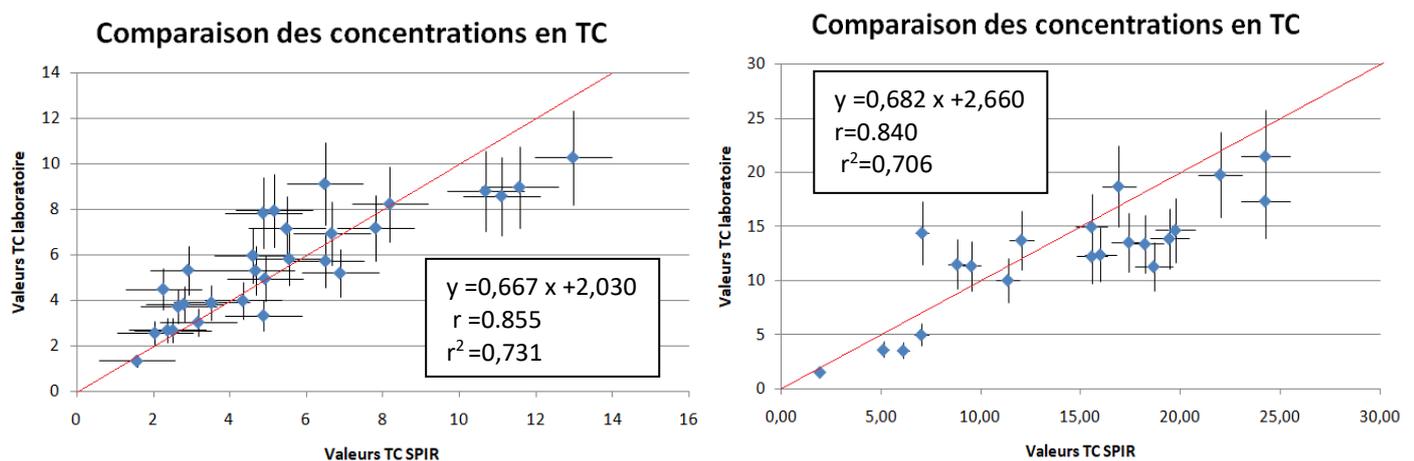


Figure 13. Corrélation entre l'estimation des teneurs en tanins condensés par la méthode SPIR et les valeurs de références, pour *Manihot esculenta* (à gauche) et *Cajanus cajan* (à droite).

A.3. Conclusions- Perspectives

Nos travaux sur la connaissance chimique des TC ont été développés, pour partie, en support à nos expérimentations biologiques, notamment pour l'évaluation des teneurs. Cependant, les méthodes de dosage actuelles ne permettent pas de comparer les concentrations en TC d'échantillons n'appartenant pas à la même espèce végétale. En prenant appui sur la base de données analytiques que nous avons générée, nous travaillons actuellement à la mise au point d'un standard commun et d'un modèle de calcul (équation), afin d'estimer la concentration en TC de plantes, et de permettre la comparaison d'échantillons, indépendamment des standards internes à chaque espèce végétale.

Afin d'augmenter nos capacités de prédictions haut débit des teneurs en TC sur plantes tropicales, le modèle de calibration PIR est en cours d'amélioration pour *Cajanus cajan* et *Manihot esculenta*, et de développement pour *Leucaena leucocephala*, grâce à l'incrémentation de la base de données, par l'ajout de nouveaux échantillons, notamment à l'occasion du projet de recherche sur la caractérisation des ressources à TC, initié avec l'EEPFIH à Cuba. D'autre part, nous travaillons aussi à une discrimination des ressources d'un point de vue qualitatif, pour les paramètres structuraux.

B-Evaluation du potentiel des tanins condensés et valorisation en système d'élevage de petits ruminants

B.1. Problématique et objectifs

Les TC ont des bio-activités qui impactent l'utilisation de la ressource végétale par l'animal, sa santé, et différentes émissions dans l'environnement (Archimède et al., 2018; Waghorn, 2008), en termes de toxicité, d'activité nématocide, de fermentescibilité de l'azote dans le rumen et émission d'azote urinaire, d'orientation des fermentations microbiennes du rumen et des émissions de CH₄, de digestibilité intestinale des protéines... Pour une espèce animale donnée, l'activité des TC s'expliquerait à la fois par leur concentration et leur nature (composition). En outre, la diversité de structure des TC entraîne une bio-activité variable. Cette activité biologique repose sur le pouvoir de complexation des TC avec les protéines, animales, fourragères et microbiennes, elles-mêmes de structures variées (Zeller, 2019). Une meilleure connaissance des modes et mécanismes d'action des TC permettrait de fournir des éléments afin d'optimiser l'utilisation des ressources végétales en élevage, pour améliorer les productions et santé animale, tout en réduisant l'empreinte environnementale.

Les exploitations agricoles de type polyculture élevage (SPE), associant productions animales et végétales, sont majoritairement développées en zone tropicale et en régions subhumides, où les conditions permettent de cultiver une variété d'aliments, dont les fourrages. C'est ainsi le cas de 80% des exploitations de Guadeloupe. Ces systèmes plus ou moins intégrés, qui tirent profit de l'interaction animal-végétal, (pour la fertilisation et l'alimentation des animaux), peuvent représenter un atout pour répondre aux enjeux de sécurité alimentaire, de préservation de l'environnement et de la biodiversité et d'adaptation au changement climatique. Les SPE reposent sur certains principes agro-écologiques contribuant à leur plus grande autonomie, à savoir : la réduction des intrants à la ferme, les recyclages biologique et des sous-produits de récolte, et la valorisation de ressources végétales non conventionnelles (plantes pérennes ou arbres) pour

l'alimentation animale. Dans les SPE tropicaux et subtropicaux, où la disponibilité en ressources alimentaires et le parasitisme peuvent être de fortes contraintes, la présence de biomasse aux propriétés duales, comme les légumineuses riches en TC, servant potentiellement à la fois à nourrir et à soigner les animaux, est tout à fait à propos.

Dans ce volet de recherche, nos objectifs sont donc (1) de faire le lien entre la présence de TC et la bio-activité alimentaire, fermentaire et antiparasitaire, pour ensuite réaliser une typologie des plantes à TC afin de cibler des espèces végétales modèles, qui seront retenues pour (2) analyser et quantifier les relations entre le couple nature-concentration TC et les différentes bio-activités alimentaires. Par la suite, il s'agit (3) de concevoir des applications de ces aliments pour les systèmes d'élevage de Guadeloupe de type SPE.

Ainsi, dans un premier temps, parallèlement à l'étude chimique précédemment décrite, les effets mitigation de gaz à effet de serre, et alimentaires ont été estimés en collaboration avec l'UMRH (essais *in vitro* et *in vivo*) et un collègue de l'URZ (essais *in sacco*), pour estimer l'effet de l'inclusion de plantes riches en tanins sur la production de méthane et l'alimentation [Archimède et al., 2016b ; Rira et al., 2014a; Rira et al., 2015; Rira et al., 2014b]²¹. L'activité anthelminthique des plantes a également été évaluée *in vitro* sur le parasite nématode *H. contortus* {Ariste-Zélise M. 2017, Gustave C. 2016, Sheikboudhou C. 2016 ; Berchel T., Magdeleine A. 2012, Geran 2011, Lastel M-L. 2010, Rangassamy, 2010, Marie-Magdeleine et al., 2010}.

Dans un second temps, la valorisation des TC, par l'étude des modes d'actions alimentaires anthelminthiques, a été réalisée sur 3 plantes modèles : *Manihot esculenta* (Manioc), *Leucaena leucocephala* (Leucène) et *Cajanus cajan* (pois d'Angole), retenues suite aux premières étapes d'évaluation globale et de caractérisation chimique, pour leurs effet et nature de TC, outre leur disponibilité

²¹ Archimède, H., Rira, M., Barde, D.J., Labirin, F., **Marie-Magdeleine, C.**, Calif, B., Periacarpin, F., Fleury, J., Rochette, Y., Morgavi, D.P., Doreau, M., 2015, Potential of tannin-rich plants, *Leucaena leucocephala*, *Glyricidia sepium* and *Manihot esculenta*, to reduce enteric methane emissions in sheep. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*

Rira, M., Morgavi, D.P., Archimède, H., **Marie-Magdeleine, C.**, Popova, M., Bousseboua, H., and Doreau, M., 2015, Potential of tannin-rich plants for modulating ruminal microbes and ruminal fermentation in sheep. *J. Anim. Sci.* 93, 334–347.

Rira, M., Morgavi, D.P., Archimède, H., **Marie-Magdeleine, C.**, Genestoux, L., Bousseboua, H., Doreau, M., 2014. Effect of tropical plants containing condensed tannins on fermentation, digestibility and methane production in sheep. In: *Livestock, climate change and food security conference*, Madrid.

pour un usage pour les éleveurs. Les modes d'action des TC de ces 3 plantes ont été évalués *in vitro* et *in vivo* sur le parasite *H. contortus*, {Joachim, apprentis chercheurs 2019 ; Lambourde L. 2018, Christine W. 2017 ; Gonte, Constant 2016, Gillardot A. 2014, Ceriac S. 2014, Leno R-E. 2011, Soutenare J. 2009}.

Enfin, dans un troisième temps, dans l'objectif de concevoir des produits originaux de santé animale, pouvant être des compléments alimentaires, nous nous sommes intéressés, au travers de la thèse de N. Minatchy, à la mise au point de granulés alicaments à base de ressources riches en TC et en protéines. Dans une logique de transformation, l'impact du traitement thermique et de la granulation sur la teneur en TC et sur la valeur alicamentaire des mêmes 3 plantes modèles a été évalué {Constant M. 2016 ; Mounien M. ; 2016. Dahomé L. 2014. ; Calabre R. 2013}. A partir des résultats obtenus, un granulé à base de feuilles de *Leucaena leucocephala*, *Manihot esculenta* (Manioc), de *Cajanus cajan* (pois d'Angole) ou d'un mélange de ces 3 espèces, a été fabriqué et testé sur des cabris expérimentalement infestés par *H. contortus* {Ceriac S. 2014 ; Blandel C. , Garin M. 2018}. Ces travaux réalisés en collaboration avec un collègue de l'URZ spécialisé en alimentation, dans le cadre du projet d'unité WP3 « valorisation des savoirs, expertises et innovations », ont été présentés en partie aux professionnels de Guadeloupe à l'occasion de la journée technique IEPAC, que j'ai co-organisée sur le site de l'INRA en 2015. Nous avons produit un guide d'utilisation des ressources à propriétés anthelminthiques à l'attention des éleveurs¹⁵.

Les nombreux protocoles expérimentaux de ce volet de recherche ont été développés :

Pour la partie concernant l'évaluation globale du potentiel biologique des plantes à TC, par l'appui de 10 stages (1 Master2 et 7 Licence3, 1BTS, 1groupe apprentis chercheurs)²², les projets Knowledge Based Bio-Economy FP7²³ « Animalchange » et FEDER « AgroEcoDiv » tranche 1 (URZ-ASTRO-UA-CIRAD), auxquels j'ai élargé en pilotant des tâches respectivement sur l'évaluation anthelminthique de plantes et l'orientation des voies métaboliques animales par les MSP ; et le projet RED Mexico, ainsi que 2 subventions de l'ambassade de France à Cuba. Ce travail a

²² Voir Publications scientifiques, annexe 2 : rapports des stages encadrés, thème B.

²³ Projet Européen, Programme spécifique "Coopération": Alimentation, agriculture et biotechnologie, 7th framework Program.

abouti à 5 publications²⁴; à 8 communications à des congrès²⁵, et a été développé via 4 projets de collaborations avec : l'INRA-UMRH, l'UAEM au Mexique, l'EPPFIH à Cuba, et le projet apprentis chercheurs de l'association l'Arbre des connaissances.

Pour la partie concernant l'évaluation des TC et la valorisation de leur efficacité, par le soutien de 7 stages (4 Master2, 1 Licence Pro, 2 Licence3)²⁶ et 2 contrats de recherche complémentaires: l'EMIDA ERANET « CARES » et le métaprogramme GISA STREP (coordonné par l'URZ), auxquels j'ai élargi en pilotant des tâches en collaboration avec mes collègues de l'unité sur les thématiques : interaction nutrition-parasitisme et système d'élevage. Cela a abouti à 3 communications à des congrès²⁰ et à 3 projets de collaborations, avec les UMR INRA-ENVT et TOXALIM, et l'Institut Vétérinaire DTU au Danemark. Les résultats concernant les ressources modèles seront valorisés par 2 articles en cours de rédaction, dont je suis le premier auteur²⁴.

Et pour la partie visant la valorisation par la conception d'aliments granulés à destination de petits ruminants, par six protocoles expérimentaux, avec l'appui de 7 nouveaux stages (4 Master2, 1 ingénieur 1^{ère} année, 1 Licence3 et 1 infirmier)²¹, les travaux de thèse de N. Minatchy²⁷ que je co-encadre, et 4 contrats complémentaires : le projet GISA STREP, les projets PO-FEDER Agroecotrop2 et AgroEcoDiv, auxquels j'ai élargi et le projet INTERREG IV Caraïbes « IEPAC » que j'ai co-coordonné. Cela a abouti à 1 brochure [Marie-Magdeleine and Archimède, 2015]²⁸ ; 2 communications à des congrès internationaux²⁹ et à un projet de collaboration avec l'Université du Yucatan au Mexique.

²⁴ Voir Publications scientifiques, annexe 1 : articles, thème B.

²⁵ Voir Publications scientifiques, annexe 1 : communications, thème B.

²⁶ Voir Publications scientifiques, annexe 2 : rapports des stages encadrés, thème B.

²⁷ Thèse Minatchy N. Autonomie à la ferme : Mise au point et évaluation d'une stratégie de valorisation de biomasse à des fins alimentaires (anthelminthiques) pour les petits ruminants. Soutenance prévue janvier 2020.

²⁸ **Marie-Magdeleine, C.**, Archimède, H. 2015. Plantes anthelminthiques pour les animaux d'élevage, INRA, ed. (Petit-Bourg Guadeloupe, INRA), p. 19.

²⁹ Voir Publications scientifiques, annexe 1 : communications, thème B.

B.2. Travaux, résultats-discussion

B.2.1. Evaluation du potentiel et des modes d'action alicamentaire des tanins condensés

Pour faire le lien entre la présence de TC et la bio-activité digestive et anthelminthique, nous avons travaillé à créer une base de données au moyen d'un large criblage d'espèces végétales tropicales prélevées dans la biodiversité des milieux cultivés et non cultivés. Ce criblage est basé sur des essais *in vitro* en laboratoire : des tests anthelminthiques, des mesures de dégradabilité *in sacco*, des essais fermentaires, mais aussi sur quelques *essais in vivo*. Ces essais sont menés, pour partie, en collaboration sur certains dispositifs mis en place à l'unité PTEA par les collègues de l'URZ, utilisant des ressources à TC pour d'autres objectifs.

- Effets alimentaires et fermentaires

Afin d'étudier la valeur alimentaire de ressources riches en TC, il a été nécessaire d'évaluer l'effet antinutritionnel des TC de certaines espèces végétales sur la dégradabilité ruminale {Lastel, 2010, Figure 14}, et sur la digestibilité intestinale chez le porc [Regnier et al., 2011, Figure 15.]³⁰. Cette première approche a montré que, pour une espèce animale donnée, l'activité des TC s'expliquerait à la fois par leur concentration et leur nature. D'autre part, des effets nutritionnels ont été mis en évidence sur *Lysiloma acapulensis*, dont les TC administrés à la dose de 37.5 mg/kg de poids vif, améliorent le gain de poids vif des animaux de 50% [García-Hernández et al., 2017]³¹. D'autre part, il a été observé une variabilité des 3 ressources concernant la dégradabilité des matières azotées par les microbes du rumen, avec respectivement 44%, 49.1% et 72.8% pour *Leucaena leucocephala*, *Cajanus cajan* et *Manihot esculenta*. Ce résultat, ayant fait l'objet d'une

³⁰ Regnier, C., Bocage, B., Marie-Magdeleine, C., Renaudeau, D., 2011. Session 2 Palatability of tropical foliages for pigs. In: International Symposium on Sustainable Animal Production in the Tropics: Farming in a Changing World, Novembre 2010 p. e2.

³¹ García-Hernández, C., Arece-García, J., Rojo-Rubio, R., Mendoza-Martínez, G.D., Albarrán-Portillo, B., Vázquez-Armijo, J.F., Avendaño-Reyes, L., Olmedo-Juárez, A., Marie-Magdeleine, C., López-Leyva, Y., 2017, Nutraceutic effect of free condensed tannins of *Lysiloma acapulensis* (Kunth) benth on parasite infection and performance of Pelibuey sheep. Trop. Anim. Health Prod. 49, 55-61.

publication soumise³², met à nouveau en évidence la diversité de nature des plantes à TC.

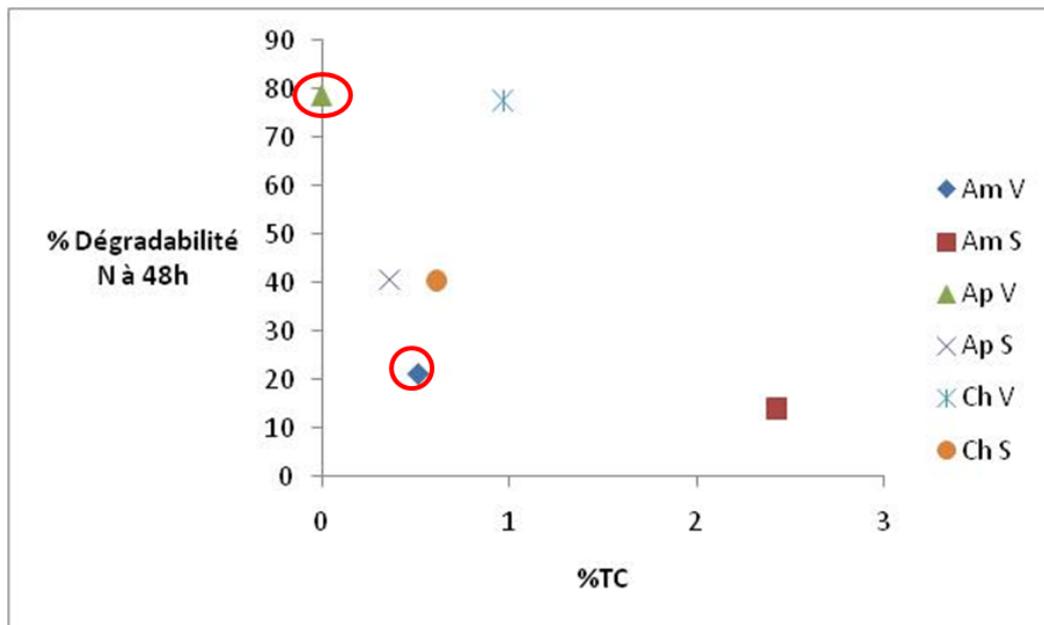


Figure 14. Effet des tanins condensés de *T. catappa* (Am), *A. altilis* var *non seminifera* (Ap) et *A. altilis* var *seminifera* (Ch) sur la dégradabilité de l'azote. V : vert ; S : sec. Entourées : 2 ressources à teneurs en fibres, azote et TC comparables.

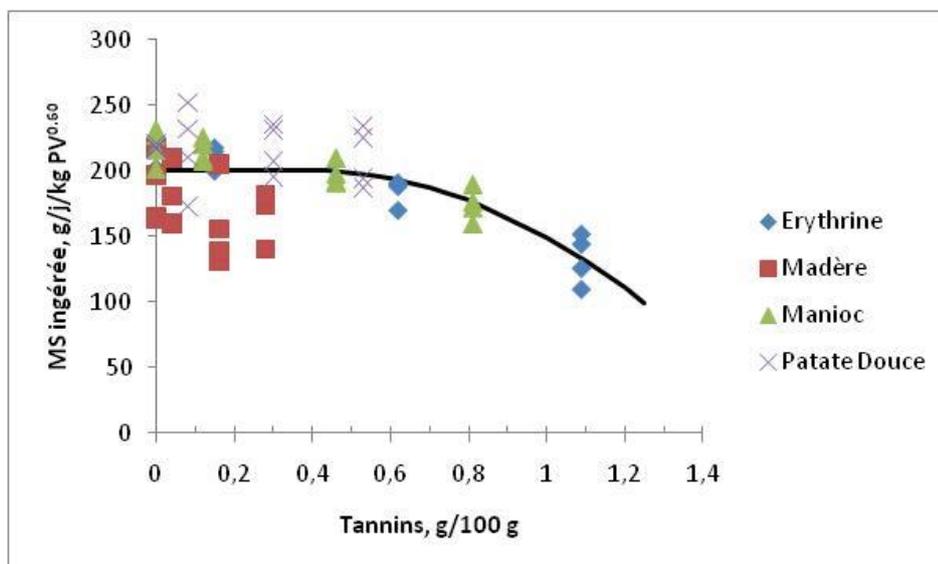


Figure 15. Effet des TC sur l'ingestibilité de feuillages par le porc en croissance (Régnier 2011).

³² Minatchy N., Marie-Magdeleine C., Calif V., Periacarpin F., Godard X. and Archimède H. Comparison of the degradation of *Leucaena leucocephala*, *Manihot esculenta* and *Cajanus cajan* foliage in green and pelleted form using a nylon bag in the rumen method. Soumis Journal of Animal Science and Biotechnology, Open Access.

En outre, les résultats ont été intégrés au projet de révision du « système d’Alimentation INRA », sous la forme d’une contribution au chapitre « spécificités de l’alimentation des ruminants en régions chaudes », quant à l’impact de la composition en métabolites secondaires, dont les tanins [Archimède et al., 2018]³³. Ce travail de synthèse de nos travaux URZ, associés à d’autres résultats des régions chaudes a, entre autres, mis en évidence que la spécificité en termes de métabolites secondaires, plus élevée dans les ressources végétales issues des régions chaudes, influait sur la valeur des aliments. Il est donc nécessaire de revoir les calculs de leurs valeurs alimentaires, en suivant l’approche de base du système d’alimentation Inra, tout en tenant compte de ces spécificités de composition chimique.

D’autre part, dans le cadre d’un projet visant à évaluer l’empreinte écologique liée à l’usage des aliments dans lequel il s’agissait de travailler à quantifier l’émission de méthane par les ruminants, en relation avec les caractéristiques des ressources fourragères tropicales consommées, une étude comparative entre ressources tropicales et tempérées [Archimède et al., 2011]³⁴ a montré une réduction de 20% (L/ kg MODI) des productions de méthane émises par des ruminants consommant des légumineuses tropicales, contre une augmentation de 10% avec les graminées tropicales. De nombreuses légumineuses fourragères sont riches en TC. Il a donc été question, par la suite, d’estimer l’effet de l’inclusion de plantes riches en TC sur la production de CH₄ et l’alimentation. Nous avons travaillé en collaboration avec L’INRA-UMRH, pour l’évaluation du pouvoir antiméthanogène de plantes tropicales riches en TC (thèse M.Rira, 2015). Une étude de l’effet des TC de *Glycidia sepium*, *Leucaena leucocephala* et *Manihot esculenta* sur la production de CH₄, et sur la fermentation ruminale *in vitro* [Rira et al., 2013; Rira et al., 2015; Rira et al., 2014b]³⁵ a montré que les TC ont le potentiel d’atténuer

³³ Archimède, H., **Marie-Magdeleine, C.**, Boval, M., Sauvant, D., 2018, Specificities of feeding ruminant livestock in warm areas, In: INRA (Ed.) INRA feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, p. 640.

³⁴ Archimède, H., Eugène, M., **Marie Magdeleine, C.**, Boval, M., Martin, C., Morgavi, D.P., Lecomte, P., Doreau, M., 2011, Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. Anim. Feed Sci. Technol. 166-167, 59-64.

³⁵ Rira, M., **Marie-Magdeleine, C.**, Archimède, H., Morgavi, D.P., Doreau, M., 2013, Effect of condensed tannins on methane emission and ruminal microbial populations. In: Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production., pp. 501-502.

Rira, M., Morgavi, D.P., Archimède, H., **Marie-Magdeleine, C.**, Genestoux, L., Bousseboua, H., Doreau, M., 2014. Effect of tropical plants containing condensed tannins on fermentation, digestibility and methane production in sheep. In: Livestock, climate change and food security conference, Madrid.

significativement ($P=0.02$) la production de méthane, d'acides gras volatiles, d'ammoniaque, et de matière organique fermentée, sans que cela ne dépende de la source de TC (Figure 16). Une seconde étude portant sur l'effet de ces 3 mêmes plantes sur l'ingestion, la digestibilité et le transit, chez deux génotypes d'ovins *in vivo*, avec une caractérisation des populations microbiennes du rumen et la mesure des paramètres de fermentation et de production de CH_4 en rapport avec la concentration des TC [Rira et al., 2015]³⁰, a montré que les TC réduisent significativement la production de CH_4 (respectivement - 4.7% ; - 29.3% et - 28.9% pour *Glyricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* et *Manihot esculenta* par rapport au témoin, gCH_4/kg de matière organique digestible ingérée (MODI)), sans effets indésirables notables sur la fermentation ruminale et sur la digestibilité, et que l'effet des tanins condensés de ces espèces végétales est davantage lié à la dose qu'à la nature de la plante. Les résultats obtenus suggèrent que les TC contenus dans *Leucaena leucocephala*, *Manihot esculenta* et dans une moindre mesure *Glyricidia sepium*, sous forme de granulés, peuvent être utilisés pour atténuer la production de CH_4 , sans effets nuisibles marqués sur le processus fermentaire.

Rira, M., Morgavi, D.P., Archimède, H., **Marie-Magdeleine, C.**, Popova, M., Bousseboua, H., and Doreau, M., 2015, Potential of tannin-rich plants for modulating ruminal microbes and ruminal fermentation in sheep. J. Anim. Sci. 93, 334–347.

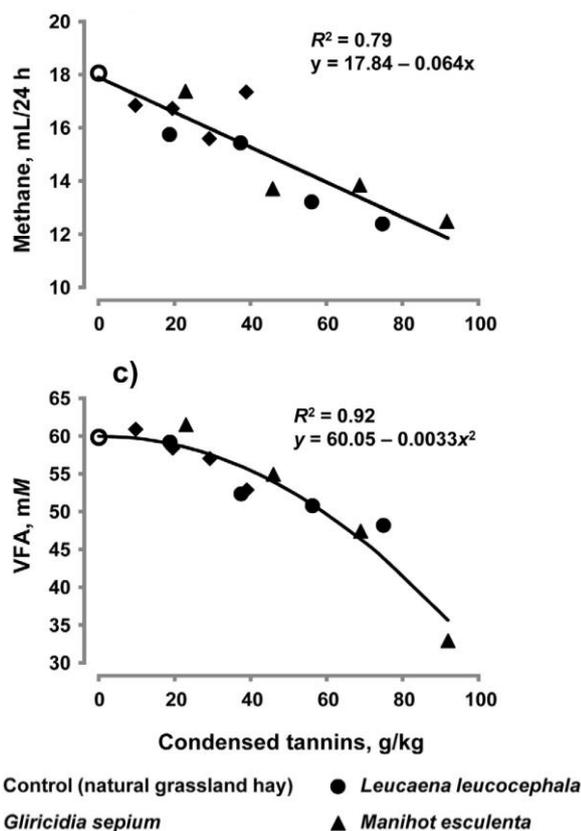


Figure 16. Corrélation entre la production de méthane et la concentration en acides gras volatiles (VFA), et la quantité de tanins condensés *in vitro* [Rira et al., 2015].

Lors d'un second projet, sur l'étude du potentiel environnemental des TC, nous avons collaboré avec une seconde équipe de l'INRA UMRH, pour la réalisation de gaz tests *in vitro* sur nos échantillons afin d'établir leurs profils fermentaires. La fermentation de 7 autres espèces végétales riches en TC a montré une corrélation positive entre digestibilité de la matière organique et production de CH₄ (respectivement 44 à 77% et 0.16 à 0.8 de ratio relatif au témoin, Figure 17), et a confirmé l'effet dose des TC sur la réduction de production de CH₄. L'étude *in vitro* de l'effet environnemental (production de CH₄, d'azote ammoniacal et impact sur la digestibilité de la matière organique), des ressources : *Manihot esculenta*, *Leucaena leucocephala*, *Cajanus cajan*, *Terminalia catappa* et *Chrysobalanus icaco*, présentant des teneurs en TC variées, montre que les TC influent significativement sur le profil fermentaire des animaux (Figure 18). Cependant, des différences significatives ont été observées parmi les plantes présentant les plus hauts niveaux

de concentration en TC : une production d'azote ammoniacal supérieure pour *Leucaena leucocephala* et de meilleures protection de l'azote et digestibilité de la matière organique pour *Terminalia catappa* [Marie-Magdeleine et al., 2018]³⁶.

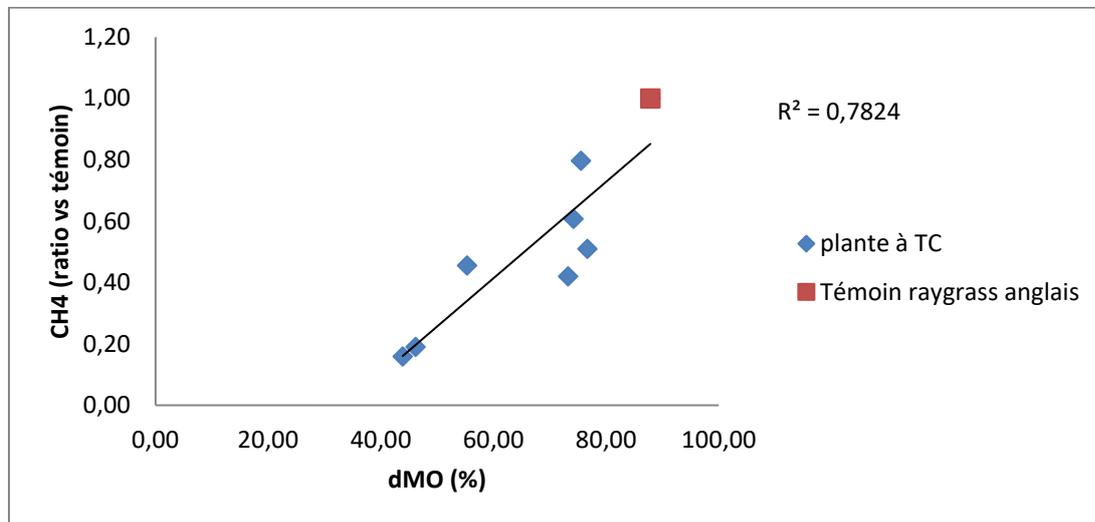


Figure 17. Relation entre production de méthane et digestibilité apparente de la matière organique (dMO) lors de la fermentation de plantes à tanins condensés.

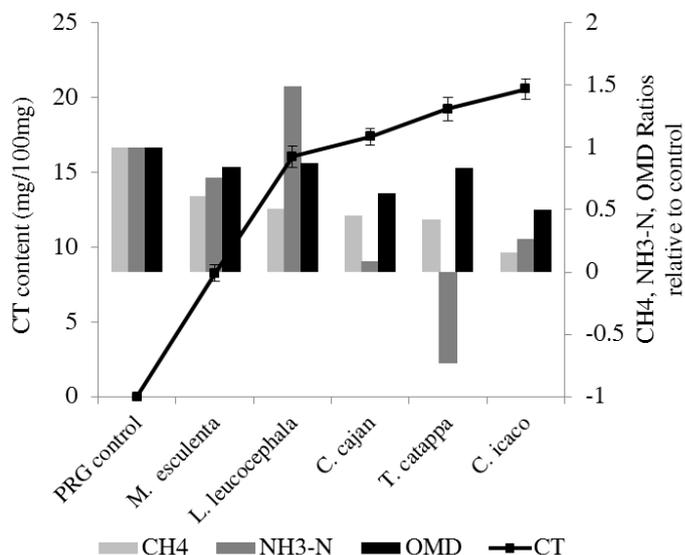


Figure 18. Effet des tanins condensés sur la digestibilité de la matière organique (OMD) et la production de CH₄ et d'ammoniaque (NH₃-N).

³⁶ Marie-Magdeleine, C., Macheboeuf, D., Philibert, L., Arece García, J., Udino, L. 2018. Various condensed tannins from tropical plants as potential multi-purpose nutraceutical in ruminant feed. In 10. International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH10) Cambridge, G.C.U.P., ed. (Clermont-Ferrand, FRA Advances in Animal Biosciences), pp. p. 381-381.

- Effets anthelminthiques

Ces travaux concernant les effets anthelminthiques sont menés dans le cadre du programme de gestion globale du parasitisme chez les petits ruminants d'élevage ovins et caprins. Des travaux menés en collaboration avec un collègue de l'URZ ont montré les limites des traitements anthelminthiques de synthèse dans les élevages de Guadeloupe (Mahieu et al., 2018; Mahieu et al., 2014)]³⁷, renforçant les observations mondiales rapportées par la littérature (Kaplan and Vidyashankar, 2012; Torres-Acosta et al., 2012; Wolstenholme et al., 2004) sur la montée en puissance de la résistance aux produits de synthèse et la nécessité d'utiliser des méthodes alternatives [Arece-García et al., 2016]³⁸. Les plantes à TC, qui présentent des effets positifs sur le contrôle du parasitisme gastro-intestinal, peuvent être utilisées en alternative, et plus particulièrement les plantes tropicales, plus riches en MSP [Archimède et al., 2018; Marie-Magdeleine, 2014a; Marie-Magdeleine, 2014b]³⁹. Nous avons donc évalué *in vitro*, l'activité anthelminthique d'une dizaine d'espèces de plantes tropicales, sur le nématode *H. contortus*, en testant leurs extraits de TC sur différents stades de développement du parasite. Des effets significativement variables sont observés selon les stades parasitaires : alors que nos résultats ont montré des effets des TC sur les stades L3 (test de dégagement) et L1 à L3 (test de développement larvaire), aucun effet significatif n'est observé sur l'éclosion des œufs et sur la migration des larves L3, à la concentration de 2.5 mg/ml {Rangassamy 2010, Geran 2011, Berchel 2012, Magdeleine 2012, Gillardot 2014}, [Marie-Magdeleine et al., 2011; Marie-Magdeleine et al., 2010a]. De plus, les effets observés sont variables selon les plantes : de 0 à 60% d'efficacité sur le développement larvaire des stades L1 à L3 (Figure 19) ; et de 0 à 99% d'efficacité sur le dégagement au stade L3 infestant, médiane 77.4%, à la concentration de 2.5 mg/ml d'extrait de TC, relativement au

³⁷ Mahieu, M., Arquet, R., **Marie-Magdeleine, C.**, 2018, Effectiveness of several anthelmintics to control a *Strongyloides* sp. outbreak in Creole-de-Guadeloupe male kids aged 7 months. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* 13, 224-227.

³⁸ Arece-García, J., López-Leyva, Y., González-Garduño, R., Torres-Hernández, G., Rojo-Rubio, R., **Marie-Magdeleine, C.**, 2016, Effect of selective anthelmintic treatments on health and production parameters in Pelibuey ewes during lactation. *Trop. Anim. Health Prod.* 48, 283-287.

³⁹ Archimède, H., **Marie-Magdeleine, C.**, Boval, M., Sauvart, D., 2018, Specificities of feeding ruminant livestock in warm areas, In: INRA (Ed.) INRA feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, p. 640.

Marie-Magdeleine, C. 2014. Phytotherapy in animal production. In 3rd International Convention "Agrodesarrollo 2014" (Varadero, Cuba).

Marie-Magdeleine, C., Archimède, H. 2014. Bioactivity of plant secondary metabolites used for animals in the French West Indies. . In 3rd International Convention "Agrodesarrollo 2014" (Varadero, Cuba.).

témoin négatif {Gustave 2016, Ariste-Zélise 2017, Figure 20}, [Marie-Magdeleine et al., 2018; Marie-Magdeleine et al., 2010a].

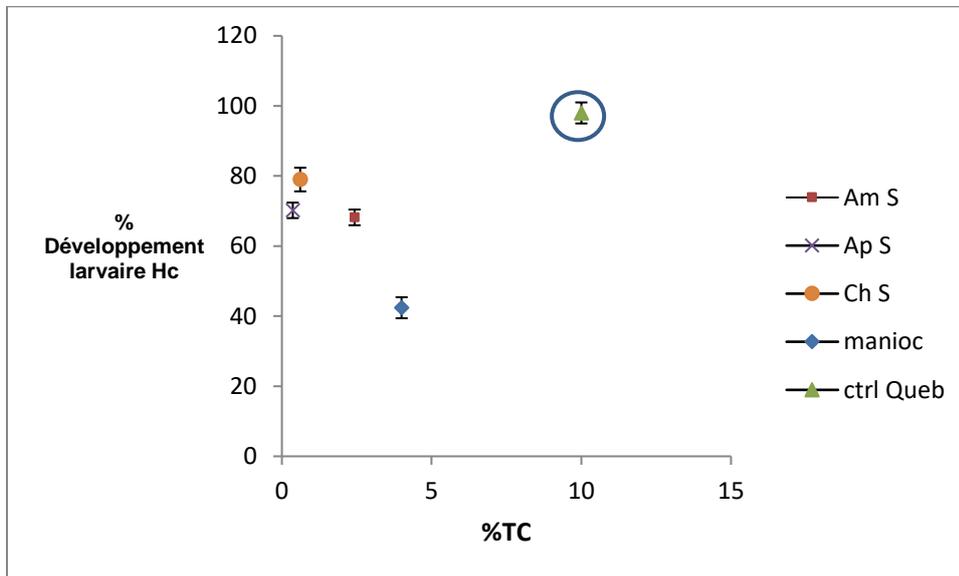


Figure 19. Effet des tanins condensés de *T. catappa* (Am), *A. altilis* var non seminifera (Ap) et *A. altilis* var seminifera (Ch) sur le développement larvaire d'*H. contortus*. S : sec. Entourée : l'espèce Quebracho, la plus riche en TC et inefficace.

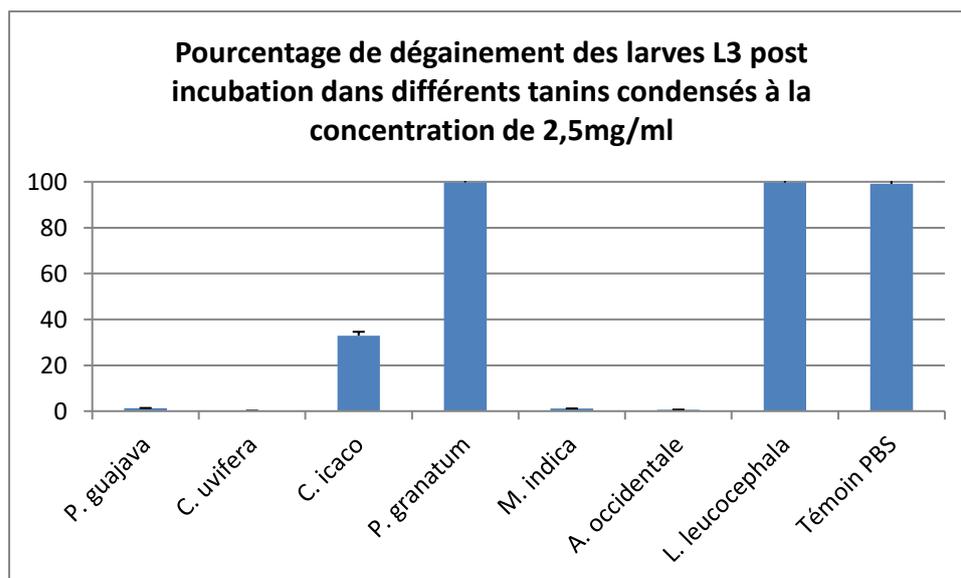
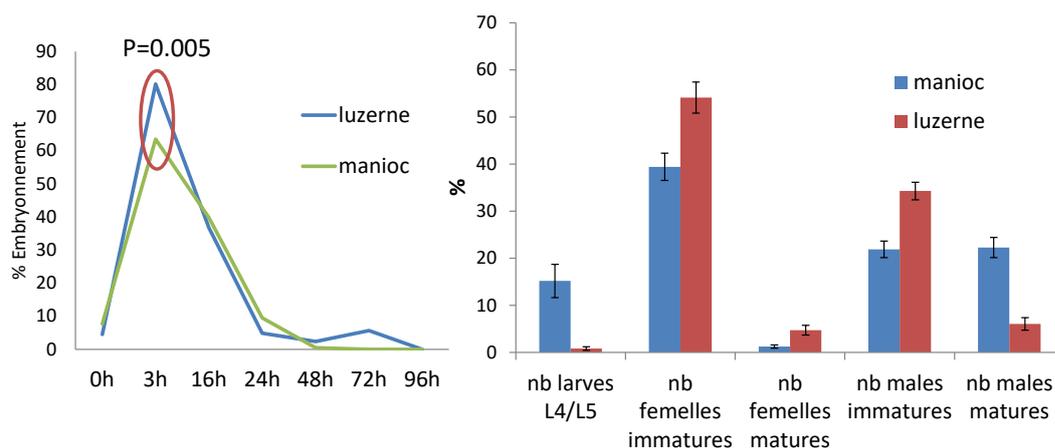


Figure 20. Effet des tanins condensés de 7 plantes, à la concentration de 2,5 mg/ml sur le dégagement des larves L3 d'*Haemonchus contortus*.

D'autre part, 2 essais *in vivo*, visant à évaluer les effets des TC sur l'infestation d'ovins et caprins par le nématode gastro-intestinal *H. contortus*, ont été réalisés à l'UE PTEA par l'URZ sur *Manihot esculenta* {Leno, 2011} et à Cuba sur *Lysiloma acapulensis*, en collaboration avec 2 équipes de Cuba et du Mexique [García-Hernández et al., 2017]⁴⁰. Des effets dose des TC ont été observés pour *Lysiloma acapulensis* avec, à la concentration de 37.5 mg/kg de poids vif, une élimination des parasites installés et donc, une réduction significative du taux d'excrétion d'œufs dans les fèces des animaux. Concernant *Manihot esculenta*, dont l'effet des TC sur *H. contortus* avait déjà été démontré [Marie-Magdeleine et al., 2010b; Marie-Magdeleine et al., 2010c]⁴¹, il a été observé qu'une administration de TC à la dose de 0.2g/kg de poids vif, ne suffisait pas à provoquer une baisse de l'excrétion d'œufs, mais que cela entraînait tout de même un effet de retardement significatif ($P < 0.05$) sur les développements : des œufs vers le stade embryonnaire, et des stades larve L4 à vers adulte (Figure 21).



A- Evolution de l'embryonnement du parasite *H. contortus* chez le mouton ayant ingéré des feuilles de manioc ou de la luzerne.

B- Répartition des stades parasitaires du parasite *H. contortus* à j16 post infestation chez le mouton à ayant ingéré des feuilles de manioc ou de la luzerne.

Figure 21. Effet d'une alimentation à base de feuilles de *Manihot esculenta* sur le développement du parasite *H. contortus* chez le mouton.

⁴⁰ García-Hernández, C., Arece-García, J., Rojo-Rubio, R., Mendoza-Martínez, G.D., Albarrán-Portillo, B., Vázquez-Armijo, J.F., Avendaño-Reyes, L., Olmedo-Juárez, A., Marie-Magdeleine, C., López-Leyva, Y., 2017, Nutraceutic effect of free condensed tannins of *Lysiloma acapulensis* (Kunth) benth on parasite infection and performance of Pelibuey sheep. Trop. Anim. Health Prod. 49, 55-61.

⁴¹ Marie-Magdeleine, C., Mahieu, M., Philibert, L., Despois, P., Archimède, H., 2010, Effect of cassava (*Manihot esculenta*) foliage on nutrition, parasite infection and growth of lambs. Small Ruminant Res. 93, 10-18.
Marie-Magdeleine, C., Udino, L., Philibert, L., Bocage, B., Archimède, H., 2010, In vitro effects of Cassava (*Manihot esculenta*) leaf extracts on four development stages of *Haemonchus contortus*. Vet. Parasitol. 173, 85-92.

Ainsi, l'évaluation globale de l'activité biologique des TC a démontré les potentiels alimentaire, fermentaire et anthelminthique des TC de plantes tropicales. Afin de poursuivre l'étude et de caractériser l'action biologique des TC, leurs propriétés anthelminthiques et alicamentaires, ainsi que leur biodisponibilité dans le tube digestif, ont été étudiées chez 3 plantes modèles : *Manihot esculenta* (Manioc), *Leucaena leucocephala* (Leucène) et *Cajanus cajan* (pois d'Angole). En effet, ces 3 plantes présentent l'avantage d'une disponibilité en biomasse et sont des ressources duales (riches en protéines et en TC), pouvant potentiellement être utilisées comme alicaments sur les exploitations agricoles. De plus, les profils chromatographiques de leurs TC sont différents.

- Caractérisation de l'action anthelminthique

Pour caractériser l'action anthelminthique, nous avons commencé par étudier les mécanismes d'action des TC, de manière indirecte, au travers de leurs effets sur des souches du parasite *H. contortus* résistantes à différents produits anthelminthiques de synthèse {Gillardot, Ceriac 2014 ; Sheikboudhou 2016} *in vitro* et *in vivo*; et en évaluant *in vivo*, l'effet des TC sur le pouvoir infestant de Larves L3 d'*H. contortus* issues d'animaux infestés et nourris avec les mêmes 3 espèces végétales modèles et leur mélange {Joachim 2019, apprentis chercheurs 2019}.

In vitro, les TC de *Manihot esculenta*, *Leucaena leucocephala* et *Cajanus cajan*, ont montré des effets significatifs sur des souches mono et multi résistantes aux Benzimidazoles et /ou Ivermectine. Ces effets significatifs sont différents selon les stades de développement du parasite et selon les souches (respectivement pour *Cajanus cajan*, *Manihot esculenta* et *Leucaena leucocephala*, souches sensibles et résistantes : 3.8 et 5.75% ; 13.4 et 10.6% ; 11.9 et 13.9% de développement larvaire moyen ; 25.5% et 90.8% ; 0% et 0% ; 100% et 100% de dégagement larvaire à 60min, à la concentration de 2.5mg/ml de TC). Ces différences observées s'expliqueraient, en partie, par les natures différentes des TC des 3 plantes modèles, mises en

évidence par les profils HPLC des extraits testés [Marie-Magdeleine, 2015, Figure 22]⁴².

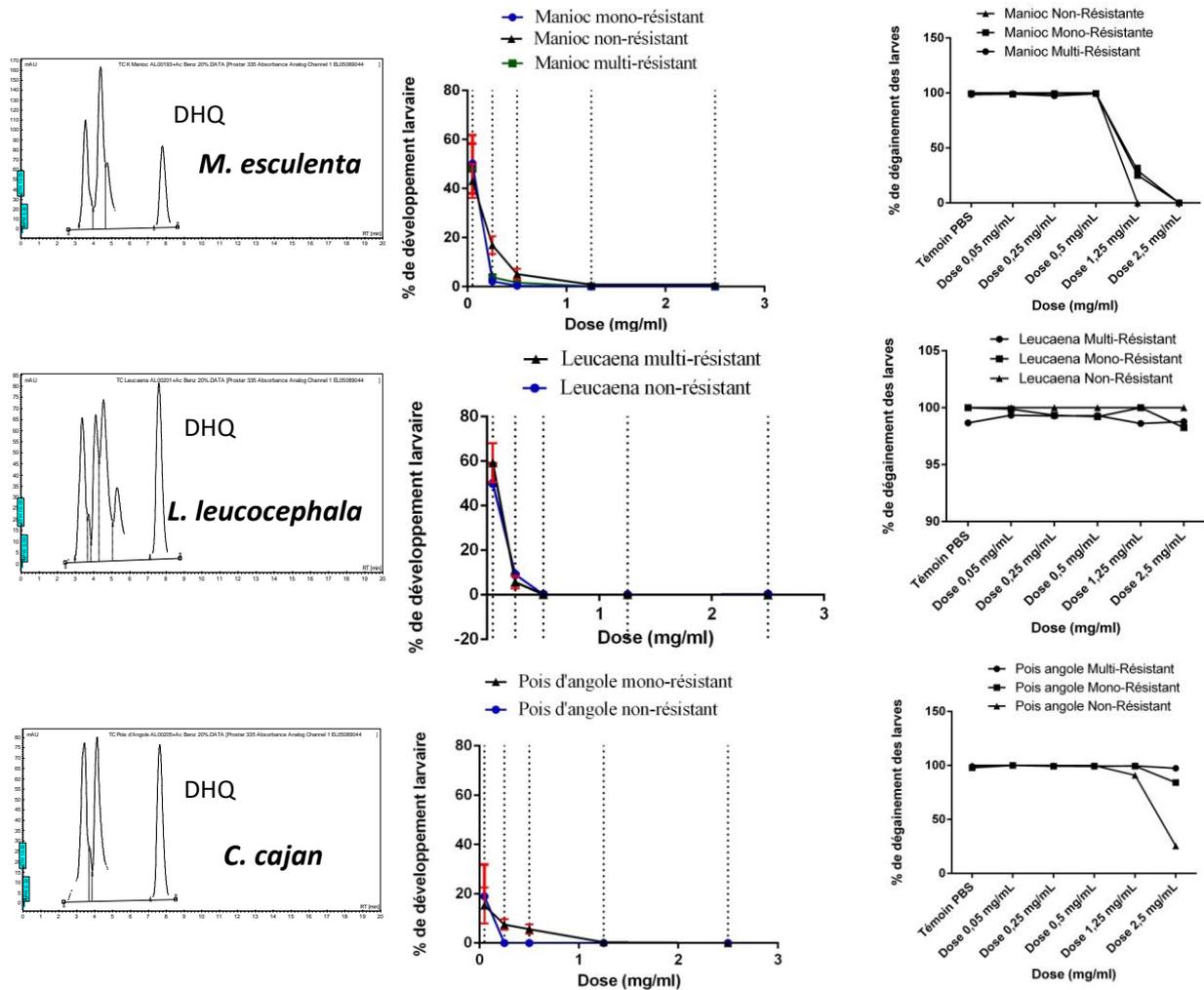


Figure 22. Profils HPLC et Effets des TC de *Manihot esculenta*, *Leucaena leucocephala* et *Cajanus cajan* sur le développement et le dégagement larvaire du parasite *H. contortus* résistant ou non aux anthelminthiques de synthèse.

⁴² Marie-Magdeleine, C. 2015. Effect of *Leucaena leucocephala* pellets on *Haemonchus contortus* infection of creole goats. In Congreso Produccion Animal tropical (La Havane, Cuba).

De plus, *Leucaena leucocephala* s'est montré efficace *in vivo* (Figure 27) sur différents stades du parasite *H. contortus* et sur des souches résistantes aux anthelminthiques de synthèse [Ceriac et al., 2018), Figure 23]⁴³. La fécondité des vers femelles du parasite est affectée : - 67.5% d'œufs *in utero* pour la souche résistante (R) vs - 51.2% pour la souche sensible (S). Le développement des parasites semble également être affecté (+6% de vers immatures par rapport au témoin à charge parasitaire constante, développement en larves infestantes L3 souche R : -71% et souche S : -91%).

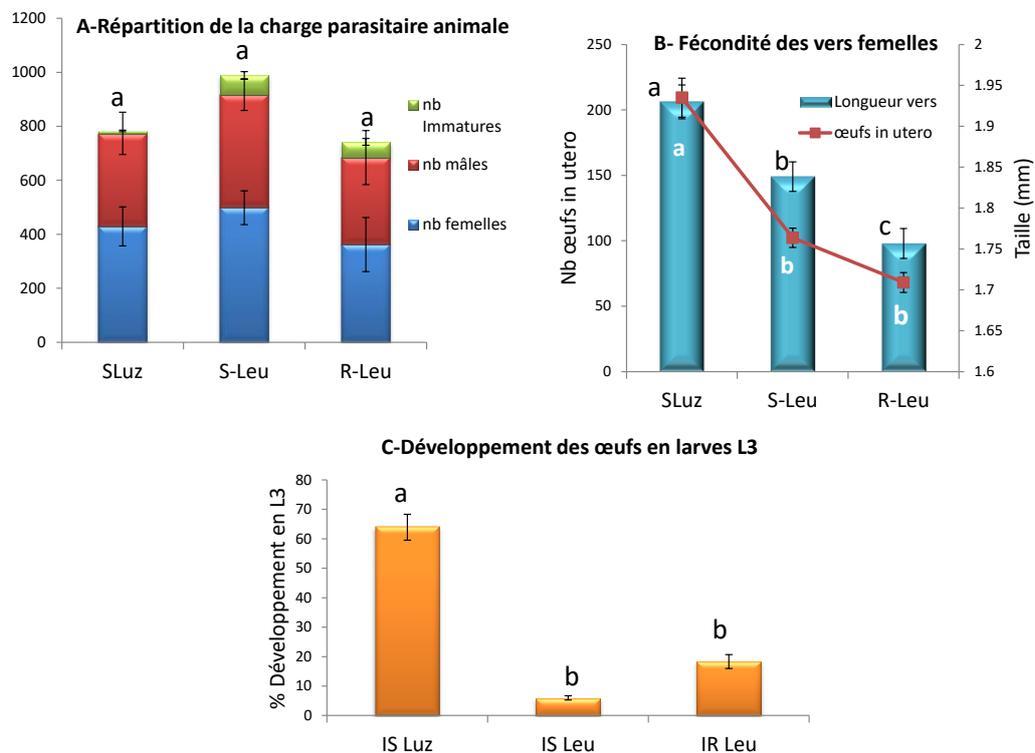


Figure 23. Effet d'une alimentation à base de *Leucaena leucocephala* sur : (A) la charge parasitaire, (B) la fécondité des vers femelles et (C) le développement des œufs d'*H. contortus* résistants (R) et sensibles (S) aux anthelminthiques de synthèse, chez le cabri.

I : infestation, luz : témoin Luzerne, Leu : *Leucaena leucocephala*.

a, b, c : Sur un schéma et pour un même groupe de variables, les moyennes ne partageant aucune lettre sont sensiblement différentes.

L'évaluation de l'effet sur le parasite suite à plus long terme, suite à l'ingestion de plante à TC par les animaux a montré que les larves d'*Haemonchus contortus*

⁴³ Ceriac, S., Marie-Magdeleine, C., Périacarpin, F., Archimède, H. 2018. Evaluation of nutraceutical properties of *Leucaena leucocephala* leaves pellets fed to Creole kids. . In ISNH conference 2-6 Sept 2018. (Clermont-Ferrand, France.).

issues d'animaux nourris avec des plantes à TC gardent leur pouvoir infestant, et il n'y a donc pas d'incidence sur l'installation des vers dans l'hôte et sur leur reproduction (pas de différence d'OPG avec le témoin). Par ailleurs, des effets variables des plantes sont observés sur le cycle du parasite. En effet, le dégagement des larves infestantes issues d'animaux infestés ayant ingéré du *Leucaena leucocephala* est significativement retardé (100% de dégagement à 70 min vs 60 min pour les autres souches et le témoin). L'ingestion des plantes à TC ou de leur mélange, par les animaux infestés par *H. contortus*, n'a pas d'effet sur le pouvoir de migration des larves infestantes au stade L3 (P=1 par rapport au témoin). D'autre part, toutes les souches issues d'animaux nourris aux plantes à TC sont sensibles aux anthelminthiques synthétique : lévamisole et ivermectine, même si on observe une sensibilité plus ou moins grande suivant la souche comparativement au témoin. Ainsi les souches issues d'animaux nourris aux : manioc pois et mélange de plantes sont très sensibles à l'ivermectine (P=1 par rapport au témoin luzerne), alors que la souche issue d'animaux nourris au *Leucaena*, présente une petite résistance (P=0.0662 par rapport au témoin). Seule la souche issue d'animaux nourris au *Leucaena leucocephala* présente une résistance au thiabendazole, comparativement au témoin luzerne (respectivement 10.8% et 26.8 % de migration, P=0.107 ; Figure 24). De plus, l'exposition aux TC de ces 3 plantes n'entraîne pas d'apparition de résistance à la seconde génération du parasite. En effet, pour les larves issues d'animaux ayant ingéré du *Leucaena leucocephala*, malgré une tendance à la résistance au thiabendazole observée à la première génération, les souches de la deuxième génération exposées aux TC, restent sensibles aux anthelminthiques de synthèse (développement larvaire, P=1 par rapport au témoin). En outre, une consommation des TC par les animaux infestés, entraîne une fragilisation des œufs du parasite (respectivement - 35.5%, - 58.6%, -60.8% et - 40.9% de développement larvaire par rapport au témoin, respectivement pour *Leucaena leucocephala*, *Manihot esculenta*, *Cajanus cajan* et leur mélange). Enfin, contrairement aux 3 autres traitements, l'alimentation au *Cajanus cajan* des animaux infestés, influe significativement sur le développement larvaire à plus long terme. En effet, la deuxième génération de larves issues d'animaux nourris au *Cajanus cajan* présente une inhibition du développement larvaire de 85% du stade L1 au stade L3. Cela est le reflet d'une caractéristique

structurale particulière de cette plante, impliquant des effets différents (Figure 25).

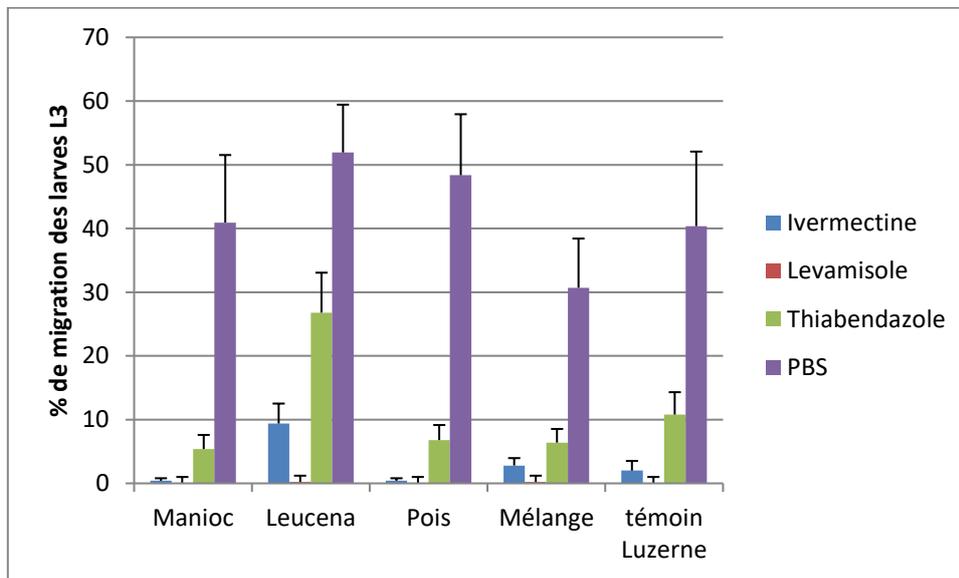


Figure 24. Effet des molécules anthelminthiques sur la migration larvaire de souches d'*Haemonchus contortus* issues d'animaux ayant ingéré les plantes à tanins condensés : *Manihot esculenta* (Manioc), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Cajanus cajan* (Pois), et leur mélange.

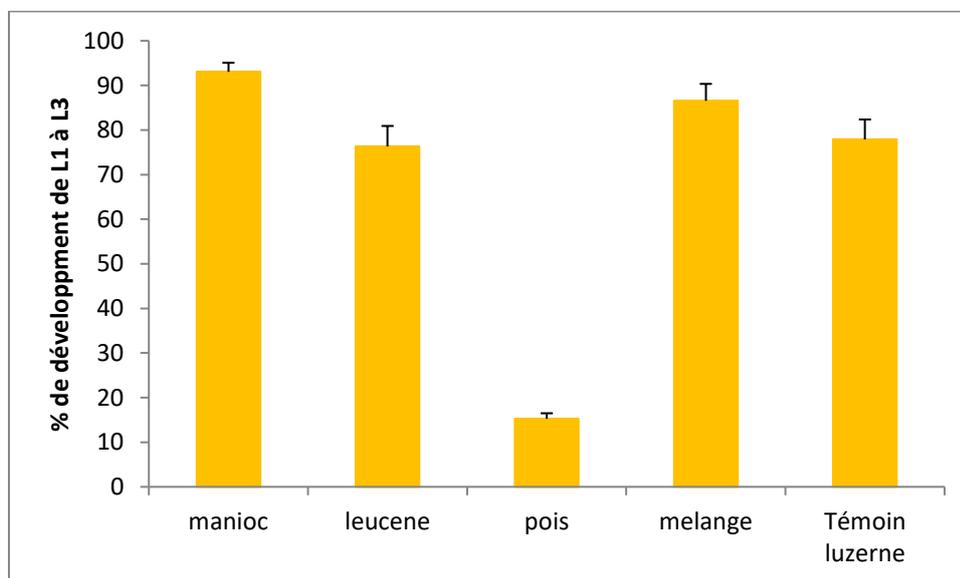


Figure 25. Développement larvaire des stades L1 à L3 de souches d'*Haemonchus contortus* issues d'animaux ayant ingéré les plantes à tanins condensés : *Manihot esculenta* (manioc), *Leucaena leucocephala* (leucene), *Cajanus cajan* (pois), et leur mélange.

D'autre part, nous avons approfondi l'étude par l'évaluation des relations structure-activité des TC des 3 espèces végétales modèles *in vitro*. Les différences d'effets observés entre les 3 modèles d'espèces à TC ont mis en évidence leurs différentes compositions en TC et des relations composition/structure et activité {Constant 2016}. En effet, quatre paramètres structuraux rentrent en compte dans la bio-réactivité des TC : (i) le type de sous-unités flavan-3-ol donnant lieu à deux classes principales de tanins condensés, les procyanidines (PC) et les prodelphinidines (PD), différenciées par la présence d'un hydroxyle supplémentaire sur le Cycle B (ii) La taille des tanins matérialisée par le degré moyen de polymérisation (mDP), (iii) la stéréochimie (cis ou trans) du cycle C de la sous-unité flavan-3-ol, (iv) la présence de groupes galloyls sur le noyau C (Ramsay et al., 2016; Zeller, 2019). D'autre part, les TC réagissent différemment en fonction de la structure de la protéine à laquelle ils sont confrontés (Zeller, 2019).

Nos résultats montrent que les propriétés anthelminthiques des 3 plantes modèles dépendent de la dose et varient en fonction du profil des TC. Les différentes compositions de TC et de flavan-3-ols libres dans les extraits pourraient expliquer ces effets. En effet, parmi les 3 modèles végétaux, les TC de *Manihot esculenta* sont les plus riches en PD (ratio PC/PD = 0.16, *versus* 0.85 pour *C. cajan*, et 0.59 pour *L. leucocephala*), et en groupes galloyls (*M. esculenta* 37.44%, *L. leucocephala* 26.44% et *C. cajan* 0%), [Marie-Magdeleine et al., 2018]⁴⁴, expliquant ainsi leur meilleure réactivité observée sur le développement larvaire du parasite ($EC_{50}=0.195$ mg/ml, *versus* 0.489 pour *L. leucocephala* et 0.934 pour *C. cajan*). D'autre part, les extraits de feuilles de *L. leucocephala* et *C. cajan* ont des teneurs en flavanols libres de type PD supérieures et proches (Figure 26), expliquant leurs effets supérieurs à celui de *Manihot esculenta* sur l'inhibition du dégagement larvaire du parasite (respectivement $EC_{50}=0.3$; 0.364 et 0.489 mg/ml). Enfin, un effet synergique des 3 espèces végétales a été démontré pour l'inhibition du dégagement larvaire du parasite *H. contortus in vitro* (réduction de l' EC_{50} de 20% par rapport à la valeur moyenne attendue). Cet effet synergique, qui n'a pas été

⁴⁴ Marie-Magdeleine, C., Macheboeuf, D., Philibert, L., Arece García, J., Udino, L. 2018. Various condensed tannins from tropical plants as potential multi-purpose nutraceutical in ruminant feed. In 10. International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH10) Cambridge, G.C.U.P., ed. (Clermont-Ferrand, FRA Advances in Animal Biosciences), pp. p. 381-381.

mis en évidence sur le développement larvaire du stade L1 au stade L3, pourrait être dû à une synergie TC-TC ou TC-flavanols libres [Minatchy et al., soumis]⁴⁵.

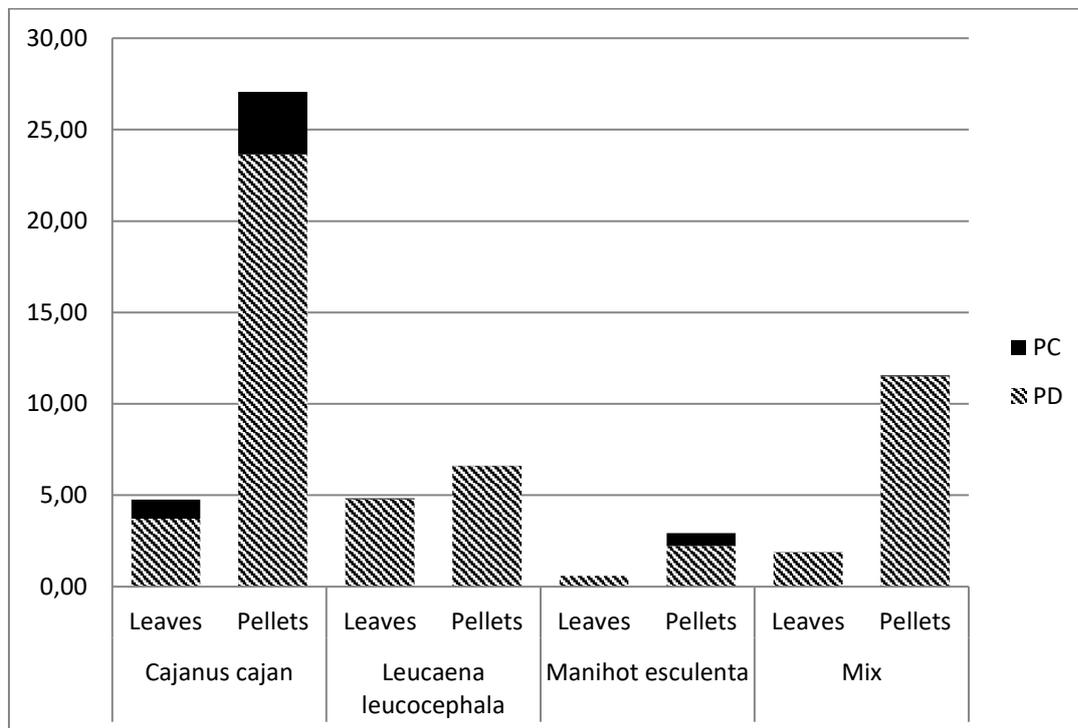


Figure 26. Teneurs en flavanols libres de types procyanidine (PC) et prodelphinidine (PD), dans les extraits de feuilles et granulés de *Manihot esculenta*, *Cajanus cajan*, et de leur mélange en quantités égales (Mix).

- Caractérisation de l'action alicamentaire

Les 3 espèces modèles sélectionnées l'ont été, entre autres, pour leur caractère dual (présence de protéines et de TC). En parallèle de l'évaluation des modes d'action anthelminthiques, il a aussi été question d'évaluer les effets nutritionnels et santé (alicamentaires) de ces ressources. Des effets alicamentaires ont été mis en évidence sur *Manihot esculenta in vivo*, dont l'ingestion des feuilles permet une complémentation protéique assurant une résilience des animaux face au parasitisme (même niveau de PCV que le témoin négatif), {Leno, 2011}. D'autre part, le *Leucaena leucocephala* (TC : 7.5 % MS) a montré *in vivo* un effet dose avec

⁴⁵ Minatchy N., Archimède H., Philibert L., Silou T., Félicité Y., Marie-Magdeleine C. Effect of CT diversity, synergy and pelleting treatment on *in vitro* anthelmintic activity against *Haemonchus contortus*. Soumis à Veterinary Parasitology.

une inhibition significative de l'infestation par *H. contortus* (OPG : -80%), quand les quantités ingérées sont importantes (>50%MSI). Les performances de croissance des animaux enregistrées avec le *Leucaena leucocephala*, atteignent 80% du potentiel des animaux (avec un gain moyen quotidien de 57,1 vs 71,3 g / j respectivement pour *Leucaena leucocephala* et le témoin luzerne ; Figure 27). Le *Leucaena leucocephala* présente une valeur alimentaire élevée, avec une appétibilité et une digestibilité de la MS similaire à celle du témoin luzerne (respectivement taux de MS ingérée par les animaux 79,3 vs 77,0 ; et digestion totale de la MS 0,585 vs 0,620), {Ceriac 2014}, [Ceriac et al., 2018; Marie-Magdeleine, 2015]⁴⁶. Ces travaux ont fait l'objet d'une publication soumise⁴⁷.

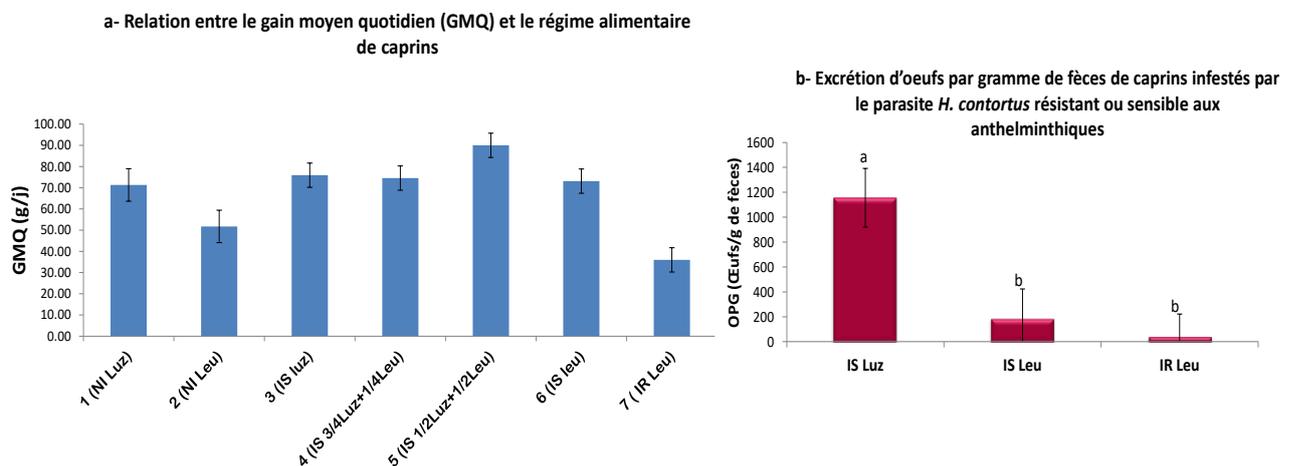


Figure 27. Effet d'une alimentation à base de *Leucaena leucocephala* sur (a) la croissance et (b) l'excrétion des œufs d'*H. contortus* résistants (R) et sensibles (S) aux anthelminthiques de synthèse, chez le cabri.

I : infestation, luz : témoin Luzerne, Leu : *Leucaena leucocephala* ; a, b, c : Sur un schéma et pour un même groupe de variables, les moyennes ne partageant aucune lettre sont sensiblement différentes.

⁴⁶ Ceriac, S., Marie-Magdeleine, C., Périacarpin, F., Archimède, H. 2018. Evaluation of nutraceutical properties of *Leucaena leucocephala* leaves pellets fed to Creole kids. In ISNH conference 2-6 Sept 2018. (Clermont-Ferrand, France.).

Marie-Magdeleine, C. 2015. Effect of *Leucaena leucocephala* pellets on *Haemonchus contortus* infection of creole goats. In Congreso Produccion Animal tropical (La Havane, Cuba).

⁴⁷ Marie-Magdeleine C., Ceriac S., Barde D J., Nathalie Minatchy N., Periacarpin F., Pommier F., Calif B., Philibert L., Bambou J-C., Archimede H. Evaluation of nutraceutical properties of *Leucaena leucocephala* leaf pellets fed to goat kids infected with susceptible and resistant strains of *Haemonchus contortus* Soumis à BMC Veterinary research, Open access.

En outre, des rations mixtes, à raison de 50% de la matière sèche ingérée, de *Leucaena leucocephala*, *Manihot esculenta* et *Cajanus cajan*, isolés ou mélangés en proportions égales, permettent de fortes croissances de chevreaux (71g/j), comparables à celles obtenues avec le témoin luzerne (*Medicago sativa*) et réduisent significativement l'excrétion fécale d'œufs d'*H. contortus*. Comparativement au témoin luzerne, les effets de *Manihot esculenta* ont été les plus faibles (-33% d'excrétion 28j post infestation), suivi du mélange des 3 espèces (-42%), tandis que ceux de *Leucaena leucocephala* (-67%) et *Cajanus cajan* (-52%) sont équivalents. Post infestation, les croissances sont supérieures à celle obtenues avec la luzerne (respectivement 15.9 ; 22.7 ; 47.0 ; 61.7 et 37.6 ; g/j pour *Medicago sativa*, *Manihot esculenta*, *Cajanus cajan*, *Leucaena leucocephala*, et le mélange de ces 3 dernières plantes). D'autre part, les ressources ne montrent pas d'effet synergique *in vivo* (Garin 2018)⁴⁸, comme déjà observé *in vitro* pour le test de développement larvaire.

Même si la bio-activité des TC est avérée, leur évolution au sein du tube digestif et leur disponibilité sont cependant mal connus. Une meilleure connaissance du transit des TC participerait, en effet, à mieux appréhender les modalités d'administration de la ressource végétale riche en TC. En prenant comme modèle *Manihot esculenta*, nous avons donc étudié la biodisponibilité des TC, au travers de l'évaluation de leur digestibilité par l'animal, à l'occasion d'un essai d'alimentation réalisé à l'URZ {Gonte C. 2016 ; Christine W. 2017}. L'analyse quantitative des TC des contenus digestifs ruminiaux et fécaux, montre que ceux-ci seraient « biodisponibles » au sein de l'animal. En effet, les TC sont bien digérés (coefficient de digestibilité CUD>80%) et n'ont pas été retrouvés sous forme de flavonoïdes. Des résultats allant dans le même sens ont été observés avec le Sainfoin et la pellicule de noisette (Quijada, 2015), réfutant ainsi l'hypothèse émise de non digestibilité des TC dans certains cas (Rochfort et al., 2008; Terrill et al., 1994). Ces résultats préliminaires montrent que les TC seraient complètement disponibles dans la caillette de l'animal (siège de l'infestation par *H. contortus*). De plus, il semblerait qu'il y ait, entre la caillette et l'intestin, une absorption

⁴⁸ Garin, M. 2018. Etude de la valeur alicamentaire d'une association de plantes dans le traitement des maladies gastrointestinales chez les chevreaux. Master2, Université des Antilles.

des TC dans l'animal (complexation des TC au niveau du rumen par exemple) et /ou une métabolisation, autre qu'en flavonoïdes, qui ne rendrait pas les métabolites détectables par la méthode de dosage utilisée (Figure 28). La mesure des flavanols libres, que nous avons mise en place au laboratoire, permettra de compléter l'étude en ce sens.

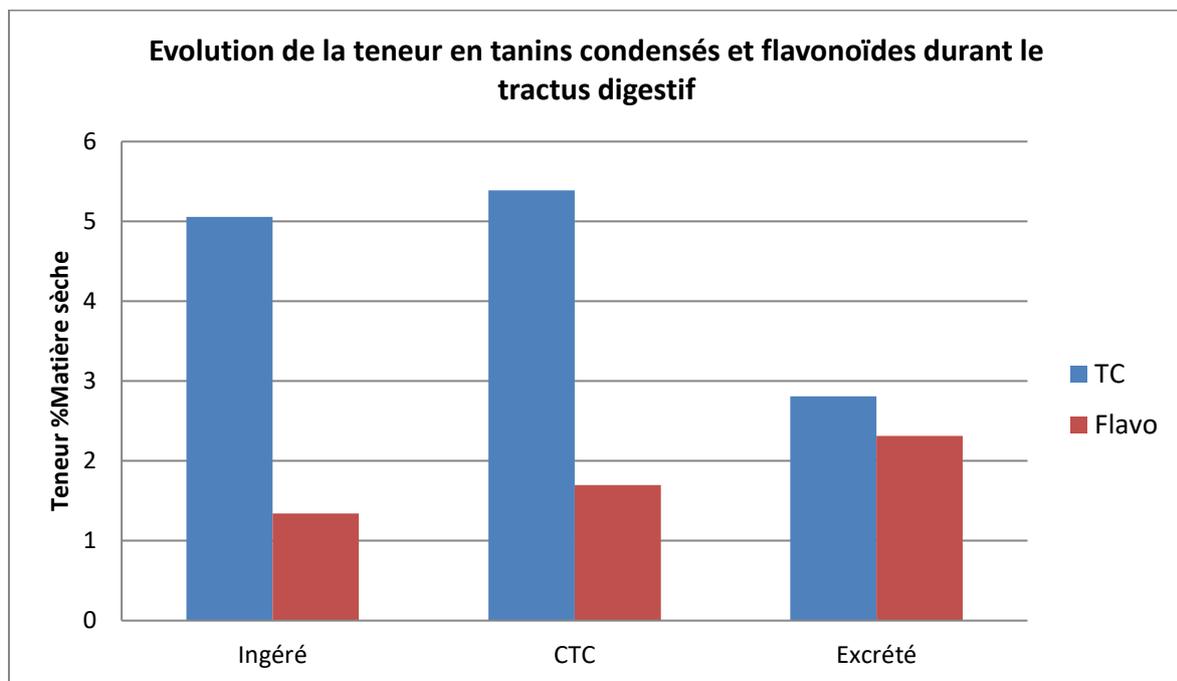


Figure 28. Evolution de la teneur en tanins condensés et flavonoïdes de *Manihot esculenta*, lors du transit dans le tube digestif de caprin. TC : tanins condensés ; CTC : contenu total caillette.

B.2.2. Application en système d'élevage de petits ruminants : Conception et utilisation d'un granulé alicamentaire anthelminthique

Nos travaux sur la connaissance biologique des TC ont montré un réel potentiel alicamentaire à visée anthelmintique, des ressources à TC, parmi lesquelles le *Manihot esculenta*, le *Leucaena leucocephala* et le *Cajanus cajan*, disponibles sur les exploitations agricoles [Marie-Magdeleine and Archimède, 2015]. D'après nos résultats, pour que ces plantes aient une activité anthelminthique, il faut qu'elles soient consommées à raison de 75 à 150g de produit frais (soit 15 à 30g de produit

sec), par kilo de poids vif. Ces ressources doivent être transformées et conditionnées pour en faciliter l'utilisation, tout en conservant leur activité alicamentaire. Il s'est donc agi pour nous de travailler à une innovation technologique, remplissant cette fonction, et adaptée aux caractéristiques des systèmes polyculture-élevage de Guadeloupe.

En effet, dans un contexte agro-écologique et de plus grande autonomie de l'exploitation agricole, il s'agit de valoriser au mieux la biomasse présente (composée pour partie de ressources alimentaires non conventionnelles et co-produits), en tenant compte de sa diversité et de sa variabilité (espèces, climat, sol), dans le but de mettre au point un granulé aux propriétés alicamentaires anthelminthiques. L'objectif est également de proposer une technologie nécessitant peu d'investissement, avec des opérations unitaires facilement accessibles pour l'agriculteur (cueillette, séchage, granulation).

Dans le cadre de la thèse de N. Minatchy, une étude a été menée concernant l'impact du traitement thermique (facteurs de variation : site de récolte, conditions de séchage/déshydratation) sur la teneur en TC. La teneur en TC de *Manihot esculenta*, *Leucaena leucocephala* et *Cajanus cajan* a été évaluée en fonction du site de récolte et des modalités de séchage {Calabre 2013, Dahomé 2013 ; Mounien 2016}. Suite à cette étude, un granulé à base de feuilles séchées des 3 plantes a été fabriqué et testé *in vitro* sur le parasite *H. contortus*; et *in vivo* sur des cabris à l'auge, expérimentalement infestés par le parasite *H. contortus* {Constant 2016, Ceriac 2014, Garin 2018}. Parallèlement, la valeur alimentaire du granulé des 3 plantes a été évaluée.

Une forte variation des teneurs en TC est observée en fonction des espèces végétales, des zones de récoltes, et des modalités de séchage (Figures 29 et 30). Le séchage artificiel à 45°C réduit les teneurs en TC de plus de 50%, et une forte variabilité est observée lors du séchage sous serre. Cette dernière peut être due aux caractéristiques physicochimiques de la ressource qui rendraient le séchage plus ou moins long. Le séchage sous serre, qui est le meilleur compromis technico-économique, a été retenu pour la fabrication du granulé évalué *in vitro* et *in vivo*. La granulation n'a pas dénaturé les propriétés de la ressource. Elle a diminué l'efficacité des extraits mais n'a pas annulé l'activité anthelminthique *in vitro*, avec

75 à 85% d'efficacité sur le développement larvaire, et 40 à 63% sur le dégagement larvaire d'*H. contortus*. Les valeurs santé et nutritionnelles ont été préservées, avec, *in vivo*, une réduction de l'infestation parasitaire des animaux de 33 à 67% par rapport au témoin luzerne; et une augmentation de la croissance des animaux (gain moyen de poids quotidien) post infestation, de 6.8 ; 31.1 ; 45.8 et 21.7 g/j respectivement pour *Manihot esculenta*, *Cajanus cajan*, *Leucaena leucocephala*, et le mélange de ces 3 dernières plantes. D'autre part, un effet synergique des 3 espèces végétales, et sensiblement augmenté par la granulation (+3%), a été démontré pour l'inhibition du dégagement larvaire du parasite *H. contortus in vitro*. Cependant, cet effet synergique du mélange des granulés des 3 plantes n'a pas été observé *in vivo* sur le potentiel antiparasitaire, comparativement aux granulés individuels. De plus, en fonction de la nature de la plante, la granulation entraîne, à même teneur de TC, une évolution variable de la dégradabilité des matières azotées, avec une augmentation significative de 46.6% pour *Leucaena leucocephala*, pas de différence significative pour le *Cajanus cajan*, et une diminution significative de 10.7% pour *Manihot esculenta*. Pour *Manihot esculenta* Par ailleurs, ces mêmes granulés ont montré leur efficacité individuelle pour la réduction des émissions de méthane et pour leur effet transit chez les animaux [Rira et al., 2015]. Les résultats sur la granulation et ses effets alicamentaires ont fait l'objet de 4 publications, dont 3 soumises et une acceptée⁴⁹.

⁴⁹ Minatchy, N., **Marie-Magdeleine, C.**, Calif, V., Félicité, Y., Periacarpin, F., Deloumeau, C., Pommier, F., Archimède, H., 2019, Dichanthium hay combined with green cassava foliage or pelleted cassava foliage as fed for Black Belly rams. Trop. Anim. Health Prod.

Minatchy N., Archimède, Philibert L., Silou T., Félicité Y., **Marie-Magdeleine C.** Effect of CT diversity, synergy and pelleting treatment on in vitro anthelmintic activity against *Haemonchus contortus*. Soumis à Veterinary Parasitology.

Minatchy N., **Marie-Magdeleine C.**, Calif V., Periacarpin F., Godard X. and Archimède H. Comparison of the degradation of *Leucaena leucocephala*, *Manihot esculenta* and *Cajanus cajan* foliage in green and pelleted form using a nylon bag in the rumen method. Soumis Journal of Animal Science and Biotechnology, Open Access.

Marie-Magdeleine C., Ceriac S., Barde D J., Nathalie Minatchy N., Periacarpin F., Pommier F., Calif B., Philibert L., Bambou J-C., Archimède H. Evaluation of nutraceutical properties of *Leucaena leucocephala* leaf pellets fed to goat kids infected with susceptible and resistant strains of *Haemonchus contortus*. Soumis à BMC Veterinary research, Open access.

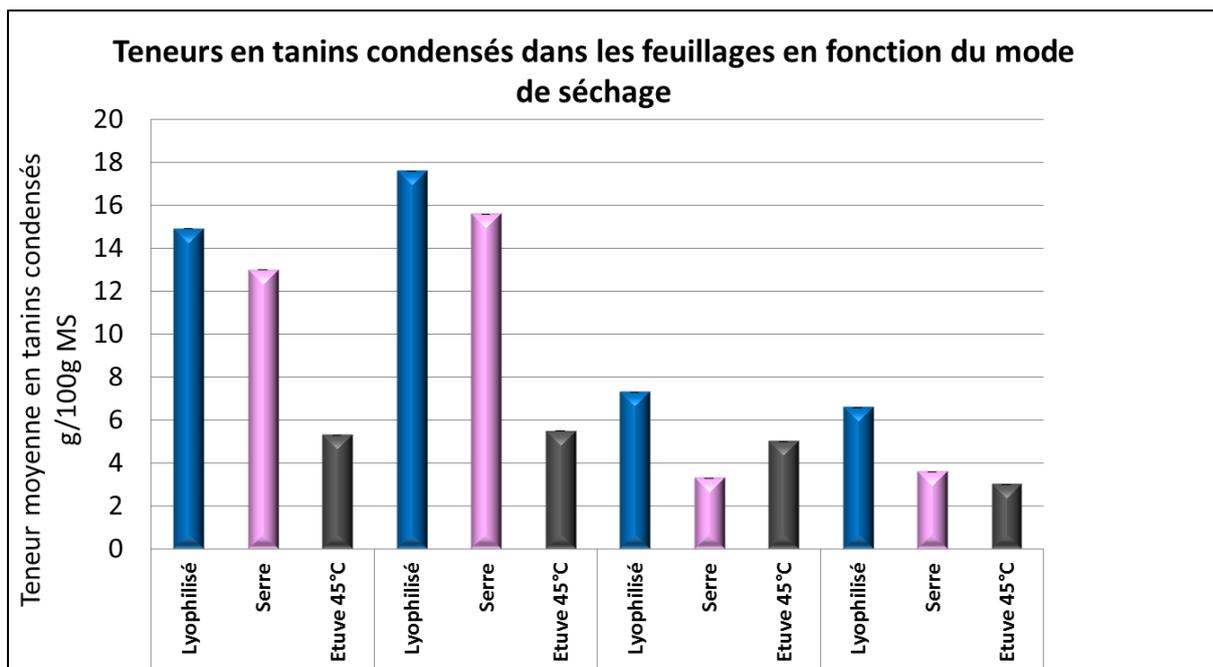


Figure 29. Effet du mode de séchage (étuve 45 °C, sous serre ou lyophilisation) sur la teneur en tanins condensés de feuilles de *Manihot esculenta* (manioc), *Leucaena leucocephala* (Leucaena), *Cajanus cajan* (pois d'angle).

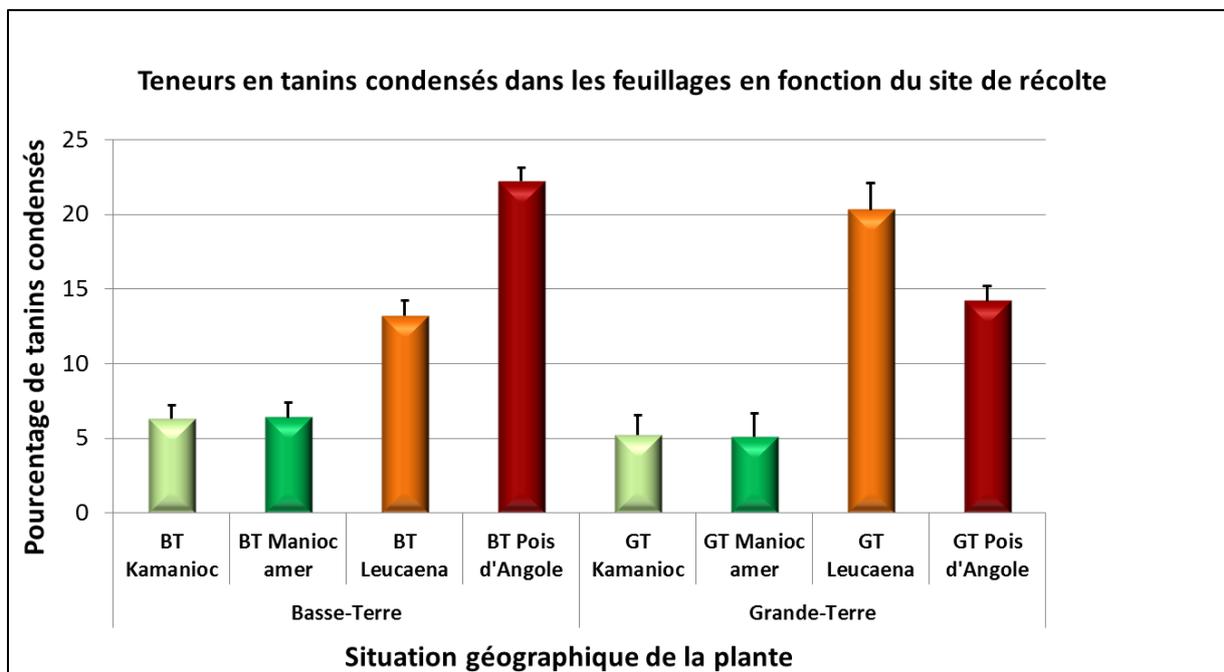


Figure 30. Teneurs en tanins condensés des feuilles de *Manihot esculenta* (manioc), *Leucaena leucocephala* (Leucaena), *Cajanus cajan* (pois d'angle) en fonction des zones de récoltes en Guadeloupe. Grande-Terre (GT) et Basse-Terre (BT).

B.3- Conclusions-perspectives

L'étude des TC, pour leurs effets biologiques applicables en productions animales, a validé leurs effets nutritionnels, fermentaires et anthelminthiques. Les TC ont des effets dépressifs sur les émissions de CH₄ et sur l'excrétion d'œufs de nématodes gastro-intestinaux par les animaux. De plus, la fécondité des vers et les œufs des parasites semblent fragilisés. Les profils fermentaires et les effets sur les stades parasitaires étant variables avec la structure des TC, le lien structure-activité a donc été mis en évidence.

Afin d'enrichir la base de données pour la compréhension des effets des TC sur les profils fermentaires, d'autres espèces végétales sont en cours d'analyse. Par ailleurs, l'étude sur le volet nutritionnel se poursuit, quant à elle, par l'étude de ressources alimentaires duales, en lien avec les travaux réalisés à l'unité, portant sur l'effet alimentaire de ressources protéiques, parmi lesquelles se retrouvent des plantes à TC. Elle se poursuit par ailleurs, dans le cadre du projet ANR « protein3 », dans lequel je dirige un volet visant à la caractérisation de ressources végétales protéiques.

En outre, les différences de réactivités des TC sur les différents stades parasitaires s'expliquent, selon la dose, mais sont également liées à la structure chimique. Par exemple, d'après nos résultats, les TC à prodelphinidines seraient plus efficaces sur le développement du parasite, tandis que les monomères à prodelphinidines seraient davantage efficaces sur le dégainement larvaire. L'analyse de la base de données que nous avons constituée nous permettra, en partie, d'approfondir ce volet concernant le lien structure-activité par la suite. En complément, une étude plus poussée des différences structurales permettra de mieux appréhender les différences d'action, et les interactions TC-protéines en cause. Dans cette logique, j'encadre actuellement le stage de Master 2 de R. Bernier⁵⁰, qui, suite à une mise au point des tests antiparasitaires {Lambourde 2018}, a pour objectif de caractériser le lien structure-activité anthelminthique, et le mode d'action, d'autres TC modèles de compositions/structures extrêmes connues (ratio PC/PD,

⁵⁰ Bernier R. 2019, Caractérisation de la sensibilité du parasite *Haemonchus contortus* aux produits anthelminthiques et aux tanins condensés issus de plantes tropicales. Master 2 en sciences, technologies et santé, Mention : biologie santé, Université des Antilles.

stéréochimie cis-trans, teneur en galloyls, ...), et issus des études de caractérisation chimique. L'étude en cours avec l'INRA UMRH pour les profils fermentaires de ces mêmes échantillons complètera les connaissances, dans la même logique.

Pour l'utilisation des plantes alicamentaires à TC, nous avons mis au point un process de séchage des plantes, et démontré que le process de séchage-granulation, que nous utilisons, est adapté à un usage alicamentaire du *Manihot esculenta*, du *Cajanus cajan* et du *Leucaena leucocephala*. De plus ce process préserve des effets alimentaires et anthelminthiques. En outre, le mélange des 3 ressources montre un effet synergique contre le parasitisme par le nématode *H. contortus*. D'autre part, des quantités de plantes à TC permettant de traiter les animaux contre le parasitisme gastro-intestinal, tout en assurant leur bonne croissance, ont été déterminées. Il s'agit maintenant d'affiner les valeurs en étudiant un schéma posologique.

Chapitre 3- Activités d'encadrement

J'assure des activités de formation par la recherche via l'encadrement de stagiaires et de doctorants. J'encadre régulièrement des stagiaires (découverte, méthodologie, recherche) dans le cadre de mes activités au sein de l'URZ⁵¹.

Pour la période 2010-2019, j'ai encadré 66 stages : 15 stages de découverte de 3ème, 12 de BTS-DUT et infirmier, 5 TIPE⁵² de classes Préparatoires aux grandes écoles, 19 stages de Licence niveau L3, 5 de Master1/ingénieur 2ème année, 9 de Master2 et 1 stage pôle-emploi. Cette activité d'encadrement couvre l'élaboration des sujets de stages et des protocoles expérimentaux, ainsi que la coordination, le suivi du travail, l'aide à la rédaction et l'évaluation du travail du stagiaire. Je co-encadre actuellement une thèse, à hauteur de 50%, sur les aspects de l'élaboration et de la conduite de protocoles expérimentaux, sur les orientations stratégiques et le suivi du travail de recherche (Nathalie Minatchy⁵³, UA, direction H. Archimède). La soutenance de ce travail portant sur la mise au point d'alicaments anthelminthiques pour les petits ruminants, est prévue pour début 2020.

L'ensemble de mes activités d'encadrement (répartition et durées) pour la période 2009-2019, et déclinées selon mes deux volets de recherche, est synthétisé sur les Figures 31 et 32, ci-après.

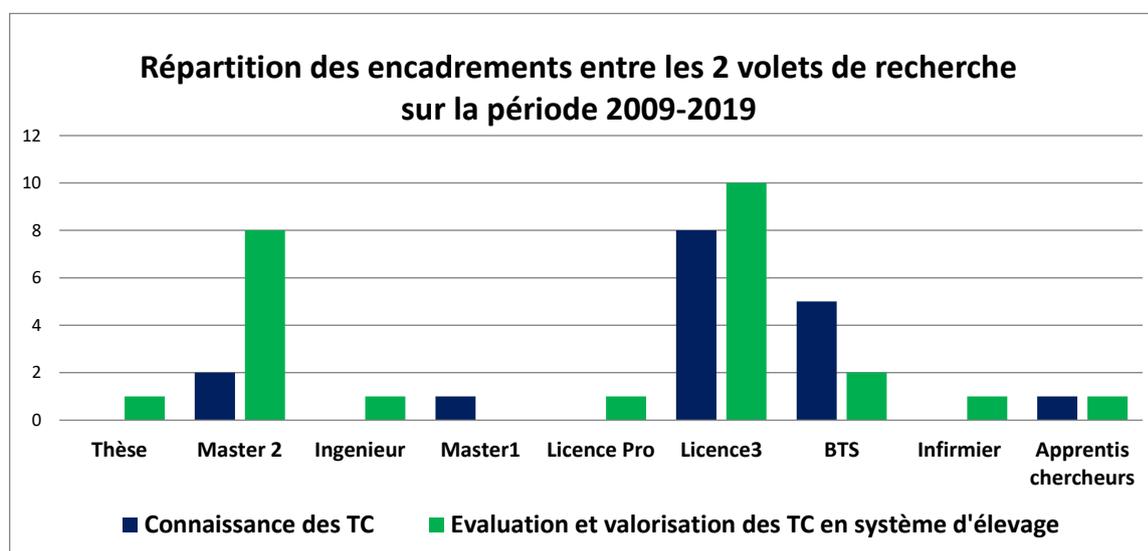


Figure 31. Encadrements 2009-2019 selon les volets de recherche « connaissance des tanins condensés » et « Evaluation et valorisation des tanins en système d'élevage ».

⁵¹ Voir annexe 2, stages encadrés.

⁵² Travail d'Initiative Personnelle Encadré.

⁵³Thèse Nathalie Minatchy. « Autonomie à la ferme : Mise au point et évaluation d'une stratégie de valorisation de biomasse à des fins alicamentaires (anthelminthiques) pour les petits ruminants ».

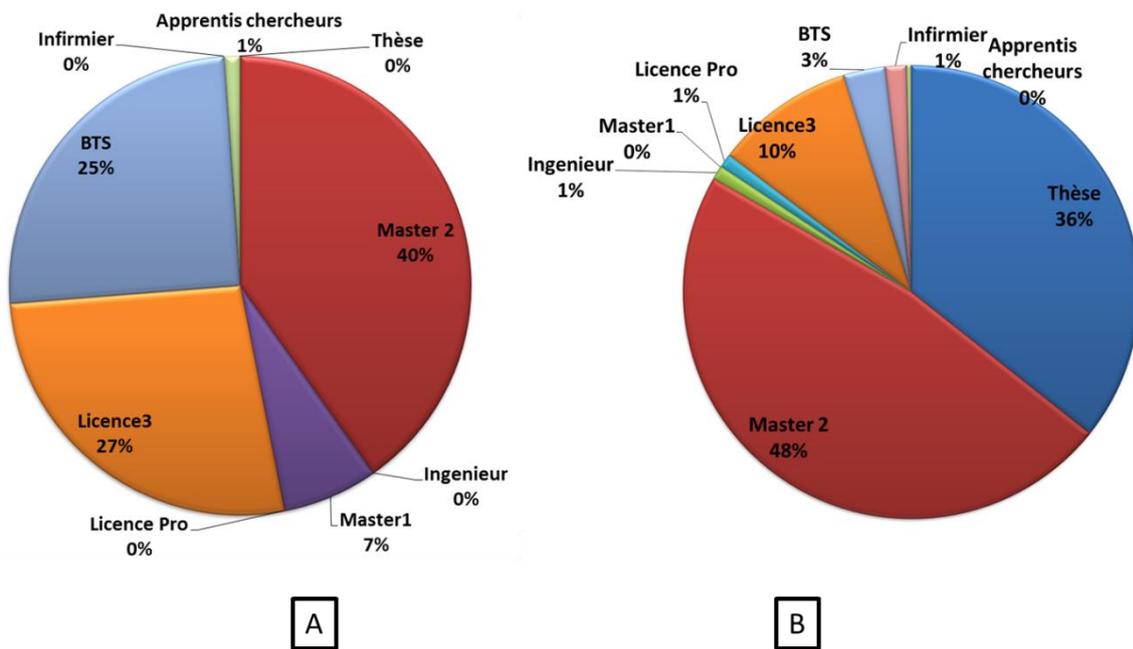


Figure 32. Répartition du temps d'encadrement entre les différents niveaux d'études, pour les volets de recherche "connaissance des TC" (A) et « Evaluation et valorisation des TC en système d'élevage» (B), sur la période 2009-2019.

Chapitre 4- Autres activités

J'ai pu conduire ma thématique de recherche en parallèle d'autres responsabilités, en termes de management et d'enseignement/formation :

4.1- Animation et pilotage de plateforme laboratoire

Sur la période 2007-2019, j'ai assuré le management de l'équipe de la plateforme laboratoire de l'URZ, qui est au service des équipes de recherche pluridisciplinaires de l'unité. Cette équipe, composée d'un assistant ingénieur et de 4 techniciens de la recherche (dont 1 CDD/ an), est donc polyvalente avec une compétence analytique large (50 000 déterminations/an). L'objectif général de la plateforme laboratoire est la réalisation d'analyses de qualité dans des délais courts, et le développement de nouvelles méthodologies pour le collectif des chercheurs. Durant ces 12 années, il s'est agi pour ma part, de concevoir l'organisation du travail et de piloter les orientations générales du laboratoire (stratégie analytique, budget), afin d'assurer une performance en cohérence avec les objectifs du projet d'unité. J'ai, pour atteindre cet objectif, animé l'équipe du laboratoire tout en assurant la montée en compétences des agents, afin de permettre une meilleure autonomie de fonctionnement. Depuis juin 2019, je me consacre à 100% à mes activités de recherche.

4.2- Enseignement/ formation

J'assure des activités d'enseignement et de formation par la recherche via des cours dispensés à l'Université des Antilles (UA) et la formation de collègues.

J'assure des enseignements à l'UA (34,3 heures / an : cours magistraux, Travaux Dirigés, Travaux Pratiques et évaluations) en : chimie organique, chimie organique industrielle, zootechnie, chimie analytique des aliments et en qualité en analyses,

pour des étudiants en Licence de chimie, Licence professionnelle, DUT génie biologique. Je conçois et dispense les cours magistraux, travaux dirigés et travaux pratiques, selon les programmes officiels établis. En lien avec les enseignements, pour les disciplines les plus appliquées et s'y prêtant, je conçois, j'organise et assure les visites d'étudiants sur le site de l'INRA, afin de permettre aux étudiants d'aborder concrètement l'utilisation des équipements et des méthodologies.

De plus, j'assure ou organise la formation de collègues aux techniques de laboratoire: biotests anthelminthiques (Cuba 2010-2015-2016), analyses chimiques (Haïti 2011, Cuba 2017), Parasitologie (Cuba 2015-2016, La Réunion 2014).

Chapitre 5- Responsabilités administratives et collectives

En marge de mon activité scientifique, je suis en charge de la démarche qualité au sein de l'unité. De plus, je participe à des instances dans et hors INRA :

5.1- Animation qualité

Je suis animatrice qualité de l'URZ et responsable qualité du centre de ressources biologiques (CRB) « Production et santé Animales » (PSA) INRA/CIRAD. En synergie avec la direction et en lien avec les animateurs scientifiques, les correspondants qualité et les responsables de plateformes de l'INRA et du CIRAD, je mets en œuvre la démarche qualité dans le cadre du CRB (norme NF S96-900, norme ISO 9000), et du référentiel qualité INRA. Soucieuse de la rigueur qu'impose une activité de recherche de qualité, je m'attache à mener ma mission qualité et ma mission de recherche en gardant à l'esprit l'importance croissante des questions de propriété intellectuelle, de réglementation, d'intégrité et d'éthique.

5.2- Participation à des instances internes ou externes à l'INRA

J'ai accepté la participation à des jurys : de concours INRA en tant que membre ou présidente (1 AI (2009), 2TR (2011-2017), 1 AI (2014)), à des jurys blancs CIPP TR-AI-IE (2010-2015). J'ai intégré le groupe de travail pour la restructuration du Centre INRA Antilles Guyane (AG) afin de mener une réflexion pour faire évoluer l'organisation globale au niveau des laboratoires du centre.

Je m'implique aussi dans la mise en œuvre du schéma de centre AG en participant à des instances :

J'ai participé à la conception du programme opérationnel laboratoire et recherche ; j'ai intégré le groupe de travail « Programme Opérationnel AgroEcoDiv » pour la conception du projet et du programme de recherches de ce projet FEDER porté par la direction de l'URZ.

Par ailleurs, je suis membre du comité de gestion des CRB CARARE et PSA. De plus, je suis membre de la commission locale des systèmes d'information du centre INRA AG (CLSI). En outre, je suis représentante de l'administration suppléante, au sein de la commission locale de formation permanente (CLFP) du centre INRA AG. Enfin, je suis représentante de l'administration suppléante, au sein de la commission administrative paritaire locale (CAPL) du centre INRA AG.

Chapitre 6- Publications et communications scientifiques

Mes travaux de recherche ont, pour le moment été valorisés par 19 articles de rang A, parus ou acceptés au 1^{er} octobre 2019. De plus, 5 autres articles ont été soumis aussi à des revues de rang A, et 2 sont en cours de rédaction (à court terme, ma production scientifique comptera 26 articles) :

Minatchy N., Archimède H., Barde D.J., Dahomé L., Labirin F., Calif B., **Marie-Magdeleine, C.**, 2019. Effect of two agro-pedo-climatic zones, drying methods and pelleting process on chemical composition of *Manihot esculenta (sp.)*, *Leucaena leucocephala* and *Cajanus cajan*. African Journal of Biotechnology. Accepté.

Minatchy, N., **Marie-Magdeleine, C.**, Calif, V., Félicité, Y., Periacarpin, F., Deloumeau, C., Pommier, F., Archimède, H., 2019, Dichanthium hay combined with green cassava foliage or pelleted cassava foliage as fed for Black Belly rams. Trop. Anim. Health Prod. Accepté

Mahieu, M., Arquet, R., **Marie-Magdeleine, C.**, 2018, Effectiveness of several anthelmintics to control a Strongyloides sp. outbreak in Creole-de-Guadeloupe male kids aged 7 months. Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports 13, 224-227.

García-Hernández, C., Arece-García, J., Rojo-Rubio, R., Mendoza-Martínez, G.D., Albarrán-Portillo, B., Vázquez-Armijo, J.F., Avendaño-Reyes, L., Olmedo-Juárez, A., **Marie-Magdeleine, C.**, López-Leyva, Y., 2017, Nutraceutical effect of free condensed tannins of *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) benth on parasite infection and performance of Pelibuey sheep. Trop. Anim. Health Prod. 49, 55-61.

Garduño, R.G., López Arellano, M.E., Mendoza de Gives, P., García, J.A., **Marie-Magdeleine, C.**, Torres Hernández, G., Oliva Hernández, J., Hinojosa-Cuéllar, J.A., 2017, Comparative response of IgA and IgG activity and hematological parameters among four main beef-cattle breeds infected with gastrointestinal nematodes in the warm humid tropic of Mexico. Annals of Animal Science 17, 1-15.

Rira, M., Morgavi, D.P., Popova, M., **Marie-Magdeleine, C.**, Silou-Etienne, T., Archimède, H., Doreau, M., 2016, Ruminal methanogens and bacteria populations in sheep are modified by a tropical environment. Anim. Feed Sci. Technol. 220, 226-236.

Arece-Garcia, J., Lopez-Leyva, Y., Gonzalez-Garduno, R., Torres-Hernandez, G., Rojo-Rubio, R., **Marie-Magdeleine, C.**, 2016, Effect of selective anthelmintic treatments on health and production parameters in Pelibuey ewes during lactation. Trop. Anim. Health Prod. 48, 283-287.

Archimède, H., Rira, M., Barde, D.J., Labirin, F., **Marie-Magdeleine, C.**, Calif, B., Periacarpin, F., Fleury, J., Rochette, Y., Morgavi, D.P., Doreau, M., 2016, Potential of tannin-rich plants, *Leucaena leucocephala*, *Glyricidia sepium* and *Manihot*

esculenta, to reduce enteric methane emissions in sheep. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 100, 149-1158.

Rira, M., Morgavi, D.P., Archimède, H., **Marie-Magdeleine, C.**, Genestoux, L., Bousseboua, H., Doreau, M., 2014. Effect of tropical plants containing condensed tannins on fermentation, digestibility and methane production in sheep. In: Livestock, climate change and food security conference, Madrid.

Renaudeau D, Brochain J, Giorgi M, Bocage B, Hery M, Crantor E, **Marie-Magdeleine C**, Archimede H. 2014. Banana meal for feeding pigs: digestive utilization, growth performance and feeding behavior. Animal 8, 565-571.

Marie-Magdeleine, C., Udino, L., Philibert, L., Bocage, B., Archimede, H., 2014, *In vitro* effects of *Musa x paradisiaca* extracts on four developmental stages of *Haemonchus contortus*. Res. Vet. Sci. 96, 127-132.

Archimède, H., Eugène, M., **Marie Magdeleine, C.**, Boval, M., Martin, C., Morgavi, D.P., Lecomte, P., Doreau, M., 2011, Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. Anim. Feed Sci. Technol. 166-167, 59-64.

Archimède H., G.J.-L., Fanchone A., Alexandre G., **Marie-Magdeleine C.**, Calif E., Fleury J., A.C., Renaudeau D., 2011, Le bananier et ses produits dans l'alimentation animale. Innovations Agronomiques 16 181-192.

Marie-Magdeleine, C., Boval, M., Philibert, L., Borde, A., Archimède, H., 2010, Effect of banana foliage (*Musa x paradisiaca*) on nutrition, parasite infection and growth of lambs. Livestock Science 131, 234-239.

Marie-Magdeleine, C., Mahieu, M., D'Alexis, S., Philibert, L., Archimede, H., 2010, *In vitro* effects of *Tabernaemontana citrifolia* extracts on *Haemonchus contortus*. Res. Vet. Sci. 89, 88-92.

Marie-Magdeleine, C., Mahieu, M., Philibert, L., Despois, P., Archimède, H., 2010, Effect of cassava (*Manihot esculenta*) foliage on nutrition, parasite infection and growth of lambs. Small Ruminant Res. 93, 10-18.

Marie-Magdeleine, C., Udino, L., Philibert, L., Bocage, B., Archimede, H., 2010, *In vitro* effects of Cassava (*Manihot esculenta*) leaf extracts on four development stages of *Haemonchus contortus*. Vet. Parasitol. 173, 85-92.

Marie-Magdeleine, C., Liméa, L., Etienne, T., Lallo, C.H.O., Archimède, H., Alexandre, G., 2009, The effects of replacing *Dichanthium* hay with banana (*Musa paradisiaca*) leaves and pseudo-stem on carcass traits of Ovin Martinik sheep. Trop. Anim. Health Prod., 1-8.

Marie-Magdeleine, C., Hoste, H., Mahieu, M., Varo, H., Archimede, H., 2009, *In vitro* effects of *Cucurbita moschata* seed extracts on *Haemonchus contortus*. *Vet. Parasitol.* 161, 99-105.

Conclusion - Perspectives

Conclusion, synthèse des réalisations

Ma compétence en pharmacognosie, originale sur le Centre INRA Antilles-Guyane, a contribué à renforcer les thématiques en alimentation et santé, développées dans le cadre du projet d'Unité. D'autre part, en plus de mettre à profit mon expertise dans le cadre interdisciplinaire de l'unité, je collabore à des projets de recherche contractualisés avec d'autres équipes nationales ou internationales. Tout au long de ma carrière, j'ai pu faire évoluer mes missions d'animation-pilotage d'une plateforme laboratoire et de conception-coordination d'un programme de recherches propre. Les compétences que j'ai développées en tant que responsable de la plateforme laboratoire, constituent un atout majeur pour instaurer des collaborations fructueuses et développer de nouvelles méthodologies.

L'ensemble de mes réalisations est illustré dans le tableau 2. Mes travaux de recherche, menés sont déjà valorisés par 56 publications et communications. De plus, 5 articles supplémentaires sont soumis et 2 sont en cours de rédaction, pour lesquels j'apparais en tant que premier ou dernier auteur, dans des revues internationales de référence (cf Annexe 1, liste des publications). Je suis régulièrement sollicitée pour de l'enseignement, de l'encadrement, de l'expertise dans des jurys et des comités de thèse, et pour des collaborations internationales (4 co-publications et 4 invitations à communication orale entre 2014 et 2019).

Tableau2. Bilan des réalisations

Production scientifique h-index : 8 (WOS)	Articles de rang A	Chapitres d'ouvrages	Communications /posters internationales	Communications/posters nationales	Documents / articles de vulgarisation
	19	5	23	9	18
Encadrement d'étudiants	Bac+2	Bac+3	Bac+4	Bac+5	Doctorat
	11	19	5	9	1
Referee /Jury	Comités de thèse	Jury de thèse	Jury professionnel	Reviewer	Jury d'examens
	3	1	4	26	1
Collaborations	nationales	internationales	réseaux	Nb de Pays	3
	5	4	1		
Organisation d'événements	Séminaires scientifiques		Journées techniques		
	2		1		

Perspectives

Une partie de mes travaux de recherche en cours et à venir s'inscrit dans la continuité des travaux engagés, via les perspectives ouvertes par les conclusions de recherches. Je souhaite, d'autre part, engager de nouveaux travaux en rupture avec ma thématique, notamment, dans le cadre de la lutte contre les tiques. De plus, je travaille à l'élaboration d'un réseau collaboratif en zone tropicale autour de l'utilisation des plantes pour les productions animales.

II.1- Les travaux amorcés dans la continuité des travaux engagés

De par leur potentiel multi-actif, les TC présentent l'intérêt d'être intégrables au régime alimentaire des ruminants. L'emploi de plantes locales riches en TC contribuerait à l'autonomie de la ferme et à augmenter sa productivité de manière durable. Il est donc nécessaire de rechercher des outils pour leur utilisation, de manière optimale, sur l'exploitation. Ainsi, sur la base des travaux d'inventaires (enquêtes de terrain, littérature) et d'essais expérimentaux, il s'agit d'une part, de dégager des lois générales de l'usage possible des TC ; et d'autre part, de rechercher de nouvelles applications à développer.

Sur la thématique actuelle, les nouveaux travaux s'orienteront vers des volets de pharmacologie et de méthodologie prédictive de la caractérisation et de l'activité biologique des TCs. Ces travaux, dans la continuité de ceux déjà engagés, viendront compléter le volet portant sur l'étude des modes d'action biologique.

- *Volet pharmacologie :*

L'effet des TC sur le parasitisme interne des petits ruminants par les nématodes gastro-intestinaux a été démontré. De plus, un intervalle de concentrations actives et non-toxiques a été testé sur les animaux, avec des plantes modèles. Il s'agit maintenant d'affiner ces concentrations actives et de travailler à l'élaboration d'un schéma posologique des alicaments, adapté aux systèmes

d'élevages (effet-doses, modalités d'administration), selon les différents TC caractérisés.

En complémentarité, afin de travailler à des stratégies efficaces d'utilisation des plantes à TC, il s'agit aussi de répondre, de manière plus approfondie à certaines questions de recherche, concernant le mode d'action des TCs (lien structure-activités, effet synergique,..), en étudiant le métabolisme et les mécanismes d'action (antiparasitaires, digestif, émission de GES et NH₃), des tanins condensés post ingestion. Cela passera par la recherche, notamment via des méta-analyses de données, mais aussi via la métabolomique, de bio-marqueurs/ indicateurs, pour la prédiction des réponses animales et des impacts sanitaires, métaboliques, nutritionnels et environnementaux des TC, chez les petits ruminants, en lien avec la caractérisation fine des TC. Il s'agit là d'aboutir à un modèle de prédiction de la réponse des animaux et de l'efficacité des molécules. Ce projet se construit dans le cadre de collaborations avec des équipes de l'INRA (Unités MoSAR et UMRH), de l'UA COVACHIM M2E, ainsi que l'EEPFH de Cuba (projet AgroEcoDiv T2, 1 doctorant, 2 Master 2).

- *Volet méthodologie prédictive :*

Des effets variables des TC sont observés, et leur complexité de structure et de composition rend leur quantification difficile. Cette dernière passe, jusque-là, par des méthodologies lourdes et coûteuses (LC-MS, dosages colorimétriques, extractions multiples). La Spectrométrie dans le Proche Infra Rouge (méthodologie SPIR), utilisée en industrie agro-alimentaire et en agriculture, pourrait être une alternative aux dosages classiques, tout en permettant une caractérisation rapide des plantes à TC.

De plus, il s'agit plus largement d'évaluer comment l'exploration des potentiels de la technologie SPIR et de la chimométrie, pourrait contribuer à développer la connaissance (teneur et potentiel bio-actif) et de quantifier l'apport des plantes tropicales à TC : sur la santé animale, particulièrement contre le parasitisme gastro-intestinal ; dans les domaines alimentaire et environnemental, sur les aspects fermentaires liés aux émissions de gaz à effet de serre, des petits

ruminants d'élevage. Ainsi, il s'agira de coupler les bases de données issues des travaux phytochimiques, et celles issues des recherches sur la bio-activité alicamentaires et fermentaires des ressources végétales à TC ; à la SPIR, pour participer à quantifier la relation entre le couple nature-concentration TC et les différentes bio-activités.

L'objectif est une analyse qualitative et quantitative haut débit des plantes à TC, en passant par la méthodologie PIR, afin d'aboutir à un outil de prédiction de la bio-activité de la ressource sur la santé, la production et les émissions des animaux. Pour cela, un projet est en cours, avec l'EEPFIH de Cuba, l'INRA-UMRH. Il nécessitera dans un proche avenir, l'appui d'un stage de Master 2 et de stages de Licence. Ce travail sera aussi renforcé par un projet de collaboration avec l'Unité MoSAR.

II.2- Les travaux engagés dans une nouvelle orientation

- *Thématique santé animale : nématodes gastrointestinaux et tiques résistants*

Suite à plusieurs échanges avec les éleveurs (expérimentations, journées techniques, participations à manifestations), et aux travaux menés en collaboration à l'URZ [Mahieu, 2014; Mahieu et al., 2018]⁵⁴, force est de constater une aggravation de la problématique de résistance aux produits anthelminthiques de synthèse au cours de ces dernières années. Face à ce constat, j'ai déjà réorienté mes travaux vers l'évaluation de l'activité des TC sur les parasites résistants. En effet, les études menées jusque-là concernaient l'effet des MSP sur parasites sensibles, et ne reflètent donc pas la problématique actuelle, à savoir l'installation dans les élevages, de parasites résistants. C'est ainsi que j'ai initié des travaux sur l'étude de l'effet des TC sur des souches de parasites résistants à diverses molécules de synthèse {Lambourde L. 2018 ; Ariste-Zélise M. 2017}. Il s'agit

⁵⁴ Mahieu, M., Arquet, R., Marie-Magdeleine, C., 2018, Effectiveness of several anthelmintics to control a *Strongyloides* sp. outbreak in Creole-de-Guadeloupe male kids aged 7 months. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* 13, 224-227.

d'étudier la relation structure-activité des TC, le rôle des flavanols libres contenus dans les extraits de TC sur ces souches résistantes. Ces travaux sont poursuivis courant 2019, avec l'appui d'un stage de Master 2, co-encadré avec l'EEPFIH de Cuba ; et d'un CDD en 2019-2020, tous deux financés par le projet CPER CRB.

En outre, d'après la littérature (Patra and Saxena, 2009), d'autres MSP comme les saponines, peuvent présenter le même intérêt pluriactif (alimentation, santé et environnemental) que les TC Il serait donc, à mon sens, intéressant d'étudier l'efficacité de plantes tropicales riches en saponines, dans la même logique que celles à TC, pour leurs valeurs alimentaires, santé et fermentaires chez les petits ruminants, avec en parallèle leur caractérisation chimique.

D'autre part, depuis peu, on assiste localement à l'apparition de résistances des tiques bovines face aux produits de synthèse. Mon expérience sur les MSP en productions animales peut me permettre de m'engager dans une nouvelle orientation thématique de valorisation des plantes comme acaricide, afin de contribuer, dans une démarche agroécologique, à la résolution de cette problématique des éleveurs bovins de Guadeloupe. Ce projet sera développé dans le cadre des programmes de lutte intégrée et de préservation des races locales menés à l'URZ. J'ai d'ailleurs initié un premier travail de screening phytochimique de plantes acaricides {Peler J. 2018}, en me fondant sur la base de données d'enquêtes ethnovétérinaires réalisées durant ma thèse. De plus, afin de me familiariser avec les méthodologies, j'ai collaboré en 2019, à une étude sur l'activité acaricide de plantes tropicales avec l'équipe de l'Université de Rio de Janeiro. Ce travail a abouti à la soumission d'un article⁵⁵. Un encadrement de thèse est envisagé sur le sujet, en Guadeloupe, notamment en collaboration avec les équipes de l'école vétérinaire de Sidi Thabet en Tunisie, de l'Université de Rio de Janeiro au Brésil, et de la station EEPFIH à Cuba, spécialisées sur la problématique des tiques. Ce travail peut être appuyé par des stages de niveau licence et Master.

⁵⁵ Da Silva L. C., de Souza Perinotto W. M., de Araujo S á F., Alves de Souza M. A., de Oliveira Barbosa Bitencourt R., Sanavria A., Azevedo Santos H., da Costa Angelo I., **Marie-Magdeleine C.** In vitro acaricidal activity of *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus* and *Mentha arvensis* against *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). Soumis *Experimental Parasitology*, Open Access.

- *Réseaux collaboratifs*

Dans une démarche d'ouverture, de visibilité, et afin de faire encore évoluer mon projet de recherche vers l'innovation autour des MSP, j'ai pour ambition de contribuer au positionnement international de l'URZ. Je souhaite, en ce sens, développer un réseau collaboratif dans la zone tropicale, pour l'utilisation des plantes en productions animales. Dans la continuité des rencontres effectuées lors des congrès internationaux, l'idée est de créer un réseau Caraïbéen (Mexique, Cuba, Costa Rica, Panama, Brésil...) et plus largement tropical (Indonésie, Inde, Afrique), de pays confrontés à des problématiques similaires en termes d'infections parasitaires, et avec lesquels il serait possible d'envisager le développement d'outils innovants et génériques en matière de santé et bien-être animal. Dans cette démarche et dans le cadre du projet collaboratif Vepeleia⁵⁶, nous avons, en lien avec ma collègue chargée de la médiation scientifique, initié le développement d'un site internet, afin d'assurer la visibilité et la communication des travaux engagés dans le domaine, avec nos différents partenaires.

⁵⁶ VEPELEIA : Valorisation et Efficience des Plantes en ELEvage pour un Impact sanitaire et Alicamentaire.
<https://www6.antilles.inra.fr/vepeleia/>

II.3- Les moyens mis en œuvre

Les futurs travaux de recherche seront financés pour les 5 années à venir, par au moins 4 projets contractualisés, dans lesquels je suis impliquée pour coordonner des tâches ou volets de recherche (WorkPackage), avec la participation de futurs stagiaires dont j'assurerai l'encadrement (voir Tableau 2. ci-après).

Tableau 3. Moyens collaboratifs et d'encadrement pour la réalisation des futurs projets

Période prévisionnelle de démarrage	Projet /collaboration	Objectif/ thème scientifique étudié	Partenaires	Encadrement prévu
2019	Subvention ambassade de France à Cuba	Méthodologie prédictive SPIR Evaluation d'alicament	EEPFIH	1 doctorant et/ ou 1 Master2
2019	CPER CRB	Souches <i>H. contortus</i> résistantes	URZ-CIRAD ASTRE ⁵⁷	1 Master2, 1CDD
2020	FEDER AgroEcoDiv Tranche 2	Caractérisation chimique des TCs	URZ- ASTRO- COVACHIM M2E	1 Master2
2020	Projet PHC Evaluation de plantes antiparasitaires	Schéma posologique, effets anthelminthique et acaricide	Université Rio de Janeiro- EEPFIH- Ecole vétérinaire Sidi Thabet	1 doctorant et/ ou 1 Master2

⁵⁷ Unité Mixte de Recherches Animal Santé Territoires Risques Ecosystèmes.

Références bibliographiques citées

- Acamovic, T., Brooker, J.D., 2005. Symposium on "Plants as animal foods: a case of catch", biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. In: *Proceedings of the nutrition society Edinburgh*, 19 april 2004, pp. 403-412.
- Archimède, H., Alexandre, G., Mahieu, M., Fleury, J., Petro, D., Garcia, G.W., Fanchone, A., Bambou, J.-C., Marie-Magdeleine, C., Gourdine, J.-L., Gonzalez, E., Mandonnet, N., 2014, *Agroecological Resources for Sustainable Livestock Farming in the Humid Tropics*, In: Ozier-Lafontaine, H., Lesueur-Jannoyer, M. (Eds.) *Sustainable Agriculture Reviews 14: Agroecology and Global Change*. Springer International Publishing, Cham, pp. 299-330.
- Archimède, H., Bambou, J., Cei, W., Ceriac, S., Minatchy, N., Marie-Magdeleine, C. 2016a. Interactions nutrition parasitisme gastro-intestinal et alicaments, *Revue de la littérature*. In 52nd CFCS Annual Meeting Meeting, Guadeloupe, July 10-16, 2016.
- Archimède, H., Eugène, M., Marie Magdeleine, C., Boval, M., Martin, C., Morgavi, D.P., Lecomte, P., Doreau, M., 2011, Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166-167, 59-64.
- Archimède, H., Marie-Magdeleine, C., Boval, M., Sauvant, D., 2018, Specificities of feeding ruminant livestock in warm areas, In: INRA (Ed.) *INRA feeding system for ruminants*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, p. 640.
- Archimède, H., Rira, M., Barde, D.J., Labirin, F., Marie-Magdeleine, C., Calif, B., Periacarpin, F., Fleury, J., Rochette, Y., Morgavi, D.P., Doreau, M., 2016b, Potential of tannin-rich plants, *Leucaena leucocephala*, *Glyricidia sepium* and *Manihot esculenta*, to reduce enteric methane emissions in sheep. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 100, 149-1158.
- Arece-García, J., López-Leyva, Y., González-Garduño, R., Torres-Hernández, G., Rojo-Rubio, R., Marie-Magdeleine, C., 2016, Effect of selective anthelmintic treatments on health and production parameters in Pelibuey ewes during lactation. *Trop. Anim. Health Prod.* 48, 283-287.
- Barry, T.N., McNabb, W.C., 1999, The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *Br. J. Nutr.* 81, 263-272.
- Boko, M., Niang, I., Nyong, A., Vogel, C., Githeko, A., Medany, M., Osman-Elasha, B., Tabo, R., Yanda, P., 2007, "Africa", In: M. L. Parry, O.F.C., J. P. Palutikof, P. J.

- van der Linden, C. E. Hanson, (Ed.) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, pp. 433-467.
- Brunet, S., Hoste, H., 2006, Monomers of condensed tannins affect the larval exsheathment of parasitic nematodes of ruminants. *J. Agric. Food Chem.* 54, 7481-7487.
- Ceriac, S., Marie-Magdeleine, C., Périacarpin, F., Archimède, H. 2018. Evaluation of nutraceutical properties of *Leucaena leucocephala* leaves pellets fed to Creole kids. . In ISNH conference 2-6 Sept 2018.Clermont-Ferrand, France.
- Downum, K.R., Romeo, J. T., Stafford, H. A., 1993, *Phytochemical Potential of Tropical Plants*, Vol 27. Springer Science & Business Media LLC.New York, 300 p.
- García-Hernández, C., Arece-García, J., Rojo-Rubio, R., Mendoza-Martínez, G.D., Albarrán-Portillo, B., Vázquez-Armijo, J.F., Avendaño-Reyes, L., Olmedo-Juárez, A., Marie-Magdeleine, C., López-Leyva, Y., 2017, Nutraceutical effect of free condensed tannins of *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) benth on parasite infection and performance of Pelibuey sheep. *Trop. Anim. Health Prod.* 49, 55-61.
- GIEC 2014. *Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer].* Genève, Suisse, GIEC, p. 161.
- Giner-Chavez, B.I., Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lascano, C., Reed, J.D., Pell, A.N., 1997, A method for isolating condensed tannins from crude plant extracts with trivalent ytterbium. *J. Sci. Food Agric.* 74, 359-368.
- Hernández-Castellano, L.E., Nally, J.E., Lindahl, J., Wanapat, M., Alhidary, I.A., Fanguero, D., Grace, D., Ratto, M., Bambou, J.C., de Almeida, A.M., 2019, Dairy science and health in the tropics: challenges and opportunities for the next decades. *Trop. Anim. Health Prod.* 51, 1009-1017.
- Jackson, F.S., Barry, T.N., Lascano, C., Palmer, B., 1996a, The extractable and bound condensed tannin content of leaves from tropical tree, shrub and forage legumes 7595. *J. Sci. Food Agric.* 71, 103-110.

- Jackson, F.S., McNabb, W.C., Barry, T.N., Foo, Y.L., Peters, J.S., 1996b, The Condensed Tannin Content of a Range of Subtropical and Temperate Forages and the Reactivity of Condensed Tannin with Ribulose- 1,5-bis-phosphate Carboxylase (Rubisco) Protein. *J. Sci. Food Agric.* 72, 483-492.
- Kaplan, R.M., Vidyashankar, A.N., 2012, An inconvenient truth: Global worming and anthelmintic resistance. *Vet. Parasitol.* 186, 70-78.
- Kardel, M., Taube, F., Schulz, H., Scütze, W., Gierus, M., 2013, Different approaches to evaluate tannin content and structure of selected plant extracts- review and new aspects. *journal of applied Botany and Food Quality* 86, 154-166.
- Koupai-Abyazani M.R., McCallum, J., and Bohm, B.A., 1992, Identification of the constituent flavanoid units in sainfoin proanthocyanidins by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr.* 594, 117-123.
- Labarbe, B., Cheynier, V., Brossaud, F., Souquet, J.-M., Moutounet, M., 1999, Quantitative Fractionation of Grape Proanthocyanidins According to Their Degree of Polymerization. *J. Agric. Food Chem.* 47, 2719-2723.
- Le Bourvellec, C., Renard, C. 2019. Interactions Between Polyphenols and Macromolecules: Effect of Tannin Structure. In: Melton L., Shahidi F., Varelis P., dir., *Encyclopedia of Food Chemistry* (p. 515-521). New York, USA : Elsevier Science inc . 1400 p., DOI : 10.1016/B978-0-08-100596-5.21486-8.
- <https://prodinra.inra.fr/record/450072> Mahieu, M., Arquet, R., Marie-Magdeleine, C., 2018, Effectiveness of several anthelmintics to control a *Strongyloides* sp. outbreak in Creole-de-Guadeloupe male kids aged 7 months. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* 13, 224-227.
- Mahieu, M., Ferré, B., Madassamy, M., Mandonnet, N., 2014, Fifteen years later, anthelmintic resistances have dramatically spread over goat farms in Guadeloupe. *Vet. Parasitol.* 205, 379-384.
- Makkar, H.P.S., Francis, G., Becker, K., 2007, Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. *Animal* 1, 1371-1391.
- Marie-Magdeleine, C. 2014a. Pytotherapy in animal production. In 3rd International Convention “Agrodesarrollo 2014”. Varadero, Cuba.

- Marie-Magdeleine, C. 2015. Effect of *Leucaena leucocephala* pellets on *Haemonchus contortus* infection of creole goats. In Congreso Produccion Animal tropical. La Havane, Cuba.
- Marie-Magdeleine, C., Archimède, H. 2015. Plantes anthelminthiques pour les animaux d'élevage, INRA, ed. Petit-Bourg Guadeloupe, INRA, p. 19.
- Marie-Magdeleine, C., Archimède, H. 2014b. Bioactivity of plant secondary metabolites used for animals in the French West Indies. . In 3rd International Convention "Agrodesarrollo 2014". Varadero, Cuba.
- Marie-Magdeleine, C., Macheboeuf, D., Philibert, L., Arece García, J., Udino, L. 2018. Various condensed tannins from tropical plants as potential multi-purpose nutraceutic in ruminant feed. . In 10. International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH10) Cambridge, G.C.U.P., ed. Clermont-Ferrand, FRA Advances in Animal Biosciences, pp. p. 381-381.
- Marie-Magdeleine, C., Mahieu, M., Archimède, H. 2011. Tree foliage as an alternative to anthelmintic treatments against *Haemonchus contortus* : An In vitro study. . In Caribbean Food Crops Society (CFCS). 47 th annual meeting. Bridgetown, Barbados.
- Marie-Magdeleine, C., Mahieu, M., Lastel, M.L., Archimède, H., 2010a. In vitro evaluation of the nematicidal value of *Artocarpus altilis* (Parkinson) var. *seminifera* and non *seminifera* and *Terminalia cattapa* L. against *Haemonchus contortus*. In: International Symposium on Sustainable Animal Production in the Tropics: Farming in a Changing World, Guadeloupe, 01 November 2010, pp. Advances in Animal Biosciences, p.440-441.
- Marie-Magdeleine, C., Mahieu, M., Philibert, L., Despois, P., Archimède, H., 2010b, Effect of cassava (*Manihot esculenta*) foliage on nutrition, parasite infection and growth of lambs. *Small Ruminant Res.* 93, 10-18.
- Marie-Magdeleine, C., Udino, L., Philibert, L., Bocage, B., Archimède, H., 2010c, In vitro effects of Cassava (*Manihot esculenta*) leaf extracts on four development stages of *Haemonchus contortus*. *Vet. Parasitol.* 173, 85-92.
- Mlambo, V., Mapiye, C., 2015, Towards household food and nutrition security in semi-arid areas: What role for condensed tannin-rich ruminant feedstuffs? *Food Res. Int.* 76, Part 4, 953-961.

- Mueller-Harvey, I., 2001, Analysis of hydrolysable tannins. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91, 3-20.
- Mueller-Harvey, I., 2006, Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *J. Sci. Food Agric.* 86, 2010-2037.
- Mueller-Harvey, I., Bee, G., Dohme-Meier, F., Hoste, H., Karonen, M., Kölliker, R., Lüscher, A., Niderkorn, V., Pellikaan, W.F., Salminen, J.-P., Skøt, L., Smith, L.M.J., Thamsborg, S.M., Totterdell, P., Wilkinson, I., Williams, A.R., Azuhwi, B.N., Baert, N., Brinkhaus, A.G., Copani, G., Desrues, O., Drake, C., Engström, M., Fryganas, C., Girard, M., Huyen, N.T., Kempf, K., Malisch, C., Mora-Ortiz, M., Quijada, J., Ramsay, A., Ropiak, H.M., Waghorn, G.C., 2019, Benefits of Condensed Tannins in Forage Legumes Fed to Ruminants: Importance of Structure, Concentration, and Diet Composition. *Crop Sci.* 59, 861.
- Muetzel, S., Becker, K., 2006, Extractability and biological activity of tannins from various tree leaves determined by chemical and biological assays as affected by drying procedure. *Anim. Feed Sci. Technol.* 125, 139-149.
- Muir, J.P., 2011, The multi-faceted role of condensed tannins in the goat ecosystem. *Small Ruminant Res.* 98, 115-120.
- Patra, A.K., Saxena, J., 2009, The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. *Nutr. Res. Rev.* 22, 204-219.
- Piluzza, G., Sulas, L. and Bullita, S., 2014, Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: a review. *Grass Forage Sci.* 69, 32-48.
- Porter, L., Hrstich, L.N., Chan, B.G., 1986, The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry* 25, 223.
- Price, M.L., Van Scoyoc, S., Butler, L.G., 1978, A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.* 26, 1214-1218.
- Quijada, J., 2015. Relation structure-activité de tanins bioactifs contre les nématodes gastrointestinaux (*Haemonchus contortus*) parasites des petits ruminants. PhD. Institut National Polytechnique de Toulouse, Université Fédérale Toulouse Midi-Pyrénées, Toulouse.

- Quijada, J., Frygas, C., Ropiak, H.M., Ramsay, A., Mueller-Harvey, I., Hoste, H., 2015, Anthelmintic Activities against *Haemonchus contortus* or *Trichostrongylus colubriformis* from Small Ruminants Are Influenced by Structural Features of Condensed Tannins. *J. Agric. Food Chem.* 63, 6346-6354.
- Ramsay, A., Williams, A.R., Thamsborg, S.M., Mueller-Harvey, I., 2016, Galloylated proanthocyanidins from shea (*Vitellaria paradoxa*) meal have potent anthelmintic activity against *Ascaris suum*. *Phytochemistry* 122, 146-153.
- Regnier, C., Bocage, B., Marie-Magdeleine, C., Renaudeau, D., 2011. Session 2 Palatability of tropical foliages for pigs. In: International Symposium on Sustainable Animal Production in the Tropics: Farming in a Changing World, Novembre 2010 p. e2.
- Richard, G., Stengel, P., Lemaire, G., Cellier, P., Valceschini, E., 2018, Une agronomie pour le XXI^e siècle, 1^{ere} Edition Edition.
- Rira, M., 2015. Impact de plantes riches en métabolites secondaires sur la méthanogénèse ruminale et les activités fermentaires du microbiome ruminal chez des ovins. Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université des frères Mentouri , Constantine.
- Rira, M., Marie-Magdeleine, C., Archimède, H., Morgavi, D.P., Doreau, M., 2013, Effect of condensed tannins on methane emission and ruminal microbial populations. , In: Energy and protein metabolism and nutrition in sustainable animal production., pp. 501-502.
- Rira, M., Morgavi, D.P., Archimède, H., Marie-Magdeleine, C., Genestoux, L., Bousseboua, H., Doreau, M., 2014a. Effect of tropical plants containing condensed tannins on fermentation, digestibility and methane production in sheep. In: Livestock, climate change and food security conference, Madrid.
- Rira, M., Morgavi, D.P., Archimède, H., Marie-Magdeleine, C., Popova, M., Bousseboua, H., and Doreau, M., 2015, Potential of tannin-rich plants for modulating ruminal microbes and ruminal fermentation in sheep. *J. Anim. Sci.* 93, 334-347.
- Rira, M., Morgavi, D.P., Archimède H., Marie-Magdeleine, C., Genestoux, L., Bousseboua, H., Doreau, M., 2014b, Tropical plants containing condensed tannins inhibit ruminal methanogenesis in vitro. *Proc. Aust.Soc.Anim.Prod* 30.

- Rochfort, S., Parker, A., J., Dunshea, R., 2008, Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry (Oxf.)* 69, 299-322.
- Santos-Buelga, C., Scalbert, A., 2000, Proanthocyanidins and tannin-like compounds - nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. *J. Sci. Food Agric.* 80, 1094-1117.
- Schofield, P., Mbugua, D.M., Pell, A.N., 2001, Analysis of condensed tannins: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91, 21-40.
- Stewart, J.L., Mould, F., Mueller-Harvey, I., 2000, The effect of drying treatment on the fodder quality and tannin content of two provenances of *Calliandra calothyrsus* Meissner. *J. Sci Food Agric* 80, 1461-1468.
- Swain, T., Hillis, W.E., 1959, The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I - The quantitative analysis of phenolic constituents *J. Sci Food Agric* 10, 63-68.
- Terrill, T.H., Waghorn, G.C., Woolley, D.J., McNabb, W.C., Barry, T.N., 1994, Assay and digestion of ¹⁴C-labelled condensed tannins in the gastrointestinal tract of sheep. *Br. J. Nutr.* 72, 467-477.
- Torres-Acosta, J.F.J., Mendoza-de-Gives, P., Aguilar-Caballero, A.J., Cuéllar-Ordaz, J.A., 2012, Anthelmintic resistance in sheep farms: Update of the situation in the American continent. *Vet. Parasitol.* 189, 89-96.
- Valarini, M.J., Possenti, R.A., 2006, Nutritive Value of a Range of Tropical Forage Trop. *Grassl.* 40, 183-187.
- Waghorn, G., 2008, Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production—Progress and challenges. *Anim. Feed Sci. Technol.* 147, 116-139.
- Williams A. R., F.C., Ramsay A., Mueller-Harvey I., Thamsborg S. M., 2014, Direct Anthelmintic Effects of Condensed Tannins from diverse Plant Sources against *Ascaris suum*. *PLOS ONE* 9, e97053.
- Wolstenholme, A.J., Fairweather, I., Prichard, R., Von Samson-Himmelstjerna, G., Sangster, N.C., 2004, Drug resistance in veterinary helminths. *Trends Parasitol.* 20, 469-476.

Zeller, W.E., 2019, Activity, Purification, and Analysis of Condensed Tannins: Current State of Affairs and Future Endeavors. Crop Sci. 59, 886.

Webographie

FAO, 2019. La santé animale. Consulté le 10 09 2019 à partir du lien : <http://www.fao.org/animal-health/fr/>

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2016. Les fondements de l'agro-écologie - Transition agro-écologique. Consulté le 10 10 2019 à partir du lien <https://agriculture.gouv.fr/les-fondements-de-lagro-ecologie>

Annexes

Annexe1- *Curriculum vitae*

Carine MARIE-MAGDELEINE

Née le 10/11/1978

Ingénieure d'Etudes Classe Normale,
Unité de Recherches zootechniques (URZ)
Centre INRA Antilles Guyane

Email : carine.marie-magdeleine-chevry@inra.fr

<http://jobs.inra.fr/Nos-metiers/Portraits/Carine-Marie-Magdeleine>

Thématiques de recherche

- Lutte intégrée contre le parasitisme gastro-intestinal des petits ruminants : phytothérapie
- Evaluation multicritères des plantes tropicales en productions animales : alicaments
- Optimisation des fonctions des ressources végétales pour l'efficience des systèmes d'élevage tropicaux : valorisation des métabolites secondaires des plantes en productions animales

Disciplines scientifiques

Pharmacognosie, Chimie, parasitologie, biologie, chimiométrie.

Compétences

- Construction, réalisation d'un projet de recherches
- Valorisation et diffusion des résultats des recherches
- Collaboration avec d'autres équipes au niveau national et international
- Conception scientifique, de séminaires
- Encadrement et animation d'équipe
- Encadrement de thésards et de stagiaires
- Enseignement et évaluation
- Expertise d'articles scientifique

Diplômes, formation

Diplômes

- 2009, Thèse de Doctorat « Etude de ressources végétales tropicales pour un usage anthelminthique en élevage de ruminants » (Université des Antilles et de la Guyane, Guadeloupe). Mention très honorable, félicitations du jury.
- 2003, Master2 Recherche (DEA) « Chimie moléculaire et molécules bio-actives», spécialité chimie bio-organique, pharmacologie (Université Aix-Marseille III, France).

Formations majeures

2019 : Ethologie et bien être en expérimentation animale (FormaSciences, Inra)

2018 : Espagnol (e-learning)

2018 : Formation formateur (alliance conseil)

2017 : MOOC chimiométrie (fun MOOC)

2017 : Gestion des conflits (alliance c consultants)

2016 : Communication (Excellens formation)

2014 : Gestion de projets (alliance c consultants)

Expérience professionnelle

2007 à ce jour (12 ans) : Ingénieure d'Etudes, INRA UR143 Zootechnie, Guadeloupe

- **Recherches en pharmacognosie :**

Conception et conduite de problématiques de recherche

Plantes anthelminthiques en élevage de petits ruminants,

Etude et valorisation de la bio-activité des tanins condensés des plantes pour l'alimentation, la santé et les émissions des animaux d'élevage.

- **Responsable du laboratoire d'analyses de l'URZ (jusqu'au 31 mai 2019):**

Animation d'équipe (1 assistant ingénieur et 4 techniciens), pilotage des stratégies analytiques, budgétaires et partenariales, développements méthodologiques.

2018 à ce jour : Responsable qualité CRB Production et santé animales (1,5 an) : Mise en œuvre démarche qualité (Norme CRB NFS 96900 ; ISO9001).

2016 à ce jour (3 ans) : Animatrice qualité Unité : Mise en œuvre démarche qualité (Référentiel et politique qualité INRA).

2006 à ce jour (13 ans) : Activités d'enseignement et d'encadrement d'apprenants : Cours magistraux (CM), travaux pratiques (TP) et dirigés (TD), évaluation ; 34h/an

Master1 : TP chimie organique et analytique,

L2 : CM et TD chimie organique industrielle,

L3 : CM analyse des aliments,

Licence professionnelle : CM, TD et TP analyse élémentaire des aliments, qualité en analyse,

DUT : TP zootechnie.

Production scientifique (Publications, conférences, vulgarisation)

- *Publications dans des revues indexées avec comité de lecture, chapitres d'ouvrages* : 24

h-index : 8, citations : 155, (WOS, 2019).

Majeures: INRA Feeding System for Ruminants, 2018, 640pp. chapter 22 ; Trop. Anim. Health Prod., 2016, 49, 55-61 ; Trop. Anim. Health Prod., 2016, 48, 283-287; Res. Vet. Sci., 2014, 96, 127-132 ; Vet. Parasitol., 2009, 161, 99-105.

- *Communications dans des congrès internationaux + nationaux* : 23 + 9

- *Produits, documents et publications destinés à des utilisateurs de la recherche (agriculteurs, techniciens, formateurs, pouvoirs publics...), interviews, articles de presse* : 18 (2011-2018).

- Projets dans la Caraïbe :

Projet INTERREG IV Caraïbe « IEPAC » (2012-2015), Inventaire et Evaluation des propriétés anthelminthiques des plantes de la Caraïbe. Conception et *Co-ordination du projet* (INRA), partenariat avec l'Université du Yucatan (Mexique).

SCAC Subventions Campus France, ambassade de France à Cuba (2015 et 2017). Conception et *Coordination du projet*.

- Autres Projets Européens et ANR :

FEDER Région Guadeloupe AGROECODIV (2014-2018), *coordination tâche*.

CPER CRB (2016-2019), *coordination tâche*.

ANR PROTEIN3 (2018-2021), *coordination WP*.

Métaprogramme INRA SMaCH « AlterNATIVES » (2016-2018), *coordination tâche*.

KBBE « Animal change » (2012-2015), *coordination tâche*.

EMIDA-ERANET « CARES » (2012-2015), *coordination tâche*.

Métaprogrammes INRA GISA « STREP » (2013-2015), *coordination tâche*.

- Autres Projets internationaux :

Bill & Melinda Gates Foundation RTBFoods, (2018-2023), *coordination tâche*.

Projet de recherche Vepeleia, conception et coordination.

<https://www6.antilles.inra.fr/vepeleia/>

Réseaux

Projet RED Réseau scientifique : Université de Mexico-INRA-EEPFIH (2015-2016), Red 1026/2014RIFC « Nutrición-parasitismo: fitoterapia como alternativa para mejorar el estatus nutricional y sanitario en los rumiantes». Etude phytochimique de ressources végétales anthelminthiques.

Organisation de séminaires

Séminaire « International Symposium on Sustainable Animal Production in the Tropics: Farming in a Changing World. » (SAPT, Guadeloupe, 2010). Organisation.

Journées scientifiques et techniques projet IEPAC (Guadeloupe, Février 2015 : Participants Cuba, Mexique, Brésil, Dominique, professionnels Guadeloupe), Restitution de travaux.

Encadrement

-Stagiaires (Bac+2, Licence, Master 2, ingénieurs) : 3/an. *Définition et validation du sujet, suivi des travaux, consolidation de la réflexion, aide à la rédaction, évaluation*

2010-2019: 15 collégiens/lycéens, 10 BTS-DUT, 5 TIPE classes Préparatoires, 19 Licence3 et professionnelle, 5 Master1/ingénieur 2ème année ; 9 Master2 ; 1 stage pôle-emploi.

- Co-encadrement de thèse (50%) : « Autonomie à la ferme : Mise au point et évaluation d'une stratégie de valorisation de biomasse à des fins alicamentaires (anthelminthiques) pour les petits ruminants », N. Minatchy, en cours (débuté en 2013-2014, Direction H. Archimède)

Expertise scientifique

- Comités de thèse : 3
- Jury de thèse : 1 (2015)
- Reviews, referee d'articles internationaux dans revue de Rang A : 26 (2010-2019)

Annexe 2 - Production scientifique

Publications scientifiques, documents techniques et vulgarisation

A : Thème de recherche « Connaissance chimique des tanins condensés » ; **B** : Thème de recherche « Evaluation du potentiel des tanins condensés et valorisation en système d'élevage de petits ruminants » ; **C** : Collaborateur ; **L** : Laboratoire ; **T** : Thèse

WP : Axes du projet d'unité URZ. WP2-Optimisation de fonctions en vue de l'efficacité des systèmes d'élevage tropicaux ; WP3-Valorisation des savoirs, expertises et innovations.

Articles dans des revues scientifiques

Articles parus au 1^{er} octobre 2019

N°	WP	Thème	Référence
1	3	A et B	Minatchy N., Archimède H., Barde D.J., Dahomé L., Labirin F., Calif B., Marie-Magdeleine C. Effect of two agro-pedo-climatic zones, drying methods and pelleting process on chemical composition of <i>Manihot esculenta</i> (sp.), <i>Leucaena leucocephala</i> and <i>Cajanus cajan</i> . 2019. Accepté. African Journal of Biotechnology, Open access.
2	3	B	Minatchy N., Marie-Magdeleine C. , Calif B., Félicité Y., Periacarpin F., Deloumeau C., Pommier F., Archimède H. Dichanthium hay combined with green cassava foliage or pelleted cassava foliage as fed for Black belly rams. 2019. Tropical Animal Health and Production. DOI 10.1007/s11250-019-02045-3
3	2	B	Mahieu M., Arquet R., Marie-Magdeleine C. , 2018, Effectiveness of several anthelmintics to control a Strongyloides sp. outbreak in Creole-de-Guadeloupe male kids aged 7 months. Vet Par: Regional Studies and Reports 13, 224-227.
4	2	A et B	García-Hernández, C., Arece-García, J., Rojo-Rubio, R., Mendoza-Martínez, G.D., Albarrán-Portillo, B., Vázquez-Armijo, J.F., Avendaño-Reyes, L., Olmedo-Juárez, A., Marie-Magdeleine, C. , López-Leyva, Y., 2017, Nutraceutical effect of free condensed tannins of <i>Lysiloma acapulcensis</i> (Kunth) benth on parasite infection and performance of Pelibuey sheep. Trop. Anim. Health Prod. 49, 55-61.
5	2	B	Garduño, R.G., López Arellano, M.E., Mendoza de Gives, P., García, J.A., Marie-Magdeleine, C. , Torres Hernández, G., Oliva Hernández, J., Hinojosa-Cuéllar, J.A., 2017, Comparative response of IgA and IgG activity and hematological parameters among four main beef-cattle breeds infected with gastrointestinal nematodes in the warm humid tropic of Mexico. Annals of Animal Science 17, 1-15.
6	2	A et B	Rira, M., Morgavi, D.P., Popova, M., Marie-Magdeleine, C. , Silou-Etienne, T., Archimède, H., Doreau, M., 2016, Ruminal methanogens and bacteria populations in sheep are modified by a tropical environment. Anim. Feed Sci. Technol. 220, 226-236.

Articles parus au 1^{er} octobre 2019 (suite)

N°	WP	Thème	Référence
7	2	B	Arece-García, J., López-Leyva, Y., González-Garduño, R., Torres-Hernández, G., Rojo-Rubio, R., Marie-Magdeleine, C. , 2016, Effect of selective anthelmintic treatments on health and production parameters in Pelibuey ewes during lactation. Trop. Anim. Health Prod. 48, 283-287.
8	2	A et B	Archimède, H., Rira, M., Barde, D.J., Labirin, F., Marie-Magdeleine, C. , Calif, B., Periacarpin, F., Fleury, J., Rochette, Y., Morgavi, D.P., Doreau, M., 2015, Potential of tannin-rich plants, <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Glyricidia sepium</i> and <i>Manihot esculenta</i> , to reduce enteric methane emissions in sheep. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.
9	2	A et B	Rira M, Morgavi DP, Archimède H, Marie-Magdeleine C , Popova M, Bousseboua H, Doreau M, 2015. Potential of tannin-containing forages for modulating ruminal microbes and ruminal fermentation in sheep. Soumis à Journal of Animal Science. J. Anim. Sci. 2015.93:334-347, doi:10.2527/jas2014-7961.
10	2	B	Renaudeau D, Brochain J, Giorgi M, Bocage B, Hery M, Crantor E, Marie-Magdeleine C. , Archimede H. 2014. Banana meal for feeding pigs: digestive utilization, growth performance and feeding behavior. Animal 8, 565-571.
11	2	A et B	Marie-Magdeleine C , Udino L, Philibert L, Bocage B, Archimede,H, 2014. <i>In vitro</i> effects of Musa x paradisiaca extracts on four developmental stages of <i>Haemonchus contortus</i> . Research in Veterinary Science 96,127-132.
12		B	Archimède H., Gourdine.J.-L., Fanchone A., Alexandre G., Marie-Magdeleine C. , Calif E., Fleury J., A.C., Renaudeau D., 2011, Le bananier et ses produits dans l'alimentation animale. Innovations Agronomiques 16 181-192.
13	2	B	Archimède H., Eugène M., Marie-Magdeleine C. , Boval M, Martin C., Morgavi D.P., Lecomte P., Doreau M. 2011. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. Animal Feed Science and Technology 166- 167 (2011) 59- 64.
14	2	T	Marie-Magdeleine C. , Udino L, Philibert L, Bocage B, Archimède H. 2010. <i>In vitro</i> effects of Cassava (<i>Manihot esculenta</i>) leaf extracts on four development stages of <i>Haemonchus contortus</i> . Veterinary Parasitology 173 (1-2): 85-92.
15	2	T	Marie-Magdeleine C. , Mahieu M. Philibert L, Despois, P, Archimède H. 2010. Effect of cassava (<i>Manihot esculenta</i>) foliage on nutrition, parasite infection and growth of lambs. Small Ruminant Research 93 (1): 10-18.
16	2	T	Marie-Magdeleine C. , Mahieu M, D'Alexis S, Philibert L, Archimède H. 2010. <i>In vitro</i> effects of Tabernaemontana citrifolia extracts on <i>Haemonchus contortus</i> . Research in Veterinary Science 89 (1): 88-92.
17	2	T	Marie-Magdeleine C. , Boval M, Philibert L, Borde A, Archimède H. 2010. Effect of banana foliage (Musa x paradisiaca) on nutrition, parasite infection and growth of lambs. Livestock Science 131 (2-3): 234-239.

Articles parus au 1^{er} octobre 2019 (suite et fin)

N°	WP	Thème	Référence
18	2	B	Marie-Magdeleine, C. , Liméa, L., Etienne, T., Cicero, H., Lallo, O., Archimède, H., Alexandre, G. 2009, The effects of replacing Dicanthium hay with banana (<i>Musa paradisiaca</i>) leaves and pseudo-stem on carcass traits of Ovin Martinik sheep. <i>Trop. Anim. Health Prod.</i> 41, 1531 - 1538.
19	2	T	Marie-Magdeleine, C. , Hoste, H., Mahieu, M., Varo, H., Archimède, H. 2009, In vitro effects of <i>Cucurbita moschata</i> seed extracts on <i>Haemonchus contortus</i> . <i>Veterinary Parasitology</i> , 161 (1-2) : 99-105.

Articles soumis et en cours de rédaction

N°	WP	Thème	Référence
20	2	A et B	Marie-Magdeleine C. , Ceriac S., Barde D J., Nathalie Minatchy N., Periacarpin F., Pommier F., Calif B., Philibert L., Bambou J-C., Archimede H. Evaluation of nutraceutical properties of <i>Leucaena leucocephala</i> leaf pellets fed to goat kids infected with susceptible and resistant strains of <i>Haemonchus contortus</i> Soumis à BMC Veterinary research, Open access.
21	3	A et B	Minatchy N., Archimède, Philibert L., Silou T., Félicité Y., Marie-Magdeleine C. Effect of CT diversity, synergy and pelleting treatment on <i>in vitro</i> anthelmintic activity against <i>Haemonchus contortus</i> . Soumis à <i>Veterinary Parasitology</i> .
232		C	Da Silva L. C., de Souza Perinotto W. M., de Araujo S á F., Alves de Souza M. A., de Oliveira Barbosa Bitencourt R., Sanavria A., Azevedo Santos H., da Costa Angelo I., Marie-Magdeleine C. <i>In vitro</i> acaricidal activity of <i>Cymbopogon citratus</i> , <i>Cymbopogon nardus</i> and <i>Mentha arvensis</i> against <i>Rhipicephalus microplus</i> (Acari: Ixodidae). Soumis <i>Experimental Parasitology</i> , Open Access.
24	3	B	Minatchy N., Marie-Magdeleine C. , Calif V., Periacarpin F., Godard X. and Archimède H. Comparison of the degradation of <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Manihot esculenta</i> and <i>Cajanus cajan</i> foliage in green and pelleted form using a nylon bag in the rumen method. Soumis <i>Journal of Animal Science and Biotechnology</i> , Open Access.
25		L	Bonneau M., Marie-Magdeleine C. , Philibert L., Mahieu M. Estimating L3 concentration : simple decision rules to handle errors. Soumis à <i>Veterinary Parasitology</i>
26	2	A	Marie-Magdeleine C. et al. Comparison of thiolysis and BuOH-HCl methods for the characterization of condensed tannins from 13 tropical plants. En cours de rédaction
27	2	A et B	Marie-Magdeleine C. et al. <i>In vitro</i> effect of proanthocyanidins from tropical plants, on <i>H. contortus</i> susceptible and resistant strains. En cours de rédaction

Chapitres d'ouvrages

N°	WP	Thème	Référence
28	2	B	H. Archimède, C. Marie-Magdeleine, M. Boval, D. Sauvant. Spécificités de l'alimentation des ruminants en régions chaudes. Inra, 2018. Alimentation des ruminants, Editions Quae, versailles, France, 728p. Chapitre 22.
29	2	B	H. Archimède, C. Marie-Magdeleine, M. Boval and D. Sauvant. Specificities of feeding ruminant livestock in warm areas. INRA, 2018. INRA feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 640pp. chapter 22.
30	2	B	Archimède H, Alexandre G, Petro D, Garcia GW, Fanchon A, Bambou JC, Marie-Magdeleine C, Gourdine JL, Gonzalez E and Mandonnet M 2014. Agro-ecological valorisation of resources for sustainable livestock farming systems in the humid tropics. H. Ozier-Lafontaine and M. Lesueur-Jannoyer (eds.), Sustainable Agriculture 303 Reviews 14: Agroecology and Global Change, Sustainable Agriculture Reviews 14, DOI 10.1007/978-3-319-06016-3_9, © Springer International Publishing Switzerland 2014
31	2	B	Marie-Magdeleine C, Mahieu, M, Archimède, H. 2011. Pumpkin (Cucurbita moschata Duchesne ex Poir.) Seeds as an anthelmintic agent? In V. R. Preedy, R. R. Watson, V. B. Patel (Editors), Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention (Chapter 110, 1st ed.) pp 933-939. London, Burlington, San Diego: Academic Press of Elsevier. ISBN: 97801237568863.
32	2	B	Archimède H, Régnier C, Marie-Magdeleine Chevry C, Gourdine JL, Rodriguez L and Gonzalez E. 2011. The alternatives to soybeans for animal feed in the tropics. IPage 275-286 In Soybean - Applications and Technology, ISBN 978-953-307-207-4, edited by Tzi-Bun Ng.

Rapports diplômants

Thèse de Doctorat

N°	WP	Thème	Référence
33	2	T A et B	Marie-Magdeleine, C., 2009. Etude de ressources végétales tropicales pour un usage anthelminthique en élevage de ruminants. Doctorat. Université des Antilles et de la Guyane, Pointe à Pitre, Guadeloupe, France.

Communications dans des congrès et colloques

Communications orales

Congrès et colloques internationaux

N°	WP	Thème	Référence
34	2	A et B	Marie-Magdeleine C. , Macheboeuf D., Philibert L., Arece-Garcia J, Udino L. 2018. Various condensed tannins from tropical plants as potential multi-purpose nutraceutical in ruminant feed. ISNH conference 2-6 Sept 2018. Clermont-Ferrand, France.
35	2	B	Arece-Garcia J., López Leyva Y., Olemedo-Juárez A., Marie-Magdeleine, C. , Varady M. 2017. Diagnóstico de resistencia de parásitos Albendazol mediante pruebas fenotípicas y genotípicas. Agrociencias, 20-24 nov 2017. La Habana, Cuba.
36	2 et 3	B	Marie-Magdeleine, C. 2015. Effect of <i>Leucaena leucocephala</i> pellets on <i>Haemonchus contortus</i> infection of creole goats. Congreso Produccion Animal tropical. La Havane, Cuba.
37			Archimède, H., Bambou, J., Cej, W., Ceriac, S., Minatchy, N., Marie-Magdeleine, C. 2016. INTERACTIONS NUTRITION PARASITISME GASTRO-INTESTINAL ET ALICAMENTS Revue de la littérature. In 52nd CFCS Annual Meeting Meeting, (Guadeloupe, July 10-16, 2016.).
38	2	B	Marie-Magdeleine, C. 2015. "The use of Anthelmintic plants in smallholder systems". Plantas antihelmínticas en sistemas de producción de pequeña escala. In 4to Simposio International sobre Produccion Animal (UAEM, Temascaltepec, Mexico).
39	2	B	Marie-Magdeleine C. and Archimede H., 2014. Bioactivity of plant secondary metabolites used for animals in the French West Indies. 3rd International Convention "Agrodesarrollo 2014", 21-23 Oct 2014. Varadero, Cuba.
40	2	A et B	Marie-Magdeleine C. 2014. Pytotherapy in animal production. 3rd International Convention "Agrodesarrollo 2014", 21-23 Oct 2014. Varadero, Cuba.
41	2	B	Archimède H, Marie-Magdeleine C. , Rodriguez L, Bastianelli D, Alexandre G, Lecomte P, Boval M, Gonzalez E, Garcia GW, Sauvart D. 2013. Multi-criteria evaluation of resources for livestock farming systems under Tropics. http://www.eaap.org/Previous_Annual_Meetings/2013Nantes/Sessions/Session_07.html .
42	2	B	Mahieu, M. ; Mandonnet, N. ; Marie-Magdeleine, C. ; Boval, M. ; Fanchone, A. ; Arquet, R. Integrated control of gastrointestinal parasitism of grazing small ruminants in the humid tropics. 2011. 47th Annual meeting CFCS (2011-07-03-2011-07-08) Bridgtown (BRB). In: Proceedings of the 47th annual meeting "Assuring Caribbean food and nutrition security in the context of climate change". Isabela (PRI): Caribbean Food Crops Society (Caribbean Food Crops Society, 47), 2011. 120-120
43	2	B	Marie-Magdeleine C. , M. Mahieu, H. Archimède. 2011. Tree foliage as an alternative to anthelmintic treatments against <i>Haemonchus contortus</i> : An <i>In vitro</i> study. Caribbean Food Crops Society (CFCS). 47 th annual meeting, Bridgetown, Barbados.
44	2	A et B	Marie-Magdeleine C. , Mahieu M, Lastel ML, Archimede H. 2010. <i>In vitro</i> evaluation of the nematicidal value of <i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) var. <i>seminifera</i> and non <i>seminifera</i> and <i>Terminalia cattapa</i> L. against <i>Haemonchus contortus</i> . <i>Advances in Animal Biosciences</i> , 1 (2) p 440 - 441. Issue International Symposium on Sustainable Animal Production in the Tropics: Farming in a Changing World (2010).

Communications dans des congrès et colloques (suite)

Communications orales (suite et fin)

Congrès et colloques internationaux (suite et fin)

N°	WP	Thème	Référence
45	2	B	Marie-Magdeleine C. , Hoste H., Archimede H. Effects Of Musa x paradisiaca Plant Extracts On The Digestive Parasitic Nematode <i>Haemonchus contortus</i> In The French West Indies. The Caribbean Academy of Science 15th Annual Meeting & Conference . Le Gosier, Guadeloupe, 21-23 rd May 2006.

Congrès et colloques nationaux

N°	WP	thème	Référence
46	2	A	Cornet D., Desfontaines L., Cormier F., Marie-Magdeleine C. , Arnau G., Meghar K., Davrieux F., Beurier G. Assembler la diversité des modèles classiques et « deep learning » pour développer un pipeline de calibration SPIR performant et générique. Rencontres HélioSPIR Session 5, oct 2019.
47	2	B	Boudhou-Sylatan-Soukeman T., Degouys S., Drymon J., Nabab G., Calif S., Marie-Magdeleine C. Impact des tanins condensés sur le pouvoir infestant du parasite <i>H. contortus</i> . Congrès des Apprentis chercheurs de Guadeloupe, association l'arbre des connaissances. Campus de Fouillole, Pointe-à-Pitre, 24 mai 2019.
48	2	A	GASPARD G., LODIN A., CALIF B., Marie-Mageleine C. , 2015 Screening phytochimique d'algues sargasses, projet expérimental. Congrès Opération Apprentis chercheurs, association l'arbre des connaissances, Paris.
49	3	B	Archimède, H. ; Gourdine, J.-L. ; Fanchone, A. ; Alexandre, G. ; Marie-Magdeleine, C. ; Calif, E. ; Fleury, J. ; Anais, C. ; Renaudeau, D. 2011. CIAG Carrefours de l'innovation agronomiques Lamentin, Guadeloupe (FRA) Fort de France, Martinique (FRA). In : Systèmes durables de production et de transformation agricoles aux Antilles et en Guyane. Paris (FRA) : INRA (Innovations Agronomiques, 16), 2011. 181-192
50	2	B	Marie-Magdeleine C. , M. Mahieu, L. Philibert, P. Despois, H. Archimède. 2009. Etude de l'effet d'une alimentation à base de feuilles de manioc sur le parasitisme gastro-intestinal et sur la croissance d'agneaux. 16e Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris, les 2 et 3 Decembre 2009.
51	2	B	Mahieu M, Arquet R, Fleury J, Coppry O, Marie-Magdeleine C , Boval M, Archimede H, Alexandre G, Bambou J. C, Mandonnet N. 2009. Contrôle intégré du parasitisme gastro-intestinal des petits ruminants au pâturage en zone tropicale humide. 16 emes Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris, les 2 et 3 Decembre 2009. Pages: 265-268.
52	2	A	Marie-Magdeleine C., H. Joseph, M. Mahieu, H. Hoste, H. Archimède. 2006. Ressources végétales anthelminthiques potentiellement disponibles pour la médecine vétérinaire dans la Caraïbe. 7ème Journée Technique de l'AMADEPA, Lamentin, Martinique, 26/04/2006.

Communications dans des congrès et colloques (suite)

Communications par affiche

Congrès et colloques internationaux

N°	WP	Thème	Référence
53	2	A et B	Marie-Magdeleine C. , Macheboeuf D., Philibert L., Arece-Garcia J, Udino L. 2018. Various condensed tannins from tropical plants as potential multi-purpose nutraceutical in ruminant feed. ISNH conference 2-6 Sept 2018. Clermont-Ferrand, France.
54	2	A et B	Ceriac S., Marie-Magdeleine C. , Periacarpin F., Archimede H., 2018. Evaluation of nutraceutical properties of <i>Leucaena leucocephala</i> leaves pellets fed to Creole kids. ISNH conference 2-6 Sept 2018. Clermont-Ferrand, France.
55	2	A et B	Rira, M. ; Morgavi, D. ; Archimède, H. ; Marie-Magdeleine, C. ; Genestoux, L. ; Bousseboua, H. ; Doreau, M. Tropical plants containing condensed tannins inhibit ruminal methanogenesis <i>in vitro</i> . Joint ISNH/ISRP International Conference 2014. Harnessing the Ecology and Physiology of Herbivores (2014-09-08-2014-09-12) Canberra (AUS). In : Harnessing the Ecology and Physiology of Herbivores . (Proceedings of the Australian Society of Animal Production, 30), 2014. 89.
56	2	A et B	Rira, M. ; Morgavi, D. ; Archimède, H. ; Marie-Magdeleine, C. ; Genestoux, L. ; Bousseboua, H. ; Doreau, M. 2014. Effect of tropical plants containing condensed tannins on fermentation, digestibility and methane production in sheep. Livestock, Climate Change and Food Security Conference (2014-05-19-2014-05-20) Madrid (ESP). In : Livestock, Climate Change and Food Security Conference. 63-63.
57	2	B	Marie-Magdeleine, C. , Udino, L., Philibert, L., Bocage, B., Archimède, H., 2013. <i>In vitro</i> effects of <i>Musa x paradisiaca</i> (banana tree) leaf and stem on <i>Haemonchus contortus</i> . In: joint Na07/CAPARA - novel approaches to the control of helminth parasites of livestock, 7th meeting, Toulouse, 25-28 march 2013.
5	2	A et B	Rira, M. ; Marie-Magdeleine, C. ; Archimède, H. ; Morgavi, D. ; Doreau, M. 2013. Effect of condensed tannins on methane emission and ruminal microbial populations. 4th International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition (ISEP) (2013-09-09-2013-09-12) Sacramento (USA). In: Energy and Protein Metabolism and Nutrition (ISEP). Wageningen (NLD): Academic Publishers (Publication - European Association for Animal Production, 134), 501-502
59	2	B	Archimède H., Rira M., Eugène M., Morgavi D.P., Anaïs C., Periacarpin F., Calif B., Martin C., Marie-Magdeleine C. , Doreau M, 2013. Intake, total-tract digestibility and methane emission of Texel and Blackbelly sheep fed C4 and C3 grasses tested simultaneously in a temperate and a tropical area. Greenhouse Gases and Animal Agriculture (GGGA). Conference 23-26 june 2013. Dublin. Ireland. http://www.ggaa2013.ie/downloads/Session_9/Session_9_12.00_ In Advances in Animal Biosciences, 4(2), 285.

Communications dans des congrès et colloques (suite et fin)

Communications par affiche (suite et fin)

Congrès et colloques internationaux (suite et fin)

N°	WP	Thème	Référence
60	2	B	Rira M., Morgavi D.P., Popova M., Marie-Magdeleine C. , Silou-Etienne T., Archimède H., Doreau M. 2013. Ruminal methanogens population is enhanced by tropical environment. Proceedings of the Greenhouse Gases and Animal Agriculture (GGAA) Conference, Dublin, 23-26 juin 2013. In <i>Advances in Animal Biosciences</i> , 4(2), 341.
61	2	B	Mahieu, M., Arquet, R., Alexandre, G., Boval, M., Bambou, J.C., Archimède, H., Marie-Magdeleine, C. , Mandonnet, N., 2012. Integrated control of goat gastrointestinal parasitism: an example in the humid tropics. . In: XI International Conference on Goats (ICG 2012), Gran Canarias, Spain 24-27 September 2012
62		B	Gueri Y., Marie-Magdeleine C. 2011. Valorization of non-conventional resources in the livestock feed for the small producers. Caribbean Agroecology Networking Symposium, 47th Annual meeting CFCS (2011-07-03-2011-07-08) Bridgtown (BRB).
63	2	A	Marie-Magdeleine C. 2011. Utilisation de plantes vermifuges en élevage. La phytochimie appliquée à l'élevage. Année Internationale de la Chimie, AIC, Guadeloupe.
64	2	B	Archimède H, Eugène M, Marie-Magdeleine C , Boval M, Martin C, et al. 2010. Comparison of methane production between temperate and tropical forages: A quantitative review. GGAA, Banff, Canada.
65	2	B	Marie-Magdeleine C. , M. Mahieu, L. Philibert , H. Archimède. Effect of cassava (<i>Manihot esculenta</i>) foliage on nutrition, parasite infection and growth of lambs. 2009. XIth International Symposium on Ruminant Physiology (ISRP), 6-9 September, 2009 Clermont-Ferrand (France)

Congrès et colloques nationaux

N°	WP	Thème	Référence
66	2	A	Marie-Magdeleine C. 2011. Utilisation de plantes vermifuges en élevage. La phytochimie appliquée à l'élevage. Année Internationale de la Chimie, AIC, Guadeloupe.
67	2	B	Marie-Magdeleine, C. ; Mahieu, M. ; Philibert, L. ; Despois, P. ; Archimède, H. 2009. Etude de l'effet d'une alimentation a base de feuilles de manioc sur le parasitisme gastro-intestinal et sur la croissance d'agneaux. 16 emes Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris, les 2 et 3 Decembre 2009. P 273.

Documentation technique destinée à des utilisateurs de la recherche

(Agriculteurs, techniciens, formateurs, pouvoirs publics...)

Documents et rapports techniques

N°	WP	Thème	Référence
68	3	B	Mario Giorgi, Xavier Godard, Fritz Mounoussamy, Madly Moutoussamy, Pierre Mulciba, Angebert Nepos, Carine Marie-Magdeleine , Maryline Boval. Procédure de collecte totale de fèces de petits ruminants. Accepté cahier des techniques INRA.
69	3	B	Brochure « Plantes anthelminthiques pour les animaux d'élevage ». H. Archimède, C. Marie-Magdeleine , M. Moutoussamy, (19 pages, février 2015)
70	2	B	Renaudeau D, Marie-Magdeleine C , Alexandre G, Archimède H. 2013. Utilisation de la banane en alimentation animale. Rapport Final. Contrats 41000120 & 41000121. INRA/GMA/LPG.
71	1	C	Gourdine, J.-L. ; Gilbert, H. ; Riquet, J. ; Renaudeau, D. ; Bidanel, J. P. ; San Cristobal, M. ; Liaubet, L. ; Labrune, Y. ; Gress, L. ; Feve, K. ; Villa Vialaneix, N. ; Fleury, J. ; Anais, C. ; Giorgi, M. ; Silou, F. ; Bructer, M. ; Bocage, B. ; Bénony, K. ; Beramice, D. ; Billon, Y. ; Bailly, J. ; Gerbe, P. ; Meslier, F. ; Epagneaud, P. ; Le Bourhis, C. ; Ferchaud, S. ; Staub, C. ; Marie-Magdeleine, C. ; Philibert, L. Adaptation to heat in pig production : the genetic pathway. Rapport. ANR-12-ADAP-0015. 2012. 43

Documents techniques audiovisuels

N°	WP	Thème	Référence
72	3	B	Vidéo « Evaluation de l'effet anthelminthique de plantes tropicales chez les ruminants. C. Marie-Magdeleine , G. Hostache, S. Abénaqui (2min30, février 2015)

Vulgarisation

Presse écrite

N°	WP	Thème	Référence
73	3	B	Moutoussamy M., Marie-Magdeleine C. , Naves M., 2018. Symposium sur la nutrition des herbivores. Face aux enjeux mondiaux, un rendez-vous majeur sur la nutrition et l'élevage des herbivores. Fiches Trans FAIRE-Actualités. Petit-Bourg, INRA - Centre Antilles Guyane. http://transfaire.antilles.inra.fr/spip.php?article244
74	3	B	Moutoussamy M., Marie-Magdeleine C. , Arquet R., 2017. Fête à Kabrit Rencontre avec les éleveurs de la Désirade. Gestion des pathologies liées aux tiques et aux parasites intestinaux. Fiches Trans FAIRE-Actualités. Petit-Bourg, INRA - Centre Antilles Guyane. http://transfaire.antilles.inra.fr/spip.php?article222
75	3	B	Marie-Magdeleine C. , Moutoussamy M., 2015. Journée « Plantes en santé animale » Une rencontre sur l'utilisation de plantes anthelminthiques pour les animaux d'élevage. Fiches Trans FAIRE-Actualités. Petit-Bourg, INRA - Centre Antilles Guyane. http://transfaire.antilles.inra.fr/spip.php?article169 .
76		B	Marie-Magdeleine C. , Moutoussamy M., 2015. Plantes en santé animale. Utilisation de plantes anthelminthiques pour les animaux d'élevage. Fiches Trans FAIRE-Résultats. Petit-Bourg, INRA - Centre Antilles Guyane.
77	2	A	Moi je serai chercheur à l'INRA, Apprentis -Chercheurs. C. Marie-Magdeleine , France-Antilles, 06-07 06 2015.
78	3	B	Soigner les animaux par les plantes. <i>H. Archimède</i> , C. Marie-Magdeleine , Nouvelles Etincelles, 05 03 2015
79	3	B	Marie-Magdeleine C. (interviewée), Jacques M. (interviewer), 2015. Les plantes au secours des animaux d'élevage. Le Courrier de Guadeloupe, 112, 27 02 - 07 03 2015.
80	3	B	Marie-Magdeleine C. (interviewée), Archimède H. (interviewé), Gervais N. (interviewer), 2015. Nous tenons compte du savoir populaire. France Antilles 26 02 2015.
81	3	B	L'utilisation des plantes de la Caraïbe en santé animale. <i>H. Archimède</i> , C. Marie-Magdeleine , CCN - Caraib Creole News - Guadeloupe, 24 02 2015
82	3	B	Marie-Magdeleine C. (2011). <i>Troupeaux sous les tropiques</i> . A la recherche d'une production durable et locale. « le manioc et la banane futurs alicaments ». Inra Magazine N° 19 Déc 2011.

Vulgarisation (suite)

Diffusions audiovisuelles

N°	WP	Thème	Référence
83	2	A	Marie-Magdeleine C. (interviewée), Ronze A. (interviewer), 2015. Valorisation des sargasses en Guadeloupe. Journal télévisé de 19h00, Alizés News, le 05 08 2015. [Vidéo].
84	2	B	Utilisation des plantes en santé animale pour l'élevage C. Marie-Magdeleine (interviewé), H. Archimède (interviewé), Journal télévisé de 13h00, Canal 10, 10 03 2015.
85	2	B	L'utilisation des plantes en santé animale, C. Marie-Magdeleine (interviewé), documentaire association APECA, 2011.

Participation à des manifestations

N°	WP	Thème	Référence
86	-	-	Journée des métiers, école primaire Massabielle2, 2017, Guadeloupe
87	-	B	Manifestation « fête à kabrit », conférence débat, intervention sur l'utilisation des plantes en élevage, la Désirade 2017
88	-	B	Manifestation « Jaden an mouvman », stand d'information sur les recherches menées et les métiers présents dans les productions animales à l'INRA Guadeloupe, CFPPA Lamentin 2017
89	3	B	Manifestation scientifique et technique « Inventaire et Evaluation des Plantes Anthelminthiques de la Caraïbe », C. Marie-Magdeleine, H. Archimède, IEPAC (Février 2015)
90	2	A et B	Participation à la fête de la science (accueil de primaires et collèges), démonstrations en laboratoire, 2014
91	-		Forum des métiers Lycée Baimbridge, 2011, Guadeloupe
92	2	A et B	Journées portes ouvertes Centre INRA AG, 2011.

Annexe 3 - Rapports des stages encadrés

A : Thème de recherche « Connaissance chimique des tanins condensés » ; **B** : Thème de recherche « Evaluation du potentiel des tanins condensés et valorisation en système d'élevage de petits ruminants » ; **C** : Collaborateur ; **L** : Laboratoire ; **T** : Thèse

WP : Axes du projet d'unité URZ. WP2-Optimisation de fonctions en vue de l'efficacité des systèmes d'élevage tropicaux ; WP3-Valorisation des savoirs, expertises et innovations.

N°	WP	Thème	Référence
93	2	B	Bernier R. 2019, Caractérisation de la sensibilité du parasite <i>Haemonchus contortus</i> aux produits anthelminthiques et aux tanins condensés issus de plantes tropicales. Master 2 en sciences, technologies et santé, Mention : biologie santé, UA.
94	2	A	Malicieux T. 2019, Contribution au développement d'une méthode de dosage des tanins condensés, dans les plantes tropicales. Master 1 chimie. Université des Antilles.
95		B	Joachim L. 2019, Contrôle du pouvoir infestant de strongles gastro-intestinaux soumis à un traitement par les tanins condensés. BTS bioanalyses et contrôles. Lycée de Bellevue, Martinique.
96	2	A	Nerome L. 2018, Etude d'une méthodologie de caractérisation par chimométrie, des tanins condensés dans les plantes tropicales. Master 2 chimie, Université Paris-Est Créteil Val de Marne.
97		B	Blandel C. 2018. Effet des tanins condensés sur les strongles gastro-intestinaux des petits ruminants. La phytothérapie comme alternative aux anthelminthiques chimiques. Ecole d'IADE de Pointe à Pitre. Promotion 2017-2019.
98	2	B	Lambourde L. 2018, caractérisation de la résistance du parasite <i>H. contortus</i> , aux produits anthelminthiques. 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UA.
99	2	A	Peler J. 2018. Screening phytochimique de plantes pour la lutte contre les ectoparasites. 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UA.
100	2	B	Ariste-Zélise M. 2017, Contribution à l'étude des ressources végétales utilisables en santé animale : test de résistance de souches parasitaires & évaluation de l'activité des tanins condensés. 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UA.
101	2	B	Christine W. 2017, Contribution à l'étude des ressources végétales utilisables en santé animale : étude de la biodisponibilité des tanins condensés. 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UA.
102	2	A	Théophile M. 2017, Contribution à l'élaboration d'1 méthode pour la caractérisation des tanins condensés dans les végétaux. 3 ^{ème} année de licence chimie, UA.
103	3	B	Constant M. 2016, Evaluation <i>in vitro</i> de l'effet de la granulation sur les propriétés anthelminthiques de tanins condensés. Master2, UA.

Rapports de stages encadrés (suite)

N°	WP	Thème	Référence
104		A	Permal A. 2016. Validation d'une méthode de dosage des tanins condensés selon le profil d'exactitude. BTS bioanalyses et contrôles. Lycée de Bellevue, Martinique.
105	2	B	Gustave C. 2016, Contribution à l'étude de l'effet anthelminthique de ressources végétales tropicales. 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UA.
106	2	A	LETAPIN C. 2016, Méthodologie de caractérisation des tanins condensés. 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UA.
107	2	B	Sheikboudhou C. 2016, Etude de l'effet <i>in vitro</i> de plantes tropicales sur le parasite <i>H. contortus</i> . 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UA.
108	2	B	Adonis A. 2016. Contribution à l'évaluation de la valeur santé des métabolites secondaires : mise au point du test anthelminthique LFIA, 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UA.
109	3	B	Mounien M. 2016. Evaluation de la Thermosensibilité des tanins condensés. 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UA.
110	2 et 3	B	GONTE, C., 2016. Dosage de tanins condensés libres dans les aliments et produits animaux. Lycée d'Arsonval, BTS chimiste, St Maur.
111	2	A	ONAPIN M. 2015. Screening phytochimique d'algues Sargasses, Master1, biologie. UA
112	2	A	CASSAND M. 2015. Analyse de la composition chimique d'algues, d'aliments et de produits animaux, BTS chimiste ENCPB
113	2	A	Contaret A. 2014. Caractérisation des tanins condensés de plantes tropicales. 1 ^{ère} année BTS chimiste LPO Charles COEFFIN, Baie-Mahault, Guadeloupe
114	2	B	Gillardot A. 2014. Evaluation de l'effet anthelminthique des tanins condensés issus de plantes tropicales, sur le parasite <i>Haemonchus contortus</i> . Master en sciences, technologies et santé, Mention : biologie santé, UAG.
115	2 et 3	B	Ceriac S. 2014. Evaluation des propriétés alicamentaires du <i>Leucaena leucocephala</i> chez le chevreau créole. Master en sciences, technologies et santé, Mention : biologie santé, UAG.
116	3	B	Dahomé L. 2014. Evaluation de l'effet du site de récolte et de modalités de séchage, sur la composition en tannins condensés de 4 ressources végétales. Master en sciences de la matière. Mention Chimie, spécialité Valorisation de la flore tropicale, UAG.
117	3	B	Calabre R. 2013. Etude de l'impact de modalité de séchage sur la teneur en tanin condensé du pois d'angole. Ecole d'Ingénieurs CESI
118	2	A	Bolivar A. 2013. Dosage des tanins condensés. BTS bioanalyses et contrôles. Ecole Supérieure des Techniques de Biologie Appliquée, Paris.

Rapports de stages encadrés (suite)

N°	WP	Thème	Référence
119	2	L	Regalade L. 2013. Détermination des parois végétales et cartes de contrôle. 1ère année BTS chimiste LPO Charles COEFFIN, Baie-Mahault, Guadeloupe
120	2	A	Glandier, M., 2013. Mise au point d'une méthode de dosage des tanins condensés. rapport de stage. LPO Charles COEFFIN, Baie-Mahault, Guadeloupe.
121	2	L	Mischer M. 2013. Détermination de la matière azotée et mise au point du dosage des lipides totaux dans l'alimentation animale. ère année BTS chimiste LPO Charles COEFFIN, Baie-Mahault, Guadeloupe
122	2	B	Leno R-E. 2011. Effet alicament du manioc : Mode d'action sur le parasitisme des petits ruminants par Heamonchus Contortus. Master en sciences et technologies, Mention : biologie santé, Spécialité : Alimentation en milieu tropical. UAG
123	2	B	Berchel T. 2012, Contribution à l'Etude de l'effet anthelminthique de ressources tropicales en santé animale. 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UAG.
124	2	B	Magdeleine A. 2012, valorisation de métabolites secondaires des plantes en santé animale. 3 ^{ème} année de licence biologie biochimie, UAG.
125	2	A	Opet E. 2012. Mise au point et validation d'une méthode de dosage des tannins condensés. Master 1, chimie parcours enseignement physique chimie et médiation scientifique. Université Paris Sud.
126	2	A	Rotin N. 2012. Contribution à l'analyse des Tanins condensés dans les ressources végétales. Etude d'une méthode d'Estimation des Tanins condensés. 1ère année BTS chimiste LPO Charles COEFFIN, Baie-Mahault, Guadeloupe.
127		L	Corpilot M. 2011. Activités dans un laboratoire de recherches en productions animales. 1ère année Ingénieur, spécialité CGP, Stage d'exécution. Ecole supérieure de chimie physique électronique de Lyon.
128	2	A	Dragin R. 2011. Screening et étude de métabolites secondaires de la pulpe de banane pour une utilisation en alimentation animale. L3, Licence STS « physique-chimie », Parcours chimie. UAG
129	2	A	Opet E. 2011. évaluation de la composition phytochimique de la hampe du bananier en vue d'une utilisation en alimentation animale. L3, Licence STS « physique-chimie », Parcours chimie. UAG
130	2	A	Uneau C. 2011. Screening phytochimique et étude des métabolites secondaires de la banane pour une valorisation en alimentation animale. L3, Licence STS « physique-chimie », Parcours chimie. UAG

Rapports de stages encadrés (suite et fin)

N°	WP	Thème	Référence
131	2	L	Richard-Edmond S. 2011. Evaluation des substances antinutritionnelles du manioc dans le cadre de l'alimentation animale. L3, Licence STS « physique-chimie », Parcours chimie. UAG
132	2	B	Geran A. 2011. La lutte intégrée contre les strongles gastro-intestinaux. Etude de deux cas : la phytothérapie et la sélection génétique. Licence BEST, Parcours BOE. UAG
133	2	A et B	Lastel M-L. 2010. Evaluation de la valeur alicament de ressources végétales d'intérêt pour les systèmes de production agricole. Master2 en sciences et technologies, Mention: biodiversité tropicale, Spécialité : Écosystèmes naturels et exploités UAG
134	2	A et B	Rangassamy V. 2010. Evaluation de la valeur santé de ressources tropicales. Licence biologie, UAG
135	2	A	Placerdat J.2009. Screening phytochimique des feuilles de <i>Manihot esculenta</i> . BTS chimiste, Paris
136	2	B	Soutenare J. 2009. Etude de la Dégradation des TC dans le tube digestif des petits ruminants. Licence professionnelle, Paris XI.