

Rapport final du projet BIODIVIN

Evaluation des services et disservices associés à la flore des bords de vignes en région Occitanie



Rapport final du projet BIODIVIN

Evaluation des services et disservices associés à la flore des bords de vignes en région Occitanie



Projet 857, financé dans le cadre de l'écocontribution



Citation recommandée

Fried, G. & Teboul, H. (2023). *Rapport final du projet BIODIVIN. Evaluation des services et disservices associés à la flore des bords de vignes en région Occitanie*. Rapport Anses – Laboratoire de la Santé des Végétaux, Montferrier-sur-Lez, 20 p.

Table des matières

1. Introduction.....	4
2.Méthodes	5
2.1. Sites étudiés	5
2.2. Echantillonnage de la flore des bords de champs.....	6
2.3. Caractérisation des communautés et traits utilisés pour approximer les (dis)services.....	6
2.4. Analyses statistiques	8
3. Résultats préliminaires	9
3.1. Diversité taxonomique des bordures	9
3.2. Variations de la diversité taxonomique, de la diversité fonctionnelle florale et de la nuisibilité en fonction des pratiques et du paysage.....	10
3.3. Analyses multivariées	13
4. Discussion et perspectives.....	15
4.1. Discussion des principaux résultats.....	15
4.2. Limites et perspectives	17
4.3. Conclusion	18
Références.....	20

1. Introduction

Le projet BIODIVIN vise à promouvoir l'enherbement des bordures de vignes en région Occitanie. Les infrastructures agro-écologiques (IAE) telles que les bordures de cultures représentent un enjeu clé de la multifonctionnalité des paysages agricoles. Les bordures sont des éléments permanents, semi-naturels, à l'interface entre une parcelle cultivée et un autre élément du paysage (autre parcelle cultivée, route, chemin, bosquet, etc.) et elles constituent à ce titre de véritables réservoirs de biodiversité. Influencées par les choix de gestion dédiée (broyage, pâturage, désherbage chimique...) et les choix d'usage et de gestion des parcelles adjacentes (mode de gestion des rangs et des inter-rangs de vigne), mais également par le paysage environnant, les bordures des milieux cultivés sont au cœur des enjeux actuels visant à réconcilier agriculture et biodiversité à différentes échelles.

Le projet BIODIVIN cherche à convaincre les viticulteurs de ne pas laisser leur bordure de parcelle nue, soit en laissant un enherbement spontané, soit en semant un enherbement avec des espèces sélectionnées à cet effet. Un des enjeux du projet à long terme sera d'évaluer l'évolution des bordures semées et spontanées et d'analyser la composition des communautés végétales en matière de services et de disservices. Les viticulteurs s'engageront plus facilement s'ils ont des éléments leur démontrant que la bordure n'est pas colonisée par des adventices problématiques (disservices). Dans cette optique, ce projet vise à acquérir de nouvelles connaissances sur les communautés végétales présentes dans les bordures de parcelles viticoles et à identifier les facteurs influençant leur composition et leur diversité.

Plus précisément, l'objectif du volet du projet confié à l'ANSES est de caractériser les bordures en matière de disservices (proportion d'espèces adventices jugées problématiques) et de services (par exemple de pollinisation, proportion d'espèces entomogames, plage de floraison de ces espèces, etc.). A partir de là, il deviendra possible de comparer le ratio bénéfices-risques entre des bordures dénudées et des bordures enherbées, en prenant aussi en compte d'autres facteurs (largeur de la bordure, paysage voisin, mode de production).

Au final, des conseils pourront être formulés aux viticulteurs pour optimiser le rôle fonctionnel des bordures tout en minimisant le risque malherbologique.

2.Méthodes

2.1. Sites étudiés

Le projet BIODIVIN a retenu 6 vignobles de la région Occitanie (**Figure 1**) située dans 6 départements différents : Armagnac (32), Cahors (46), Corbières (11), Costières de Nîmes (30), Gaillac (81) et Madiran (65).

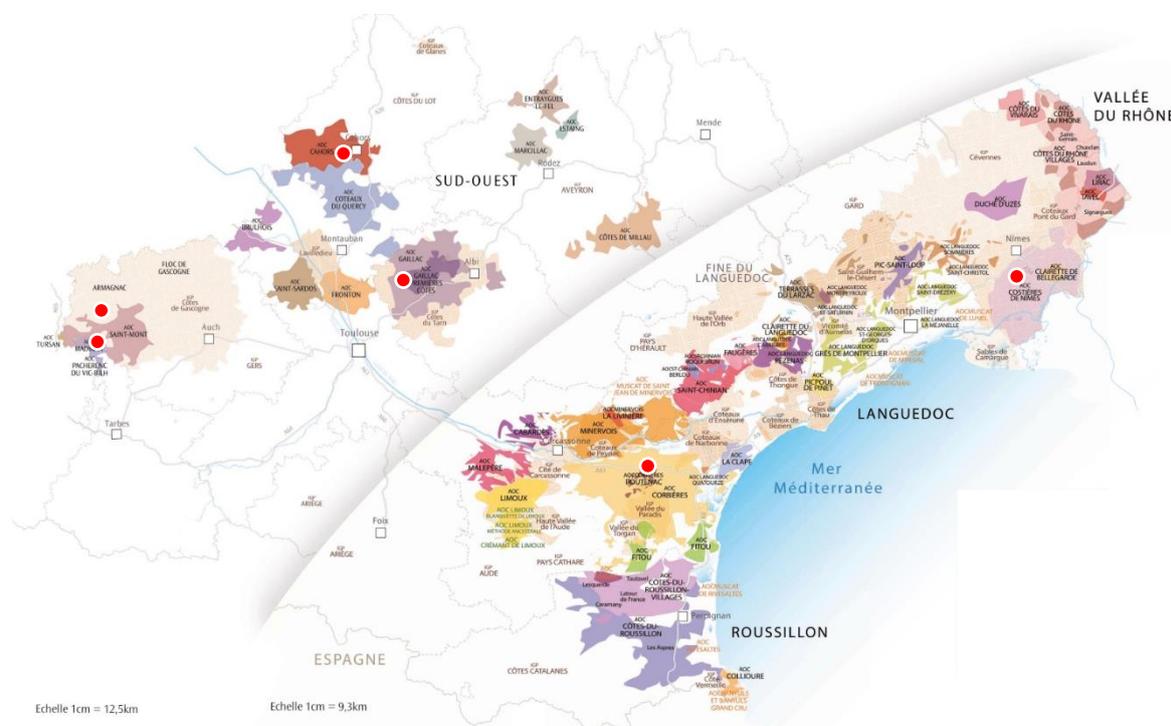


Figure 1. Localisation des 6 vignobles étudiés.

Au sein de chacun des 6 vignobles sélectionnés par la Fédération Régionale des Chasseurs d'Occitanie, nous avons sélectionné 3 à 4 bordures de vignes. La sélection visait à disposer au moins d'une bordure *a priori* en bonne état de conservation (déjà enherbée) et d'une bordure dans un état de conservation *a priori* plus défavorable (sol plus dénudé). Comme nous avons finalement eu le temps de réaliser plus de 2 bordures par vignoble, nous avons aussi sélectionné à la fois des bordures localisées en « tournière » (à l'extrémité des inter-rangs) et des bordures situées en position latérale par rapport aux inter-rangs (**Tableau 1**). Dans ce dernier cas on s'attend à des bordures sinon plus riches, au moins plus naturelles car moins perturbées par le passage des tracteurs. L'annexe 1 donne les caractéristiques détaillées des parcelles.

Tableau 1. Distribution des bordures par région selon leurs principales caractéristiques.

Vignoble	# bordures	BIO	CONV	Enherbée	Nue	Tournière	Latérale
Costières (30)	4	4	0	3	1	2	2
Corbières (11)	4	3	1	3	1	2	2
Gaillac (81)	3	3	0	2	1	2	1
Cahors (46)	3	1	2	3	0	2	1
Armagnac (32)	3	0	3	2	1	1	2
Madiran (65)	3	2	1	2	1	2	1
Total	20	13	7	15	5	11	9

2.2. Echantillonnage de la flore des bords de champs

Dans chaque bordure échantillonnée nous avons utilisé le protocole du réseau 500 ENI (Andrade et al. 2021). Ce protocole repose sur des relevés effectués dans 10 quadrats de 1 m² (2m de long sur 0,5 m de large) placés dans les bordures (**Figure 2**). Les quadrats sont positionnés au centre de la bordure (même distance entre le quadrat et la vigne, et entre le quadrat et le milieu voisin). Les 10 quadrats sont disposés en deux lots de cinq quadrats contigus, séparés de 30 m. Les observateurs notent la présence-absence des espèces dans les 10 quadrats. Cela donne pour chaque espèce présente une note de 1 à 10. En plus du protocole 500 ENI, nous avons noté le pourcentage de couverture de la végétation dans chacun des quadrats de 1m².

Les relevés ont été effectués par Guillaume Fried et Héroïse Teboul entre le 30/03/2023 et le 24/05/2023. Du fait d'une phénologie plus avancée en région méditerranéenne (Corbières et Costières de Nîmes), nous avons réalisé les relevés plus tôt dans ces vignobles, entre le 30/03/2023 et le 25/04/2023. Les relevés dans les vignobles du Sud-Ouest ont été réalisés entre le 19/04/2023 et le 24/05/2023.



Figure 2. Quadrat positionné dans une bordure de type tournière à gauche ou en position latérale à droite.

Enfin, nous avons également appliqué le diagnostic utilisé par la FRC Occitanie (adaptée de la méthode développée par le CEN Occitanie). Le **tableau 2** présente les critères pris en compte dans ce diagnostic.

2.3. Caractérisation des communautés et traits utilisés pour approximer les (dis)services

Pour caractériser la végétation des bords de champs, nous avons utilisé différents indicateurs à l'échelle de la communauté végétale. La richesse spécifique noté S correspond au nombre d'espèces observées dans la communauté (dans un quadrat ou dans les 10 quadrats). Nous avons aussi utilisé une mesure d'abondance à travers le pourcentage de couverture de la végétation (mesuré visuellement avec une précision à +/- 5% près).

Pour estimer le **service de pollinisation**, nous avons utilisé 6 traits à partir de la base de données *baseflor* (Julve, 1998+) :

- La date de début de floraison (en mois)
- La date de fin de floraison (en mois)
- La durée de floraison (en mois)
- La couleur des fleurs, avec les regroupements suivants : bleu-violet, bleu-jaune, brun-vert, rouge-rose, blanc-jaune (car ces couleurs sont identifiés par différentes espèces de pollinisateurs)

- La morphologie des fleurs : actinomorphes, zygomorphes, ou fleurs de petites tailles non visibles (car certains pollinisateurs sont spécialisés sur les fleurs zygomorphes).
- Le mode de pollinisation, avec les regroupements suivants : entomogame strict, entomogame partiel, autogame, anémogame et hydrogame.

Tableau 2. Seuils pour la qualification des états de conservation des bordures.

	Critères/indicateurs	Défavorable	Moyen	Favorable
ETAT DE CONSERVATION	Présence de sol nu (% de recouvrement)	>40%	20-40%	<20%
	Largeur en m de la BE			
	-en bord de fossé,	<3m	3-5m	>5m
	cours d'eau			
	-autre	<2m	2-3m	>3m
	Espèces exotiques (% de recouvrement)	>10	1-10	<1
	Espèces rudérales ou adventices problématiques (lampourde, rumex, chardon marie, érigeron,...) (% de recouvrement)	>40%	20-40%	<20%
	Diversité fond prairial	<8	8-11	>Ou = à 12
HETEROGENEITE	Présence d'autres types d'IAE autour de la parcelle de vigne (autre que BE : haie, muret, tas de pierre, fossé, talus, groupement herbacé vivace)	Aucune	1	2 ou plus

Pour estimer les **disservices** liés à la présence de « mauvaises herbes » dans la bordure, nous avons utilisé une liste d'espèces adventices considérées comme problématiques en vignes d'après une enquête menée auprès de techniciens agricoles (Maillet et al., 2001). Comme cette enquête a plus de 20 ans, nous l'avons réactualisé en nous basant sur notre propre expertise, en ajoutant quelques espèces ou en modifiant leur score (en rouge, [Tableau 3](#)).

Tableau 3. Espèces problématiques des vignobles d'après Maillet et al. (2001). 1 : « à surveiller », 2 : « problématique », 3 : « très problématique ». (NB : le tableau ne reprend que les espèces problématiques observées dans les 20 bordures échantillonnées). En rouge, les espèces que nous avons ajoutées à dire d'experts ou dont nous avons modifié le score.

Taxons	Languedoc	Sud-Ouest
<i>Allium vineale</i>	1	-
<i>Avena sterilis</i>	(-) 2	-
<i>Carduus pycnocephalus</i>	(-) 1	-
<i>Chondrilla juncea</i>	(3) 1	-
<i>Cirsium arvense</i>	1	-
<i>Convolvulus arvensis</i>	3	2
<i>Convolvulus sepium</i>	-	1
<i>Cynodon dactylon</i>	-	1
<i>Daucus carota</i>	2	1
<i>Epilobium tetragonum</i>	-	3
<i>Equisetum arvense</i>	2	-
<i>Erigeron canadensis</i>	3	3
<i>Erigeron sumatrensis</i>	3	3
<i>Erodium ciconium</i>	1	-
<i>Erodium cicutarium</i>	1	-
<i>Erodium malacoides</i>	1	-
<i>Geranium columbinum</i>	2	2
<i>Geranium molle</i>	2	2
<i>Geranium rotundifolium</i>	2	2
<i>Lolium multiflorum</i>	-	1
<i>Lolium perenne</i>	-	1
<i>Lolium rigidum</i>	(-) 3	1
<i>Malva sylvestris</i>	3	-
<i>Muscari neglectum</i>	1	-
<i>Rumex crispus</i>	(-) 1	(-) 1
<i>Rumex obtusifolius</i>	-	(-) 1
<i>Rumex pulcher</i>	(-) 1	-
<i>Senecio vulgaris</i>	-	3
<i>Silybum marianum</i>	(-) 3	-

2.4. Analyses statistiques

Nous avons analysé les données à l'aide de modèles de régression linéaire et d'analyses multivariées. Les variables réponses dont nous cherchons à expliquer les variations sont :

- La **richesse spécifique (S)**, autrement dit le nombre d'espèces observés par quadrat
- La **richesse fonctionnelle florale (FRic)** : cet indicateur se base sur les 6 traits floraux et exprime la variabilité des valeurs de traits. Ainsi une bordure avec une richesse fonctionnelle florale élevée signifie qu'il y a des espèces qui fleurissent à différentes dates, avec des morphologies et des couleurs différentes. On peut faire l'hypothèse que cette variabilité reflète la diversité des niches écologiques pour les pollinisateurs et favorise donc une plus grande diversité d'espèces de pollinisateurs.

- L'abondance **relative d'espèces entomogames** : pour cet indicateur, nous avons regroupé les espèces entomogames strictes et facultatives et nous avons calculé leur abondance relative (0-100%) à l'échelle de la communauté (**CWM entomogames**) On peut faire l'hypothèse que des valeurs élevées de cet indicateur soit corrélée à une ressource abondante en pollen et favorise une abondance de pollinisateurs.
- La **moyenne du score de nuisibilité** pondérée par l'abondance des espèces (**CWM Nuisibilité**).

Nous avons développé des modèles de régression linéaire (mixte) permettant d'analyser simultanément l'effet de l'ensemble des variables explicatives.

Sept variables explicatives ont été retenus. La **région** (ou vignoble) qui distingue les six appellations. Cette variable intègre l'effet de nombreux facteurs que nous n'avons pas pu mesurer comme les conditions climatiques, pédologiques ou de conduite de la vigne. L'**état de la bordure** correspond à l'aspect de la bordure décrit *a priori* en distinguant des bordures d'aspect dénudé (« nues ») et des bordures d'aspect bien enherbé (« enherbées »). La localisation de la bordure distingue les bordures latérales et les tournières. Les pratiques agricoles ont été résumées par deux variables. Le **mode de production** distinguant agriculture biologique et agriculture conventionnelle. Le mode de production a été indiqué par l'agent de la fédération départementale ou le viticulteur lorsque nous l'avons rencontré et complété si besoin par les informations du site de l'Agence Bio (<https://www.agencebio.org/vos-outils/cartobio/>). Ces deux modes diffèrent par l'utilisation ou non de pesticides de synthèse et de fertilisants organiques versus minéraux. Afin d'aller plus loin, nous avons également assigné à chaque parcelle un **mode de gestion** de la végétation sur les rangs et les inter-rangs. Dès lors que le rang était désherbé chimiquement (quel que soit la gestion de l'inter-rang), la parcelle est catégorisée « Chimique ». Pour les parcelles restantes, celles entièrement travaillées (rang et inter-rang) ont été classées en « Travail » et les autres, au moins enherbées un rang sur deux (la plupart du temps sur tous les inter-rangs) ont été classées en « Enherbement ». Nous avons également pris en compte la largeur de la bordure (en m) et la nature de l'habitat voisin (pour lequel nous avons distingué : bosquet, haie, chemin, talus, fossé, friche et prairie permanente).

Ces sept variable sont été considérés comme des effets fixes. Nous avons pris en compte l'identité du bloc emboîté dans l'identité de la parcelle comme effet aléatoire (cela permet de prendre en compte que les 5 quadrats d'un même bloc ne sont pas totalement indépendant, de même que les 10 quadrats d'une parcelle). La normalité des résidus a été vérifiée avec un test de Shapiro et l'homogénéité des variances avec un test de Bartlett. La significativité des effets fixes a été testée par une analyse de variance de type III grâce à la fonction anova du package [lmerTest]. Lorsque l'effet d'un facteur était significatif, les moyennes ont été comparées par un test posthoc de Tukey à l'aide de la fonction glht du package [multcomp].

Afin d'avoir une vision globale des corrélations entre variables explicatives et variables de réponses nous avons également réalisé une analyse Hill and Smith (équivalent d'une ACP mais pour un tableau avec des variables à la fois quantitatives et qualitatives) avec la fonction FMDA du package [FactoMineR]. Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel R.

3. Résultats préliminaires

3.1. Diversité taxonomique des bordures

Sur les 20 bordures échantillonnées, nous avons identifié 251 taxons. Quinze espèces ont été observées dans plus de la moitié des bordures : *Veronica arvensis* (80%), *Convolvulus arvensis* (75%), *Medicago polymorpha* (70%), *Plantago lanceolata* (65%), *Geranium dissectum* (60%), *Crepis sancta* (60%), *Sonchus oleraceus* (60%), *Cerastium glomeratum* (55%), *Senecio vulgaris* (55%), *Cynodon*

dactylon (55%), *Veronica persica*, *Lolium rigidum*, *Crepis vesicaria* subsp *taraxacifolia*, *Potentilla reptans*, *Dactylis glomerata* (50%). Les espèces les plus abondantes sont *Medicago polymorpha* (en moyenne dans 7.9 sur 10), *Vulpia bromoides* (7.8), *Diplotaxis eruroides* (7.6) et *Geranium dissectum* (7.1).

On notera aussi la présence de quelques espèces patrimoniales (**Figure 3**), comme certaines messicoles (*Buglossoides arvensis*, *Fumaria densiflora* et *Platycapnos spicata* (ce dernier hors des quadrats suivis) dans le vignoble des Costières de Nîmes, *Lathyrus nissolia* dans le vignoble de Madiran, *Papaver hybridum* dans les Corbières ou encore *Sison segetum* dans le vignoble de Cahors)



Figure 3. A gauche : *Papaver hybridum* dans la bordure de la parcelle Aude_P4 (Corbières) ; à droite *Lathyrus nissolia* dans la bordure de la parcelle HP_P2 (Madiran).

Le nombre d'espèces par bordure (cumul des 10 quadrats) variait de 21 (Gard_P3, une bordure nue dans les Costières de Nîmes) à 64 (Lot_P1, une bordure enherbée bio de l'appellation Cahors) avec une moyenne de 41,5 espèces. Cela représente un niveau de diversité plus élevé que dans les bordures du réseau 500 ENI de l'ex-Languedoc-Roussillon échantillonnées en 2017 (Fried et al., 2022) où la moyenne s'élevait à 31,5 espèces par bordure. A l'échelle des quadrats de 1m², la richesse spécifique variait de 5 (toujours dans la parcelle Gard_P3) à 34 (dans la parcelle Lot_P1) avec une moyenne de 16.8. Là encore ce niveau de diversité est plus élevé que sur le réseau 500 ENI où la moyenne sur 1m² est de 11.8 espèces (min :3, max :24) (Fried et al., 2022).

3.2. Variations de la diversité taxonomique, de la diversité fonctionnelle florale et de la nuisibilité en fonction des pratiques et du paysage

Les modèles montrent que la diversité floristique (S), le potentiel de service de pollinisation (FRic et CWM Entomogames) et le potentiel de disservice (CWM Nuisibilité) varient tous en fonction de du vignoble considéré (**Tableaux 4 et 5**). Le vignoble de Cahors se distingue par une richesse taxonomique (21.5 en moyenne, min : 14,max : 34) et une richesse fonctionnelle florale plus élevées que dans les autres vignobles (exception faite du vignoble de Madiran qui ne diffère pas significativement en matière de richesse taxonomique et fonctionnelle, et de vignoble des Costières qui ne diffère pas pour la richesse fonctionnelle) (**Figure 4**).

Les bordures présentant la plus grande abondance relative de plantes entomogames se trouvent dans les vignobles méditerranéens (Corbières, Costières) et dans le vignoble de Cahors (**Figure 4**).

Tableau 4. Réponses des indices de diversité taxonomique et fonctionnelle selon les modèles de régression.

Variables	dl	Richesse taxonomique (S)		Richesse fonctionnelle (FRic) florale		
		F-value	P-value	F-value	P-value	
Région	5	5,03	0,003 **	4,04	0,009 **	
Etat de la bordure	1	0,31	0,580	1,15	0,292	
Localisation bordure	1	4,50	0,045 *	12,29	0,002 **	
Mode de production (AB/AC)	1	1,19	0,287	2,22	0,150	
Mode de gestion	2	2,90	0,076 .	3,93	0,034 *	
Largeur de la bordure	1	0,22	0,641	0,41	0,529	
Habitat voisin	6	2,35	0,065 .	6,93	<0,001 ***	

L'abondance relative d'espèces entomogames est plus faible dans les vignobles du Sud-Ouest, notamment dans le Madiran et l'Armagnac. L'abondance relative d'adventices considérées comme nuisibles est plus élevée (mais aussi très variables) dans les vignobles méditerranéens ainsi que dans les vignobles de Cahors et de Gaillac tandis qu'elle est faible dans les vignobles de Madiran et d'Armagnac (Tableau 5, Figure 4).

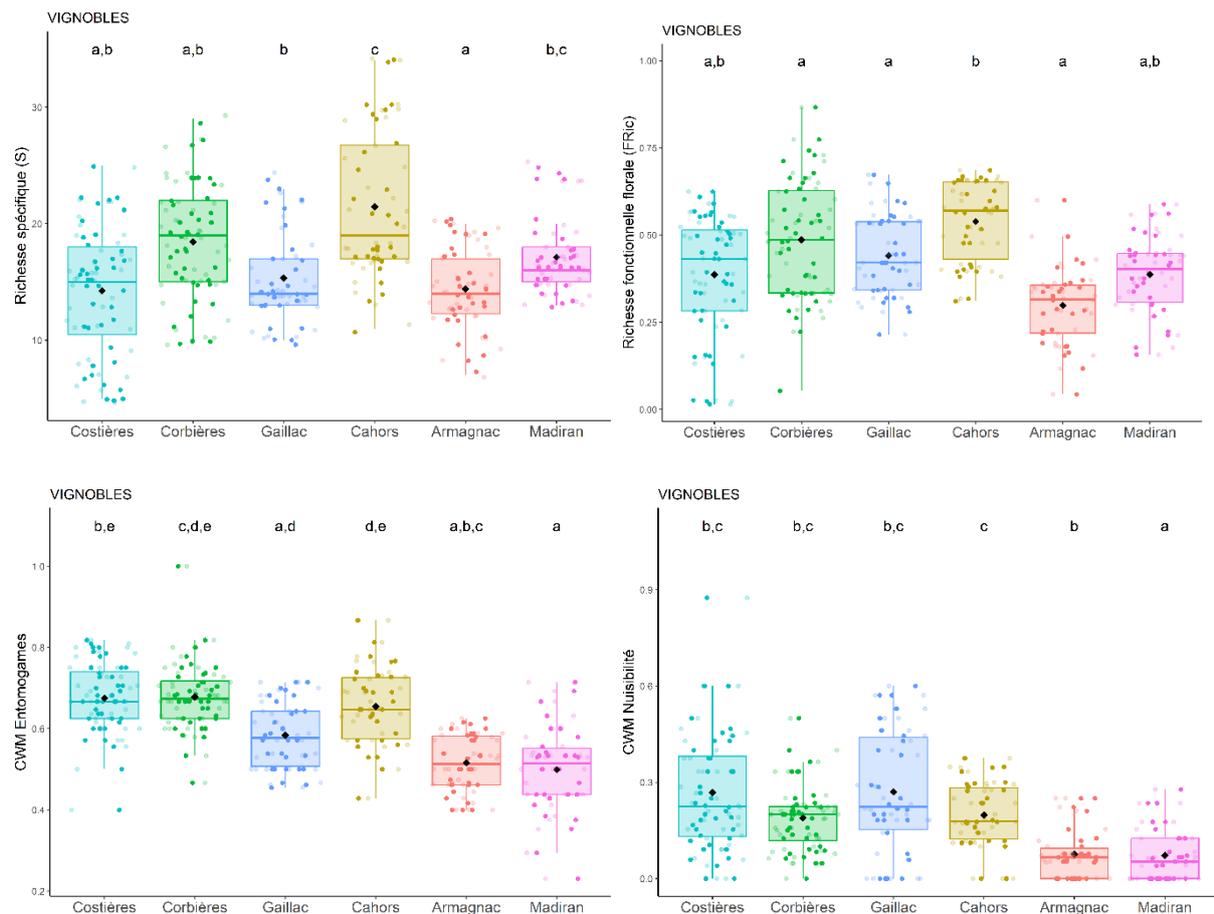


Figure 4. Variations de la richesse taxonomique (S), de la richesse fonctionnelle florale (FRic), de l'abondance relative d'espèces entomogames (CWM Entomogames) et de la nuisibilité en fonction des vignobles.

Le **type de bordure (nue versus enherbée)** n'influe pas sur la diversité taxonomique ni sur le potentiel de service de pollinisation (**Tableaux 4 & 5**). En revanche, **les bordures nues favorisent très clairement la présence d'adventices considérées comme nuisibles (Figure 5)**.

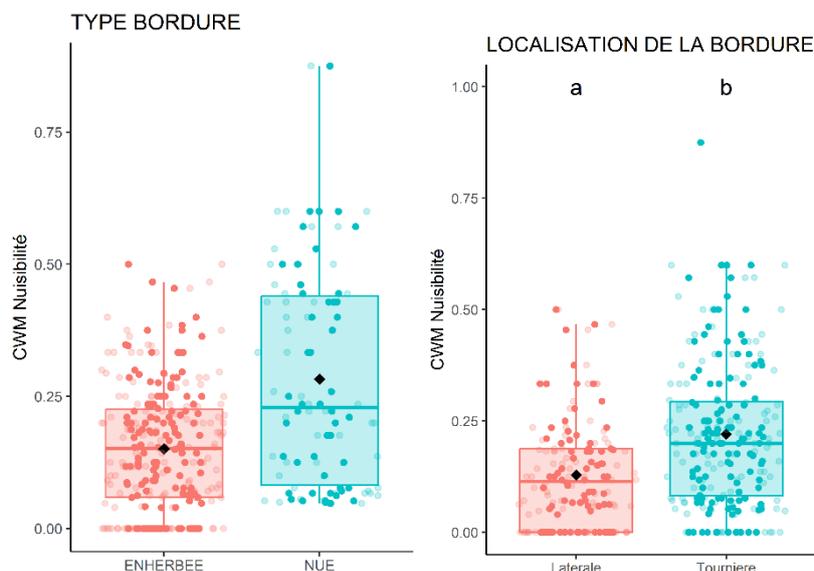


Figure 5. CWM de la nuisibilité des adventices en fonction du type et de la localisation de la bordure.

Cela explique aussi les différences observées selon le **type de bordure (bordure de type « tournière » ou bordure latérale)**. Par rapport aux tournières, les bordures latérales sont plus diversifiées taxonomiquement, ont une plus grande richesse fonctionnelle florale et une moindre abondance d'adventices nuisibles (**Figure 5**).

Tableau 5. Réponses des indices de diversité taxonomique et fonctionnelle selon les modèles de régression

Variables	dl	CWM Entomogames			CWM Nuisibilité		
		F-value	P-value		F-value	P-value	
Région	5	8,90	<0,001	***	23,31	<0,001	***
Etat de la bordure	1	0,02	0,898		37,08	0,000	***
Localisation bordure	1	2,40	0,135		4,36	0,049	*
Mode de production (AB/AC)	1	0,54	0,470		1,74	0,201	
Mode de gestion	2	6,46	0,006	**	1,56	0,234	
Largeur de la bordure	1	6,41	0,019	*	0,05	0,828	
Habitat voisin	6	2,29	0,072	.	6,61	<0,001	***

Aucun effet du **mode de production (biologique versus conventionnel)** n'a été détecté sur les quatre variables de réponse. Indépendamment du mode de production, c'est plutôt le **mode de gestion** principal de l'inter-rang qui montre des effets jusque sur la flore des bords de vignes. Les vignes enherbées (gérées par tonte sur l'inter-rang, tonte ou travail sur le rang) ont des bordures à richesse fonctionnelle florale plus importante que les bordures de vignes où un désherbage chimique est réalisé sur le rang. Les bordures de vignes travaillées ont une richesse fonctionnelle intermédiaire (**Figure 6**). Concernant l'abondance relative d'espèces entomogames, le modèle indique un effet significatif du mode de gestion mais les comparaisons deux à deux (test de comparaison post-hoc) ne montrent pas de différences statistiques selon les modalités, avec toutefois une tendance vers une abondance

d'espèces entomogames plus élevées dans les bordures de vignes en travail et en enherbement comparé aux bordures de vignes avec désherbage chimique.

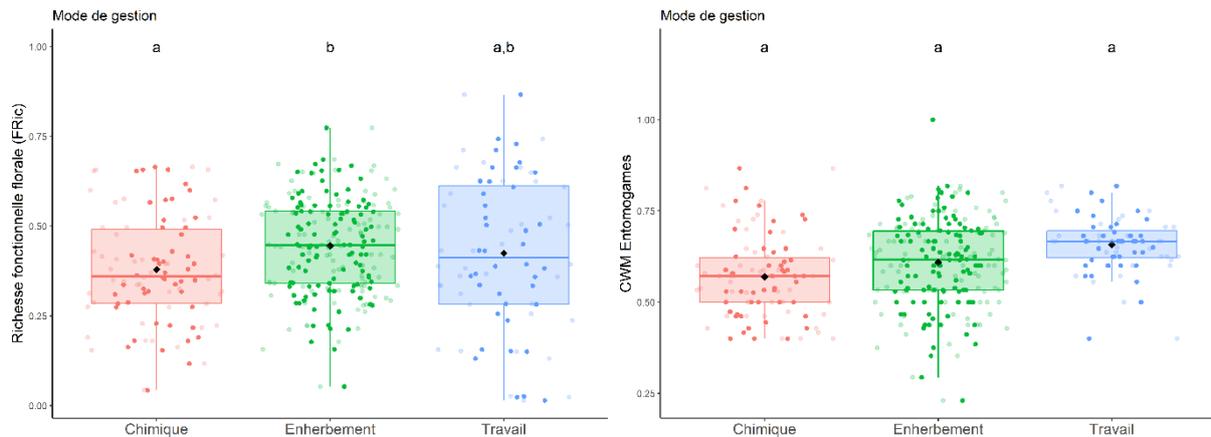


Figure 6. Estimation du service potentielle de pollinisation à travers la richesse fonctionnelle florale et le CWM des espèces entomogames en fonction du mode de gestion.

La largeur de la bordure n'a pas d'influence sur la richesse taxonomique ou fonctionnelle mais influe négativement sur l'abondance relative d'espèces entomogames (t -value = -2.532, $P=0.019$). Enfin, le paysage a une influence sur la richesse fonctionnelle florale (Tableau 4) et l'abondance relative d'adventices nuisibles (Tableau 5). La richesse fonctionnelle florale est plus élevée lorsque la bordure est voisine d'une friche par rapport à d'autres éléments du paysage. Une bordure voisine d'un chemin est également fonctionnellement plus riche qu'une bordure voisine d'une haie. Les autres différences ne sont pas significatives (Figure 7). L'abondance relative d'adventices considérées comme nuisibles est plus élevée dans les bordures voisines de haies comparées aux bordures voisines de chemin, de friche ou de prairie. Il y a également plus d'adventices nuisibles dans les bordures voisines de talus et de fossé que dans les bordures voisines de prairie.

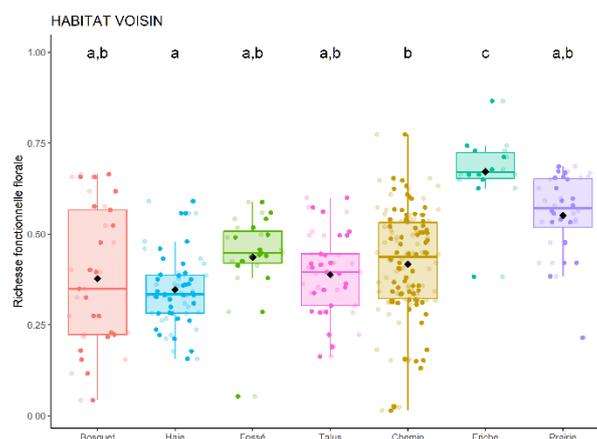


Figure 7. Richesse fonctionnelle florale en fonction de l'habitat voisin de la bordure

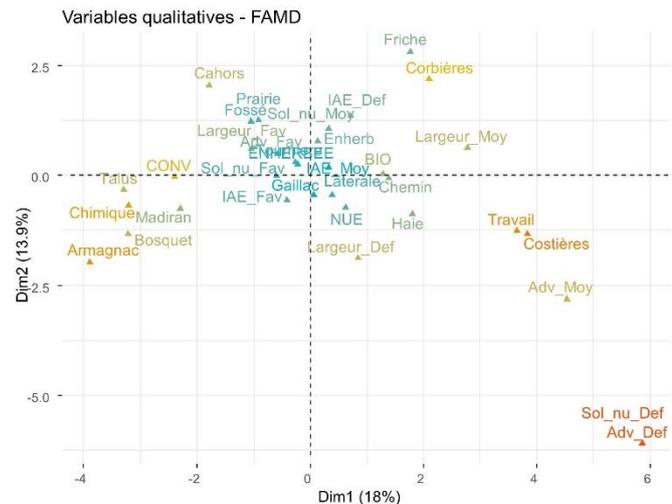
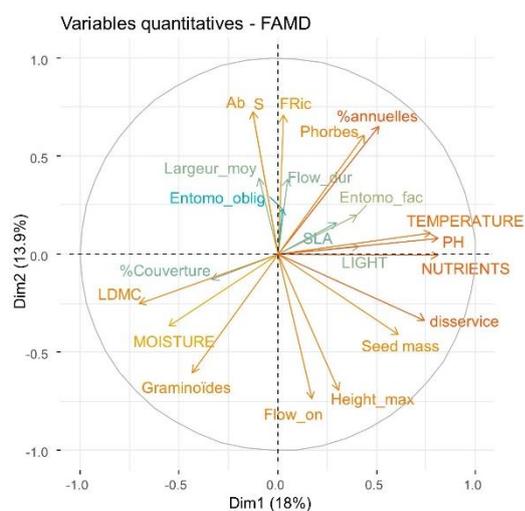
3.3. Analyses multivariées

L'analyse multivariée Hill & Smith permet d'avoir une vision globale de l'ensemble des variables et de leur corrélation. L'axe 1 (horizontale, qui explique 18% des variations) oppose les vignobles méditerranéens (coordonnées positives, à droite) et les vignobles du Sud-Ouest (Armagnac et Madiran, coordonnées négatives, à gauche) avec les vignobles de Cahors et de Gaillac au milieu. Les vignobles méditerranéens sont associés à une flore thermophile, poussant sur des sols à pH basique et riches en

nutriments. Le mode de production est principalement biologique et la gestion se fait surtout par travail du sol en particulier dans les Costières de Nîmes. Cela explique aussi que ce vignoble présente un niveau de disservice potentiel plus élevé (ainsi qu'un état moyen ou défavorable pour l'indicateur « rudérales/adventices »). Cela est cohérent aussi avec les traits LDMC (teneur en matière sèche des feuilles) et dans une moindre mesure SLA (surface spécifique foliaire), qui présentent respectivement des valeurs faibles et élevées dans ces vignobles, ce qui indique des espèces à stratégie d'acquisition rapide des ressources (stratégie rudérale).

A l'opposé, les vignobles de Madiran et d'Armagnac sont composés d'espèces préférant des sols moins secs, à stratégie conservative (LDMC élevé et SLA faible), avec un pourcentage de couverture plus élevé. Ce côté du gradient est caractérisé par des vignobles conventionnels avec un désherbage chimique sur le rang mais des inter-rangs souvent enherbés (au moins un inter-rang sur deux).

L'axe 2 (verticale) explique 14% des variations et distingue du côté positif (haut du graphique) les bordures diversifiées (taxonomiquement et fonctionnellement) avec des espèces annuelles, dicotylédones, de petites tailles et à floraison précoce (coordonnées positives) et du côté négatif (bas du graphique), les bordures peu diversifiées avec des espèces pérennes, de type graminoides (graminées, laiches), plus compétitives, de plus grand taille, à floraison plus tardive et à masse de graines plus élevée. Les vignobles de Cahors et des Corbières se trouvent du côté positif (bordures diversifiées) tandis que les vignobles de l'Armagnac et des Costières se trouvent plutôt du côté négatif (bordures plus pauvres).



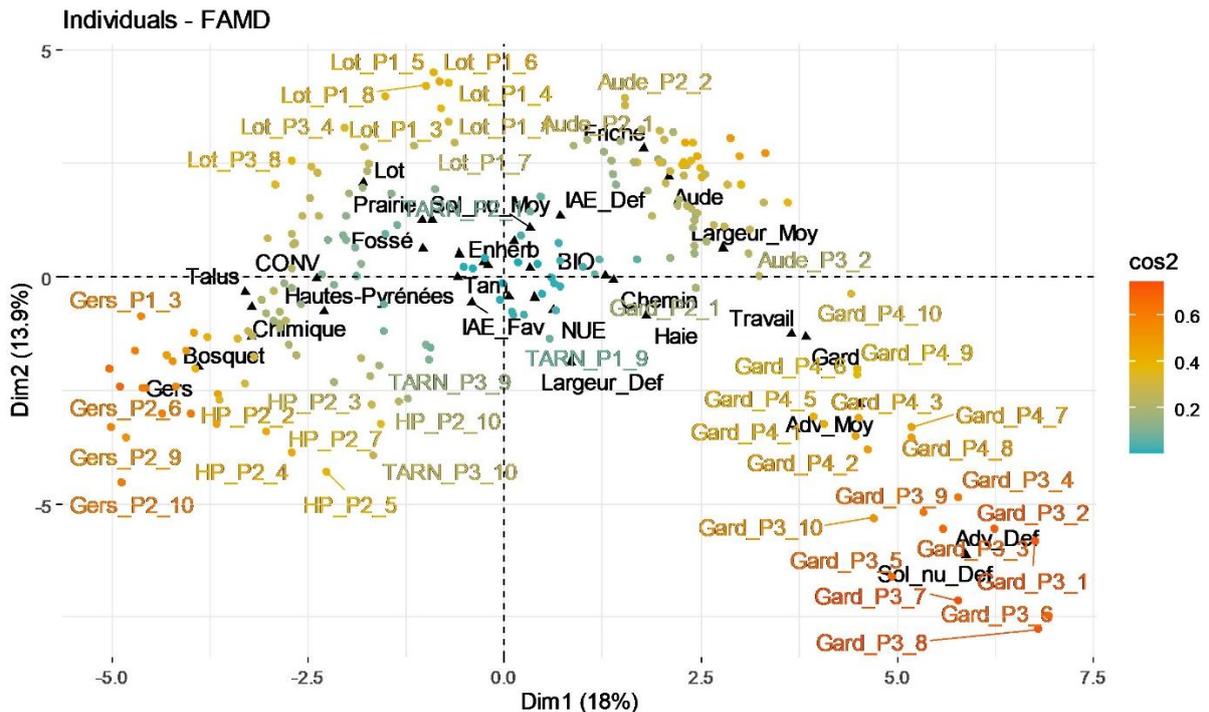


Figure 8. Ordination des quadrats en fonction de l'ensemble des variables explicatives et des variables de réponses. En haut à gauche, le cercle de corrélation ds variables quantitatives, en haut à droite la position des modalités des variables qualitatives et en bas la position des 200 quadrats identifiables par leur identifiant de parcelle.

4. Discussion et perspectives

4.1. Discussion des principaux résultats

Les résultats montrent que la végétation des bords de vignes diffère nettement entre les vignobles méditerranéens et les vignobles du Sud-Ouest. Cette différence était attendue du fait d'un pool d'espèces régionales différent (Fried et al. 2022), mais il est ici accentué par des modes de production et de gestion qui sont en partie corrélés aux vignobles, avec plus d'agriculture biologique et de travail du sol dans les vignobles méditerranéens. Il est intéressant de noter la position intermédiaire des vignobles de Cahors et de Gaillac, qui ont plus d'affinités (sub)méditerranéennes que les vignobles plus au sud-ouest.

Contrairement à un attendu généralement observé (Bengtsson et al. 2005; Tuck et al. 2014), nous n'avons pas mis en évidence une plus grande diversité dans les bordures de parcelles biologiques par rapport aux bordures de parcelles conventionnelles. Il est cependant connu que les bénéfices de l'agriculture biologique sont plus marqués pour la flore dans les parcelles qu'en bordure de parcelles (Stein-Bachinger et al. 2021). Dans le cas particulier de la vigne, c'est plutôt le mode de gestion (travail du sol, désherbage chimique ou tonte) qui détermine le niveau de diversité végétale (Bopp et al. 2022). En effet le travail du sol (en agriculture biologique) et le désherbage chimique (en agriculture conventionnelle) ont un effet négatif comparés à la tonte (qui existe dans les deux modes de production). A ce titre nos résultats sont cohérents, avec un meilleur niveau de service potentiel dans les bordures de vignes où l'inter-rang est enherbé. L'enherbement de l'inter-rang joue le même rôle qu'un habitat prairial voisin dans le paysage, avec un rôle d'habitat source pour la (re)colonisation des bordures en espèces prairiales. L'habitat voisin joue d'ailleurs aussi un rôle avec par exemple une plus grande richesse fonctionnelle florale au voisinage de milieu herbacée (friche, prairie) qui peuvent être

considérée comme des habitats sources avec des espèces équivalentes aux bords de vignes, ce qui n'est pas le cas bosquets et des haies. L'effet du mode de gestion dans la parcelle sur la flore des bords de vignes peut aussi être lié à l'extension de ce mode de gestion jusque dans la bordure (en particulier pour les tournières) avec un labour qui déborde de la parcelle ou une pulvérisation d'herbicides qui n'est pas stoppée lors du retournement du tracteur. Cela explique l'effet négatif généralement trouvé entre l'IFT herbicides et la diversité de la flore des bords de champs (Fried et al., 2018).

Un résultat intéressant est qu'il n'y a pas de compromis entre disservice et service de pollinisation : on peut observer des bordures avec à la fois peu d'adventices nuisibles et un bon niveau de service de pollinisation. Plus précisément, la **Figure 9** montre une tendance négative entre la richesse fonctionnelle florale (FRic) et le potentiel de nuisibilité (disser) de la flore (r de Pearson=-0,14, $P=0.053$). On voit que les bordures nues, en particulier des parcelles travaillées, favorisent des niveaux élevés de disservice et en même temps une richesse fonctionnelle florale faible (en bas à droite). Les bordures enherbées (avec une moindre importance de la gestion intra-parcellaire) ont tendance à limiter les disservices et augmenter la richesse fonctionnelle florale (en haut à gauche).

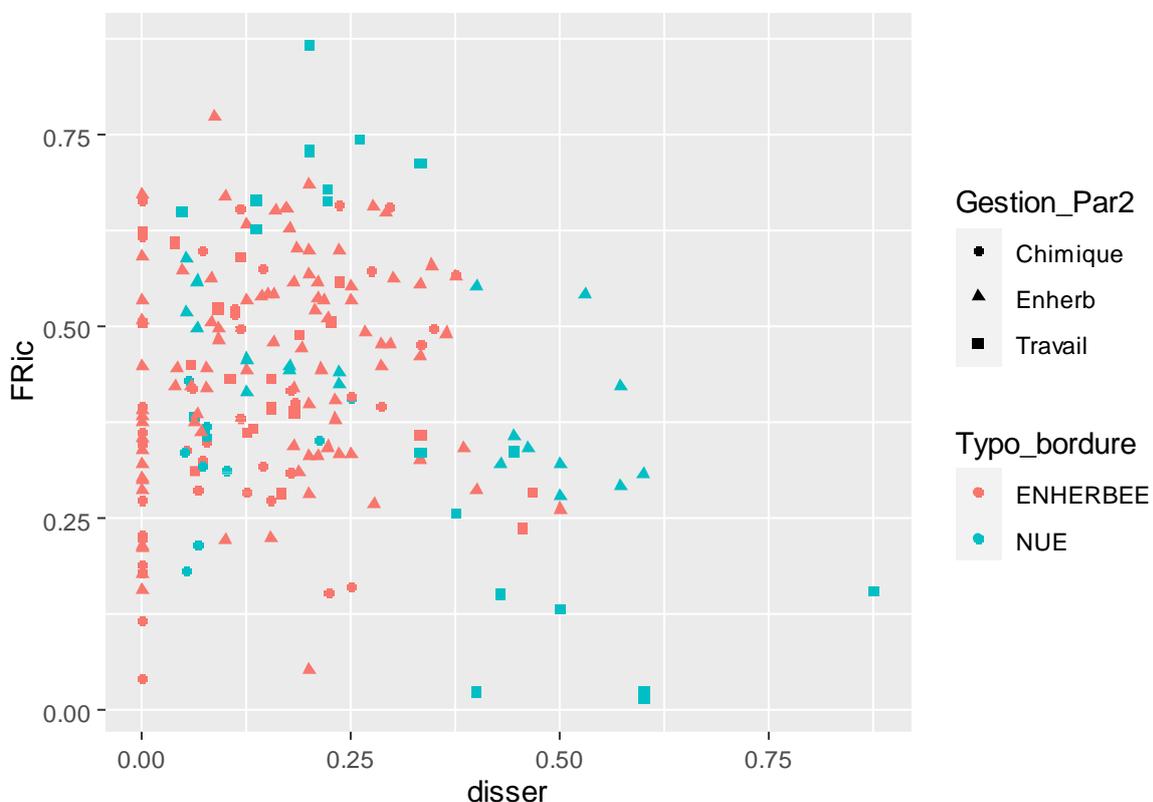


Figure 9. Relation entre le niveau potentiel de disservice (disser) et le niveau potentiel de service de pollinisation (FRic). La couleur distingue les bordures nues (bleu) et enherbées (rouge) et la forme distingue le mode de gestion intra-parcellaire.

En revanche, nos résultats montrent une opposition entre bordures stables (dominées par des graminées pérennes) et bordures dominées par des espèces annuelles. Les premières, plutôt observées dans les vignobles de Madiran et d'Armagnac sont probablement plus favorables à la faune et aux oiseaux qui utilisent la bordure pour nicher car c'est un habitat plus stable dans le temps. De plus ces bordures présentent aussi régulièrement des bosquets à proximité. Les bordures plus riches en espèces dicotylédones annuelles (plutôt observées dans les Corbières et les Costières) sont plus favorables à l'entomofaune (service de pollinisation) et peuvent constituer un habitat temporaire pour

les oiseaux mais ce type de bordure est dominé par une flore qui dessèche et disparaît presque complètement en été. Dans ce cas, l'enherbement n'est que temporaire, même si la couverture végétale peut être importante de l'automne au printemps.

Le travail réalisé dans le cadre du pré-projet BIODIVIN confirme donc l'intérêt des bordures enherbées, qui présente moins d'adventices nuisibles que les bordures laissées nues. Les bordures latérales (parallèles aux rangs de cultures) présentent également moins d'adventices nuisibles que les bordures de type tournière.

4.2. Limites et perspectives

Il est important de rappeler que les résultats présentés dans ce rapport doivent être considérées comme préliminaires car nous n'avons pu échantillonner que 3 à 4 bordures par vignoble ce qui est insuffisant pour intégrer toute la variabilité des situations et pour avoir suffisamment de puissance statistique pour tester plus de variables et leurs éventuelles interactions (pratiques x paysage). Il faut aussi noter que nous n'avons pas accès aux informations détaillées sur les pratiques des viticulteurs dans leur parcelle et dans les bordures (nombre de passage, outils, export ou non des coupes). Or ces variables sont connues pour être déterminantes (Fried et al., 2018).

Une perspective serait aussi d'aller plus loin dans la caractérisation des services et disservices que nous avons uniquement estimé indirectement (potentiel de service). Les adventices classées comme nuisibles dans les bordures ne sont pas forcément en mesure de coloniser la parcelle. Des relevés sous forme de transects de la bordure à l'intérieur des parcelles permettrait de mieux conclure sur les risques réels. Nous disposons de ce type de données sur d'autres parcelles que celles du réseau BIODIVIN et Héloïse Teboul (stagiaire du projet BIODIVIN) a commencé leur analyse (Teboul, 2023) qui sera à poursuivre. Les premières analyses montrent par exemple que la nuisibilité s'accroît vers l'intérieur des parcelles gérées par désherbage chimique, et par travail du sol dans une moindre mesure, alors que le niveau de nuisibilité reste beaucoup plus faible et stable le long du transect bordure-parcelle pour les inter-rangs gérés par tonte.

La diversité des niches écologiques pour les pollinisateurs (mesuré ici par la richesse fonctionnelle florale) et l'abondance des ressources (mesurées par l'abondance des espèces entomogames) constituent une mesure du potentiel de service de pollinisation. Pour aller plus loin, il faudrait mesurer directement la présence de pollinisateurs. Des perspectives existent en ce sens dans le cadre de la thèse FLAVI qui va démarrer en novembre 2023 sous la co-direction de Guillaume Fried (Anses) et Elena Kazakou (L'Institut Agro Montpellier) et le co-encadrement de Mélodie Olivier (ENSAT).

Concernant l'outil de diagnostic simplifié, il serait possible de l'améliorer. Le critère « diversité du fond prairial » a toujours obtenu le critère maximal (favorable) car toutes les bordures ont une richesse supérieure à 12 même celles dénudées avec a priori un mauvais état écologique. Comme le montre la distribution des valeurs de richesse (**Figure 10**, à l'échelle d'un quadrat de 1m²), un seuil défavorable pour moins de 10 espèces et un seuil favorable à plus de 20 espèces serait plus discriminant. De même, le critère « Espèces exotiques (% de recouvrement) » a toujours eu un critère favorable car le pourcentage de recouvrement d'espèces considérées comme exotiques envahissantes était toujours inférieur à 1%. Les autres critères de l'outil de diagnostic semblaient bien calibrés et variaient de manière cohérente avec les autres variables mesurées.

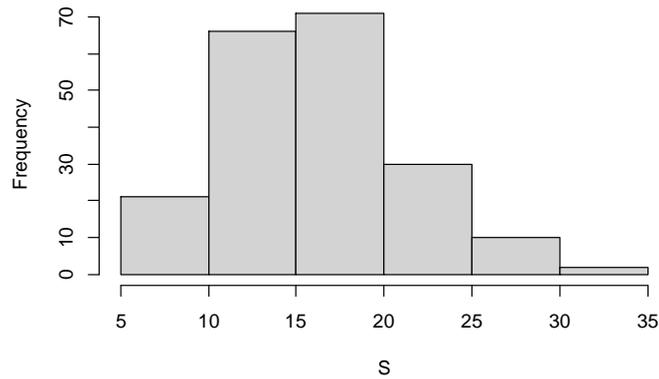


Figure 10. Distribution de la richesse spécifique dans les 200 quadrats de 1 m².

4.3. Conclusion

Les résultats de ce pré-projet BIODIVIN sont cohérents avec les principaux attendus soutenant l'hypothèse générale de l'intérêt des bordures enherbées par rapport aux bordures nues. Nous avons observé une grande diversité floristique dans les bords de vignes étudiés (par rapport au niveau moyen observé en Occitanie), ce qui justifie d'autant plus la nécessité de les préserver et d'en favoriser l'état de conservation.

Il ne semble pas possible de maximiser tous les services potentiels portés par les bordures avec en particulier une opposition entre d'un côté des bordures pérennes dominées par des graminées à proximité d'autres IAE favorables qui pourront soutenir le rôle d'habitat pour les oiseaux et de l'autre côté, des bordures plus riches en espèces entomogames qui pourront favoriser le service de pollinisation. En revanche il est intéressant de noter qu'il est possible de remplir ces deux services tout en minimisant la présence d'adventices nuisibles. Enfin, notons qu'à l'échelle d'une parcelle, ces deux services pourraient être maximisés si chaque type de bordure (latérale versus tournière) porte un service différent.

Un échantillonnage plus important et des données plus précises sur les pratiques permettront d'aller plus loin dans les interprétations et dans l'identification des leviers utiles pour maximiser les services et minimiser les disservices de la flore des bords de champs.

Annexe 1. Liste des parcelles échantillonnées et leurs principales caractéristiques

Commune	Code_Parcelle	Vignoble	Date relevé	Localis.	Mode Prod.	Typo	Gestion R	Gestion IR1	Gestion IR2	Largeur moy	Largeur eval	Paysage	sol_nu	EEE	Adventices	Diversite	IAE_nb
Luc-sur-Orbieu	Aude_P1	Corbières	11/04/2023	Lat	BIO	ENH	Travail	Travail	EnH	3	Moy	Chemin	Fav	Fav	Fav	Fav	Fav
Luc-sur-Orbieu	Aude_P2	Corbières	11/04/2023	Tour	BIO	NUE	Travail	Travail	Travail	3,5	Fav	Friche	Moy	Fav	Fav	Fav	Moy
Luc-sur-Orbieu	Aude_P3	Corbières	25/04/2023	Lat	BIO	ENH	Travail	EnH	Travail	11	Fav	Haie	Moy	Fav	Fav	Fav	Fav
Luc-sur-Orbieu	Aude_P4	Corbières	25/04/2023	Tour	CONV	ENH	EnH	EnH	EnH	6	Moy	Fossé	Moy	Fav	Fav	Fav	Fav
Vestric-et-Candiac	Gard_P1	Costières	30/03/2023	Tour	BIO	ENH	EnH	EnH	EnH	8	Fav	Chemin	Fav	Fav	Fav	Fav	Def
Vestric-et-Candiac	Gard_P2	Costières	30/03/2023	Lat	BIO	ENH	Travail	Travail	Travail	0,9	Def	Chemin	Fav	Fav	Fav	Fav	Def
Vestric-et-Candiac	Gard_P3	Costières	14/04/2023	Tour	BIO	NUE	Travail	Travail	Travail	1,125	Def	Chemin	Def	Fav	Def	Fav	Moy
Vestric-et-Candiac	Gard_P4	Costières	14/04/2023	Lat	BIO	ENH	Travail	Travail	Travail	3,05	Moy	Haie	Fav	Fav	Moy	Fav	Fav
Bouzon-Gellenave	Gers_P1	Armagnac	24/05/2023	Lat	CONV	ENH	Chimique	EnH	EnH	5	Fav	Talus	Fav	Fav	Fav	Fav	Fav
Bouzon-Gellenave	Gers_P2	Armagnac	24/05/2023	Tour	CONV	ENH	Chimique	EnH	Travail	6,5	Fav	Bosquet	Fav	Fav	Fav	Fav	Fav
Bouzon-Gellenave	Gers_P3	Armagnac	24/05/2023	Tour	CONV	NUE	Chimique	EnH	Travail	1,25	Def	Chemin	Moy	Fav	Fav	Fav	Fav
Saint-Lanne	HP_P1	Madiran	23/05/2023	Tour	BIO	ENH	Travail	EnH	EnH	6,5	Fav	Talus	Fav	Fav	Fav	Fav	Moy
Saint-Lanne	HP_P2	Madiran	23/05/2023	Lat	BIO	ENH	Travail	EnH	EnH	1	Def	Haie	Fav	Fav	Fav	Fav	Fav
Saint-Lanne	HP_P3	Madiran	23/05/2023	Tour	CONV	NUE	Travail	EnH	EnH	7	Fav	Fossé	Moy	Fav	Fav	Fav	Moy
Villesèque	Lot_P1	Cahors	19/04/2023	Tour	BIO	ENH	Travail	EnH	EnH	6	Fav	Prairie	Fav	Fav	Fav	Fav	Moy
Villesèque	Lot_P2	Cahors	19/04/2023	Lat	CONV	ENH	Chimique	Travail	EnH	2	Fav	Bosquet	Fav	Fav	Fav	Fav	Fav
Villesèque	Lot_P3	Cahors	19/04/2023	Tour	CONV	ENH	Chimique	EnH	EnH_semis	5,15	Fav	Chemin	Fav	Fav	Fav	Fav	Def
Gaillac	TARN_P1	Gaillac	20/04/2023	Tour	BIO	ENH	Travail	EnH	Travail	2,3	Def	Chemin	Fav	Fav	Fav	Fav	Def
Gaillac	TARN_P2	Gaillac	20/04/2023	Tour	BIO	NUE	Travail	EnH	Travail	4	Fav	Chemin	Moy	Fav	Fav	Fav	Fav
Gaillac	TARN_P3	Gaillax	20/04/2023	Lat	BIO	ENH	Travail	EnH	EnH_semis	1,25	Fav	Prairie	Fav	Fav	Fav	Fav	Fav

Références

- Andrade C, Villers A, Balent G, Bar-Hen A, Chadoeuf J, Cylly D, Cluzeau D, Fried G, Guillocheau S, Pillon O et al. 2021. A real-world implementation of a nationwide, long-term monitoring program to assess the impact of agrochemicals and agricultural practices on biodiversity. *Ecology and Evolution*. 11(9):3771-3793.
- Bengtsson J, Ahnström J, WEIBULL AC. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of applied ecology*. 42(2):261-269.
- Bopp M-C, Kazakou E, Metay A, Fried G. 2022. Relative importance of region, seasonality and weed management practice effects on the functional structure of weed communities in French vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 330:107892.
- Fried G, Villers A, Porcher E. 2018. Assessing non-intended effects of farming practices on field margin vegetation with a functional approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 261, 33-44.
- Fried G, Plantureux C, Caillol P, Hénin S, Leroy C, André N. 2022. La flore des bords de champs en région méditerranéenne : diversité floristique et réponse aux pratiques agricoles. *Carnets Botaniques*. 90:1-16.
- Stein-Bachinger K, Gottwald F, Haub A, Schmidt E. 2021. To what extent does organic farming promote species richness and abundance in temperate climates? A review. *Organic Agriculture*. 11(1):1-12.
- Teboul H. 2023. Evaluation des services écosystémiques et des disservices associés à la flore des bords de champs Caractérisation fonctionnelle de la flore le long de transects bordure - parcelle. Rapport de stage de césure de l'Université d'Angers. Anses, L'Institut Agro Montpellier, 50 p.
- Tuck SL, Winqvist C, Mota F, Ahnström J, Turnbull LA, Bengtsson J. 2014. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of applied ecology*. 51(3):746-755.