

**VÉGÉPHYL – 25ème CONFÉRENCE DU COLUMA JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE
CONTRE LES MAUVAISES HERBES ORLÉANS – 5, 6 ET 7 DÉCEMBRE 2023
CARACTERISATION FONCTIONNELLE ET NUISIBILITE DIFFRENCIEE DES ADVENTICES DE LA CANNE A
SUCRE**

LAINE Elise^{1,2}, PONSART Margaux^{1,2}, RIPOCHE Aude^{1,2,3,4}, DAMOUR Gaëlle^{3,4}, SCHWARTZ Marion^{1,2},
AFFHOLDER François^{1,5,6}

¹CIRAD, UPR AIDA, F-97743 Saint-Denis, Réunion, France

²AIDA, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

³CIRAD, UPR GECO, F-97455 Saint-Pierre, Réunion, France

⁴GECO, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

⁵CIRAD, UPR AIDA, Harare, Zimbabwe.

⁶AIDA, Univ Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

Résumé

A la Réunion, les adventices demeurent la contrainte majeure en canne à sucre, d'autant que le nombre de produits phytopharmaceutiques a récemment drastiquement diminué. Trois types d'enherbement - (i) Dicotylédones, (ii) Vivaces, (iii) Lianes - ont été comparé en parcelles de canne pour en évaluer la nuisibilité sur la production, et la relier aux caractéristiques fonctionnelles des adventices présentes. La croissance ainsi que les biomasses de canne et d'adventices ont été suivies puis mesurées à la récolte. Les adventices ont été caractérisées par des traits fonctionnels aériens et racinaires. Les pertes de rendements observées en enherbement de lianes (22%) ont été significativement supérieures à celles observées en enherbement de vivaces (10%, p-value <0,05) ou de dicotylédones (5%, p-value <0,05) mais similaires à celles des témoins enherbés (37%). L'analyse fonctionnelle a révélé l'inadéquation de la typologie initiale pour représenter les différentes stratégies mises en œuvre par les adventices et nécessite d'être revue et approfondie.

Mots clés : nuisibilité des adventices, traits fonctionnels, systèmes de culture tropicaux, classification non supervisée

Abstract :

In Reunion Island, weeds remain the major constraint in sugarcane production, all the more so as the number of phytopharmaceutical products has recently been drastically reduced. Three types of weed - (i) Dicotyledons, (ii) Perennials, (iii) Lianes - were compared in sugarcane plots to assess their harmfulness on production, and to relate it to the functional characteristics of the weeds present. Growth and biomass of cane and weeds were monitored and measured at harvest. Weeds were characterized by aerial and root functional traits. Yield losses observed under liana weed control (22%) were significantly higher than those observed under perennial weed control (10%, p-value <0.05) or dicotyledons weed control (5%, p-value <0.05), but similar to those of weedy controls (37%). Functional characterization of the weeds, revealed that our weed types were inadequate to express the different weed species strategies for resources and lead us to go further in a near future.

Keywords : weed harmfulness, functional traits, tropical cropping systems, Hierarchical Clustering on Principal Components

INTRODUCTION

A la Réunion, les adventices représentent un problème majeur de plus en plus dur à gérer en canne à sucre. Le climat favorise particulièrement leur développement et elles peuvent provoquer des pertes de rendements de l'ordre de 20% à plus de 50%, alors qu'elles sont en moyenne de 10% en milieu (Oerke, 2006 ; Marnotte et Le Bourgeois, 2018). Cette nuisibilité découle de la concurrence entre les adventices et la culture pour un même pool de ressources limitées (eau, lumière, minéraux). Cela se traduit par des effets directs sur le rendement, et à long terme sur l'augmentation du stock semencier (Caussanel, 1989). Sur l'île de la Réunion, les herbicides demeurent les principaux produits phytosanitaires utilisés en culture de canne à sucre (Antoir *et al*, 2016 ; DAAF La Réunion, 2016).

Sous l'influence des politiques actuelles, le nombre de substances de synthèse homologuées a été réduit à 8 actuellement, et tend à se restreindre d'avantage (ANSES, 2023). Malgré cette baisse, l'utilisation de méthodes de désherbage alternatives reste encore très minoritaire, et aucune ne semble faire consensus (DAAF La Réunion, 2016). Il existe actuellement très peu de publications et de recherches sur les adventices en milieux tropicaux (Marnotte et Le Bourgeois, 2018). Une meilleure compréhension des interactions adventices/culture est pourtant cruciale pour mieux estimer et prévoir la compétition que les adventices peuvent exercer sur la culture, et ainsi, adapter leur mode de gestion. Les études existantes se concentrent plutôt sur l'impact des biomasses d'adventices sur le rendement, mais il est également possible de mobiliser l'approche fonctionnelle de la diversité (Navas, 2012). Selon cette approche, les espèces sont décrites, non plus sous un angle taxonomique, mais en fonction de leurs valeurs de « traits », c'est-à-dire des caractéristiques morphologiques, physiologiques ou phénologiques décrites à l'échelle de l'individu et associées à son fonctionnement dans l'écosystème (Violle *et al*, 2007 ; Garnier et Navas, 2013). La survie d'une plante dans un site donné, ainsi que son niveau de concurrence avec la culture dépend de sa capacité à acquérir et à conserver les ressources présentes dans le milieu. Ces différentes stratégies d'acquisition et de conservation des ressources peuvent être décrites via des traits aériens et racinaires (Diaz *et al*, 2004). L'un des intérêts d'une telle approche est qu'elle pourrait permettre de regrouper les espèces d'adventices en fonction de leurs stratégies d'acquisition des ressources et ainsi en grands types fonctionnels aux niveaux de nuisibilité différent (Garnier et Navas, 2013).

Pour étudier cette nuisibilité différenciée, nous avons comparé différents types d'enherbement (Dicotylédones, Lianes et Vivaces) au sein de parcelles expérimentales, d'une part, en étudiant leurs conséquences agronomiques sur la culture, d'autre part, en caractérisant les espèces adventices présentes au sein de ces enherbements selon leurs stratégies d'acquisition des ressources. L'objectif a été de répondre aux questions suivantes : des couverts d'adventices différenciés ont-ils des impacts contrastés sur la production de canne (indépendamment de la biomasse qu'ils produisent) ? La caractérisation fonctionnelle de ces couverts sur la base de traits reflétant les stratégies d'acquisition/conservation des ressources (lumière, eau, azote) permet-elle de traduire ces différences de nuisibilité sur la production de canne ? La typologie en 3 couverts choisie initialement est-elle cohérente avec les stratégies observées via les traits ?

MATERIEL ET METHODE

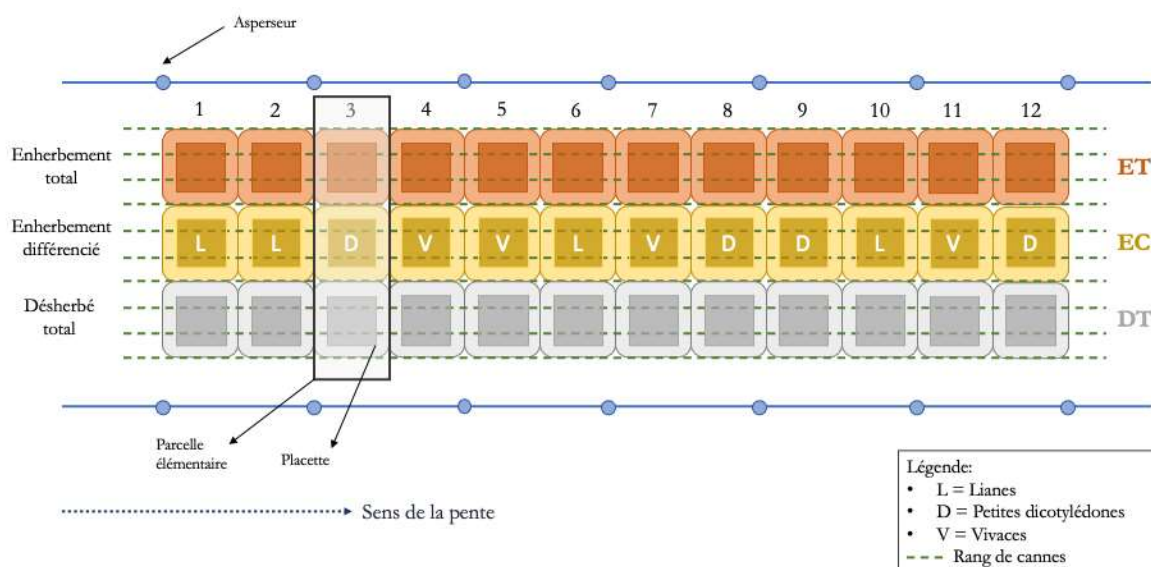
Description du site et design expérimental

Le dispositif expérimental est situé sur la station expérimentale du CIRAD à La Mare, dans la ville de Sainte-Marie, au Nord de l'île de La Réunion (France) (-20.903, 55.531). La parcelle a été plantée avec la variété de canne à sucre R579 en novembre 2021, et récoltée en juillet 2022. Elle est composée de 10 rangs au total, espacés de 1,5 m. L'irrigation a été réalisée par aspersion à une fréquence de 3x/semaine. La fertilisation a été fractionnée en deux apports, un premier a eu lieu au moment de la plantation (Locastart® (16/26/0), à 1,2 t/ha) et le second en avril Apex NP (21/13/0) à de 3,2 t/ha).

La parcelle a été divisée en 3 bandes correspondant à 3 modalités : un témoin désherbé (DT), un témoin totalement enherbé (ET), et un enherbement choisi (EC). Chaque modalité comporte 2 rangs de canne, et un rang a été placé entre chaque modalité comme bordure (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Dans les deux premiers mois, un désherbage chimique et un désherbage mécanique ont été réalisés sur les trois modalités. Un désherbage chimique supplémentaire a ensuite été effectué sur DT en mars afin de maintenir un recouvrement d'adventice inférieur à 5% tandis que ET n'a plus jamais été désherbé. La modalité EC a été subdivisée en trois sous-modalités correspondant à trois grands types d'enherbement : Lianes, Vivaces et petites Dicotylédones. Pour maintenir ces groupes, un désherbage sélectif manuel a été effectué environ 1x/mois afin d'éliminer les espèces non comprises dans le groupe d'espèces concerné. Chaque bande a été divisée en 12 parcelles de 15 x 7 m. Au sein de chacune de ces parcelles, une placette de 3 x 3m a été délimitée. Pour la modalité EC, chaque sous-modalité a été

répété 4 fois, et placé sur la bande en fonction de la composition de l'enherbement spontané (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Figure 1 : Plan du dispositif expérimental
Experimental design



Mesures sur la canne à sucre

La croissance de la canne au cours du temps a été évaluée à deux reprises au cours du cycle : 4 mois après plantation (le 25/03) et 6 mois après plantation (le 12/05). A chaque évaluation, la hauteur et la biomasse ont été mesurées. La hauteur et le nombre de tige de chaque plant de canne ont été mesurés sur une longueur de 2 m au sein de chaque placette. En parallèle, 30 tiges de canne ont été prélevées au sein des modalités témoin ET et DT (15 sur chaque modalité). Les hauteurs des tiges prélevées ont été mesurées. Les tiges, les feuilles vertes et les feuilles sénescentes ont été séparées, séchées à l'étuve, et pesées afin d'établir une relation allométrique permettant de calculer la biomasse de canne à partir des relevés de hauteur effectués au sein des placettes (Poultney *et al*, 2020).

A la récolte, l'ensemble des tiges présentes dans chaque placette a été coupé, compté et pesé au champ. Parmi les tiges récoltées, la masse fraîche et la masse sèche après passage à l'étuve (72 h à 60 °C) ont été mesurées sur 3 cannes (feuilles et tiges séparément). Le taux d'humidité moyen de la canne a été calculé à partir de ces valeurs, et à ensuite permis d'estimer la production par placette.

Mesures sur les communautés d'adventices

A partir du mois de mars, des relevés floristiques ont été réalisés au moins une fois par mois sur chacune des placettes. La surface totale de recouvrement, ainsi que le recouvrement spécifique par espèce ont été estimés grâce à l'échelle de notation définie par Marnotte (1984).

Au moment de la récolte, la biomasse des adventices a été mesurée au sein de chaque placette. L'ensemble des adventices présentes sur chaque placette a été récolté et pesé. Un échantillon de 1kg par placette a été placé en étuve, puis pesé pour obtenir la biomasse sèche et ainsi calculer la biomasse sèche totale prélevée sur chaque placette des modalités ET, DT, et sous-modalités d'EC.

Mesure des traits fonctionnels

Treize espèces d'adventices à étudier ont été choisies selon le premier inventaire de flore réalisé (Tableau I). Ont été retenues celles répondant aux critères suivants : représenter 80% de la communauté en abondance de biomasse (Pakeman et Quested, 2007), être présentes sur l'ensemble de la parcelle expérimentale et faire partie d'un des trois types d'adventices de l'enherbement choisi (lianes, vivaces, petites dicotylédones). Pour les mesures de traits, 1 individus par espèce et parcelle ont été récoltés sur la modalité ET (12 au total). Afin d'avoir un nombre identique d'individus prélevés

sur EC, 3 individus ont été prélevés par parcelles (4 répétitions par sous-modalité). Les prélèvements ont été effectués au 5ème mois de croissance de la canne. Pour préserver au mieux les placettes d'observation, les individus ont été prélevés à l'extérieur, tout en restant dans la parcelle élémentaire de chaque modalité.

Tableau I : Liste des espèces sélectionnées pour la mesure des traits. Le stade phénologique au moment du prélèvement est indiqué pour chaque espèce.
List of species selected for trait measurement. The phenological stage at the time of sampling is indicated for each species.

Code EPPO	Espèces	Famille	Groupe	Stade phénologique
AMASS	<i>Amaranthus sp.</i>	Amaranthaceae	Dicot	Floraison
CLEVI	<i>Cleome viscosa L.</i>	Cleomaceae	Dicot	Floraison
COMBE	<i>Commelina benghalensis L.</i>	Commelinaceae	Vivace	Phase végétative
CONAE	<i>Merremia aegyptia</i>	Convolvulaceae	Liane	Phase végétative
CRIMI	<i>Cardiospermum microcarpum Kunth</i>	Sapindaceae	Liane	Développement des fruits
CYPRO	<i>Cyperus rotundus L.</i>	Cyperaceae	Vivace	Phase végétative
DEDTO	<i>Desmodium tortuosum (Sw.) DC.</i>	Fabaceae	Dicot	Développement des fruits
EPHHL	<i>Euphorbia heterophylla L.</i>	Euphorbiaceae	Dicot	Floraison
EPHHS	<i>Euphorbia hyssopifolia L.</i>	Euphorbiaceae	Dicot	Floraison
IPOTR	<i>Ipomoea triloba L.</i>	Convolvulaceae	Liane	Phase végétative
MIMPU	<i>Mimosa pudica L.</i>	Fabaceae	Dicot	Phase végétative
PYLAM	<i>Phyllanthus amarus Schumach. & Thonn.</i>	Phyllanthaceae	Dicot	Phase végétative
PYLNO	<i>Phyllanthus niruroides Müll.Arg.</i>	Phyllanthaceae	Dicot	Phase végétative

Quatorze traits (Tableau II) ont été mesurés sur les individus prélevés. Ils ont été sélectionnés sur la base de la littérature en lien avec leur capacité à informer quant aux stratégies vis-à-vis des ressources (eau, lumière, azote) et selon leur facilité de mise en œuvre. Les traits aériens ont été mesurés conformément aux protocoles élaborés par Perez-Harguindeguy *et al.* (2016), à l'exception du stade phénologique de prélèvement qui a été déterminé en fonction du cycle de la canne. Le système racinaire de chaque individu a été extrait avec une bêche, en délimitant un carré de 25cm et en creusant à environ 25 cm de profondeur de façon à observer les systèmes racinaires, même incomplets dans un même volume de sol quelle que soit l'espèce considérée. Les racines ont ensuite été nettoyées, triées, scannée à 600 dpi (scanner Epson Perfection V850 Pro), puis analysées via le logiciel WinRHIZO™ Basic (Regent Instruments, Québec, Canada). Les racines ont ensuite été mises à sécher en étuve, pesées puis broyées afin de doser leurs teneurs en azote et en carbone.

Tableau II : Liste des traits fonctionnels mesurés
List of measured functional traits

Type de traits	Abréviations	Noms anglais	Traits	Unités	Fonctions associées
Traits aériens	BMa	aboveground dry biomass	Biomasse aérienne	g	Demande en hydrates de carbone
	H	plant height	Hauteur de la plante	m	Acquisition lumière
	SLA	specific leaf area	Surface foliaire spécifique	m ² .kg ⁻¹	Efficience de conversion lumineuse
	SLA plante entière	specific leaf area	Surface foliaire spécifique mesurée sur l'ensemble des feuilles	m ² .kg ⁻¹	
	TLA	total leaf area	Surface foliaire totale	cm ²	Acquisition lumière, besoins de la plante
	LMF	leaf mass fraction	Fraction massique foliaire (matière sèche foliaire / biomasse totale)	g.g ⁻¹	Allocation des hydrates de carbone
	LNC	leaf nitrogen content	Contenu en azote foliaire	g.kg ⁻¹ MS 60°C	
	LCC	leaf carbon content	Contenu en carbone foliaire	g.kg ⁻¹ MS 60°C	Acquisition des nutriments
	SNC	stem nitrogen content	Contenu en azote de la tige	g.kg ⁻¹ MS 60°C	
	SCC	stem carbon content	Contenu en carbone de la tige	g.kg ⁻¹ MS 60°C	
Traits souterrains	SRL	specific root length	Longueur racinaire spécifique	m.g ⁻¹	Exploration du sol, acquisition et
	RD	mean root diameter	Diamètre racinaire moyen	m.m-1	stockage des
	BMr	root biomass	Biomasse racinaire	g	nutriments et de l'eau
	RSR	root shoot ratio	Rapport partie souterraine/partie aérienne (matière sèche racinaire/matière sèche aérienne)	g.g ⁻¹	Capacité de compétition aérienne et souterraine

Analyse des données

Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel R version 4.2.1 (R Foundation for Statistical Computing, 2021). Une ANOVA a été réalisée pour tester l'effet de différentes variables (modalité, date et pente), sur la biomasse de la canne à sucre. Pour analyser au mieux la biomasse de canne et celle d'adventice, les effets des variables et la présence d'effet aléatoire ont ensuite été évalués grâce à la construction de modèles linéaires mixtes généralisés, et sélectionnés selon la minimisation du critère d'information bayésien (BIC). La comparaison des moyennes deux à deux a été réalisé grâce à un test post hoc de Tukey (fonction EMMEANS et TuckeyHSD). Lorsque les hypothèses de normalité et/ou variance n'étaient pas respectées, les variables ont été transformées.

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée sur les valeurs de traits grâce au package FactomineR (Lê *et al*, 2008). Seule la biomasse (BMa) n'a pas été prise en compte dans la représentation car considéré comme intégrative d'autres traits (H, SLA et TLA). Six variables qualitatives ont été incluses en tant que variable informatives supplémentaires (Espèce, modalité, date de prélèvement, type d'adventice, position sur la parcelle). Une Classification Hiérarchique sur Composantes Principale (HCPC) a ensuite été réalisée sur les premières dimensions de l'ACP contenant le plus d'informations, également avec le package FactomineR

RESULTATS

Etude de la biomasse des adventices

Le type d'enherbement a eu un effet significatif sur la biomasse sèche d'adventices (p-value <0,05). La biomasse d'adventices était significativement supérieure (p-value <0,05) en ET (3.5 t.ha⁻¹) par rapport à la biomasse observée en vivace (0.5 t.ha⁻¹). Sur les modalités Lianes et Dicotylédones des biomasses intermédiaires ont été mesurées (2.8 et 1.2 t.ha⁻¹ respectivement).

Effet des différents facteurs sur la production de canne à sucre

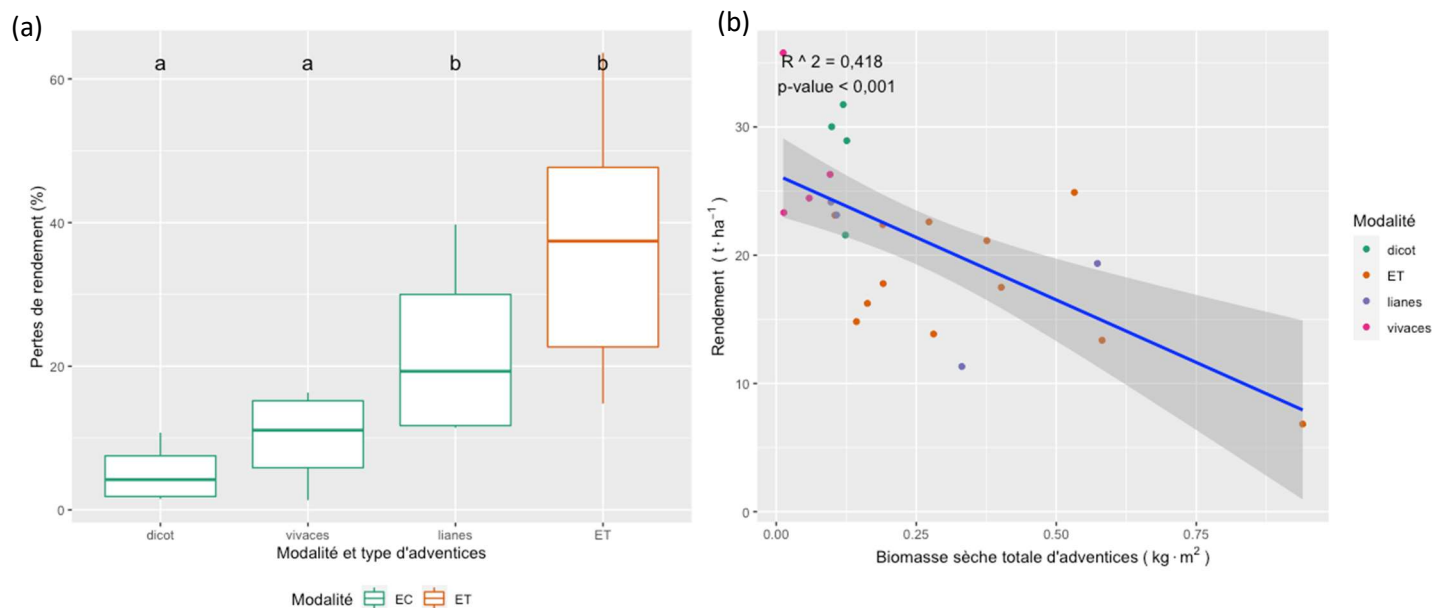
Le type d'enherbement, la date de relevé et l'interaction entre ces deux facteurs ont eu un effet significatif sur la biomasse de canne (p-value < 0,001). L'effet de l'enherbement n'était significatif que sur les deux derniers relevés, mettant en évidence des niveaux de production en canne à sucre significativement inférieurs pour ET et la modalité Lianes par rapport à DT et aux sous-modalités Dicotylédones et Vivaces de EC (p-value < 0,05).

La perte de rendement a été calculée en considérant le témoin DT comme référence. L'analyse de variance a révélé une différence significative entre certaines modalités (p-value < 0,05). La perte de rendement a été significativement supérieure dans les parcelles ET et Lianes d'EC, comparée aux parcelles des modalités Dicotylédones et Vivaces ().

L'influence des adventices sur la perte de rendement a été étudiée par une régression linéaire. Une corrélation négative très significative (p-value < 0,001) a été trouvée entre le rendement ($t \cdot ha^{-1}$) et la biomasse sèche d'adventices ($kg \cdot m^{-2}$).

Figure 1 : (a) Pertes de rendement (%) à la récolte par modalité (ET = Enherbement Total, EC = Enherbement Choisi) et type d'adventices. Les lettres indiquent les différences significatives (p-value < 0,05). (b) Régression linéaire du rendement ($t \cdot ha^{-1}$) en fonction de la biomasse d'adventices ($kg \cdot m^{-2}$). Les points sont colorés selon le type d'enherbement

(a) Yield losses (%) at harvest by treatment (ET = Enherbement Total, EC = Enherbement Choisi) and weed type. Letters indicate significant differences (p-value < 0.05). (b) Linear regression of yield ($t \cdot ha^{-1}$) against weed biomass ($kg \cdot m^{-2}$). Points are colored according



to weed type.

Valeurs et variabilité des traits fonctionnels

Considérant l'ensemble des individus, des variations importantes dans les valeurs de traits ont été observées, en particulier pour RSR, TLA, BMa, BMr, SRL, RD (244,9%, 265,4%, 266,3%, 141,3%, 97,1% et 100,5% respectivement)

Le groupe des lianes s'est différencié des deux autres de par une variabilité élevée des traits BMa, TLA, SRL et BMR, et par des valeurs moyennes de H, BMa, BMr, TLA et RD significativement supérieures aux deux autres types d'enherbement (p-value > 0,05). L'espèce CONAE s'est particulièrement différencié, avec des valeurs significativement plus élevées de BMa et de TLA par rapport aux deux autres espèces de lianes (p-value > 0,05). Au sein du groupe Dicotylédones, l'ensemble des traits a obtenu un coefficient de variation inférieur à 100%, à l'exception de BMa (CV = 103%) et de SRL (CV = 104%).

Classification des espèces en fonction des valeurs de traits fonctionnels

L'ACP sur les valeurs de traits a expliquée 52,5% de la variance totale sur les deux premier axes (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** a). Le premier axe a expliqué 29,7% de cette variance, et était corrélé négativement à RD, H et TLA (contributions de 19,7%, 20,7%, 14,0% respectivement) et positivement à SRL (contribution de 14,0%). Le deuxième axe a expliqué 22,8% de la variance totale, et était positivement corrélé à SNC (contribution de 25,3%) et négativement à RSR (contribution de 22,0%). Alors que les observations appartenant au groupe Vivaces étaient dispersées selon l'axe 2 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** b), celles appartenant au groupe des lianes étaient largement dispersées le long de l'axe 1, et très modérément sur l'axe 2. Le groupe des Dicotylédones était modérément dispersé sur les deux axes. Les trois groupes sont cependant restés peu différenciés, aucune différence significative n'a pu être révélée.

Tableau III : Description des clusters obtenus par la HCPC avec les traits fonctionnels influençant significativement la formation des clusters ($p\text{-value} < 0,05$) (moyenne du cluster $\pm$ écart type) et la composition en espèce (en % d'individus). Pour chaque trait, des lettres indiquent une différence significative entre les moyennes des sous-groupes (test HSD de Tukey), et "ns" les traits n'ayant pas un effet significatif dans la formation du cluster. Les valeurs en gras indiquent la valeur de trait la plus élevée, et les espèces marquées avec un astérisque celles étant non significative ($p\text{-value} < 0,05$).

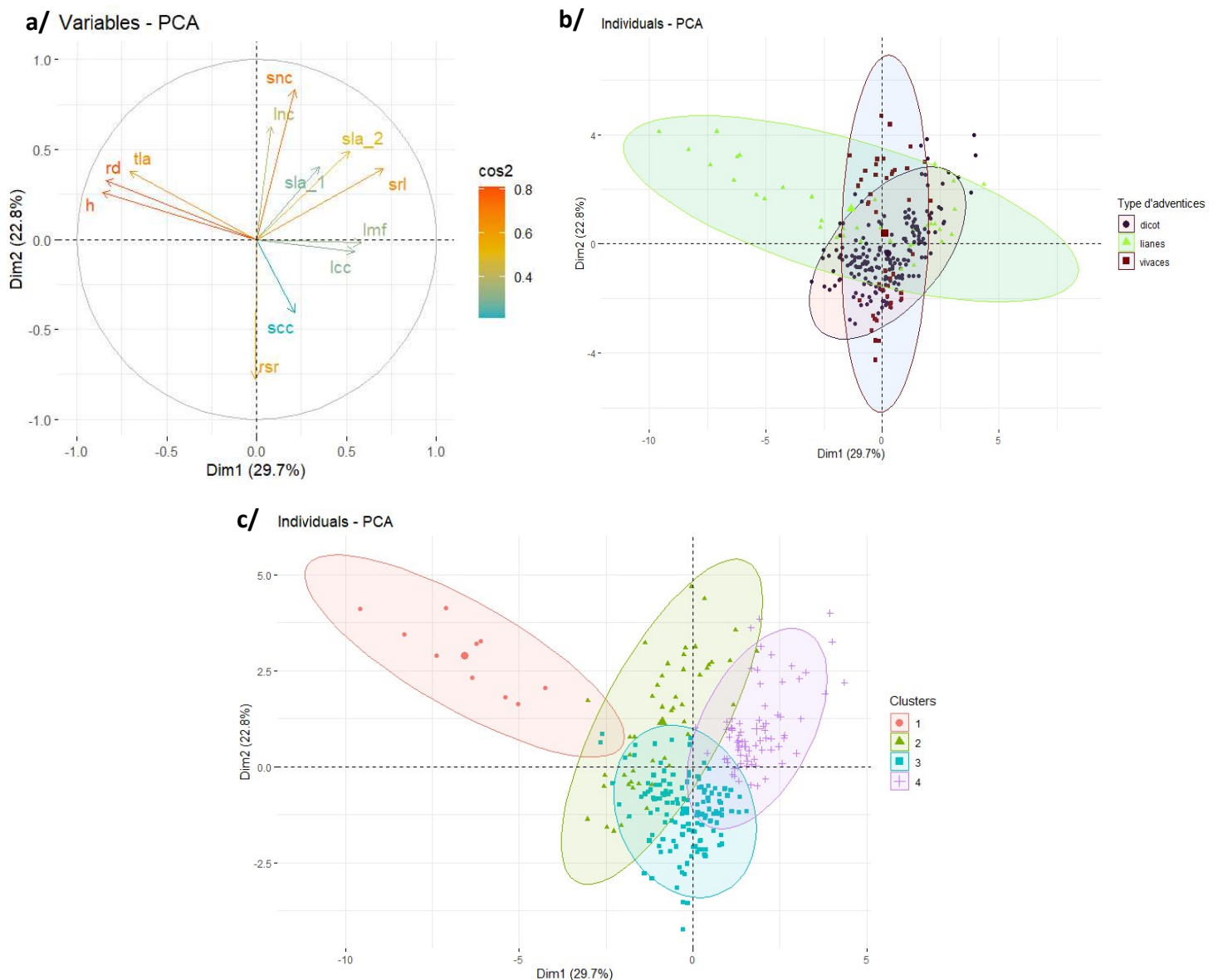
Description of clusters defined by HCPC with functional traits significantly influencing cluster formation ($p\text{-value} < 0.05$) (cluster mean $\pm$ standard deviation) and species composition (in % of individuals). For each trait, letters indicate a significant difference between subgroup means (Tukey's HSD test), and "ns" means not significant. Values in bold indicate the highest trait value, and species marked with an asterisk those being non-significant ($p\text{-value} < 0.05$).

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
H	244,93$\pm$ 46,98 (a)	ns	ns	33,16 $\pm$ 15,9 (b)
LMF	0,2 $\pm$ 0,04 (c)	0,26 $\pm$ 0,08 (bc)	0,29 $\pm$ 0,08 (b)	0,38$\pm$ 0,08 (a)
SLA_1	ns	ns	47,13 $\pm$ 32,57 (b)	69,22$\pm$ 36,55 (a)
SLA_2	ns	ns	34,63 $\pm$ 11,02 (b)	54,47$\pm$ 15,03 (a)
TLA	31363,97$\pm$ 16343,93 (a)	ns	418,82 $\pm$ 1107,06 (b)	114,73 $\pm$ 127,36 (b)
LCC	40,07 $\pm$ 0,25 (c)	37,9 $\pm$ 1,88 (d)	43,46 $\pm$ 1,8 (b)	45,54$\pm$ 1,81 (a)
LNC	44,4$\pm$ 5,56 (a)	ns	35,32 $\pm$ 8,86 (b)	44,45$\pm$ 6,75 (a)
SCC	ns	34,09 $\pm$ 2,09 (b)	42,68$\pm$ 2,06 (a)	42,45$\pm$ 1,39 (a)
SNC	ns	18,4$\pm$ 5,34 (a)	10,22 $\pm$ 2,52 (b)	17,65$\pm$ 4,73 (a)
RD	3,02$\pm$ 0,45 (a)	ns	ns	0,3 $\pm$ 0,07 (b)
RSR	ns	-0,2 $\pm$ 0,56 (b)	0,65$\pm$ 0,5 (a)	0,05 $\pm$ 0,59 (b)
SRL	0,33 $\pm$ 0,11 (c)	ns	10,06 $\pm$ 7,03 (b)	28,59$\pm$ 16,32 (a)
Composition en espèces				
	CONAE (100%)	AMASS (50%)	EPHHS (17,6%)	PYLNO (32%)
		COMBE (45,8%)	EPHHL (17,6%)	MIMPU (29,3%)
			CYPRO (14%)	CRIMI (17,3%)
			CLEVI (15,44%)	CYPRO (1,3%)*
			DEDTO (14,7%)	COMBE (1,3%)*
			IPOTR (3,7%)	
			PYLAM (12,5%)	

La HCPC a permis de définir 4 groupes significativement différents sur la base des coordonnées de l'ACP (Tableau III , **Erreur ! Source du renvoi introuvable.c**). Les variables Espèce et Date sont celles qui ont le plus d'effet dans la partition des clusters ($p\text{-value}<0,01$). Le cluster 1 est uniquement composé de l'espèce CONAE, montrant des valeurs de H, LNC, RD et TLA significativement supérieures aux autres clusters. Le cluster 2, constitué de AMASS et COMBE, a de faibles valeurs sur l'ensemble des traits qui le caractérise, à l'exception du SNC où il a montré des valeurs significativement plus élevées que les clusters 1 et 3 ($p\text{-value}<0,05$). Le cluster 4 est composé principalement de PYLNO, MIMPU et CRIMI, avec des valeurs significativement supérieures aux autres cluster dans la majorité des traits (LCC, LMF, LNC, SCC, SLA 1, SLA 2, SNC ET SRL) ($p\text{-value}<0,05$). Le cluster 3 est composé de CYPRO, de IPOTR et du reste des petites dicotylédones. Il affiche des valeurs significativement élevées de RSR et de SCC ($p\text{-value}<0,05$), mais des valeurs moyennes voire faibles dans le reste des traits les caractérisant.

Figure 3 : Analyse en composante principale (ACP) réalisée à partir des traits fonctionnels mesurés : (a) cercle des corrélations entre les traits sur les deux premières dimensions ; (b) Répartition des individus sur les deux premiers axes en fonction du groupe de plante ; (c) Répartition des individus sur les deux premiers axes en fonction des clusters obtenus avec la HCPC.

Principal component analysis (PCA) based on measured functional traits : (a) circle of correlations between traits on the first two dimensions ; (b) distribution of individuals on the first two axes according to plant group ; (c) distribution of individuals on the first two axes according to clusters obtained with HCPC.



DISCUSSION

L'hypothèse d'une nuisibilité différenciée en fonction des espèces d'adventices a bien été vérifiée. La diminution de rendement a été significativement différente entre les lianes et les deux autres types de couverts. Ces résultats sont en cohérence avec les précédents travaux de Martin *et al.* (2010 ; 2012). Les valeurs des traits fonctionnels mesurés présentent de manière générale une variabilité élevée, tant au niveau intraspécifique qu'interspécifique. Cela pourrait être lié aux stades phénologiques hétérogènes auxquels les individus ont été prélevés. Néanmoins, la comparaison des coefficients de variation intraspécifiques et interspécifiques a permis de vérifier l'hypothèse initiale d'homogénéité des traits au sein des espèces dans la majorité des cas (McGill *et al.*, 2006). Les espèces montrant le plus d'hétérogénéité au niveau intraspécifique appartiennent au groupe des lianes (*Merremia aegyptia*, *Cardiospermum microcarpum* et *Ipomoea triloba*). Ces résultats suggèrent une variabilité propre au comportement lianescent.

La typologie initiale des types d'enherbement étudiés s'est avérée inadaptée à une caractérisation fonctionnelle de ces enherbements par leurs stratégies d'acquisition des ressources. En effet, les résultats de l'ACP ont montré une absence de différenciation entre ces 3 groupes, et des variations de comportements entre certaines espèces en termes d'acquisition/conservation de ressources au sein même de ces types. La HCCP a permis de proposer une classification en quatre clusters significativement différents ($p\text{-value} < 0,05$), et représentant mieux ces différentes stratégies d'acquisition et d'utilisation des ressources. Les différences entre les clusters 1, 3 et 4 traduisent la théorie du compromis entre acquisition et conservation des ressources (Wright *et al.*, 2004 ; Gorné *et al.*, 2022). Uniquement constitué de l'espèce *Merremia aegyptia*, le cluster 1 illustre clairement une stratégie dite "rapide" ou "acquisitive" (valeurs élevées de surface foliaire, de hauteur et de diamètre racinaire). Le cluster 4 se positionne de manière intermédiaire, avec une surface foliaire spécifique et une longueur racinaire élevée, mais une surface foliaire plus réduite et une conservation du carbone et de l'azote dans les tissus (feuilles et tiges). Les espèces appartenant au cluster 3 pourraient, au contraire, être qualifiées de "lentes" ou "conservatrices" (valeur de traits faibles et conservation du carbone dans la tige, Diaz *et al.*, 2004). Le cluster 2 reste difficilement interprétable, au vu du nombre restreint de traits qui le caractérise.

CONCLUSION

L'analyse des pertes de rendement a mis en évidence une nuisibilité primaire directe supérieure des Lianes, et soutient l'hypothèse initiale de l'existence d'un gradient de nuisibilité des adventices. Néanmoins, la classification en grands types d'enherbement telle qu'adoptée dans cette étude, s'est avérée inadaptée pour traduire les différentes stratégies d'acquisition et de conservation des ressources. Une nouvelle classification des espèces d'adventices sur la base des traits fonctionnels a permis de mettre en lumière 4 clusters, illustrant un gradient de stratégies vis-à-vis de l'acquisition des ressources.

La variabilité importante des valeurs de traits fonctionnels a été montrée à l'échelle intraspécifique et interspécifique. De nouvelles mesures réalisées à un stade phénologique homogène pour toutes les espèces pourraient permettre de réduire cette variabilité. Ces résultats précurseurs restent à confirmer et à compléter, afin d'élargir le panel d'adventices étudiées et de mieux caractériser le lien entre ces types de stratégie à l'échelle de la communauté d'adventices et les répercussions sur le rendement de la canne à sucre. L'identification des espèces d'adventices les plus nuisibles permettra par la suite d'engager avec les producteurs et les organismes techniques une réflexion sur les priorités de désherbages et sur des solutions plus adaptées à chaque contexte.

BIBLIOGRAPHIE

ANSES, 2023. Ephy. Disponible sur <https://ephy.anses.fr/>, consulté le 22/03/2023.

Antoir, J., Goebel, F. R., Le Bellec, F., Esther, J. J., Maillary, L., Mansuy, A., Marion, D., Marnotte, P., Martin, J., Rossolin, G., Vincenot, D., 2016. *Les bonnes pratiques de désherbage de la canne à sucre*. Chambre d'agriculture de La Réunion, Ile de la Réunion.

Caussanel, J. P., 1989. Nuisibilité et seuils de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle: situation de concurrence bispécifique. *Agronomie*, 9, 3 : 219-240.

DAAF La Réunion, 2016. Le désherbage de la canne à sucre à La Réunion. *Agreste Analyse*, 101.

Diaz, S., Hodgson, J. g., Thompson, K., Cabido, M., Cornelissen, J. h. c., Jalili, A., Montserrat-Martí, G., Grime, J. p., Zarrinkamar, F., Asri, Y., Band, S. r., Basconcelo, S., Castro-Díez, P., Funes, G., Hamzehee, B., Khoshnevi, M., Pérez-Harguindeguy, N., Pérez-Rontomé, M. c., Shirvany, F. a., Vendramini, F., Yazdani, S., Abbas-Azimi, R., Bogaard, A., Boustani, S., Charles, M., Dehghan, M., de Torres-Espuny, L., Falczuk, V., Guerrero-Campo, J., Hynd, A., Jones, G., Kowsary, E., Kazemi-Saeed, F., Maestro-Martínez, M., Romo-Díez, A., Shaw, S., Siavash, B., Villar-Salvador, P., Zak, M. r., 2004. The plant traits that drive ecosystems: Evidence from three continents. *Journal of Vegetation Science*, 15, 3 : 295-304. DOI : 10.1111/j.1654-1103.2004.tb02266.x.

Garnier, E., Navas, M.-L., 2013. *Diversité fonctionnelle des plantes*. LMD Biologie/Écologie. De Boeck.

Gorné, L. D., Díaz, S., Minden, V., Onoda, Y., Kramer, K., Muir, C., Michaletz, S. T., Lavorel, S., Sharpe, J., Jansen, S., 2022. The acquisitive–conservative axis of leaf trait variation emerges even in homogeneous environments. *Annals of botany*, 129, 6 : 709-722.

Lê, S., Josse, J., Husson, F., 2008. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. *Journal of statistical software*, 25 : 1-18.

Marnotte, P., 1984. Influence des facteurs agroécologiques sur le développement des mauvaises herbes en climat tropical humide. 7ème Coll. *Int. Ecol. Biol. et Syst. des Mauvaises Herbes, Paris, France* : 183-189.

Marnotte, P., Le Bourgeois, T., 2018. *Gestion durable de la flore adventice en cultures tropicales*. Ed. Quae.

Martin, J., Le Bourgeois, T., Lebreton, G., Marnotte, P., Esther, J.-J., Chabalier, M., Valéry, A., Lépinay, E., 2012. Pourquoi tant de lianes? Le cas de la canne à sucre à La Réunion.

Martin, J., Marion, D., Marnotte, P., Esther, J.-J., 2010. Le fléau des lianes grimpantes.

McGill, B. J., Enquist, B. J., Weiher, E., Westoby, M., 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in ecology & evolution*, 21, 4 : 178-185.

Navas, M.-L., 2012. Trait-based approaches to unravelling the assembly of weed communities and their impact on agro-ecosystem functioning. *Weed Research*, 52, 6 : 479-488.

Oerke, E.-C., 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144, 1 : 31-43. DOI : 10.1017/S0021859605005708.

Pakeman, R. J., Quested, H. M., 2007. Sampling plant functional traits: what proportion of the species need to be measured? *Applied Vegetation Science*, 10, 1 : 91-96.

Perez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M. S., Cornwell, W. K., Craine, J. M., Gurvich, D. E., 2016. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of botany*, 64, 8 : 715-716.

Poultney, D. M.-N., Christina, M., Versini, A., 2020. Optimising non-destructive sampling methods to study nitrogen use efficiency throughout the growth-cycle of giant C4 crops. *Plant and Soil*, 453 : 597-613.

Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E., 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116, 5 : 882-892. DOI : 10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x

Wright, I. J., Reich, P. B., Westoby, M., Ackerly, D. D., Baruch, Z., Bongers, F., Cavender-Bares, J., Chapin, T., Cornelissen, J. H., Diemer, M., 2004. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*, 428, 6985 : 821-827.