

Rapport d'étude

Ce rapport d'étude a été réalisé dans le cadre du projet AGRUM'AIDE recevant le soutien financier de l'ONEMA et piloté par la MAAF-DGER dans le cadre du plan national Ecophyto.





Rapport de stage

Etude de la phénologie et des traits de réponse aux pratiques culturales des espèces végétales d'intérêt pour la lutte biologique en vergers d'agrumes à la Réunion

Eve Audoin

Année de césure 2015 – 2016

Stage réalisé de Septembre 2015 à Février 2016

Tuteur de césure : Pauline Lecole, Ingénieur d'études à Montpellier SupAgro
Maîtres de stage : Fabrice Le Bellec et Marie Rothé, Chercheur et Doctorante
au CIRAD - Département Persyst, unité HortSys

Table des matières

Abréviations	6
Figures et tableaux	7
Introduction.....	8
I. Le contexte de la mission et son but	9
1. Contexte institutionnel, sociétal et agronomique.....	9
a. Contexte institutionnel et sociétal	9
b. Les cultures agrumicoles de la Réunion et le développement de la lutte biologique par conservation des habitats	9
c. Le projet AGRUM' AIDE.....	10
2. Les traits, un outil pour caractériser les communautés végétales d'un point de vue fonctionnel et pour prédire leur comportement face à des perturbations.....	10
II. Les besoins du projet AGRUM' AIDE.....	11
1. Les premières études de traits	11
a. Les traits d'effet.....	11
b. Les traits de réponse	12
c. Des traits complémentaires pour l'étude des communautés végétales.....	13
2. Les nouvelles études à mener.....	13
a. Présentation des études de traits nécessaires.....	13
b. Phase 2 : Prédire la composition des communautés végétales en fonction de leur environnement.....	14
i. Prédire la composition des communautés végétales en fonction de la disponibilité des ressources	14
ii. Prédire la composition des communautés végétales en fonction des pratiques culturelles	17
iii. Prédire la composition des communautés végétales en fonction du climat.....	18
c. Phase 3 : Connaître les périodes et dates auxquelles les communautés végétales s'avèrent intéressantes ou nuisibles	18
d. La richesse spécifique et la diversité floristique des vergers d'agrumes.....	20
i. Une diversité à la base ?	20
ii. Impact des pratiques culturelles sur la composition floristique au sein des vergers.....	20
III. Matériels et méthodes	21
1. Les suivis des adventices menés dans quatre vergers situés à des altitudes différentes	21
a. Les dispositifs mis en place.....	21
b. Les mesures des traits	22
2. Les mesures du SLA et du LDMC.....	22
3. La recherche bibliographique pour les formes de vie	23

4.	L'inventaire des espèces présentes dans les banques de semence des vergers d'agrumes de différents producteurs	23
IV.	Résultats	26
1.	La hauteur et le diamètre moyens	26
a.	Les profils de hauteur et de diamètre moyens à Bassin-Plat.....	26
b.	Les profils de hauteur et de diamètre moyens de <i>Plantago lanceolata</i> chez les producteurs.....	28
2.	Le SLA et le LDMC.....	31
3.	Les formes de vie	31
4.	Les périodes de floraison et les dates de dispersion.....	31
a.	La floraison et la dispersion des graines des espèces de Bassin-Plat.....	31
b.	Les dates de mi-floraison et de mi-dispersion	33
5.	Richesse spécifique et impact des pratiques culturales.....	34
V.	Discussions et perspectives.....	36
1.	Des espèces à vitesses de croissance variées	36
2.	Impact de l'environnement sur le développement des espèces.....	37
3.	Des indicateurs pour prédire le comportement des espèces.....	37
a.	Un indicateur de rapidité de développement des adventices ?.....	37
b.	La forme de vie pour prédire quelles espèces sont favorisées ou défavorisées face aux pratiques culturales	38
c.	Un indicateur de compétitivité	40
4.	Prévoir des dates d'intervention grâce aux profils de floraison et les dates de début de dispersion	40
5.	La richesse spécifique des vergers d'agrumes	41
	Conclusion	41
	Bibliographie.....	42
	Annexes.....	47

Abréviations

ACP : Analyse en Composantes Principales

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

IDAO : A Multimedia Approach to Computer Aided Identification

JAI : Jours Après Intervention

LDMC : Leaf Dry Matter Content

LHS : Leaf – Height - Seed

LNC : Leaf Nitrogen Concentration

LPC : Leaf Phosphorus Concentration

OAD : Outil d’Aide à la Décision

SLA : Specific Leaf Area

WIKWIO : Weed Identification and Knowledge in the Western Indian Ocean

Figures et tableaux

Liste des figures

Figure 1 - Etude des traits et objectifs.....	14
Figure 2- Compétition pour les ressources et traits de réponse	15
Figure 3- Classification des formes de vie de Raunkiaer.....	17
Figure 4 – Résumé de la démarche employée pour l'étude de l'impact des pratiques sur la richesse spécifique	25
Figure 5- Graphes de l'évolution de la hauteur végétative et du diamètre de Sorghum arundinaceum à Bassin-Plat en fonction des JAI	26
Figure 6- Graphes de l'évolution de la hauteur végétative et du diamètre de Malvastrum coromendelianum à Bassin-Plat en fonction des JAI.....	27
Figure 7- Hauteur et diamètre moyens maximum des espèces étudiées à Bassin-Plat.....	27
Figure 8- Graphes de l'évolution de la hauteur végétative moyenne de Plantago lanceolata chez trois producteurs en fonction des JAI.....	28
Figure 9- Graphes de l'évolution du diamètre moyen de Plantago lanceolata chez trois producteurs en fonction des JAI	29
Figure 10- Les SLA et LDMC des 14 espèces de Bassin-Plat.....	30
Figure 11- Les formes de vie des 120 espèces de la base de données	31
Figure 12- Profil de floraison et de début de dispersion des graines des espèces de Bassin-Plat au cours du temps	32
Figure 13- Pourcentage d'individus en fleur chez Bidens pilosa (à gauche) et Cardiospermum halicacabum (à droite) de Bassin-Plat en fonction des JAI	33
Figure 14- Comparaison du nombre d'espèces recensées dans les vergers (bleu), dans les inter-rangs (rouge) et dans les terrines (vert et violet)	34

Liste des tableaux

Tableau 1- Les traits d'effet et les fonctions associées utilisés en vue de caractériser de façon fonctionnelle un couvert végétal pour favoriser la lutte biologique	11
Tableau 2- Traits de réponse étudiés.....	12
Tableau 3- Traits complémentaires étudiés	13
Tableau 4- Des traits de réponse pour établir des prédictions d'assemblages des communautés..	15
Tableau 5 - Les traits phénologiques pour adapter les pratiques culturales afin d'obtenir la communauté souhaitée	18
Tableau 6- Conditions climatiques des quatre sites d'étude	20
Tableau 7- Liste des espèces étudiées sur les différents sites d'étude.....	21
Tableau 8- Les trois sites d'étude supplémentaires	23
Tableau 9- Dates de mi-floraison et de mi-dispersion de Plantago lanceolata chez les trois producteurs.....	33

Introduction

La réduction de l'utilisation des pesticides est aujourd'hui un enjeu majeur en termes de santé et de protection de l'environnement. De plus en plus d'enquêtes montrent en effet que ces produits ont un impact sur le fonctionnement des écosystèmes et sur le développement de certaines maladies sur les humains. En vue de diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires aujourd'hui très répandue dans l'agriculture française, le développement et la transmission de techniques durables et agroécologiques sont encouragés par les politiques publiques.

La lutte biologique par conservation fait partie des différentes techniques alternatives qui sont en cours de développement aujourd'hui. Elle consiste à favoriser les habitats naturels des auxiliaires afin que ceux-ci prennent les ravageurs des cultures comme cibles. Un des axes de recherche du CIRAD est de développer un outil d'aide à la décision capable de conseiller un itinéraire technique qui favoriserait certaines communautés végétales, elles-mêmes favorisant à leur tour la présence d'auxiliaires d'intérêt. Ce projet est mené pour le cas des vergers d'agrumes à la Réunion. L'intérêt du stage dans le projet est d'étudier de plus près les communautés végétales en vue de prédire leur composition et leur fonctionnement face à des gradients environnementaux, à l'aide de certaines de leurs caractéristiques. En effet les flores spontanées n'ont que rarement été le sujet principal de recherches, surtout lorsqu'il s'agit de les favoriser et non de les supprimer.

Pour rendre compte du travail réalisé lors de ce stage, une mise en contexte sera tout d'abord détaillée. Puis un état de l'art lié aux besoins du projet sera présenté. Enfin, la méthodologie, les résultats et les discussions et perspectives relatifs aux expérimentations menées lors du stage seront exposés dans les parties suivantes.

I. Le contexte de la mission et son but

1. Contexte institutionnel, sociétal et agronomique

a. Contexte institutionnel et sociétal

Le Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) est un établissement public à caractère industriel et commercial créé en 1984. Il est placé sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère des affaires étrangères. Le CIRAD œuvre pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes grâce à sa production et transmission de nouvelles connaissances dans les domaines des sciences du vivant, des sciences sociales et des sciences de l'ingénierie agronomique.

Une des problématiques traitée par le CIRAD est l'utilisation massive des produits phytosanitaires, qui soulève des questions quant à son impact sur la santé et l'environnement. De nouveaux effets de certaines substances issues de pesticides sont régulièrement décelés, comme les risques sur le développement du système nerveux humain, les risques de naissances prématurées, l'élimination de populations d'insectes et autres formes de vie des rivières et ruisseaux (Martin, 2014). De plus, l'utilisation des pesticides fait partie des principales causes de pollution de l'eau et impacte considérablement la biodiversité en réduisant les disponibilités alimentaires pour les animaux d'espèce supérieure (FAO, 2002). Avec l'appui du Grenelle de l'environnement, le gouvernement français souhaite aujourd'hui remédier à ces problématiques grâce notamment au plan Ecophyto. Cette mesure a pour objectif de diviser par deux l'utilisation de produits phytosanitaires d'ici 2025 et permet le financement de projets à visée agroécologique, dont certains sont menés à bien par le CIRAD.

b. Les cultures agrumicoles de la Réunion et le développement de la lutte biologique par conservation des habitats

Les cultures agrumicoles sont traditionnellement implantées au sein de l'île et sont associées à des enjeux économiques et environnementaux majeurs. Elles occupent 250ha de terres agricoles et sont majoritairement destinées à la consommation locale. Ces productions subissent de très fortes contraintes phytosanitaires : les indices de fréquence de traitement se situent entre 15 et 30. Cette abondance de traitements s'explique par la pression qu'exercent les ravageurs et les maladies sur les productions, ainsi que l'utilisation encore fréquente aujourd'hui d'herbicide comme gestion de l'enherbement.

La lutte biologique par conservation des habitats est un levier technique durable alternatif à l'utilisation de produits phytosanitaires. Elle consiste à attirer des auxiliaires en leur constituant un habitat favorable et durable via les couverts végétaux ce qui permet de diminuer les populations de ravageurs, les principaux pour les vergers réunionnais étant les acariens, les cochenilles ou encore les pucerons. L'application de cette technique aux cultures agrumicoles est particulièrement adaptée puisqu'il s'agit de cultures pérennes, à condition que les structures non productives telles que les inter-rangs, haies, talus, fossés, lisières ne soient pas ou peu perturbés (Landis, Wratten, & Gurr, 2000). Les vergers d'agrumes contiennent au moins 30 % de surfaces enherbées et sont donc compatibles avec une lutte biologique efficace (Thies, Steffan-dewenter, & Tschardtke, 2003). La gestion de l'enherbement comme outil de lutte biologique est d'autant plus envisageable que ces

surfaces sont facilement manipulables par les producteurs, tant pour la mise en place que pour la suppression.

c. Le projet AGRUM'AIDE

La mission du stage entre dans le cadre du projet AGRUM'AIDE¹, qui a pour visée d'accompagner les producteurs réunionnais pour les aider à développer des pratiques innovantes en vergers d'agrumes. L'objectif est de gérer judicieusement les enherbements, aujourd'hui très perturbés par les pratiques agricoles, de façon à favoriser les habitats des auxiliaires pour lutter contre les ravageurs. Le projet est basé sur l'hypothèse que l'augmentation, en qualité et en quantité, des habitats semi-naturels au sein des parcelles associées au respect des règles de la lutte intégrée par les producteurs permettront d'augmenter l'efficacité de la lutte biologique et, par conséquent, de diminuer durablement l'usage des pesticides.

L'un des objectifs du projet est de développer un outil d'aide à la décision (OAD) pour la gestion des enherbements et habitats adjacents, afin de soutenir la lutte biologique contre les ravageurs des vergers d'agrumes. L'OAD basera son algorithme sur la base de données BD-TRAITS, créée et alimentée durant le projet, qui renseigne des informations sur les traits fonctionnels des adventices composant les couverts végétaux des vergers d'agrumes réunionnais. L'élaboration de l'OAD se partage en quatre temps :

- 1) Caractérisation sur le plan fonctionnel de la végétation spontanée des vergers d'agrumes à la Réunion,
- 2) Evaluation des impacts de différentes pratiques de gestion de l'enherbement sur les communautés végétales,
- 3) Evaluation de la propension des communautés végétales à soutenir la lutte biologique,
- 4) Construction de l'outil d'aide à la décision sur la base des résultats des trois premières phases.

Le travail du stage va alimenter la deuxième phase, portant sur l'étude des impacts des pratiques de gestion de l'enherbement sur la composition des couverts végétaux. Il est plus précisément ciblé sur l'étude de la phénologie et des traits de réponses des communautés végétales spontanées, jusqu'alors peu étudiées puisque considérées comme indésirables. La connaissance de la composition et du fonctionnement de ces communautés est primordiale si l'on veut par la suite élaborer des itinéraires techniques pour favoriser ou réduire la présence de certaines espèces, intéressantes ou non pour la lutte biologique.

2. Les traits, un outil pour caractériser les communautés végétales d'un point de vue fonctionnel et pour prédire leur comportement face à des perturbations

Les approches basées sur les traits sont aujourd'hui largement utilisées dans les études d'écologie, de l'échelle de l'individu à l'écosystème entier (Violle et al., 2007). Dans la littérature, le terme « trait »

¹ Projet recevant le soutien financier de l'ONEMA dans le cadre du plan national ECOPHYTO (appel à projet Biodiversité-Ecophyto) et piloté par le MAAF-DGER.

peut prêter à confusion puisqu'il a été à plusieurs reprises utilisé pour désigner différents aspects d'une communauté. Certains articles considèrent comme trait végétal ce qui concerne l'individu (ex : masse des graines) mais aussi la population (ex : hauteur de la canopée) ou encore des éléments environnementaux (ex : conditions du sol). Violle et al. (2007) proposent une définition de ce terme à l'échelle de l'individu uniquement, afin de ne pas faire de confusion dans l'identification des mécanismes sous-jacents contrôlant la structure des communautés et le fonctionnement des écosystèmes. Selon Violle et al. (2007), un trait est une caractéristique morphologique, physiologique ou phénologique mesurable au niveau de l'individu, de la cellule à l'organisme entier, sans référence à l'environnement ou à un quelconque autre niveau d'organisation. Les traits peuvent être considérés comme des indicateurs de processus conduits par les végétaux (e.g. la biomasse en surface pour la demande en carbohydrates) et permettent de comparer un grand éventail d'espèces sur la base de leur capacité potentielle à participer ou intervenir dans ces processus (Tardy, Moreau, Dorel, & Damour, 2015).

Deux types de traits sont aujourd'hui étudiés (Lavorel & Garnier, 2002):

- Les **traits d'effet**, qui influencent une ou plusieurs fonctions de l'écosystème (Lavorel & Garnier, 2002). Par exemple le trait d'effet « présence de nectar extra-floral » va influencer la présence d'insectes attirés par le nectar.
- Les **traits de réponse**, qui déterminent une réponse de la plante face à une perturbation (Cingolani et al., 2007). On entend ici par perturbation « tout évènement temporel discret qui perturbe la structure de l'écosystème, de la communauté ou de la population qui modifie la disponibilité des ressources et l'environnement physique » (P.S. White & Pickett, 1985). Violle et al. (2007), quant à eux, définissent les traits de réponse comme « n'importe quel trait dont l'attribut varie en réponse à des changements de conditions environnementales ». Cependant des traits dits « constants » comme le SLA (Specific Leaf Area)(Lavorel & Garnier, 2002), qui ne varieront donc pas face à une perturbation ou très peu, sont dans certaines études utilisés comme des traits de réponse (Gaba, Fried, Kazakou, Chauvel, & Navas, 2014). De même, Gaba et al. (2014) considèrent que la forme de vie ou encore la masse des graines sont des traits de réponse aux perturbations, alors que ces traits sont respectivement considérés comme catégorique et constant (Garnier, Navas et Grigulis, 2016). On a pris parti de considérer ces traits stables comme traits de réponse, même si une perturbation liée à l'environnement n'engendrera pas une variation de leurs attributs. En effet même s'ils sont constants, certains traits peuvent permettre de *prédire* les assemblages et les fonctionnements des communautés végétales sous un large panel de conditions environnementales (Garnier et Navas, 2013).

La notion de trait a été choisie et utilisée dans le projet AGRUM'AIDE pour caractériser les communautés végétales. Il en est de même pour le travail de ce stage.

II. Les besoins du projet AGRUM'AIDE

1. Les premières études de traits

L'intérêt de l'étude des traits est de décrire les espèces végétales pour un rôle donné, puis de se placer à l'échelle de la communauté pour en décrire le potentiel (Norris & Kogan, 2000). Les traits étudiés à l'origine du projet sont présentés dans les parties suivantes.

a. Les traits d'effet

Les traits d'effet sont utilisés pour caractériser de façon simplifiée les principales fonctions des couverts végétaux qui contribuent à la lutte biologique. Un environnement adapté aux exigences des auxiliaires favoriserait le développement de leurs performances individuelles, en particulier leur fécondité et leur longévité (Anon, 2013), rendant la régulation durable. Pour être considérées comme favorables à la lutte biologique, les communautés végétales doivent avoir pour rôle:

1) D'offrir des ressources de nourriture alternatives pour l'attraction et le maintien des auxiliaires ;

2) d'offrir des refuges permettant aux auxiliaires de s'abriter en cas de perturbations du milieu, notamment lors de traitements phytosanitaires (Landis et al., 2000) ou d'interventions mécaniques dans la parcelle.

Lors de travaux antérieurs au stage, des fonctions relatives à ces deux rôles ont été identifiées et associées à des traits d'effet correspondant. Ces traits et fonctions sont résumés dans le **Tableau 1**.

	Traits d'effet	Fonctions associées
Fourniture de ressources alternatives	Couleur de l'inflorescence	Attractivité
	Taille de l'inflorescence	Visibilité
	Présence de nectar extra-floral	Apport de ressources nutritives supplémentaires
	Ouverture de l'inflorescence	Accessibilité
Fourniture d'habitat refuge	Présence de nervures en relief	Abri et site de ponte
	Densité des trichomes (faces supérieure et inférieure)	Abri et site de ponte, mobilité de prédation (selon la densité)
	Présence de domaties	Abri et site de ponte
	Recouvrement	Création d'un microclimat
	Régularité de la marge des feuilles	Mobilité de prédation et maintien sur la plante
	Présence de trichomes glandulaires	Répulsion des phytophages

Tableau 1- Les traits d'effet et les fonctions associées utilisés en vue de caractériser de façon fonctionnelle un couvert végétal pour favoriser la lutte biologique

b. Les traits de réponse

Les traits de réponse peuvent permettre de prédire les assemblages et fonctionnements des communautés végétales (Garnier et Navas, 2013). Prédire non seulement les réponses des communautés végétales face aux perturbations, mais aussi aux disponibilités des ressources ou aux conditions climatiques est un élément important pour le projet. L'idéal serait de prédire la réponse des communautés végétales à tous les gradients environnementaux.

Cependant, traduire les systèmes de culture en gradients environnementaux est difficile à cause de la complexité du système et de la dépendance des gestions des pratiques aux conditions locales, aux types de cultures et aux contraintes socio-économiques (Gaba et al., 2014). Gaba et al. (2014) suggèrent de décomposer ce système complexe en trois composantes :

- 1) **La disponibilité des ressources** (nutriments, lumière, eau),
- 2) **Les conditions locales** caractérisant le site indépendamment de l'utilisation actuelle de la parcelle, comme les conditions climatiques, historiques ou pédologiques,
- 3) **Les niveaux de perturbations**, dépendant directement des modes de gestion des pratiques culturales et du type de culture.

La composition des couverts de service varie en fonction de ces trois composantes. Afin de prévoir la composition de ces communautés végétales, des traits de réponse ont été étudiés lors des stages précédents et sont résumés dans le **Tableau 2**.

Traits de réponse	Intérêt	Référence
SLA	Prédire la capacité d'utilisation des ressources de l'espèce	Gaba et al., 2014; Westoby, 1998; Wright et al., 2004
Masse des graines	Prédire la capacité de colonisation d'une espèce (capacité de dispersion, établissement des plantules)	Gaba et al., 2014; Weiher et al., 1999; Westoby, 1998
Hauteur maximale	Prédire le potentiel de compétitivité de l'espèce	Gaba et al., 2014; Pérez-Harguindeguy et al., 2013; Westoby, 1998
Biomasse	Prédire l'abondance d'une espèce en fonction de sa biomasse	Grime, 1998
Cycle de vie	Prédire le temps de présence d'une espèce sur la parcelle	Pérez-Harguindeguy et al., 2013

Tableau 2- Traits de réponse étudiés

La biomasse n'est pas clairement répertoriée comme un trait de réponse dans la littérature. Néanmoins ce trait correspond à la définition d'un trait de réponse : il peut se mesurer à l'échelle

d'un individu et varie en fonction des perturbations (une baisse en abondance d'une espèce correspond avec une baisse de la biomasse). On le considère donc comme un trait de réponse.

c. Des traits complémentaires pour l'étude des communautés végétales

D'autres traits ont été étudiés pour connaître davantage les communautés végétales et pour adapter les pratiques culturales en fonction de leur fonctionnement. Ces traits ne sont pas clairement considérés comme des traits d'effet ou de réponse dans la littérature. Le trait « mode de dispersion » par exemple est qualifié de « trait catégorique » selon Pérez-Harguindeguy et al. (2013). Nous appellerons donc simplement ces caractéristiques « traits ». Le **Tableau 3** présente ceux qui ont été étudiés précédemment :

Autres caractéristiques morpho-physio-phénologiques
Type de multiplication (sexuée, asexuée)
Mode de dispersion
Port

Tableau 3- Traits complémentaires étudiés

Le fait de savoir si l'adventice se reproduit par graines ou de façon végétative permet d'adapter les pratiques en conséquence : on va par exemple choisir d'intervenir avant qu'une espèce envahissante ne produise ses graines. De même, on va chercher à inhiber le développement des espèces à port lianescent et donc invasives, et à favoriser les espèces qui au contraire sont intéressantes du point de vue de la lutte biologique.

2. Les nouvelles études à mener

a. Présentation des études de traits nécessaires

La **Figure 1** résume la démarche employée pour utiliser les traits afin d'adapter les méthodes de gestion pour favoriser des communautés végétales pertinentes pour la lutte biologique.

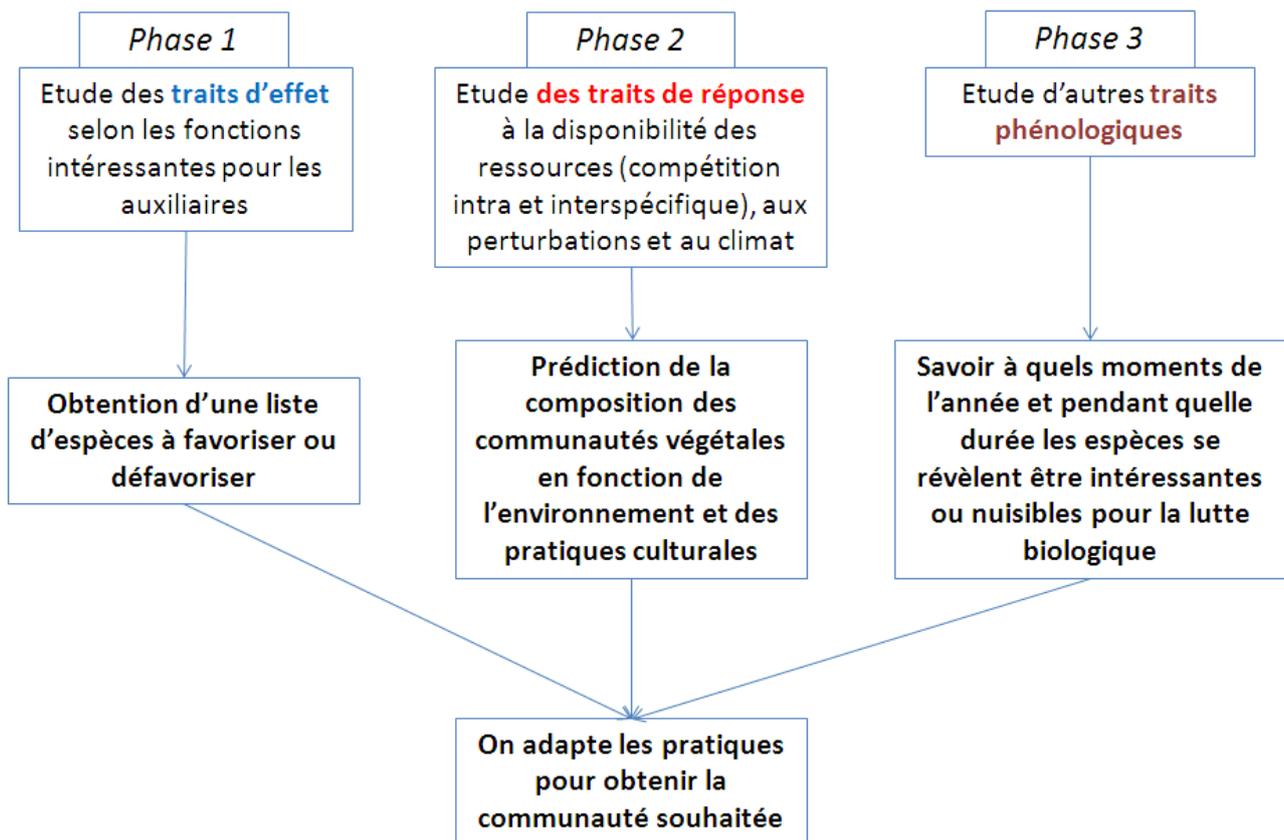


Figure 1 - Etude des traits et objectifs

Les traits de réponse étudiés à l'origine du projet (SLA, masse des graines, hauteur maximale...) sont des traits qui permettent de prédire le comportement des espèces face aux ressources disponibles, de prédire la capacité de colonisation, ou qui permettent d'adapter les pratiques culturales en fonction de la phénologie de l'espèce. Cependant tous les gradients environnementaux n'ont pas été étudiés : les réponses aux perturbations et au climat (phase 2) n'ont pas encore été observées. De même, des traits phénologiques (phase 3) comme les périodes de floraison ou de dispersion n'ont pas été étudiés. L'intérêt de ce stage est d'approfondir l'étude de ces traits.

b. Phase 2 : Prédire la composition des communautés végétales en fonction de leur environnement

i. Prédire la composition des communautés végétales en fonction de la disponibilité des ressources

La disponibilité des ressources telles que les nutriments, l'eau ou la lumière constitue un filtre pour le développement des espèces végétales, ce qui impacte donc la composition de leur communauté. Cette disponibilité est influencée par la communauté elle-même ; si une espèce très compétitive est présente dans la communauté, alors les ressources seront moins disponibles pour les autres qui par conséquent se développeront moins. On cherche dans cette partie à **identifier et étudier des traits de réponse pour évaluer le potentiel de compétitivité des espèces végétales, afin de prévoir lesquelles auront davantage tendance à se développer**. La Figure 2 résume cette réflexion :

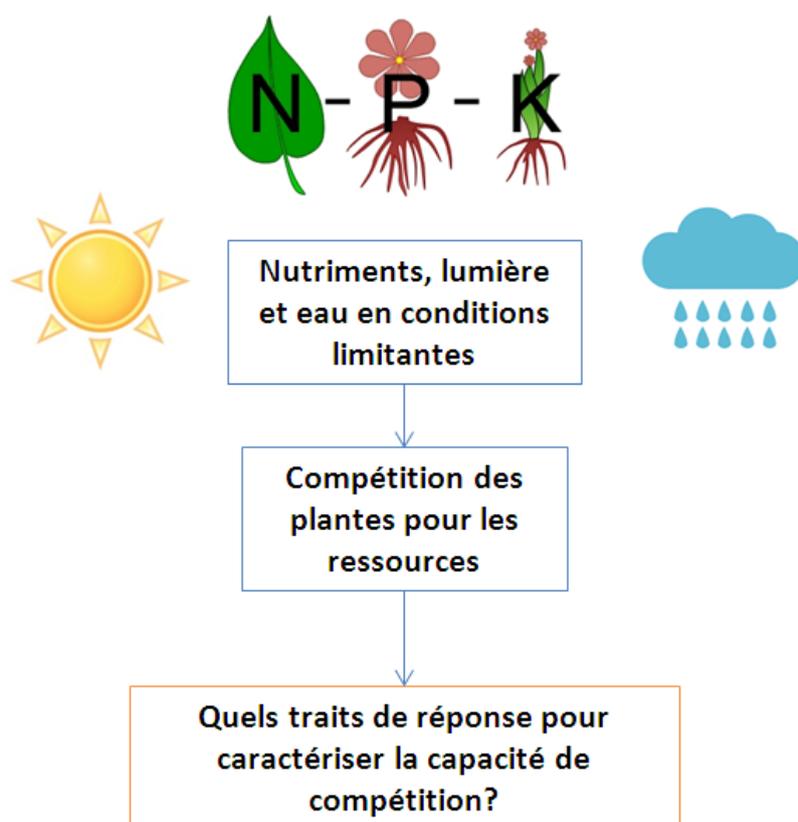


Figure 2- Compétition pour les ressources et traits de réponse

La capacité de compétition d'une plante a deux composantes, l'effet de compétition - capacité d'un individu à supprimer les autres individus - et la réponse à la compétition - capacité d'un individu à éviter la suppression-, correspondant aux différentes capacités des plantes à acquérir et utiliser les ressources (Goldberg, 1990).

Quatre traits ont été choisis pour caractériser le potentiel de compétitivité des plantes et sont présentés dans le **Tableau 4**. Le SLA a été de nouveau étudié pour renseigner les données manquantes de la base de données BD-TRAITS.

Trait de réponse	Fonction associée	Référence
Hauteur végétative au cours du temps	Potentiel de compétitivité	Gaba et al., 2014; Science, Sep, & Rooyen, 1997
Diamètre au cours du temps		Navas & Moreau-Richard, 2005 & Reynolds, 1999
SLA	Stratégie d'acquisition et d'utilisation des ressources	Gaba et al., 2014; Westoby, 1998; Wright et al., 2004
LDMC		Navas & Moreau-Richard, 2005; Wilson, Thompson, & Hodgson, 1999

Tableau 4- Des traits de réponse pour établir des prédictions d'assemblages des communautés

Deux traits (hauteur et SLA) parmi les quatre font partie du **schéma LHS** (Leaf – Height – Seed). Ce schéma résume les dimensions majeures de variation des réponses des plantes à leur

environnement (Westoby, 1998), distinguant les traits liés à l'utilisation des ressources (feuille), la capacité de compétition (hauteur) et la régénération (graine). Il peut être utilisé pour **comparer les espèces au sein de sites et d'études dans le but d'établir des prédictions d'assemblages et de fonctionnement des communautés sous un large champ de conditions environnementales** (Garnier et Navas, 2013). Il comprend l'étude du SLA (Specific Leaf Area, rapport de l'aire sur la masse), de la hauteur et de la masse des graines.

Le LDMC (Leaf Dry Matter Content) et le diamètre ne sont pas directement inclus dans le schéma LHS. Ils peuvent néanmoins être utilisés pour prédire les assemblages des communautés végétales : le LDMC est étroitement lié au SLA et le diamètre est un bon indicateur de l'effet de compétition. Les traits et la raison pour laquelle ils ont été choisis sont décrits plus en détails dans les points suivants.

1) La hauteur végétative

La capacité de compétition est liée à la hauteur des plantes, un trait aussi associé à la fécondité, à la dispersion des graines et au temps de génération après perturbation (Westoby, Falster, Moles, Vesk, & Wright, 2002). Le lien entre la hauteur de la plante et la capacité de compétition s'explique par le lien positif entre ce trait et l'acquisition de lumière et d'eau pendant la période de croissance (Violle et al., 2009). Le différentiel des dynamiques de croissance en hauteur parmi des végétaux interagissant est aussi d'une influence majeure sur les résultats de compétition (M.-L. Navas & Violle, 2009), comme démontré pour des groupes d'adventices annuelles (Turnbull, Coomes, Hector, & Rees, 2004) et pour des interactions maïs-adventices (McDonald, Riha, & Ditommaso, 2010). Par conséquent, l'analyse de la hauteur des plantes dans différents systèmes de culture pourrait donner un aperçu des réponses des adventices à la compétition et leur capacité à se reproduire et à se disperser en fonction du type et de la fréquence de la perturbation (Gaba et al., 2014).

La hauteur végétative est un meilleur indicateur de l'effet de compétition que la hauteur totale. En effet certains végétaux produisent des inflorescences situées à la pointe d'une longue tige fine (Science, Sep, & Rooyen, 1997). On fait donc ici le choix d'étudier la hauteur végétative.

2) Le diamètre

Le diamètre (diamètre du cercle dans lequel se trouve la plante) informe sur la capacité d'occupation de l'espace et sur la capacité à capter des ressources (M. L. Navas & Moreau-Richard, 2005). Il est un indicateur pertinent de l'effet de compétition (Reynolds, 1999).

3) Le SLA

L'utilisation des ressources est liée au compromis fondamental entre le taux d'acquisition et de conservation des ressources par les plantes et est décrite par un trait de feuille incluant l'aire spécifique des feuilles (Wright et al., 2004). Le SLA se trouve être le trait le plus pertinent pour décrire l'utilisation des ressources des plantes car il est très réactif aux disponibilités de lumière et de nutriments et est facile à mesurer (Garnier & Navas, 2012). Très peu de données sur le SLA des

adventices sont disponibles jusqu'à maintenant, probablement parce que les stratégies d'utilisation des ressources des adventices étaient jugées peu variables dans les systèmes de culture productifs. Les taux d'assimilation à lumière saturée au champ se trouvent être largement déterminés par le SLA pour les adventices (Storkey, 2005). Ce trait peut donc être intéressant pour distinguer les différentes stratégies d'utilisation des ressources chez les adventices.

4) La teneur en matière sèche des feuilles ou LDMC

La teneur en matière sèche des feuilles est complémentaire au SLA pour évaluer le fonctionnement d'une plante et ses stratégies d'acquisition et de conservation (Wilson et al., 1999). Ces deux indicateurs caractérisent donc le compromis dans le fonctionnement d'une plante entre la production de biomasse et la conservation des nutriments (Grime, 1998; Hendrik Poorter & Garnier, 2007). Les espèces à stratégies d'acquisition (espèces à croissance rapide) sont associées à un SLA élevé et un LDMC faible alors que les stratégies de conservation (espèces à croissance lente) sont associées à un SLA faible et un LDMC élevé (Cruz et al., 2010; Garnier et al., 2007; H Poorter & Bergkotte, 1992).

ii. Prédire la composition des communautés végétales en fonction des pratiques culturales

Les classifications basées sur la forme de vie sont parmi les plus populaires pour les chercheurs car elles peuvent être très utiles pour discriminer les adventices en fonction de leur réponse à une perturbation du sol (Hakansson, 1995). La **Figure 3** illustre les formes de vie de la classification de Raunkiaer, où les formes de vie sont différenciées en fonction de la position des organes de survie dans l'espace.

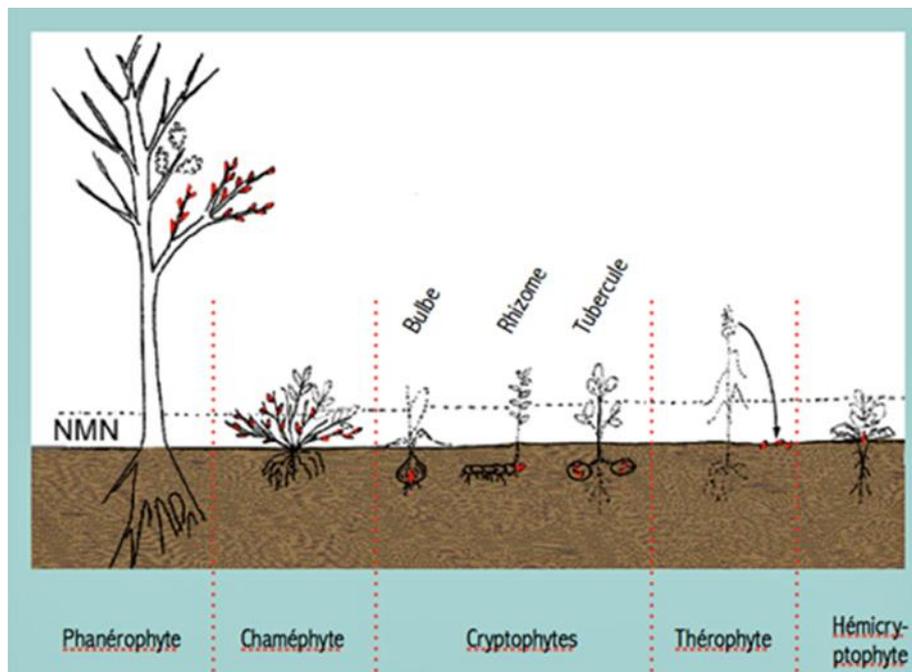


Figure 3- Classification des formes de vie de Raunkiaer

Un des objectifs du stage est de répondre à la question suivante : **Quelles sont les formes de vie des espèces des communautés végétales spontanées des vergers étudiées dans le projet**

AGRUM'AIDE ?

Ces données permettront par la suite de prédire les réponses des communautés végétales aux pratiques culturales.

iii. Prédire la composition des communautés végétales en fonction du climat

Le climat influe sur la croissance des adventices. Des apports hétérogènes en eau, en lumière, et en température ont un impact sur la dynamique de développement des communautés végétales. Ainsi pour prédire l'assemblage et le fonctionnement de celles-ci, il est important de répondre à la question suivante :

Quel est l'impact du climat sur le développement des communautés végétales des vergers d'agrumes de la Réunion?

c. Phase 3 : Connaître les périodes et dates auxquelles les communautés végétales s'avèrent intéressantes ou nuisibles

L'étude de certains traits phénologiques peut permettre d'adapter la date d'intervention des pratiques culturales afin de filtrer les espèces que l'on souhaite ou au contraire celles que l'on veut éviter. Le **Tableau 5** présente les traits sélectionnés pour cette étude :

Traits phénologiques
Date de début et durée de floraison
Date de début de dispersion des graines

Tableau 5 - Les traits phénologiques pour adapter les pratiques culturales afin d'obtenir la communauté souhaitée

- **La date de début de floraison** permet de savoir combien de temps une espèce va mettre pour fleurir et donc offrir des ressources aux potentiels auxiliaires. Si une espèce semble intéressante du point de vue fonctionnel mais a besoin de plusieurs mois pour fleurir, alors que les producteurs interviennent environ tous les deux ou trois mois, alors l'espèce ne pourra finalement pas être utilisée pour la lutte biologique.
- **La période de floraison** permet de savoir combien de temps les espèces fleurissent et donc de savoir pendant combien de temps les auxiliaires vont bénéficier des ressources données par les fleurs. Connaître la période de floraison permet aussi d'avoir les profils de floraison d'une parcelle au cours du temps (quelles espèces sont en fleur par rapport aux autres).
- La **date de début de dispersion d'une espèce** est intéressante à connaître puisqu'elle permet de savoir quand intervenir si l'on veut éviter qu'une plante indésirable ne propage ses graines dans la parcelle et donc perdure dans le temps. Elle permet aussi de savoir combien de temps il faut laisser aux espèces d'intérêt pour qu'elles se reproduisent.

Il s'agit donc de répondre à la question suivante :

Quelles sont les périodes de floraison et la date de début de dispersion des plantes composant les couverts végétaux ?

Enfin, la dernière étude menée est axée sur la richesse spécifique et la diversité floristique des vergers d'agrumes. Cette phase plus globale permet d'appréhender au niveau des vergers quelle quantité d'espèces est présente. Elle permet également de se demander s'il y a une hétérogénéité de la répartition de la flore spontanée dans le verger et si c'est le cas, d'en chercher les raisons.

d. La richesse spécifique et la diversité floristique des vergers d'agrumes

i. Une diversité à la base ?

En vue d'utiliser les adventices pour soutenir la lutte biologique, une première question peut être posée : **quelle est la diversité floristique des vergers d'agrumes ?** Cette information permettra de savoir combien et quelles espèces seront mobilisables, puisque les techniques de gestion du couvert se baseront dans un premier temps uniquement sur de l'enherbement spontané.

ii. Impact des pratiques culturales sur la composition floristique au sein des vergers

On se pose ensuite la question de l'impact des pratiques culturales sur la composition des couverts végétaux. **Est-ce que les pratiques culturales dans les inter-rangs ont influencé la composition floristique de ces espaces ?**

Dans le cas où il y a effectivement un appauvrissement de la richesse spécifique au sein des inter-rangs, **est-ce que l'expression des adventices est rendue impossible par les pratiques, sont-elles complètement absentes des inter-rangs ou sont-elles remobilisables ?** Si les espèces ne peuvent simplement pas s'exprimer à cause des pratiques, alors un changement dans celles-ci devrait pouvoir permettre de remobiliser des espèces intéressantes du point de vue fonctionnel.

Au vu des questions posées précédemment sur la prédiction des comportements des communautés végétales selon leur environnement et les perturbations et sur la richesse spécifique des vergers, la problématique du stage est formulée de la façon suivante. **Comment prédire la composition et le fonctionnement des communautés végétales des vergers d'agrumes en relation avec leur environnement en vue d'adapter la conduite des pratiques culturales en faveur de la lutte biologique ? Nous nous appuyerons sur les travaux antérieurs du projet Agrum'Aide en les complétant par nos propres expérimentations.**

III. Matériels et méthodes

1. Les suivis des adventices menés dans quatre vergers situés à des altitudes différentes

a. Les dispositifs mis en place

Les suivis des adventices ont été effectués sur quatre sites d'étude début octobre à fin janvier. Ce laps de temps correspond à peu près à une période entre deux interventions d'entretien des enherbements chez les producteurs. Les quatre sites d'étude sont la station expérimentale de Bassin-Plat et les vergers de Mr. Morel, Mr. Yebo et Mr. Benare. Ils sont situés dans le sud de la Réunion et ont été choisis pour leur gradient altitudinal qui implique des conditions climatiques variées. Le Tableau 6 résume les conditions climatiques des quatre sites d'étude.

Producteur	Localisation	Altitude (m)	Pluviométrie moyenne annuelle (mm)	Température moyenne annuelle (°C)
Bassin-Plat	Saint-Pierre	153	700	27
Mr. Morel	Petite-Île	220	1500 à 2000	23
Mr. Yebo	Hauts de Petite-Île	978	≈ 2500	18
Mr. Benare	Grand Tampon	1200	1500 à 2000	19

Tableau 6- Conditions climatiques des quatre sites d'étude
Source pluvio et température : Météo France (moyenne sur 10 ans)
Source altitude : Google Maps

Pour l'étude des adventices, une bande de 1.5 mètre sur 16 mètres a été délimitée dans chaque verger. L'intérêt d'une bande de cette taille est de pouvoir observer le maximum d'espèce possible. La largeur a été déterminée pour garder à portée de main les espèces (en particulier celles situées au milieu de la bande) afin ne pas les piétiner. Les bandes ont été disposées soit directement dans les inter-rangs (cas de Bassin-Plat et de chez Mr. Yebo), soit en bordure de verger (cas de Mr. Morel et Mr. Benare qui craignaient d'être gênés dans leur pratique). Dans ces deux derniers cas, la bande est située à côté d'une rangée d'agrumes. L'**Annexe I** montre des photos des dispositifs mis en place à Bassin-Plat et chez Mr. Morel.

Au niveau des bandes les couverts ont été détruits soit à l'aide d'une motobineuse (à Bassin-Plat), soit à l'aide d'une débroussailleuse (chez les trois producteurs). L'intérêt de la motobineuse est que l'on peut extraire les racines des espèces qui auraient repoussé rapidement et exercé une forte compétition pour les ressources, empêchant des espèces intéressantes de germer. Un autre intérêt est que des graines d'espèces d'intérêt peuvent revenir à la surface. Cela permet d'observer un panel d'adventices plus complet. Il n'a pas été possible d'amener la motobineuse ou un quelconque matériel trop volumineux chez les producteurs donc le couvert a été fauché avec une débroussailleuse le plus bas possible pour mettre la terre à nu.

Les espèces à suivre ont ensuite été déterminées de la façon suivante. Les vergers de la Station de Bassin-Plat étant à proximité, un nombre important d'espèces a pu être étudié. En pratique, les suivis commençaient dès qu'une nouvelle espèce germait en quantité suffisante (autour de 10 individus). L'intérêt ici est d'avoir des suivis les plus complets dans le temps.

En revanche le temps pour observer les espèces chez les producteurs étant limité, il a fallu faire un choix sur le nombre d'espèces à observer. Pour sélectionner les espèces l'hypothèse du « mass ratio » a été utilisée (Grime, 1998). Selon cette hypothèse influente, l'impact d'une plante sur son écosystème est proportionnel à sa proportion dans la communauté végétale en biomasse aérienne. Les espèces végétales dominantes déterminent alors la structure fonctionnelle de l'écosystème qu'elles constituent (Garnier & Navas, 2012). Pour la sélection des espèces, les prélèvements de biomasse dans les inter-rangs datant d'Avril 2015 ont été utilisés. Les espèces ont été triées selon leur biomasse sèche pour déterminer lesquelles ont été prépondérantes. L' **Annexe II** résume les espèces inventoriées et leur biomasse sèche associée.

Le **Tableau 7** résume les espèces suivies selon le site d'étude et le nombre d'individus suivis. Certaines espèces ont pu être suivies dans plusieurs sites à la fois : *Bidens pilosa*, *Plantago lanceolata* et *Raphanus raphanistrum*.

Bassin-Plat	
<i>Amaranthus viridis</i>	<i>Ipomoea eriocarpa</i>
<i>Bidens pilosa</i>	<i>Ipomoea obscura</i>
<i>Boerhavia diffusa</i>	<i>Malvastrum coromendelianum</i>
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	<i>Melochia pyramidata</i>
<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Sida acuta</i>
<i>Desmanthus virgatus</i>	<i>Sorghum arundinaceum</i>
<i>Euphorbia heterophylla</i>	<i>Teramnus labialis</i>
De 9 à 12 individus étudiés par espèce	

Mr. Yebo	Mr. Benare	Mr. Morel
<i>Ipomoea indica</i>	<i>Bidens pilosa</i>	<i>Centella asiatica</i>
<i>Paspalum dilatatum</i>	<i>Eleusine indica</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Galinsoga parviflora</i>	<i>Desmodium incanum</i>
<i>Raphanus raphanistrum</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Oxalis corniculata</i>
<i>Rumex crispus</i>	<i>Raphanus raphanistrum</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
<i>Trifolium repens</i>	<i>Sida rhombifolia</i>	<i>Synedrella nodiflora</i>
13 individus étudiés par espèce	13 individus étudiés par espèce	13 individus étudiés par espèce

Tableau 7- Liste des espèces étudiées sur les différents sites d'étude

Pour la majorité des espèces de Bassin-Plat, environ 10 individus par espèces ont été suivis. Ce nombre d'individus par espèce est suffisant pour donner des résultats significatifs (simulation du nombre d'individus nécessaires pour obtenir des résultats significatifs effectuée avec la fonction « power.t.test » sur R, logiciel de traitement statistique).

Les observations se sont échelonnées à peu près tous les 15 jours, à mesure de deux sites d'étude par semaine. L' **Annexe III** indique les dates de destruction des couverts et les dates auxquelles ont eu lieu les observations en fonction du site d'étude. Lorsque la végétation devenait trop dense, un désherbage manuel léger a été effectué autour des individus suivis afin qu'ils ne dépérissent pas. Aucune fertilisation n'a été apportée pour les couverts végétaux. En revanche une session d'irrigation a eu lieu à Bassin-Plat trois semaines après la mise en place de

l'expérimentation, afin que les individus étudiés ne meurent pas à cause d'une période sans pluie prolongée.

b. Les mesures des traits

Quatre traits ont été observés sur les individus au cours du temps :

- 1) La **hauteur végétative** a été mesurée à l'aide d'une règle graduée, à partir du pied de la plante jusqu'à la dernière partie végétative (tige non comprise). Si la plante s'affaissait, la mesure se faisait alors sans la redresser.
- 2) Le **diamètre** a aussi été mesuré avec une règle graduée. Le diamètre du cercle dans lequel se trouvait la plante était observé puis relevé. Cette mesure n'a pas été faite pour les espèces du type lianescent ou ayant un réseau racinaire dense (du genre *Oxalis* ou *Ipomoea*).
- 3) L'**état « floraison »** a été noté « 1 » si l'espèce possédait des fleurs bien ouvertes. Sinon, « 0 » a été renseigné dans les fiches de relevés.
- 4) L'**état « dispersion »** a été noté « 1 » si l'espèce perdait ses graines facilement si l'on exerçait une faible pression sur celles-ci. Sinon l'état « 0 » correspondait à l'absence de graines ou à la présence de graines encore immatures.

Enfin, une station météo présente sur chacun des sites d'étude effectue en continu des relevés de pluviométrie, de rayonnement, d'humidité relative et de température tous les quarts d'heure.

Les profils de floraison ont été établis de la manière suivante : dès lors qu'un individu a fleuri, on considère que l'espèce est en fleur et peut offrir des ressources aux auxiliaires. De même, on considère que l'espèce disperse ses graines dès qu'au moins un individu a commencé à disperser ses graines. Des dates de mi-floraison et de mi-dispersion, qui sont respectivement les dates à partir desquelles au moins 50% des individus ont fleuri ou ont eu leur graines matures ont par la suite été calculées. Ces calculs se sont faits sur le logiciel R grâce à des régressions linéaires. Les dates obtenues permettent d'avoir une meilleure idée du moment où les fleurs et les graines apparaissent en quantité non négligeable dans les populations d'adventices.

2. Les mesures du SLA et du LDMC

- 1) Les **SLA** des espèces recensées dans la base de données BD-TRAITS avaient déjà tous été mesurés lors de travaux précédant, à l'exception de ceux de *Sida Rhombifolia* et *Synedrella nodiflora*. Le protocole employé pour les mesures précédentes a donc été réutilisé afin que la méthode de mesure soit homogène. 10 à 20 feuilles provenant d'au moins cinq individus différents, pétioles compris, ont été prélevées pour les deux espèces (le prélèvement a été effectué chez Mr. Morel). Les feuilles ont été scannées avec un planimètre qui a calculé leur aire. Les feuilles ont ensuite été placées dans l'étude à 80°C pendant au moins 48 heures puis pesées. Le SLA s'obtient en faisant le rapport de l'aire sur la masse.

- 2) Le **LDMC** a été mesuré sur les 14 espèces étudiées à Bassin-Plat. Le protocole utilisé est celui employé par Wilson, Thompson et Hodgson pour réaliser des mesures de LDMC (1999). Pour chaque espèce, 8 à 10 feuilles ont été collectées chez au moins 3 individus sains et robustes. Le jour de la collecte, les échantillons ont été placés entre des papiers absorbants mouillés puis enfermés dans des sachets au réfrigérateur à 5°C toute la nuit pour obtenir une turgescence constante. Le lendemain, le surplus d'eau des échantillons a été absorbé et ceux-ci ont directement été pesés pour avoir la biomasse saturée en eau. Puis les échantillons ont été placés à l'étuve pendant 2 jours à 80°C et ont été pesés à sec. La teneur en matière sèche des feuilles s'obtient en faisant le rapport de la biomasse sèche sur la biomasse saturée en eau.

3. La recherche bibliographique pour les formes de vie

Les formes de vie ont été recherchées pour toutes les adventices de la base de données BD-TRAITS (120 espèces). La classification de Raunkiaer a été utilisée car jugée « simple mais utile pour classer les plantes d'un point de vue fonctionnel » (Pérez-Harguindeguy et al., 2013). Les adventices ont donc été classées selon les formes suivantes : Phanérophyte, Chamaephyte, Hémicryptophyte, Cryptophytes (ou géophyte) Hydrophytes.

Pour cela plusieurs axes de recherche ont été employés. D'une part des sites avec des fiches descriptives d'espèce comme cabi.org, <http://eflorasys.univ-lorraine.fr> ou <https://florabase.dpaw.wa.gov.au/> ont été consultés. D'autre part une grande majorité des formes de vie a été trouvée dans des articles scientifiques ou dans des rapports de conférence, dans lesquels les chercheurs exposent les recherches qu'ils ont menées sur des adventices (Abou Auda et al., 2009 ; Alves de Lima et Iranilso Miranda de Melo, 2015 ; Assédé et al., 2012 ; Brundu, 2014 ; Codija et al., 2009 ; G. de Oliveira et al., 2013 ; Ghabarian et al., 2011 ; Gomes et Alves, 2010 ; Henwood, 2005 ; Jadhav et Ahire, 2014 ; Khan et Shah, 2013 ; Manhas et al., 2009 ; Mosango et al., 2001 ; Naqinezhadet Zarezadeh, 2009 ; Ouédraogo et al., 2011 ; Singh, 2014 ; Uchida et al., 2015).

4. L'inventaire des espèces présentes dans les banques de semence des vergers d'agrumes de différents producteurs

Afin de répondre aux questions sur la richesse spécifique des vergers, les travaux ont été menés chez six producteurs dont Mr. Benare, Mr. Morel et Mr. Yebo. Le **Tableau 8** présente les conditions climatiques liées aux trois vergers restants.

Producteur	Localisation	Altitude	Pluviométrie moyenne (mm)	Température moyenne (°C)
Mr. Barret	Saint-Pierre	60	≈ 500	24
Mr. Hoareau	Entre-Deux	404	1000 à 1500	20
Mr. Lepinay	Les Avirons	833	1000 à 1500	20

Tableau 8- Les trois sites d'étude supplémentaires

Source pluvio et température : Météo France (moyenne sur 10 ans)

Source altitude : Google Maps

Lors de travaux précédents, des inventaires floristiques exhaustifs des vergers par la méthode du tour de champ ont été effectués chez ces producteurs. Des prélèvements de biomasses aériennes dans les inter-rangs ont quant à eux permis d'inventorier les espèces présentes dans ces espaces. Des comparaisons de la richesse spécifique du verger et de ces inter-rangs ont été effectuées pour déceler les éventuels appauvrissements de ces zones par les pratiques de gestion.

Dans les deux mois précédant le début du stage, des terrines ont été installées dans une serre à Bassin-Plat dans lesquelles se trouvaient de la terre prélevée chez les producteurs. Sur le terrain et pour chaque producteur, les adventices ont été prélevées dans les inter-rangs des parcelles déjà étudiées pour les inventaires floristiques et dans des espaces limités par des quadrats (40*40cm), à mesure de 10 répétitions. Les vergers ont chacun été décomposés en deux parcelles P1 et P2 qui présentent des profils de communautés végétales différents. Ainsi pour chaque producteur, cinq terrines proviennent de P1 et cinq de P2. Une fois le sol mis à nu, la terre a été piochée jusqu'à 10cm de profondeur environ puis débarrassée des racines et adventices restantes. Elle a ensuite été mise dans des terrines. Les terrines ont été placées dans une serre où elles ont été irriguées deux fois par jour, ce qui constitue des conditions propices pour la germination des semences. L'**Annexe IV** illustre le dispositif de l'expérimentation.

Pendant deux mois (septembre et octobre 2015) les adventices ayant germé ont été observées et listées. L'identification des espèces a été effectuée grâce aux outils et base de données IDAO (A Multimedia Approach to Computer Aided Identification) et WIKWIO (Weed Identification and Knowledge in the Western Indian Ocean).

Une fois les espèces observées dans les terrines, des comparaisons ont été effectuées entre :

- Les espèces présentes dans le verger, absentes des inter-rangs mais présentes dans le sol des inter-rangs (donc dans les terrines).
- Les espèces absentes du verger et des inter-rangs, mais présentes dans le sol des inter-rangs.

La démarche de cette étude est résumée dans la **Figure 4**.



Inventaire floristique du verger



Inventaire floristique des inter-rangs

Y a-t-il **perte en diversité floristique** dans les inter-rangs?

Si oui, les espèces sont-elles **complètement absentes** de l'inter-rang ou bien dans l'**impossibilité de s'exprimer**?



Etude des espèces en terrines

Figure 4 – Résumé de la démarche employée pour l'étude de l'impact des pratiques sur la richesse spécifique

IV. Résultats

1. La hauteur et le diamètre moyens

Des profils de hauteur et de diamètre moyens au cours du temps ont été obtenus pour les 32 espèces étudiées sur les différents sites. A titre d'exemple, seuls *Sorghum arundinaceum* et *Malvastrum coromendelianum* de Bassin-Plat et *Plantago lanceolata* étudié chez les producteurs sont présentés.

a. Les profils de hauteur et de diamètre moyens à Bassin-Plat

Les **Figures 5 et 6** montrent respectivement l'évolution au cours du temps de la hauteur moyenne et du diamètre moyen de *Sorghum arundinaceum* et de *Malvastrum coromendelianum* à Bassin-Plat. Le temps ici est en Jours Après Intervention (JAI), qui représente le temps passé après la destruction du couvert pour la mise en place de l'expérimentation. Alors que *Sorghum arundinaceum* est une espèce que l'on va essayer de défavoriser car trop envahissante, *Malvastrum coromendelianum* est une espèce intéressante pour les ressources et refuges qu'elle fournit.

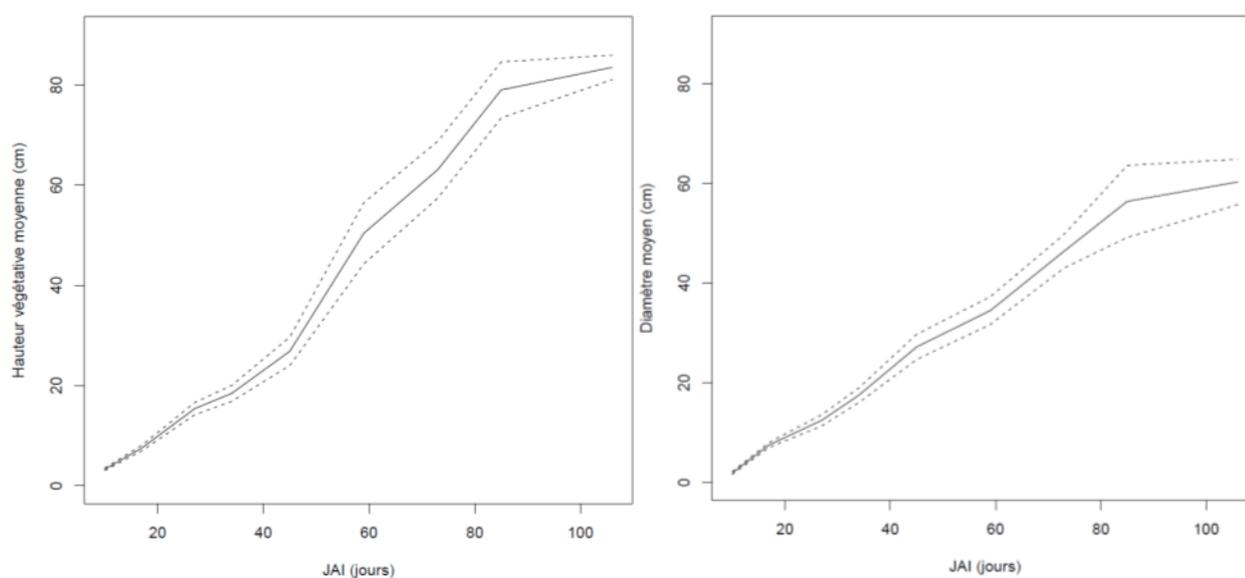


Figure 5- Graphes de l'évolution de la hauteur végétative et du diamètre de *Sorghum arundinaceum* à Bassin-Plat en fonction des JAI

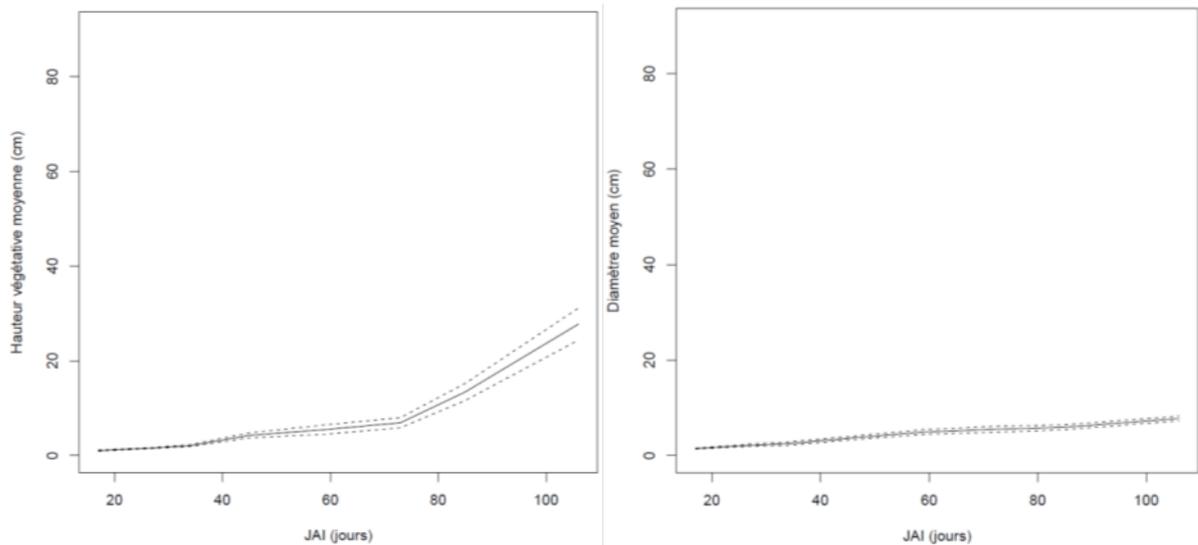


Figure 6- Graphes de l'évolution de la hauteur végétative et du diamètre de *Malvastrum coromendelianum* à Bassin-Plat en fonction des JAI

On observe grâce aux intervalles calculés à l'aide de l'erreur standard que les hauteurs et diamètres évoluent de manière reproductible. *Sorghum arundinaceum* a une vitesse de croissance constante tant pour la hauteur que le diamètre, alors qu'on observe un temps de latence chez *Malvastrum coromendelianum* pour l'évolution de la hauteur. Les valeurs maximum atteintes sont différentes chez les deux espèces : lors de la dernière observation, *Sorghum arundinaceum* est à peu près trois fois plus grand et six fois plus large que *Malvastrum coromendelianum*. **Les profils de hauteur et de diamètre au cours du temps diffèrent donc d'une espèce à l'autre.**

La **Figure 7** présente les hauteurs et diamètres moyens maximum des espèces étudiées à Bassin-Plat.

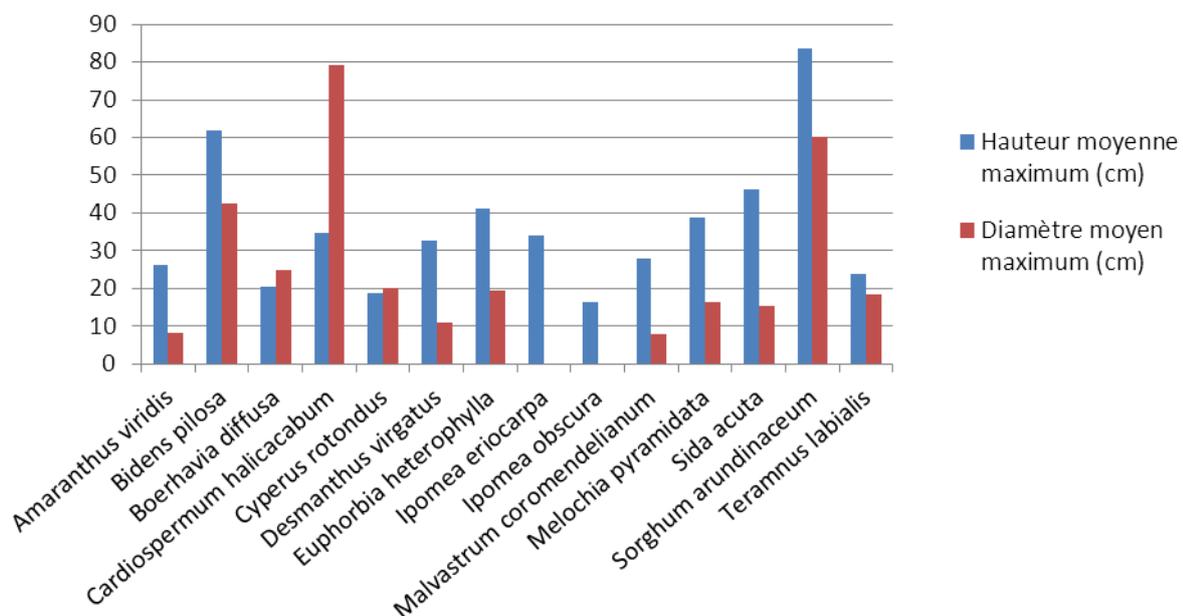


Figure 7- Hauteur et diamètre moyens maximum des espèces étudiées à Bassin-Plat

On observe que les hauteurs et diamètres moyens maximum observés varient selon les espèces. Les profils de hauteur varient entre 15 et 85cm et ceux de largeur entre 8 et 80cm. Certaines espèces sont plus larges que hautes comme *Boerhavia diffusa*, *Cardiospermum halicacabum* et bien sûr les espèces du genre *Ipomoea* (dont le diamètre n'a pas été mesuré). **Les communautés végétales sont donc composées d'espèces à profils de hauteur et de diamètre variés.**

b. Les profils de hauteur et de diamètre moyens de *Plantago lanceolata* chez les producteurs

La **Figure 8** présente l'évolution de la hauteur végétative moyenne de *Plantago lanceolata* chez Mr. Benare, Mr. Morel et Mr. Yebo.

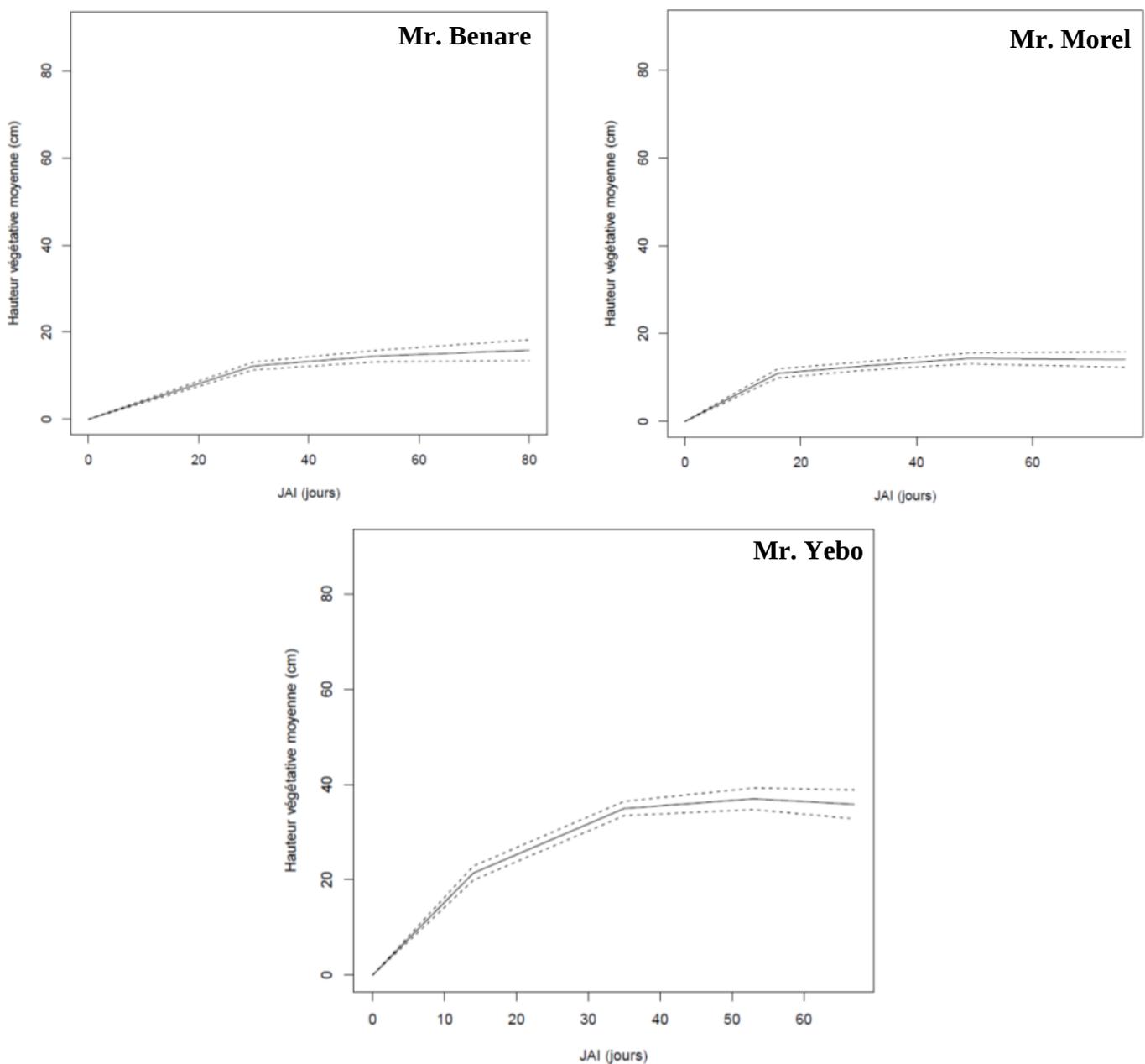


Figure 8- Graphes de l'évolution de la hauteur végétative moyenne de *Plantago lanceolata* chez trois producteurs en fonction des JAI

On observe chez Mr. Benare et Mr. Morel que la hauteur moyenne de *Plantago lanceolata* atteint presque son maximum dès la première observation après la destruction du couvert. Elle est passée de 0 à 13cm entre le jour de l'intervention et la première date d'observation (30 jours pour Mr. Benare et 15 jours pour Mr. Morel), puis a stagné autour de 15cm. En revanche la hauteur végétative moyenne de *Plantago lanceolata* chez Mr. Yebo continue à croître après la première observation et augmente jusqu'à 40cm. **Il y a donc un effet de l'écologie (climat, pédologie, historique de la parcelle, disponibilité des ressources) sur l'évolution au cours du temps de la hauteur végétative moyenne et sur la hauteur moyenne maximale atteinte.**

La **Figure 9** présente l'évolution du diamètre moyen de *Plantago lanceolata* en fonction des JAI chez les trois producteurs.

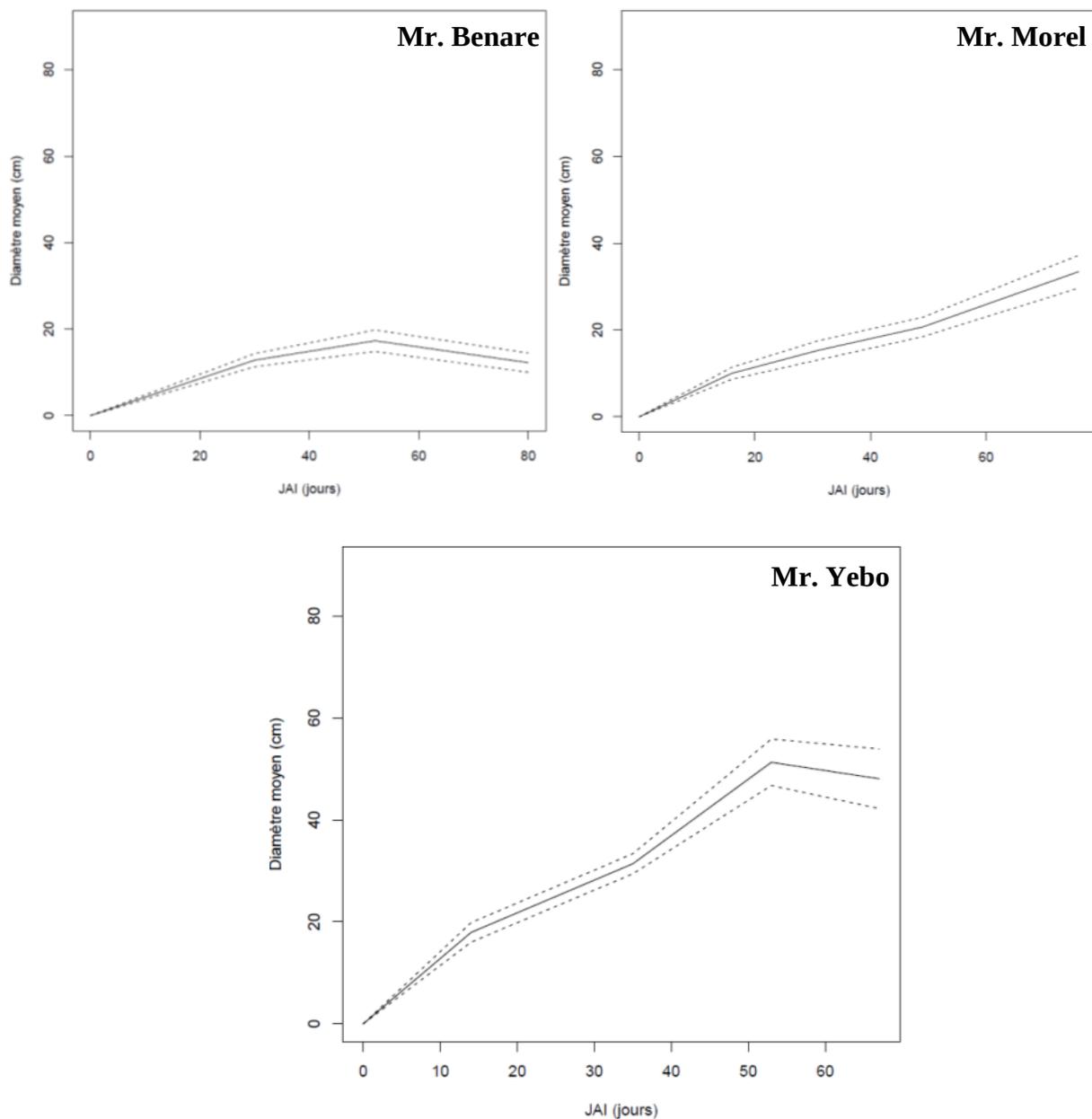


Figure 9- Graphes de l'évolution du diamètre moyen de *Plantago lanceolata* chez trois producteurs en fonction des JAI

L'évolution du diamètre moyen varie de différentes façons chez les trois producteurs. Chez Mr. Benare le diamètre moyen est de 16cm trente jours après la destruction du couvert puis varie peu. En revanche il continue à croître chez Mr. Morel et Mr. Yebo, pour atteindre respectivement un maximum de 35cm et 50cm. Chez Mr. Yebo la croissance semble stagner vers les dernières observations puisque la vitesse de croissance du diamètre diminue. On observe donc, tout comme pour la hauteur végétative moyenne, qu'il y a un effet de l'écologie sur l'évolution au cours du temps du diamètre moyen et sur le diamètre moyen maximal atteint.

2. Le SLA et le LDMC

La **Figure 10** présente les LDMC mesurés sur les espèces étudiées à Bassin-Plat, associés aux SLA mesurés lors des stages précédents.

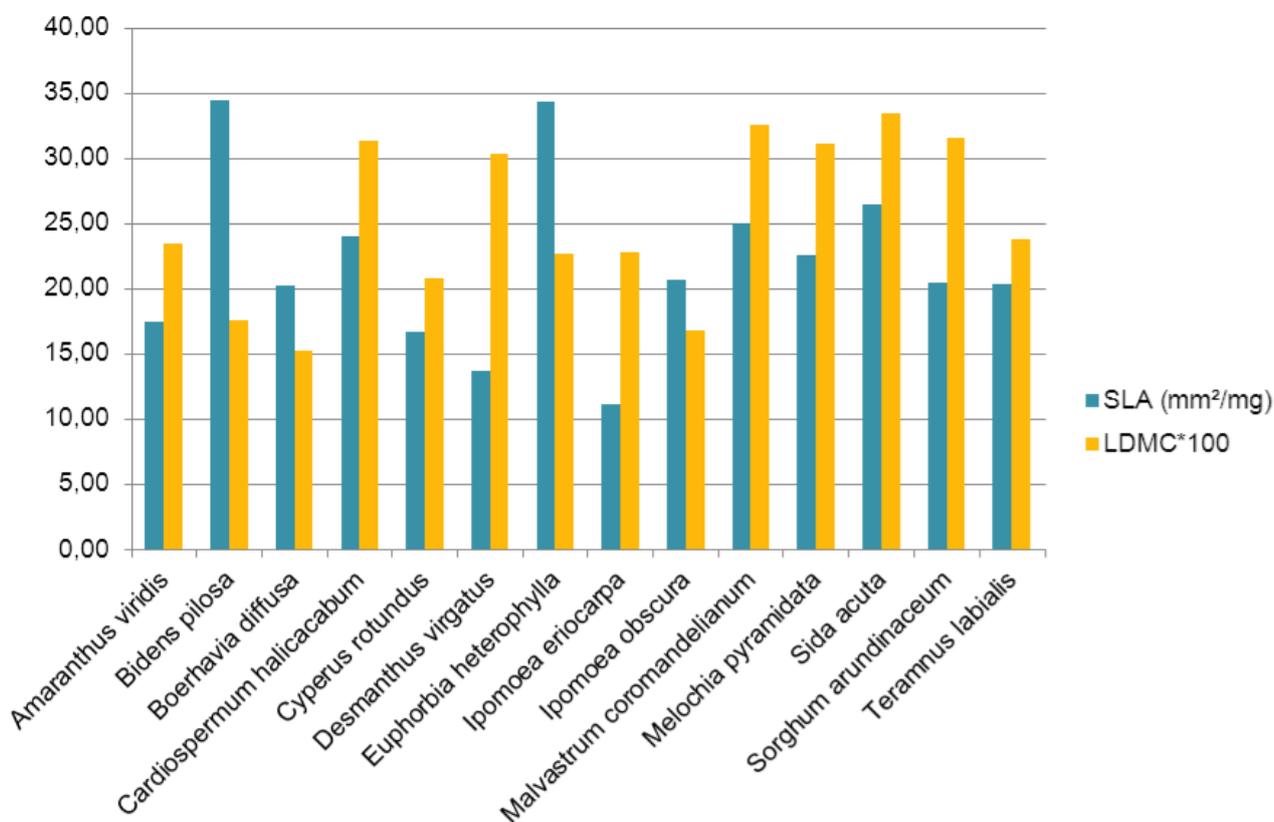


Figure 10- Les SLA et LDMC des 14 espèces de Bassin-Plat

Les SLA varient entre 11 et 34 mm²/mg et les LDMC varient entre 0,15 et 0,33. Des combinaisons différentes se font selon les espèces : certaines comme *Bidens pilosa* ont un SLA relativement élevé et un relativement LDMC faible, d'autres comme *Sorghum arundinaceum* ont au contraire un SLA relativement faible et un LDMC relativement élevé. **Ainsi les espèces ont des combinaisons de SLA et de LDMC qui leur sont propres.**

3. Les formes de vie

La **Figure 11** présente les formes de vie des 120 espèces de la base de données BD-TRAITS.

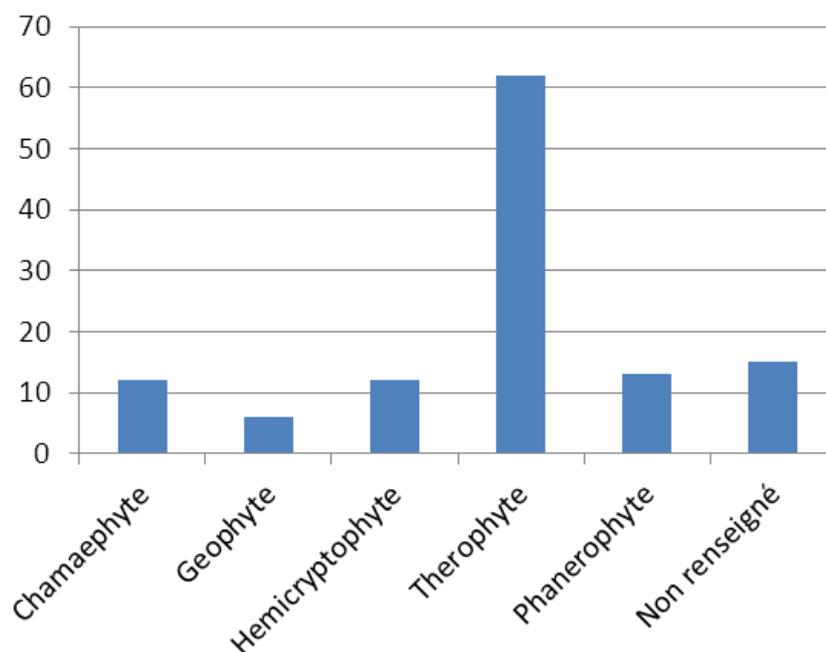


Figure 11- Les formes de vie des 120 espèces de la base de données

La moitié des espèces environ sont des thérophytes et les autres formes de vie (chamaephyte, géophyte, hémicryptophyte et phanérophyte) ne concernent qu'en moyenne dix espèces. **Il y a donc une distribution inégale des formes de vie parmi les espèces de la base de données, dont la moitié sont des thérophytes.**

4. Les périodes de floraison et les dates de dispersion

a. La floraison et la dispersion des graines des espèces de Bassin-Plat

Les profils de floraison et de dispersion des graines ont été établis pour les quatre sites d'étude. Ceux de Bassin-Plat sont présentés dans la **Figure 12**. Les périodes de floraison concernent l'ensemble des individus d'une espèce et non pas à l'échelle d'un individu. Deux individus d'une même espèce pouvant fleurir à des temps différents, le profil de floraison reprend la durée totale d'apparition des fleurs d'une espèce.

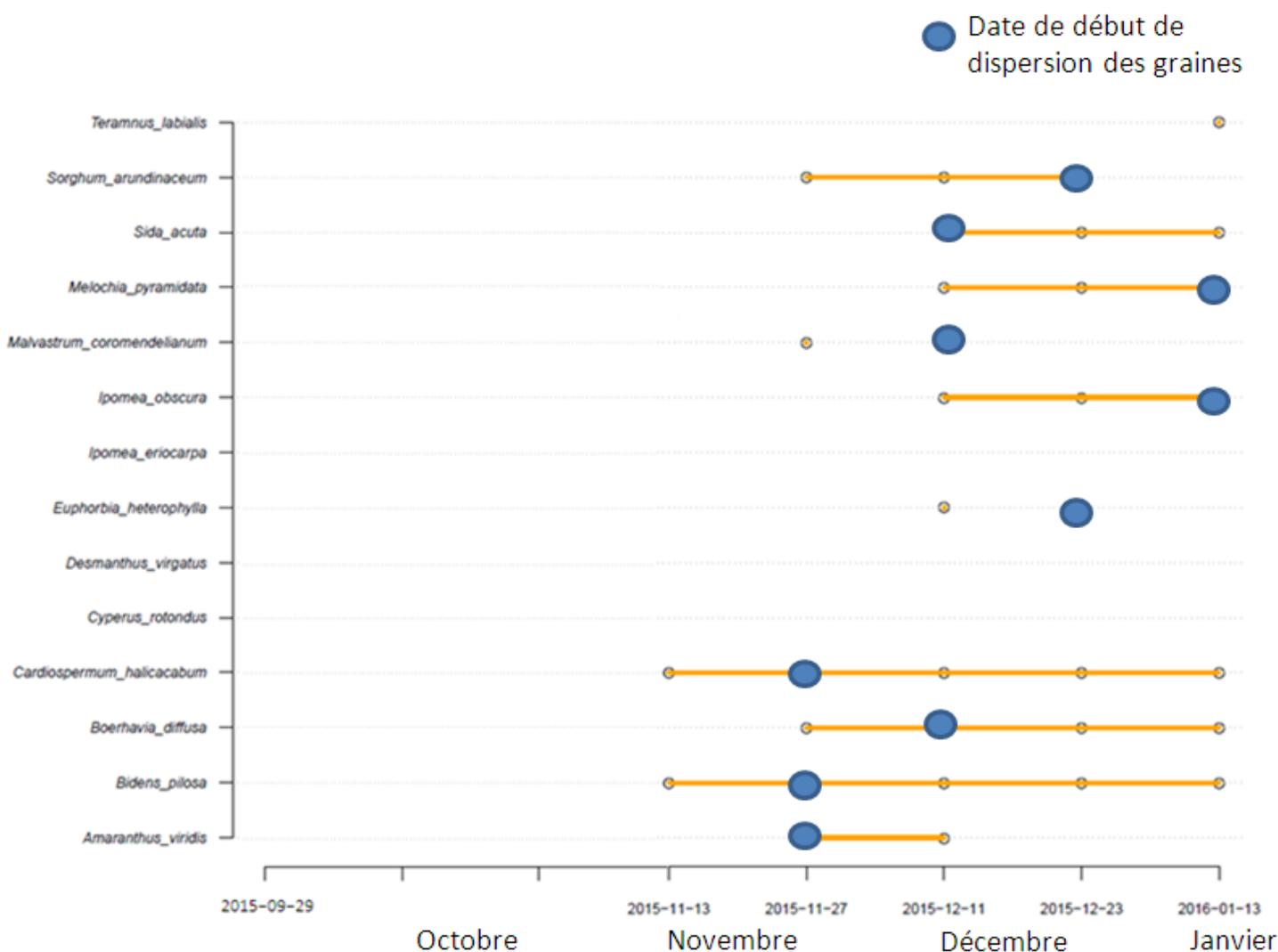


Figure 12- Profil de floraison et de début de dispersion des graines des espèces de Bassin-Plat au cours du temps

On constate que les premières floraisons ont été observées 45 jours après la destruction du couvert. Certaines espèces fleurissent plus tôt que d'autres comme *Cardiospermum halicacabum* ou *Bidens pilosa*, d'autres ont commencé à fleurir lors de la dernière observation (*Teramnus labialis*) et certaines n'ont jamais fleuri durant l'expérimentation (*Desmanthus virgatus* ou *Ipomoea eriocarpa*). Certaines espèces terminent leur période de floraison durant l'expérimentation (comme *Sorghum arundinaceum* ou *Amaranthus viridis*) alors que d'autres fleurissent jusqu'à la dernière date d'observation (comme *Melochia pyramidata* ou *Ipomoea obscura*). Enfin, certaines espèces ne fleurissent que pendant une courte période comme *Euphorbia heterophylla* ou *Malvastrum coromendelianum* (moins de 15 jours) alors que d'autres ont une floraison qui s'étend sur deux mois (*Bidens pilosa* ou *Cardiospermum halicacabum*).

Les dates auxquelles au moins un individu d'une espèce a commencé à disperser ses graines varient selon les espèces. Des espèces dispersent leurs graines 2 mois après la destruction du couvert (*Amaranthus viridis*, *Bidens pilosa* ou *Cardiospermum halicacabum*), d'autres ont besoin de plus de temps, et certaines espèces n'ont jamais dispersé leurs graines lors de l'expérimentation (*Cyperus rotundus*, *Desmanthus virgatus*, *Ipomoea eriocarpa* ou *Teramnus labialis*).

Les profils de floraison et les dates de début de dispersion varient donc en fonction des espèces.

Afin de rendre compte de la variation du nombre d'individus en fleur au cours du temps, les pourcentages des individus en fleurs ont été calculés. La **Figure 13** montre les pourcentages d'individus en fleurs en fonction des jours après intervention (JAI) de *Bidens pilosa* et de *Cardiospermum halicacabum* à Bassin-Plat.

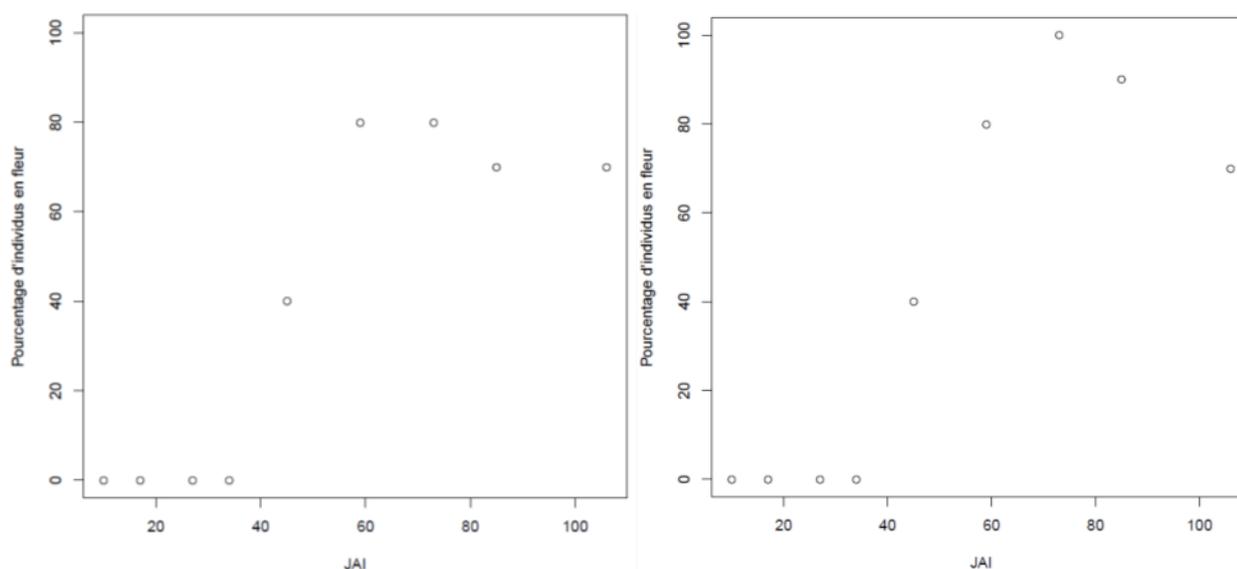


Figure 13- Pourcentage d'individus en fleur chez *Bidens pilosa* (à gauche) et *Cardiospermum halicacabum* (à droite) de Bassin-Plat en fonction des JAI

Les individus de *Bidens pilosa* atteignent un maximum de 80% de floraison au 59^e JAI puis le pourcentage d'individus en fleur semble se maintenir autour de 75%. *Bidens pilosa* ne voit jamais tous ses individus fleurir en même temps. En revanche le pourcentage d'individus en fleurs de *Cardiospermum halicacabum* augmente de manière linéaire pour atteindre 100% au 73^e JAI, puis diminue encore de manière linéaire. **Ainsi les espèces ont des dynamiques de floraison différentes : l'abondance d'individus en fleurs varie au cours du temps et en fonction des espèces.**

b. Les dates de mi-floraison et de mi-dispersion

Les dates de mi-floraison et de mi-dispersion ont été calculées pour les espèces des quatre sites d'étude. Néanmoins peu d'espèces ont vu au moins 50% de leurs individus en fleur ou produisant et dispersant des graines matures, des dates sont donc parfois manquantes. Le **Tableau 9** présente les dates de mi-floraison et de mi-dispersion qui ont pu être calculées pour *Plantago lanceolata* chez les trois producteurs.

	Dates de mi-floraison (JAI)	Dates de mi-dispersion (JAI)
Benare	38	/
Morel	/	/
Yebo	26	48

Tableau 9- Dates de mi-floraison et de mi-dispersion de *Plantago lanceolata* chez les trois producteurs

Chez Mr. Yebo au moins 50% des individus ont fleuri et ont dispersé leurs graines matures, ce qui n'est pas le cas pour les autres producteurs. En effet l'absence de date de mi-floraison et/ou de mi-dispersion chez Mr. Benare et Mr. Morel implique qu'au cours de l'expérimentation, moins de 50% des individus de *Plantago lanceolata* ont fleuri ou ont dispersé leurs graines matures dans les vergers.

Ce tableau montre donc que la population de *Plantago lanceolata* a tendance à fleurir plus rapidement chez Mr. Yebo, puis chez Mr. Benare et enfin chez Mr. Morel. De plus, la population a davantage tendance à disperser ses graines rapidement chez Mr. Yebo que chez les autres producteurs. **Il y a donc un effet de l'écologie (climat, pédologie, historique de la parcelle) sur les périodes de floraison et sur les dates de début de dispersion.**

5. Richesse spécifique et impact des pratiques culturales

La **Figure 14** compare les espèces trouvées dans les vergers, dans les inter-rangs et dans les terrines.

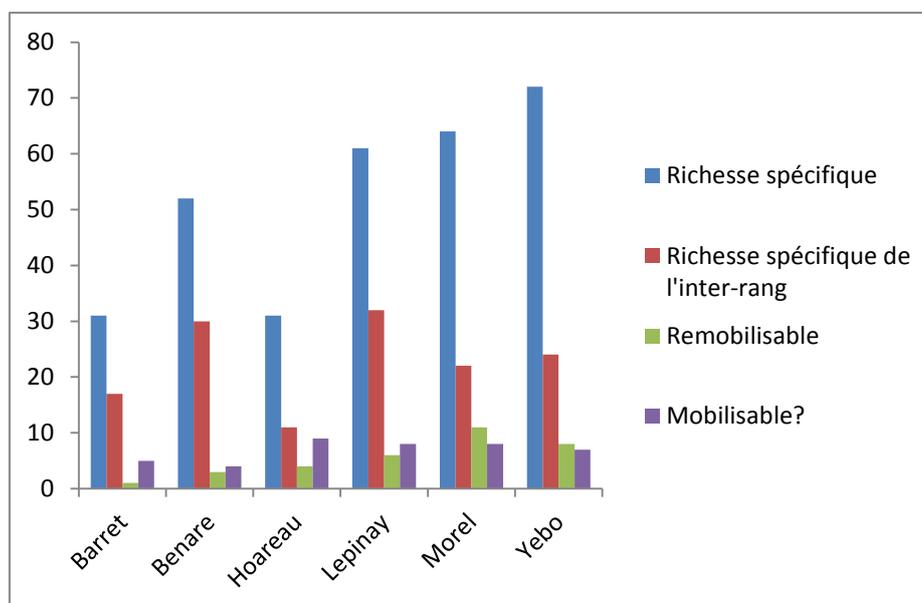


Figure 14- Comparaison du nombre d'espèces recensées dans les vergers (bleu), dans les inter-rangs (rouge) et dans les terrines (vert et violet)

On observe dans un premier temps que la diversité floristique des vergers varie selon les producteurs. Certains ont de nombreuses espèces (plus de 70 chez Mr. Yebo), alors que d'autres vergers comme ceux de Mr. Barret et Mr. Hoareau ne présentent qu'une trentaine d'espèces. **Le nombre d'espèces mobilisables pour la lutte biologique varie donc selon les sites.** De plus les espèces se répartissent différemment selon les sites. Par exemple, on ne retrouve *Malvastrum coromendelianum* que chez Mr. Barret, Mr. Benare et Mr. Morel, et *Plantago lanceolata* ne se trouve lui que chez Mr. Benare, Mr. Lepinay, Mr. Morel et Mr. Yebo. **La nature des espèces présentes varie donc aussi selon les sites.**

Une diminution de la richesse spécifique entre le verger et les inter-rangs des six producteurs est visible. En effet on ne retrouve dans les inter-rangs qu'entre la moitié et le tiers des

espèces présentes au total dans les vergers. **Les richesses spécifiques des inter-rangs sont donc plus pauvres que celles des vergers dans leur ensemble.**

Parmi les espèces étudiées dans les terrines, deux catégories ont été identifiées. Les espèces dites « remobilisables » sont les espèces qui sont présentes dans l'inventaire total, absentes des inter-rangs mais présentes dans les terrines. Ces espèces sont donc présentes dans la banque de semence et peuvent se développer normalement dans le verger, mais leur expression est empêchée dans les inter-rangs. Les espèces dites « mobilisables » sont les espèces uniquement présentes dans les terrines, qui n'ont donc pas été recensées dans les vergers ou dans les inter-rangs.

On constate que selon les producteurs, **entre 6 et 19 espèces sont mobilisables ou remobilisables**. Certains producteurs ont davantage d'espèces mobilisables que remobilisables (Mr. Barret, Mr. Benare, Mr. Hoareau et Mr. Lepinay) alors que c'est l'inverse pour Mr. Morel et Mr. Yebo. Ces espèces sont en nombre non négligeable puisqu'elles représentent entre 20 et 40% du nombre d'espèces présentes dans les vergers respectifs.

V. *Discussions et perspectives*

Les résultats présentés montrent que les espèces composant les communautés végétales ont des profils uniques de croissance, de phénologie, de forme de vie et des combinaisons uniques de SLA et de LDMC. Cela implique que les espèces sont fonctionnelles pour la lutte biologique selon des périodes différentes via leur floraison, ont des capacités de compétition variées, acquièrent leurs ressources de différentes manières et vont réagir de différentes manières face aux pratiques culturales.

Ces variétés de profils vont être utiles pour différencier les espèces selon leur capacité de compétition, leur capacité à fournir des fleurs et donc des ressources pour les auxiliaires, leur manière de réagir face à différentes pratiques culturales et leur méthode d'utilisation des ressources. La différenciation des espèces selon ces critères et ceux étudiés au début du projet permettra de prédire la formation des communautés végétales face aux différents gradients environnementaux.

1. *Des espèces à vitesses de croissance variées*

Certaines espèces comme *Bidens pilosa* ou *Sorghum arundinaceum* ont des vitesses de croissance relativement élevées (cf **Annexe V** et Figure 5), ce qui leur permet d'avoir accès à la lumière rapidement. En revanche les espèces à croissance lente comme *Malvastrum coromendelianum* (cf Figure 6) qui ont par conséquent une taille plus petite, doivent faire face à la compétition qui s'exerce pour l'acquisition de la lumière. De plus si le couvert est déjà bien formé, les nouvelles plantules auront des difficultés à s'installer en raison de la compétition pour les ressources. En effet les racines déjà installées prélèvent rapidement l'eau et les nutriments et les feuilles déjà présentes interceptent la lumière et font de l'ombre aux plantules. Grâce aux profils de vitesses de croissance dressés, il est possible de prévoir quelles espèces vont s'établir rapidement au sein d'une communauté et lesquelles vont mettre plus de temps à apparaître.

La vitesse de croissance des espèces peut être mise en lien avec la fréquence des pratiques culturales. En effet des interventions fréquentes auront tendance à favoriser les espèces à croissance rapide, puisque la majorité d'entre elles se reproduisent plus rapidement. Il faut néanmoins être vigilant quant à l'association « croissance rapide » et « floraison rapide ». Par exemple *Amaranthus viridis* a une vitesse de croissance relativement faible et atteint sa hauteur maximum de 10cm au bout du 45e JAI, ce qui est un temps relativement court. Elle a en revanche fleuri et dispersé ses graines rapidement. Pour être plus précis, il faudrait donc peut-être plutôt parler de « temps pour atteindre la hauteur maximale » que de rapidité de croissance pour faire des liens avec la rapidité de floraison.

Des ACP (Analyse en Composantes Principales) faisant le lien entre la rapidité de croissance (ou le temps pour atteindre la hauteur maximale) et la rapidité de floraison pourraient permettre d'obtenir des groupes d'espèces intéressantes quant aux fréquences des pratiques culturales. L'intérêt de l'ACP ici serait d'obtenir un groupe d'espèces à croissance rapide, qui survivraient pour des fréquences de traitement données, et à floraison rapide, qui soutiendraient donc bien la lutte biologique. Parmi ce groupe il faudra être vigilant aux espèces invasives qui risquent d'occuper tout l'espace.

2. Impact de l'environnement sur le développement des espèces

Les résultats ont montré que l'environnement dans lequel sont les communautés végétales (climat, pédologie, historique de la parcelle mais aussi les pratiques culturales) a une influence sur le développement de celles-ci, tant au niveau de la croissance que de la phénologie. La question initiale était de mettre en évidence l'impact du climat sur le développement de la flore spontanée, afin de prévoir lesquelles sont sensibles à l'eau ou à la lumière et lesquelles ne le sont pas. Mais l'étude n'a pu se faire que sur une période de l'année et sans répétitions donc les résultats sur le développement des adventices dépendent de l'environnement global. Il serait nécessaire de répéter les essais afin de pouvoir étudier l'impact du climat sur la croissance des différentes espèces. En effet, avec une session unique d'expérimentation il n'est pas possible de séparer les influences du sol et des différentes variables climatiques.

Des conjectures peuvent néanmoins être formulées. *Plantago lanceolata* et *Raphanus raphanistrum* ont tous deux été étudiés chez différents producteurs et se développent beaucoup plus vite (tant au niveau de la croissance que de la phénologie) chez Mr. Yebo chez qui le climat est très humide. De plus, il a été observé sur le terrain que ces espèces ne sont pas les seules à pousser rapidement. A temps de croissance égal, la hauteur globale du couvert chez Mr. Yebo est très élevée comparé aux autres vergers. La rapidité de croissance de *Plantago lanceolata* et *Raphanus raphanistrum* peut donc être due à l'humidité du climat. Pour le vérifier, il faudrait reprendre les mesures sur les mêmes sites et vérifier s'il s'agit du climat ou d'un autre facteur comme la pédologie, l'historique de la parcelle ou les pratiques culturales.

3. Des indicateurs pour prédire le comportement des espèces

Les traits étudiés peuvent permettre de constituer des indicateurs qui prédiront le comportement des espèces dans les communautés végétales, tant au niveau de leur capacité à utiliser les ressources, de la compétition mais aussi face à des perturbations comme les pratiques culturales.

a. Un indicateur de rapidité de développement des adventices ?

Les résultats ont montré que les SLA et LDMC mesurés pourraient être corrélés à la rapidité de développement des adventices. Pour émettre cette hypothèse il faut utiliser les deux affirmations suivantes :

- 1) Les SLA faibles et les LDMC élevés sont associés à des stratégies de conservation (Garnier et al., 2007), qui sont typiques des espèces à croissance lente (Cruz et al., 2010).
- 2) Les SLA élevés et les LDMC faibles sont associés aux stratégies de capture de ressources, typiques des espèces à croissance rapide (H Poorter & Bergkotte, 1992).

La figure 10 présentée auparavant montre par exemple que *Bidens pilosa* et *Euphorbia heterophylla* ont des SLA relativement élevés et des LDMC relativement faibles, et sont donc a priori des espèces à croissance rapide. *Desmanthus virgatus* et *Ipomoea eriocarpa* ont quant à eux des SLA relativement faibles et des LDMC relativement élevés et sont donc a priori classés comme des espèces à croissance lente. Or les profils de croissance en hauteur (voir **Annexe V**) montrent bien que *Bidens pilosa* a sa vitesse de croissance relativement élevée dans le temps, alors que *Desmanthus virgatus* et *Ipomoea eriocarpa* croissent moins rapidement. *Euphorbia heterophylla* a quant à elle un profil de croissance similaire à celui de *Ipomoea eriocarpa* mais est considérée

comme une espèce à croissance rapide. Il a en effet été observé sur le terrain qu'*Euphorbia heterophylla* peut croître plus rapidement que les autres espèces. La sécheresse qui a eu lieu durant l'expérimentation explique peut-être ce phénomène : *Euphorbia heterophylla* serait donc une espèce sensible à la pluviométrie. Cette hypothèse est à confirmer avec d'autres expérimentations.

On observe tout de même que *Euphorbia heterophylla* a fleuri et dispersé ses graines durant l'expérimentation (voir Figure 12) alors que *Desmanthus virgatus* et *Ipomoea eriocarpa* n'ont pas fleuri et encore moins dispersé leurs graines durant ce laps de temps. De plus, il a été observé sur le terrain que les individus d'*Euphorbia heterophylla* se desséchaient à la fin de l'expérimentation alors que la sécheresse était terminée, ce qui est un signe potentiel de la fin du cycle de vie de l'espèce. En revanche *Desmanthus virgatus* et *Ipomoea eriocarpa* étaient encore vigoureux. Il serait donc intéressant d'étudier la phénologie en fonction du SLA et du LDMC afin de voir s'il y a une corrélation avec la longueur de cycle de vie.

Le couple SLA-LDMC pourrait donc être considéré comme un indicateur de développement (croissance et phénologie) et non pas seulement comme un indicateur de croissance. Cette hypothèse reste à vérifier, notamment pour les espèces dont les SLA et les LDMC ont des valeurs intermédiaires. Des seuils à partir desquels on considère qu'un indicateur est « élevé » ou « faible » sont à déterminer. Les SLA sont maintenant renseignés pour toutes les espèces de la base de données BD-TRAITS mais les mesures des LDMC doivent être faites pour les espèces manquantes.

Le SLA et le LDMC pourraient donc par la suite permettre de catégoriser les plantes et de prédire lesquelles se développent rapidement. Cela inclut la notion de compétitivité (lesquelles occuperont l'espace le plus rapidement ?) mais aussi l'apparition des fleurs et des graines. Il faut cependant être attentif aux attributs des SLA et des LDMC. Bien que ces derniers soient considérés comme des traits stables (Garnier et al., 2007), le LDMC des communautés végétales par exemple augmente sur des sites chauds et avec une utilisation des terres peu intensive (Garnier et al., 2007). L'utilisation de ces indicateurs doit donc être replacée dans son contexte environnemental.

Enfin, d'autres traits comme le LNC (Leaf Nitrogen Concentration) et le LPC (Leaf Phosphorus Concentration) sont impliqués dans le compromis acquisition-conservation et sont considérés comme des traits variables (Garnier et al., 2007). La connaissance de ces traits pourrait affiner la prédiction d'utilisation des ressources par les espèces.

b. La forme de vie pour prédire quelles espèces sont favorisées ou défavorisées face aux pratiques culturales

La forme de vie est un indicateur permettant de prédire l'abondance des espèces en fonction des perturbations. Plusieurs hypothèses peuvent être émises sur l'impact des pratiques sur la répartition des espèces en fonction de leur forme de vie :

- 1) Un fauchage qui détruit les parties aériennes des plantes aura plus tendance à laisser place aux géophytes. En effet les espèces géophytes ont leurs organes de réserve situés sous la terre et peuvent donc reprendre leur croissance rapidement.
- 2) Un travail superficiel du sol va peut-être détruire les espèces hémicryptophytes (dont l'organe de survie est à ras du sol) alors que les espèces géophytes seront potentiellement préservées grâce à leurs organes de survie situés plus ou moins en profondeur dans la terre.
- 3) Le travail du sol enfouit ou au contraire déterre les graines des espèces thérophytes. L'abondance de ces espèces dans un verger dépend notamment de la quantité de graines

présente dans le sol. Pour augmenter ou diminuer ces quantités, détruire le couvert avant que les espèces en question ne propagent leurs graines est une solution.

- 4) La nature des herbicides utilisés a un impact sur la présence des espèces en fonction de leur forme de vie. Par exemple un herbicide de contact, qui détruit uniquement les surfaces de la plantes avec lesquelles il entre en contact, ne va pas détruire les espèces géophytes.

Il a été montré que le travail du sol en général empêche l'établissement des phanerophytes, chamephytes et la plupart des hemicryptophytes, alors que son effet sur les therophytes et les espèces pérennes (géophytes avec bulbes et tubercules ou rhizomes) est plus difficile à prévoir (Gaba et al., 2014). De plus, le mouvement de l'herbicide à application foliaire dans la plante peut varier selon les espèces en fonction de la forme de vie, avec un transport via le phloème vers les racines ou les stockages d'organes pour les espèces pérennes (Peter S White & Jentsch, 2001). Trouver les réponses des adventices face aux différentes pratiques en fonction de leur forme de vie est un enjeu essentiel pour la suite du projet.

c. Un indicateur de compétitivité

La compétition d'un végétal avec ses voisins dépend de nombreux facteurs. Afin d'établir un indicateur de compétitivité qui prédira si une espèce est fortement compétitive ou non, on peut dans un premier temps diviser la compétition de la façon suivante :

- 1) L'effet de compétition, qui est la capacité d'un individu à supprimer les autres individus
- 2) La réponse à la compétition, qui est la capacité d'un individu à éviter d'être supprimé.

Les traits étudiés permettront plus ou moins de caractériser ces deux éléments de compétition. Pour cela ils pourront être pondérés selon leur importance relative pour la compétition, puis insérés dans un algorithme qui calculera l'indicateur de compétitivité pour chaque espèce.

4. Prévoir des dates d'intervention grâce aux profils de floraison et les dates de début de dispersion

Le profil de floraison des espèces étudiées à Bassin-Plat décrit dans les résultats montre que les espèces fleurissent plus ou moins longtemps et à des dates différentes, et parfois ne fleurissent pas pendant les 3 mois après la destruction du couvert. Ainsi selon la date à laquelle le producteur décide de détruire son couvert, les auxiliaires auront bénéficié des ressources données par les fleurs plus ou moins longtemps et par plus ou moins d'espèces. Les producteurs interviennent en moyenne tous les deux ou trois mois pour détruire leur couvert végétal, voire plus tôt en saison des pluies lorsque la végétation pousse rapidement. Selon le profil de floraison élaboré sur les espèces de Bassin-Plat, intervenir deux mois après la première destruction du couvert ne laisserait la possibilité de fleurir qu'à deux espèces sur 14 : *Bidens pilosa* et *Cardiospermum halicacabum*. Intervenir trois mois après la destruction du couvert augmenterait le nombre d'espèces ayant fleuri à dix. Connaître et prédire les profils de floraison permet donc de trouver une date à partir de laquelle il est possible d'intervenir, tout en ayant bénéficié au maximum des services apportés par les communautés végétales en fleurs. Les dates de début de dispersion des graines quant à elles permettent de trouver une date maximum d'intervention qu'il ne faut pas dépasser, afin d'empêcher les espèces indésirables de disperser les graines et donc de se propager au prochain cycle. Elles donnent également les dates de début de dispersion des espèces intéressantes pour la lutte biologique. On

cherchera donc à choisir une date d'intervention qui à la fois laisse le temps aux espèces intéressantes de se reproduire et qui empêche les espèces envahissantes de disperser leurs graines.

Seules 14 espèces à Bassin-Plat et 6 espèces chez les producteurs ont été étudiées. Il serait intéressant de poursuivre les mesures pour d'autres espèces afin d'avoir une vue globale sur toutes les floraisons et les dates de début de dispersion des graines d'un couvert. Pour les espèces pour lesquelles les mesures ne seraient pas possibles, le SLA et le LDMC pourraient éventuellement aider à prédire si les espèces vont fleurir relativement tôt ou tard, comme expliqué dans la partie précédente. Enfin, étudier le nombre de fleurs par individu au cours du temps serait également intéressant : en effet plus un individu a de fleurs, plus il offrira de ressources aux auxiliaires.

5. La richesse spécifique des vergers d'agrumes

La différence de richesse spécifique entre le verger et les inter-rangs peut s'expliquer de plusieurs façons. La pression appliquée par les pratiques culturales explique dans un premier temps pourquoi il y a moins d'espèces dans les inter-rangs que dans le verger entier. Des espèces pérennes par exemple n'arriveront jamais à s'y installer. Une autre hypothèse peut être formulée : la fertilisation des arbres ainsi que le microclimat que ceux-ci fournissent peut expliquer pourquoi l'on retrouve parfois davantage d'espèce à leurs pieds comme chez Mr. Morel (donc dans les rangs) que dans les inter-rangs. Enfin l'inventaire réalisé dans le verger contient les espèces trouvées en bordure de champ, qui sont des espaces relativement peu perturbés et voire conservés. Ces trois facteurs peuvent expliquer pourquoi on a en moyenne deux à trois fois moins d'espèces dans les inter-rangs que dans le verger dans son ensemble.

Selon les producteurs, entre 1 et 8 espèces ont été trouvées dans les terrines, sont présentes dans les vergers mais absentes des inter-rangs. Ainsi une petite partie seulement des espèces est potentiellement remobilisable, puisque le nombre d'espèce présentes dans les vergers est beaucoup plus élevé (il s'élève jusqu'à 72 pour Mr. Yebo). Une grande partie des espèces des vergers n'a donc pas ses graines dans le sol des inter-rangs.

Parmi les différents producteurs, entre 4 et 9 espèces ont été retrouvées dans les terrines mais n'ont jamais été recensées dans le verger. Par exemple *Coronopus didymus* est présent uniquement dans les terrines de quatre producteurs mais n'est jamais présent dans les vergers. Plusieurs hypothèses peuvent être émises quant à cette absence d'expression. Soit les espèces sont trop peu compétitives, soit elles nécessitent des conditions de température et d'irrigation particulières. Ces espèces peuvent être intéressantes pour la lutte biologique mais n'arriveront peut-être pas à s'adapter au climat et aux communautés végétales des vergers en question. En revanche on sait que les espèces dites « remobilisables » sont bien adaptées au climat puisqu'elles poussent dans le reste du verger. Un changement des pratiques culturales permettra peut-être de les laisser s'exprimer.

Conclusion

Les traits mesurés au cours du temps ont montré que les espèces composant les communautés végétales ont des formes de vie et des profils de croissance, de floraison et de début de dispersion variés. Ces profils changent également selon l'écologie dans laquelle évoluent les espèces. Ces dernières ont de plus une stratégie d'utilisation des ressources qui leur est propre. Les espèces étant bien différenciées selon ces traits et ceux déjà présents dans la base de données BD-TRAITS, il sera a priori aisé de les sélectionner selon leur intérêt pour la lutte biologique. Les expérimentations ont également montré que les communautés végétales ont une perte en richesse spécifique dans les inter-rangs, sûrement due aux effets des pratiques culturales. Certaines espèces, qui ne s'expriment pas ou plus dans les inter-rangs, pourront éventuellement être mobilisées par des pratiques culturales différentes et donc participer à la lutte biologique.

Pour compléter les études réalisées lors de ce stage, une nouvelle campagne de mesures sur une période différente et sur d'autres espèces serait très profitable. Elle augmenterait les connaissances acquises sur le fonctionnement des communautés et permettrait d'étudier l'influence du climat sur les espèces. Les prédictions d'assemblages des communautés végétales pourraient par la suite être affinées.

Alors que les adventices ont longtemps été supprimées afin de favoriser la croissance des cultures, l'intérêt du projet AGRUM'AIDE est au contraire de les utiliser et donc de les favoriser en vue de réduire la présence des ravageurs. La définition même du mot « adventice » a un côté péjoratif : elles sont des « plantes qui poussent spontanément dans une culture et dont la présence est plus ou moins nocive à celle-ci » (définition du Larousse). Dans le cas où les adventices deviennent utiles au système de culture, il convient donc mieux d'utiliser les termes « flore spontanée » ou « communauté végétales ».

Bibliographie

- Abou Auda M. M., Deeb N. Y. and Sahhar K. F. EL (2009). The flora and plant life forms of Wadi Gaza area, Middle Governorate, Palestine. 4 th Conference on Recent Technologies in Agriculture.
- Alves de Lima Elimar and Iranildo Miranda de Melo José (2015). Biological spectrum and dispersal syndromes in an area of the semiarid region of north-eastern Brazil. ISSN printed: 1679-9283. ISSN on-line: 1807-863X. Doi: 10.4025/actascibiolsci.v37i1.23141. Acta Scientiarum. Biological Science Maringá, v. 37, n. 1, p. 91-100, Jan.-Mar., 2015
- Anon, 2013. Interactions insectes-plantes, Editions Quae.
- Assédé Emeline P. S., Adomou Aristide C. and Sinsin Brice (2012). Magnoliophyta, Biosphere Reserve of Pendjari, Atacora Province, Benin. *Check List*, 642–661. ISSN 1809-127X.
- Brundu Giuseppe (2014). Mapping Invasive Alien Plants. Name of the presentation : « Weed Monitoring Along the Main Road Corridors (MKGK) ». 24-26 September 2014, Belgrade.
- Cingolani, A. M., Cabido, M., Gurvich, D. E., Renison, D., Díaz, S., Ana, M., & Diego, E. (2007). Filtering processes in the assembly of plant communities: Are species presence and abundance driven by the same traits? *Journal of Vegetation Science*, 18(6), 911–920. <http://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2007.tb02607.x>
- CodjiaJean T. Claude, vihotogbeRomaricet O. Lougbegnon Toussaint (2009). Phytodiversité des légumes-feuilles locales consommées par les peuples Holli etNagot de la région de Pobè au sud-est du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 3(6): 1265-1273. ISSN 1991-8631
- Cruz, P., De Quadros, F. L. F., Theau, J. P., Frizzo, A., Jouany, C., Duru, M., & Carvalho, P. C. F. (2010). Leaf Traits as Functional Descriptors of the Intensity of Continuous Grazing in Native Grasslands in the South of Brazil. *Rangeland Ecology & Management*, 63(3), 350–358. <http://doi.org/10.2111/08-016.1>
- FAO. (2002). *World agriculture : towards 2015 / 2030. Organization* (Vol. 20). [http://doi.org/10.1016/S0264-8377\(03\)00047-4](http://doi.org/10.1016/S0264-8377(03)00047-4)
- Gaba, S., Fried, G., Kazakou, E., Chauvel, B., & Navas, M. L. (2014). Agroecological weed control using a functional approach: A review of cropping systems diversity. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 103–119. <http://doi.org/10.1007/s13593-013-0166-5>
- Garnier, E., Lavorel, S., Ansquer, P., Castro, H., Cruz, P., Dolezal, J., ... Zarovali, M. P. (2007). Assessing the effects of land-use change on plant traits, communities and ecosystem functioning in grasslands: A standardized methodology and lessons from an application to 11 European sites. *Annals of Botany*, 99(5), 967–985. <http://doi.org/10.1093/aob/mcl215>

- Garnier, E., & Navas, M. L. (2012). *A trait-based approach to comparative functional plant ecology: Concepts, methods and applications for agroecology. A review. Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 32). <http://doi.org/10.1007/s13593-011-0036-y>
- Garnier E, Navas M-L (2013) Diversité Fonctionnelle des Végétaux. De Boeck
- Garnier Eric, Marie-Laure Navas, and Karl Grigulis (2016). *Plant Functional Diversity : Organism traits, community structure, and ecosystem properties*. p.13. ISBN: 978-0-19-875737-5
- G. de OliveiraDiogo, PrataAna P. & A. FerreiraRobério (2013). Herbáceas da Caatinga: composição florística, fitossociologiae estratégias de sobrevivência em uma comunidade vegetal. *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. ISSN (on line) 1981-0997. v.8, n.4, p.623-633, 2013
- Ghanbarian Gholam Abbas, Efat Jafari, Ahmad Hatami (2011). Presentation of flora, life forms and chorology of plant species in the Jahrom area (Fars Province, Iran). *IUFS Journal of Biology Research Article* 1, 70(2):1-12
- Goldberg, D.E., 1990. Components of resource competition in plant communities. In: Grace, J.B., Tilman, D. (Eds.), *Perspectives on Plant Competition*. Academic Press, San Diego, pp. 27–49.
- Goldberg, D.E., Landa, K., 1991. Competitive effect and response: hierarchies and correlated traits in the early stages of competition. *J. Ecol.* 79, 1013–1030.
- Gomes Polyhanna and Alves Marccus (2010). Floristic diversity of two crystalline rocky outcrops in the Brazilian northeast semi-arid region. *Revista Brasil. Bot.*, V.33, n.4, p.661-676, out.-dec. 2010
- Grime, J.P. (1997). Ecology—biodiversity and ecosystem function: the debate deepens. *Science* 277, 1260–1261.
- Grime, J. P. (1998). Benefits of plant diversity to ecosystems: Immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology*, 86(6), 902–910. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2745.1998.00306.x>
- Hakansson, S. (1995). Weeds in agricultural crops .2. Life-forms and occurrence in a European perspective. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 25(4), 155–161.
- Henwood, J. (2005). Updated Flora and Fauna Species List of Il-Ballut Wetland (Marsaxlokk). Unpublished. 11pp.
- Jadhav D.G. and Ahire D.U. (2014). Life-Forms and Biological Spectrum of Taharabad Forest of Nashik District, Maharashtra, India. ISSN No. 2231-0045 vol.II, issue-IV,May-2014 *Periodic Research* 52.

- Khan Niaz Ali, Shah Mohib (2013). Eco-taxonomic study of family Brassicaceae of District Mardan, Khyber Pukhtoon- Khwa, Pakistan. Khan and Shah PJLS Volume 01, Issue 01, 2013, P 28-35 .Available online at: www.awkum.edu.pk/PJLS28.
- Landis, D. a, Wratten, S. D., & Gurr, G. M. (2000). Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45(FEBRUARY), 175–201. <http://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.175>
- Lavorel, S., McIntyre, S., Landsberg, J., & Forbes, T. D. A. (1997). Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology & Evolution*, 12(12), 474–478. [http://doi.org/10.1016/S0169-5347\(97\)01219-6](http://doi.org/10.1016/S0169-5347(97)01219-6)
- Lavorel, S., & Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16(5), 545–556. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00664.x>
- Manhas, R.K., Mukesh Kumar Gautam and Deepa Kumari (2009). Plant Diversity of a Fresh Water Swamp of Doon Valley, India. Marsland Press, Journal of American Science 2009: 5(1), 1-7.
- Martin Philippe, 2014. « Ouverture de la journée "Pesticides : santé et biodiversité " à l'Assemblée nationale », discours prononcé dans le jeudi 30 janvier 2014, Paris, organisé par Gérard Bapt, Sophie Errante et Jean-Louis Romegas
- McDonald, A. J., Riha, S. J., & Ditommaso, A. (2010). Early season height differences as robust predictors of weed growth potential in maize: new avenues for adaptive management? *Weed Res*, 50(2), 110–119. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2009.00759.x>
- Mosango Mbokuyo, Maganyi Olivia & Namaganda Mary (2001). Talinetum paniculati, a new synanthropic association of tropical Africa. Polish Botanical Journal 46(1): 99–107, 2001
- Naqinezhad Alireza and Zarezadeh Somayeh (2012). A contribution to flora, life form and chorology of plants in Noor and Sisangan lowland forests. Taxonomy and Biosystematics, 4th Year, No. 13, Winter 2012, Page: 31-44.
- Navas, M. L., & Moreau-Richard, J. (2005). Can traits predict the competitive response of herbaceous Mediterranean species? *Acta Oecologica*, 27(2), 107–114. <http://doi.org/10.1016/j.actao.2004.10.002>
- Navas, M.-L., & Violle, C. (2009). Plant traits related to competition: how do they shape the functional diversity of communities? *Community Ecology*, 10(1), 131–137. <http://doi.org/10.1556/ComEc.10.2009.1.15>
- Norris, R. F., & Kogan, M. (2000). Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems. *Weed Science*, 48(February), 94–158. [http://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0094:IBWAPA\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0094:IBWAPA]2.0.CO;2)

- Obrycki, J. J. (1986). The influence of foliar pubescence on entomophagous species. Interaction of plant resistance and parasitoids and predators of insects, 61-97.
- Ouédraogo Oumarou , Schmidt Marco, Thiombiano Adjima, Hahn Karen, Guinko Sita and Zizka Georg (2011). Magnoliophyta, Arly National Park, Tapoa, Burkina Faso. ISSN 1809-127X (online edition) © 2011 Check List and Authors.
- Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., ... Cornelissen, J. H. C. (2013). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61(3), 167–234. <http://doi.org/10.1071/BT12225>
- Poorter, H., & Bergkotte, M. (1992). Chemical composition of 24 wild species differing in relative growth rate. *Plant Cell and Environment*, 15, 221–229. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1992.tb01476.x>
- Poorter, H., & Garnier, E. (2007). Ecological Significance of Inherent Variation in Relative Growth Rate and Its Components. *Functional Plant Ecology*, 000, 67–100. <http://doi.org/1874/150443>
- Reynolds, H.L., 1999. Plant interactions: competition. In: Pugnaire, F.I., Valladares, F. (Eds.), *Handbook of Functional Plant Ecology*. Marcel Dekker, NewYork, pp. 649–676.
- Science, V., Sep, N., & Rooyen, V. (1997). Traits Predicting competitive interactions between pioneer plant species by using plant traits, 8(4), 489–494.
- Singh Arvind (2014). Observations on the Vascular Wall Flora of Varanasi City, India. *International Journal of Modern Biology and Medicine*, 2014, 5(2): 40-55 *International Journal of Modern Biology and Medicine Journal*. ISSN: 2165-0136
- Storkey, J. (2005). Modelling assimilation rates of 14 temperate arable weed species as a function of the environment and leaf traits. *Weed Research*, 45(5), 361–370. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2005.00466.x>
- Tardy, F., Moreau, D., Dorel, M., & Damour, G. (2015). Trait-based characterisation of cover plants' light competition strategies for weed control in banana cropping systems in the French West Indies. *European Journal of Agronomy*, 71, 10–18. <http://doi.org/10.1016/j.eja.2015.08.002>
- Thies, C., Steffan-dewenter, I., & Tschardtke, T. (2003). Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos*, 1, 18–25. <http://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12567.x>

- Turnbull, L. a., Coomes, D., Hector, A., & Rees, M. (2004). Seed mass and the competition/colonization trade-off: Competitive interactions and spatial patterns in a guild of annual plants. *Journal of Ecology*, 92(1), 97–109. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2004.00856.x>
- Uchida Taizo, Furuno Masaaki, Minami Takashi, Yamashita Sampei (2015). Ecological significance of masonry revetments in plant biodiversity. *Int. J. of GEOMATE*, Sept., 2015, Vol. 9, No. 1 (Sl. No. 17), pp. 1353-1359 *Geotech., Const. Mat. and Env.*, ISSN:2186-2982(P), 2186-2990(O), Japan.
- 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. <http://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>
- Violle, C., Garnier, E., Lecoecur, J., Roumet, C., Pateur, C., Blanchard, A., & Navas, M. L. (2009). Competition, traits and resource depletion in plant communities. *Oecologia*, 160(4), 747–755. <http://doi.org/10.1007/s00442-009-1333-x>
- Weiher, E., Van Der Werf, A., Thompson, K., Roderick, M., Garnier, E., & Eriksson, O. (1999). Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. *Journal of Vegetation Science*, 10, 609–620. <http://doi.org/10.2307/3237076>
- Westoby, M. (1998). A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and Soil*, 199(2), 213–227. <http://doi.org/10.1023/A:1004327224729>
- Westoby, M., Falster, D. S., Moles, A. T., Vesk, P. a., & Wright, I. J. (2002). PLANT ECOLOGICAL STRATEGIES: Some Leading Dimensions of Variation Between Species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33(1), 125–159. <http://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150452>
- White, P. S., & Pickett, S. T. a. (1985). Natural Disturbance and Patch Dynamics: An Introduction. In *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics* (p. 472). <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-554520-4.50006-X>
- White, P. S., & Jentsch, A. (2001). The Search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystem Dynamics. *Ecosystems*, 62, 399–450. http://doi.org/10.1007/978-3-642-56849-7_17
- Wilson, P. J., Thompson, K., & Hodgson, J. G. (1999). Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist*, 143(1), 155–162. <http://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00427.x>
- Wright, I. J., Reich, P. B., Westoby, M., Ackerly, D. D., Baruch, Z., Bongers, F., ... Villar, R. (2004). The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*, 428(6985), 821–827. <http://doi.org/10.1038/nature02403>

Annexes

Annexe I : Dispositif expérimental pour le suivi des individus



Bande de suivi des individus dans le verger de Mr. Morel



Bande de suivi des individus à Bassin-Plat

Annexe II : Biomasse moyenne des espèces prélevées à Bassin-Plat et chez trois producteurs
 Les espèces suivies au champ sont en caractère gras.

Bassin-plat	Biomasse
<i>Sida acuta</i>	19,3
<i>Melinis repens</i>	12,7
<i>Melochia pyramidata</i>	8,6
<i>Desmanthus virgatus</i>	7,3
<i>Panicum maximum</i>	5,6
<i>Ipomoea obscura</i>	4,9
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	4,4
<i>Euphorbia heterophylla</i>	2,7
<i>Teophrosia purpurea</i>	2,7
<i>Amaranthus viridis</i>	2,2
<i>Digitaria radicata</i>	2,1
<i>Cyperus rotundus</i>	2,1
<i>Teramnus labialis</i>	2,1
<i>Paspalum dilatatum</i>	2,0
<i>Cardiospermum halicacabum</i>	1,6
<i>Acanthospermum hispidum</i>	1,1
<i>Cenchrus biflorus</i>	1,0
<i>Parthenium hysterophorus</i>	0,9
<i>Bidens pilosa</i>	0,9
<i>Cynodon dactylon</i>	0,7
<i>Leucaena leucocephala</i>	0,6
<i>Ipomoea eriocarpa</i>	0,6
<i>Paspalum paniculatum</i>	0,4
<i>Lantana camara</i>	0,3
<i>Eleusine indica</i>	0,3

Benare	Biomasse
<i>Raphanus raphanistrum</i>	208,15
<i>Bidens pilosa</i>	124,85
poacée molle	116,35
<i>Eleusine indica</i>	80,7
<i>Melinis repens</i>	37,95
<i>Galingosa parviflora</i>	29,925
<i>Amaranthus viridis</i>	27,4
<i>Sida acuta</i>	26,9
poacée tres fine	16,15
<i>Plantago lanceolata</i>	9,95
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	8,05
<i>Stellaria media</i>	6,2
<i>Drymaria cordata</i>	5,55
poacee gros epilletes	4,95
<i>Commelina diffusa</i>	4,35
<i>Ageratum conyzoides</i>	4,15
<i>Oxalis corniculata</i>	2,95
<i>Fumaria muralis</i>	1,8
<i>Lantana camara</i>	1,45
<i>Solanum nigrum</i>	1,35
<i>Sonchus asper</i>	1,25
<i>Oxalis latifolia</i>	1,125
<i>Euphorbia heterophylla</i>	0,8
<i>Pycreus polystachyos</i>	0,5
<i>Cyperus amabilis</i>	0,35

Morel	Biomasse
Poacée molle	200,25
Desmodium incanum	36,65
Syndrella nodiflora	31,15
Oxalis corniculata	16,45
<i>Ipomea obscura</i>	13,75
<i>Commelina benghalensis</i>	13,45
Plantago lanceolata	8,65
Centella asiatica	7,6
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	7,6
<i>Amaranthus viridis</i>	7,2
<i>Teramnus labialis</i>	5
<i>Lantana camara</i>	3,5
<i>Drymaria cordata</i>	3,45
<i>Eleusine indica</i>	3,3
<i>Euphorbia hirta</i>	1,45
<i>Bidens pilosa</i>	1,3
<i>Kyllinga elata</i>	0,755
<i>Melochia pyramidata</i>	0,5
<i>Solanum nigrum</i>	0,4
<i>Chloris barbata</i>	0,35
<i>Sida sp.</i>	0,2
<i>Tephrosia purpurea</i>	0,105

Yebo	Biomasse
<i>Stenotaphrum dimidiatum</i>	122,725
Plantago lanceolata	103,02
<i>Kyllinga elata</i>	42,95
Raphanus raphanistrum	32,3
Trifolium repens	15,95
<i>Cyperus amabilis</i>	12,15
<i>Ipomea purpurea</i>	10,95
<i>Cardamine hirsuta</i>	9,475
<i>Persicaria chinensis</i>	7,95
<i>Veronica persicaria</i>	6
<i>Sporobolus indicus</i>	5,775
fleur rose	5,25
<i>Youngia japonica</i>	3,85
<i>Paspalum dilatatum</i>	3,625
<i>Duschesna indica</i>	3,6
<i>Chloris barbata</i>	3,35
<i>Digitaria radicata</i>	3,1
Rumex crispus L.	3,05
<i>Oxalis latifolia</i>	2,7
Ipomoea indica	2,3
<i>Ageratum conyzoides</i>	1,8
<i>Commelina diffusa</i>	1,725
<i>Polytrichastrum formosum</i>	1,475
<i>Cynodon dactylon</i>	1,35
<i>Asystasia gangetica</i>	1,2

Annexe III : Dates de destruction des couverts et d'observation des individus en fonction des sites d'étude

Site d'étude	Bassin-Plat	Mr. Benare	Mr. Morel	Mr. Yebo
Date d'intervention	29/09/2015	16/11/2015	17/11/2015	12/11/2015
Dates d'observation	09/10/2015	16/12/2015	03/12/2015	26/11/2015
	16/10/2015	07/01/2016	18/12/2015	17/12/2015
	26/10/2015	04/02/2016	05/01/2016	04/01/2016
	02/11/2015		01/02/2016	18/01/2016
	13/11/2015			
	27/11/2015			
	11/12/2015			
	23/12/2015			
	13/01/2016			

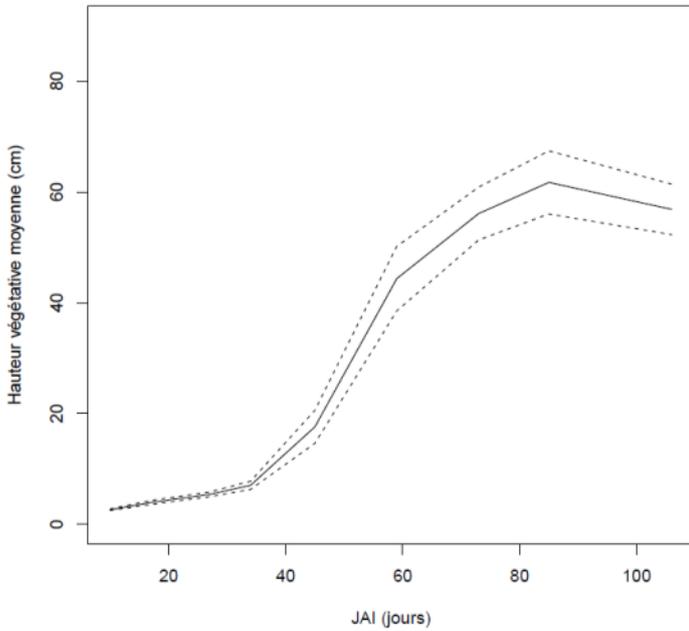
Annexe IV : Les terrines pour l'étude des banques de semences



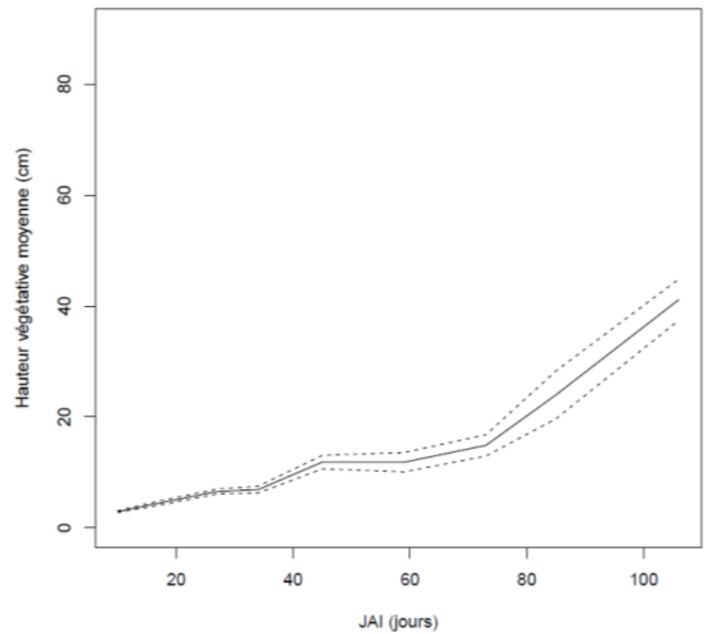
Annexe V : Croissance en hauteur moyenne au cours du temps de *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla*, *Ipomoea eriocarpa* et *Desmanthus virgatus*, en lien avec leur stratégie d'utilisation des ressources

Espèces à stratégie d'acquisition

Bidens pilosa

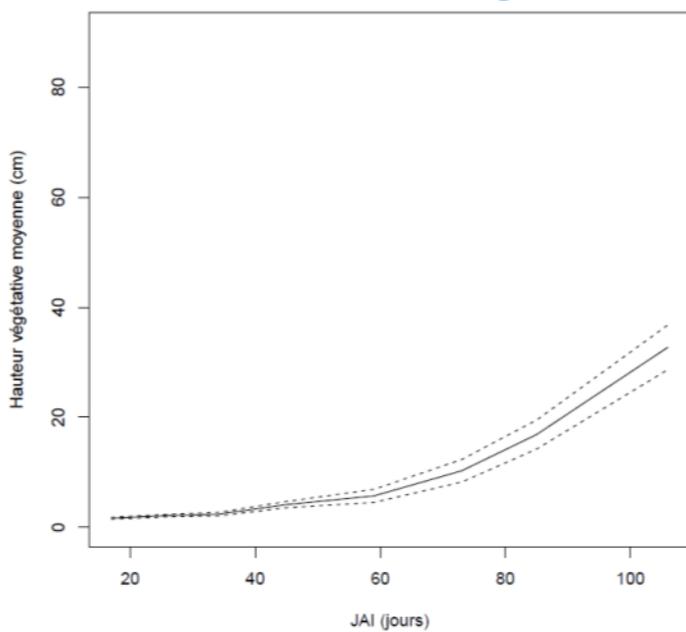


Euphorbia heterophylla



Espèces à stratégie de conservation

Desmanthus virgatus



Ipomoea eriocarpa

