

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة – الحراش – الجزائر  
ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE – EL HARRACH- ALGER

# THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Option: Santé Végétale en Milieu Agricole et Forestier

# SUJET

**Statut bio-écologique de la cicadelle verte  
de la vigne: Table de vie et perspectives de  
lutte**

Présenté par : M<sup>lle</sup> SARMOUM Radhia

*Devant le jury :*

*Président: Ms. BENZAHRA A.*

*Professeur E.N.S.A. El Harrach*

*Promoteur: Ms. DJAZOULI Z.E.*

*Professeur Univ. Blida 1*

*Co-promoteur: Ms. BICHE M.*

*Professeur E.N.S.A. El Harrach*

*Examineurs: Ms. BOUNACEUR F.*

*Professeur univ. Tissemsilt*

*Examinatrice: Mm. BENDIFALLAH L.*

*Professeur Univ. Boumerdès*

*Année universitaire: 2019/2020*

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Cadre hiérarchique des processus qui influencent la biodiversité (Willis & Whittaker, 2002).....	14
<b>Tableau 2:</b> Caractéristiques de l'intensification de l'agriculture aux échelles de la parcelle et du paysage (Tscharntke et <i>al.</i> , 2005) .....	15
<b>Tableau 3:</b> Caractéristiques des cépages ayant servi à l'étude de l'entomocénose.....	23
<b>Tableau 4:</b> Estimation des paramètres démographiques.....	33
<b>Tableau 5:</b> Abondance globale de l'entomocénose en fonction des stades végétatifs de la vigne.....	36
<b>Tableau 6:</b> Diversité entomocénose du cépage Cabernet sauvignon.....	43
<b>Tableau 7:</b> Diversité entomocénose du cépage Syrah.....	45
<b>Tableau 8:</b> Statut écologique de l'entomocénose fonctionnel du cépage Cabernet sauvignon.....	50
<b>Tableau 9:</b> Statut écologique de l'entomocénose fonctionnelle du cépage Syrah.....	52
<b>Tableau 10:</b> Amplitude d'habitat des groupes fonctionnels de l'entomocénose du cépage cabernet sauvignon.....	58
<b>Tableau 11:</b> Amplitude d'habitat des groupes fonctionnels de l'entomocénose du cépage Syrah.....	61
<b>Tableau 12:</b> Comparaisons des pentes dans les différents assemblages en fonction des stades phénologique de Cabernet sauvignon.....	63
<b>Tableau 13:</b> Comparaisons des pentes dans les différents assemblages en fonction des stades phénologique de Syrah.....	63
<b>Tableau 14:</b> Ordre d'arrivée écologique des Auchenorrhyncha sur le cépage Cabernet sauvignon .....	68
<b>Tableau 15:</b> Ordre d'arrivée écologique des Auchenorrhyncha sur le cépage Syrah.....	68
<b>Tableau 16:</b> Caractérisation des huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i> par GC/MS.....	72
<b>Tableau 17:</b> Variation temporelle des populations larvaires résiduelles de <i>Jacobiasca lybica</i> .....	74
<b>Tableau 18:</b> Paramètres démographiques de la cicadelle verte de la vigne <i>Jacobiasca lybica</i> sous l'effet des bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i> obtenues par trois conduites.....	75

# Listes des figures

<b>Figure 1:</b> Superficie de vigne et destinations de la production de raisins (OIV, 2017).....	4
<b>Figure 2:</b> Cycle de la vigne (Reynier, 2016).....	6
<b>Figure 3:</b> Schéma des quatre principales composantes expliquant la diversité des arthropodes tropicaux (Lewinsohn et Roslin, 2008).....	12
<b>Figure 4:</b> Schéma conceptuel présentant les effets des facteurs du milieu sur la composition des communautés (Woodward & Diament, 1991; Keddy, 1992).....	16
<b>Figure 5:</b> Limite géographique de la Mitidja (Mutin, 1977).....	21
<b>Figure 6:</b> Présentation de la station d'étude ferme BELALIA (Ahmar El Ain-Tipasa).....	23
<b>Figure 7:</b> Diagramme ombrothermique de Bangnoulis et Gaussens de la station d'étude établi sur une période de 10 ans (2006-2016).....	24
<b>Figure 8:</b> Piège jaune englué installé un fil de palissage (photo originale).....	25
<b>Figure 9:</b> Stades phénologiques repères de la vigne selon Baggiolini (en lettres) et selon la classification internationale (BBCH). (Photo d'Alain REYNIER).....	26
<b>Figure 10:</b> Montage d'identification de quelques espèces inventoriées.....	28
<b>Figure 11:</b> Disponibilité globale des espèces folivores selon la phénologie.....	37
<b>Figure 12:</b> Taux et stabilité écologique des groupes fonctionnels.....	39
<b>Figure 13:</b> Structuration trophiques selon l'indice phénologique des cépages.....	40
<b>Figure 14:</b> Projection des principaux groupes fonctionnels sur les deux axes de la DCA...	41
<b>Figure 15:</b> Gradient de pool d'espèce selon l'indice phénologique par cépage.....	42
<b>Figure 16:</b> Estimation de la richesse spécifique.....	43
<b>Figure 17:</b> Disponibilité des groupes fonctionnels selon l'indice phénologique.....	49
<b>Figure 18:</b> Diagramme Detrended Correspondence Analysis (DCA) montrant la relation du stade phénologique avec la richesse spécifiques des groupes fonctionnels.....	56
<b>Figure 19:</b> Ajustement du complexe entomologique fonctionnel a la série géométrique de Motomura rang et logarithmes des abondances d'espèces.....	65
<b>Figure 20:</b> Comparaison de la disponibilité globale des familles des Auchenorrhyncha selon les cépages.....	67
<b>Figure 21:</b> Classification Hiérarchique Ascendante des familles des Auchenorrhyncha selon l'indice phénologique des cépages.....	69
<b>Figure 22:</b> Projection des familles des Auchenorrhyncha sur les deux axes de la DCA.....	70

<b>Figure 23:</b> Variation des rendements en huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i> selon les conduites.....	71
<b>Figure 24:</b> Variation de la toxicité des bioproduits sur les populations larvaires résiduelles de <i>Jacobiasca lybica</i> .....	74
<b>Figure 25:</b> Dendrogramme des trois conduites phytosanitaires de <i>Jacobiasca lybica</i> selon ses paramètres démographiques mesurés.....	77

## LISTE DES ABREVIATIONS

IRR : Conduite en irriguee avec leau courante

IRS : Conduite en irrigue avec une solution saline

NIR : Conduite sans irrigation

FET: Feuilles étalées

BFL: Bourgeons floraux

FL: Floraison

NO: Nouaison

FGR: Fermeture de la grappe

MAT: Maturation,

REC: Récolte

AH: Amplitude d'habitat

*g* : Barycentre

P.R.: Populations résiduelles

C.V.: Coefficient de variance

DCA: Analyse detrended correspondance

CI: Les consommateurs primaires

CII: Les consommateurs secondaires

CIII: Consommateurs tertiaires

SUC: Successeurs

TRO: Trophobiantes

## Résumé

Au vu des pertes importantes engendrées par la cicadelle verte sur les vignobles, non seulement au niveau mondial mais aussi au niveau des vignobles algériens spécifiquement, afin de traiter la situation de près ; nous avons réalisé une étude sur deux variétés de vigne de cuve, celle de syrah et de cabernet sauvignon non entretenue dans la Mitidja occidentale.

Au cours de ce travail nous avons commencé par l'étude de l'entomofaune générale des deux cépages, qui fait sortir 4622 individus ont été échantillonnés au niveau du cépage Cabernet sauvignon dont 767 individus de cicadelle verte et 4552 individus au niveau de cépage Syrah, dont 1523 individus de cicadelle verte. Cette disponibilité a mis en évidence la complexité de distribution des espèces en fonction des stades végétatifs mettant ainsi en évidence l'abondance relative et la complexité des groupes fonctionnels que fréquentent le milieu viticole.

Les résultats de la disponibilité faunistique sont répartis en 3 classes à savoir : Insecta, Arachnida et Collembola. La classe des Insecta est présentée par 12 ordres répartis en 51 familles pour le cépage Cabernet sauvignon et par 7 ordres répartis en 42 familles pour le cépage Syrah. Concernant le cépage Cabernet sauvignon l'assemblage des stades végétatifs FET, BFL, FL, NO, FGR, MAT et REC fait ressortir la dominance des consommateurs secondaires et avec un taux de 73,93% le long du cycle végétatif, alors que les consommateurs primaires affichent un taux de l'ordre de 24,09%. De même, l'assemblage des stades végétatifs BFL, FL, NO, FGR, MAT et REC chez le cépage Syrah, fait ressortir la dominance d'une activité d'auxiliaire (des consommateurs secondaires et tertiaires) avec un taux de 76,28%, tandis que les consommateurs primaires affichent un taux de l'ordre de 23,72%.

Ces résultats ont permis d'avoir une idée plus précise des espèces auxiliaires présentes dans les vergers de vignobles en Mitidja occidentale et de l'évolution de leurs effectifs au cours de l'année. Il serait judicieux d'augmenter au moins quantitativement ces auxiliaires (par exemple par la création de lieux de refuge) afin de programmer une lutte biologique ou une lutte raisonnée plus performante. Cette étude a fait ressortir en parallèle que les traitements chimiques utilisés dans les vergers de vignobles pourraient avoir des conséquences sur les populations d'insectes

Dans d'autre part de ce travail nous avons étudié et évalué une méthode de lutte biologique basé sur l'utilisation des huiles essentielles. Nous avons décrit la composition chimique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* issues de différents régimes de stress. Le premier rapport sur la production et la composition chimique des huiles essentielles montre une différence quantitative en termes de rendement et une variabilité chimique considérable exprimant l'effet de la conduite culturale sur la synthèse des huiles essentielles en conditions de stress salin et hydrique. Les résultats d'analyse font ressortir une richesse en composés au profit de l'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau courante (14 molécules), par rapport à l'huile essentielle du Romarin non irriguée (11 molécules) et à l'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau saline (10 molécules).

L'activité insecticide des huiles essentielles formulées a été évaluée par rapport aux populations résiduelles d'une part et par rapport aux paramètres démographiques de *Jacobiasca lybica* d'autre part. Les analyses biologiques ont révélé que les bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *R. officinalis* issues des conduites irriguées à l'eau courante (IRR) et à l'eau saline (IRS) montrent clairement une toxicité avérée et une très fortes perturbation de la structure populationnelle de *Jacobiasca lybica*, par rapport au bioproduit issu de la conduite non irrigué (NIR) qui exerce une faible toxicité.

Les mélanges d'huiles essentielles peuvent être appréhendés pour réaliser des tests insecticides et antifongiques et être donc une des moyens alternatifs. Globalement, il faut considérer ces tests comme un screening exploratoire permettant de sélectionner des produits aux consommateurs de plus en plus soucieux de leur santé et de l'environnement.

**Les mots clés :** *Jacobiasca lybica*, cabernet sauvignon, syrah, *Rosmarinus officinalis* Mitidja

## Abstract

The relationships between the states of vegetative development of the vine and the availability of fauna are complex and poorly documented in the literature. The growth state of the plant can act directly or indirectly on the biocenotic structure and this work has sought to study and describe these relationships. To do this, an experimental device was installed on two varieties of vines, Syrah and Cabernet Sauvignon not maintained in western Mitidja. The hypothesis that the functional entomological complex is positively correlated with the growth states of the vine has been verified. 4622 individuals were sampled for the Cabernet sauvignon grape variety, including 767 green leafhopper individuals and 4552 individuals for the Syrah grape variety, including 1523 green leafhopper individuals. This availability highlighted the complexity of the distribution of species according to the vegetative stages, thus highlighting the relative abundance and complexity of the functional groups that frequent the wine environment. The Insecta class is presented by 12 orders divided into 51 families for the Cabernet sauvignon grape and by 7 orders divided into 42 families for the Syrah grape. Regarding the Cabernet sauvignon grape variety, the blend of the vegetative stages FET, BFL, FL, NO, FGR, MAT and REC shows the dominance of secondary consumers and with a rate of 73.93% throughout the vegetative cycle, while the primary consumers show a rate of around 24.09%. Likewise, the assembly of the vegetative stages BFL, FL, NO, FGR, MAT and REC in the Syrah grape variety, shows the dominance of an auxiliary activity (of secondary and tertiary consumers) with a rate of 76.28 %, while primary consumers show a rate of around 23.72%.

For the Auchenorrhyncha, the main factors which explain this positive relationship are the climatic and microclimatic conditions in interaction with the growth states of the different grape varieties. The flagship Auchenorrhyncha species, in this case *Jacobiasca lybica*, has been approached through biological control based on the use of essential oils from *Rosmarinus officinalis*. Three bioproducts based on *Rosmarinus officinalis* essential oil from different stress regimes. The first report on the production and chemical composition of essential oils shows a quantitative difference in terms of yield and considerable chemical variability expressing the effect of cultivation on the synthesis of essential oils under conditions of salt and water stress. The analysis results show a richness in compounds for the benefit of Rosemary essential oil irrigated with running water (14 molecules), compared to non-irrigated Rosemary essential oil (11 molecules) and Rosemary essential oil irrigated with saline water (10 molecules).

The insecticidal activity of the formulated essential oils was evaluated in relation to residual populations on the one hand and in relation to the demographic parameters of *Jacobiasca lybica* on the other hand. Biological analyzes revealed that bioproducts formulated with essential oils of *R. officinalis* from pipelines irrigated with running water (IRR) and saline water (IRS) clearly show proven toxicity and very strong disturbance of the population structure of *Jacobiasca lybica*, compared to the bioproduct resulting from the non-irrigated (NIR) which exerts a low toxicity. *Rosmarinus officinalis* essential oil-based bioproducts can be used to carry out insecticide and antifungal tests and therefore be one of the alternative means. Overall, these tests should be considered as an exploratory screening allowing the selection of products for consumers who are increasingly concerned about their health and the environment.

## ملخص

العلاقات بين حالات التطور الخضري للكروم و التوافر الحيواني علاقة معقدة و قليلة المراجع. يمكن ان تؤثر حالة نمو النبات بشكل مباشر او غير مباشر على البيئة الحيوية و قد سعينا في هذا العمل على دراسة العلاقات ووصفها، للقيام بذلك تم اتباع بروتوكول تجريبي على نوعين من الكروم Sauvignon Cabernet و Syrah لم يطرأ لأي منهما اي نوع من المعالجة في غرب متيجة حيث تم التحقق من الفرضية القائلة بان المركب الحشري الوظيفي يرتبط ارتباطا ايجابيا بحالة نمو الكروم. تم الحصول على 4622 فردا لصنف Sauvignon Cabernet بما في ذلك 767 فردا من نطاط الأوراق الخضراء، و 4552 فردا من عنب Syrah بما في ذلك 1523 فردا من نطاط الاوراق الخضراء. سلط هذا التوافر الضوء على تعقيد توزيع الأنواع وفقا للمراحل الخضرية مما يبرز الوفرة النسبية و التعقيد النسبي للمجموعات الوظيفية التي تتكرر في حقول العنبات. فئة insecta ضمت 12 ترتيب مقسم الى 51 عائلة Sauvignon Cabernet و 7 ترتيبات مقسمة ال 42 عائلة بالنسبة Syrah. فيما يتعلق ب Sauvignon Cabernet يظهر مجموع المراحل النباتية هيمنة المستهلكين الثانويين بمعدل 73.93% طوال الدورة بينما يظهر المستهلكون الاساسيون حوالي معدل 42.09% و كذلك فإن مجموع المراحل الخضرية ل Syrah يظهر هيمنة النشاط الاضافي (المستهلكين الثانويين و الثالثين) بمعدل 76.28% بينما يظهر المستهلكون الاساسيون معدلا يقارب 23.72%.

بالنسبة ل AUCHENORRYNCHA فإن العوامل الرئيسية التي تفسر هذه العلاقة الايجابية هي الظروف المناخية في التفاعل مع حالات النمو لأصناف العنب المختلفة، تم التعامل مع انواع AUCHENORRYNCHA الرئيسية و في هذه الحالة *Iybica caJacobias* من خلال المكافحة البيولوجية القائمة على استخدام الزيوت الاساسية من *Rosmarinus Officinalis* ثلاثة منتجات حيوية تعتمد على الزيت العطري *Officinalis Rosmarinus* من أنظمة الاجهاد المختلفة يظهر التقرير الاول عن الانتاج و التركيب الكيميائي للزيوت الاساسية فرقا كميا من حيث العائد و تغير كيميائي كبير يعبر عن تأثير الزراعة على تخليق الزيوت الاساسية ف ظل ظروف الملح و الضغط المائي اظهرت نتائج التحليل ثراء في التركيبات لفائدة زيت Romarin الاساسي المروي بالمياه العادية (14 جزيء) مقارنة بالزيت العطري الغير مروي لاكليل الجبل (11 جزيء) و زيت اكليل الجبل المروي بالمياه المالحة (10 جزيئات).

تم تقييم نشاط المبيدات الحشرية للزيوت العطرية المركبة فيما يتعلق بالمجموعات المتبقية من ناحية و فيما يتعلق بالمعلومات الديموغرافية ل *Iybica Jacobiasca* من ناحية أخرى. كشفت التحليلات البيولوجية أن المنتجات الحيوية التي تم تركيبها بالزيوت الاساسية المستخلصة من *Officinalis Rosmarinus* من العينات المروية بالمياه العادية (IRR) و المياه المالحة (SRI) تظهر بوضوح سمية مثبتة واضطراب قوي للغاية في التركيبة السكانية ل *Iybica Jacobiasca* مقارنة بالمنتج الحيوي الناتج من العينات غير المروية (RIN) التي تمارس سمية منخفضة. يمكن استخدام المنتجات الحيوية القائمة على الزيت العطر *Officinalis Rosmarinus* لإجراء اختبارات المبيدات الحشرية والفطريات وبالتالي تكون إحدى الوسائل البديلة بشكل عام حيث يجب اعتبار هذه الاختبارات بمثابة فحص استكشافي يسمح باختيار المنتجات للمستهلكين الذين يهتمون بشكل متزايد بصحتهم وبيئتهم.

**الكلمات المفتاحية:** التكاثر الحيوي، مجموعة وظيفية، *Officinalis Rosmarinus* ، *Iybica Jacobiasca* ، Sauvignon Cabernet، Syrah

# Remerciement

*Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant, qui m'a aidé à réussir et à accomplir ce travail.*

*Mes sincères remerciements et mon plein respect à mon Promoteur professeur; DJAZOULI Z.E. pour la qualité de l'enseignement qu'il m'a prodigué au cours de mes années d'étude, aussi sa disponibilité constante.*

*Aussi mes sincères remerciements à mon Co-promoteur professeur BICHE M. avec qui j'ai eu l'honneur de travailler et de bénéficier des valeurs d'information qui nous ont aidés à mener à bien ce travail.*

*Un grand merci à monsieur le professeur BENZAHRA A. qui nous a ouvert les portes pour accéder à cette formation, également pour sa disponibilité, et son intérêt constant pour nous.*

*J'adresse mes remerciements à monsieur MERAH O. prof à l'Université Paul Sabatier, France, sa disponibilité, sa patience et ses conseils pour les corrections de l'article*

*Je tiens également à remercier monsieur Moulay Ahmed El Alaoui El Fels professeur à l'Université, Cadi Ayyad, Smlalia, Marrakech*



5.2. Evaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles du Romarin <i>Rosmarinus officinalis</i> sur la cicadelle verte de la vigne <i>Jacobiasca lybica</i>	30
5.2.1. Présentation des différentes conduites culturales (application des différents régimes de stress)	30
5.2.2. Extraction des huiles essentielles	31
5.2.3. Estimation des rendements en huiles essentielles	31
5.2.4. Analyse chromatographique	31
5.2.5. Formulation des bioproduits	32
5.2.6. Application des bioproduits	32
5.2.7. Estimation des abondances de <i>Jacobiasca lybica</i> sous l'effet des bioproduits	32
5.2.8. Estimation des populations résiduelles de <i>Jacobiasca lybica</i> sous l'effet des bioproduits	32
5.2.9. Estimation des paramètres démographiques sous conditions contrôlées	33
6. Analyses statistiques	34

### Chapitre 3: Résultats

1. Inventaire des espèces folivores de deux cépages de la vigne <i>Vitis vinifera</i>	36
1.1. Étude de l'entomocénose dans un agro écosystème viticole à deux cépages	36
1.2. Influence du stade phénologique sur la disponibilité de l'entomocénose	37
1.3. Effet variétale sur la disponibilité des groupes fonctionnels	38
1.4. Effet de l'indice phénologique sur la structuration des réseaux trophiques	39
1.5. Distribution spatio-temporelle des guildes	41
2. Étude du complexe entomologique fonctionnel de la vigne <i>Vitis vinifera</i> : Effet de l'indice phénologique sur la structuration des cascades trophiques	42
2.1. Estimation de la richesse spécifique	42
2.2. Disponibilité de l'entomocénose fonctionnelle selon l'indice phénologique des deux cépages	48
2.3. Évaluation du statut écologique du complexe entomologique fonctionnel	49
2.4. Relation du complexe entomologique fonctionnel avec la phénologie de la plante hôte	54
2.5. Distribution du complexe entomologique fonctionnel le long du gradient de végétation	56
2.6. Évaluation de l'ordre d'arrivée écologique du complexe entomologique fonctionnel	62
3. Effet du cépage de vigne sur la succession des Auchenorrhyncha	67
4. Évaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles du Romarin <i>Rosmarinus officinalis</i> sur quelques paramètres démographiques de la cicadelle verte de la vigne <i>Jacobiasca lybica</i>	70
4.1. Rendement en huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i> soumis aux différentes conduites culturales	70
4.2. Caractérisation des huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i> issues des différentes conduites	71
4.3. Evaluation de l'activité biocide des bioproduits à base d'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> issues des différentes régions	73
4.4. Évaluation de l'activité des bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i> sur les paramètres démographiques de la cicadelle verte de la vigne <i>Jacobiasca lybica</i>	75

### Chapitre 4: Discussion

1. Inventaire des espèces folivores de deux cépages de la vigne <i>Vitis vinifera</i>	78
2. Étude du complexe entomologique fonctionnel de la vigne <i>Vitis vinifera</i> : Effet de l'indice phénologique sur la structuration des cascades trophiques	79
2.1. Interactions entre la diversité fonctionnelle et les facteurs biotiques des cépages de	79

vigne	
2.2. Variations de traits fonctionnels de la biodiversité	81
2.3. Stabilité des assemblages des groupes fonctionnels	83
3. Évaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles du Romarin <i>Rosmarinus officinalis</i> sur quelques paramètres démographiques de la cicadelle verte de la vigne <i>Jacobiasca lybic</i>	83
3.1. Le rendement et en huiles essentielles de <i>Pistacia lentiscus</i> L.	83
3.2. Évaluation de l'activité biocide des bioproduits à base d'huile essentielle de Romarin soumises à différents régimes de stress	85
3.3. Évaluation des paramètres démographiques sous l'effet des bioproduits à base d'huile essentielle de Romarin soumises à différents régimes de stress	86
<b>Conclusion générale et perspectives</b>	<b>88</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>93</b>

# **Introduction**

La viticulture en Algérie remonte à l'Antiquité et particulièrement à la colonisation romaine puisqu'elle a trouvé les conditions agro-climatiques idéales pour son développement. Ainsi, la vigne de cuve en Algérie, un fait colonial à l'origine, a pris sous le soleil de notre pays le caractère évident d'une richesse naturelle qui s'est ancrée dans notre sol avec la force de la tradition. C'est cette vocation que l'Algérie indépendante s'est attachée à exploiter pour sortir les vins d'Algérie de leur anonymat en favorisant la production de vins de qualité.

Depuis les années soixante-dix, l'Algérie a décidé d'une politique de reconversion du vignoble pour objectif de limiter le vignoble de cuve aux régions sèches, aux coteaux et aux montagnes déjà connus pour la production de vins de qualité. À l'époque de la colonisation française, le vignoble algérien a atteint 350 000 ha pour une production annuelle de vin allant de 14 à 18 millions d'hectolitres. Depuis l'indépendance du pays en 1962, la plus grande partie de ce vignoble a été arrachée. De ce fait la viticulture a connu dans les années 80 une forte régression qui s'est traduite non seulement par la faiblesse des programmes de plantations, mais également à l'arrachage systématique de milliers d'hectares de vignes, pourtant cette culture était la locomotive de l'économie algérienne durant l'époque coloniale et les premières années de l'indépendance (Elmaghili, 2017).

Selon Areski (2016), durant ces dernières années, la viticulture a commencé à connaître un nouvel essor avec des nouvelles plantations de vigne de table et de cuve et des techniques de production améliorées pour atteindre une superficie de 68 564 hectares avec des rendements de 8325 kg/ha en 2013, alors qu'ils n'étaient que de l'ordre de 3017 kg/ha en 1993, à travers plusieurs programmes d'aides et de suivi qui ont été mis en place par les autorités pour la relance de cette filière.

Afin d'obtenir une production de qualité optimale, de nombreuses actions de gestion du vignoble sont mises en place par les viticulteurs, dont certaines peuvent accentuer l'impact négatif sur cette culture, dont le recours à une pharmacopée

## *Introduction*

---

aveugle, du fait que les molécules mises en œuvre sont souvent persistantes dans l'environnement et peuvent agir sur l'ensemble de l'écosystème et pas seulement sur les organismes visés (Ramade, 2005). Leur infiltration dans le sol, peut polluer les eaux souterraines (Worrall et Besien, 2005) et contaminer par la suite l'ensemble du bassin versant. Les pesticides peuvent également s'insérer dans les réseaux trophiques et atteindre les consommateurs supérieurs non ciblés (Woodwell, 1967).

Longtemps, la principale raison de rechercher des moyens non-chimiques de contrôler les ravageurs des cultures était l'inquiétude au sujet des risques liés à l'utilisation des pesticides sur l'environnement et la santé humaine (Metcalf, 1980).

Cela mène progressivement à une demande de la part du milieu agricole, de trouver des moyens alternatifs aux pesticides (Lumdsen et Vaughn, 1993). L'un des moyens efficaces et alternatifs aux pesticides est le contrôle biologique, défini comme « l'utilisation d'ennemis naturels pour le contrôle d'espèces nuisibles, de maladies ou d'adventices ». La lutte biologique utilise au profit de l'homme les relations naturelles entre les espèces, les méthodes de lutte biologique exploitent donc les mécanismes de régulation naturelle des populations. C'est pourquoi une bonne connaissance des interactions qui régissent un agroécosystème est un point clé pour la mise en place d'une protection biologique efficace.

Les interactions entre les espèces qui composent un écosystème ont un rôle majeur dans la composition et l'évolution des systèmes naturels. En plus des interactions herbivore-plante et prédateur-proie, il est rapidement apparu évident que de nombreuses interactions impliquent plus de deux espèces et/ou plus de deux niveaux trophiques, et que, par conséquent, une approche multitrophique des réseaux trophiques se révélerait plus réaliste (Price et *al.*, 1980; Hawkins 1984).

En Algérie, en dépit des travaux de Bounaceur et al., (2018), portant sur l'étude de la biocénose viticole du Nord algérien, où les auteurs se sont intéressés à l'évolution saisonnière des principaux groupes fonctionnels de l'agrosystème viticole, de copieuses études se sont limitées à étudier une espèce déjà inventoriée en Algérie sur la vigne, la cicadelle verte *Jacobiasca lybica* qui s'est avérée être un nouveau bio agresseur sur cette culture.

## *Introduction*

---

En effet, les premières observations sur vigne remontent à juillet 2002 et reconduites en 2003 et 2004 (Bounaceur *et al.*, 2006), dans les vignobles de la Mitidja Ouest d'où l'insecte s'est propagé rapidement dans tout le pays, infligeant aux feuilles des cépages attaqués un enroulement, puis un jaunissement chez les variétés de raisin blanc ou rougissement chez les cépages rouges et finissent par un dessèchement total du limbe et par conséquent une diminution dans la vigueur du cep qui se répercute sur la quantité et la qualité du raisin ainsi que de son dérivé (Bounaceur et Doumandji-Mitiche, 2007; Bounaceur, 2008; Bounaceur *et al.*, 2008a; Bounaceur *et al.*, 2008b). De son côté, Guendez-ramila (2017), a étudié l'impact des attaques de cicadelle verte *J. lybica* sur les réponses physiologiques des feuilles de vigne de cuve.

Pour cela, le travail de thèse présenté ici a eu pour but de fournir des informations cruciales à la mise en place de la lutte biologique contre la cicadelle verte *J. lybica* et de contribuer à l'étude de l'importance du rôle tenu par les interactions multi-trophiques dans le succès d'un programme de lutte biologique. Par contre, cette thèse n'a pas eu pour vocation de mettre en place un programme de lutte biologique par l'utilisation des auxiliaires prêt à être appliqué par les agriculteurs, et par conséquent nous ne nous sommes intéressés au développement d'un bioinsecticide à base d'huile essentielle de romarin *Rosmarinus officinalis*, avec une accentuation sur des problématiques telles que la modulation des chémotypes par différents modes culturaux du romarin, ou telles que le comportement biologique de la formulation de l'huile essentielle dans les conditions naturelles. En ce qui concerne les interactions, la thèse fut centrée sur les interactions entre insectes via un insecte; les interactions entre le gradient phénologique de la plante et les insectes, ou entre les insectes via la plante, bien qu'ayant elles aussi un rôle important, n'ont pas été étudiées.

# Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

## 1. Croissance et développement de la vigne

### 1.1. Taxonomie et répartition

La vigne est une espèce pérenne appartenant à la famille des Vitacées. Cette famille concerne une douzaine de genres pour environ 700 espèces (Galet 1991). Elle est largement répandue dans les zones tropicales et tempérées à travers le monde. Les vignes cultivées sont toutes du genre *Vitis* qui est composé d'environ quatre-vingts espèces plus ou moins bien définies et qui se répartissent sur le continent Américain (55%), en Europe (1%) et en Asie (44%) (INRA 2000 in Valdes Gomez, 2007).

Selon l'étude réalisée par l'Organisation Internationale de la Vigne et du Vin (OIV) en 2017, sur l'état des lieux de la distribution des variétés de vigne dans le monde, ainsi que leur tendance d'évolution actuelle. L'étude porte sur toutes les variétés quelle que soit leur utilisation finale (cuve, table, séchage ou autre), et couvre 75 % de la superficie totale des vignes mondiales. Elle examine les données depuis 2000 pour 44 pays, avec un focus sur ceux avec une superficie du vignoble supérieure à 65 000 ha et leurs 10 principales variétés (Fig. 1).

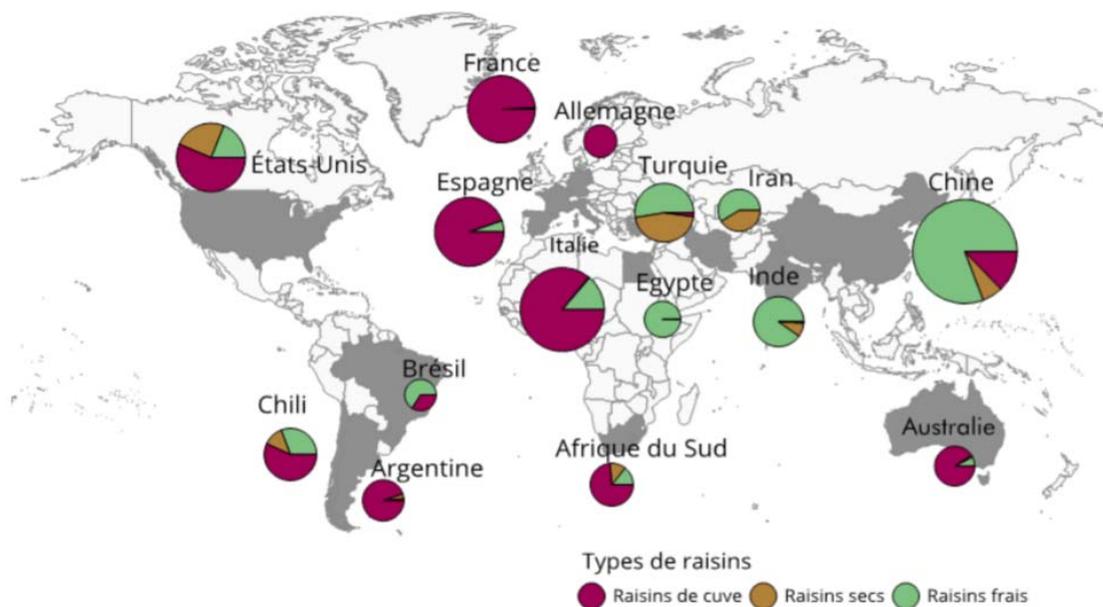


Figure 1. Superficie de vigne et destinations de la production de raisins (OIV, 2017)

Parmi les pays analysés dans cette étude, la Turquie, l'Iran et l'Ouzbékistan sont absents car les données sur leur distribution variétale ne sont pas disponibles

Les variétés de raisins de table et de raisins séchés diffèrent des variétés de raisins de cuve, même si certaines d'entre elles sont à double fin. C'est pour cette raison que les pays qui produisent surtout des raisins de table ou des raisins secs ont une distribution variétale complètement différente par rapport aux pays principalement producteurs de vin. Des 10 000 variétés de vigne connues dans le monde, 13 couvrent plus qu'un tiers de la superficie viticole mondiale et 33 variétés en couvrent 50 %. Certaines variétés de vignes sont plantées dans de nombreux pays et sont ainsi appelées « variétés internationales ». L'exemple le plus évident est le Cabernet Sauvignon qui est maintenant une des variétés les plus cultivées dans le monde (5 % de la superficie mondiale). Au contraire, il y a des variétés très cultivées mais qui le sont principalement dans quelques pays, comme le Kyoho essentiellement cultivé en Chine.

La viticulture algérienne occupe une superficie de 97 000 ha et représente 12% de la SAU occupée par les plantations. Elle constitue la quatrième culture pérenne sur le plan de la surface et représente le deuxième poste à l'exportation. Le diagnostic indique que la filière viticole est constituée de trois sous-filières spécifiques dont le fonctionnement est différent. Entre autres sous-filières, il y a lieu de citer le raisin de cuve qui dispose d'un marché à l'exportation et d'un marché interne (Guendez, 2017). Selon Amrani (2009), la vigne de table occupe une superficie de 52 700 ha, dont 3 100 000 quintaux de production. La vigne de cuve, occupe une superficie estimée à 44 170 ha, dont la production est estimée à plus de 150 000 hl. Enfin, la vigne à raisin sec est cultivée sur 124 ha seulement, dont la production est évaluée à 2 550 quintaux.

### **1.2. Développement, croissance et production**

La vigne étant une plante pérenne et de croissance indéterminée peut rester toute l'année avec une production active de feuilles si les conditions climatiques lui sont favorables (températures supérieures ou égales à 12°C), comme c'est le cas dans les climats tropicaux (Galet 2000a). Sous les climats tempérés, la vigne possède un rythme de végétation discontinu avec une alternance de périodes de végétation (vie active) et de périodes de repos (vie ralentie). Les vignobles du pourtour méditerranéen se trouvent dans cette deuxième catégorie. Le cycle annuel de croissance pour ces vignobles s'étend de mars à novembre dans l'hémisphère nord. Ainsi, chaque année elle forme une végétation composée de rameaux et de feuilles qui assurent la croissance et la survie des parties pérennes de la souche: c'est le **cycle végétatif** qui débute avec les pleurs, précédant le débourrement et qui finit à l'automne par la chute des feuilles. La vigne entre alors en vie ralentie, c'est le repos hivernal, plus généralement appelé **dormance** (Galet 2000a) (Fig. 2).

Superposé à ce cycle végétatif se trouve un cycle **reproducteur** qui comprend la formation et le développement des inflorescences, leur fécondation, la croissance des grappes, des baies et des graines. Mais ces deux cycles de croissance dépendent

## Synthèse bibliographique

fortement de la température. Champagnol (1984) fait une revue des différentes recherches et définit un seuil de croissance apparente qui varie entre 10 à 11°C selon le cépage de *Vitis vinifera*.

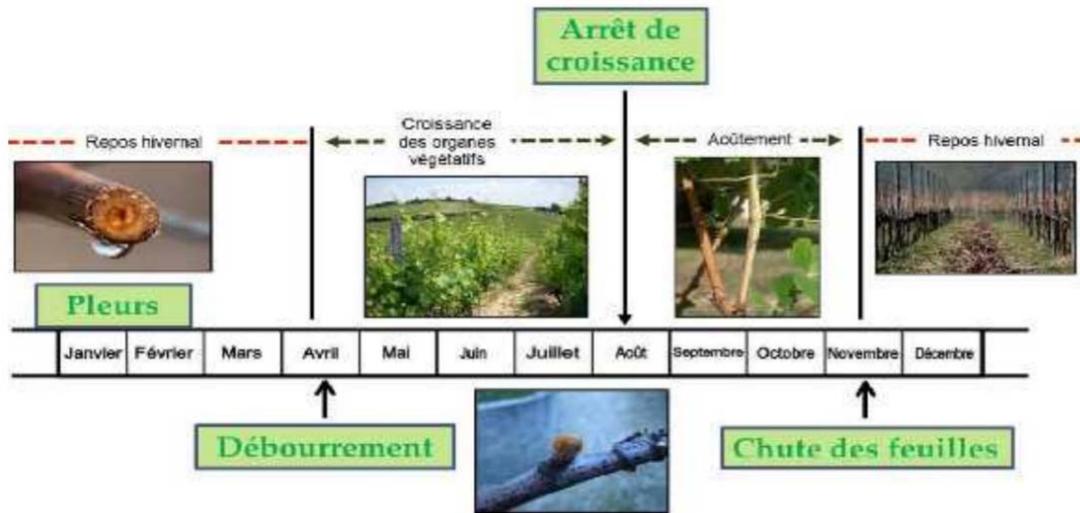


Figure 2 : Cycle de la vigne (Reynier, 2016)

De même, des températures froides sont généralement nécessaires pour la levée de dormance des bourgeons de la vigne. Cependant, les besoins en froid de cette espèce sont limités et sont différents d'un cépage à l'autre (Lavee and May 1997).

La vigne cultivée évolue dans des systèmes de cultures marqués par de nombreuses interventions culturales. Ainsi, après sa plantation elle est généralement conduite pour ne rentrer en production qu'au bout de trois ans. Ces premières années sans production permettent à la souche de constituer des réserves dans ses bois et un système racinaire adéquat. De plus, cette période permet aux viticulteurs de former la vigne de façon à obtenir l'architecture souhaitée avant le début de l'exploitation. Cette forte anthropisation, ainsi que les conditions du milieu physique où elle se trouve, font varier énormément la capacité et la période de production de la vigne (Valdes Gomez, 2007). Champagnol (1984) signale que les vignes peuvent rester en production pendant 30 à parfois plus de 100 ans et que sa capacité maximale est atteinte pour un âge compris entre 7 et 15 ans. Il justifie cette observation en expliquant que le système racinaire de la vigne a alors exploré un volume de sol suffisant pour subvenir aux besoins de la plante. La production du vignoble d'une année particulière est affectée par divers facteurs dont le climat, le sol, les potentialités génétiques et les pratiques culturales. Tout d'abord le nombre de bourgeons laissés à la taille pendant l'hiver précédent détermine le nombre des grappes qui pourront être récoltées. En effet, le nombre potentiel d'inflorescences par bourgeon est assez constant (Rives 2000a) et il est déterminé au printemps antérieur à la taille (Pearce and Coombe 2005). En deuxième lieu, le nombre potentiel de baies par inflorescence est affectés par les conditions environnementales, notamment la température de l'air (Williams et al. 1985), et la vigueur de la vigne (Tescic 2001) au moment de la période floraison -

nouaison. Un déséquilibre entre les parties végétatives être productives à cette période peut produire une compétition de nature trophique ou hormonale entraînant un faible taux de nouaison (couleur) (Carbonneau and Ollat 1991). Une fois que le nombre de baies par grappe est défini, c'est le processus de remplissage des baies qui détermine le rendement final qui sera récolté. La taille potentielle de la baie est un facteur génétique. Cependant la croissance réelle de celle-ci est affectée par de nombreux facteurs comme le nombre de baies par grappe (Ollat et al.2002), la nutrition carbonée (Kaps and Cahoon 1992), la température (Hale and Buttrose1974), la lumière (Smart and Sinclair 1976) et l'alimentation hydrique (Ojeda et al. 2001). Ce dernier facteur est très important car un stress hydrique affecte la taille finale de la baie quel que soit le moment d'apparition entre la nouaison et la maturité.

Au cours de la phase de remplissage, les baies grandissent en taille (principalement par une accumulation d'eau), et elles accumulent des sucres (fructose et glucose pour l'essentiel), des acides organiques (malique et tartrique) et des composés phénoliques (dont les anthocyanes qui donnent leur couleur aux grappes des cépages rouges) et des composés aromatiques (Coombe and McCarthy 1997). Un arrêt précoce de la croissance végétative pendant la période de maturation du raisin permet de favoriser l'alimentation carbonée de la baie. Il améliore également le potentiel œnologique du raisin en favorisant un microclimat lumineux de la grappe plus propice à la maturation (Smart et al. 1990).

### **1.3. Facteurs de sensibilité de la vigne aux bioagressions**

#### **1.3.1. La phénologie**

Différents systèmes de description ont été proposés pour caractériser les différents stades de développement de la vigne (Eichhorn and Lorenz 1977;Baillod and Baggiolini1993; Coombe 1995; Lorenz et al. 1995). Ces systèmes varient dans le nombre de stades phénologiques reconnus. Toutefois les principaux stades, comme le débourrement, la floraison, la nouaison, la véraison et la récolte sont toujours identifiés. La description objective de ces stades est très intéressante en viticulture. Elle fournit des indicateurs utiles à l'aide de la décision pour mieux piloter les systèmes de culture viticole. (Pearce and Coombe 2005). En particulier un suivi précis de la phénologie ainsi qu'une bonne place des stratégies de lutte contre ces maladies (Hoppmann and Berkelmann-Loehnertz2000).

Le principal facteur qui modifie le développement phénologique de la vigne est le climat (surtout la température), cependant ce n'est pas le seul. Les pratiques culturales mises en œuvre par les viticulteurs agissent aussi, mais avec moins de force. Ainsi, une nutrition hydrique et azotée excessive peut entraîner un retard dans l'arrêt de croissance végétative et dans l'apparition de stades comme la véraison et la maturité (Delas 2000). Une contrainte hydrique forte peut accélérer l'apparition des

stades comme la véraison (Matthews et al. 1987b) et retarder la maturité (Smart and Coombe 1983). Par ailleurs, une taille tardive produit un retard de la date de débourrement, retard qui généralement semaintient jusqu'à la récolte (Martin and Dunn 2000). Un changement dans l'apparition, ainsi que de la durée, des stades phénologiques entraîne des conséquences sur l'attaque des maladies. Par exemple, une plus longue durée de la période entre véraison et maturité est favorable au développement du *Botrytis* si les conditions climatiques sont favorables. De même, plus la période de floraison se prolonge dans le temps plus les risques d'attaque par l'Oïdium augmentent.

### 1.3.2. Vigueur et expression végétative

La vigueur témoigne de l'activité métabolique des organes en croissance et se traduit notamment par l'intensité de l'activité métabolique, du fonctionnement des méristèmes et la vitesse de croissance (Galet 2000b). Elle représente l'intensité de croissance et peut être évaluée à l'échelle du rameau par le taux d'apparition des feuilles, le taux d'élongation, l'augmentation du diamètre et du poids (Freeman et al. 1998 & Rives 2000a).

Cette notion de vigueur est reconnue par les spécialistes viticoles et pathologistes comme très importante pour ce qui est de la sensibilité du végétal aux maladies (Soyer 1987b; de la Rocque 2002). Cependant les relations entre vigueur et maladies sont encore pauvrement documentées. Souvent des recherches concernant les effets de pratiques culturales sur la croissance de la vigne et la qualité de la vendange ont montré, de façon incidente, des interactions entre les maladies et l'état de croissance de la vigne (Gadoury et al. 2001 & Pellegrino et al. 2004 & Morlat and Bodin 2006). Une recherche documentaire sur l'oïdium faite par Jarvis et al. (2002) dans différentes espèces, dont la vigne, signale que la sévérité de cette maladie est étroitement et positivement liée aux conditions de vigueur.

### 1.3.3. Les cépages

Les facteurs qui expliquent la différence de sensibilité aux maladies entre cépages sont de natures différentes. Par exemple, pour les infections de *Botrytis*, la compacité des grappes est très importante, les grappes plus compactes étant les plus sensibles (Marois et al. 1986; Vail and Marois 1991; Fermaud et al. 2001a). Cette situation pourrait être expliquée par une altération des cires qui protègent la cuticule des baies quand deux baies sont en contact (Marois et al. 1986). Pour les infections d'Oïdium, le temps des stades phénologiques sensibles, comme la floraison et la nouaison, joue un rôle important dans la sensibilité des cépages. Plus la floraison et la nouaison sont éloignées dans le temps plus les risques d'être attaqué par le champignon sont augmentés. Un autre facteur peut entraîner des différences de

sensibilité entre cépages: les différentes réponses de défense que les plantes mettent en place après une attaque de pathogènes.

## **2. Biodiversité taxonomique et fonctionnelle des Assemblages**

### **2.1. Concept de biodiversité**

La notion de la biodiversité est très largement employée en écologie. La mesure de cette biodiversité est un point fondamental dans le domaine de l'écologie (Dumay et *al.*, 2004). De nombreuses définitions existent dans la littérature pour le terme « biodiversité ». Au sens étymologique du terme, la biodiversité évoque la diversité du vivant, c'est-à-dire tous les processus, les modes de vie ou les fonctions qui conduisent à maintenir un organisme à l'état de vie.

Selon Díaz et *al.* (2007), la biodiversité est définie comme « le nombre, l'abondance, la composition, la distribution spatiale et les interactions des génotypes, populations, espèces, traits fonctionnels et paysages dans un système donné ». C'est donc un concept multi-facettes à la fois en terme d'échelles d'étude (du gène à l'écosystème) que de variables mesurées (richesse, régularité, disparité, connections).

### **2.2. Biodiversité et développement durable**

La biodiversité peut être quantifiée par le dénombrement des espèces, dont le nombre est en déclin rapide à l'échelle planétaire, mais aussi par la diversité au sein de chacune d'entre elles, caractérisée par la vitesse de croissance ou la taille à maturité sexuelle. Les activités humaines peuvent affecter cette biodiversité de façon directe (sélection des gros reproducteurs par la pêche) ou indirecte (construction de barrages limitant le passage d'individus). Ces pressions modifient la composition génétique et phénotypique des populations. L'appréhension des différentes facettes de la biodiversité offre une vision globale sur l'état de la diversité biologique au sens large.

En raison de la perte de biodiversité des écosystèmes constatée ces dernières décennies, certains auteurs intègrent l'Homme dans la définition de la biodiversité. Étant donné le lien fondamental entre le bien-être humain et de la nature (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), l'intégration de l'homme dans la définition de l'écosystème constitue une approche opérationnelle fondamentale dans la gestion de la plupart des écosystèmes marqués aujourd'hui par de profondes mutations (Wallace et *al.*, 2016).

### **2.3. Relation entre productivité du milieu et richesse spécifique**

Divers systèmes contrôlent les mécanismes responsables du maintien de la diversité dans un milieu: les systèmes de coexistence stable, notamment *les processus déterministes de la théorie des niches*. Aussi, les mécanismes de coexistence instable

formulés dans la *théorie neutre unifiée*. Nous soulignerons enfin l'importance des ennemis naturels dans le maintien de la diversité des arbres par l'hypothèse de la prédation.

### **2.3.1. Les processus déterministes**

La coexistence de tant d'espèces apparentées (i.e. lignée) pose un véritable challenge à la théorie de la niche qui prédit que chaque espèce occupe une niche unique (Hutchinson, 1959). Différents modèles et hypothèses ont été proposés et testés pour expliquer l'assemblage des communautés. La théorie des niches de Hutchinson stipule que l'environnement local, c'est-à-dire toutes les dimensions comprenant les facteurs physiques et chimiques (température, humidité, salinité, concentration en oxygène) conditionnent la présence des espèces (niche fondamentale) mais que les interactions entre individus (proies et prédateurs) sont également primordiales dans le maintien spatial des espèces (niche réalisée).

La niche écologique représente donc l'utilisation globale qu'une espèce fait des ressources biotiques et abiotiques. Deux espèces ne pourront coexister dans une communauté si leur niche est identique ce qui implique l'élimination locale de certaines espèces ou l'évolution, par sélection naturelle, de l'une des espèces qui acquiert la capacité d'utiliser différentes ressources et donc de changer de niche. La notion des niches selon Hutchinson rassemble la totalité des relations qu'une espèce entretient avec les paramètres de son habitat et avec les autres espèces: ce principe est donc essentiel dans la dimension des niches des espèces (Begon, 1996). La distinction entre la niche fondamentale et la niche réalisée permet donc d'introduire, dans l'étude de la coexistence des espèces, les phénomènes de compétition pour une ressource entre les espèces d'une communauté (Schoener, 1986).

La compétition interspécifique a pu être démontrée par l'étude de deux espèces (ou plus) en quête de la même ressource, qui parfois peut être limitée. La mesure du degré à laquelle une espèce affecte négativement une autre espèce pour une ressource donnée est donc une mesure essentielle. Si les ressources ne sont pas limitées, il y a de fortes chances pour que celles-ci suffisent aux deux espèces, limitant donc la compétition. A l'inverse, le processus de l'exclusion compétitive favorisé a l'établissement d'une espèce au détriment d'une autre si les ressources sont limitées. La subdivision ou le partitionnement des ressources permettra aux espèces de se spécialiser à un type de ressource. Il s'agit du mécanisme de partitionnement des niches (Silvertown, 2004). En effet, certaines études ont montré que sous l'effet de ce partitionnement de l'utilisation des ressources dans une communauté, les espèces deviennent de plus en plus spécialisées (Cavender-Bares et al. 2009). Ainsi, une des hypothèses expliquant la forte diversité des tropiques stipule qu'un fort degré de compétition entre espèces, dans le temps, résultera d'un partitionnement plus

important des niches écologiques, induisant donc une plus forte spécialisation des espèces aux ressources.

En écologie des communautés, l'étude des mécanismes régis par les processus déterministes définit que la communauté favorisera l'assemblage des niches écologiques. La diversité des organismes, plantes ou insectes, est donc prédite de varier le long de gradient environnemental (Chase and Myers 2011). Sous l'influence de processus neutralistes ou stochastiques, les variations spatiales de la diversité seront dictées par les limites de dispersion des organismes, ainsi d'effet d'un filtrage environnemental y est exclu (Hubbell 2001).

### **2.3.2. La théorie neutre**

Une hypothèse alternative aux théories déterministes est la théorie neutraliste dite stochastique (Hubbell, 2001). Elle stipule que les espèces seraient fonctionnellement équivalentes, c'est-à-dire neutres en termes d'interactions interspécifiques.

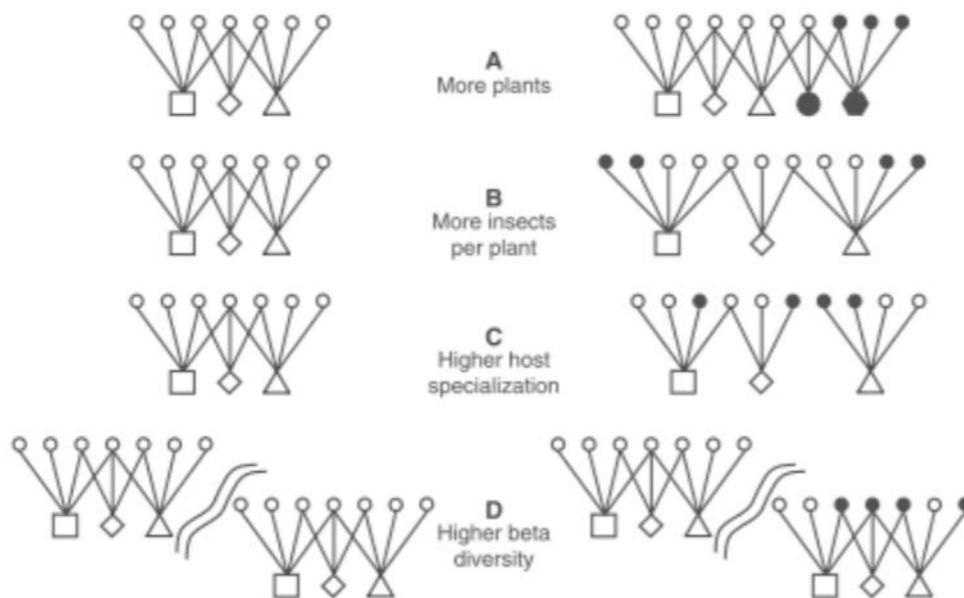
La diversité augmenterait par un afflux graduel d'espèces à travers de mécanismes d'immigration ou de spéciation. Ainsi, l'extinction serait trop faible pour équilibrer le gain de biodiversité. Cette théorie de coexistence instable définit donc que la distribution des espèces serait spatialement maintenue par des mécanismes aléatoires (Wright 2002). Le maintien des espèces ayant les mêmes probabilités de reproduction, de dispersion, de survie et d'extinction serait exclusivement restreint par des limites de dispersion des arbres (dispersal limitation) et une stochasticité démographique des individus à l'échelle locale (Lewinsohn and Roslin 2008).

La théorie neutre challenge donc la vision largement répandue que les différences de niches écologiques entre espèces expliquent le mieux les patterns de l'assemblage spatial des communautés. Sous l'influence de processus neutralistes ou stochastiques, les variations spatiales de la diversité seront dictées par les limites de dispersion des organismes. L'effet d'un filtrage environnemental y est exclu (Hubbell 2001). De nombreux auteurs reconnaissent un certain paradoxe en ce qui concerne les conditions dans lesquelles les forces des mécanismes déterministes (niche) ou stochastiques (neutre) interagissent pour l'assemblage des communautés, entretenant ainsi un large débat chez les écologistes. L'assemblage des communautés a été depuis reconnu comme étant influencé par un mélange complexe de processus qui agissent simultanément (Cavender-Bares et al. 2009, Leibold et al. 2010).

### 2.4. Composantes de la diversité des communautés d'arthropodes

Le concept des niches appliqué aux insectes est plus complexe que pour les plantes notamment parce que ces organismes exploitent une multitude de niches écologiques dans une grande majorité des écosystèmes de la planète (Speight 2008). La théorie des niches et la compétition interspécifique sont liées par le principe que deux espèces ne devraient pas être capables de coexister si leurs niches sont identiques (Gause, 1935). Ainsi, l'importance de l'hétérogénéité spatiale de l'environnement qui représente la gamme des ressources disponibles pour les insectes est cruciale dans la structuration de l'assemblage des insectes. Les facteurs qui influencent les communautés d'insectes à une échelle régionale sont sources de débats et les données empiriques qui comparent les communautés d'insectes entre des régions avec différentes histoires géo-climatiques sont rares voire inexistantes.

Quatre principales composantes des processus à l'origine du maintien de la diversité des arthropodes ont été récemment identifiées en forêt tropicale (Lewinsohn and Roslin, 2008)(Fig. 3).



**Figure 3:** Schéma des quatre principales composantes expliquant la diversité des arthropodes tropicaux (Lewinsohn et Roslin, 2008)

La diversité des herbivores est représentée schématiquement par les cercles et les liens avec leurs plantes-hôtes par des lignes. Chaque symbole représente une espèce différente. Les espèces herbivores peuvent avoir plusieurs hôtes, comme indiqué par le croisement des lignes. Pour chaque pattern, un assemblage de référence est affiché sur la gauche et l'assemblage le plus diversifié sur la droite. Les différences

## Synthèse bibliographique

---

sont identifiées par des symboles plein en noir. Les patterns contribuant à la diversité en zone tropicale sont les suivants: (A) plus d'espèces de plantes-hôtes per se; (B) plus d'espèces herbivores par plante; (C) similitude des herbivores entre les plantes hôtes, équivalent à plus de spécialisation à l'hôte; (D) turnover des espèces herbivores élevées sur la même plante-hôte entre localités. De manière conceptuelle, Lewinsohn and Roslin (2008) présente, pour chaque composante, un assemblage de référence à gauche et un assemblage plus diversifié à droite. Les différences significatives entre les deux assemblages, c'est-à-dire l'influence de chacun des processus, sont indiquées avec des symboles en gras.

Deux composantes seront principalement abordées selon les objectifs de cette thèse, *la composante A*, une forte diversité des plantes-hôtes et *la composante D*, une forte diversité beta des insectes. La figure 3, présente chacun des mécanismes pouvant expliquer la forte diversité des insectes en forêts tropicales. Afin de déterminer si la diversité d'insectes herbivores augmente avec la diversité des arbres (composant A, Fig. 3), les auteurs ont compilé 31 études portant sur la corrélation entre la richesse des espèces d'insectes herbivores et leurs plantes-hôtes. Leur conclusion suggère que la diversité des insectes herbivores est significativement corrélée à une diversité en plantes, notamment dans les zones à forte diversité de plantes. De plus, les auteurs, après avoir intégré deux descripteurs méthodologiques à leur modèle, ont rappelé la grande influence des aspects méthodologiques et le fait que les patterns détectés peuvent être affectés par le type d'échantillonnage choisi. La composante D ou une forte diversité beta définit une forte variation entre les communautés locales d'insectes collectés sur différents sites.

Des études basées sur la spécialisation des insectes à leurs plantes-hôtes ont pu démontrer que le renouvellement de la composition des communautés d'insectes herbivores est affecté par la structure et le type d'habitat (Novotny et al., 2005). De plus, la diversité beta des insectes herbivores tropicaux a été examinée le long de gradients altitudinaux (Rodriguez et al., 2010) et latitudinaux (Dyer et al., 2007) avec une variation considérable dans la composition de la végétation. Ces études ont montré, quant à elles, un fort renouvellement de la diversité des insectes entre les sites à différents types de végétation (Novotny et al., 2005; Odegaard, 2006 & Beck et al., 2007). Cependant, des résultats contrastés ont été trouvés dans d'autres régions tropicales. Une faible diversité beta des insectes suggère que le nombre d'insectes qui coexistent localement (diversité alpha) représente une forte proportion de la diversité régionale des espèces (diversité gamma) (Novotny et al., 2007).

Novotny et Weiblen (2005) ont expliqué un faible renouvellement des insectes par le fait que de nombreux herbivores sont spécialisés au niveau du genre ou de la famille plutôt qu'au niveau de l'espèce (Novotny et al., 2002) et que de nombreux genres de plantes sont largement distribués sur une large échelle du milieu (Condit et al., 2002).

## Synthèse bibliographique

Le degré de spécialisation des insectes à leurs plantes-hôtes et la diversité beta des plantes sont donc identifiés comme des points fondamentaux interagissant explicitement dans le maintien de la diversité des insectes herbivores. Si l'assemblage des herbivores sur deux régions différentes soutenait le même degré de spécialisation à leur plante-hôte, les différences régionales dans la composition des plantes hôtes devraient également entraîner des différences dans la diversité beta des insectes herbivores (Lewinsohn and Roslin 2008).

### 2.5. L'agriculture intensive et ses effets sur la biodiversité

Plusieurs auteurs ont proposé de hiérarchiser ces niveaux de diversité en fonction d'échelles spatiales emboîtées pour les paysages agricoles en mosaïque notamment les travaux de Wagner et al. (2000). Une façon commode de résumer cette approche hiérarchisée est présentée dans le Tableau 1, qui suggère que les déterminants de la diversité à ces différentes échelles peuvent être assez dissemblables (Willis & Whittaker, 2002).

**Tableau 1:** cadre hiérarchique des processus qu'influencent la biodiversité (Willis & Whittaker, 2002).

Spatial scale	Scale of species richness	Environmental variables predominantly responsible	Temporal scale at which processes occur
Local scale	Species richness within communities, within habitat patches	Fine-scale biotic and abiotic interactions, e.g., habitat structure, disturbance by fires, storms	Processes occurring on time scales of ~ 1–100 years
Landscape scale	Species richness between communities; turnover of species within a landscape	Soils, altitude, peninsula effect	Processes occurring on time scales of ~ 100–1000 years
Regional scale	Species richness of large geographical areas within continents	Radiation budget and water availability, area, latitude	Processes occurring over the last 10,000 years, i.e., since end of last glacial
Continental scale	Differences in species lineages and richness across continents	Aridification events, glacial/interglacial cycles of the Quaternary, mountain-building episodes, e.g., Tertiary uplift of the Andes	Processes occurring over the last 1–10 million years

La grande majorité des études et donc du corpus bibliographique portant sur les impacts de l'agriculture sur la biodiversité couvrent les deux premières échelles présentées dans le Tableau 1. *La parcelle* ("local scale"), et *le paysage* ("land scape scale"). Ces deux échelles d'appréhension de la diversité correspondent à des processus de décision différents, comme suggéré par la synthèse de Benton et al.

## Synthèse bibliographique

(2003): à l'échelle parcellaire, il s'agit le plus souvent de décisions "proximales" individuelles, alors qu'à l'échelle du paysage, il s'agit plutôt de décisions collectives régionales et nationales, et à l'échelle continentale, de décisions internationales.

Quelle que soit la nature de ces décisions, elles conduisent à des transformations au niveau de la parcelle qui ont des conséquences au niveau du territoire, des exploitations et du paysage. Les principales caractéristiques de l'intensification de l'agriculture telles que synthétisées dans un article récents aux échelles parcellaire et paysagère sont présentées dans le Tableau 2 (Tscharntke et *al.*, 2005).

**Tableau 2:** Caractéristiques de l'intensification de l'agriculture aux échelles de la parcelle et du paysage (Tscharntke et *al.*, 2005)

Parcelle	Paysage
<ul style="list-style-type: none"><li>- Rotations culturales raccourcies</li><li>- Diminution de la diversité des espèces cultivées</li><li>- Augmentation des engrais minéraux</li><li>- Augmentation des pesticides</li><li>- Céréales d'hiver au détriment des céréales de printemps</li><li>- Cultures OGM</li><li>- Labour profond</li><li>- Monocultures de variétés à fort rendement</li><li>- Augmentation de la taille des parcelles</li><li>- Mécanisation</li><li>- Abaissement des nappes suite au drainage</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Spécialisation des exploitations agricoles</li><li>- Retournement des prairies</li><li>- Destruction des habitats semi-naturels</li><li>- Réorganisation des terres pour agrandir les champs</li><li>- Simplification des paysages avec un nombre limité de types d'usages dans l'espace et dans le temps, contribuant à l'homogénéisation du paysage</li><li>- Abandon d'usages traditionnels (faible intensité)</li><li>- Limitation des jachères et terres abandonnées par leur mise en culture</li><li>- Résistance réduite aux espèces invasives</li><li>- Abaissement du niveau des nappes</li><li>- Fragmentation des habitats semi-naturels</li></ul>

Pour ce qui est de la richesse spécifique (RS) d'une communauté particulière, on admet qu'elle dépend de deux grands types de facteurs (Belyea & Lancaster, 1999; Lepš, 2005) :

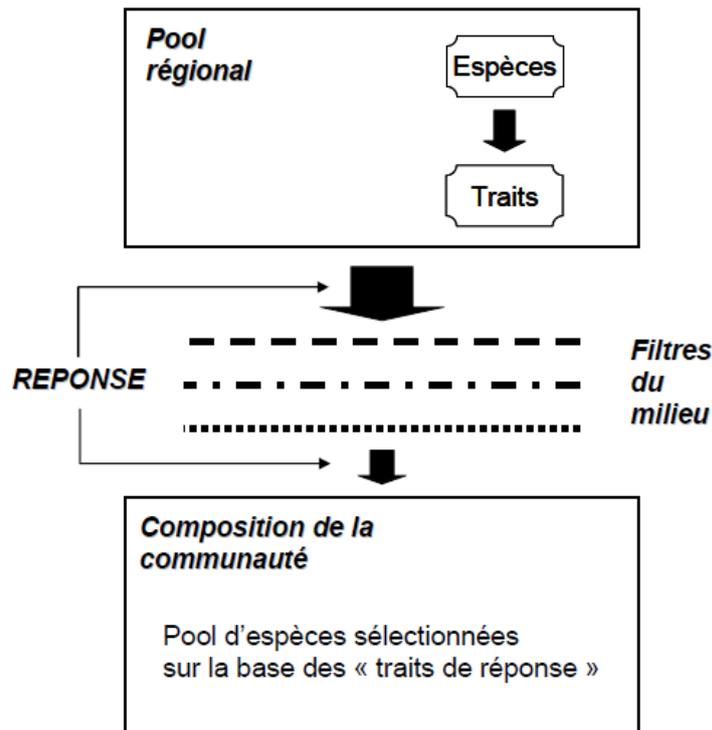
(i) le pool d'espèces disponibles «facteurs "historiques et biogéographiques», c'est-à-dire l'ensemble des propagules des espèces susceptibles d'arriver sur le site spécifique (échelle régionale, voire continentale), et

(ii) les interactions écologiques «facteurs écologiques», qui trient les espèces capables de coexister dans la communauté à partir de ce pool. Les conditions abiotiques et les interactions biotiques sont les deux forces principales qui contribuent au "filtre écologique" (Lepš, 2005). Ces deux types de facteurs ont un rôle aux échelles locales de la parcelle, et plus large du paysage.

### 2.5.1. Composition fonctionnelle : les traits des espèces

Au-delà des aspects strictement taxinomiques les espèces peuvent être traitées par une approche fonctionnelle de la diversité, qui propose de décrire les organismes par leurs propriétés fonctionnelles, qui sont plus directement utilisables dans un contexte agro-écologique (Grime, 200; Westoby et *al.*, 2002). En effet, les pratiques

agricoles mises en œuvre au niveau de la parcelle: labour, fertilisation, pâturage, etc., peuvent être considérées comme des facteurs du milieu particuliers qui agissent sur les organismes. Dans le paradigme "trait-environnement" qui s'est développé en écologie des communautés au cours des 25 dernières années (Weiher & Keddy, 1999), ces facteurs sont considérés comme des filtres qui vont déterminer la composition des communautés locales à partir du pool d'espèces disponibles à un niveau régional (Fig. 4).



**Figure 4:** Schéma conceptuel présentant les effets des facteurs du milieu sur la composition des communautés (Woodward & Diament, 1991; Keddy, 1992).

L'idée centrale est que ces filtres opèrent non pas sur les espèces, mais sur les traits que portent ces espèces. Chaque filtre spécifique (régime de perturbation, fertilisation, interactions entre organismes, etc.) porte sur certains traits appelés "traits de réponse" (Fig. 4). Selon ce modèle, la composition des communautés doit pouvoir être prédite à partir des informations sur la nature et la force des filtres d'une part, et de la nature et de la valeur des traits de réponse filtrés d'autre part.

### 2.5.2. Rôle pour la diversité ou la composition fonctionnelle

Comme pour l'impact des pratiques agricoles au niveau parcelle, très peu de travaux analysent l'impact de l'agriculture sur la composante fonctionnelle de la biodiversité via la structuration d'ensembles d'habitats aux échelles supérieures à la parcelle. Ces travaux se résument presque toujours à des études portant là encore sur

## Synthèse bibliographique

---

des groupes taxonomiques, mais où le fort lien qui existe entre ces groupes et une ou des fonction(s) permet malgré tout de raisonner en termes de diversité fonctionnelle.

En particulier, une synthèse des travaux publiés traitant des effets de la structure du paysage sur l'intensité du service écologique de contrôle des insectes ravageurs des cultures (comparaison entre paysages complexes et hétérogènes ayant une forte proportion d'habitats non cultivés, et paysages peu complexes et relativement homogènes comportant peu d'éléments non cultivés), a montré que dans 74% des cas les populations d'auxiliaires étaient plus nombreuses dans les paysages complexes, et dans 45% des cas les ravageurs étaient moins nombreux dans ces mêmes paysages complexes (Bianchi et al., 2006).

La même synthèse établit que l'activité la plus forte des auxiliaires dans les paysages complexes est liée dans 80% des cas à des habitats herbacés (jachères, bords de champs), dans 71% des cas à des habitats boisés et dans 70% des cas à des paysages en mosaïque à habitats en taches. Ces paramètres structuraux sont donc importants pour favoriser les auxiliaires de ce fait les paysages diversifiés et complexes sont plus aptes à préserver la biodiversité fonctionnelle et par conséquent à supporter le service écologique de contrôle des bioagresseurs (Bianchi et al., 2006).

La structure d'un paysage et notamment la répartition des divers milieux semi-naturels affectent ainsi indirectement le niveau d'expression du service écologique de contrôle des bioagresseurs. Ainsi, les espèces mobiles répondent à la proportion d'espaces non cultivés à l'échelle du paysage: les araignées Lynphiidés se déplacent sur plusieurs kilomètres en faisant du "balloning" (déplacement aérien passif grâce à un amas très lâche de fils de soie enchevêtrés faisant office de "voile") (Schmidt & Tschardtke, 2005), les micro-hyménoptères se déplacent quant à eux sur quelques centaines de mètres à deux ou trois kilomètres (Thies et al., 2005; Roschewitz et al., 2005b).

Des publications non prises en compte dans cette revue bibliographique soulignent la même importance de la complexité structurale des paysages pour une expression accrue du service écologique de contrôle naturel des bioagresseurs. Ainsi, Volk et Stechmann (1998) rapportent que le parasitisme du puceron noir de la fève *Aphis fabae*, sur plusieurs plantes hôtes (fève, betterave fourragère, adventices), a augmenté avec le degré de complexité du paysage. Shrewsbury et Raupp (2006), le mentionnent même au sujet de paysages urbains aux Etats-Unis, dont la complexité structurale favorise l'action d'araignées prédatrices d'insectes phytophages pour le bénéfice de plantes ornementales.

### **2.6. Indicateurs de biodiversité**

Les organismes vivants sont sensibles au milieu dans lequel ils vivent, et leur présence et leur abondance peuvent donc varier selon l'état de ce milieu. Une espèce ou un taxon peut être un bon indicateur de la teneur en métal dans l'environnement, sans que cela renseigne sur la biodiversité. Cet organisme sera alors considéré comme un indicateur ou un bio-indicateur de contamination ou encore un indicateur environnemental, mais pas un indicateur de biodiversité (McGeoch, 1998). Cette distinction est importante à faire pour ne pas considérer comme indicateur de biodiversité tout indicateur mettant en jeu un organisme vivant. Plusieurs classifications des indicateurs de biodiversité ont été proposées (Waldhardt, 2003; Levrel, 2007), ce qui s'explique par les critères variés pour qualifier les indicateurs. Nous proposons ici de classer les indicateurs de biodiversité en deux grandes familles :

#### **2.6.1. Les indicateurs "directs"**

Ils se basent sur le dénombrement direct ou l'estimation de l'abondance de variétés, de races, d'espèces, de taxons, d'écosystèmes, qui cherchent donc à évaluer directement la biodiversité. Ces indicateurs peuvent être simples (ex : une espèce) ou composites (intégrant un calcul comme l'indice de Shannon). Ils sont d'abord importants pour l'évaluation et la compréhension, et peuvent pour certains être employés comme outils d'aide à la décision ;

Les trois "types" de biodiversité (génétique, spécifique, écosystémique) ont donné lieu à trois types d'indicateurs à paramètre unique (c'est-à-dire utilisant une seule unité de mesure comme l'abondance ou la présence), relatifs respectivement à la variabilité génétique, à la diversité spécifique, et à la diversité d'un écosystème (Levrel, 2007).

La diversité spécifique est sans nul doute l'indicateur le plus utilisé, mais il a plusieurs limites. Compte tenu du faible nombre d'espèces connues dans certains groupes (notamment insectes et microorganismes), les diversités observées représentent une partie de la réalité. La valeur de toutes les espèces y est considérée comme équivalente, ce qui n'a pas de sens, ni sur le plan écologique, ni sur le plan agronomique. En outre, les disparitions et apparitions d'espèces ont fréquemment des dynamiques plus longues que les évolutions de l'environnement et surtout que les pratiques de gestion (agricoles en particulier). Il est souvent "trop tard" pour modifier la pratique quand une espèce disparaît ou est en voie de disparition.

L'abondance est un critère beaucoup plus intéressant de ce point de vue, car beaucoup plus rapidement sensible aux modifications de l'environnement. Moreno et al. (2007), considèrent que les inventaires exhaustifs de biodiversité ne sont pas les moyens les plus efficaces pour évaluer l'état de cette biodiversité. Différencier les

## Synthèse bibliographique

---

espèces selon leurs caractéristiques (fonctionnelles) et/ou leur rôle constitue un progrès par rapport à la valeur indicatrice de la richesse spécifique, d'autant plus que l'on s'intéresse à leur abondance. Il s'agira par exemple des'intéresser à une espèce ingénier, parapluie, clé de voûte ou indicatrice. De nombreux travaux ont été conduits pour évaluer la pertinence de la prise en compte d'une espèce pour rendre compte d'autres espèces, dans une démarche de recherche des "surrogates species" (Fleishman et *al.*, 2005). Il apparaît cependant peu utile d'utiliser des indicateurs basés sur un nombre très réduit d'espèces ou de taxons (Mac Nally et *al.*, 2002). Des méthodes existent pour évaluer la pertinence de l'utilisation d'un taxon comme indicateur de biodiversité (Pearson, 1994).

L'utilisation des indicateurs directs nécessite de se poser les "bonnes questions" sur les hypothèses de base liées à leur choix, sur le niveau d'échantillonnage, la fréquence des observations, les interactions entre indicateurs (éventuellement leur neutralisation), les évaluations en double, etc. (Buchs, 2003).

Des indicateurs composites peuvent être calculés en associant plusieurs unités de mesure pour former un indicateur unique (Levrel, 2007). L'indice de Shannon et celui de Simpson, qui combinent le nombre d'espèces et l'abondance de chacune d'entre elles, sont un exemple parmi d'autres de ces indices composites basés sur des mesures directes de la biodiversité. Les indicateurs composites posent deux types de questions (Levrel, 2007) :

(i) le mode de regroupement des populations ou des espèces et les critères d'évaluation de ces groupes, et

(ii) les modalités de pondération de l'importance des espèces ou des groupes. Selon Balmford et *al.* (2005), les regroupements taxonomiques doivent permettre d'évaluer la taille des populations et leurs risques d'extinction, l'évolution des habitats, les services écosystémiques fournis à l'homme, les forces qui sont à l'origine de l'érosion de la biodiversité, et l'efficacité des mesures de conservation.

Les indicateurs composites posent, comme les indicateurs simples, un certain nombre de problèmes, comme les éventuelles compensations liées au calcul de l'indicateur, ce qui amène Buckland et *al.* (2005) à conseiller de leur associer systématiquement des indicateurs simples comme la richesse spécifique. Par ailleurs, la pondération des espèces

### 2.6.2. Les indicateurs "indirects"

Ils appréhendent la biodiversité en s'intéressant notamment aux facteurs qui constituent un risque ou une opportunité pour la biodiversité, aux conséquences de l'état de la biodiversité et aux réponses des écosystèmes des systèmes humains (sur le

## *Synthèse bibliographique*

---

plan social, économique et politique) à l'état de la biodiversité. Ces indicateurs sont avant tout orientés vers la prise de décision, et l'évaluation des moyens mis en œuvre pour favoriser la biodiversité (ex : changements de pratiques des agriculteurs, succès des politiques agri-environnementales en faveur de la biodiversité, évolution du paysage).

Les deux types d'indicateurs peuvent renseigner sur la biodiversité en elle-même, mais aussi sur les fonctions qui lui sont associées (Clergué et al., 2005).

Ce type d'indicateur s'appuie sur des mesures ou des observations d'informations autres que la biodiversité en elle-même, mais qui lui sont directement liées. Dans cette liaison de cause à effet, la biodiversité peut être soit l'effet (ex : pression des pesticides sur la biodiversité) soit la cause (ex : perte de valeur écologique ou économique en raison d'une réduction de la biodiversité). Les indicateurs indirects de biodiversité sont essentiellement des indicateurs composites, la prise en compte d'une seule information (par exemple, en agriculture : la quantité de fertilisation minérale) étant généralement très insuffisante pour expliquer l'état de biodiversité et pour en tirer des conclusions utiles pour l'aide à la décision, le premier objectif des indicateurs indirects.

Parmi les indicateurs de biodiversité relatifs à l'agriculture recensés par l'EEA en 2002, on peut citer des indicateurs :

- *de forces directrices* : intensité de l'agriculture, politique agricole commune,
- *de pression* : utilisation de pesticides, changement de l'utilisation des terres,
- *d'état* : nombre de variétés (plantes cultivées) inscrites au catalogue, ratio entre le nombre d'espèces généralistes et spécialistes dans un territoire, longueur de haies, richesse spécifique (oiseaux, plantes, insectes...),
- *d'impact* : nombre d'espèces en danger, fragmentation des habitats, niveau de dégradation des sols...
- *de réponse*: contrats agri-environnementaux, surfaces converties en agriculture biologique, filières économiques valorisant des modes de production traditionnels...

## Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

### 1. Présentation de la région d'étude : La Mitidja

#### 1.1. Situation géographique

La Mitidja est la plus vaste plaine sub-littorale d'Algérie. Elle s'étend sur 140.000 hectares, s'étirant sur une centaine de kilomètres de long, et 5 à 20 kilomètres de large. Elle est isolée de la mer par la ride de Sahel, prenant appui sur le vieux massif de Chenoua. Elle est située à l'est d'Alger entre l'Oued Rghaia et Oued Boudouaou. La Mitidja est bornée par tout un ensemble de montagnes. Sur sa partie nord-ouest et à l'ouest, on trouve le Djebel Chenoua et la retombée de la chaîne de Boumaad avec le Djebel Zaccar formant la plaine. Plus au sud, l'Atlas Mitidji en constitue une barrière continue. A l'est, le relais est pris par les premières chaînes de calcaire du massif Kabyle (Djebel Bouzegza). Enfin, ce sont les hauteurs et les collines de Basse Kabylie qui ferment la plaine à l'est (Fig. 5), (Mutin, 1977, Bounaceur 2010).

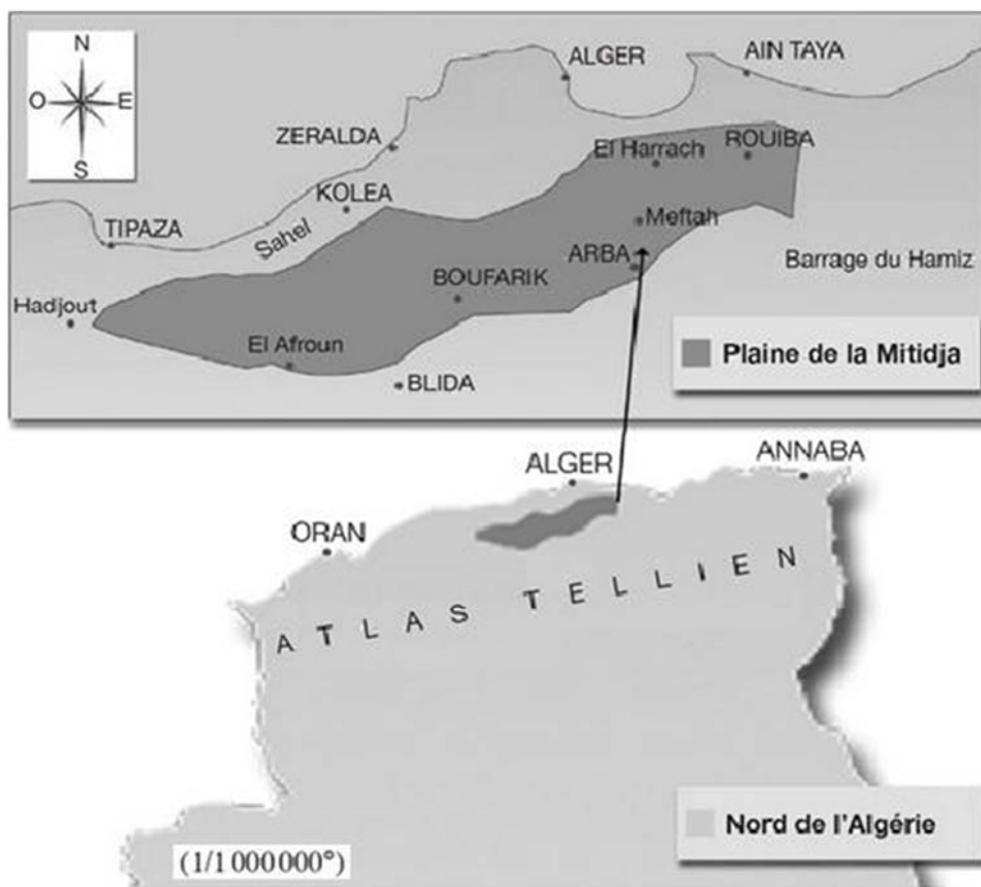


Figure 5: Limite géographique de la Mitidja (Mutin, 1977)

La plaine ne s'ouvre directement sur la mer que sur quelques kilomètres séparant l'Oued Réghaia et l'Oued Boudouaou bordée de collines et de montagnes. Elle constitue une vaste carène dissymétrique sur fond incliné. Cette inclinaison est particulièrement nette dans la partie centrale. Sur la lisière méridionale, les altitudes dépassent toujours les 160 mètres, atteignant les 260 mètres à Blida, pour s'abaisser vers le nord. Ainsi, dans la basse plaine, le point le plus bas est à 16 mètres. Par contre, aux deux extrémités, les altitudes se relèvent jusqu'à 60 à 70 mètres à l'est (Loucif et Bonafonte, 1977).

### **1.2. Caractéristiques climatiques**

Le climat de la Mitidja est de type méditerranéen à tendance continentale (été humide à hiver frais), favorable à l'activité agricole avec une pluviométrie majoritairement hivernale et printanière, sont caractérisées par une grande irrégularité inter annuelle et inter-mensuelle avec une moyenne de 660 mm/an et une évapotranspiration (ETP) moyenne de l'ordre de 1 400 mm/an. Toutefois, on observe un climat qui tend de plus en plus à l'aridité : depuis 30 ans, la zone n'a connu que huit années humides (Imache et al, 2006, Aroun 2015).

La température est un facteur limitant, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces des communautés vivant dans la biosphère (Ramade, 1984). La moyenne des températures minimales (T.min) du mois le plus froid est comprise entre 0 et 9 °C dans les régions littorales et entre -2 et +4 °C dans les régions semi-arides et arides. En hiver, les Hauts Plateaux steppiques sont plus froids que l'Atlas Tellien, le littoral et le Sahara. Le mois de janvier est le plus froid de l'année. Il est à noter la grande amplitude de variation de la température (8,7°C) en allant du nord au sud. En été, les températures restent assez voisines. La moyenne des températures maximales (Max) du mois le plus chaud varie avec la continentalité. Elle est de 28°C à 31°C sur le littoral, de 33°C à 38 °C dans les Hautes Plaines steppiques, et supérieure à 40°C dans les régions sahariennes. (Allal-Benfekih, 2006).

Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle. Djellouli (1990), les précipitations mensuelles en Mitidja ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été cette distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche joue un rôle régulateur des activités biologiques des ravageurs (Keïta et al, 2000). Mutin (1977), est estimé que celle-ci varie entre 600 et 900 mm en fonction de la région considérée. En Mitidja, les précipitations sont caractérisées par une grande variabilité en fonction des années, et aussi en fonction des mois de la même année. Dans un intervalle de plus de 380 mm et moins de 787,88 mm et ont lieu durant l'hiver et le printemps, le mois le plus humide est décembre et le plus sec est juillet (Aroun, 2015).

Dans cette partie la première étape consiste à la présentation de la zone d'étude aussi leur caractéristique climatique, ensuite l'explication de la technique d'échantillonnage encore Tri, identification et nomenclature et en fin la méthode d'analyse des données.

### 2. Présentation de la zone d'étude

L'étude a été menée dans un domaine viticole s'intégrant dans la partie occidentale de la plaine de la Mitidja (Nord de l'Algérie). La ferme viticole BELALIA Ahmed est située à Ahmar El Ain wilaya de Tipasa (36°28'42''Nord, 2°33'50''Est); d'une superficie de 150 Hectares dont 30 hectares de vigne de cuve répartie sur cinq variétés (Cabernet sauvignon, Syrah, Pinot noir, Merlot, Sangiovese) (Fig. 6).

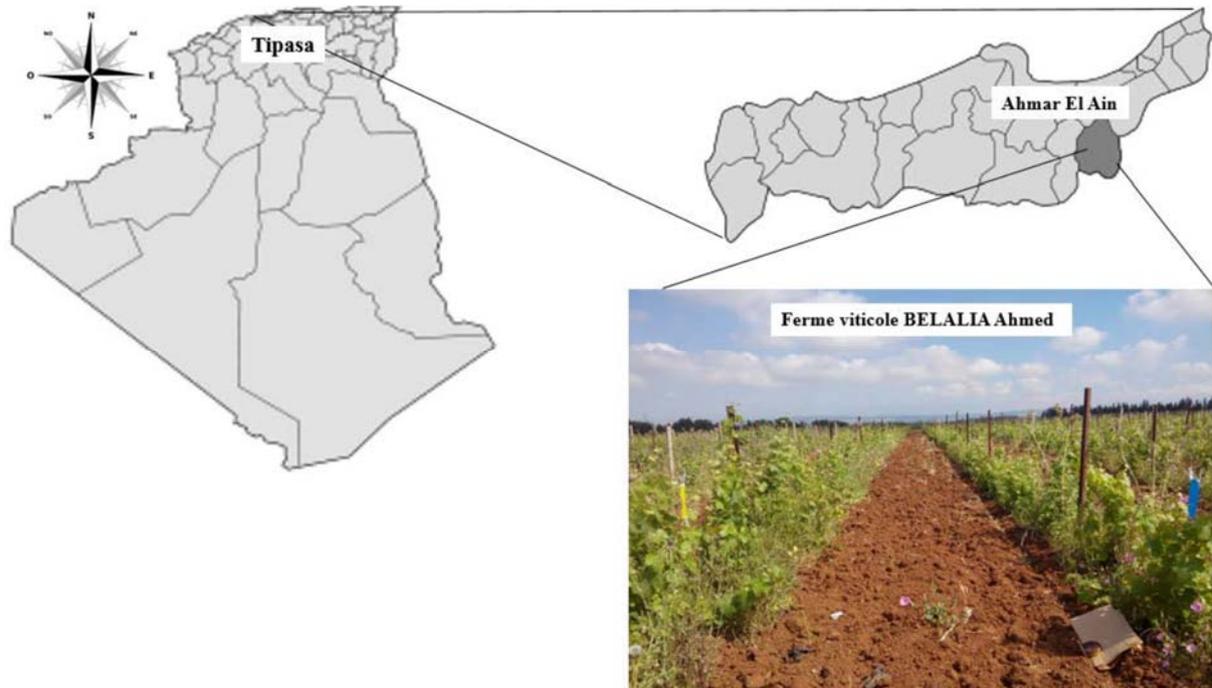


Figure 6 : Présentation de la station d'étude ferme BELALIA (Ahmar El Ain-Tipasa)

Nos investigations ont porté sur un ensemble de parcelle de 5 hectares, constituée de deux cépages de cuve, cépage ou variété à part entière. Nous avons choisi un cépage de cuve syrah et cabernet sauvignon, les caractéristiques des deux cépages sont rapportés dans le tableau ci-après.

Tableau 3 : Caractéristiques des cépages ayant servi à l'étude de l'entomocénose

Cépages	Superficie de la parcelle	Age du vignoble	Porte-greffe
Syrah	2 ha	13 ans	1103pc1113
Cabernet sauvignon	3 ha	13ans	So4cl5

La majorité de la plaine sublittoral de la Mitidja, et notamment la zone de l'étude, si situe dans l'aire géographique du climat méditerranéen. De par sa configuration et sa situation géographique, la Méditerranée connaît une alternance de saisons océaniques tempérées, marquées par de fortes pluies, généralement concentrées sur l'automne et l'hiver et des étés arides et chauds (Valdes Gomez, 2007). Concernant la zone d'étude, la température varie autour de 10,30 à 19,81°C durant l'automne et l'hiver, et autour de 27,32°C en moyenne durant l'été. La moyenne pluviométrique de la Mitidja occidentale varie entre 600 et 900 mm

## Matériel et Méthodes

de pluies par an selon un gradient orienté de la région côtière la moins pluvieuse, vers l'atlas Blidéen le plus pluvieux. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен établie pour la période de 10 ans (2006-2016) révèle l'existence d'une seule période sèche qui s'étale d'Avril à Octobre et de deux périodes humides s'étalant respectivement de Janvier à Avril et D'octobre à Décembre (Fig 7). Le climagramme d'EMBERGER nous a permis de classer la station d'étude dans l'étage bioclimatique humide a hiver très chaud.

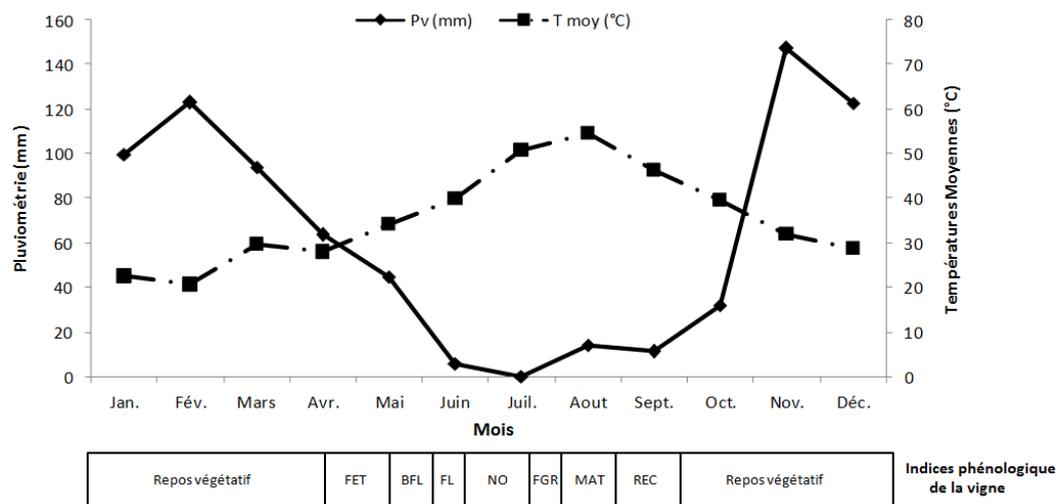


Figure 7: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la station d'étude établi sur une période de 10 ans (2006-2016)

FET: Feuilles Etalées, BFL: bourgeons floraux, FL: floraison, NO: Nouaison, FGR: fermeture de la grappe, MAT: maturation, REC: récolte

### 3. Technique d'échantillonnage

L'échantillonnage de l'entomocénose de cabernet sauvignon et syrah doit ouvrir la possibilité de délimiter les communautés d'un point de vue quantitatif (richesse spécifique, abondance) mais aussi qualitatif au travers le statut écologiques et la succession des groupes trophiques. Nous avons adopté une approche classique qui fournit un inventaire de bonne qualité et des informations spatialisées par le recours à la méthode de transect linéaire (line intersect sampling) (Van Wagner, 1982; Waddell, 2002; Woldendorp *et al.*, 2004). Le positionnement des transects est de type systématique avec un point de départ aléatoire de manière à obtenir une surface d'inventaire suffisante tout en restant à l'intérieur de l'homogénéité de la parcelle. Nous avons donc retenu, trois transects relativement courts (100 m) disposés en lignes parallèles, espacés entre eux de 100 m. Ils sont alors orientés dans le sens de la pente ou parallèlement aux courbes de niveau selon la configuration topographique du terrain. Pour la collection d'une entomocénose ordonnée dans le temps et dans l'espace, tous les 10 jours durant la période d'Avril à Août 2016, nous avons choisi de prélever cinq feuilles par cépage se positionnant au niveau des placeaux d'observation retenus chaque 10

## *Matériel et Méthodes*

---

mètres le long du transect. Tous les prélèvements et les observations ont été réalisés entre 9 heures et 13 heures (Bastide, 1989 ; Rouvinen et Kuuluvainen, 2001). Nous avons performé notre inventaire par l'utilisation d'un système de piège jaune englué. Ce type de piège vise à capturer l'entomocénose circulante. Le piège a été installé à partir du premier fil de palissage, à raison d'un piège par transect (Fig.8). Les pièges sont prélevés et renouvelés tous les 10 jours. Ce délai est un compromis acceptable entre la réduction des déplacements et la conservation des individus piégés, pour les stades phénologiques nous avons adopté l'échelle de Baggiolini. (Fig 9)



Figure 8: Piège jaune englué installé un fil de palissage (photo originale)

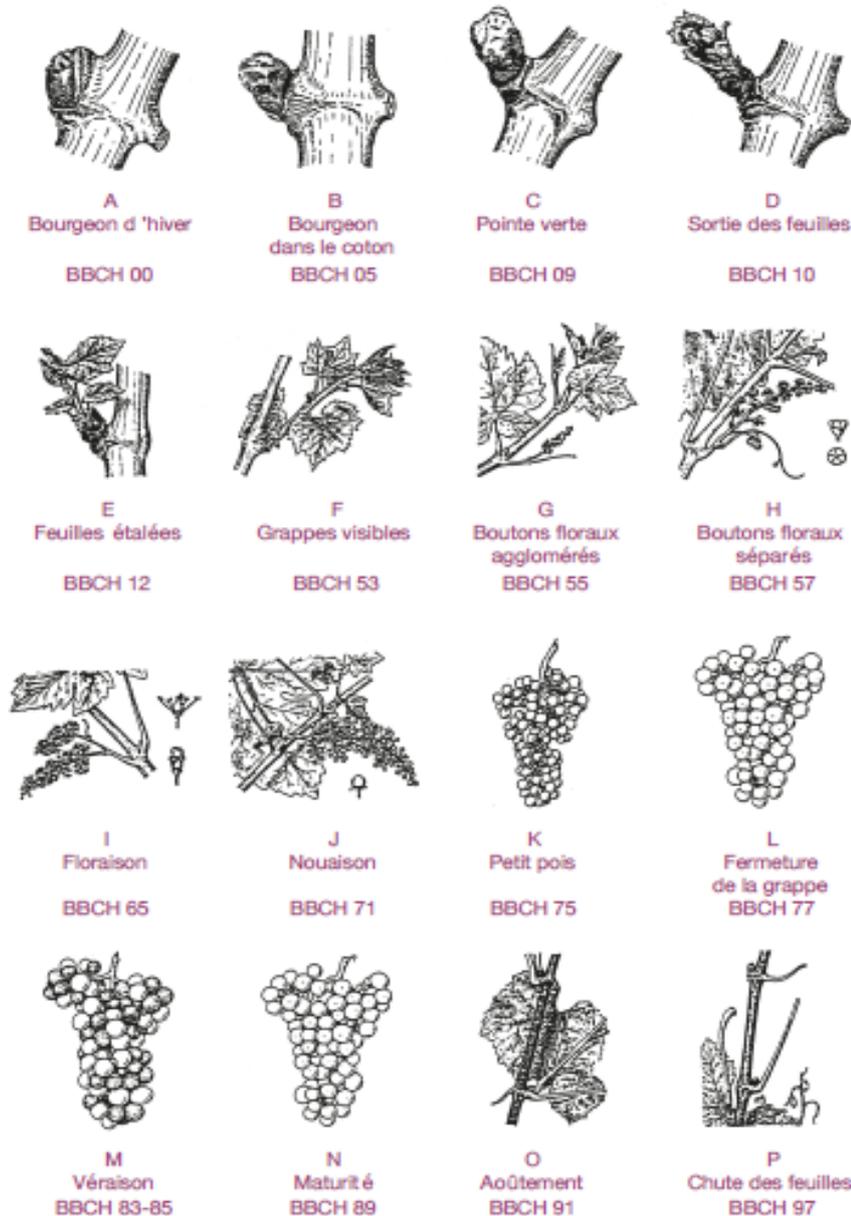


Figure 9: Stades phénologiques repères de la vigne selon Baggiolini (en lettres) et selon la classification internationale (BBCH). (Photo d'Alain REYNIER)

#### 4. Tri, identification et nomenclature

Les individus récoltés sont répertoriés puis tous les échantillons correspondant à une date de prélèvement sont additionnés. Chaque spécimen est comptabilisé et identifié (Fig 10). L'identification des espèces se base sur la littérature spécialisée notamment celle de Sentenac (2011), Triapitsyn (2006) Hansson et Navone (2017), Delvare (2006), Nusillard (2006), Reynaud (2006), Ferran (2009), Baroad et *al.* (2016), Joposhvili (2014), Vaduvoiu et Metrea (2013), Della Giustina (1989), Notton et *al.* (2014), Doganlar (2013), Kavallieratos et *al.* (2013), Mirab-balou et Chen (2010), Polaszek et Lasalle (1995), Saguez et *al.* (2015), Hernandez et *al.* (2010), Raspius et Bouček (1991), Stary et Schlinger (1966,1967), Ward (2013), Perkins (1976), Derolez et *al.* (2014), Perrier (1930), Villiers (1977), Frank et Ahn



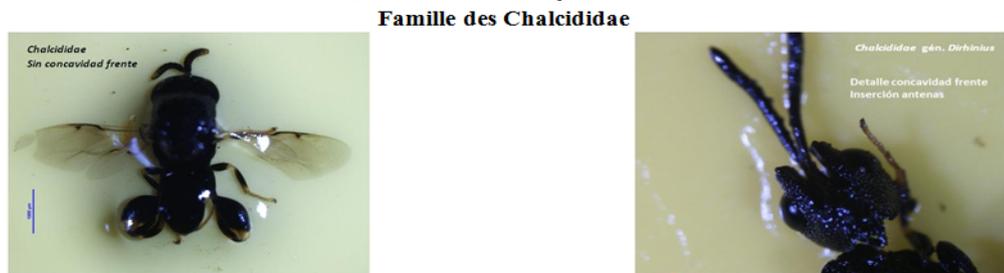
## Matériel et Méthodes



- Corps présentant un éclat métallique.
- Tarses composés de 5 articles.
- Flagelle antennaire présentant toujours 2 ou 3 anelli et ou 5 articles au funicule.
- Propodéum présentant souvent des plicae.
- Notaules souvent incomplets.
- Ovipositeur à saillant à l'extrémité du gaster (presque toujours).
- Cerques sous forme de langues soies insérées sur de petites plaques.



- Tarses de 4 articles.
- Flagelle antennaire comprenant un nombre réduit d'articles, le funicule en comprenant 2 ou 3 anelli discoïdes suivant de 5 articles.
- Gaster subsessile, porté par un pétiole transverse ou allongé, gaster toujours distinctement séparé du mésosoma.
- Front présentant au moins une suture transverse sous l'ocelle médian.
- Eperon apical du tibia antérieur droit.
- Corps présentant souvent un vif éclat métallique et/ou des parties jaunes vif.



- Prépectus très réduit, à peine visible.
- Fémur postérieur fortement épaissi, denté ou scerulé sur sa marge postérieure.
- Corps dépourvu d'éclat métallique (chez les espèces européennes).
- Joue carénée sur sa marge postérieure.
- Propodéum entièrement aréolé.



- Pronotum habituellement non élargi, quand élargi alors sans extension vers l'arrière.
- Tibia postérieur à section anguleuse sans épine fixe mais avec de nombreux aiguillons mobiles.

Figure 10 : Montage d'identification de quelques espèces inventoriées

### 5. Méthode d'étude

#### 5.1. Inventaire du complexe entomologique fonctionnel de la vigne *Vitis vinifera* dans la Mitidja centrale. Effet du cépage et de l'indice phénologique sur la structuration des réseaux trophiques

##### 5.1.1. Estimation de la richesse spécifique

La richesse des espèces a été calculée selon le programme de raréfaction de logiciel Past3.1.0 (Hammer et *al.*, 2011). Nous avons appliqué les analyses de richesse d'espèce sur les limites supérieures et inférieures à hauteur d'un intervalle de confiance 95%. Ce qui définit le nombre prévu d'espèces représenté parmi un nombre donné d'individus (Colwell et *al.*, 2012).

##### 5.1.2. Statut écologique

La fréquence centésimale et la constance ont été utilisées pour établir le statut écologique des espèces recensées. La Fréquence centésimale renseigne sur l'importance de chaque espèce, elle est définie par le pourcentage des individus de l'espèce ( $n_i$ ) par rapport au total des individus  $N$  de toutes espèces confondues (Dajoz, 1971). Elle est évaluée par la formule suivante:

$$F\% = n_i \times 100 / N$$

Où

$n_i$ : est le nombre des individus d'une espèce

$N$ : est le Nombre total des individus toutes espèces confondues.

Concernant la Constance, elle s'exprime en pourcentage et elle se définit par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total de relevés (Dajoz, 1985). Elle est calculée par la formule suivante:

$$C\% = P_i \times 100 / P$$

Où

$P_i$ : est le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée et

$P$ : est le nombre total de relevés effectués.

On considère qu'une espèce est accidentelle si:  $C\% < 25\%$ , dans ce cas l'espèce arrive par accident ou par hasard, elle n'a aucun rôle dans le peuplement.

Accessoire si:  $25\% \leq C\% \leq 50\%$ , Celle-ci n'appartient pas au peuplement mais sert à son fonctionnement.

Régulière si:  $50\% \leq C\% \leq 75\%$

Constante si:  $75\% \leq C\% \leq 100\%$

Omniprésente si:  $C\% = 100\%$ .

Les espèces constantes et omniprésentes sont les plus dominantes, car elles ont plus de nourriture et ont une étendue plus vaste (Dajoz, 1985).

### 5.1.3. Amplitude d'habitat

La répartition spécifique est examinée par le calcul de l'amplitude d'habitat ( $AH$ ) de chaque espèce. (Roux et Slimani, 1992). L'évolution numérique de chaque espèce sera examinée le long du gradient de végétation du vignoble qui correspond à des valeurs croissantes de la densité foliaire de la Canopée. Relativement à cette série, chaque espèce sera caractérisée par les valeurs de son "barycentre" ( $g$ ) et de son "amplitude d'habitat" ( $AH$ ) (Blondel, 1979). Ces paramètres sont définis comme suit pour une succession de  $n$  biotopes.

Le barycentre d'une espèce mesure le centre de gravité de la distribution de ses individus dans le gradient végétal.

Le barycentre temporel se déduit de la formule suivante :

$$g = \frac{\sum (R_{Gi} \times A_{Bi})}{\sum A_{Bi}}$$

Avec

$R_{Gi}$  = rang du stade végétatif

$A_{Bi}$  = abondance de l'espèce au stade végétatif  $i$

En revanche, l'amplitude d'habitat traduit l'amplitude de la niche spatiale. Il est défini par la formule :

$$AH = e^{H'}$$

Où

$e$ : base des logarithmes népériens

$H' = -\sum P_i \cdot \log_2(P_i)$ .

$P_i$  : est la proportion des individus de l'espèce dans le milieu  $i$ .

Ce paramètre varie de 1 à  $n$  (pour  $n$  stade végétatif étudiés).  $AH$  vaut 1 quand l'espèce n'est présente que dans un stade végétatif et  $n$  quand l'espèce est répandue de manière égale dans les ( $n$ ) stades végétatifs (ici,  $n = 7$ ).

### **5.2. Evaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles du Romarin *Rosmarinus officinalis* sur la cicadelle verte de la vigne *Jacobiasca lybica***

#### **5.2.1. Présentation des différentes conduites culturales (application des différents régimes de stress)**

Deux modes de stress ont été conduits à savoir :

(i) *Stress salin* où des plantes du Romarin ont été irriguées par une solution saline. Cette dernière est préparée par la dilution de NaCl dans l'eau courante ; une dose de 4,2g de NaCl/l. a été retenue (Allagui et *al.*, 1994). La solution saline est importée par voie foliaire et par absorption racinaire le stress est maintenu pendant 21 jours,

(ii) *Stress hydrique*, où des plantes du Romarin ont été privé d'eau pendant 21 jours,

(iii) des plantes du Romarin ont été prise comme témoin, ces dernières ont été irriguée à l'eau courante durant la même période de l'application des deux régimes de stress.

#### **5.2.2. Extraction des huiles essentielles**

A partir de chaque bloc 3kg de matière végétal de la partie aérienne a été prélevée et sécher séparément à l'air libre pendant une semaine. 100 g de matière végétale sèche est placée dans 1 litre d'eau distillée en utilisant un appareil de type Clevenger selon la méthode préconisée dans la Pharmacopée européenne (2004), l'extraction est effectuée durant trois heures, durée nécessaire à l'épuisement de la matière première (environ 90%) en huile essentielle, après on récupère les vapeurs refroidies. Enfin, les huiles essentielles sont récupérées dans des flacons en verre scellées puis conservées au réfrigérateur à 4°C.

#### **5.2.3. Estimation des rendements en huiles essentielles**

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre le volume d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal à traiter (Jdidi, 2015). Le rendement en huile essentielle (exprimé en pourcentage par rapport au 100g de matière sèche) a été calculé par la relation suivante :

$$\text{Rd HE (\%)} = (V / M MV) \times 100$$

Avec:

Rd HE (%): rendement en huile essentielle exprimé en pourcentage.

V: volume d'huile essentielle en ml.

M MV: la masse de la matière végétale utilisée (sèche).

### 5.2.4. Analyse chromatographique

Les composés volatils isolés ont été analysés par la GC/MS, en utilisant le chromatographe type série HP 6800 couplé à un Spectromètre de masse série HP MSD 5973. La température du four a été programmée à partir de 60°C pendant 2 min, 2°C/min jusqu'à 280°C, isotherme pendant 5 min. La température d'orifice de l'injecteur a été maintenue à 250°C, la température du détecteur a été fixée à 280°C. La colonne utilisée est une colonne capillaire HP-5MS (30 m -0,25 mm), l'épaisseur du film est de 0,25 µm. Le gaz vecteur utilisé est l'hélium pure (99,995% de pureté), avec une vitesse d'écoulement de 0,5 ml / min et le volume d'échantillon analysé était de 1 µl avec un mode d'injection en split (rapport de fuite : 1/20 débit 112 ml/min). Le spectromètre de masse a été opéré de l'impact de l'électron mode positif (70eV). La portée de spectres de masse était de 34 à 550 m/z. Les composés de l'huile essentielle ont été identifiés en comparant les données de spectres de masse avec les spectres disponibles dans les bibliothèques de spectres de masse Wiley 7nI et NIST 02.L. D'autres confirmations d'identification sont fondées sur les indices de Kovats (IK) et font référence à des données de l'indice de rétention générées à partir d'une série de standards connus de mélange d'alcane (C8-C28) (Aldrich Bibliothèque de normes de produits chimiques) et à ceux précédemment rapportés dans la littérature (Zouaria et al., 2013 ; Moumene et al., 2016).

### 5.2.5. Formulation des bioproduits

Les trois types d'huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* sont conservés dans des tubes opaques en verres à une température de 6°C. A partir des huiles essentielles obtenues selon les différentes conduites, nous avons procédé à leur formulation on suivant le protocole établi par Baba Aissa et al.(2017) qui consiste à mélanger un tensioactif et un co-tensioactif d'origine végétale avec l'huile essentielle du *Rosmarinus officinalis* comme principe actif.

### 5.2.6. Application des bioproduits

Afin d'estimer le potentiel biocide des bioproduits formulés a base d'huile essentielle de *R. officinalis* sur la disponibilité de *Jacobiasca lybica*, des blocs élémentaires constitués chacun de 20 cèpes ont été mis en place. L'essai est réalisé en factoriel bloc Fisher. Le dispositif expérimental est composé de 20 unités expérimentales relatives aux quatre traitements du facteur principe actif. Une seule dose a été utilisée composée de 1g de la formulation mère (10% huile essentielle + 90% bioadjuvants) dilué dans 1 L d'eau. Le témoin étant une formulation à blanc (bioadjuvants sans matière active), dont la dose est à la même concentration que celles des traités. Les traitements ont été administrés par application foliaire a l'aide d'un pulvérisateur manuel.

### 5.2.7. Estimation des abondances de *Jacobiasca lybica* sous l'effet des bioproduits

Technique de dénombrement effectuée sur les individus de *J. lybica* obtenues par le biais de l'échantillonnage destructif consiste à prélever deux feuilles sur dix cépages disposer selon

deux diagonales tracer a l'intérieure de la parcelle (Bastide, 1989). Les différents stades biologiques (larves et adultes) ont été comptabilisés sur une période de dix jours à partir de la date d'application des traitements.

### 5.2.8. Estimation des populations résiduelles de *Jacobiasca lybica* sous l'effet des bioproduits

L'évaluation de la toxicité des bioproduits formulés à base d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* issus des différentes conduites a été réalisée par l'estimation des populations résiduelles (P.R.) selon le TEST de DUNNET (Magali, 2009).

$$PR = \frac{\text{Nb de formes mobiles (NFM) par traitement}}{\text{Nb de formes mobiles par témoin (eau)}} \times 100$$

Le test estime la toxicité des principes actifs selon les valeurs de P.R.

P.R. <30% bioproduit toxique,

30%<P.R. <60% bioproduit moyennement toxique et

P.R.> 60% bioproduit faiblement toxique ou neutre.

### 5.2.9. Estimation des paramètres démographiques sous conditions contrôlées

Dans cette partie de l'étude, notre objectif se veut d'estimer les perturbations qui peuvent être opérées sur les paramètres démographiques suite aux apports des bioproduits formulés à base d'huile essentielle de romarin. Les temps de développement et la survie des stades immatures avaient fait l'objet d'estimation sous l'effet de trois huiles essentielles de *R. officinalis* issues de trois conduites. Pour les femelles adultes et les larves du cinquième stade, 10 individus ont été disposés séparément sur des Boutures de vigne au stade 4 feuilles (plantés dans des conteneurs remplis d'un mélange de tourbe et de terre) dans une chambre climatique (Phytotron 27°C, 60% H, 10 h d'obscurité et 14h lumière). Chaque dispositif reçoit une application foliaire du bioproduit formulé à base d'huiles essentielles ( $V_{HE-FORMULÉE}/100V_{EAU-COURANTE}$ ) issues des différents régimes de stress. Les données des paramètres populationnels nous ont permis de calculer certains paramètres démographiques de la cicadelle verte *Jacobiasca lybica* selon la table proposée par Carey (1982) (tableau 4).

Tableau 4: Estimation des paramètres démographiques

Symbol	Parameter	Formula
$x$	Age in days *	-
$l_x$	Probability of surviving to age $x$	-
$m_x$	Number of female offspring produced at age $x$	-
$R_0$	Net reproductive rate	$\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$
$r$	Intrinsic rate of increase **	$1 = \sum_{x=0}^{\infty} e^{-rx} l_x m_x$
$b$	Intrinsic rate of birth	$1 / \sum_{x=0}^{\infty} e^{-rx} l_x$
$d$	Intrinsic rate of death	$r - b$
$\lambda$	Finite rate of increase	$e^r$
$T$	Méan generation time	$(\log_e R_0) / r$
DT	Doubling time	$(\log_e 2) / r$

$R_0$  : taux net de reproduction,  $r_m$  : taux intrinsèque d'accroissement potentiel,  $DT$  : temps de doublement d'une population,  $\lambda$  : taux fini d'accroissement  $x$  : âge de la femelle pour la journée,  $l_x$  : le nombre cumulatif des femelles vivantes à  $x$   $m_x$  : le nombre de descendants femelles par femelles à  $x$

## 6. Analyses statistiques

Nous avons utilisé la courbe asymptotique de Michaelis–Menten pour estimer la richesse de chaque indice phénologique par le recours à la procédure décrite par Estimate S 8.0 (Colwell, 2005.). Les corrélations existantes entre l'abondance des espèces inféodées au cépage cabernet sauvignon et sa variation phénologique saisonnière au niveau de la région de Ahmer El Ain (Tipasa) sont mises en évidence par une analyse detrended correspondance (DCA), suivie d'une classification hiérarchique à partir des distances euclidiennes calculées sur les coordonnées des 3 premiers axes de la DCA. Elle permet d'examiner les différences en composition et en assemblage d'un échantillon (Martikainen *et al.*, 2000). L'analyse était conduite par le logiciel PAST vers. 1.81 (Hammer *et al.*, 2001), sur une matrice basée sur l'abondance (prélèvement direct et indirect) et les périodes d'investigations dans la zone d'étude. Pour explorer les différences de structures des communautés de l'indice phénologique du cépage cabernet sauvignon, des diagrammes de Rang-abondance ont été tracés, et comparés au modèle de MOTOMURA (1932):

$$\log(N) = a * R + b$$

Où

$N$  est l'abondance (valeurs logarithmique) rassemblé pour une espèce  $R$  est la pente (Iganaki, 1967).

## *Matériel et Méthodes*

---

Les comparaisons des pentes des communautés ont été faites en utilisant la procédure décrite dans PAST vers 1.81 (Hammer et *al.*, 2001). Brièvement, les analyses de covariance ont été conduites en considérant les pentes comme moyennes et les carrés des erreurs standards des valeurs  $x$  comme les variances. La probabilité correspondante est calculée avec le test de BARLETT.

L'analyse statistique a concerné l'évaluation de l'activité insecticide des bioproduits formulé à base d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* issues de trois conduites sur La capacité de multiplication de la cicadelle verte *Jacobiasca lybica* dépendant de la fécondité, de la longévité et de la vitesse de développement des individus femelles et du derniers stade larvaire résumant l'ensemble de ces caractéristiques biologiques pour des populations théoriques vivant dans un environnement stable et illimité. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test ANOVA et le Test Newman-Keuls). Les contributions significatives retenues sont respectivement au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été réalisés par le logiciel XLSTAT vers. 16 (SPSS, 2016).

## Chapitre 3: Résultats

### 1. Inventaire des espèces folivores de deux cépages de la vigne *Vitis vinifera*

#### 1.1. Étude de l'entomocénose dans un agro écosystème viticole à deux cépages

Les données présentées concernent essentiellement le complexe entomologique fonctionnel de deux parcelles de vigne (Syrah et Cabernet sauvignon) non entretenue dans la Mitidja occidentale. Le dispositif de l'échantillonnage destructif a été mis en place entre avril et aout 2016 et les prélèvements ont été effectués chaque 10 jour. L'analyse portera sur l'ensemble du peuplement de l'entomocénose, à la fois sur le plan qualitatif que quantitatif. Au cours de cette étude, 1905 individus ont été inventoriés, dont 1156 individus ont été signalés sur Cabernet sauvignon et 749 individus ont été signalés sur Syrah. Cette disponibilité a met en évidence la complexité de distribution des espèces en fonction des stades végétatifs (Tab. 5).

Tableau 5: Abondance globale de l'entomocénose en fonction des stades végétatifs de la vigne

	Stades phénologiques	Abondance globale (Individus)
Stades phénologiques Cabernet sauvignon	Feuilles étalées	111
	Bourgeons floraux	60
	Bourgeons floraux séparés	181
	Début floraison	59
	Floraison	144
	Début nouaison	59
	Nouaison	48
	Fin nouaison	119
	Fermeture de la grappe	141
	Maturation	56
	Récolte	178
	<b>Total Cabernet sauvignon</b>	<b>1156</b>
Stades phénologiques Syrah	Bourgeons floraux séparés	81
	Floraison	134
	Fin nouaison	149
	Fermeture de la grappe	72
	Maturation	79
	Récolte	234
	<b>Total Syrah</b>	<b>749</b>
<b>Total disponibilité globale</b>	<b>1905</b>	

## Résultats

### 1.2. Influence du stade phénologique sur la disponibilité de l'entomocénose

Du point de vue numérique, les phases phénologiques des différentes variétés étudiées recrutent une disponibilité entomocénotique significativement contrastée. Ainsi, sur Syrah, les stades floraison, fin nouaison et récolte ont enregistrés les taux d'abondance les plus importants avec des valeurs respectives 17,89%, 19,89% et 31,24% (Fig. 11a). Par ailleurs, sur Cabernet sauvignon, les stades phénologiques bourgeons floraux séparés, floraison, fermeture de la grappe et récolte ont affiché les fortes disponibilités avec des taux respectifs de 15,65%, 12,46, 12,19% et 15,39% (Fig. 11b).

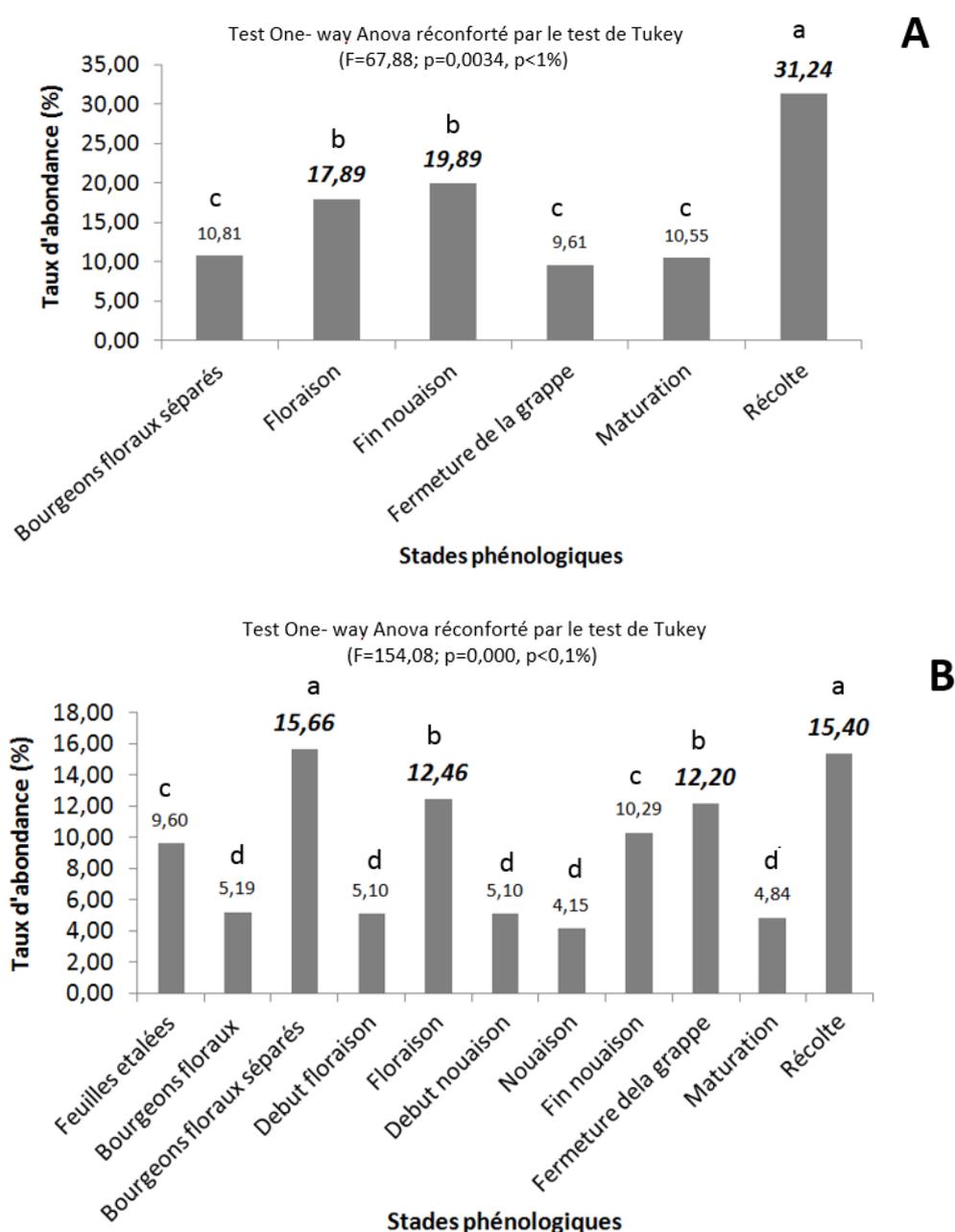


Figure 11: Disponibilité globale des espèces folivores selon la phénologie  
(A) Cépage Syrah, (B) Cépage Cabernet sauvignon

### **1.3. Effet variétale sur la disponibilité des groupes fonctionnels**

Du point de vue fonctionnalité de l'entomocénose des espèces folivores, les résultats ont montré que le cépage influence significativement la structure des réseaux trophiques. Ainsi, sur cépage Syrah, la structure des différentes guildes a montré une fluctuation très contrastée (Test One-way Anova,  $p < 1\%$ ). Les consommateurs primaires (CI) et les consommateurs secondaires (CII) ont dominés l'entomocénose folivore en affichant des disponibilités moyennes respectives 25,15 et 28,15. Outre, les groupes fonctionnels dominants, les résultats ont distingué la présence d'un unique groupe fonctionnel supplémentaire entre autres les successeurs (SUC), qui ont affiché une très faible disponibilité moyenne 1,15 (Fig. 12a). En revanche, le réseau trophique installé sur le cépage Cabernet sauvignon semble plus équilibré du fait de la présence de divers groupes fonctionnels. Les guildes formant les groupes fonctionnels ont affiché une gradation négative en termes de disponibilité moyenne.

Les consommateurs primaires (CI) ont dominé le réseau trophique par 41,60 individus, secondé par les consommateurs secondaires (CII) avec 26,53 individus, suivi par les consommateurs tertiaires (CIII) avec 0,07 individus, et enfin les successeurs et les trophobiantes avec des abondances moyennes respectives de 3,27 et 3,73 (Fig. 12b).

Les résultats des rang-fréquence, des groupes fonctionnels de l'entomocénose des espèces folivores de Syrah et de Cabernet sauvignon, montrent un ordre d'arrivée écologique apparent. Ainsi, Les probabilités associées au modèle naturel de MOTOMURA, nous renseignent de la stabilité ou de la perturbation des guildes par leur rapprochement ou détachement du modèle naturel (ligne de régression).

## Résultats

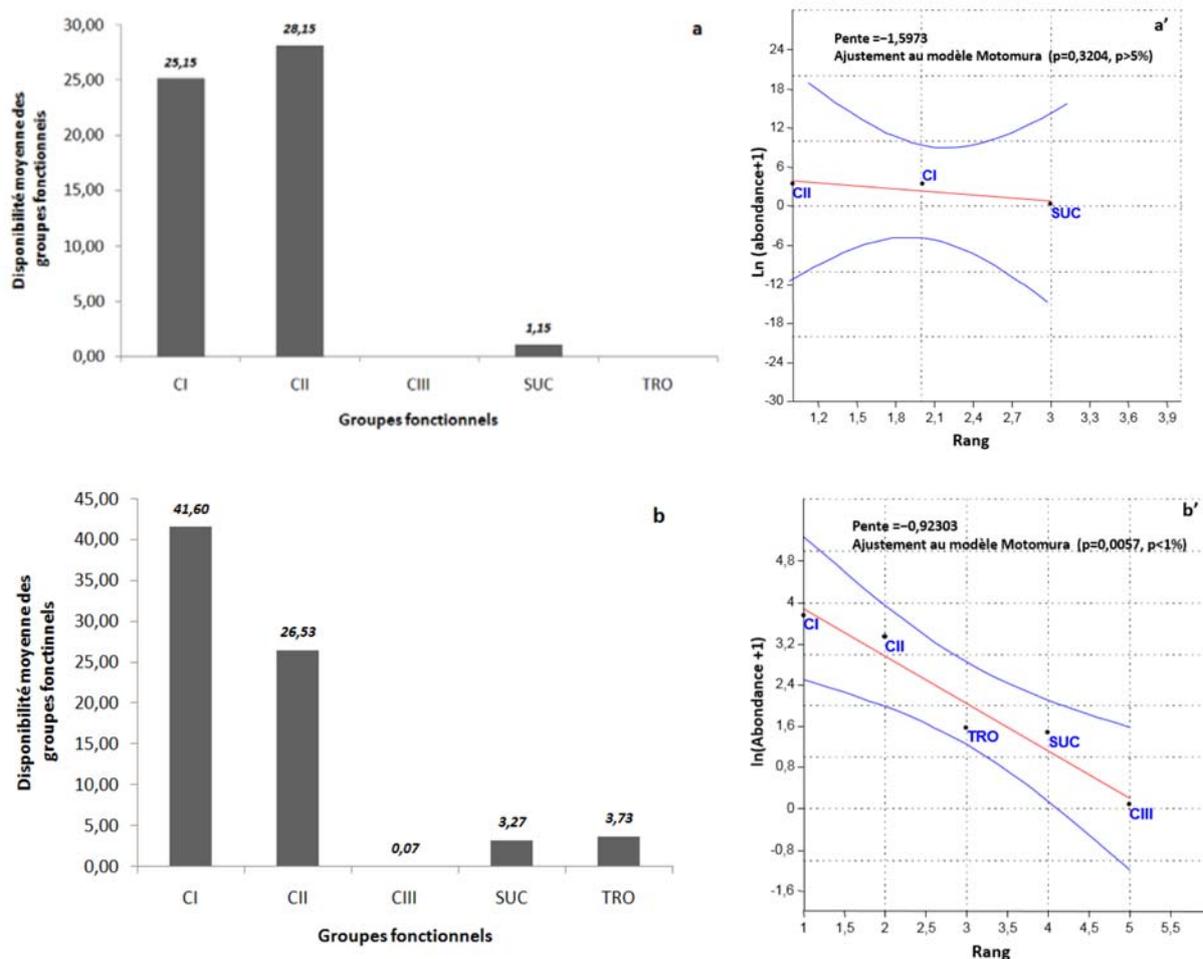


Figure 12: Taux et stabilité écologique des groupes fonctionnels  
(a, a') Cépée Syrah, (b, b') Cépée Cabernet sauvignon

### 1.4. Effet de l'indice phénologique sur la structuration des réseaux trophiques

Les profils du groupe fonctionnel des consommateurs primaires (CI) établis sur l'ensemble des stades phénologiques ont affichés des dominances numériques décroissantes dès le stade de nouaison. Durant les stades phénologiques maturation et récolte les profils dominants ont été enregistrés au profit des consommateurs secondaires CII. Les successeurs ont été signalés durant le début du cycle phénologique de Syrah plus précisément durant les stades bourgeons floraux séparés et floraison (Fig. 13a). Concernant la structuration des réseaux trophiques sur le cépage Cabernet sauvignon, les résultats ont signalé les mêmes tendances de structuration par comparaison au cépage Syrah.

## Résultats

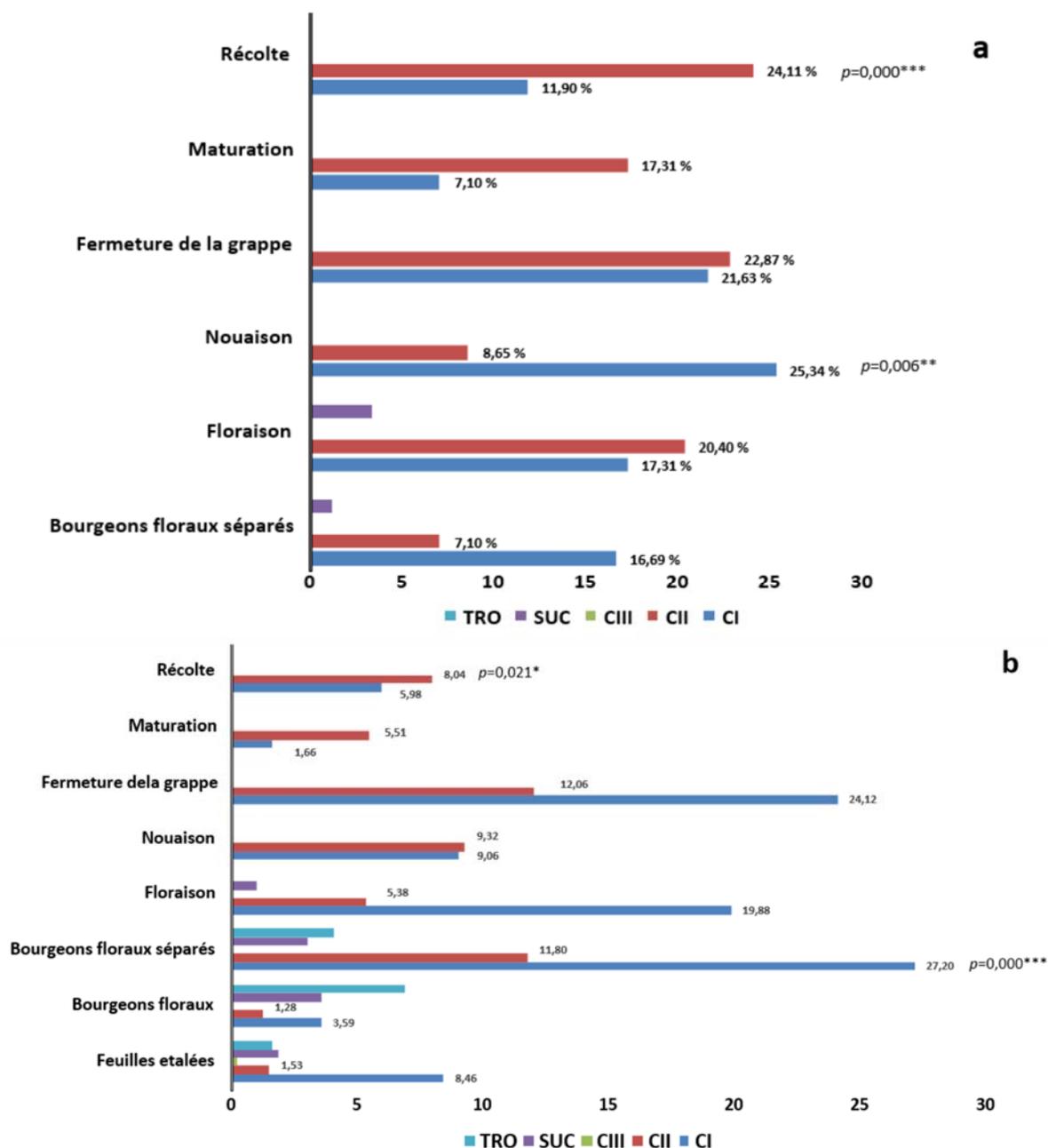


Figure 13: Structuration trophiques selon l'indice phénologique des cépages  
(a) Cépage Syrah, (b) Cépage Cabernet sauvignon

La similitude qui a été signalée concerne la diversité du réseau trophique au début du cycle phénologique de Cabernet sauvignon d'une part, et d'autre part l'hégémonie des consommateurs primaires CI au détriment des consommateurs secondaires CII. Chez Cabernet sauvignon, les stades feuilles étalées, bourgeons floraux et bourgeons floraux séparés ont signalé la présence de divers groupes fonctionnels notamment les consommateurs primaires CI, les consommateurs secondaires CII, les successeurs SUC et les trophobiantes TRO. Cependant, les consommateurs tertiaires CIII, ont été signalés en faible présence numérique durant le stade phénologique feuilles étalées. En revanche, les consommateurs primaires CI se sont affichés en abondance numérique très importante durant les stades bourgeons floraux séparés, floraison et fermeture de la grappe (Fig. 13b).

## 1.5. Distribution spatio-temporelle des guildes

Nous avons analysé la distribution et la composition des communautés sur la base d'une matrice globale établie à partir des données d'abondance temporelle des taxons nuisibles et bénéfiques répertoriés le long d'expression végétative des cépages. La matrice analysée représente au total 13 relevés et 20 familles (13 familles de consommateurs primaires et 7 familles de consommateurs secondaires). Sur la base de cette matrice, nous avons réalisé un cluster d'après la méthode de Ward. D'après la droite de troncature choisie, le cluster met en évidence 2 assemblages d'indice phénologique distincts (Fig. 14).

Le premier assemblage est recruté uniquement sur le cépage Cabernet sauvignon. Il coïncide avec le stade feuille étalée (FE\_C) et le stade bourgeons floraux (BF\_C). L'assemblage se distingue par une communauté essentiellement composée de consommateurs primaires (Tettigoniidae, Scarabaeidae, Pamphagidae, Lygaeidae, Chrysomelidae et Thripidae) et dans une moindre mesure de consommateurs secondaires (Vespidae, Trombidiidae, Coccinellidae, Chrysopidae et Cecidomyiidae).

Le deuxième pool se distribue sur l'ensemble des indices phénologiques (bourgeons floraux séparés, floraison, nouaison, fermeture de la grappe, maturation, récolte), pareillement sur le cépage Syrah comme sur le cépage Cabernet sauvignon. Il rassemble principalement des Tetranychidae, des Aphididae, des Coccidae, des Aleyrodidae, des Cicadellidae, des Phylloxeridae, des Pseudococcidae, des Tydeidae et des Phytoseiidae.

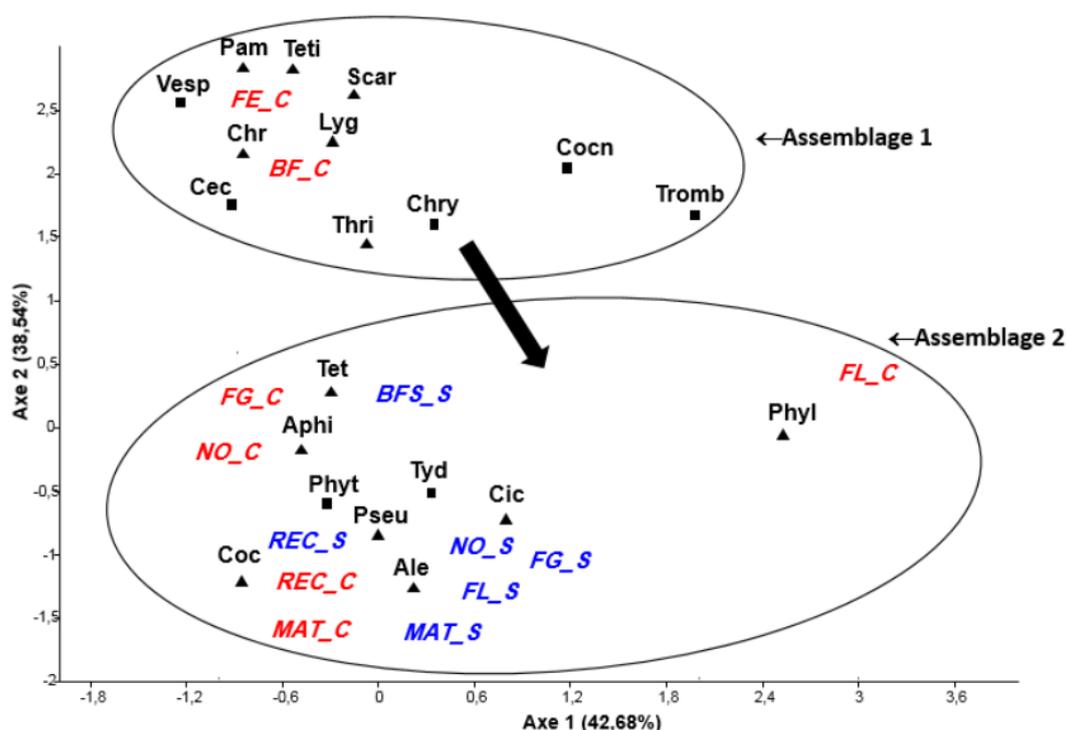


Figure 14 : Projection des principaux groupes fonctionnels sur les deux axes de la DCA

## Résultats

BFS\_S:(Bourgeons Floraux Séparés), FL\_S:(Floraison Syrah), NO\_S:(Nouaison Syrah), FG\_S:(Fermeture de la grappe Syrah), MAT\_S:(Maturation Syrah), REC\_S:(Récolte Syrah), FE\_C:(Feuilles étalées Cabernet sauvignon), BF\_C:(Bourgeons Floraux cabernet sauvignon), FL\_C:(Floraison cabernet sauvignon), NO\_C:(Nouaison cabernet sauvignon), FG\_C:(Fermeture de la grappe cabernet sauvignon), MAT\_C:(Maturation cabernet sauvignon), REC\_C:(Récolte cabernet sauvignon), *Tet* (*Tetranychidae*), *Teti* (*Tettigoniidae*), *Chr* (*Chrysomelidae*), *Scar*:(*Scarabaeidae*), *Pam*:(*Pamphagidae*), *Lyg*:(*Lygaeidae*), *Aphi*:(*Aphididae*), *Ale*:(*Aleyrodidae*), *Coc*:(*Coccidae*), *Cic*:(*Cicadellidae*), *Phyl*:(*Phylloxeridae*), *Pseu*:(*Pseudococcidae*), *Thri*:(*Thripidae*). ▲: les consommateurs primaires. *Cec*:(*Cecidomyiidae*), *Vesp*:(*Vespidae*), *Tromb*:(*Trombidiidae*), *Cocn*:(*Coccinellidae*), *Chry*:(*Chrysopidae*), *Phyt*:(*Phytoseiidae*), *Tyd*:(*Tydeidae*). ■: les consommateurs secondaires

Sur l'ensemble du gradient de succession, la forme de la relation entre richesse spécifique en groupes fonctionnels et la biomasse (productivité des cépages), la figure 15, montre une relation unimodale. Ce résultat prédit que la majorité des familles représentants les différents groupes fonctionnels sont recrutées en phase de feuille étalée et de formation des bourgeons floraux, alors qu'un infime pool s'établit en fin de cycle végétatif coïncidant avec les indices phénologique, maturation et récolte identifiés comme laps temporel de moindre disponibilité en ressources (Fig. 15a et b). La même figure, montre l'absence de pool d'espèce durant la forte disponibilité en ressources (Fig. 15a et b).

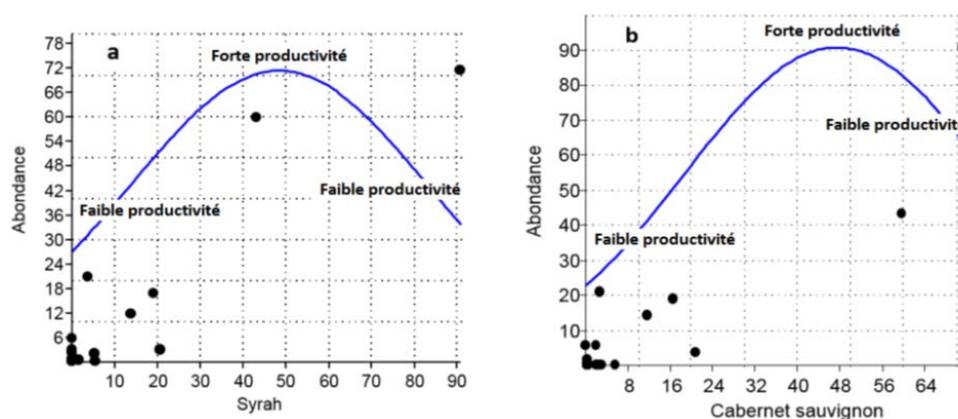


Figure 15 : Gradient de pool d'espèce selon l'indice phénologique par cépage

## 2. Étude du complexe entomologique fonctionnel de la vigne *Vitis vinifera* : Effet de l'indice phénologique sur la structuration des cascades trophiques

### 2.1. Estimation de la richesse spécifique

Les résultats de l'inventaire de la biocénose viticole sont reportés dans la figure 7. Le graphique de raréfaction de l'entomocénose globale affiche une faible gradation en nombre de taxa, ce qui reconforte le dispositif d'échantillonnage de la présente étude (Fig.16a, 16a'). Dans l'esprit de visualiser la disponibilité du complexe entomologique fonctionnel des cépages de cuve Cabernet sauvignon et syrah, nous avons éliminé les taxons accidentels. Il ressort que l'effort d'échantillonnage déployé sur le terrain a pu cerner la disponibilité des taxons qui présente une relation directe avec les cépages (Fig.16b, 16b').

## Résultats

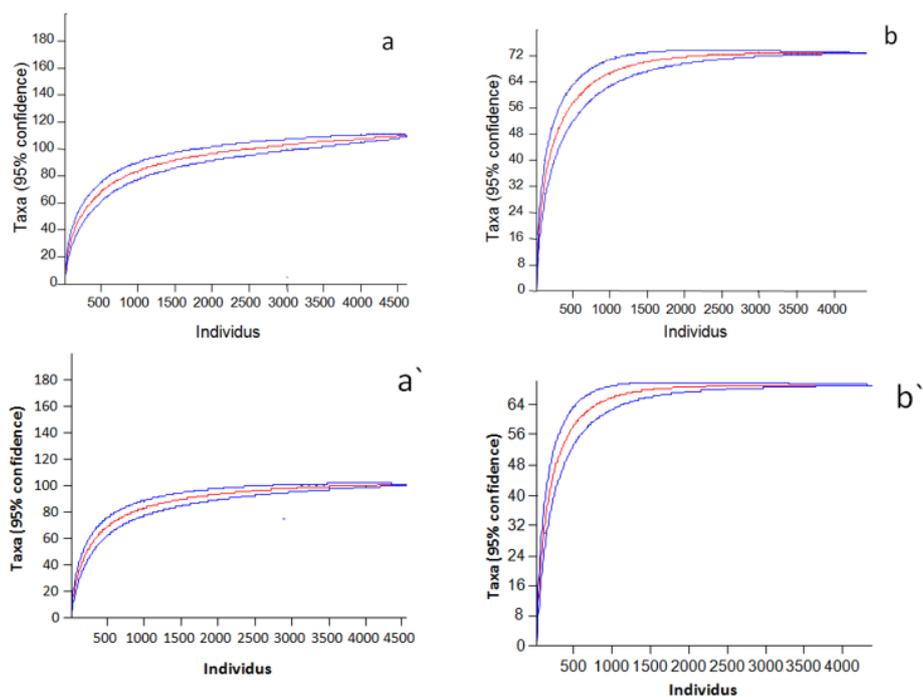


Figure 16: Estimation de la richesse spécifique

(a, a') : biocénose globale, (b, b') : biocénose sans taxa accidentelle  
(a, b) : Cépage Cabernet sauvignon, (a', b') : Cépage Syrah

Les données présentées dans le tableau 6 et 7 concernent essentiellement le complexe entomologique fonctionnel de deux parcelles de vigne de cuve non entretenues dans la Mitidja occidentale. L'une concerne le cépage Cabernet sauvignon et l'autre concerne le cépage Syrah. L'analyse portera sur l'ensemble du peuplement de la biocénose, à la fois sur le plan qualitatif que quantitatif. Au cours de cette étude, 4622 individus ont été échantillonnés au niveau du cépage Cabernet sauvignon et 4552 individus au niveau de cépage Syrah, mettant ainsi en évidence l'abondance relative et la complexité des groupes fonctionnels que fréquentent le milieu viticole.

Tableau 6: Diversité entomocénose du cépage Cabernet sauvignon

classe	ordre	Famille	genre	Espèce	ni	
Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	<i>Jacobiasca</i>	<i>Jacobiasca lybica</i> Bergevin et zanon, 1922	767	
			<i>Neoaliturus</i>	<i>Neoaliturus fenestratus</i> Herrich-Schaeffer 1834	5	
			<i>Emposca</i>	<i>Emposca</i> sp Walsh, 1862	19	
			<i>Anaceratagallia</i>	<i>Anaceratagallia</i> sp Zachvatkin, 1946	24	
		Cixiidae	<i>Hyalesthes</i>	<i>Hyalesthes obsoletus</i> Signoret, 1865	10	
		Dictyopharidae	<i>Dictyophara</i>	<i>Dictyophara europaea</i> Linnaeus, 1767	28	
		Cercopidae	<i>Cercopidae</i> sp	<i>Cercopidae</i> sp Leach, 1815	9	
		Delphacidae	<i>Metadelphax</i> sp	<i>Metadelphax</i> sp	11	
		Aphididae	<i>Aphis</i>	<i>Aphis gossypii</i> Glover, 1877	13	
		Phylloxeridae	<i>Daktulosphaira</i>	<i>Daktulosphaira vitifoliae</i> Fitch 1851	263	
		Rhopalidae	<i>Stictopleurus</i>	<i>Stictopleurus crassicorni</i> Linnaeus, 1758	38	
		Lygaeidae	<i>Lygaeus</i>	<i>Lygaeus saxatilis</i> Scopoli, 1763	10	
				<i>Lygaeus</i> sp Fabricius, 1794	4	
			<i>Miridae</i>	<i>Orthotylus</i>	<i>Orthotylus</i> sp Fieber, 1858	1
			Pseudococcidae	<i>Pseudococcus</i>	<i>Pseudococcus</i> sp West 1840	81
		Anthorcoridae	<i>Orius</i>	<i>Orius</i> sp1 Wolff, 1811	60	
				<i>Orius niger</i> Wolff, 1811	17	
				<i>Orius minutus</i> Linnaeus, 1758	17	
				<i>Cardiastethus</i>	<i>Cardiastethus</i> sp Fieber, 1860	5
	Hymenoptera	Eulophidae	<i>Chrysocharis</i>	<i>Chrysocharis</i> sp Förster, 1856	201	
<i>Ceranisis</i>			<i>Ceranisis menes</i> Walker, 1839	188		

## Résultats

	<i>Sigmophora</i>	<i>Sigmophora brevicornis</i> Panzer, 1804	11	
	<i>Baryscapus</i>	<i>Baryscapus papaveris</i> Graham, 1991	1	
	<i>Tetrastichus</i>	<i>Tetrastichus sp</i> Walker, 1844	9	
	<i>Pediobius</i>	<i>Pediobius sp</i> Walker, 1846	11	
<i>Pteromalidae</i>	<i>Pteromalus</i>	<i>Pteromalus</i> Swederus, 1795	35	
	<i>Pachyneuron</i>	<i>Pachyneuron muscarum</i> Linnaeus, 1758	35	
	<i>Pteromalidae sp</i>	<i>Pteromalidae sp1</i> Dalman 1820	8	
		<i>Pteromalidae sp2</i> Dalman 1820	4	
<i>Pteromalidae sp3</i> Dalman 1820		4		
<i>Braconidae</i>	<i>Lysiphlebus</i>	<i>Lysiphlebus fabarum</i> Marshall, 1896	26	
		<i>Lysiphlebus sp2</i> Förster, 1862	6	
	<i>Apanteles</i>	<i>Apanteles glomeratus</i> Linnaeus, 1758	15	
	<i>Aphidius</i>	<i>Aphidius colemani</i> Viereck, 1912	11	
		<i>Aphidius matricariae</i> Haliday, 1834	6	
	<i>Diaeretiella</i>	<i>Diaeretiella rapae</i> M'Intosh, 1855	3	
<i>Ichneumonidae</i>	<i>Ichneumonidae sp</i>	<i>Ichneumonidae sp1</i> Latreille, 1802	6	
		<i>Ichneumonidae sp2</i> Latreille, 1802	1	
<i>Mymaridae</i>	<i>Gonatocerus</i>	<i>Gonatocerus sp</i> Nees, 1834	31	
	<i>Camptoptera</i>	<i>Camptoptera sp</i> Förster, 1856	3	
	<i>Anagrus</i>	<i>Anagrus atomus</i> Linnaeus, 1767	62	
	<i>Mymar</i>	<i>Mymar pulchellum</i> Curtis, 1832	2	
		<i>Mymar sp</i> Curtis, 1829	3	
	<i>Polynema</i>	<i>Polynemasp</i> Haliday, 1833	3	
	<i>Alaptus</i>	<i>Alaptus sp</i> Westwood, 1839	1	
	<i>Mymaridae sp</i>	<i>Mymaridae sp1</i> Haliday, 1833	1	
<i>Mymaridae sp2</i> Haliday, 1833		1		
<i>Figitidae</i>	<i>Aganaspis</i>	<i>Aganaspis pelleranoi</i> Brèthes, 1924	1	
	<i>Alloxysta</i>	<i>Alloxysta sp</i> Förster, 1869	5	
<i>Scelionidae</i>	<i>Scelionidae sp</i>	<i>Scelionidae sp1</i> Linnaeus, 1758	19	
		<i>Scelionidae sp2</i> Linnaeus, 1758	18	
	<i>Telenomus</i>	<i>Telenomus sp</i> Haliday, 1833	57	
<i>Platygastridae</i>	<i>Platygastridae</i>	<i>Platygastridae sp1</i> Haliday, 1833	8	
	<i>Platygaster</i>	<i>Platygaster sp1</i> Latreille, 1809	53	
		<i>Platygaster sp2</i> Latreille, 1809	12	
<i>Ceraphronidae</i>	<i>Ceraphronidae</i>	<i>Ceraphronidae sp1</i> Haliday, 1833	81	
	<i>Ceraphron</i>	<i>Ceraphron sp</i> Jurine, 1807	90	
<i>Encyrtidae</i>	<i>Ericydnus</i>	<i>Ericydnus sp</i> Haliday, 1832	1	
	<i>Syrphophagus</i>	<i>Syrphophagus sp</i> Ashmead, 1900	21	
<i>Aphelinidae</i>	<i>Aphelinus</i>	<i>Aphelinus abdominalis</i> Dalman, 1820	7	
		<i>Aphelinus mali</i> Haldeman, 1851	2	
		<i>Aphelinus sp</i> Dalman, 1820	8	
	<i>Aphytis</i>	<i>Aphytis melinus</i> DeBach, 1959	5	
		<i>Aphytis sp1</i> Howard, 1900	13	
		<i>Aphytis sp2</i> Howard, 1900	8	
<i>Bethylidae</i>	<i>Goniozus</i>	<i>Goniozus sp</i> Förster, 1856	74	
	<i>Rhabdopyris</i>	<i>Rhabdopyris fasciatus</i> Kieffer, 1906	67	
<i>Proctotrupidae</i>	<i>Exallonyx</i>	<i>Exallonyx longicornis</i> Nees, 1834	8	
<i>Chalcididae</i>	<i>Chalcididae sp</i>	<i>Chalcididae sp1</i> Latreille, 1817	4	
	<i>Dirhinus</i>	<i>Dirhinus sp</i> Dalman, 1818	17	
<i>Torymidae</i>	<i>Podagrion</i>	<i>Podagrion sp</i> Spinola, 1811	1	
<i>Trichogrammatidae</i>	<i>Trichogrammatidae sp</i>	<i>Trichogrammatidae sp</i> Haliday et Walker, 1851	2	
<i>Chrysididae</i>	<i>Chrysididae sp</i>	<i>Chrysididae sp</i> Latreille, 1802	1	
<i>Vespidae</i>	<i>Polistes</i>	<i>Polistes gallicus</i> Linnaeus 1767	14	
<i>Megaspilidae</i>	<i>Dendrocerus</i>	<i>Dendrocerus sp</i> Razteburg, 1852	23	
<i>Apidae</i>	<i>Apis</i>	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	56	
<i>Coleoptera</i>	<i>Cantharidae</i>	<i>Malthenus</i>	<i>Malthenus punctatus</i> Geoffroy, 1785	268
		<i>Malthodes</i>	<i>Malthodes minimus</i> Linnaeus, 1758	71
	<i>Chrysomelidae</i>	<i>Labidostomis</i>	<i>Labidostomis taxicornis</i> Fabricius 1792	1
		<i>Cassida</i>	<i>Cassida margaritacea</i> Scaller 1783	1
	<i>Coccinellidae</i>	<i>Coccinella</i>	<i>Coccinella algerica</i> Kovář, 1977	14
		<i>Scymnus</i>	<i>Scymnus subvillosus</i> Goeze, 1777	13
		<i>Hyppodami</i>	<i>Hyppodami variegata</i> Goeze 1777	14
		<i>Platynaspis</i>	<i>Platynaspis luteorubra</i> Goeze 1777	6
		<i>Exochomus</i>	<i>Exochomus nigripennis</i> Erichson, 1843	2
	<i>Staphylinidae</i>	<i>Philonthus</i>	<i>Philonthus politus</i> Linnaeus, 1758	5
		<i>Ischnosoma</i>	<i>Ischnosoma flavicolle</i> LeConte, 1863	21
			<i>Ischnosoma longicorne</i> Mäklin, 1847	2
		<i>Tachyporus</i>	<i>Tachyporus sp1</i> Gravenhorst, 1802	12
	<i>Tachyporus sp2</i> Gravenhorst, 1802		4	
	<i>Meloidae</i>	<i>Cerocoma</i>	<i>Cerocoma schreberi</i> Fabricius, 1781	5
	<i>Carabidae</i>	<i>Brachinus</i>	<i>Brachinus sp</i> Weber 1801	1

## Résultats

	Thysanoptera	Thripidae	Drepanothrips	<i>Drepanothrips reuteri</i> Uzel 1895	38
			Franklineilla	<i>Franklineilla occidentalis</i> Pergande, 1895	117
		Aeolothripidae	<i>Aeolothrips</i>	<i>Aeolothrips</i> sp Linnaeus, 1758	224
	Orthoptera	Pamphagidae	<i>Pamphagus</i>	<i>Pamphagus elephas</i> Linnaeus 1758	1
		Tettigoniidae	<i>Ephippiger</i>	<i>Ephippigerephippiger</i> Fieber 1784	1
	Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla</i>	<i>Chrysoperla carnea</i> Stephens 1836	108
	Diptera	Cecidomyiidae	<i>Aphidoletes</i>	<i>Aphidoletes aphidimyza</i> Rondani 1847	1
Psocoptera	Psocoptera sp	<i>Psocoptera</i> sp	<i>Psocoptera</i> sp Shipley, 1904	1	
Arachnida	Trombidiformes	Eriophyidae	<i>Eriophyes</i>	<i>Eriophyes vitis</i> Pagenstecher, 1857	4
		Tetranychidae	<i>Tetranychus</i>	<i>Tetranychus urticae</i> Koch, 1836	4
			<i>Eotetranychus</i>	<i>Eotetranychus carpini</i> Oudemans 1905	300
		Trombidiidae	<i>Allothrombium</i> sp	<i>Allothrombium</i> sp Chen 1987	9
	Tydeidae	<i>Lorryia</i>	<i>Lorryia formosa</i> Cooreman 1958	12	
	Mesostigmata	Phytoseiidae	<i>Neoseiulus</i>	<i>Neoseiulus californicus</i> McGregor, 1954	271
			<i>Typhlodromus</i>	<i>Typhlodromus pyri</i> Scheuten 1857	14
Araneae	Salticidae	<i>Salticidae</i> sp	<i>Salticidae</i> sp1 Blackwall, 1841	15	
Collembola	Symphyleona	Sminthuridae	<i>Sminthurus</i> sp Latreille 1802	49	

Tableau 7: Diversité entomocénose du cépage Syrah

Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce	ni
Insecta	Hemiptera	Cicadellidae	<i>Jacobiasca</i>	<i>Jacobiasca lybica</i> Bergevin et zanon, 1922	1523
			<i>Neotalitrus</i>	<i>Neotalitrus fenestratus</i> Herrich-Schaeffer 1834	11
			<i>Cicadellidae</i>	<i>cicadellidae</i> sp1	3
			<i>Cicadellidae</i>	<i>cicadellidae</i> sp2	3
		<i>Anaceratagallia</i>	<i>Anaceratagallia</i> sp Zachvatkin, 1946	53	
		Cixiidae	<i>Hyalesthes</i>	<i>Hyalesthes obsoletus</i> Signoret, 1865	11
		Dictyopharidae	<i>Dictyophara</i>	<i>Dictyophara europaea</i> Linnaeus, 1767	20
		Cercopidae	<i>Cercopidae</i>	<i>Cercopidae</i> sp. Leach, 1815	6
		Delphacidae	<i>Metadelphax</i>	<i>Metadelphax</i> sp. Wagner 1963	10
		Aphididae	<i>Aphis</i>	<i>Aphis goossypii</i> Glover, 1877	25
		Phylloxeridae	<i>Daktulosphaira</i>	<i>Daktulosphaira vitifoliae</i> Fitch 1851	53
		Rhopalidae	<i>Stictopleurus</i>	<i>Stictopleurus crassicorni</i> Linnaeus, 1758	19
		Lygaeidae	<i>Lygaeus</i>	<i>Lygaeus saxatilis</i> Scopoli, 1763	10
		Pentatomidae	<i>Graphosoma</i>	<i>Graphosoma italicum</i> Linnaeus, 1758	10
			<i>Aelia</i>	<i>Aelia acuminata</i> Linnaeus, 1758	9
		Coreidae	<i>Coreus</i>	<i>Coreus marginatus</i> Linnaeus, 1758	5
		Pseudococcidae	<i>Pseudococcus</i>	<i>Pseudococcus</i> sp. West 1840	40
		Anthocoridae	<i>Orius</i>	<i>Orius</i> sp1 Wolff, 1811	35
			<i>Orius</i>	<i>Orius niger</i> Wolff, 1811	22
			<i>Orius</i>	<i>Orius minutus</i> Linnaeus, 1758	23
	<i>Cardiastethus</i>		<i>Cardiastethus</i> sp. Fieber, 1860	4	
	Reduviidae	<i>Rhynocoris</i>	<i>Rhynocoris erythropus</i> Linnaeus, 1767	6	
	Hymenoptera	Scelionidae	<i>Scelionidae</i>	<i>Scelionidae</i> sp1 Linnaeus, 1758	17
			<i>Scelionidae</i>	<i>Scelionidae</i> sp2 Linnaeus, 1758	3
			<i>Telenomus</i>	<i>Telenomus</i> sp. Haliday, 1833	60
		Platygastridae	<i>Platygastridae</i>	<i>Platygastridae</i> sp1 Haliday, 1833	6
			<i>Platygaster</i>	<i>Platygaster</i> sp1 Latreille, 1809	26
			<i>Platygaster</i>	<i>Platygaster</i> sp2 Latreille, 1809	9
		Ceraphronidae	<i>Ceraphronidae</i>	<i>Ceraphronidae</i> sp1 Haliday, 1833	28
			<i>Ceraphronidae</i>	<i>Ceraphronidae</i> sp2 Haliday, 1833	34
			<i>Ceraphron</i>	<i>Ceraphron</i> sp. Jurine, 1807	23
		Mymaridae	<i>Gonatocerus</i>	<i>Gonatocerus</i> sp. Nees, 1834	32
			<i>Anagrus</i>	<i>Anagrus atomus</i> Linnaeus, 1767	40
			<i>Mymar</i>	<i>Mymar pulchellum</i> Curtis, 1832	10
			<i>Mymar</i>	<i>Mymar</i> sp. Curtis, 1829	10
			<i>Polynema</i>	<i>Polynema</i> sp. Haliday, 1833	6
			<i>Camptoptera</i>	<i>Camptoptera</i> sp. Förster, 1856	2
			<i>Anaphes</i>	<i>Anaphes</i> sp. Haliday, 1833	8
		Pteromalidae	<i>Pteromalidae</i>	<i>Pteromalidae</i> sp1 Dalman 1820	15
			<i>Pteromalidae</i>	<i>Pteromalidae</i> sp2 Dalman 1820	2
			<i>Pteromalus</i>	<i>Pteromalus</i> sp. Swederus, 1795	30
			<i>Pachyneuron</i>	<i>Pachyneuron muscarum</i> Linnaeus, 1758	28
	Eulophidae	<i>Chrysocharis</i>	<i>Chrysocharis</i> sp. Förster, 1856	134	
		<i>Ceraninus</i>	<i>Ceraninus menes</i> Walker, 1839	136	
	Braconidae	<i>Sigmophora</i>	<i>Sigmophora brevicornis</i> Panzer, 1804	17	

## Résultats

			<i>Lysiphlebus</i>	<i>Lysiphlebus fabarum</i> Marshall, 1896	33	
				<i>Lysiphlebus sp2</i> Förster, 1862	12	
			<i>Apanteles</i>	<i>Apanteles glomeratus</i> Linnaeus, 1758	34	
			<i>Aphidius</i>	<i>Aphidius colemani</i> Viereck, 1912	9	
			<i>Aphidius matricariae</i> Haliday, 1834	3		
			<i>Diaeretiella</i>	<i>Diaeretiella rapae</i> M'Intosh, 1855	3	
		<i>Ichneumonidae</i>	<i>Ichneumonidae</i>	<i>Ichneumonidae sp1</i> Latreille, 1802	2	
				<i>Ichneumonidae sp2</i> Latreille, 1802	1	
		<i>Figitidae</i>	<i>Aganaspis</i>	<i>Aganaspis pelleranoi</i> Brèthes, 1924	2	
			<i>Alloxysta</i>	<i>Alloxysta sp.</i> Förster, 1869	7	
		<i>Aphelinidae</i>	<i>Aphelinus</i>	<i>Aphelinus abdominalis</i> Dalman, 1820	20	
				<i>Aphelinus mali</i> Haldeman, 1851	5	
				<i>Aphelinus sp.</i> Dalman, 1820	10	
			<i>Aphytis</i>	<i>Aphytis sp1</i> Howard, 1900	26	
				<i>Aphytis sp2</i> Howard, 1900	11	
		<i>Trichogrammatidae</i>	<i>Trichogrammatidae</i>	<i>Trichogrammatidae sp.</i> Haliday et Walker, 1851	2	
		<i>Bethylidae</i>	<i>Goniozus</i>	<i>Goniozus sp.</i> Förster, 1856	47	
			<i>Rhabdepyris</i>	<i>Rhabdepyris fasciatus</i> Kieffer, 1906	45	
		<i>Chalcididae</i>	<i>Chalcididae</i>	<i>Chalcididae sp1</i> Latreille, 1817	5	
			<i>Dirhinus</i>	<i>Dirhinus sp.</i> Dalman, 1818	25	
		<i>Proctotrupidae</i>	<i>Exallonyx</i>	<i>Exallonyx longicornis</i> Nees, 1834	5	
		<i>Vespidae</i>	<i>Polistes</i>	<i>Polistes gallicus</i> Linnaeus, 1767	23	
		<i>Megaspilidae</i>	<i>Dendrocercus</i>	<i>Dendrocercus sp.</i> Razteburg, 1852	15	
		<i>Encyrtidae</i>	<i>Syrphophagus</i>	<i>Syrphophagus sp.</i> Ashmead, 1900	68	
		<i>Coleoptera</i>	<i>Cantharidae</i>	<i>Malthenus</i>	<i>Malthenus punctatus</i> Geoffroy, 1785	243
				<i>Malthodes</i>	<i>Malthodes minimus</i> Linnaeus, 1758	66
			<i>Staphylinidae</i>	<i>Ischnosoma</i>	<i>Ischnosoma longicorne</i> Mäklin, 1847	12
				<i>Tachyporus</i>	<i>Tachyporus sp1</i> Gravenhorst, 1802	7
				<i>Tachyporus</i>	<i>Tachyporus sp2</i> Gravenhorst, 1802	2
				<i>Philonthus</i>	<i>Philonthus politus</i> Linnaeus, 1758	2
				<i>Staphylinidae</i>	<i>Staphylinidae sp.</i> Latreille, 1802	5
			<i>Coccinellidae</i>	<i>Coccinella</i>	<i>Coccinella algerica</i> Kovář, 1977	13
				<i>Scymnus</i>	<i>scymnus subvillosus</i> Goeze, 1777	34
				<i>Hyppodamia</i>	<i>Hyppodamia variegata</i> Goeze, 1777	22
				<i>Stethorus</i>	<i>Stethorus punctillum</i> Weise, 1891	11
				<i>Platynaspis</i>	<i>Platynaspis luteorubra</i> Goeze, 1777	6
<i>Exochomus</i>	<i>Exochomus nigripennis</i> Erichson, 1843			5		
<i>Thysanoptera</i>	<i>Thripidae</i>		<i>Drepanothrips</i>	<i>Drepanothrips reuteri</i> Uzel 1895	17	
			<i>Franklineilla</i>	<i>Franklineilla occidentalis</i> Pergande, 1895	122	
			<i>Franklineilla</i>	<i>Franklineilla sp.</i> Karny, 1910	182	
		<i>Aeolothripidae</i>	<i>Aeolothrips</i>	<i>Aeolothrips sp.</i> Linnaeus, 1758	227	
<i>Nevroptera</i>	<i>Chrysoperla</i>	<i>Chrysoperla carnea</i> Stephens, 1857	12			
<i>Diptera</i>	<i>Aphidoletes</i>	<i>Aphidoletes</i>	<i>Aphidoletes aphidimyza</i> Rondani, 1847	2		
<i>Arachnida</i>	<i>Trombidiformes</i>	<i>Tetranychidae</i>	<i>Eotetranychus</i>	<i>Eotetranychus carpini</i> Oudemans 1905	118	
		<i>Tydeidae</i>	<i>Lorryia</i>	<i>Lorryia formosa</i> Cooreman, 1958	19	
	<i>Mesostigmata</i>	<i>Phytoseiidae</i>	<i>Typhlodromus</i>	<i>Typhlodromus pyri</i> Scheuten, 1857	44	
			<i>Neoseiulus</i>	<i>Neoseiulus californicus</i> McGregor, 1954	347	
	<i>Araneae</i>	<i>Salticidae</i>	<i>Salticidae</i>	<i>Salticidae sp.</i> Blackwall, 1841	15	
			<i>Icius</i>	<i>Icius sp1</i> Simon, 1876	4	
			<i>Icius</i>	<i>Icius sp2</i> Simon, 1876	3	
		<i>Oxyopidae</i>	<i>Oxyopes</i>	<i>Oxyopes sp.</i> Latreille, 1804	2	
		<i>Thomisidae</i>	<i>Xysticus</i>	<i>Xysticus sp.</i> Koch, 1835	1	
		<i>Pisauridae</i>	<i>Pisauridae</i>	<i>Pisauridae sp1</i> Simon, 1890	2	
		<i>Theridiidae</i>	<i>Neottiura</i>	<i>Neottiura sp</i>	1	
	<i>Collembola</i>	<i>Symphyleona</i>	<i>Sminthuridae</i>	<i>smanthurus</i>	<i>smanthurus sp.</i> Latreille, 1802	15

Les résultats de la disponibilité faunistique sont répartis en 3 classes à savoir : Insecta, Arachnida et Collembola. La classe des Insecta est présentée par 12 ordres répartis en 51 familles pour le cépage Cabernet sauvignon et par 7 ordres répartis en 42 familles pour le cépage Syrah. Les Hemiptera sont présentés par 12 familles chez le cépage Cabernet sauvignon et par 16 familles chez le cépage Syrah. Parmi celles-ci, nous signalons des familles phytophages communes entre les deux cépages dont les Cicadellidae, les Cixidae, les Dictyopharidae, les Cercopidae, les Delphacidae, les Aphididae, les Phylloxiridae, les Rhopalidae, les Lygaeidae, et les Pseudococcidae, alors que le cépage Syrah est individualisé par la présence des Pentatomidae et des Coreidae. Concernant les prédateurs, les

## *Résultats*

---

Anthocoridae sont communs aux deux cépages, par contre le cépage Syrah a la faveur de signalé la présence des Reduviidae.

L'ordre des Hymenoptera se montre le plus diversifié chez les deux cépages. Cabernet sauvignon et syrah affichant respectivement 24 et 17 familles entre autres ; les Eulophides, les Braconidae, les Mymaridae, les Bethylidae et les Aphelinidae. Ces dernières ont montré une très grande richesse en termes d'espèces pour les deux cépages (27 espèces, 23 espèces respectivement). Tandis que les Pteromalidae, les Scelionidae, les Platygastriidae, les Chalcididae, les Ichneumonidae, les Figitidae, les Ceraphronidae, les Encyrtidae, les Proctotrupidae, les Torymidae, les Trichogrammatidae, les Chrysididae, les Vespidae, les Megaspilidae, et les Apidae (28 espèces chez Cabernet sauvignon et 24 espèces chez Syrah), ont présenté une diversité moins importante.

Les Coccinellidae et les Staphylinidae représentent les familles les plus riches en espèces parmi les autres familles de l'ordre Coleoptera (Chrysomilidae, les Meloidae et les Carabidae, les Cantharidae) chez les deux cépages.

De même, chez les deux cépages l'inventaire a signalé la présence des Thripidae et des Aeothripidae considérées comme nuisibles au niveau de l'ordre des Thysanoptera. Pour les Orthoptera, il a été remarqué la présence de deux familles nuisibles; les Pamphagidae et les Tettigoniidae. Cependant, nous indiquons la présence de deux familles prédatrices, la Chrysopidae et la Cecidomyiidae appartenant respectivement aux ordres des Neuroptera et des Diptera chez le cépage Cabernet sauvignon en revanche le cépage Syrah a signalé que celle de Chrysopidae.

Concernant la classe des Arachnida, elle est représentée par trois ordres, celui des Trombidiformes qui annonce la présence de quatre familles à caractère trophique divers dont : les Eriophyidae et les Tetranychidae considérées comme nuisibles, les Trombidiidae portant le statut d'ectoparasite et les Tydeidae portant le statut de prédateur, les Tetranychidae et les Tydeidae sont communs pour les deux cépages. En revanche, les ordres des Mesostigmata et des Aranea renseignent sur présence de deux familles prédatrices à savoir: les Phytoseiidae et les Salticidae respectivement. Enfin l'inventaire a mis en évidence l'ordre des Symphypleona qui héberge une seule famille celle des Sminthuridae.

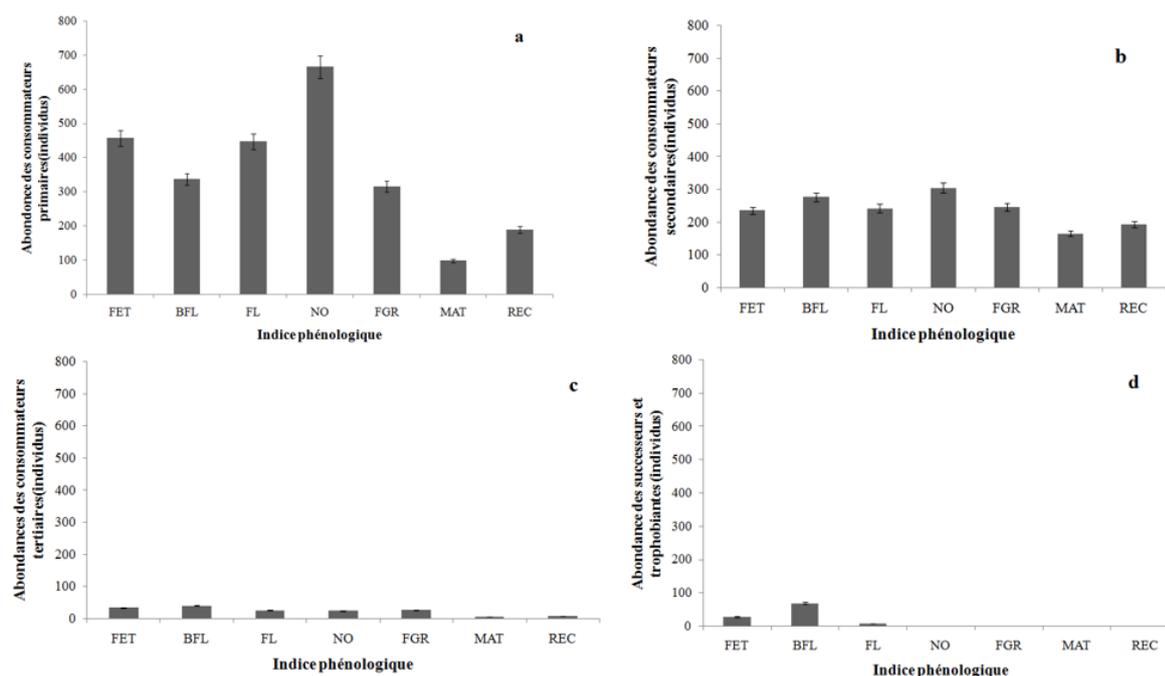
Du point de vue numérique, c'est l'ordre des Hemiptera qui constitue le plus d'individus chez le cépage Cabernet sauvignon et Syrah soit un total de 1382 et de 1901 respectivement ; dont 99 et 90 sont des prédateurs respectivement. Il est suivi par l'ordre des Hymenoptera, avec 1364 individus dont 188 sont des parasitoïdes tertiaires ou hyperparasitoïdes chez Cabernet sauvignon et avec 1089 individus dont 164 sont des hyperparasitoïdes chez le cépage Syrah, suivi par les Thysanoptera chez les deux cépages avec des abondances respectives de 667 et de 548 individus qui sont tous nuisibles. Les Coleoptera avec 440 individus dont 99 sont des prédateurs pour cabernet et 428 individus dont 119 sont des prédateurs pour Syrah. Pour le cépage Cabernet sauvignon, les Trombidiformes affichent 329 individus dont 9 sont des parasites et 12 sont des prédateurs. Quant au Mesostigmata, elle

## Résultats

affiche 285 individus qui sont tous des prédateurs. Chez Syrah les Trombidiformes affichent 137 individus dont 19 sont des prédateurs et les Mesostigmata avec 391 individus qui sont tous des prédateurs.

### 2.2. Disponibilité de l'entomocénose fonctionnelle selon l'indice phénologique des deux cépages

Les données présentées concernent essentiellement le complexe entomologique fonctionnel des cépages Cabernet sauvignon et Syrah. Le dispositif d'échantillonnage a mis en évidence la complexité de distribution des espèces en fonction des stades végétatifs, en conséquence, les peuplements seront d'abord analysés de manière globale puis stade végétatif par stade végétatif. Les consommateurs primaires et secondaires trouvent leur abondance maximale au niveau de l'indice végétatif nouaison (NO) chez le cépage Cabernet sauvignon, cependant chez le cépage Syrah, les consommateurs primaires et secondaires trouvent leur abondance maximale au niveau des indices végétatifs maturation et récolte (MAT, REC). Cependant, les consommateurs tertiaires, les trophobiantes et les successeurs dominent le stade végétatif bourgeons floraux (BFL) pour le cépage Cabernet sauvignon et le stade végétatif floraison (FL) pour le cépage Syrah (Fig. 17).



## Résultats

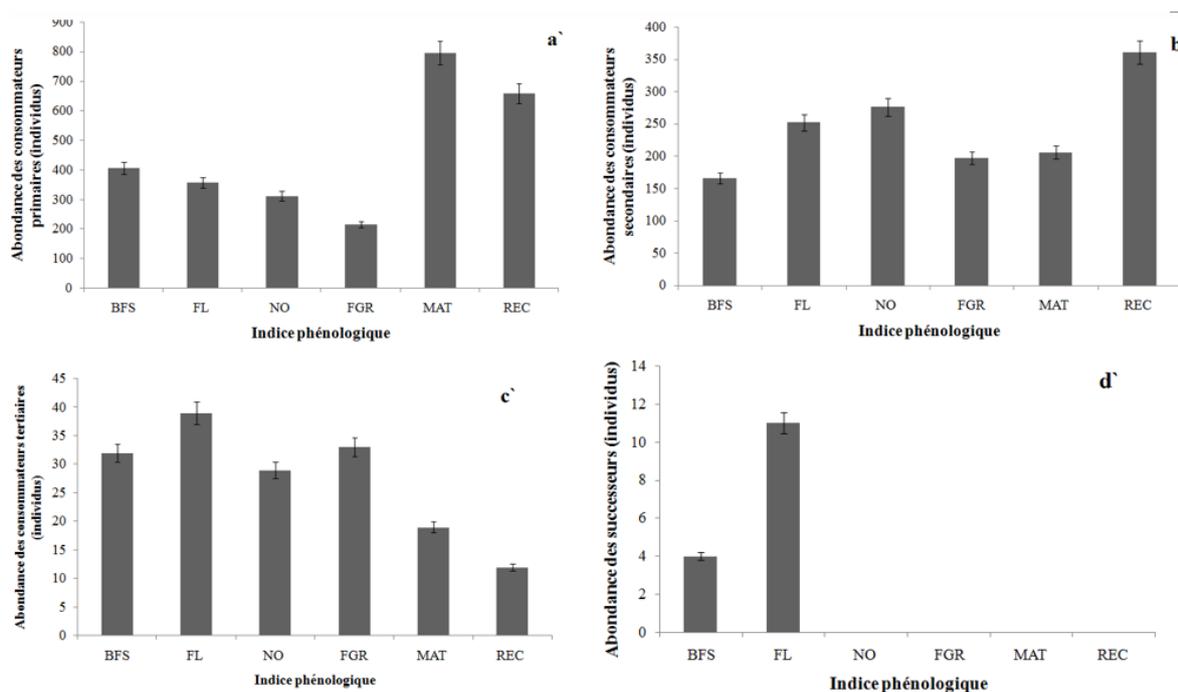


Figure 17: Disponibilité des groupes fonctionnels selon l'indice phénologique

(FET: Feuilles Etalées, BFL: bourgeons floraux, FL: floraison, NO: Nouaison, FGR: fermeture de la grappe, MAT: maturation, REC: récolte).

(a, b, c, d: le cépage cabernet sauvignon), (a', b', c', d': le cépage syrah).

### 2.3.Évaluation du statut écologique du complexe entomologique fonctionnel

Le statut écologique des différents groupes fonctionnels regroupant les consommateurs primaires (CI), secondaires (CII), tertiaires (CIII), successeurs (Succ.) et trophobiantes (Trop.), démontre une variation très contrasté (tab. 8 et 9).

Concernant les consommateurs primaires (CI), nous signalons que *J.lybica*, *Frankliniella sp*, *Aeolothrips sp* et *E. urticae* occupent le statut d'espèces omniprésentes chez les cépages Cabernet sauvignon et Syrah avec des taux respectifs de 14,28% et de 20,83%. Cependant, *Frankliniella occidentalis* est la seule espèce considérée comme constante avec 3,57% chez le cépage Cabernet sauvignon. Cependant, *Daktulosphaira vitifoliae* est la seule espèce considérée comme constante avec 4,16% chez le cépage Syrah. *S. crassicorni*, *L. saxatilis*, *Pseudococcus sp* et *D. reuteri* désignent les espèces régulières chez les deux cépages avec des taux respectifs de 14,28% et de 12,5%. Parallèlement, sur Cabernet sauvignon, *N. fenestratus*, *H. obsoletus*, *Cercopidae sp*, *Metadelphax sp*, *D. vitifoliae*, *M. punctatus*, *M. minimus* comme espèces accessoires et *Emposca sp*, *Anaceratagallia sp*, *D. europaea*, *A. gossypii*, *Lygaeus sp*, *Orthotylus sp*, *L. taxicornis*, *C. margaritacea*, *p. elephas*, *E. ephippiger*, *E. vitis* et *T. urticae* acquièrent le statut écologique d'espèces accidentelles avec des taux variant entre 25% et 42,85%. Tandis que, sur Syrah *Cicadellidae sp1*, *Cicadellidae sp2*, *H. obsoletus*, *Metadelphax sp*, *C. marginatus* et *A. acuminata* comme espèces accidentelles et *n. fenestratus*, *Anaceratagallia sp*, *D. europaea*, *Cercopidae sp*, *A. gossypii*, *L. saxatilis*, *G. italicum*, *M. punctatus* et *M. minimus* acquièrent le statut écologique

## Résultats

d'espèces accessoires avec des taux variant entre 25% et 36,5%.

Chez le cépage Cabernet sauvignon, les consommateurs secondaires (CII), indiquent la présence de 2 espèces omniprésentes (*C. menes*, *A. atomus*) avec un taux de 2,73%, 4 espèces constantes (*Orius sp*, *Gonatocerus sp*, *Telenomus sp*, *Platygaster sp.*) avec un taux de 5,47%, 17 espèces régulières (*O. niger*, *O. minutus*, *Chrysocharis sp*, *s. brevicornis*, *Pteromalus sp*, *Pteromalidae sp1*, *L. fabarum*, *a. glomeratus*, *Scelionidae sp1*, *Aphytis sp*, *Goniozus sp*, *R. fasciatus*, *Dirhinus sp*, *C. algerica*, *C. carnea*, *L. formosa*, *N. californicus*) avec un taux de 23,28%; et 5 espèces sont réparties entre accessoires et accidentelles avec des taux respectifs de 35,61% et 32,87%

En revanche, les consommateurs secondaires (CII), chez le cépage Syrah indiquent la présence de 5 espèces omniprésentes (*Telemnus sp*, *A. atomus*, *Gonatocerus sp*, *L. fabarum* et *N. californicus*) avec un taux de 7,14%, 7 espèces constantes (*A. Aphidimyza*, *Scelionidae sp1*, *Platygaster sp1*, *Pteromalus sp*, *A. glomeratus*, *Aphytis sp* et *salticidae*) avec un taux de 10 %, 19 espèces régulières (*Orius sp*, *O. niger*, *O. minutus*, *C. carnea*, *M. pulchellum*, *Anaphes sp*, *Pteromalidae sp 1*, *Chrysocharis sp*, *S. brevicornis*, *Lysiphlebus sp2*, *A. abdominalis*, *Goniozus sp*, *R. fasciatus*, *Dirhinus sp*, *I. longicorne*, *C. algerica*, *H. variegata*, *T. pyri* et *L. formosa*) avec un taux de 27,14%; et 38 espèces sont réparties entre accidentelles et accessoires, avec des taux variant entre 17,14% et 37,14%.

De même pour les consommateurs tertiaires (CIII), chez le cépage Cabernet sauvignon, ils affichent l'existence de 2 espèces constantes qui sont *Dendrocerus sp* et *Syrphophagus sp* avec un taux de 33,33%, également 3 espèces régulières à savoir: *P. gallicus*, *P. muscarum* et *Ceraphron sp*, avec un taux de 50% et une seule espèce accessoire, il s'agit d'*Alloxysta sp* avec un taux de 16,66%. Les successeurs (Succ.) sont représentés par *Sminthurus sp* (accessoire) et *Psocoptera sp* (accidentelle), alors que les trophobiantes (Trop.) sont représentés par *Apis mellifera* occupant le statut d'espèce accessoire. Pareillement pour le cépage Syrah, les consommateurs tertiaires (CIII) affichent l'existence d'une seule espèce constante qui est *Ceraphron sp* avec un taux de 16,66%, 4 espèces régulières à savoir: *P. gallicus*, *P. muscarum*, *Syrphophagus sp* et *Dendrocerus sp* avec un taux de 66,66% et une seule espèce accessoire, il s'agit d'*Alloxysta sp* avec un taux de 16,66%. Les successeurs sont représentés par *Sminthurus sp* (accessoire).

Tableau 8 : Statut écologique de l'entomocénose fonctionnel du cépage Cabernet sauvignon

	Espèce	code	FET	BFL	FL	NO	FGR	MAT	REC	F%	C%	Statut écologique
CI	<i>Jacobiasca lybica</i>	<i>Jaly</i>	3	9	34	431	175	39	76	29,48	100	Omniprésente
	<i>Neoaliturus fenestratus</i>	<i>Nefe</i>	0	0	12	0	0	0	7	0,19	28,57	Accessoire
	<i>Emposca sp</i>	<i>Emsp</i>	0	0	10	0	0	0	0	0,73	28,57	Accidentelle
	<i>Anaceratagallia sp</i>	<i>Ansp</i>	0	0	0	0	0	28	0	0,92	14,28	Accidentelle
	<i>Hyalesthes obsoletus</i>	<i>Hyob</i>	0	0	4	1	0	0	0	0,38	14,28	Accessoire
	<i>Dictyophara europaea</i>	<i>Dieu</i>	0	0	0	24	0	0	0	1,07	14,28	Accidentelle
	<i>Cercopidae sp</i>	<i>Cersp</i>	0	3	5	1	0	0	0	0,34	42,85	Accessoire
	<i>Metadelphax sp</i>	<i>Metsp</i>	0	0	10	1	0	0	0	0,42	28,57	Accessoire
	<i>Aphis gossypii</i>	<i>Apgo</i>	13	0	0	0	0	0	0	0,49	14,28	Accidentelle
	<i>Daktulosphaira vitifoliae</i>	<i>Davi</i>	0	0	222	41	0	0	0	10,11	28,57	Accessoire
	<i>Stictopleurus crassicorni</i>	<i>Str</i>	15	0	0	7	8	8	0	1,46	57,14	Régulière

## Résultats

	<i>Lygaeus saxatilis</i>	<i>Lysa</i>	4	0	3	2	1	0	0	0,38	57,14	Régulière
	<i>Lygaeus sp</i>	<i>Lygsp</i>	0	4	0	0	0	0	0	0,15	14,28	Accidentelle
	<i>Orthotylus sp</i>	<i>Ortsp</i>	0	0	1	0	0	0	0	0,03	14,28	Accidentelle
	<i>Pseudococcus sp</i>	<i>Psdsp</i>	0	0	2	24	0	2	53	3,11	57,14	Régulière
	<i>Malthenus punctatus</i>	<i>Malpu</i>	145	67	56	0	0	0	0	10,30	42,85	Accessoire
	<i>Malthodes minimus</i>	<i>Mltmi</i>	45	14	12	0	0	0	0	2,72	42,85	Accessoire
	<i>Labidostomis taxicornis</i>	<i>Labta</i>	1	0	0	0	0	0	0	0,03	14,28	Accidentelle
	<i>Cassida margaritacea</i>	<i>Casma</i>	1	0	0	0	0	0	0	0,03	14,28	Accidentelle
	<i>Pamphagus elephas</i>	<i>Pael</i>	1	0	0	0	0	0	0	0,03	14,28	Accidentelle
	<i>Ephippigerephippiger</i>	<i>Ephep</i>	1	0	0	0	0	0	0	0,03	14,28	Accidentelle
	<i>Drepanothrips reuteri</i>	<i>Drere</i>	20	12	4	2	0	0	0	1,46	57,14	Régulière
	<i>Frankliniella occidentalis</i>	<i>Frocc</i>	45	56	0	4	2	5	5	4,49	85,71	Constante
	<i>Frankliniella sp</i>	<i>Frsp</i>	65	66	23	32	12	22	4	8,61	100	Omniprésente
	<i>Aeolothrips sp</i>	<i>Aesp</i>	78	67	45	45	24	17	12	11,07	100	Omniprésente
	<i>Eriophyes vitis</i>	<i>Ervi</i>	0	0	0	4	0	0	0	0,15	14,28	Accidentelle
	<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Tetur</i>	0	0	0	0	0	4	0	0,15	14,28	Accidentelle
	<i>Eotetranychus carpini</i>	<i>Eoca</i>	37	42	15	75	93	6	32	11,53	100	Omniprésente
	<i>Orius spl</i>	<i>Orisp</i>	7	17	11	9	11	0	5	3,43	85,71	Constante
	<i>Orius niger</i>	<i>Orni</i>	3	3	5	2	4	0	0	0,97	71,42	Régulière
	<i>Orius minutus</i>	<i>Ormi</i>	5	0	4	3	2	0	3	0,97	71,42	Régulière
	<i>Cardiastethus sp</i>	<i>Cadsp</i>	0	0	0	5	0	0	0	0,28	14,28	Accidentelle
	<i>Chrysocharis sp</i>	<i>Chysp</i>	76	78	34	13	0	0	0	11,49	57,14	Régulière
	<i>Ceraninus menes</i>	<i>Cerme</i>	23	34	23	34	33	19	22	10,75	100	Omniprésente
	<i>Sigmophora brevicornis</i>	<i>Sigbr</i>	3	0	0	3	0	2	3	0,62	57,14	Régulière
	<i>Baryscapus papaveris</i>	<i>Barpa</i>	0	1	0	0	0	0	0	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Tetrastichus sp</i>	<i>Tetssp</i>	0	0	6	1	2	0	0	0,51	42,85	Accessoire
	<i>Pediobius sp</i>	<i>Pedsp</i>	0	0	9	1	1	0	0	0,62	42,85	Accessoire
	<i>Pteromalus sp</i>	<i>Ptesp</i>	8	12	13	2	0	0	0	2,00	57,14	Régulière
	<i>Pteromalidae sp1</i>	<i>Ptersp</i>	0	0	4	0	2	1	1	0,45	57,14	Régulière
	<i>Pteromalidae sp2</i>	<i>Pterosp</i>	0	0	1	3	0	0	0	0,22	28,57	Accessoire
	<i>Pteromalidae sp3</i>	<i>Pteromsp</i>	0	0	0	1	3	0	0	0,22	28,57	Accessoire
	<i>Lysiphlebus fabarum</i>	<i>Lysif</i>	6	5	6	7	2	0	0	1,48	71,42	Régulière
	<i>Lysiphlebus sp2</i>	<i>Lysisp</i>	2	3	0	0	1	0	0	0,34	42,85	Accessoire
	<i>Apanteles glomeratus</i>	<i>Apag</i>	2	1	6	4	0	0	2	0,85	71,42	Régulière
	<i>Aphidius colemani</i>	<i>Aphco</i>	0	0	8	3	0	0	0	0,62	28,57	Accessoire
	<i>Aphidius matricariae</i>	<i>Aphma</i>	0	0	3	3	0	0	0	0,34	28,57	Accessoire
	<i>Diaeretiella rapae</i>	<i>Diara</i>	0	0	0	3	0	0	0	0,17	14,28	Accidentelle
	<i>Ichneumonidae sp1</i>	<i>Ichnsp</i>	2	3	0	1	0	0	0	0,34	42,85	Accessoire
	<i>Ichneumonidae sp2</i>	<i>Ichnsp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Gonatocerus sp</i>	<i>Gonasp</i>	3	6	0	7	7	4	4	1,77	85,71	Constante
CII	<i>Camptoptera sp</i>	<i>Campsp</i>	1	2	0	0	0	0	0	0,17	28,57	Accessoire
	<i>Anagrus atomus</i>	<i>Angat</i>	7	9	13	12	5	8	8	3,54	100	Omniprésente
	<i>Mymar pulchellum</i>	<i>Mypul</i>	0	0	2	0	0	0	0	0,11	14,28	Accidentelle
	<i>Mymarsp</i>	<i>Mymsp</i>	0	0	0	1	1	1	0	0,17	14,28	Accidentelle
	<i>Polynema sp</i>	<i>Polysp</i>	0	0	3	0	0	0	0	0,17	42,85	Accessoire
	<i>Alaptus sp</i>	<i>Alasp</i>	0	0	0	0	1	0	0	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Mymaridae sp 1</i>	<i>Mymasp</i>	0	0	0	0	0	0	1	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Mymaridae sp2</i>	<i>Mymarsp</i>	0	0	0	0	0	0	1	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Aganaspis pelleranoi</i>	<i>Agape</i>	1	0	0	0	0	0	0	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Scelionidae sp1</i>	<i>Scesp</i>	7	4	0	5	0	3	0	1,08	57,14	Régulière
	<i>Scelionidae sp2</i>	<i>Scelsp</i>	5	8	0	0	5	0	0	1,02	42,85	Accessoire
	<i>Telenomus sp</i>	<i>Telsp</i>	12	17	13	4	7	4	0	3,26	85,71	Constante
	<i>Platygastridae sp1</i>	<i>Plasp</i>	0	0	0	4	3	1	0	0,45	42,85	Accessoire
	<i>Platygaster sp1</i>	<i>Platysp</i>	12	4	12	11	9	5	0	3,03	85,71	Constante
	<i>Platygaster sp2</i>	<i>Plarsp</i>	5	0	0	0	0	7	0	0,68	28,57	Accessoire
	<i>Ceraphronidae sp1</i>	<i>Cerdsp</i>	0	0	0	25	33	23	0	4,63	42,85	Accessoire
	<i>Ericydnus sp</i>	<i>Ericsp</i>	1	0	0	0	0	0	0	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Aphelinus abdominalis</i>	<i>Apheab</i>	0	0	2	5	0	0	0	0,40	28,57	Accessoire
	<i>Aphelinus mali</i>	<i>Aphlma</i>	0	0	0	2	0	0	0	0,11	14,28	Accidentelle
	<i>Aphelinus sp</i>	<i>Aphensp</i>	0	0	3	0	0	5	0	0,45	28,57	Accessoire
	<i>Aphytis melinus</i>	<i>Aphym</i>	0	0	5	0	0	0	0	0,28	14,28	Accidentelle
	<i>Aphytis sp1</i>	<i>Aphytsp</i>	2	2	0	4	0	3	2	0,74	71,42	Régulière
	<i>Aphytis sp2</i>	<i>Aphytisp</i>	0	0	0	8	0	0	0	0,45	14,28	Accidentelle
	<i>Goniozus sp</i>	<i>gozsp</i>	0	0	0	17	34	11	12	4,23	57,14	Régulière

## Résultats

	<i>Rhabdepyris fasciatus</i>	<i>Rhabsp</i>	0	0	0	10	23	23	11	3,83	57,14	Régulière
	<i>Exallonyx longicornis</i>	<i>Exalo</i>	3	2	0	0	0	0	3	0,45	42,85	Accessoire
	<i>Chalcididae sp1</i>	<i>Chalsp</i>	0	0	0	2	2	0	0	0,22	28,57	Accessoire
	<i>Dirhinus sp</i>	<i>Dirhsp</i>	0	0	0	3	6	1	7	0,97	57,14	Régulière
	<i>Podagrion sp</i>	<i>Podsp</i>	0	0	0	1	0	0	0	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Trichogrammatidae sp</i>	<i>Trichsp</i>	0	0	0	0	0	0	2	0,11	14,28	Accidentelle
	<i>Chrysididae sp</i>	<i>Chrysp</i>	0	0	0	0	0	1	0	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Coccinella algerica</i>	<i>Cocal</i>	1	8	3	2	0	0	0	0,80	57,14	Régulière
	<i>Scymnus subvillosus</i>	<i>Scymsu</i>	0	0	0	6	4	3	0	0,74	42,85	Accessoire
	<i>Hypodamia variegata</i>	<i>Hypva</i>	0	0	0	14	0	0	0	0,80	14,28	Accidentelle
	<i>Platynaspis luteorubra</i>	<i>Platnalu</i>	0	0	0	3	3	0	0	0,34	28,57	Accessoire
	<i>Exochomus nigripennis</i>	<i>Exocni</i>	0	0	0	0	1	1	0	0,11	28,57	Accessoire
	<i>Philonthus politus</i>	<i>Philp</i>	2	3	0	0	0	0	0	0,28	28,57	Accessoire
	<i>Ischnosoma flavicolle</i>	<i>Ischnfl</i>	4	13	4	0	0	0	0	1,20	42,85	Accessoire
	<i>Ischnosoma longicorne</i>	<i>Ischnlo</i>	2	0	0	0	0	0	0	0,11	14,28	Accidentelle
	<i>Tachyporus sp1</i>	<i>Tacsp</i>	6	0	3	0	0	0	3	0,68	42,85	Accessoire
	<i>Tachyporus sp2</i>	<i>Tachsp</i>	4	0	0	0	0	0	0	0,22	14,28	Accidentelle
	<i>Cerocoma schreberi</i>	<i>Cersch</i>	5	0	0	0	0	0	0	0,28	14,28	Accidentelle
	<i>Brachinus sp</i>	<i>Brach</i>	1	0	0	0	0	0	0	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Chrysoperla carnea</i>	<i>Chrycar</i>	26	40	30	12	0	0	0	6,17	57,14	Régulière
	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	<i>Aphidap</i>	1	0	0	0	0	0	0	0,05	14,28	Accidentelle
	<i>Salticidae sp1</i>	<i>Salsp</i>	0	0	0	0	0	0	15	0,85	14,28	Accidentelle
	<i>Allothrombium sp</i>	<i>Allmbsp</i>	0	3	6	0	0	0	0	0,51	28,57	Accessoire
	<i>Lorryia formosa</i>	<i>Lorfo</i>	0	0	3	7	0	1	1	0,68	57,14	Régulière
	<i>Neoseiulus californicus</i>	<i>Neosc</i>	0	0	15	76	40	33	107	15,50	71,42	Régulière
	<i>Typhlodromus pyri</i>	<i>Typhp</i>	3	0	0	0	3	8	0	0,80	42,85	Accessoire
	<i>Polistes gallicus</i>	<i>Polga</i>	1	0	0	3	2	6	2	7,44	71,42	Régulière
	<i>Pachyneuron muscarum</i>	<i>Pacmu</i>	5	4	0	3	1	0	1	18,61	57,14	Régulière
	<i>Alloxysta sp</i>	<i>Allosp</i>	1	0	3	0	0	0	1	2,65	42,85	Accessoire
	<i>Dendrocerus sp</i>	<i>Dendsp</i>	5	7	4	4	2	0	1	12,23	85,71	Constante
	<i>Syrphophagus sp</i>	<i>Syrsp</i>	15	25	17	12	21	0	0	11,17	85,71	Constante
	<i>Ceraphron sp</i>	<i>Cersp</i>	7	5	2	3	1	0	3	47,87	71,42	Régulière
Succ.	<i>Sminthurus sp</i>	<i>Sminsp</i>	15	26	8	0	0	0	0	46,22	42,85	Accessoire
	<i>Psocoptera sp</i>	<i>Apsml</i>	0	1	0	0	0	0	0	0,94	14,28	Accidentelle
Trop.	<i>Apis mellifera</i>	<i>Psocsp</i>	13	43	0	0	0	0	0	52,83	28,57	Accessoire

CI : Consommateurs primaires, CII : Consommateurs secondaires, CIII : Consommateurs tertiaires, Succ. : Successeurs,  
Trop. : Trophobiantes

Tableau 9: Statut écologique de l'entomocénose fonctionnelle du cépage Syrah

	Espèces	code	BFS	FL	NO	FGR	MAT	REC	F%	C%	Statut écologique
	<i>Jacobiasca lybica</i>	<i>Jaly</i>	9	20	123	112	721	538	54,67	100	Omniprésente
	<i>Nealiturus fenestratus</i>	<i>Nefe</i>	0	0	7	4	0	0	0,39	33,33	Accessoire
	<i>cicadellidae sp1</i>	<i>Cicsp</i>	0	3	0	0	0	0	0,11	16,67	Accidentelle
	<i>cicadellidae sp2</i>	<i>Cicasp</i>	0	3	0	0	0	0	0,11	16,67	Accidentelle
	<i>Anaceratagallia sp</i>	<i>Ansp</i>	0	0	34	0	19	0	1,90	33,33	Accessoire
	<i>Hyalesthes obsoletus</i>	<i>Hyob</i>	0	11	0	0	0	0	0,39	16,67	Accidentelle
	<i>Dictyophara europaea</i>	<i>Dieu</i>	0	0	16	4	0	0	0,72	33,33	Accessoire
	<i>Cercopidae sp</i>	<i>Cersp</i>	4	2	0	0	0	0	0,22	33,33	Accessoire
	<i>Metadelphax sp</i>	<i>Meisp</i>	0	10	0	0	0	0	0,36	16,67	Accidentelle
CI	<i>Aphis goossypi</i>	<i>Apgo</i>	13	0	0	12	0	0	0,90	33,33	Accessoire
	<i>Daktulosphaira vitifoliae</i>	<i>Davi</i>	0	25	18	8	1	1	1,90	83,33	Constante
	<i>Stictopleurus crassicorni</i>	<i>Stcr</i>	5	6	8	0	0	0	0,68	50	Régulière
	<i>Lygaeus saxatilis</i>	<i>Lysa</i>	0	5	5	0	0	0	0,36	33,33	Accessoire
	<i>Graphosoma italicum</i>	<i>Grait</i>	0	5	0	5	0	0	0,36	33,33	Accessoire
	<i>Coreus marginatus</i>	<i>Corm</i>	0	0	0	0	0	5	0,18	16,67	Accidentelle
	<i>Aelia acuminata</i>	<i>Aela</i>	0	0	0	0	0	9	0,32	16,67	Accidentelle
	<i>Pseudococcus sp</i>	<i>Psdsp</i>	0	13	13	0	0	14	1,44	50	Régulière
	<i>Malthenus punctatus</i>	<i>Malpu</i>	165	78	0	0	0	0	8,72	33,33	Accessoire
	<i>Malthodes minimus</i>	<i>Mltmi</i>	33	33	0	0	0	0	2,37	33,33	Accessoire

## Résultats

	<i>Drepanothrips reuteri</i>	<i>Drere</i>	0	2	13	2	0	0	0,61	50	Régulière
	<i>Franklineilla occidentalis</i>	<i>Frocc</i>	23	56	7	23	5	8	4,38	100	Omniprésente
	<i>Frankliniella sp</i>	<i>Frsp</i>	33	45	34	24	24	22	6,53	100	Omniprésente
	<i>Aeolothrips sp</i>	<i>Aesp</i>	67	67	33	17	24	19	8,15	100	Omniprésente
	<i>Eotetranychus carpini</i>	<i>Eoca</i>	54	1	1	4	1	57	4,24	100	Omniprésente
	<i>Orius sp1</i>	<i>Orisp</i>	5	5	12	0	0	13	2,21	66,67	Régulière
	<i>Orius niger</i>	<i>Orni</i>	3	3	5	0	0	11	1,39	66,67	Régulière
	<i>Orius minutus</i>	<i>Ormi</i>	6	6	0	0	7	4	1,45	66,67	Régulière
	<i>Cardiastethus sp</i>	<i>Cadsp</i>	0	4	0	0	0	0	0,25	16,67	Accidentelle
	<i>Rhynocoris erythropus</i>	<i>Rhyer</i>	0	0	0	0	0	6	0,38	16,67	Accidentelle
	<i>chrysoperla carnea</i>	<i>Chrycar</i>	0	2	6	2	2	0	0,76	66,67	Régulière
	<i>aphidoletes aphidimyza</i>	<i>Aphidap</i>	2	0	0	0	0	0	0,13	16,67	Accidentelle
	<i>Scelionidae sp1</i>	<i>Scesp</i>	2	4	0	3	5	3	1,07	83,33	Constante
	<i>Scelionidae sp2</i>	<i>Scelssp</i>	0	0	3	0	0	0	0,19	16,67	Accidentelle
	<i>Telenomus sp</i>	<i>Telsp</i>	12	6	10	12	11	9	3,78	100	Omniprésente
	<i>Platygastridae sp1</i>	<i>Plasp</i>	0	0	0	0	3	3	0,38	33,33	Accessoire
	<i>Platygaster sp1</i>	<i>Platysp</i>	5	5	5	0	6	5	1,64	83,33	Constante
	<i>Platygaster sp2</i>	<i>Plarsp</i>	3	6	0	0	0	0	0,57	33,33	Accessoire
	<i>Ceraphronidae sp1</i>	<i>Cerdsp</i>	0	0	0	0	0	28	1,76	16,67	Accidentelle
	<i>Ceraphronidae sp2</i>	<i>cerpdsp</i>	0	0	0	34	0	0	2,14	16,67	Accidentelle
	<i>Gonatocerus sp</i>	<i>Gonasp</i>	4	6	7	6	4	5	2,02	100	Omniprésente
	<i>Anagrus atomus</i>	<i>Angat</i>	8	5	9	7	5	6	2,52	100	Omniprésente
	<i>Mymar pulchellum</i>	<i>Mypul</i>	0	3	3	4	0	0	0,63	50	Régulière
	<i>Mymar sp</i>	<i>Mymsp</i>	0	0	0	0	7	3	0,63	33,33	Accessoire
	<i>Polynema sp</i>	<i>Polysp</i>	0	3	3	0	0	0	0,38	33,33	Accessoire
	<i>Camptoptera sp</i>	<i>Campsp</i>	0	2	0	0	0	0	0,13	16,67	Accidentelle
	<i>Anaphes sp</i>	<i>Ansp</i>	0	1	3	0	0	4	0,50	50	Régulière
	<i>Pteromalidae sp1</i>	<i>Ptersp</i>	0	4	0	3	5	3	0,95	66,67	Régulière
	<i>Pteromalidae sp2</i>	<i>Ptersp</i>	0	0	0	0	0	2	0,13	16,67	Accidentelle
	<i>Pteromalus sp</i>	<i>Ptesp</i>	8	6	6	5	0	5	1,89	83,33	Constante
	<i>Chrysocharis sp</i>	<i>Chysp</i>	55	67	12	0	0	0	8,44	50	Régulière
	<i>Ceraninus menes</i>	<i>Cerme</i>	10	13	34	34	22	23	8,57	100	Omniprésente
	<i>Sigmophora brevicornis</i>	<i>Sigbr</i>	0	0	3	5	5	4	1,07	66,67	Régulière
	<i>Lysiphlebus fabarum</i>	<i>Lysif</i>	5	7	7	5	5	4	2,08	100	Omniprésente
CII	<i>Lysiphlebus sp2</i>	<i>Lysisp</i>	3	0	6	0	0	3	0,76	50	Régulière
	<i>Apanteles glomeratus</i>	<i>Apag</i>	6	6	8	8	0	6	2,14	83,33	Constante
	<i>Aphidius colemani</i>	<i>Aphco</i>	0	5	0	4	0	0	0,57	33,33	Accessoire
	<i>Aphidius matricariae</i>	<i>Aphma</i>	0	3	0	0	0	0	0,19	16,67	Accidentelle
	<i>Diaeretiella rapae</i>	<i>Diara</i>	0	0	0	3	0	0	0,19	16,67	Accidentelle
	<i>Ichneumonidae sp1</i>	<i>Ichnsp</i>	1	0	1	0	0	0	0,13	33,33	Accessoire
	<i>Ichneumonidae sp2</i>	<i>Ichnsp</i>	0	0	1	0	0	0	0,06	16,67	Accidentelle
	<i>Aganaspis pelleranoi</i>	<i>Agape</i>	2	0	0	0	0	0	0,13	16,67	Accidentelle
	<i>Aphelinus abdominalis</i>	<i>Apheab</i>	0	0	9	6	0	5	1,26	50	Régulière
	<i>Aphelinus mali</i>	<i>Aphlma</i>	0	0	0	5	0	0	0,32	16,67	Accidentelle
	<i>Aphelinus sp</i>	<i>Aphensp</i>	0	5	0	0	5	0	0,63	33,33	Accessoire
	<i>Aphytis sp1</i>	<i>Aphytsp</i>	2	0	5	8	6	5	1,64	83,33	Constante
	<i>Aphytis sp2</i>	<i>Aphytsp</i>	0	0	0	3	0	8	0,69	33,33	Accessoire
	<i>Trichogrammatidae sp</i>	<i>Trichsp</i>	0	0	0	0	0	2	0,13	16,67	Accidentelle
	<i>Goniozus sp</i>	<i>gozsp</i>	0	2	0	9	14	22	2,96	66,67	Régulière
	<i>Rhabdopyris fasciatus</i>	<i>Rhabsp</i>	0	0	0	16	17	12	2,84	50	Régulière
	<i>Chalcididae sp1</i>	<i>Chalsp</i>	0	0	0	0	3	2	0,32	33,33	Accessoire
	<i>Dirhinus sp</i>	<i>Dirhsp</i>	0	0	8	0	5	12	1,58	50	Régulière
	<i>Exallonyx longicornis</i>	<i>Exalo</i>	0	5	0	0	0	0	0,32	16,67	Accidentelle
	<i>Chysididae sp</i>	<i>Chrysp</i>	1	0	0	0	0	0	0,06	16,67	Accidentelle
	<i>Ischnosoma longicorne</i>	<i>Ischnlo</i>	4	3	5	0	0	0	0,76	50	Régulière
	<i>Tachyporus sp1</i>	<i>Tacsp</i>	3	4	0	0	0	0	0,44	33,33	Accessoire
	<i>Tachyporus sp2</i>	<i>Tachsp</i>	2	0	0	0	0	0	0,13	16,67	Accidentelle
	<i>Philonthus politus</i>	<i>Philp</i>	0	0	2	0	0	0	0,13	16,67	Accidentelle
	<i>Staphylinidae sp</i>	<i>Stapsp</i>	0	0	0	0	0	5	0,32	16,67	Accidentelle
	<i>Coccinella algerica</i>	<i>Cocal</i>	2	3	4	4	0	0	0,82	66,67	Régulière
	<i>Scymnus subvillosus</i>	<i>Scymsu</i>	0	5	9	7	8	5	2,14	83,33	Constante
	<i>Hypodamia variegata</i>	<i>Hypva</i>	0	0	8	8	0	6	1,39	50	Régulière
	<i>Stethorus punctillum</i>	<i>Stepu</i>	0	0	5	0	6	0	0,69	33,33	Accessoire
	<i>Platynaspis luteorubra</i>	<i>Platnalu</i>	0	0	0	0	3	3	0,38	33,33	Accessoire

## Résultats

	<i>Exochomus nigripennis</i>	<i>Exocni</i>	0	0	0	0	0	5	0,32	16,67	Accidentelle
	<i>salticidae sp</i>	<i>Salsp</i>	1	3	7	3	1	0	0,95	83,33	Constante
	<i>Icius sp1</i>	<i>Icisp</i>	0	0	0	0	4	0	0,25	16,67	Accidentelle
	<i>Icius sp2</i>	<i>Iciusp</i>	0	0	0	0	3	0	0,19	16,67	Accidentelle
	<i>Oxyopes sp</i>	<i>Oxsp</i>	0	0	0	0	2	0	0,13	16,67	Accidentelle
	<i>Xysticus sp</i>	<i>Xvsp</i>	0	0	1	0	0	0	0,06	16,67	Accidentelle
	<i>Pisauridae sp1</i>	<i>Pissp</i>	0	0	0	0	2	0	0,13	16,67	Accidentelle
	<i>Neottiura sp</i>	<i>Neotsp</i>	0	0	0	0	1	0	0,06	16,67	Accidentelle
	<i>typhlodromus pyri</i>	<i>Typhp</i>	3	0	0	0	22	19	2,77	50	Régulière
	<i>Neoseiulus californicus</i>	<i>Neosc</i>	15	58	71	35	28	140	21,87	100	Omniprésente
	<i>Lorryia formosa</i>	<i>Lorfo</i>	0	6	5	0	1	7	1,20	66,67	Régulière
CIII	<i>Polistes gallicus</i>	<i>Polga</i>	0	0	6	6	6	5	14,02	66,67	Régulière
	<i>Ceraphron sp</i>	<i>Cersp</i>	5	3	8	3	0	4	14,02	83,33	Constante
	<i>Dendrocerus sp</i>	<i>Dendsp</i>	4	3	5	0	0	3	9,15	66,67	Régulière
	<i>Pachyneuron muscarum</i>	<i>Pacmu</i>	7	6	7	8	0	0	17,07	66,67	Régulière
	<i>Alloxysta sp</i>	<i>Allosp</i>	0	4	3	0	0	0	4,27	33,33	Accessoire
	<i>Syrphophagus sp</i>	<i>Syrsp</i>	16	23	0	16	13	0	41,46	66,67	Régulière
	Succ.	<i>Smanthurus sp</i>	<i>Sminsp</i>	4	11	0	0	0	0	100	33,33

CI : Consommateurs primaires, CII : Consommateurs secondaires, CIII : Consommateurs tertiaires, Succ. : Successeurs,

La biocénose fonctionnelle des cépages Cabernet sauvignon et Syrah, montre que les espèces Omniprésentes et Constantes sont au nombre de 13 soit (11,81%) et de 19 soit (18,81%) respectivement, elles sont les plus dominantes et profitent d'une ressource alimentaire plus vaste.

Concernant les espèces régulières, elles couvrent 21,81% chez le cépage Cabernet sauvignon et 25,74% chez le cépage Syrah de la disponibilité globale. Elles sont représentées par 24 espèces chez Cabernet sauvignon à savoir : *Stictopleurus crassicorni*, *Lygaeus saxatilis*, *Pseudococcus sp*, *Drepanothrips reuteri*, *Orius niger*, *Orius minutus*, *Chrysocharis sp*, *Sigmophora brevicornis*, *Pteromalus sp*, *Pteromalidae sp1*, *Lysiphlebus fabarum*, *Apanteles glomeratus*, *Scelionidae sp1*, *Aphytis sp1*, *Goniozus sp*, *Rhabdepyris fasciatus*, *Dirhinus sp*, *Coccinella algerica*, *Chrysoperla carnea*, *Lorryia formosa*, *Neoseiulus californicus*, *Polistes gallicus*, *Pachyneuron muscarum*, *Ceraphron sp*) et par 26 espèces chez le cépage Syrah à savoir : *S. crassicorni*, *Pseudococcus sp*, *D. reuteri*, *Orius sp*, *O. niger*, *O. minutus*, *C. carnea*, *M. pulchellum*, *Anaphes sp*, *Pteromalidae sp 1*, *Chrysocharis sp*, *s. brevicornis*, *Lysiphlebus sp2*, *A. abdominalis*, *Goniozus sp*, *R. fasciatus*, *Dirhinus sp*, *I. longicorne* *C. algerica*, *H. variegata*, *T. pyri* et *L. formosa*, *P. gallicus*, *P. muscarum*, *Syrphophagus sp* et *Dendrocerus sp*).

Les 37 espèces signalées chez Cabernet sauvignon et les 40 espèces signalées chez le cépage Syrah, portant le statut accessoires, affichent des taux respectifs de 32,72% et 39,60%. Elles n'appartiennent pas à la biocénose viticole maison considère que leur présence sert à son fonctionnement. A propos des espèces accidentelles, leur présence dans la niche écologique est par hasard, par conséquent aucun rôle ne leur est attribué.

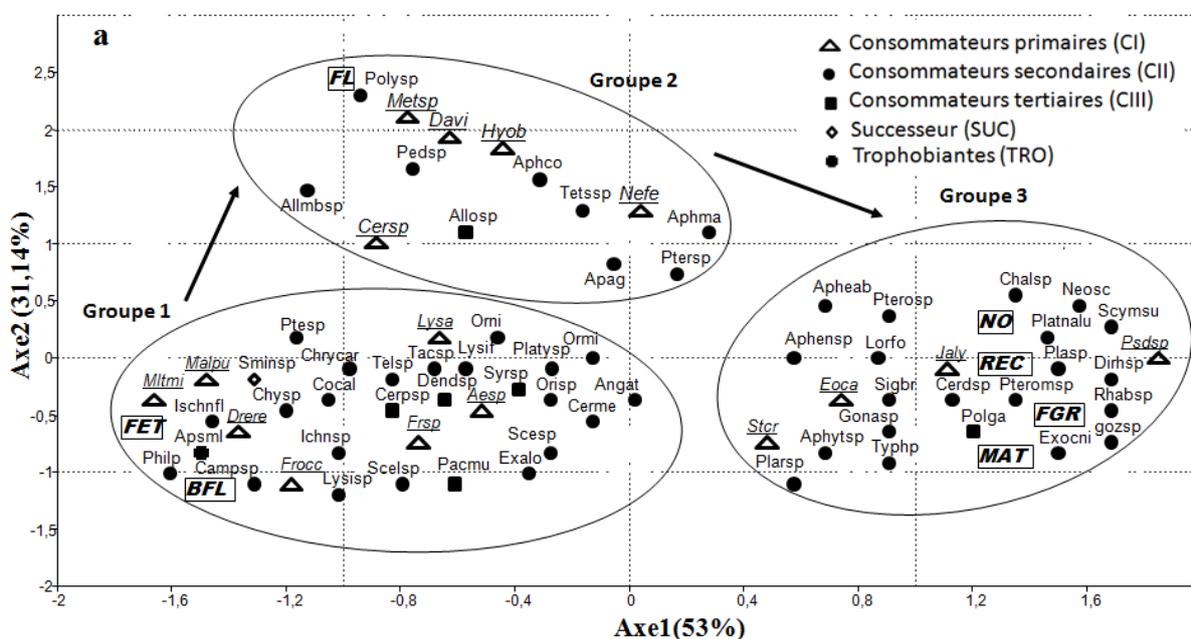
### 2.4. Relation du complexe entomologique fonctionnel avec la phénologie de la plante hôte

La projection des valeurs propres des groupes fonctionnels appliquées à l'indice végétatif sur les deux axes de la DCA a montré une inertie satisfaisante pour les deux cépages Cabernet

## Résultats

sauvignon et Syrah avec des pourcentages respectifs de ( $F_1 \times F_2 = 84,14\%$ ) ( $F_1 \times F_2 = 72,89\%$ ). Selon la DCA, la succession des assemblages est positivement associée à l'indice végétatif des cépages Cabernet sauvignon et Syrah. Sur la base d'une similarité de -4,2 chez le Cépage cabernet sauvignon et de -7,2 chez le cépage Syrah, la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA), a donnée place à trois groupement indiquant ainsi que le paramètre phénologique de la plante hôte à travers la gradation de la densité végétative (FET, BFL, FL, NO, FGR, MAT et REC) conditionne la structuration spécifique du complexe entomologique fonctionnel (Fig. 18a et b)

Concernant le cépage Cabernet sauvignon l'assemblage des stades végétatifs FET et BFL fait ressortir la dominance des consommateurs secondaires avec un taux de 61,76%, alors que les consommateurs primaires affichent un taux de l'ordre de 20,58%, quant aux consommateurs tertiaires, ils sont ajustés à 11,77%. De même, l'assemblage des stades végétatifs BFL et FL chez le cépage Syrah, fait ressortir la dominance des consommateurs secondaires avec un taux de 57,89%, tandis que les consommateurs primaires affichent un taux de l'ordre de 33,33%. Quant aux consommateurs tertiaires, ils sont ajustés à 5,55%. Sur le plan disponibilité individuelle, les consommateurs primaires chez le cépage Cabernet sauvignon annoncent 1016 individus, tandis que les consommateurs secondaires et les consommateurs tertiaires enregistrent des abondances respectives de 636 et 148 individus. Pour le cépage Syrah les consommateurs primaires annoncent 2745 individus, tandis que les consommateurs secondaires et les consommateurs tertiaires enregistrent des abondances respectives de 1457 et 164 individus.



## Résultats

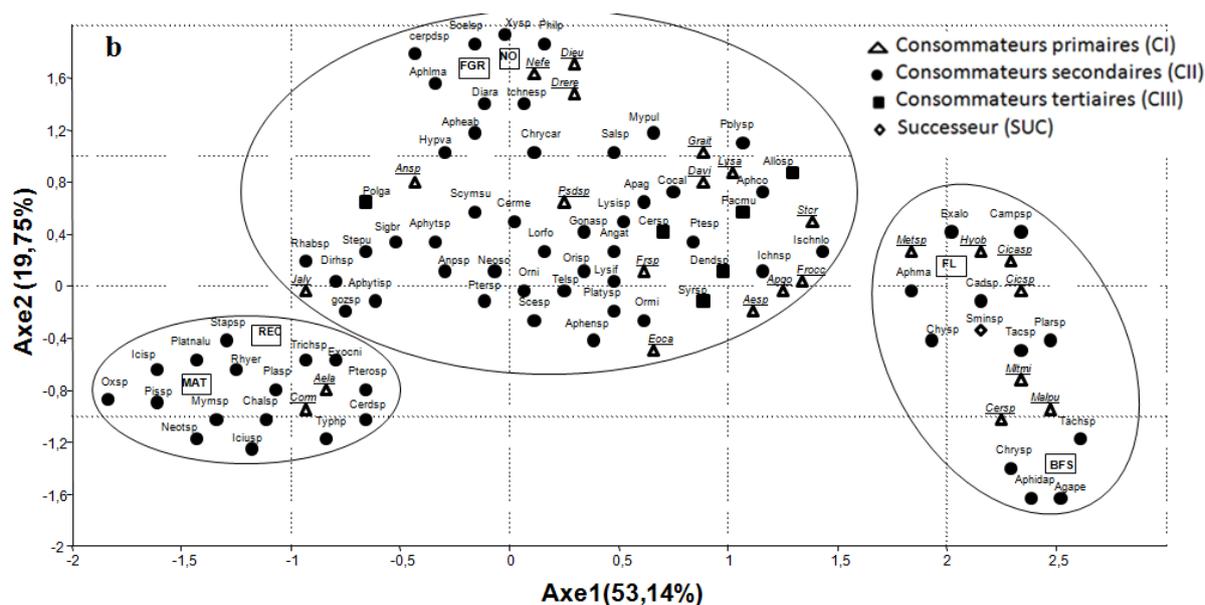


Figure 18: Diagramme Detrended Correspondence Analysis (DCA) montrant la relation du stade phénologique avec la richesse spécifiques des groupes fonctionnels (CI: Consommateurs primaires, CII: Consommateurs secondaires, CIII: Consommateurs primaires, SUC : successeurs ; TRO : trophobiantes)  
(a: Cépage Cabernet sauvignon, b: Cépage Syrah)

Concernant le stade végétatif FL, la structure spécifique de Cabernet sauvignon renseigne l'augmentation du taux des consommateurs primaires (35,71%) et la réduction des taux des consommateurs secondaires et tertiaires (57,14% et 7,14%) par comparaison aux stades FET et BFL. L'abondance numérique reste en faveur des consommateurs primaires. Les stades végétatifs couvrant la Nouaison (NO) jusqu'à la récolte (REC), renferment une activité d'auxiliaire ajustée à 84% (CII et CIII) conditionnant ainsi l'activité déprédatrice évoluant à hauteur de 16% (CI). Cette dernière maintient sa suprématie en termes d'individus par comparaison aux auxiliaires (Fig. 18a).

Concernant les stades végétatifs NO et FGR, la structure spécifique du cépage Syrah renseigne l'augmentation du taux des consommateurs secondaires et primaires (67,18%, 23,43%) et l'apparition des consommateurs tertiaires avec un taux de 9,37%. Les stades végétatifs couvrant le stade Maturation (MAT) et le stade Récolte (REC) renferment une activité d'auxiliaire ajustée à 88,88% (CII) (Fig. 18b).

### 2.5. Distribution du complexe entomologique fonctionnel le long du gradient de végétation

Les résultats des interactions trophiques dans la chaîne alimentaire rapportent la présence d'un effectif de 4622 individus répartis entre 73 espèces chez le cépage cabernet sauvignon et de 4552 individus répartis entre 70 espèces chez le cépage syrah. Pour le calcul de  $g$  et de  $AH$ , nous n'avons pas tenu compte des espèces accidentelles. Au moyen des valeurs de  $g$  et de  $AH$ , nous avons effectué un classement des espèces selon les valeurs croissantes du barycentre ( $g$ ) et pour une même valeur de celui-ci, nous avons apposé la valeur de

## Résultats

---

l'amplitude d'habitat(AH) pour les deux cépages. De manière à permettre d'apprécier l'affinité des valeurs des paramètres  $g$  et AH, l'effectif d'individus ( $n_i$ ) sur lequel ceux-ci ont été calculés, est indiqué pour chaque espèce (Tab. 9 et 10). Les résultats montrent que la disponibilité et l'ordre d'arrivée écologique du complexe entomologique fonctionnel varient selon leur affinité plus marquée pour l'indice végétatif considéré. A l'examen des tableaux 3 et 4, nous constatons que chaque indice phénologique possède des espèces préférentielles. Cependant, sur les 73 espèces du cépage cabernet sauvignon prises en considération, presque la moitié (34 espèces) caractérise le stade phénologique feuilles étalées (FET) et le stade phénologique bourgeons floraux (BFL). Alors que le stade phénologique floraison (FL) abrite la plus faible disponibilité en espèces (14 espèces). Le tableau 9, nous apprend aussi la présence d'une forte activité d'auxiliaires au niveau des stades phénologiques du cépage cabernet sauvignon, cependant les consommateurs primaires enregistrent une gradation négative en terme d'abondance suivant l'indice phénologique FET et BFL < FL < NO, FGR, MAT et REC.

De même, sur les 70 espèces du cépage Syrah prises en considération, la quasi-totalité (57 espèces) caractérise le stade phénologique Nouaison (NO) et le stade phénologique Fermeture de la grappe (FGR). Alors que les stades phénologiques Bourgeons floraux séparées, Floraison (BFS/FL) et les stades phénologiques Maturation et Récolte abritent la plus faible disponibilité en espèces (12 espèces). Le tableau 10 nous apprend aussi la présence d'une forte activité d'auxiliaires au niveau des stades phénologiques Nouaison (NO) et le stade phénologique Fermeture de la grappe (FGR) du cépage Syrah, cependant les consommateurs primaires enregistrent une gradation négative en terme d'abondance suivant l'indice phénologique NO et FGR < BFS et FL jusqu'à l'absence totale au niveau des stades phénologiques MAT et REC. La plus ou moins grande inféodation des espèces à un ou plusieurs indices végétatifs peut être visualisée par la valeur de l'amplitude d'habitat (AH). Le complexe entomologique fonctionnel est très inégalement réparti sur l'ensemble des stades phénologiques pour les deux cépages.

Concernant le cépage cabernet sauvignon (Tab. 9), les consommateurs primaires *Malthodes minimus*, *Malthenus punctatus*, *Drepanothrips reuteri* et *Franklineilla occidentalis* sont confinés aux stades végétatifs FET et BFL ( $1,54 < g < 2,12$ ) cependant les valeurs de l'amplitude d'habitat indiquent leur débordement au stade de floraison ( $2,48 < AH < 3,24$ ). Si l'on considère l'activité des auxiliaires, on peut signaler la présence de *Philonthus politus*, *Camptoptera sp*, *Chrysocharis sp*, *Ischnosoma flavicolle*, *Ichneumonidae sp1*, *Lysiphlebus sp2*, *Pteromalus sp*, *Chrysoperla carnea*, *Coccinella algerica* qui coïncident avec les consommateurs primaires des stades FET et BFL ( $1,6 < g < 2,43$ ), l'analyse des résultats de l'amplitude d'habitat a permis de décrire un prolongement de l'action des consommateurs secondaires vers le stade floraison FL ( $1,96 < AH < 3,71$ ). Grâce aux valeurs enregistrées par les barycentres de *Lygaeus saxatilis*, *Frankliniella sp* et *Aeolothrips sp*, nous considérons que ces derniers sont inféodés au stade floraison et peuvent se maintenir jusqu'au stade végétatif récolte (REC) ( $3,6 < AH < 5,93$ ). De même, l'activité des auxiliaires accompagnatrice notamment *Scelionidae sp2*, *Lysiphlebus fabarum*, *Scelionidae sp1*, *Telenomus sp*, *Orius niger*, *Platygaster sp1*, *Orius sp1*, *Orius minutus*, *Ceraninus menes*, *Anagrus atomus* et

## Résultats

*Pachyneuron muscarum*, *Dendrocerus sp*, *Ceraphron sp* et *Syrphophagus sp* arrivent à couvrir les stades extrêmes, maturation (MAT) et récolte (REC), où les amplitudes d'habitats sont très fortes ( $2,92 < AH < 6,71$ ).

Durant le stade floraison nous signalons la présence des Hemiptera à savoir ; *Cercopidae sp*, *Metadelphax sp*, *Daktulosphaira vitifoliae*, *Hyalesthes obsoletus* et *Neoliturus fenestratus*, qui dépendent du stade floraison(FL) et du stade nouaison (NO), ( $2,78 < g < 4,47$ ). Les barycentres respectifs aux consommateurs secondaires et tertiaires (*Allothrombium sp*, *Pediobius sp*, *Aphidius colemani*, *Apanteles glomeratus*, *Aphidius matricariae*, *Tetrastichus sp*, *Pteromalidae sp1* et *Alloxysta sp*) confortent l'existence d'une activité auxiliaires durant la floraison et la nouaison ( $1,89 < AH < 4,21$ ).

Durant la période couvrant les stades végétatifs NO, FGR, MAT, REC, on observe que les consommateurs primaires (*Stictopleurus crassicorni*, *Eotetranychus carpini*, *Jacobiasca lybica* et *Pseudococcus sp*) n'atteignent pas le stade extrême (REC)( $3,45 < g < 5,99$ ) d'ailleurs ont les considères comme espèces ubiquistes ( $2,27 < AH < 5,53$ ). Si l'on considère l'activité d'auxiliaire, on constate la dominance des consommateurs secondaires par rapport aux consommateurs tertiaires. Les abondances maximales de ce complexe trophique se distinguent nettement sur les stades végétatifs nouaison (NO), fermeture de la grappe (FGR) et maturation (MAT) ( $3,71 < g < 5,71$ ). Les faibles amplitudes d'habitats indiquent le caractère généraliste de certaines espèces auxiliaires; *Aphelinus abdominalis*, *Pteromalidae sp2*, *Platygaster sp2*, *Aphytis sp1*, *Lorryia formosa*, *Gonatocerus sp*, *Sigmophora brevicornis*, *Chalcididae sp1*, *Platynaspis luteorubra*, *Platygastridae sp1*, *Typhlodromus pyri*, *Pteromalidae sp3*, *Scymnus subvillosus*, *Aphelinus sp*, *Ceraphronidae sp1*, *Goniozus sp*, *Exochomus nigripennis*, *Rhabdopyris fasciatus*, *Neoseiulus californicus*, *Dirhinus sp* et *Polistes gallicus*( $1,75 < AH < 5,72$ )(Tab. 9).

Tableau 9: Amplitude d'habitat des groupes fonctionnels de l'entomocénose du cépage cabernet sauvignon

Espèces préférant les stades phénologiques FET et BFL				
Espèces	Statut trophique	ni	g	AH
<i>Malthodes minimus</i>	CI	71	1,54	2,48
<i>Philonthus politus</i>	CII	5	1,6	1,96
<i>Malthenus punctatus</i>	CI	268	1,67	2,73
<i>Camptoptera sp</i>	CII	3	1,67	1,89
<i>Drepanothrips reuteri</i>	CI	38	1,68	2,99
<i>Apis mellifera</i>	TRO	56	1,77	1,72
<i>Sminthurus sp</i>	SUC	49	1,86	2,7
<i>Chrysocharis sp</i>	CII	201	1,92	3,36
<i>Ischnosoma flavicolle</i>	CII	21	2	2,53
<i>Ichneumonidae sp1</i>	CII	6	2	2,75
<i>Franklineilla occidentalis</i>	CI	117	2,12	3,24
<i>Lysiphlebus sp2</i>	CII	6	2,17	2,75
<i>Pteromalus sp</i>	CII	35	2,26	3,44
<i>Chrysoperla carnea</i>	CII	108	2,26	3,71
<i>Coccinella algerica</i>	CII	14	2,43	3,05

## Résultats

<i>Scelionidae sp2</i>	CII	18	2,56	2,92
<i>Lygaeus saxatilis</i>	CI	10	2,6	3,6
<i>Pachyneuron muscarum</i>	CIII	14	2,64	4,19
<i>Frankliniella sp</i>	CI	224	2,74	5,4
<i>Lysiphlebus fabarum</i>	CII	26	2,77	4,68
<i>Dendrocerus sp</i>	CIII	23	2,78	5,21
<i>Scelionidae sp1</i>	CII	19	2,79	3,82
<i>Telenomus sp</i>	CII	57	2,81	5,24
<i>Aeolothrips sp</i>	CI	288	2,89	5,93
<i>Ceraphron sp</i>	CIII	21	2,9	5,12
<i>Syrphophagus sp</i>	CIII	90	2,99	4,84
<i>Tachyporus sp1</i>	CII	12	3	2,83
<i>Orius niger</i>	CII	17	3,06	4,78
<i>Platygaster sp1</i>	CII	53	3,3	5,57
<i>Orius sp1</i>	CII	60	3,33	5,6
<i>Exallonyx longicornis</i>	CII	8	3,5	2,95
<i>Orius minutus</i>	CII	17	3,53	4,78
<i>Ceranisus menes</i>	CII	188	3,88	6,83
<i>Anagrus atomus</i>	CII	62	3,89	6,71
<b>Espèces préférant le stade phénologique FL</b>				
<b>Espèces</b>	<b>Statut trophique</b>	<b>ni</b>	<b>g</b>	<b>AH</b>
<i>Allothrombium sp</i>	CII	9	2,67	1,89
<i>Cercopidae sp</i>	CI	9	2,78	2,55
<i>Polynema sp</i>	CII	3	3	1
<i>Metadelphax sp</i>	CI	11	3,09	1,36
<i>Daktulosphaira vitifoliae</i>	CI	263	3,16	1,54
<i>Hyalesthes obsoletus</i>	CI	5	3,2	1,65
<i>Pediobius sp</i>	CII	11	3,27	1,82
<i>Aphidius colemani</i>	CII	11	3,27	1,8
<i>Alloxysta sp</i>	CIII	5	3,4	2,59
<i>Apanteles glomeratus</i>	CII	15	3,47	4,21
<i>Aphidius matricariae</i>	CII	6	3,5	2
<i>Tetrastichus sp</i>	CII	9	3,56	2,34
<i>Pteromalidae sp1</i>	CII	8	4,38	3,36
<i>Neoaliturus fenestratus</i>	CI	19	4,47	1,93
<b>Espèces préférant les stades phénologiques NO, FGR, MAT et REC</b>				
<b>Espèces</b>	<b>Statut trophique</b>	<b>ni</b>	<b>g</b>	<b>AH</b>
<i>Stictopleurus crassicorni</i>	CI	38	3,45	3,8
<i>Aphelinus abdominalis</i>	CII	7	3,71	1,82
<i>Pteromalidae sp2</i>	CII	4	3,75	1,75
<i>Platygaster sp2</i>	CII	12	3,92	1,97
<i>Eotetranychus carpini</i>	CI	300	3,97	5,53
<i>Aphytis sp1</i>	CII	13	4,15	4,78
<i>Lorryia formosa</i>	CII	12	4,17	2,93
<i>Gonatocerus sp</i>	CII	31	4,19	5,72
<i>Sigmophora brevicornis</i>	CII	11	4,36	3,95
<i>Chalcididae sp1</i>	CII	4	4,5	2
<i>Platynaspis luteorubra</i>	CII	6	4,5	2
<i>Jacobiasca lybica</i>	CI	767	4,55	3,5
<i>Platygastridae sp1</i>	CII	8	4,63	2,65
<i>Typhlodromus pyri</i>	CII	14	4,71	2,66
<i>Pteromalidae sp3</i>	CII	4	4,75	1,75
<i>Scymnus subvillosus</i>	CII	13	4,77	2,88

## Résultats

<i>Aphelinus sp</i>	CII	8	4,88	1,94
<i>Ceraphronidae spl</i>	CII	81	4,98	2,96
<i>Polistes gallicus</i>	CIII	14	5,21	4,21
<i>Goniozus sp</i>	CII	74	5,24	3,58
<i>Exochomus nigripennis</i>	CII	2	5,5	2
<i>Rhabdepyris fasciatus</i>	CII	67	5,52	3,72
<i>Neoseiulus californicus</i>	CII	271	5,52	4,15
<i>Dirhinus sp</i>	CII	17	5,71	3,34
<i>Pseudococcus sp</i>	CI	81	5,99	2,27

(FET: Feuilles Etalées, BFL: bourgeons floraux, FL: floraison, NO: Nouaison,  
FGR: fermeture de la grappe, MAT: maturation, REC: récolte)

A propos du cépage Syrah (Tab. 10), les consommateurs primaires *Malthodes minimus*, *Malthenus punctatus* et *Cercopidae sp* sont confinés aux stades végétatifs FBS et FL ( $1,32 < g < 1,50$ ) qui selon l'amplitude d'habitat indiquent leur débordement au stade de floraison ( $1,87 < AH < 2,00$ ). Si l'on considère l'activité des auxiliaires, on peut signaler la présence des *Platygaster sp*, *Tachyporus spl* et *Chrysocharis sp* qui coïncident avec les consommateurs primaires de stade FL, l'analyse des résultats de l'amplitude d'habitat a permis de décrire un prolongement de l'action des consommateurs secondaires vers le stade Nouaison (NO) ( $1,98 < AH < 2,53$ ). Grâce aux valeurs enregistrées par les barycentres de *Jacobiasca lybica*, *Frankliniella occidentalis*, *Frankliniella sp* et *Aeolothrips sp.*. De même, l'activité des auxiliaires accompagnatrice notamment *Aphytis sp2*, *Aphidius colemani*, *Stethorus punctillum*, *Aphelinus sp*, *Orius niger*, *Orius sp*, *Orius minutus*, *Scelionidae spl*, *Telenomus sp*, *Orius niger*, *Platygaster spl*, *Ceraninus menes*, *Anagrus atomus* et *Pachyneuron muscarum*, *Dendrocerus sp*, *Ceraphron sp* et *Syrphophagus sp* *Lysiphlebus fabarum*, arrivent à couvrir les stades extrêmes, maturation (MAT) et récolte (REC), où les amplitudes d'habitats sont très fortes ( $1,99 < AH < 5,88$ ).

Durant le stade Nouaison nous signalons la présence des Hemiptera à savoir ; *Eotetranychus carpini*, *Jacobiasca lybica*, *pseudococcus sp*, *Daktulosphaira vitifoliae*, *Franklineilla occidentalis*, *Frankliniella sp*, *Aeolothrips sp*, qui dépendent du stade Nouaison (NO) jusqu'à le stade Récolte (REC) ( $3 < g < 5,88$ ). Les barycentres respectifs aux consommateurs secondaires et tertiaires (*Polistes gallicus*, *Dendrocerus sp*, *Syrphophagus sp*, *Pachyneuron muscarum*, *Ceraphron sp*, *Chrysoperla carnea*, *Coccinella algerica*, *Gonatocerus sp*) confortent l'existence d'une activité auxiliaires durant le stade Nouaison et s'étale jusqu'au stade extrême ( $3,90 < AH < 5,87$ ).

Durant la période couvrant les stades végétatifs MAT, REC, on observe la présence seulement les consommateurs secondaires (*Mymar sp* *Chalcididae spl* *Platygastridae spl* *Platynaspis luteorubra* et *Typhlodromus pyri* . ( $5,2 < g < 5,5$ )(Tab. 10)

## Résultats

Tableau 10: Amplitude d'habitat des groupes fonctionnels de l'entomocénose du cépage Syrah

<b>Espèces préférant les stades phénologiques BFS/FL</b>				
Espèces	Statut écologique	ni	g	AH
<i>Chrysocharis sp</i>	CII	134	1,68	2,53
<i>Smanthurus sp</i>	SUC	15	1,73	1,79
<i>Tachyporus sp1</i>	CII	7	1,57	1,98
<i>Platygaster sp2</i>	CII	9	1,67	1,89
<i>Malthenus punctatus</i>	CI	66	1,32	1,87
<i>Malthodes minimus</i>	CI	66	1,50	2,00
<i>Cercopidae sp</i>	CI	6	1,33	1,89
<b>Espèces préférant les stades phénologiques NO/FGR</b>				
Espèces	Statut écologique	ni	g	AH
<i>Jacobiasca lybica</i>	CI	1523	5,06	3,33
<i>Neoliturus fenestratus</i>	CI	11	3,36	1,93
<i>Dictyophara europaea</i>	CI	20	3,20	1,65
<i>Anaceratagallia sp</i>	CI	53	3,72	1,92
<i>Aphis goossypi</i>	CI	25	2,44	2,00
<i>Daktulosphaira vitifoliae</i>	CI	53	2,77	3,18
<i>Stictopleurus</i>	CI	19	2,16	2,94
<i>Lygaeus saxatilis</i>	CI	10	2,50	2,00
<i>Graphosoma italicum</i>	CI	10	3,00	2,00
<i>pseudococcus sp</i>	CI	40	3,73	3,00
<i>Drepanothrips reuteri</i>	CI	17	3,00	2,03
<i>Franklineilla occidentalis</i>	CI	122	2,63	4,31
<i>Frankliniella sp</i>	CI	182	3,15	5,80
<i>Aeolothrips sp</i>	CI	227	2,65	5,16
<i>Eotetranychus carpini</i>	CI	118	3,58	2,57
<i>Orius sp1</i>	CII	35	3,69	3,64
<i>Orius niger</i>	CII	22	4,09	3,41
<i>Orius minutus</i>	CII	23	3,35	3,92
<i>Chrysoperla carnea</i>	CII	12	3,33	3,46
<i>Scelionidae sp1</i>	CII	17	3,82	4,78
<i>Telenomus sp</i>	CII	60	3,52	5,86
<i>Platygaster sp1</i>	CII	26	3,46	4,99
<i>Gonatocerus sp</i>	CII	32	3,47	5,87
<i>Anagrus atomus</i>	CII	40	3,35	5,85
<i>Mymar pulchellum</i>	CII	10	3,10	2,97
<i>Polynema sp</i>	CII	6	2,50	2,00
<i>Anaphes sp</i>	CII	8	4,38	2,65
<i>Pteromalidae sp1</i>	CII	15	4,20	3,90
<i>Pteromalus sp</i>	CII	30	2,93	4,92
<i>Ceraninus menes</i>	CII	136	3,84	5,50
<i>Sigmophora brevicornis</i>	CII	17	4,59	3,92
<i>Lysiphlebus fabarum</i>	CII	33	3,30	5,88
<i>Lysiphlebus sp2</i>	CII	12	3,25	2,83
<i>Apanteles glomeratus</i>	CII	34	3,24	4,95
<i>Aphidius colemani</i>	CII	9	2,89	1,99
<i>Ichneumonidae sp</i>	CII	2	2,00	2,00
<i>Aphelinus abdominalis</i>	CII	20	4,05	2,91
<i>Aphelinus sp</i>	CII	10	3,50	2,00
<i>Aphytis sp1</i>	CII	26	4,19	4,63
<i>Aphytis sp2</i>	CII	11	5,45	1,80
<i>Goniozus sp</i>	CII	47	5,15	3,21
<i>Rhabdopyris fasciatus</i>	CII	45	4,91	2,97
<i>Dirhinus sp</i>	CII	25	4,84	2,83

## Résultats

<i>Ischnosoma longicorne</i>	CII	12	2,08	2,94
<i>Coccinella algerica</i>	CII	13	2,77	3,87
<i>Scymnus subvillosus</i>	CII	34	3,97	4,86
<i>Hyppodamia variegata</i>	CII	22	4,18	2,97
<i>Stethorus punctillum</i>	CII	11	4,09	1,99
<i>Salticidae sp</i>	CII	15	3,00	3,90
<i>Neoseiulus californicus</i>	CII	347	4,22	4,76
<i>Lorryia formosa</i>	CII	19	3,89	3,45
<i>Polistes gallicus</i>	CIII	23	4,43	3,99
<i>Ceraphron sp</i>	CIII	23	3,09	4,64
<i>Dendrocerus sp</i>	CIII	15	2,87	3,90
<i>Pachyneuron muscarum</i>	CIII	28	2,57	3,98
<i>Alloxysta sp</i>	CIII	7	2,43	1,98
<i>Syrphophagus sp</i>	CIII	68	2,81	3,91
<b>Espèces préférant les stades phénologiques MAT/REC</b>				
<b>Espèces</b>	<b>Statut écologique</b>	<b>ni</b>	<b>g</b>	<b>AH</b>
<i>Chalcididae spl</i>	CII	5	5,4	1,96
<i>Mymar sp</i>	CII	10	5,3	1,84
<i>Platygastridae spl</i>	CII	6	5,5	2,00
<i>Typhlodromus pyri</i>	CII	44	5,2	2,44
<i>Platynaspis luteorubra</i>	CII	6	5,5	2,00

(BFS: bourgeons floraux séparées, FL: floraison, NO: Nouaison, FGR: fermeture de la grappe, MAT: maturation, REC: récolte)

### 2.6. Évaluation de l'ordre d'arrivée écologique du complexe entomologique fonctionnel

La loi de Motomura de progression géométrique relative à la distribution des abondances du complexe fonctionnel d'un milieu viticole non anthropisés a été appliqué à trois assemblages conditionnés par l'indice phénologique des cépages Cabernet sauvignon et syrah. L'abondance des groupes fonctionnels  $x_i$ , mesurée par le nombre d'individus s'est traduite en fonction du rang  $i$  de l'espèce déterminée par l'ordre de  $x_i$ . La position des courbes, leurs formes et leurs limites, illustrent la façon dont les espèces choisissent le compartiment auquel elles se sont spécialisées. Cette adaptation garantit aux successions le sens et la vitesse de leur dynamique. Chaque peuplement est donc un assortiment d'espèces dont chacune présente sa propre courbe d'évolution. Les communautés vivant au début et en fin de végétation sont les plus riches et les moins stables (Fig. 19).

L'ajustement à la série géométrique du modèle MOTOMURA, calculé par les coefficients de Pearson, est statistiquement significatif dans les trois assemblages du cépage Cabernet sauvignon avec ( $p=1,032 \times 10^{-28***}$ ,  $p=1,263 \times 10^{-3**}$ ,  $p=2,190 \times 10^{-12***}$ ,  $p < 0,1$  %) respectivement pour les stades végétatifs (FET, BFL), (FL) et (NO, FGR, MAT, REC). Les calculs permettent de confirmer la présence d'une différence significative entre les structures des différents assemblages. L'assemblage le plus riche et le plus équilibré est le FET/BFL et comprend 34 espèces, alors que le moins riche, correspond à FL avec seulement 14 espèces. Les probabilités associées montrent la forte disparité de la structure de l'assemblage FET/BFL par rapport à la structure des assemblages FL et NO/FGR/MAT/REC (Tab. 11 et Fig. 19 a, b et c)

## Résultats

Tableau 11: Comparaisons des pentes dans les différents assemblages en fonction des stades phénologique de Cabernet sauvignon

	FET/BFL	FL	NO/FGR/MAT/REC
Pentes	-0,1154	-0,1808	-0,1821
Ajustement au modèle de Motomura (P)	$1,032 \times 10^{-28}$	$1,263 \times 10^{-3}$	$2,190 \times 10^{-12}$
FET/BFL	-		
FL	$4,280 \times 10^{-28}$	-	
NO/FGR/MAT/REC	$1,307 \times 10^{-13}$	$1,611 \times 10^{-6}$	-

*FET*: Feuilles Etalées, *BFL*: bourgeons floraux, *BFS*: bourgeons floraux séparées, *FL*: floraison, *NO*: Nouaison, *FGR*: fermeture de la grappe, *MAT*: maturation, *REC*: récolte

Dans l'assemblage FET/BFL du cépage Cabernet sauvignon, les premiers rangs d'abondance sont attribués aux consommateurs primaires et secondaires à caractère généraliste. Cependant, les rangs intermédiaires distinguent une multitude de consommateurs primaires et secondaires spécifiques et généralistes (Fig.19a). L'espèce *Daktulosphaira vitifoliae* (CI) domine l'assemblage de stade végétatif floraison, alors que les quatre espèces d'Auchenorrhyncha (*Cercopidae sp*, *Metadelphaxsp*, *Hyalesthes obsoletu set Neoliturus fenestratus*) expriment un important équilibre naturel et enregistrent des rangs moyens à faible (Fig.19b). Les consommateurs primaires et secondaires, pour la plupart des Hemiptera et des Hymenoptera respectivement sont des éléments caractéristiques de l'assemblage des stades végétatifs (NO/FGR/MAT/REC) (Fig. 19c).

Alors que les coefficients de Pearson, est statistiquement significatif aussi dans les trois assemblages du cépage syrah avec ( $p=5,775 \times 10^{-4**}$ ,  $p=1,723 \times 10^{-21***}$ ,  $p=2,190 \times 10^{-3**}$ ,  $p<0,1$  %) respectivement pour les stades végétatifs (BFS, FL), (NO, FGR) et (MAT, REC). Les calculs permettent de confirmer la présence d'une différence significative entre les structures des différents assemblages. L'assemblage le plus riche et le plus équilibré est le NO/FGR et comprend 57 espèces, alors que la moins riche correspond à MAT/REC avec seulement 6 espèces. Les probabilités associées montrent la forte disparité de la structure de l'assemblage NO/FGR par rapport à la structure des assemblages BFS/FL et MAT/REC (Tab. 12 et Fig. 19 a`, b`et c`)

Tableau 12: Comparaisons des pentes dans les différents assemblages en fonction des stades phénologique de Syrah

	BFS/FL	NO/FGR	MAT/REC
Pentes	-0,5368	-0,0566	-0,4481
Ajustement au modèle de Motomura (P)	$5,775 \times 10^{-4}$	$1,723 \times 10^{-21}$	$2,190 \times 10^{-3}$
BFS/FL	-		
NO/FGR	$2,964 \times 10^{-70}$	-	
MAT/REC	0,9295	$8,054 \times 10^{-67}$	-

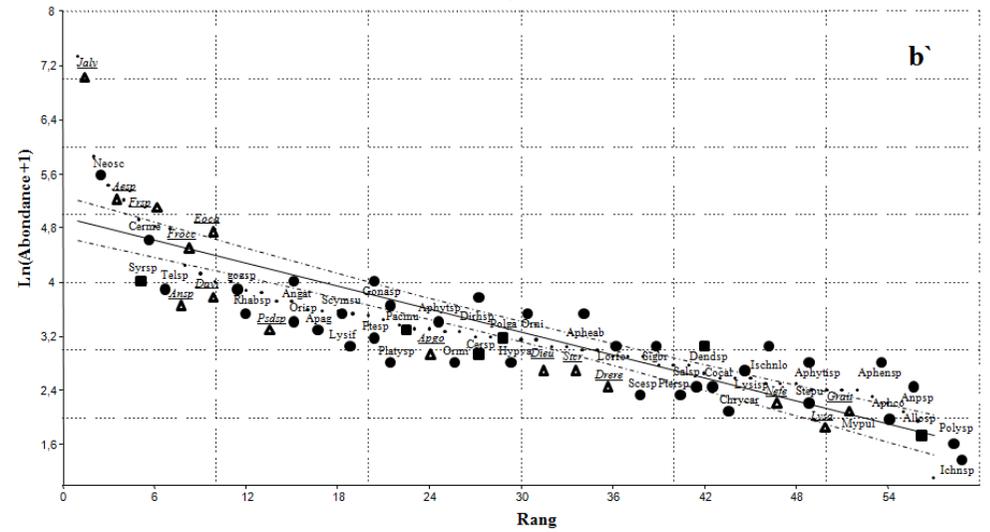
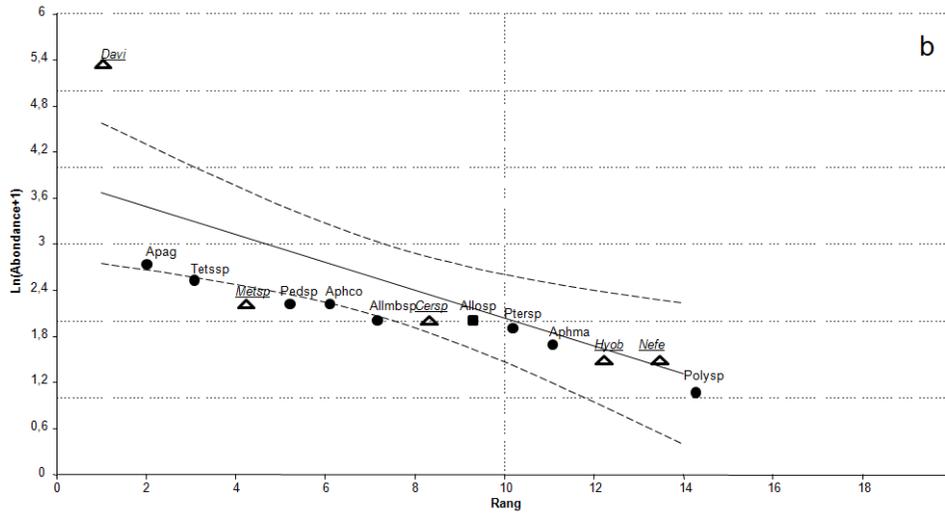
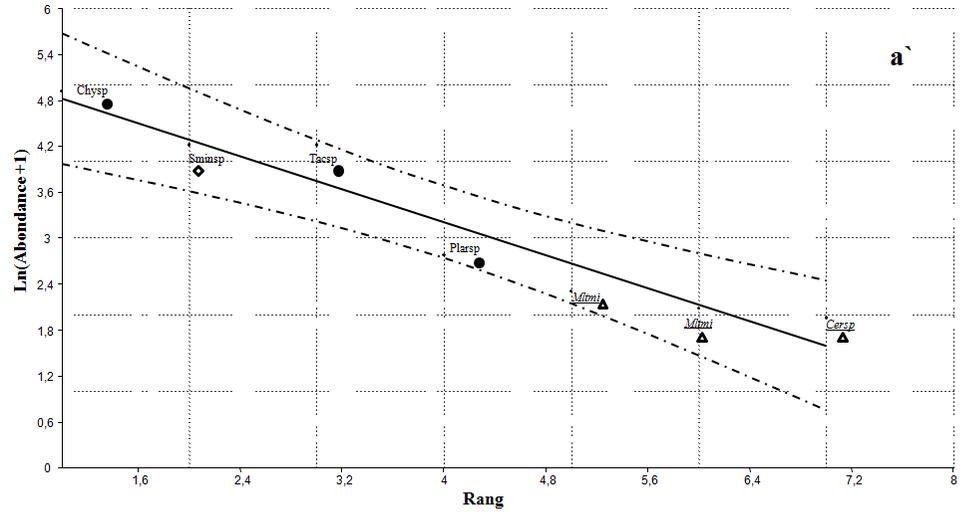
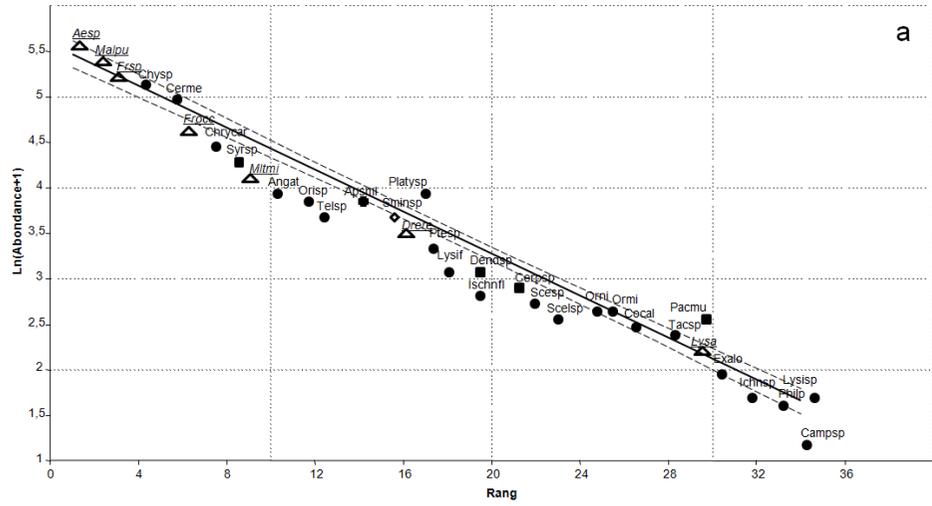
## Résultats

---

*FET*: Feuilles Etalées, *BFL*: bourgeons floraux, *BFS*: bourgeons floraux séparées, *FL*: floraison, *NO*: Nouaison, *FGR*: fermeture de la grappe, *MAT*: maturation, *REC*: récolte

Dans l'assemblage BFS/FL du cépage Syrah, les premiers rangs d'abondance sont attribués aux consommateurs primaires et secondaires à caractère généraliste. Cependant, les rangs intermédiaires distinguent une multitude de consommateurs primaires et secondaires spécifiques et généralistes (Fig. 19a'). L'espèce *Cercopidae* sp (CI) domine l'assemblage de stade végétatif floraison, alors que les autres espèces d'Auchenorrhyncha (*Jacobiasca lybica*, *Nealiturus fenestratus*, *Dictyophara europaea* et *Anaceratagallia* sp) expriment un équilibre naturel faible et enregistrent des rangs forts à moyens. Les consommateurs primaires et secondaires, pour la plupart des Hemiptera, et des Hymenoptera respectivement sont des éléments caractéristiques de l'assemblage des stades végétatifs (NO/FGR) (Fig.19b'). L'assemblage MAT/REC comprend que les consommateurs secondaires avec des rangs faibles (Fig.19c').

# Résultats



## Résultats

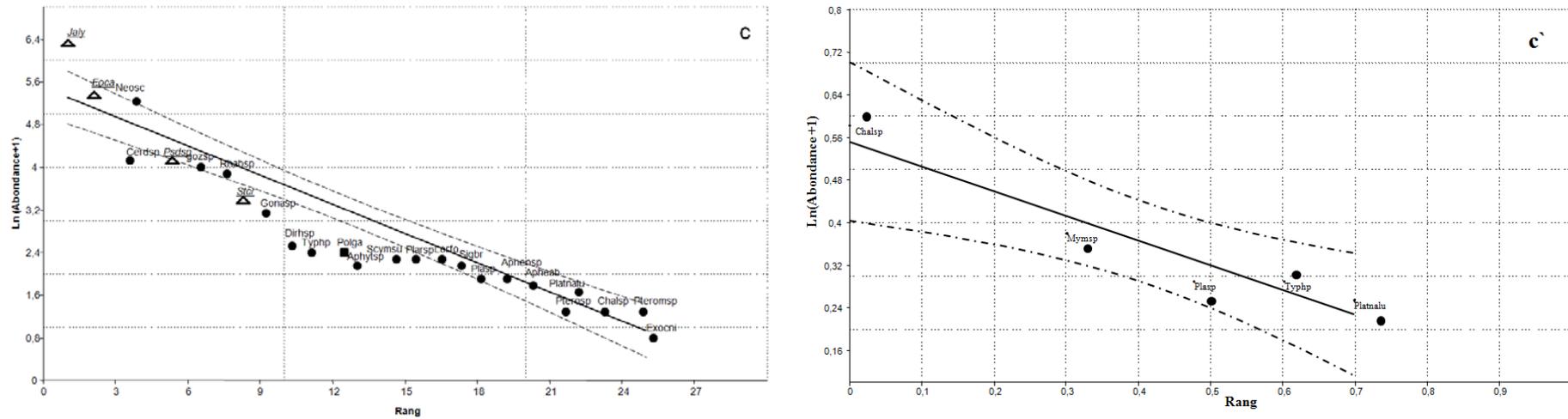


Figure 19. Ajustement du complexe entomologique fonctionnel à la série géométrique de Motomura rang et logarithmes des abondances d'espèces.

(a, b, c: le cépage cabernet sauvignon)

(a', b', c': le cépage syrah)

### 3. Effet du cépage de vigne sur la succession des Auchenorrhyncha

Dans la mesure où il existe des corrélations entre l'installation primaire et les cépages, nous pouvons tester si la distribution des familles représentant l'ordre des Auchenorrhyncha a varié dans le sens d'un choix de cépage par rapport à l'autre. Nous avons donc comparé les valeurs d'abondance par rapport aux deux cépages de vigne par des ANOVA.

Nous n'avons pas mis en évidence de variations de la distribution par famille selon les cépages, ce qui montre que le cépage n'est pas un facteur limitant. En revanche, il y a une différence significative (Fig. 20) de la répartition dans le sens d'un éloignement par rapport à la disponibilité par famille, ce qui signifie l'importance cruciale des Cicadellidae par comparaison aux Dictyopharidae, Delphacidae, Cixiidae et Cercopidae (Test Post-hoc de Tukey, Fig. 20).

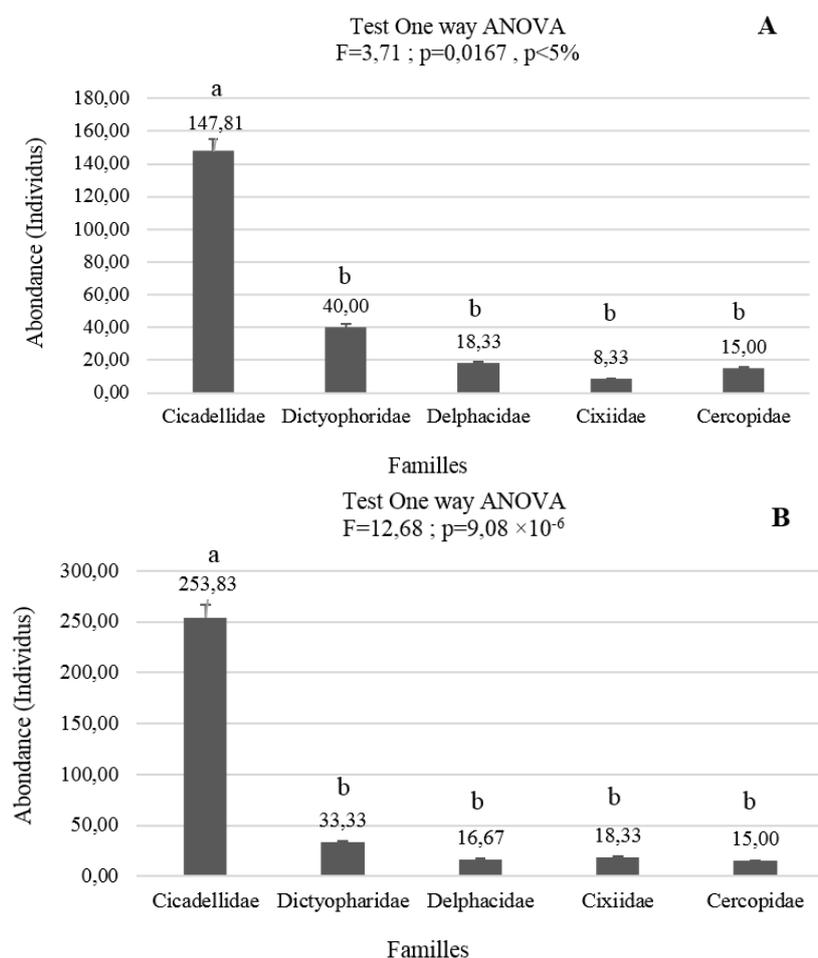


Figure 20: Comparaison de la disponibilité globale des familles des Auchenorrhyncha selon les cépages

A : Cépage Cabernet sauvignon, B : Cépage Syrah

## *Résultats*

Les résultats relatifs à l'ordre d'arrivée écologique des différentes familles des Auchenorrhyncha, montrent à travers les valeurs du barycentre, que la disponibilité des espèces hémiptères au niveau des deux cépages de vigne commence vers la fin du mois de Mai sur Syrah et le début du mois de juin pour le cépage Cabernet sauvignon, par l'installation des Cercopidae, des Delphacidae et des Cixiidae. Les Dictyopharidae n'apparaissent qu'en fin du mois de Juin. Ce pendant les Cicadellidae montrent leur présence vers la moitié du mois de juillet pareillement sur les deux cépages (Tab. 13 et 14).

Le test Cross corrélation indique clairement que les Cercopidae, les Delphacidae et les Cixiidae s'installent précocement que les Cicadellidae un écart temporel de 2mois. En revanche, les Dictyopharidae, elles aussi apparaissent avant les Cicadellidae avec un écart faible de l'ordre de près d'un mois (Tab. 13 et 14).

Tableau 13: Ordre d'arrivée écologique des Auchenorrhyncha sur le cépage Cabernet sauvignon

Cépage	Familles	Barycentre (mois) (pic d'infestation maximale)	Test Cross corrélation	
			Lag (mois ≈ jours) (Décalage temporel)	P
Cabernet sauvignon	Cicadellidae	6,42	0,42 (≈ 12 jours)	$1,15 \times 10^{-4}$
	Dictyopharidae	6,00		
	Cicadellidae	6,42	1,28 (≈ 1 mois)	$1,13 \times 10^{-5}$
	Delphacidae	5,14		
	Cicadellidae	6,42	1,22 (≈ 1 mois)	$1,74 \times 10^{-6}$
	Cixiidae	5,20		
	Cicadellidae	6,42	1,31 (≈ 1 mois)	$2,68 \times 10^{-5}$
Cercopidae	5,11			

Tableau 14: Ordre d'arrivée écologique des Auchenorrhynchasur le cépage Syrah

Cépage	Familles	Barycentre (mois) (pic d'infestation maximale)	Test Crosscorrélation	
			Lag (mois≈jours) (Décalage temporel)	P
Syrah	Cicadellidae	6,89	0,89 (≈ 1 mois)	$2,35 \times 10^{-7}$
	Dictyopharidae	6,00		
	Cicadellidae	6,89	1,89 (≈ 2 mois)	$1,06 \times 10^{-6}$
	Delphacidae	5,00		
	Cixiidae	5,00		
	Cercopidae	5,00		

Une DCA conduite sur les données des abondances globales des 6 familles des Auchenorrhyncha suivant l'indice phénologique des deux cépages, a permis de construire une

## Résultats

classification hiérarchique calculée à partir des coordonnées des familles et des indices phénologiques sur les 2 premiers axes factoriels. Par référence à une symétrie de (-2), il est apparu 3 groupes de taille inégale (Fig. 21).

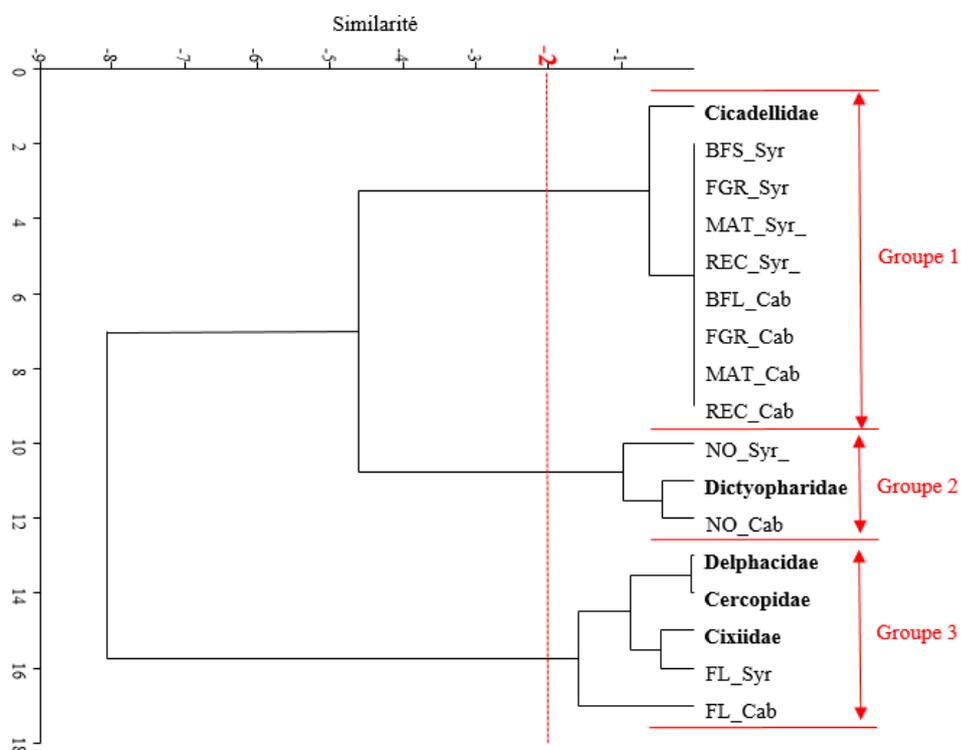


Figure 21 : Classification Hiérarchique Ascendante des familles des Auchenorrhyncha selon l'indice phénologique des cépages

BFL: Bourgeons Floraux, BFS: Bourgeons Floraux Séparés, FL: Floraison, NO: Nouaison, FGR: Fermeture de la grappe, MAT: Maturation, REC: Récolte, Cab: Cépage Cabernet sauvignon, Syr: Cépage Syrah

Le **groupe 1** est associé aux Cicadellidae comprend 4 indices phénologiques (BSF, FGR, MAT et RE) pour les deux cépages (Fig. 21)

Le **groupe 2** est associé aux Dictyopharidae, elles sont confinées au stade phénologique nouaison(NO) chez les deux cépages (Fig 21)

Le **groupe 3** est associé aux Delphacidae, Cixiidae et Cercopidae qui sont signalées au stade floraison (FL) au niveau des deux cépages (Fig. 21).

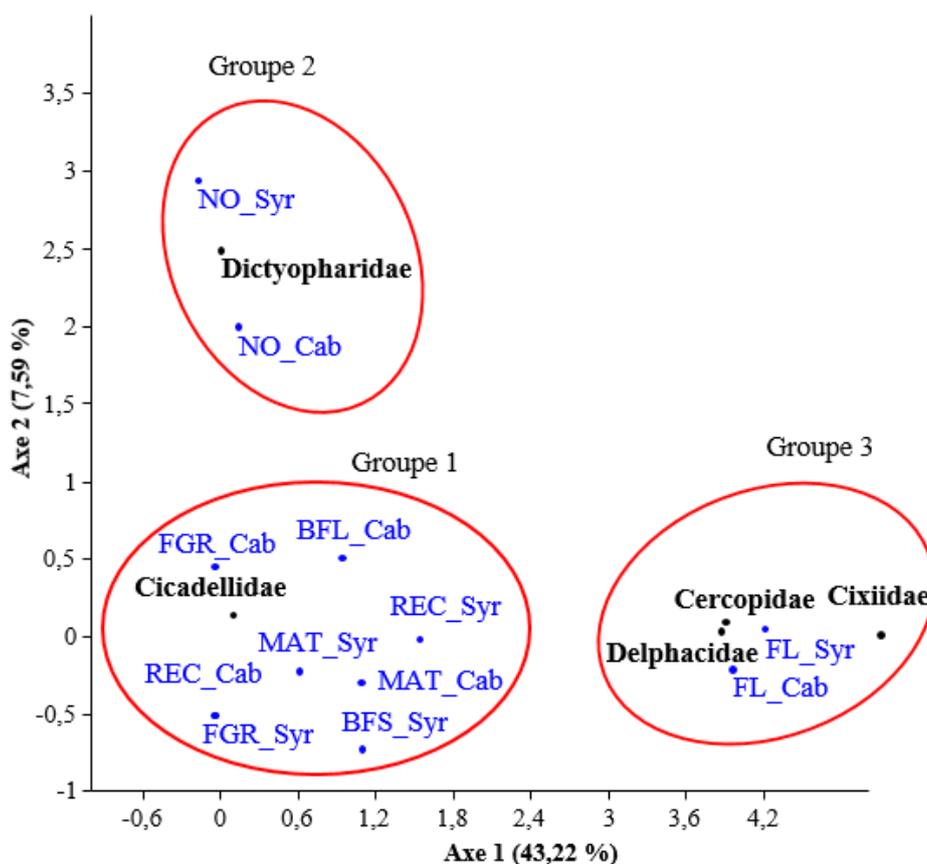


Figure 22 : Projection des familles des Auchenorrhyncha sur les deux axes de la DCA  
 BFL: Bourgeons Floraux, BFS: Bourgeons Floraux Séparés, FL: Floraison, NO: Nouaison, FGR: Fermeture de la grappe, MAT: Maturation, REC: Récolte, Cab: Cépage Cabernet sauvignon, Syr: Cépage Syrah

Sur le plan nuisibilité, il apparaît que les Cicadellidae se concentrent selon un gradient s'étalant de la formation de grappes jusqu'à la récolte, ce qui signifie une grande nuisibilité en vers les paramètres qualitatifs et quantitatifs de la denrée par comparaison aux autres familles, nous estimons que leurs incidences ne sera que minime, du fait de leur cloisonnement durant le laps d'un stade phénologique.

#### 4. Évaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles du Romarin *Rosmarinus officinalis* sur quelques paramètres démographiques de la cicadelle verte de la vigne *Jacobiasca lybica*

##### 4.1. Rendement en huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* soumis aux différentes conduites culturales

Les taux de rendements en huiles essentielles enregistrés sous les différentes conduites ont exprimé un écart très significatif au profit des conduites NIR et IRR. La comparaison par paire nous a permis de signaler un gradient négatif en rendement NIR, IRR > IRS (Fig. 23)

## Résultats

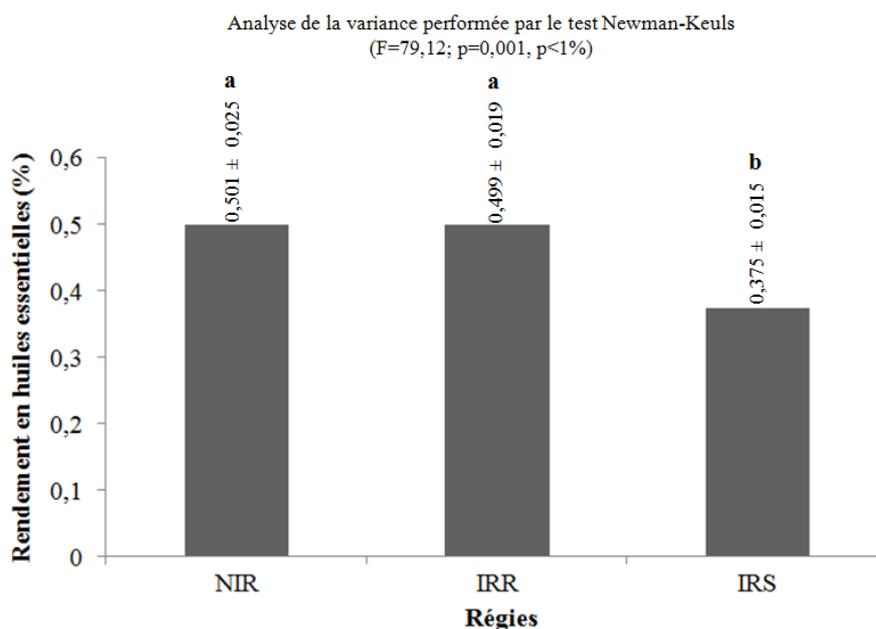


Figure 23: variation des rendements en huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* selon les conduites (moy ± SE, n=3)

IRR-SS : conduite en irrigue avec une solution saline, N-IRR : conduite sans irrigation  
IRR : conduite en irriguee avec leau courante

### 4.2. Caractérisation des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* issues des différentes conduites

Les huiles essentielles obtenues par hydrodistillation-entraînement à la vapeur du romarin conduit sous stress ont été caractérisées par GC/MS. Une quantification individuelle des composants des trois huiles essentielles a été établie. L'analyse chimique ont permis de décrire le profil des huiles essentielles du Romarin, irrigué à l'eau courante, irrigué à l'eau saline et le non irrigué. Les résultats analytiques sont regroupés dans le tableau 15. Les huiles essentielles est un complexe mixte très diversifié, parmi eux 20 composés ont été identifiés.

L'huile essentielle du Romarin non irrigué (NIR), est caractérisée par 11 molécules à savoir :  $\alpha$ -pinene, Eucalyptol (1,8 cineol), Comphene, Linalool, Cyclopentadiene 1255 tetramethyle, Camphre, Borneol, D\_verbenone, Bornyl\_acetate, Cyclohexane et Limonene. L'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau courante (IRR), est caractérisée par 14 molécules à savoir :  $\alpha$ -pinene, Eucalyptol (1,8 cineol), Comphene, Borneol, D\_verbenone, Bornyl\_acetate,  $\alpha$ -pineneCaryophyllene\_oxide,  $\beta$ -pinene, Trans verbenol,  $\beta$ -myrcene, linalyl\_isobutyrate, Benzenemethanol,  $\alpha$ methyl et dibutylphthalate. Enfin, l'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau saline (IRS), est caractérisée par 10 molécules à savoir :  $\alpha$ -pinene, Eucalyptol (1,8 cineol), Comphene, Camphre, Borneol, D\_verbenone, Bornyl\_acetate,  $\alpha$ -pinene, Caryophyllene, Caryophyllene\_oxide.

Les résultats d'analyse font ressortir une richesse en molécules au profit de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau courante (14 molécules) par rapport à l'huile essentielle du Romarin non irriguée (11 molécules) et à l'huile essentielle du Romarin issus de l'irrigation à l'eau saline (10 molécules).

## Résultats

Tableau 15: Caractérisation des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* par GC/MS

Composés	H.E. NIR		H.E. IRR		H.E. IRS	
	Temps de rétention	%	Temps de rétention	%	Temps de rétention	%
$\alpha$ -pinene	10,896	17,426	10,200	15,112	10,183	17,003
Eucalyptol (1,8 cineol)	16,467	15,558	16,561	14,149	16,470	15,365
Camphene	10,49	13,291	10,935	12,16	10,923	7,727
Linalool	21,865	3,002	/	/	/	/
Cyclopentadiene,1255tetramethyle	23,02	0,559	/	/	/	/
Camphre	24,731	14,581	/	/	24,679	13,72
Borneol	26,824	12,454	26,941	11,214	26,824	14,132
D_verbenone	29,718	15,136	24,841	8,081	29,414	5,023
Bornyl_acetate	38,138	0,03	34,45	4,213	34,412	3,159
Cyclohexane	42,919	0,445	/	/	/	/
Limonene	57,360	0,70	/	/	/	/
$\alpha$ -pinene	/	/	/	3,11/	14,821	8,42
Caryophyllene	/	/	/	/	45,058	5,80
Caryophyllene_oxide	/	/	52,925	14,43	52,909	1,739
$\beta$ - pinene	/	/	11,229	3,512	/	/
Trans verbenol	/	/	12,595	4,876	/	/
$\beta$ -myrcene	/	/	13,624	1,678	/	/
linalyl_isobutyrate	/	/	22,003	3,122	/	/
Benzenemethanol, $\alpha$ methyl	/	/	57,366	0,906	/	/
dibutylphtalate	/	/	97,735	2,845	/	/
Groupes de composés (%)						
Monoterpènes hydrocarbonés		31,417		35,572		33,15
Monoterpènes oxygénés		31,044		34,452		32,656
Sesquiterpènes hydrocarbonés		—		—		5,80
Sesquiterpènes oxygénés		—		17,552		1,739
Ketone		29,717		8,081		18,743
Hydrocarbons		0,445		—		—
Esters		—		2,845		—
Autres		0,559		0,906		—
Total des composés identifiés (%)		93,182		99,408		92,088

NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.

L' $\alpha$ -pinene, l'Eucalyptol (1,8 cineol), le Camphene, le Borneol, le D\_verbenone et le Bornyl\_acetate étant des molécules communes pour les trois huiles essentielles du Romarin issues des différentes conduites, alors que le Camphre étant le seul composé commun pour les conduites NIR et IRS. Cependant, le Caryophyllene\_oxide caractérise les huiles essentielles des conduites IRR et IRS. En revanche, Linalool, Cyclopentadiene, 1255tetramethyle, Cyclohexane, limonene sont caractéristiques de l'huile essentielle du Romarin non irrigué (NIR) et  $\beta$ -pinene, Trans verbenol,  $\beta$ -myrcene, linalyl\_isobutyrate, Benzenemethanol,  $\alpha$  methyl, et dibutylphtalate caractérisent l'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau courante (IRR) en finale,  $\alpha$ -pinene et Caryophyllene, sont spécifique à l'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau saline (IRS).  $\alpha$ -pinene, l'Eucalyptol (1,8 cineol) et le Borneol constituent pareillement la majorité de la composition des trois huiles essentielles.

## Résultats

Les principaux composés chimiques qui constituent la fraction majoritaire de l'huile essentielle de Romarin issus de l'irrigation à l'eau courante (IRR) sont l' $\alpha$ -pinene(15,112%), Caryophyllene\_oxide (14,43%), Eucalyptol (1,8 cineol) (14,149%), Borneol (11,214%), et D\_verbenone (8,081%), alors que la fraction minoritaire est représentée par le $\beta$ -myrcene(1,678%) et le Benzenemethanol,  $\alpha$  methyl (0,906%).Concernant la fraction majoritaire de l'huile essentielle du Romarin non irriguée (NIR), l' $\alpha$ -pinene (17,426%), l'Eucalyptol (1,8 cineol) (15,558%), le D\_verbenone (15,136%), le Camphre (14,581%), le Borneol (12,454%) et le Camphene (13,291%) représentent les composés majoritaires et lesLimonenes (0,70%), Cyclo pentadiene,1255 tetramethyle (0,559%), Cyclohexane (0,445%), et Bornyl\_ acétate (0,03%) indiquent les fraction minoritaires.

Enfin, dans l'huile essentielle du Romarin issus de l'irrigation à l'eau saline (IRS) on signale l' $\alpha$ -pinene(17,003%), Eucalyptol (1,8 cineol) (15,365%), Borneol (14,132%),Camphre (13,72%) et  $\alpha$ -pinene (8,42%). une molécule représente la fraction minoritaire chez les huiles essentielles de cette conduite, il s'agit de Caryophyllene\_oxide (1,739%).

Nos résultats soulignent que chez les huiles essentielles du Romarin, les différences entre la quantité et la qualité des composés chimiques sont par ailleurs accrues par l'effet de variation du régime de stress. En effet, les huiles essentielles de la conduite IRR, accuse une augmentation d'accumulation de nouveaux composés (6 composés) par contre les huiles essentielles des conduites NIR et IRS, elles se réconfortent respectivement par une augmentation d'accumulation d'un nouveau composés dont le ratio quantitative est en faveur de la conduite NIR.

Sur le plan affiliation des composés des trois huiles essentielles du romarin au groupement chimique, nous signalons que la majorité des composés des huiles essentielles rejoignent lesMonoterpènes hydrocarbonés, Monoterpènes oxygénés et les Sesquiterpènes hydrocarbonés. L'huile essentielle du Romarin non irriguée (NIR) s'individualise par le groupe de l'Hydrocarbons, alors que l'huile essentielle du Romarin irriguée à l'eau courante (IRR) se distingue parle groupe des Esters. L'huile essentielle du Romarin irriguée à l'eau saline (IRS) se différencie par les Sesquiterpènes hydrocarbonés (Tab. 15).

### 4.3.Evaluation de l'activité biocide des bioproduits à base d'huile essentielle de *Rosmarinus officinali* issues des différentes regies

L'effet des différents bioproduits a été vérifié sur les populations larvaires. Les résultats montrent une réduction significative des populations larvaires résiduelles de *J. lybica*. Les bioproduits expriment les mêmes tendances, cependant le degré d'efficacité suit le gradient IRR<IRS<NIR (Tab. 16).

Tableau 16:Variation temporelle des populations larvaires résiduelles de *Jacobiasca lybica*

	PR (%)					
	IRS	NIR	IRS	IRR	NIR	IRR
AVT	94,87	100	94,87	92,05	100	92,05

## Résultats

24h	87,18	94,87	87,18	69,23	94,87	69,23
48h	65,83	80,83	65,83	43,61	80,83	43,61
72h	53,06	71,44	53,06	37,5	71,44	37,5
96h	37,5	60	37,5	28,33	60	28,33
120h	20,83	46,11	20,83	10,28	46,11	10,28
PR moyenne(%)	59,87	75,54	59,87	46,83	75,54	46,83
Test Wilcoxon (p)	0,0277*		0,0247*		0,0256*	
Test Monte carlo (p)	0,0306*		0,0301*		0,0326*	

AVT : Avant traitement, PR : Populations résiduelles,  
NS : Non significative, \*: Significative à 5% , \*\*: Singnificative à 1%

Les résultats relatifs aux variations temporelles des populations larvaires résiduelles de *Jacobiasca lybica* sous l'effet des bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *R. officinalis* issues des différentes conduites, montrent clairement une plus grande toxicité du bioproduit issu de la conduite IRR secondé par le bioproduit issu de la conduit IRS, alors que le bioproduit issu de la conduit NIR exerce une faible toxicité (Fig.24).

Le bioproduit à base d'huile essentielle issue de la conduite IRR, prend le statut moyennement toxique dès 48h de son application ( $30\% \leq PR \leq 60\%$ ), et atteint le statut toxique apartir de 96h ( $PR \leq 30\%$ ). Concernant le bioproduit à base d'huile essentielle issue de la conduite IRS, il prend lestatut moyennement toxique dès 72h ( $30\% \leq PR \leq 60\%$ ), et atteint le statut toxique apartir de 120h ( $PR \leq 30\%$ ). Par contre le bioproduit à base d'huile essentielle issue de la conduite NIR, le statut moyennement toxique n'apprait qu'a partir de 120h ( $30\% \leq PR \leq 60\%$ ) (Fig.24).

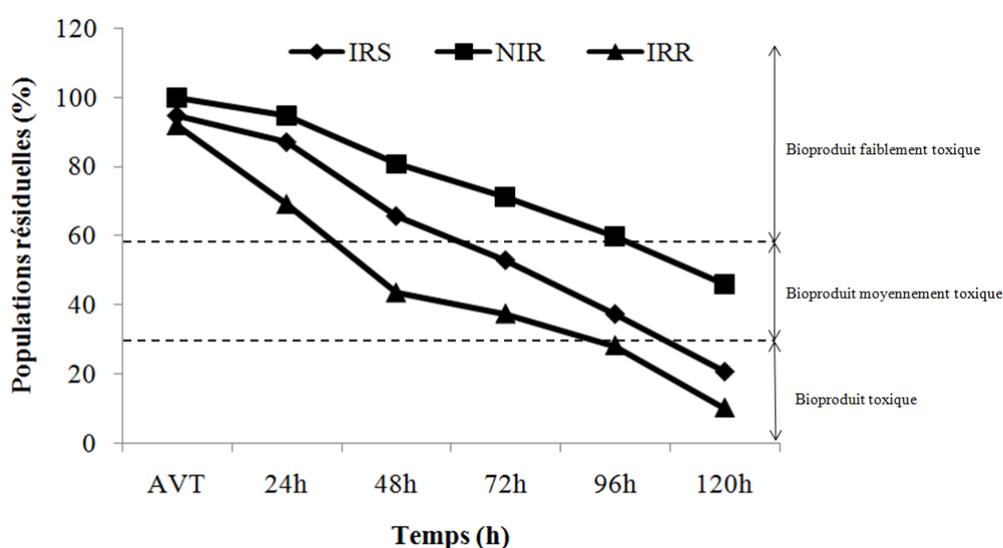


Figure 24: Variation de la toxicite des bioproduits sur les populations larvaires résiduelles de *Jacobiasca lybica*

## Résultats

### 4.4. Évaluation de l'activité des bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* sur les paramètres démographiques de la cicadelle verte de la vigne *Jacobiasca lybica*

Les résultats mentionnés dans le tableau 17, ne sont toutefois que très partiels. Du fait que les points de faiblesse sont évalués dans les conditions semi-contrôlées. On se démarquera donc à exposer l'effet des bioproduits sur les Cohortes de *J.lybica*. Afin de mieux distinguer l'effet biocide des bioproduits formulés, nous avons été conduits à confronter les valeurs des différents paramètres démographiques de la cicadelle verte de la vigne à une analyse de la variance type GLM. Le test confirme la présence d'une différence significative ( $p < 5\%$ ) pour le facteur traitement (huiles essentielles issues de trois conduites). L'analyse est suivie par un test de Tukey qui nous a permis de dégager les groupes homogènes.

Tableau 17: Paramètres démographiques de la cicadelle verte de la vigne *Jacobiasca lybica* sous l'effet des bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* obtenues par trois conduites

	Unité	NIR	IRR	IRS
Fécondité brute	Larve/femelle	113 <sup>a</sup>	88 <sup>b</sup>	76 <sup>c</sup>
Fécondité nette ( $R_0$ )	Larve/femelle	57,2 <sup>a</sup>	30,6 <sup>b</sup>	28,4 <sup>b</sup>
Taux d'accroissement naturel ( $r$ )	individu/jour	0,118 <sup>a</sup>	0,059 <sup>c</sup>	0,074 <sup>b</sup>
Taux de multiplication ( $\lambda$ )	jours	1,222 <sup>a</sup>	1,012 <sup>b</sup>	1,068 <sup>b</sup>
Temps de génération moyen ( $T$ )	jours	38,8 <sup>c</sup>	45,2 <sup>a</sup>	41,5 <sup>b</sup>
Temps de dédoublement ( $DT$ )	jours	9,09 <sup>c</sup>	11,71 <sup>a</sup>	10,31 <sup>b</sup>

NIR ; Non Irrigué, IRS : Irrigué avec une eau saline, IRR : Irrigué avec une eau courante.

#### - Fécondité brute

*J. lybica*, soumise aux bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* obtenues par les trois conduites, a commencé à pondre à partir du 3<sup>ème</sup> jour suivant le début de l'essai sous la conduite NIR, le 5<sup>ème</sup> jour sous la conduite IRR et le 10<sup>ème</sup> jour sous la conduite IRS. Le nombre de descendants vivants survenu au sein de chaque cohorte est significativement différent (Test One-way ANOVA  $p < 5\%$ ). L'optimum de pontes est relevé sous l'effet du traitement à base d'huile essentielle formulé issue de la conduite NIR, suivi par les cohortes soumises aux traitements respectifs à base d'huile essentielles formulées issues des conduites IRR et IRS (Tab. 17).

#### - Fécondité nette ( $R_0$ )

Les adultes de *J.lybica*, qui n'ont pas connues de mortalité durant leurs expositions aux différents traitements, se voient comptabiliser leurs descendance finale obtenues en ne retenant que les larves de sexe féminin. Le taux net de reproduction ( $R_0$ ) varie significativement selon les stress étudiées (Test One-way ANOVA  $p < 1\%$ ). Selon la nature du bioproduit, il en ressort des résultats que la fécondité nette ( $R_0$ ) est nettement supérieur chez la cohorte traitée à huile essentielle formulée issue de la conduite NIR (Tab. 17).

## Résultats

---

### - Taux d'accroissement naturel ( $r$ )

Le taux d'accroissement naturel ( $r$ ) est considéré comme la différence entre le nombre de naissances et le nombre de décès dans les cohortes traitées. La cohorte traitée au bioproduit de la conduite NIR s'est montrée plus favorable à surmonter l'effet délétère du bioproduit appliqué par une capacité de survie des larves, suivie de la cohorte traitée au bioproduit à base d'huile essentielle issue de la conduite IRS (Tab.17).

### - Taux de multiplication ( $\lambda$ )

Le taux de multiplication ou le taux limite d'accroissement ( $\lambda$ ) de *J. lybica* enregistre un effet significatif entre les trois conduites (Test One-way ANOVA  $p < 1\%$ ). Les résultats obtenus signalent que le traitement à base d'huile essentielle issue de la conduite NIR dont  $\lambda = 1,222 \pm 0,01$  femelle/jour domine les taux de multiplication des traitements à base d'huile essentielle issue de la conduite IRR et à base d'huile essentielle issue de la conduite IRS qui ont noté des valeurs de  $\lambda$  variant de 1,012 à 1,068 femelle/jour (Tab. 17).

### - Temps de génération moyen ( $T$ )

Les résultats démontrent que les valeurs de la durée moyenne d'une génération ( $T$ ) diffèrent significativement (Test One-way ANOVA  $p < 1\%$ ). Elle est de  $45,2 \pm 5,69$  jours pour la cohorte de l'huile essentielle formulée issue de la conduite IRR, de  $41,59 \pm 4,90$  jours pour la cohorte de l'huile essentielle formulée issue de la conduite IRS et de  $38,80 \pm 3,73$  jours pour la cohorte de l'huile essentielle formulée issue de la conduite NIR (Tab. 17).

### - Temps de dédoublement ( $DT$ )

Le temps de dédoublement de la population ( $Dt$ ) de *J. lybica* est statistiquement plus élevé chez la cohorte soumise au traitement de l'huile essentielle formulée issue de la conduite IRR (11,71 jours) et plus court chez la cohorte soumise au traitement de l'huile essentielle formulée issue de la conduite NIR (9,09 jours), suggérant que le traitement est plus favorable pour le doublement de la population de l'insecte (Tab.17).

Pour classer les différentes conduites phytosanitaires selon leurs réponses à l'installation et la survie de la cicadelle *Jacobiasca lybica*, une analyse typologique (*Cluster Analysis*) selon la méthode de Ward a été conduite au moyen du logiciel PAST version 3.1. L'analyse a été effectuée sur l'ensemble des valeurs moyennes standardisées des paramètres démographiques mesurés (Fig. 25). De cette dernière, il ressort que le traitement issu de la conduite NIR est le moins contraignant au développement de l'insecte, alors que les traitements issus des conduites IRR et IRS, laissant supposer une activité biologique similaire sur la cicadelle verte de la vigne *Jacobiasca lybica*.

## Résultats

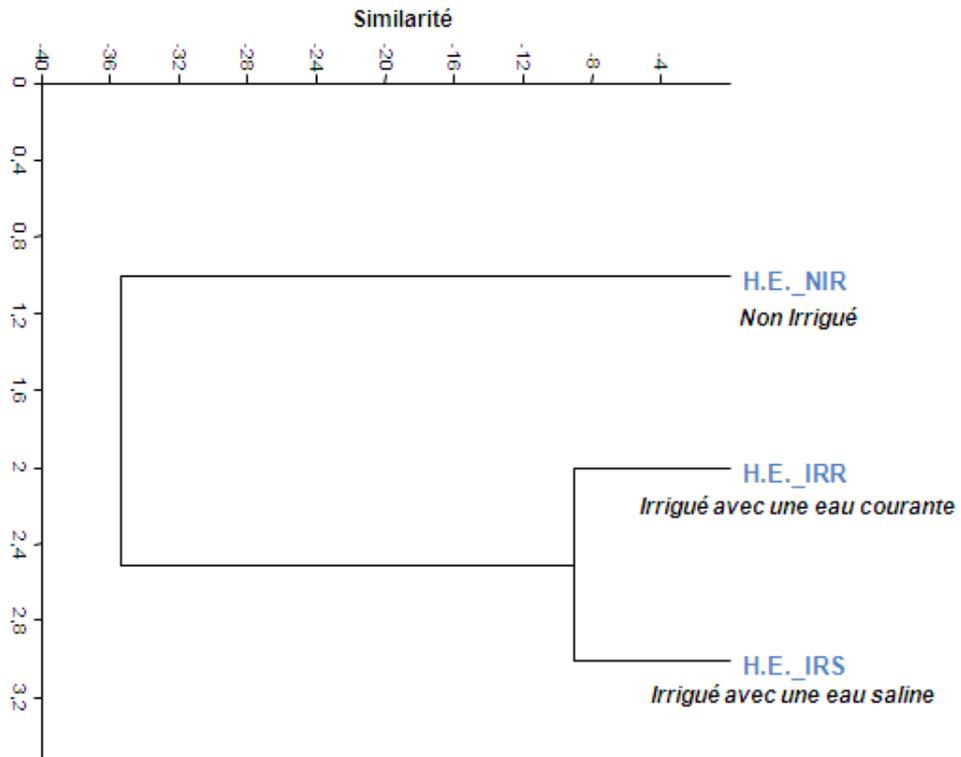


Figure 25: Dendrogramme des trois conduites phytosanitaires de *Jacobiasca lybica* selon ses paramètres démographiques mesurés

# Chapitre 4: Discussion

## 1. Inventaire des espèces folivores de deux cépages de la vigne *Vitis vinifera*

L'inventaire entomofaunique des espèces folivores au niveau des différents stades phénologiques attirent des abondances très contrastées. Cependant, la diversification des groupes fonctionnels dépend du degré de la phytophagie des consommateurs primaires et du nombre de chaînes alimentaires. Nous estimons que les pools d'espèces installés se sont organisés selon un gradient alimentaire en référence au support nourricier. Cette hypothèse a été très documentée à travers le concept de fenêtre phénologique qui stipule que le développement phénologique des feuilles a une influence très marquée sur les insectes qui s'en nourrissent. Selon Collinge et Lauda (1989) et Maclauchlan et Borden(1995), la fenêtre phénologique a particulièrement été étudiée à partir d'insectes folivores. Pour ces espèces, leur développement est substantiellement influencé par la variation de la qualité biochimique à l'intérieur des feuilles. Pour une espèce phytophage, ces changements impliquent une variation dans la qualité de sa nourriture. (House, 1965)

En général, plus la saison de croissance avance, plus la qualité de la ressource diminue (Feeny, 1976 ; Lawrence et *al.*, 1997 ; Hunter et Elkinton, 2000). C'est ce qui explique le grand nombre d'espèces printanières qui profitent de cette période où la ressource est riche en qualités nutritives. En somme, il y aurait une période autour d'un point plus ou moins précis dans le développement saisonnier de la plante, qui correspondrait à une qualité optimum pour la fitness d'une espèce phytophage. On appelle cette période la fenêtre phénologique de susceptibilités (Feeny, 1976 ; Lawrence et *al.*, 1997 ; Hunter et Elkinton, 2000), puisque la phénologie est la séquence des changements qui s'opèrent dans le cycle annuel saisonnier d'une plante. De plus, le phytophage doit composer avec une communauté d'organismes pouvant nuire à son développement (compétition intra-interspécifiques, parasitisme, prédation).

Selon Hunter et Elkinton (2000), une population de prédateurs interfère avec la période optimale conférée par la plante et de ce fait déplace cet optimum. La structuration des réseaux trophiques installés sur le cépage Syrah semble parfois déséquilibrer, cet état de fait incrimine les actions anthropiques qui entraînent de graves préjudices aux équilibres fondamentaux des agroécosystèmes. En effet, les pratiques agricoles mises en oeuvre au niveau de la parcelle, labour, fertilisation, pâturage, etc. peuvent être considérées comme des facteurs du milieu particuliers qui agissent sur l'écologie des communautés (trait-environnement) (Weiher et Keddy, 1999). Ces facteurs sont considérés comme des filtres qui vont déterminer la composition des communautés locales à partir du pool d'espèces disponibles à un niveau local. D'après Belyea et Lancaster (1999) et De Bello et *al.*, (2006), la richesse spécifique d'une guildes particulière, dépend de deux grands types de facteurs (*i*) le pool d'espèces disponibles, (*ii*) les interactions écologiques, qui trient les espèces capables de coexister dans la communauté à partir de ce pool. Les conditions abiotiques et les interactions biotiques sont

les deux forces principales qui contribuent au "filtre écologique". La notion de filtre avancé s'opère non pas sur les espèces, mais sur les traits que portent ces espèces. Chaque filtre spécifique (régime de perturbation, fertilisation, interactions entre organismes, etc.) porte sur certains traits appelés "traits de réponse". Ce modèle stipule que deux combinaisons de conditions conduisent à une faible structuration des réseaux trophiques: (i) celles pour lesquelles les populations locales disparaissent car elles ne sont pas capables de récupérer après une perturbation dans des conditions de faible croissance démographique et (ii) quand les populations locales deviennent rares ou disparaissent par exclusion compétitive, ce qui se produit plus rapidement dans des conditions de forte croissance démographique lorsque les perturbations sont peu fréquentes. Les effets de ces processus très différents sont de réduire la diversité aux extrémités des gradients de productivité et de perturbations. Dans la portion centrale des gradients, les effets de ces deux processus sont réduits, et le nombre d'espèces qui peuvent coexister dans ces conditions hors équilibre peut être beaucoup plus élevé. Ce modèle conduit à un certain nombre de prédictions concernant la variation de la richesse spécifique le long de gradients de perturbations et de productivité. Sur un fond de perturbation de la succession des cascades trophiques signalée sur les deux cépages, et confirmé par un fort recrutement des groupes fonctionnels dans des habitats à moindre disponibilité, et leurs absence dans des habitats à forte disponibilité en ressources. Ceci s'identifie dans les propos rapportés par divers auteurs stipulant, que les assemblages des communautés sont sous la dépendance de trois mécanismes principaux que sont la compétition interspécifique (Grime, 1973 et 1979 et Newman, 1973), la disponibilité en ressources (Tilman, 1985 et 1997 et Tilman et *al.*, 1997) et le niveau de perturbations (Grime, 1973; Connell, 1978 et Pickett et *al.*, 1989) Ces trois principaux mécanismes sont responsables des différents niveaux de richesse spécifique. Or les modifications de la composition et de la richesse spécifique, consécutives aux activités humaines, ont pris un intérêt croissant face aux questions sur la persistance des communautés et le maintien de leur productivité (Mooney et Gordon, 1983; Mcnaughton, 1993; Mooney et *al.*, 1996 et Schulze et *al.*, 1996). Nous rejoignons les conclusions de Marage et Brun (2007) et Guo et Berry (1998), qui démontrent que le lien entre richesse spécifique et productivité obéissent aux mécanismes de coexistence, de mutualisme. Aussi, ils soulignent

## **2. Étude du complexe entomologique fonctionnel de la vigne *Vitis vinifera* : Effet de l'indice phénologique sur la structuration des cascades trophiques**

### **2.1. Interactions entre la diversité fonctionnelle et les facteurs biotiques des cépages de vigne**

La première phase d'analyse a mis en évidence la présence de pools d'espèces entomofauniques à l'échelle de la parcelle pour les deux cépages de vigne (cabernet sauvignon et syrah). L'un des traits caractéristique des assemblages inventoriés, est la présence de l'ensemble des catégories d'une cascade trophique du cépage cabernet sauvignon, dont les consommateurs primaires (CI) représentés par un taux de 54,28%, les consommateurs

## Discussion

---

secondaires (CII) représentés par 36,06%, les consommateurs tertiaires (CIII) représentés par 3,61%. Les trophobiantes et les successeurs sont représentés par des taux respectifs de 1,06% et de 1,21%. De même pour le cépage syrah; les consommateurs primaires (CI) représentés par un taux de 61,20%, les consommateurs secondaires (CII) représentés par 34,86%, les consommateurs tertiaires (CIII) représentés par 3,60% et les successeurs sont représentés par des taux respectifs de 0,33% et de 1,21%. Nos données avaient déjà délimité des assemblages avec des richesses spécifiques variables. En rapport avec l'indice phénologique du cépage cabernet sauvignon, où les stades Nouaison (NO), Feuilles Etalées (FET), floraison (FL), bourgeons floraux (BFL), fermeture de la grappe (FGR) totalisent respectivement les taux les plus importants 21,54%, 16,33%, 15,64%, 15,66% et 12,72%. Cependant, les stades maturation (MAT) et Récolte (REC) affichent respectivement les taux les plus faibles 5,86%, 8,45%. Ainsi que du cépage Syrah, où les stades Récolte (REC), Maturation (MAT), Floraison (FL), Nouaison (NO), Bourgeons floraux séparées (BFS) totalisent respectivement les taux les plus importants 24,01%, 22,67%, 15,40%, 13,71% et 13,51%. Cependant, le stade fermeture de la grappe (FGR) affiche le taux le plus faible 10,70%. Dans la présente analyse, les pools d'espèces signalés peuvent visiblement être expliqués par les réseaux trophiques spécialisés par rapport aux installations primaires des espèces nuisibles sur vigne.

Cela suppose, l'existence d'un fort taux de recrutement d'espèces nuisibles au niveau des indices phénologiques les plus productifs en matière de ressources nutritives. Cette hypothèse rejoint les propos de Rosenzweig (1995), qui signale que la relation unimodale observée entre la richesse spécifique locale et la productivité de l'habitat a été interprétée par l'existence d'une compétition interspécifique plus forte dans les environnements les plus fertiles, ayant pour conséquence la sélection des meilleurs compétiteurs et l'exclusion des espèces les moins compétitives. Plusieurs auteurs, signalent également que les traits susceptibles d'influencer la distribution des espèces le long du gradient phénologique sont liés entre autres à leurs stratégies d'acquisition des ressources (Wright et al., 2004), à leurs stratégies de régénération (Golodets et al., 2009) et à leur aptitudes à la compétition (Violle et al., 2007; Violle et al., 2012). Ainsi, la variation du gradient de l'indice phénologique, implique une diminution de la teneur en azote des feuilles et de la surface spécifique foliaire et une augmentation de la teneur en matière sèche de leurs feuilles (Lavorel et Garnier, 2002; Garnier et al., 2004). Cette variation de la valeurs des traits traduit le remplacement d'espèces caractérisées par une stratégie d'acquisition rapide des ressources et un fort taux de croissance par des espèces caractérisées par une stratégie de conservation efficace des ressources et un faible taux de croissance.

Aussi, le fort taux des auxiliaires enregistrés dans l'entomocénose étudiée, notamment, les Eulophidae, les Mymaridae, les Bethyridae les Anthocoridae et les Chrysopidae, suggère la présence de peuplement de plantes spontanées pouvant les accueillir en termes de refuge ou sources l'alimentation de substitution. Nicholls et al. (2000), English-Loeb et al. (2003) et Van Driesche et al. (2008) ont démontré que les plantes a fleurs poussant dans les vergers de vignoble, renforcent les populations d'ennemis naturels, dont les Mymaridae, parasitoïdes des œufs de cicadelle (*Gonatocerus sp p.*, *Anagrus erythroneuræ*, *Triapitzyn* et *Chiappini*) et les prédateurs généralistes (Anthocoridae, Coccinellidae, Chrysopidae et arachnides).

Les invertébrés parasites et prédateurs, peuvent tirer profit des ressources des plantes a fleurs, telles que le nectar et le pollen, et/ou un refuge ou sites de reproduction (Gurr et *al.*, 2004; Heimpel et Jervis, 2005). Le nectar floral et extra floral peut maximiser la longévité, la fécondité, les activités de recherche et performant l'action parasitaire / prédatrice de la plupart des ennemis naturels (Irvin et *al.*, 2006 ; Hogg et *al.*, 2011 ; Irvin et *al.*, 2014 ; Irvin et Hoddle, 2015).

### 2.2. Variations de traits fonctionnels de la biodiversité

Nous avons pu étudier le facteur indice phénologique considéré comme prédisposant le cépage au recrutement des assemblages des groupes fonctionnels dans les agroécosystèmes non anthropisés. Ainsi, nous avons pu montrer que les guildes des consommateurs secondaires affichent leur dominance par rapport aux guildes des consommateurs primaires du cépage cabernet sauvignon durant les indices phénologiques Feuilles étalées (FET) et Bourgeons Floraux (BFL). Dès la Floraison (FL), les guildes des consommateurs primaires généralistes (*Lygaeus saxatilis*, *Frankliniella sp* et *Aeolothrips sp.*) et spécialistes (*Frankliniella sp*, *Drepanothrips reuteri*, *Jacobiasca lybica*, *Pseudococcus sp*, *Daktulosphaira vitifoliae*, *Eotetranychus carpini*) annoncent leurs primautés par comparaison aux différentes guildes inventoriées.

Ainsi; les guildes des consommateurs secondaires du cépage syrah affichent leur dominance par rapport aux guildes des consommateurs primaires durant les indices phénologiques Nouaison (NO), Fermeture de la grappe (FGR), Maturation (MAT) et Récolte (REC) , les guildes des consommateurs primaires généralistes (*Malthenus punctatus*, *Frankliniella sp*, *Frankliniella occidentalis* et *Aeolothrips sp.*) et spécialistes (*Jacobiasca lybica*, *Pseudococcus sp*, *Daktulosphaira vitifoliae*, *Eotetranychus carpini*) annoncent leurs primautés par comparaison aux différentes guildes inventoriées. Cependant, la fin du cycle végétatif des deux cépages informe la présence d'une activité intense des guildes parasites et prédatrice par rapport à celle des consommateurs primaires *les Scelionidae*, *les Braconidae*, *les Eulophidae* *les Mymaridae* *les Anthocoridae*, *les Pteromalidae*, *les Megaspilidae* *les Ceraphronidae* et *les Aphelinidae*).

Par référence au diagramme Ombrothermique, il se dégage un glissement de saisons avec une installation précoce de la saison estivale dès le mois de mai. L'étalement de la saison sèche sur 6 mois accentue le stress hydrique. Par conséquent, nous assistons à un défilement des guildes des consommateurs primaires spécialistes et généralistes qui s'installent sur des ceps préalablement affaiblis, c'est-à-dire présentant un état sanitaire déficient. Nous estimons que les épisodes de succession des guildes ont été déclenchés suivant l'intensité du stress hydrique et la réponse des ceps à ce stress. Ces résultats corroborent à ceux de Netherer et Schopf (2010) ; Durand-Gillmann et *al.* (2012), qui ont montré que le déclenchement des éruptions de populations d'insectes pourraient s'expliquer par la conjugaison des fortes températures et des niveaux de résistance réduite chez les plantes stressées par un déficit hydrique. Jackson et *al.* (1981) et Durand-Gillmann (2014), ont confirmés que la sécheresse procure effectivement des conditions de températures plus favorables au développement de

## Discussion

---

certaines insectes phytophages. En effet, une plante soumise à un stress hydrique ferme ses stomates ce qui provoque un échauffement de sa surface. Puisque les insectes n'ont pas de système de thermorégulation, une température de l'air et de la plante-hôte plus élevée peut s'avérer pour certains plus favorables à leur développement. Par ailleurs, les plantes stressées peuvent être plus attractives ou plus facilement acceptées par les insectes, qui peuvent détecter leurs propriétés biochimiques. Les changements biochimiques du contenu cellulaire des plantes en réponse au déficit hydrique, comme la production d'éthanol des feuilles ou l'augmentation des terpènes (alpha-pinene), peuvent attirer de façon significative de nombreux insectes, notamment phloémophages (Byers, 1992). Dans certains cas, les plantes en situation de déficit hydrique posséderaient des teneurs en sucres, acides aminés et sels minéraux plus élevées, qui faciliteraient le développement de certains de leurs parasites (Brodbeck et *al.*, 1990).

Du point de vue de la dynamique des guildes des consommateurs secondaires durant les indices phénologiques Feuilles étalées (FET), Bourgeons Floraux (BFL), Nouaison (NO) et Fermeture de la grappe (FGR), nous avons relevé la disponibilité de plusieurs espèces d'auxiliaires en grande partie généralistes, notamment les Eulophidae, les Chrysopidae, les Scelionidae et les Aphelinidae. Cela suggère que pour ces espèces à phases de maturation et de reproduction différenciées, la pression d'abondance est susceptible de s'exercer sur la disponibilité de la ressource alimentaire, en termes d'activité parasitaires ou d'alimentation de substitution (pollen et nectar) en réponse au bouleversement de l'ordre d'arrivée écologique tributaire aux changements climatiques (glissement des saisons). En effet, Ise and Moorcroft (2006) et Brooker et al. (2008), ont signalé l'impact du changement climatique sur les réseaux complexes d'interactions biotiques telles que la prédation, le parasitisme et la pollinisation.

De nombreuses études ont montré que l'augmentation de la température du sol accélère la décomposition des matières organiques par les organismes du sol, permettant une meilleure productivité des plantes et augmentant ainsi les ressources nutritives en nectar et pollen, mais également de sites de refuge (Mack et *al.*, 2004 and Ise Moorcroft, 2006).

A une échelle globale, les valeurs d'amplitude d'habitat ont montré que le complexe entomologique fonctionnel est très inégalement réparti sur l'ensemble des stades phénologiques. Les mêmes valeurs ont enregistré fréquemment le débordement des consommateurs primaires et secondaires sur l'ensemble du gradient d'indice phénologique (Tableaux 9 et 10). En effet, en performant les traits adaptatifs, les groupes fonctionnels peuvent maximiser leurs fitness via la compensation des modifications de l'environnement en ajustant les taux de physiologie ou encore les caractéristiques phénotypiques. Notre argument, rejoint les avis de plusieurs auteurs, qui estiment que la plasticité phénotypique permet à un individu de s'acclimater de façon relativement rapide et réversible à un changement dans son environnement (Van Peer et *al.*, 2004 ; Elith and Leathwick, 2009 ; Vitasse et *al.*, 2010). Sous l'hypothèse que les insectes ont la capacité de s'adapter rapidement aux forces sélectives, via une variété de mécanismes à la fois écologiques et évolutifs, avec un accent particulier sur les importantes interactions entre les réponses phénotypiques et la plasticité évolutive. Sauvion et *al.*, (2013), ont avancé l'hypothèse de « préférence-performance », où la théorie évolutive

prédit une relation positive entre le choix du site de ponte par la femelle et la performance des descendants. Cette hypothèse est basée sur la capacité des insectes à classer les plantes-hôtes selon des critères de préférence d'un point de vue nutritionnelle et/ou refuge pour les parents et les descendants et pour éviter les phénomènes de compétition intra- et inter-spécifique.

### 2.3. Stabilité des assemblages des groupes fonctionnels

L'ordre d'arrivée des groupes fonctionnels a montré que les communautés vivant au début (FET/BFL) et en fin de végétation (NO/FGR/MAT/REC) sont les plus riches et les moins stables. Cette modification de structure se traduit principalement par une diminution de la fragmentation et une augmentation de connectivité entre les indices phénologiques. L'hypothèse centrale est que la gradation de recrutement des groupes fonctionnels répond à des échelles qui correspondent à leur échelle de perception du paysage. Bianchi *et al.* (2006), ont montré, que les paysages diversifiés et complexes influencent les paramètres structuraux des cascades trophiques et par conséquent sont plus aptes à préserver la biodiversité fonctionnelle et à supporter le service écologique de contrôle des bioagresseurs.

McGill *et al.* (2006) et Lavorel *et al.* (2007), estiment que la stabilité de la niche écologique des espèces, prévoit leur succès le long de gradients écologiques, par l'utilisation des traits dits de réponse. Ces traits reflètent l'adaptation des espèces aux facteurs écologiques de leur milieu. De nombreuses études corrélatives ont mis en lumière les liens existant entre succès des espèces (niche écologique) et traits de réponse. Pour l'ensemble des études, les propriétés fonctionnelles de la communauté, sont reflétées par les traits des espèces dominantes au sein même de la communauté (Silvertown, 2004 ; McGill *et al.*, 2006 et Grime, 2007). Sous l'hypothèse de "the mass-ratio hypothesis", avancée par Grime (1998) et Garnier *et al.* (2004), qui stipule que les propriétés d'une communauté sont directement liées aux propriétés des espèces dominantes car elles représentent la plus grande biomasse au sein de l'ensemble. En effet, la totalité des espèces dominantes à caractère nuisible généraliste (*Aeolothrips sp (Aesp)*, *Franklineilla occidentalis (Frocc)*, *Franklineilla sp (Frsp)*, *Malthenus punctatus (Malpu)*, *Jacobiasca lybica (Jaly)*, *Eotetranychus carpini (Eoca)*) et spécialiste signalées dans les différents assemblages (niche) se trouvent corrélés avec le long de l'indice phénologique. Cet axe fondamental suggère une spécialisation séparant des groupes trophiques, conduisant à des rang-fréquences variant régulièrement, susceptibles d'influencer la dynamique des niches écologiques.

## 3. Évaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles du Romarin *Rosmarinus officinalis* sur quelques paramètres démographiques de la cicadelle verte de la vigne *Jacobiasca lybica*

### 3.1. Le rendement et en huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*

Le rendement et les compositions chimiques des huiles essentielles ont montré une différence selon la conduite. Nous supposons que l'absence de stress dans les conduites culturales en sec et en irrigué de *Rosmarinus officinalis* a performé le métabolisme basal et

## Discussion

---

par conséquent une induction de l'accumulation des huiles essentielles. Notre hypothèse rejoint d'une part, les résultats de Bajalan *et al.* (2017), qui démontrent que les populations sauvages de *Rosmarinus officinalis* issues de différents bioclimats du sud d'Iran renferment des proportions à peu près égales et d'autre part, les conclusions de Filomeno *et al.* (2017) qui stipule que les teneurs en huile essentielle des feuilles de *Corymbia citriodora* récoltées durant la saison pluvieuse sont doublement accumulés par rapport aux feuilles du même arbre pendant la saison sèche. Aussi il a été observé que pour l'espèce Myrtaceae *Melaleuca alternifolia*, les plantes soumises à un stress hydrique ont produit une teneur en OE plus faible (1,7%) que celles cultivées en conditions humides (2,1%) (Silva *et al.*, 2002). En revanche, la faiblesse enregistrée dans le rendement en huiles essentielles dans la conduite sous stress salin, suppose une affectation du métabolisme végétale suite aux effets délétères du sel. Cette hypothèse est cohérente avec les résultats obtenus par El-Keltawi et Croteau (1987), qui ont montré que l'irrigation avec un niveau de sel élevé (1M) a entraîné une diminution de 20% de l'huile essentielle de la menthe verte et de la marjolaine. De plus, *Melissa officinalis* a affiché une réduction dans le rendement en huile essentielle de 22% sous une contrainte saline de 130mM (Ozturk *et al.*, 2004). Cependant, Ben Taarit *et al.* (2010), ont cités que chez de nombreux Lamiaceae, des niveaux élevés de salinité réduisent le rendement en huile essentielle, vraisemblablement en inhibant l'apport de cytokinine des racines aux pousses et modifiant ainsi le rapport entre la cytokinine et l'acide abscisique aux niveaux des feuilles. Les conduites appliquées sur *R. officinalis* ont montré une différence en composition chimique des huiles essentielles entre le stress hydrique et le stress salin. Les résultats montrent clairement la suprématie des huiles essentielles de la conduite irriguée en Monoterpènes hydrocarbonés (35,572%), en Monoterpènes oxygénés (34,452%) et en sesquiterpène oxygénés (17,552%) par rapport aux Monoterpènes hydrocarbonés (33,15%), aux Monoterpènes oxygénés (32,656%) et aux sesquiterpène oxygénés (1,739%) de la conduite stress salin. De même la conduite en irrigué a permet d'enrichir les huiles essentielles en  $\beta$ -pinene 3,512%, en  $\beta$ -myrcene 1,678%, en transverbénol 4,876%, en dibutylphtalate 2,845%, et en linalyl\_isobutyrate 3,122%. Par référence à l'huile essentielle de la conduite saline. A travers, cette projection de variation des composés des huiles essentielles, nous pouvons avancer l'hypothèse d'incrimination des facteurs des pratiques de gestion en termes de disponibilité de sel ou d'apport d'eau dans la modification du fonctionnement physiologique des plantes. Bien que les changements de composition dans les huiles essentielles des Lamiaceae sous l'effet des contraintes hydrique et saline n'ont pas été signalés dans Littérature. Cependant, l'hypothèse avancée rejoint les résultats de Ben Taarit *et al.* (2009), qui se sont consacrés aux perturbations des végétaux sous des contraintes de stress salin et/ou hydrique. Les propos avancés par (Heller *et al.*, 2004 ; M'rah *et al.*, 2005 ; Zhu 2001 ; Wang *et al.*, 2004) signalent qu'en conditions de stress salin, un excès de sel est enregistré dans le protoplasme qui entraîne des perturbations dans la balance ionique et un dysfonctionnement enzymatique. Ces perturbations entraînent une faible production d'énergie par la phosphorylation et la photorespiration, une perturbation dans l'assimilation de l'azote perturbée, et un dérèglement de nombreuses voies métaboliques. Habituellement, sous stress salin, le métabolisme des terpénoïdes est largement altéré. (Neffati et Marzouk, 2008 ; Karray-Bouraoui *et al.*, 2009).

Selon nos résultats, de grandes variations ont été signalées au niveau de la composition chimique des huiles essentielles en fonction des types de conduites, plus précisément selon l'apport de NaCl dans l'eau d'irrigation. Des rapports antérieurs ont montré que la salinité avait des effets perceptibles sur la composition de l'OE (Heuer *et al.*, 2002; Neffati et Marzouk, 2008; Ben Taarit *et al.*, 2012 et Tounekti *et al.*, 2010). L'effet dépend de la concentration de sel, ainsi que du degré de tolérance de l'espèce. Cependant, ces variations pourraient être dues à l'induction des enzymes spécifiques impliquées dans la biosynthèse de ces composés par la salinité (Ben Fadhel *et al.*, 2002). Dans le même sens d'idée, Ascrizzi *et al.* (2018) a rapporté les résultats obtenus par Dixon et Paiva (1995), stipulant que les phénylproanoïdes, principaux composés des huiles essentielles, dérivant de l'acide trans-cinnamique, formé par la phénylalanine acide aminé dans une réaction catalysée par la phénylalanine ammonium liase (PAL), sont fortement régulée en réponse aux stress biotiques et abiotiques.

### 3.2. Évaluation de l'activité biocide des bioproduits à base d'huile essentielle de Romarin soumises à différents régimes de stress

Les résultats relatifs à l'activité biocide des bioproduits à base d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* issues des différentes régions de stress salin et hydrique ont mis en évidence une différence d'efficacité du romarin selon la conduite du stress. Pour les trois bioproduits testés, les conduites en stress salin et hydrique ont montré un effet répressif sur les populations résiduelles larvaires de *Jacobiasca lybica*. Toutefois, le bioproduit formulé à base d'huile essentielle issue de la conduite irriguée à l'eau courante exprime l'efficacité la plus importante par comparaison au bioproduits formulés à base des huiles essentielles issues des conduites stress salin et non irrigué.

Cette différence significative d'efficacité nous permet d'orienter notre hypothèse aux constituants chimiques engendrés par l'effet des conduites culturales sur le métabolisme secondaire du romarin. En effet, l'efficacité du produit formulé à base d'huile essentielle issue de la conduite irriguée serait une conséquence de la présence d'un fort pourcentage de Monoterpènes hydrocarbonés et de Monoterpènes oxygénés affectant l'intégrité de métabolisme de *J. lybica*. De plus, il est permis de penser que les différents degrés d'activité insecticide observés à travers la grande diversité des Monoterpènes peuvent être dus à plusieurs mécanismes synergiques. Les effets des différentes huiles essentielles du romarin formulés observés n'ont pas encore été décrits dans la littérature disponible. Néanmoins, les huiles essentielles avec une part importante de Monoterpènes ont été considérées par plusieurs auteurs comme celles offrant la plus grande activité biologique. Rameshwar Singh Rattan (2010), signalent que plusieurs monoterpénoïdes (D-limonène, myrcène, terpinéol, linalool et pulegone) rencontrés chez les huiles essentielles, présentent une activité neurotoxique et affectent les processus biochimiques dont la perturbation spécifique de l'équilibre endocrinologique. Huignard *et al.* (2008a), avancent que les Monoterpènes contenus dans les huiles essentielles sont des neurotoxiques qui agissent sur différentes cibles en fonction de leur nature chimique. Le 1,8-cinéole a une action inhibitrice sur l'acétylcholinestérase. Selon Ryan et Byrne (1988), cinq Monoterpènes (citral, pulegone, linalol, bornyl acétate et cinéole)

représentant chacun un groupement fonctionnel donné (aldéhyde, cétone, alcool, ester et éther) sont des inhibiteurs réversibles compétitifs occupant le centre du site actif hydrophobique de l'AChE. Les travaux de Ketoh *et al.* (2008) ont montré que les huiles essentielles dont les composés majoritaires (le linalool et l'estragol) induisaient au niveau du système nerveux central de *P. americana*, une diminution de l'amplitude du potentiel d'action de près de 50%, associée à une réduction à la fois de la phase de post-hyperpolarisation et de la fréquence de décharge des potentiels d'action. En somme, leurs effets aboutissent à une inhibition totale de l'activité électrique neuronale.

Huignard *et al.* (2008b), avancent que les différents modes d'action observés chez les huiles essentielles à travers la grande diversité des Monoterpènes qu'elles contiennent montrent que leur activité insecticide est due à plusieurs mécanismes synergiques. Ces divers mécanismes affectent donc des cibles multiples perturbant ainsi plus efficacement l'activité cellulaire. Selon Savelev *et al.* (2004), l'inhibition de l'acétylcholinestérase et de la butyrylcholinestérase par les huiles essentielles extraites des espèces du genre *Salvia* (*S. fruticosa*, *S. lavandulae folia*, *S. officinallis* et *S. officinalis var purpurea*) est plus importante que celle induite par leurs composés terpéniques pris individuellement. Ce qui suggère donc un effet synergique. De son côté, Rameshwar Singh Rattan (2010), avancent que les terpènes expriment des effets synergiques avec d'autres toxines en agissant comme des solvants pour faciliter leur passage à travers les membranes. Un exemple d'une telle synergie semble se produire en présence des pyréthroïdes (esters monoterpéniques) présents dans les feuilles et les fleurs de certains chrysanthèmes, qui offre une activité insecticide et dissuasive pour les herbivores.

### **3.3.Évaluation des parametres démographiques sous l'effet des bioproducts à base d'huile essentielle de Romarin soumises à differents regimes de stress**

Les huiles essentielles sont connues comme des substances hautement efficaces à toxicité aiguë (Pavela *et al.*, 2009a), elles réduisent la fertilité et modifient le comportement (Pavela, 2008; Pavela *et al.*, 2009b), elles développent aussi des activités répulsives et anti-appétantes (Nerio *et al.*, 2010) chez de nombreuses espèces d'insectes (Pavela *et al.*, 2011) L'étude de démographie la cicadelle verte de la vigne *Jacobiasca lybica* par le recours à sa table vie nous a permis d'isoler les paramètres qui sont à l'origine des fluctuations numériques et le déroulement du cycle biologique dans les conditions d'un stress abiotique. Des résultats, il en ressort que le bioproduit issu de la conduite NIR est le moins contraignant au développement de l'insecte, visible sur la précocité de la ponte, fécondité nette très importante, probablement lié aux chémotypes du bioproduit qui infligent moins d'effet biocide à la cohorte exposée et par conséquent les capacités de survie larvaire sont importante. Ces paramètres permettent un taux de multiplication des femelles assez conséquente. En revanche, les bioproducts issus des conduites IRR et IRS, génèrent, un retard dans la ponte, les femelles sont moins fécondes, et les cohortes exposées aux traitements affichent des mortalités imposantes, qui se traduisent par des taux de survie des femelles assez réduits. Devant le manque des travaux sur la variation de table de vie des cicadellidae aux traitement biologiques à base d'huiles essentielles formulées en Algérie et compte tenue de la littérature

## Discussion

---

qui offre peu de données sur le monitoring phytosanitaire pour les espèces inféodées à cette culture dans notre pays, nos résultats sont confrontés avec ceux d'autres cohortes exposées à des régimes de stress biologique et chimique. Selon Louat (2013), le développement chez les insectes peut être perturbé par différents insecticides, se traduisant généralement par un rallongement de la durée de développement, l'apparition de malformations morphologiques ou par une augmentation de la mortalité larvaire ou nymphale. Pour Pavela (2008) et Pavela *et al.* (2011), les huiles essentielles peuvent causer non seulement une mortalité directe, mais elles peuvent aussi réduire la fertilité, la longévité et la vitalité des ravageurs, même après l'application de doses létales et sublétales.

La comparaison des paramètres démographiques de la cohorte NIR avec les ceux des cohortes IRR et IRS impose une première analyse, celle des stratégies de reproduction propres aux différentes espèces. On distingue deux grandes stratégies dans lesquelles se répartissent tous les êtres vivants.

Selon les paramètres démographiques, la cohorte exposée au bioproduit issu de la conduite NIR ont adopté la *stratégie r*, le symbole  $r$  étant celui du taux d'accroissement d'une génération à une autre par individu. Les populations résiduelles de *J. lybica* ont tendance à adopter cette stratégie suivant la réaction métabolique face aux huiles essentielles de *R. officinalis* issue de la conduite NIR. Les survivants au traitement sont caractérisés par une grande fécondité, des intervalles entre générations relativement courts, des taux de mortalité élevés. Ces mêmes caractéristiques permettent à l'espèce de coloniser continuellement l'habitat de manière temporaire. Selon Lecomte (1982), les populations résiduelles jouent un rôle important; elles arrivent souvent dans des habitats vides et n'ont pas nécessairement de fortes capacités de compétition avec d'autres espèces. Ce sont les espèces à pullulations spectaculaires. Ces mêmes populations sont d'autant plus nécessaires que l'habitat peut se détériorer du fait de la densité malgré l'influence de celle-ci sur la fécondité. Chez ces espèces, il est peu réaliste de vouloir conserver des populations surtout dans le cadre d'une réserve de surface plus ou moins limitée; par contre, les espèces elles-mêmes ne sont pas facilement menacées.

Par ailleurs, les cohortes exposées aux bioproduits issus des conduites IRR et ISR se sont identifiées dans la *stratégie K*. Ce symbole en écologie représente la capacité d'accueil d'un milieu pour une espèce. Les cohortes de ce type ont un taux de reproduction relativement faible mais ils se sont très bien adaptés aux différents régimes de stress. En général, elles maintiennent leurs effectifs à un niveau également stable; elles restent très près de la capacité d'accueil du milieu, un peu en dessous. Ceci impose un taux de reproduction très sensible à la densité et l'existence d'un niveau d'équilibre. Dans le même temps, la compétition avec les espèces concurrentes est forte. On constate par comparaison avec les autres espèces que la taille augmente, de même la longévité de l'individu et l'intervalle entre les générations. Selon le même auteur, ces populations ont également tendance à être économes en énergie. Il existe cependant un inconvénient majeur à cette *stratégie K*: les populations qui pour une raison quelconque tombent très en dessous de leurs effectifs d'équilibre ont de grandes difficultés à

## *Discussion*

---

recupérer. Ce sont donc des espèces qui peuvent disparaître facilement si l'on abaisse leurs populations en dessous d'un certain niveau sans pour autant détruire leurs habitats.

## **Conclusion générale et perspectives**

Deux objectifs ont guidé cette étude :

*i)* Apporter une contribution sur la connaissance des groupes trophiques fonctionnels sur vigne et chercher des facteurs écologiques qui expliquent la distribution de l'entomofaune ;

*ii)* employer ces informations pour évaluer des stratégies de prévention contre les espèces nuisibles sans pour autant nuire aux espèces utiles.

**La première partie de ce travail a été de chercher à comprendre l'incidence des indices phénologiques de deux cépages sur la diversité des groupes trophiques prédateurs et parasitoïdes associés et circulant dans une parcelle de vigne non entretenue de la Mitidja occidentale à travers l'analyse du statut trophique, la stratégie de recrutement, et l'amplitude d'habitat des taxons le long du gradient phénologique de la vigne.**

Les données présentées concernent essentiellement le complexe entomologique fonctionnel de deux parcelles de vigne (Syrah et Cabernet sauvignon) non entretenue dans la Mitidja occidentale. Cette étude a permis de recenser, 1905 individus, dont 1156 individus ont été signalés sur Cabernet sauvignon et 749 individus ont été signalés sur Syrah. Cette disponibilité a mis en évidence la complexité de distribution des espèces en fonction des stades végétatifs. Du point de vue numérique, les phases phénologiques des différentes variétés étudiées recrutent une disponibilité entomocénologique significativement contrastée. Ainsi, sur Cabernet sauvignon, les stades phénologiques bourgeons floraux séparés, floraison, fermeture de la grappe et récolte ont affiché les fortes disponibilités avec des taux respectifs de 15,65%, 12,46, 12,19% et 15,39%. Par ailleurs, sur Syrah, les stades floraison, fin nouaison et récolte ont enregistré les taux d'abondance les plus importants avec des valeurs respectives 17,89%, 19,89% et 31,24%.

L'étude de la constance des ravageurs de la vigne a révélé des familles constantes, accessoires, accidentelles et très accidentelles au niveau des différentes parcelles du site d'étude. Tout comme la constance des ravageurs, l'étude de la constance des prédateurs et parasitoïdes a révélé pour les parcelles d'étude, des familles constantes, accessoires, accidentelles et très accidentelles.

Les différents indices utilisés (Shannon et équitabilité) ont révélé une diversité peu stable dans nos parcelles de Cabernet sauvignon et de Syrah, ce qui a pour origine un fort recrutement d'auxiliaires ou une communauté auxiliaire perturbée (peut-être par diverses actions des changements globaux).

## *Conclusion générale et perspectives*

---

Le statut trophique réalisé sur les abondances temporelles des taxons nuisibles et bénéfiques répertoriés le long d'expression végétative des cépages a révélé la présence de 20 familles (13 familles de consommateurs primaires et 7 familles de consommateurs secondaires). Sur le cépage Cabernet sauvignon, et durant les stades feuille étalée (FE\_C) et bourgeons floraux (BF\_C), les consommateurs primaires majoritairement disponibles se distinguent par (*Tettigoniidae*, *Scarabaeidae*, *Pamphagidae*, *Lygaeidae*, *Chrysomelidae* et *Thripidae*) et dans une moindre mesure les consommateurs secondaires sont représentés par (*Vespidae*, *Trombidiidae*, *Coccinellidae*, *Chrysopidae* et *Cecidomyiidae*). Aussi, sur l'ensemble des indices phénologiques (bourgeons floraux séparés, floraison, Nouaison, fermeture de la grappe, maturation et récolte), pareillement sur le cépage Syrah comme sur le cépage Cabernet sauvignon. Ils rassemblent principalement des *Tetranychidae*, des *Aphididae*, des *Coccidae*, des *Aleyrodidae*, des *Cicadellidae*, des *Phylloxeridae*, des *Pseudococcidae*, des *Tydeidae* et des *Phytoseiidae*.

L'analyse globale saisonnière des communautés a fait ressortir plusieurs assemblages en rapport avec l'indice phénologique de la vigne. Concernant le cépage Cabernet sauvignon l'assemblage des stades végétatifs FET et BFL fait ressortir la dominance des consommateurs secondaires avec un taux de 61,76%, alors que les consommateurs primaires affichent un taux de l'ordre de 20,58%, quant aux consommateurs tertiaires, ils sont ajustés à 11,77%. De même, l'assemblage des stades végétatifs BFL et FL chez le cépage Syrah, fait ressortir la dominance des consommateurs secondaires avec un taux de 57,89%, tandis que les consommateurs primaires affichent un taux de l'ordre de 33,33%. Quant aux consommateurs tertiaires, ils sont ajustés à 5,55%. Concernant le stade végétatif FL, la structure spécifique de Cabernet sauvignon renseigne l'augmentation du taux des consommateurs primaires (35,71%) et la réduction des taux des consommateurs secondaires et tertiaires (57,14% et 7,14%) par comparaison aux stades FET et BFL. Les stades végétatifs couvrant la Nouaison (NO) jusqu'à la récolte (REC), renferment une activité d'auxiliaire ajustée à 84% (CII et CIII) conditionnant ainsi l'activité déprédatrice évoluant à hauteur de 16% (CI). Cette dernière maintient sa suprématie en termes d'individus par comparaison aux auxiliaires. Concernant les stades végétatifs NO et FGR, la structure spécifique du cépage Syrah renseigne l'augmentation du taux des consommateurs secondaires et primaires (67,18%, 23,43%) et l'apparition des consommateurs tertiaires avec un taux de 9,37%. Les stades végétatifs couvrant le stade Maturation (MAT) et le stade Récolte (REC) renferment une activité d'auxiliaire ajustée à 88,88% (CII).

Au sein des différentes communautés trophiques, l'ordre d'arrivée des espèces semble différent ce qui peut être attribué à une arrivée des assemblages trophiques en cascade en relation avec différents facteurs environnementaux, notamment des facteurs liés à la disponibilité des proies ravageurs et aux compétitions interspécifiques des guildes des taxons bénéfiques.

## *Conclusion générale et perspectives*

---

Ces résultats ont permis d'avoir une idée plus précise des espèces auxiliaires présentes dans les vergers de vignoble en Mitidja occidentale et de l'évolution de leurs effectifs au cours de l'année. Il serait judicieux d'augmenter au moins quantitativement ces auxiliaires (par exemple par la création de lieux de refuge) afin de programmer une lutte biologique ou une lutte raisonnée plus performante. Cette étude a fait ressortir en parallèle que les traitements chimiques utilisés dans les vergers de vignobles pourraient avoir des conséquences sur les populations d'insectes.

Ce travail peut constituer une étape vers une approche prédictive de l'impact du développement physiologique de la plante hôte sur la structure des communautés et le fonctionnement de l'écosystème qui pourra se révéler d'une grande utilité dans l'optique de la gestion du vignoble en mode de biologie de conservation. D'une part, l'approche fonctionnelle peut aboutir à la construction d'indices simples, basés sur les traits des espèces dominantes permettant d'évaluer la nature et l'intensité des processus écosystémiques qui influencent les services rendus par les écosystèmes sur le plan environnemental et agronomique. D'autre part, l'établissement de règles associant les traits des espèces aux conditions environnementales peut permettre de prévoir localement la réponse des communautés à une modification du mode de gestion. Cela peut permettre de choisir parmi différents scénarios de gestion envisagés.

Enfin, ce travail montre que comprendre et prédire l'impact de l'indice phénologique sur la structure et le fonctionnement écosystémique d'une culture nécessite de tenir compte de l'hétérogénéité qu'il génère. Cette hétérogénéité est notamment un déterminant important de l'impact des herbivores sur la richesse et la diversité floristiques de la parcelle en raison des variations spatiales de la composition floristique et des abondances des espèces qu'elle entraîne.

**La deuxième partie de ces travaux de thèse visait l'évaluation de l'incidence de différentes conduites culturales sur la composition et l'activité bioinsecticide de *Rosmarinus officinalis*. L'étude des paramètres démographie du *Jacobiasca lybica* par le recours à sa table de vie vise à isoler les paramètres qui sont à l'origine des fluctuations numériques et mettre en évidence les points de faiblesse du cycle biologique dans un but de gérer rationnellement les méthodes de lutte.**

Les inconvénients des pesticides de synthèse ont incité les chercheurs à étudier d'autres moyens de lutte respectueux de l'environnement, en l'occurrence les pesticides d'origine botanique. La mise en œuvre de méthodes de lutte biologique et biotechnologique, est beaucoup plus exigeante que la lutte chimique. A priori, l'exploitation des biocides inertes nécessite des connaissances de base relatives d'une part, à la toxicité du principe actif et sa rémanence dans l'environnement et d'autre

## Conclusion générale et perspectives

---

part, à la dynamique des populations des ravageurs. Au plan conceptuel, la formulation de nouveaux bioinsecticides à base d'huiles essentielles, vise à perturber certaines fonctions biochimiques, impact négativement la survie et limitent considérablement la reprise du potentiel biotique de l'insecte cible. Cette exploitation du potentiel chimique des de l'espèce botanique sélectionnée passe par la sélection des composés spécifiques qui correspondent à des molécules à forte valeur ajoutée, mais présents en faible quantité. De nouveaux procédés d'expression de ces métabolites secondaires doivent donc être utilisés de façon à obtenir ces constituants dans une fraction de concentration maximale, et dans un état chimique le plus proche possible de leur structure native. De copieux travaux, ont signalé l'influence des conditions environnementales sur l'activation des voies d'anabolisme et du catabolisme des végétaux. De nombreuses voies métaboliques ont été induites par le métabolisme secondaire générant une complexité élevée, qui a révélé un grand nombre de composés des huiles essentielles. Les études suggèrent que les différences dans la composition volatile sont liées à différents facteurs y-compris l'âge de la plante, le stade de développement et l'origine géographique, ainsi qu'aux facteurs climatiques et génotypiques ainsi que les conduites culturales.

Dans le cadre de cette étude, nous avons décrit la composition chimique des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* issues de différents régimes de stress. Le premier rapport sur la production et la composition chimique des huiles essentielles montre une différence quantitative en termes de rendement et une variabilité chimique considérable exprimant l'effet de la conduite culturale sur la synthèse des huiles essentielles en conditions de stress salin et hydrique. Les résultats d'analyse font ressortir une richesse en composés au profit de l'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau courante (14 molécules), par rapport à l'huile essentielle du Romarin non irriguée (11 molécules) et à l'huile essentielle du Romarin irrigué à l'eau saline (10 molécules). L' $\alpha$ -pinene, l'Eucalyptol (1,8 cineol), le Comphene, le Borneol, le D<sub>l</sub>-verbenone et le Bornyl acetate étant des molécules communes enregistrées chez les différentes huiles essentielles. Cependant, l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* non irrigué s'individualise par le groupe des Hydrocarbures, alors que l'huile essentielle de la conduite irriguée à l'eau courante se distingue par les Esters. L'huile essentielle issue de la conduite irriguée à l'eau saline se différencie par les Sesquiterpènes hydrocarbonés.

L'activité insecticide des huiles essentielles formulées a été évaluée par rapport aux populations résiduelles d'une part et par rapport aux paramètres démographiques de *Jacobiasca lybica* d'autre part. Les analyses biologiques ont révélé que les bioproduits formulés à base d'huiles essentielles de *R. officinalis* issues de la conduite irriguée à l'eau courante (IRR) et à l'eau saline (IRS) montrent clairement une toxicité avérée et une très fortes perturbation de la structure populationnelle de *Jacobiasca lybica*, par rapport au bioproduit issu de la conduite non irriguée (NIR) qui exerce une faible toxicité.

## *Conclusion générale et perspectives*

---

Les résultats obtenus nous ont montré que le mode cultural, accélérât la cinétique d'hydrodistillation et que les extraits étaient qualitativement plus riches en composants. Dans tous les cas, l'extrait final « huile essentielle » est favorable aux formulations ultérieures.

Les mélanges d'huiles essentielles peuvent être appréhendés pour réaliser des tests insecticides et antifongiques. Cependant, il faut considérer ces tests comme un screening exploratoire permettant de sélectionner les échantillons présentant une activité parmi les proposés. Par la suite, les mélanges « actifs » pourront être affinés pour amplifier leur activité initiale, à travers des tests de formulation basés sur les propriétés physico-chimiques spécifiques à chaque mélange. Cette démarche fait partie des perspectives futures de cette thèse. Rappelons qu'aujourd'hui l'intérêt d'un certain nombre de PME et coopératives passe par des besoins en diversification des domaines chimiques et agrochimiques.

Les huiles essentielles formulées permettront de lutter contre les ennemis des plantes cultivées, cette démarche liée à des moyens alternatifs (lâché des auxiliaires), permettra de proposer des produits aux consommateurs de plus en plus soucieux de leur santé et de l'environnement.

## Références bibliographiques

- 1 **ELMAGHLI K.A., 2017-** Etude des différentes tailles viticole sur les paramètres physiologiques de la variété Sultanine dans des conditions arides (Coopérative agricole: Tamanrasset. Mémoire de master. Mostaganem Algérie. Pp.70
- 2 **ARESKI L., 2016-** Etiologie et épidémiologie de la maladie de l'enroulement foliaire de la vigne en Algérie. Thèse de doctorat. El-Harrach, Alger. Pp.75
- 3 **RAMADE F., 2005-** Éléments d'Écologie–Écologie appliquée, 6eme édition, DUNOD, Paris. Pp.864
- 4 **WORRALL F. and BESIEN T., 2005-** The vulnerability of groundwater to pesticide contamination estimated directly from observations of presence or absence in wells. *Journal of Hydrology*, 303, 92-107.
- 5 **WOODWELL G.M., 1967-** Toxic substances and ecological cycles. *Scientific American*, 216 (3): 24-31.
- 6 **METCALF R.L., 1980-** Changing role of insecticides in crop protection. *Annual review of entomology*, 25: 219-256.
- 7 **LUMSDEN R.D. and VAUGHN J.L., 1993-** Pest Management: Biologically Based Technologies: Proceedings of the Beltsville Symposium XVIII, *Agricultural Research Service*, US Department of Agriculture, Beltsville, Maryland, May 2-6, In Conference proceedings series. American Chemical Society.
- 8 **PRICE P.W., BOUTON C.E., GROSS P., MCPHERON B.A., THOMPSON J.N. and WEIS A.E., 1980-** Interactions among 3 trophic levels - influence of plants on interactions between insects herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11:41-65.
- 9 **PRICE P.W., BOUTON C.E., GROSS P., MCPHERON B.A., THOMPSON J.N. and WEIS A.E., 1980-** Interactions among 3 trophic levels - influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11:41-65.
- 10 **BOUNACEUR F., BISSAAD F.Z. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2018-** Etude de la Biocénose Viticole du Nord Algérien. *Journal Scientifique Libanais*, 19(2): 150-176.
- 11 **BOUNACEUR F., AMEURLAIN S., GUENDOZ-BENRIMA A. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2006-** Présence et Dynamique des populations de la Cicadelle verte sur cépages de cuves nouvellement introduits en Algérie ». *9ème Congrès Arabe pour la Protection des Végétaux*. Damas du 18 au 23 Novembre 2006.
- 12 **BOUNACEUR F., BISSAAD F., VAN HELDEN M., GUENDOZ-BENRIMA A. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2007-** Contribution to the Knoweldge of the mites entomofauna in Mitidja vineyards in Algeria. *4th Africain Acarology Symposium*.

## Références bibliographiques

---

Hammamet 22 to 27 Octobre 2007.

- 13 **BOUNACEUR F., 2008-** A Preliminary account of the green leafhopper *Jacobiasca lybica* in the Northern Vineyards of Algeria. *XX International Congress of Zoology*. University Pierre and Marie Curie. Paris, 26-29 August 2008.
- 14 **BOUNACEUR F., GUITTOUN S., DAHANE F., GUENDOOUZ-BENRIMA A., ALLAL-BENFEKIH L., DJEMAI A., BISSAAD F. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2009-** Biogéographie et diversité des acariens inféodés à la vigne dans quelques stations viticoles du nord Algérien. *XIX èmes Journées Nationales de Biologie de la SSNT «Biologie & Changements climatiques »*. 5-t 8 novembre 2009. Impérial Park, Hammamet, Tunisie.
- 15 **GUENDEZ K.R, SETBEL S, MORSLI S. et DOUMANDJI-MITICHE B., 2016-** Impact of *Jacobiasca lybica* s'attacks on the physiology of the vine leaf. *Advances in Environmental Biology*.10: 133-143.
- 16 **GALET P., 1991-** Précis d'ampélographie pratique, Montpellier - France. Pp.256.
- 17 **VALDES G.H., 2007-** Relations entre états de croissance de la vigne et maladies cryptogamiques sous différentes modalités d'entretien du sol en région méditerranéenne. Thèse Montpellier. France. Pp.93.
- 18 **FOCUS O.I.V., 2017-** Distribution variétale du vignoble dans le monde ISBN: 979-10-91799-89-8 OIV - International organization of vine and wine 18 rue d'Aguesseau F-75008 Paris, France. Pp.53.
- 19 **I.N.R.A., 2000-** Botanique de la vigne: position taxonomique, présentation de la biodiversité des Vitacées et de *Vitis vinifera*, Ed INRA. INRA Montpellier.
- 20 **GALET P., 2000a-** Dictionnaire Encyclopédique des cépages. Pp.762.
- 21 **CHAMPAGNOL F., 1984-** Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale. Pp.351.
- 22 **REYNIER A., 2016-** Guide technique de viticulteur, 12ème édition. Pp. 608.
- 23 **LAVEE S. and MAY P., 1997-** Dormancy of grapevine buds - facts and speculation. *Australian journal of grape and wine research*, 3(1): 31-46.
- 24 **RIVES M., 2000a-** Vigour, pruning, cropping in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Agronomie*, 20: 79-91.
- 25 **PEARCE I. and COOMBE B.G., 2005-** Chapter 7 - Grapevine Phenology. *In Viticulture - Volume 1: Resources*, Eds P R Dry and B G Coombe. Winetitles, Ashford - Australia. Pp. 150-166.
- 26 **WILLIAMS D.W., ANDRIS H.L., BEEDE R.H., LUVISI D.A., NORTON M.V.K. and WILLIAMS L.E., 1985-** Validation of a model for the growth and development of the Thompson Seedless grapevine. II. Phenology. *American Journal of Enology and Viticulture*, 36(4): 283-289.

## Références bibliographiques

---

- 27 **TESIC D., 2001-** Environmental effects on Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) when grown in different sub-regions within Hawke's Bay (New Zealand). PhD thesis, Massey University, Palmerson north, New Zealand, Pp.290.
- 28 **CARBONNEAU A. and OLLAT N., 1991-** The instability of late leaf hydration at the initiation of transpiration under drought conditions. The example of *Vitis vinifera* L. cv. Semillon. *Journal international des Sciences de la Vigne et du Vin*, 25(3): 75-83.
- 29 **OLLAT N., DIAKOU-VERDIN P., CARDE J.P., BARRIEU F., GAUDILLERE J.P. and MOING A., 2002-** Grape berry development. *Journal international des Sciences de la Vigne et du Vin*, 36(3): 109-131.
- 30 **KAPS M.L. and CAHOON G.A., 1992-** Growth and fruiting of container-grown Seyval blanc grapevines modified by changes in crop level, leaf number and position, and light exposure. *American Journal of Enology and Viticulture*, 43(2): 191-199
- 31 **HALE C.R. and BUTTROSE M.S., 1974-** Effect of temperature on ontogeny of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 99(5): 390- 394.
- 32 **SMART R.E. and SINCLAIR T.R., 1976-** Solar heating of grape berries and other spherical fruits. *Agricultural Meteorology*, 17(4): 241-259.
- 33 **OJEDA H., DELOIRE A. and CARBONNEAU A., 2001-** Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, 40(3): 141-145.
- 34 **COOMBE B.G. and MCCARTHY M.G., 1997-** Identification and naming of the inception of aroma development in ripening grape berries. *Australian journal of grape and wine research*, 3(1): 18-20.
- 35 **SMART R.E., DICK J.K., GRAVETT I.M. and FISHER B.M., 1990-** Canopy management to improve grape yield and wine quality Principles and practices. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 11(1): 3-17.
- 36 **EICHHORN K.W. and LORENZ D.H., 1977.** Phenological development stages of the grape vine. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzen schutz dienstes*: 29(8): 119-120.
- 37 **BAILLOD M. and BAGGIOLINI M., 1993-** Reference stages in grapevine. *Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture*: 25(1): 7-9.
- 38 **COOMBE B.G., 1995-** Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian journal of grape and wine research*, 1: 104-110.
- 39 **LORENZ D.H., EICHHORN K.W., BLEIHOLDER H., KLOSE R., MEIER U. and WEBER E., 1995-** Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. spp. *vinifera*)- codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian journal of grape and wine research*, 1(2): 100-103.
- 40 **HOPPMANN D. and BERKELMANN-LOEHNERTZ B., 2000-** Prognosis of phenological stages of *Vitis vinifera* (cv. Riesling) for optimizing pest management.

## Références bibliographiques

---

- Bulletin OEPP*, 30(1): 121-126.
- 41 **Delas J., 2000-** La fertilisation de la vigne. Editions Feret, Paris - France. Pp.159
- 42 **MATTHEWS M.A., ANDERSON M.M. and SCHULTZ H.R., 1987b-** Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet franc. *Vitis*, 26: 147-160.
- 43 **Smart R.E. and Coombe B.G., 1983-** Water relations of grapevines. In *Water deficits and plant growth. Volume VII. Additional woody crop plants*. Pp. 138-196.
- 44 **Martin S.R. and Dunn G.M., 2000-** Effect of pruning time and hydrogen cyanamide on budburst and subsequent phenology of *Vitis vinifera* L. variety Cabernet Sauvignon in central Victoria. *Australian journal of grape and wine research*, 6(1): 31-39.
- 45 **GALET P., 2000b-** Précis de viticulture, Montpellier - France. Pp.602
- 46 **FREEMAN B.M., TASSIE E. and REBBECCHI M. D., 1998-** Chapter Three- Training and trellising. In *Viticulture - Practices*, Eds B G Coombe and P.R. Dry. Winetitles, Adelaide, Australia. Pp.42-65.
- 47 **GADOURY D.M., SEEM R.C., PEARSON R.C., WILCOX W.F. and DUNST R.M., 2001-** Effects of powdery mildew on vine growth, yield, and quality of Concord grapes. *Plant Disease*, 85(2): 137-140.
- 48 **PELLEGRINO A., LEBON E., VOLTZ M. and WERY J., 2004-** Relationships between plant and soil water status in vine (*Vitis vinifera* L.). *Plant and Soil*, 266(1-2): 129-142.
- 49 **MORLAT R. and BODIN F., 2006-** Characterization of Viticultural Terroirs using a Simple Field Model Based on Soil Depth - II. Validation of the Grape Yield and Berry Quality in the Anjou Vineyard (France). *Plant and Soil*, 281(1 - 2): 55-69.
- 50 **JARVIS W.R., GUBLER W.D. and GROVE G.G., 2002-** Epidemiology of powdery mildews in agricultural pathosystems. In *The powdery mildews: a comprehensive treatise*. 169-199.
- 51 **MAROIS J.J., NELSON J.K., MORRISON J.C., LILE L.S. and BLEDSOE A.M., 1986-** The Influence of Berry Contact within Grape Clusters on the Development of *Botrytis cinerea* and *Epicuticular Wax*. *Am. J. Enol. Vitic.*, 37(4): 293-296.
- 52 **Vail M.E. and Marois J.J., 1991-** Grape cluster architecture and the susceptibility of berries to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 81(2): 188-191.
- 53 **FERMAUD M., PIERI P. and LIMINANA J.M., 2001a-** *Botrytis* and micro-climates: propagation of *Botrytis cinerea* in grapes in controlled climatic conditions. *Phytoma*, 543: 40-43.
- 54 **MAROIS J.J., NELSON J.K., MORRISON J.C., LILE L.S. and BLEDSOE A.M., 1986-** The Influence of Berry Contact within Grape Clusters on the Development of *Botrytis cinerea* and *Epicuticular Wax*. *Am. J. Enol. Vitic.*, 37(4): 293-296.

## Références bibliographiques

---

- 55 **DUMAY O., TARI P.S., TOMASINI J.A. and MOUILLOT D. 2004-** Functional groups of lagoon fish species in Languedoc Roussillon, southern France. *Journal of Fish Biology*, 64(4): 970–983. <http://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2004.00365.x>
- 56 **DÍAZ S., LAVOREL S., BELLO F., QUÉTIER F., GRIGULIS K. and ROBSON T.M., 2007-** Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(52): 20684–20689
- 57 **CARPENTER S.R., DEFRIES R., DIETZ T., MOONEY H.A., POLASKY S., REID W.V. and SCHOLES R.J., 2005-** Millennium Ecosystem Assessment. *American Association for the Advancement of Science*. <http://hdl.handle.net/10204/822>
- 58 **WALLACE K.J., WAGNER C. and SMITH M.J., 2016-** Eliciting human values for conservation planning and decisions: A global issue. *Journal of Environmental Management*, 170: 160–168. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.036>
- 59 **Hutchinson G.E., 1959-** Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals?. *The American Naturalist*, 93: 245-249
- 60 **BEGON M., HARPER J.L. and TOWNSEND C.R., 1996-** Individuals, Populations and Communities. Blackwell Scientific Publications, *Ecology*, London, U.K.
- 61 **SCHOENER T.W., 1986-** Resource partitioning. In: (Kikkawa J and Anderson, D. J. Eds), *Community Ecology: Pattern and Process*. Blackwell Scientific, Melbourne. 91-126
- 62 **SILVERTOWN J., 2004-** Plant coexistence and the niche. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(11): 605-611.
- 63 **CAVENDER-BARES J.M., KOZAK K.H., FINE P.V.A. and KEMBEL S.W., 2009-** The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters*, 12: 693-715.
- 64 **CHASE J.M. and MYERS J.A., 2011-** Disentangling the importance of ecological niches from stochastic processes across scales. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 366: 2351-2363.
- 65 **HUBBELL S.P., 2001-** The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. Princeton Monographs in Population biology, Princeton University Press. Princeton, NJ. 375 p.
- 66 **Wright S.J., 2002-** Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia*, 130: 1-14.
- 67 **CAVENDER-BARES J.M., KOZAK K.H., FINE P.V.A. and KEMBEL S.W., 2009-** The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters*, 12: 693-715.
- 68 **LEIBOLD M.A., ECONOMO E.P. and PERES-NETO P., 2010-** Metacommunity phylogenetics: separating the roles of environmental filters and historical biogeography.

## Références bibliographiques

---

- Ecology Letters*, 13(10): 1290-1299.
- 69 **SPEIGHT M.R., 2008-** Ecology of Insects: Concepts and applications. Wiley-Blackwell Edition, oxford, UK: 602 p.
- 70 **GAUSE G.F., 1935-** Vérifications expérimentales de la théorie mathématique de la lutte pour la vie. Hermann et Cie, éditeurs, Paris, France.
- 71 **LEWINSOHN T.M. and ROSLIN T., 2008-** Four ways towards tropical herbivore mega diversity. *Ecology Letters*, 11: 398-416.
- 72 **NOVOTNY V. and BASSET Y., 2005-** Host specificity of insect herbivores in tropical forests. *Proceedings of the Royal Society, London, Biological Sciences*, 272: 1083-1090.
- 73 **RODRIGUEZ-CASTAÑEDA G., DYER L.A., BREHM G., CONNAHS H., FORKNER R.E. and WALLA T.R., 2010-** Tropical forests are not flat: how mountains affect herbivore diversity. *Ecology Letters*, 13: 1348-1357.
- 74 **DYER L.A., SINGER M.S., LILL J.T., STIREMAN J.O., GENTRY G.L., MARQUIS R.J., RICKLEFS R.E., GREENEY H.F., WAGNER D.L., MORAIS H.C., DINIZ I.R., KURSAR T.A. and COLEY P.D., 2007-** Host specificity of Lepidoptera in tropical and temperate forests. *Nature*, 448: 696- 699.
- 75 **ODEGAARD F., 2006-** Host specificity, alpha- and beta-diversity of phytophagous beetles in two tropical forests in Panama. *Biodiversity and Conservation*, 15: 83-105.
- 76 **BECK J. and KITCHING I.J., 2007-** Estimating regional species richness of tropical insects from museum data: a comparison of a geography-based and sample-based method. *Journal of Applied Ecology*, 44: 672-681.
- 77 **NOVOTNY V., MILLER S.E., HULCR J., DREW R.A.I., BASSET Y., JANDA M., SETLIFF G.P., DARROW K., STEWART A.J.A., AUGA J., ISUA B., MOLEM K., MANUMBOR M., TAMTIAI E., MOGIA M. and WEIBLEN G.D., 2007-** Low beta diversity of herbivorous insects in tropical forests. *Nature*, 448: 692-698.
- 78 **NOVOTNY V., BASSET Y., MILLER S.E., WEIBLEN G.D., BREMER B., CIZEK L. and DROZD P., 2002-** Low host specificity of herbivorous insects in a tropical forest. *Nature*, 416: 841-844.
- 79 **CONDIT R., PITMAN N., LEIGH E.G., CHAVE J., TERBORGH J., FOSTER R.B., NUNEZ P., AGUILAR S., VALENCIA R., VILLA G., MULLER LANDAU H.C., LOSOS E. and HUBBELL S.P., 2002-** Et adiversity in tropical forest trees. *Science*, 295: 666-669.
- 80 **WAGNER H.H., WILDI O., EWALD K.C. 2000-** Additive partitioning of plant species diversity in an agricultural mosaic landscape. *Landscape Ecology*, 15: 219-227.
- 81 **WILLIS K.J. and WHITTAKER R.J., 2002-** Species diversity-Scale matters. *Science*, 295: 1245-1246.

## Références bibliographiques

---

- 82 **TSCHARNTKE T., KLEIN A.M., KRUESS A., STEFFAN-DEWENTER I., and THIES C., 2005-** Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8): 857-874.
- 83 **TSCHARNTKE T., RAND T.A. and BIANCHI F., 2005-** The landscape context of trophic interactions: insect spillover across the crop-noncrop interface. *Annales Zoologici Fennici*, 42(4): 421-432.
- 84 **BELYEA L.R. and LANCASTER J., 1999-** Assembly rules within a contingent ecology. *Oikos*, 86: 402-416.
- 85 **LEPŠ J., 2005-** Diversity and ecosystem function. In *Vegetation Ecology*, (van der Maarel E., ed.), Blackwell Publishing, Malden: 199-237.
- 86 **GRIME J.P., 2001-** Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties, 2nd Edition ed., John Wiley & Sons, Chichester, 456 p.
- 87 **WESTOBY M., FALSTER D.S., MOLES A.T., VESK P.A. and WRIGHT I.J., 2002-** Plant ecological strategies: Some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33: 125-159.
- 88 **WEIHER E. and KEDDY P., 1999-** Ecological assembly rules. Perspectives, advances, retreats, Cambridge University Press, Cambridge, 418 p.
- 89 **WOODWARD F.I. and DIAMENT A.D., 1991-** Functional approaches to predicting the ecological effects of global change. *Functional Ecology*, 5: 202-212.
- 90 **KEDDY P., 1992-** Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science*, 3: 157-164.
- 91 **BIANCHI F., BOOIJ C.J.H. and TSCHARNTKE T., 2006-** Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 273(1595): 1715-1727.
- 92 **VOLKL W. and STECHMANN D.H., 1998-** Parasitism of the black bean aphid (*Aphis fabae*) by *Lysiphlebus fabarum* (Hym., Aphidiidae): the influence of host plant and habitat. *Journal of Applied Entomology*, 122(5): 201-206.
- 93 **SHREWSBURY P.M. and RAUPP M.J., 2006-** Do top-down or bottom-up forces determine *Stephanitis pyrioides* abundance in urban landscapes? *Ecological Applications*, 16(1): 262-272.
- 94 **MCGEOCH M.A., 1998-** The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 73(2): 181-201.
- 98 **WALDHARDT R., 2003.** Biodiversity and landscape - summary, conclusions and perspectives. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98(1/3): 305-309.

## Références bibliographiques

---

- 99 **LEVREL H., 2007-** Quels indicateurs pour la gestion de la biodiversité ? Cahier de l'IFB (Weber J., ed.), 1, Institut français de la biodiversité, Paris, Pp.99
- 100 **MORENO C.E., SANCHEZ-ROJAS G., PINEDA E. and ESCOBAR F., 2007-** Shortcuts for biodiversity evaluation: a review of terminology and recommendations for the use of target groups, bioindicators and surrogates. *International Journal of Environment and Health* 1(1): 71-86.
- 101 **FLEISHMAN E., THOMSON J.R., MAC-NALLY R., MURPHY D.D. and FAY J.P., 2005-** Using indicator species to predict species richness of multiple taxonomic groups. *Conservation Biology* 19(4): 1125-1137
- 102 **MAC-NALLY R., ELLIS M. and BARRETT G., 2004-** Avian biodiversity monitoring in Australian rangelands. *Austral Ecology*, 29(1): 93-99.
- 103 **PEARSON D.L. and CASSOLA F., 1992-** World-wide species richness patterns of tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae): indicator taxon for biodiversity and conservation studies. *Conservation Biology*, 6(3): 376-391.
- 104 **BÜCHS W., 2003-** Biotic indicators for biodiversity and sustainable agriculture-- introduction and background. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1-3): 1-16.
- 105 **BALMFORD A., CRANE P., DOBSON A., GREEN R.E. and MACE G.M., 2005-** The challenge: Data availability, information needs and extraterrestrial insights. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 360(1454): 221-228.
- 106 **BUCKLAND S.T., MAGURRAN A.E., GREEN R.E. and FEWSTER R.M., 2005-** Monitoring change in biodiversity through composite indices. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 360(1454): 243-254.
- 107 **CLERGUE B., AMIAUD B., PERVANÇHON F., Lasserre-JOULIN F. and PLANTUREUX S., 2005-** Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 25: 1-15.
- 108 **EEA., 2002-** An inventory of biodiversity indicators in Europe, 2002, Technical report, n°92: 2 p.  
[http://reports.eea.europa.eu/technical\\_report\\_2004\\_92/en/Technical92\\_for\\_web.pdf](http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2004_92/en/Technical92_for_web.pdf)
- 109 **MUTIN G., 1977-** La Mitidja, décolonisation et espace géographique. Office des publications universitaires-CNRS, Alger-Paris. Pp.607
- 110 **BOUNACEUR F., 2010-** Dynamique spatio-temporelle et dégâts de *Lobesia botrana* (denis et shiffermuller, 1776) (Lepidoptera: Tortricidae) *Jassidae* et *Planococcus ficus* (Signoret, 1875) (Homoptera : Pseudococcidae) dans les vignobles de la Mitidja. Thèse de doctorat, ENSA, Algérie.
- 111 **LOUCIF et BONAFONTE, 1977-** Observation des populations du pou de San Jose *Quadraspidiotus perniciosus* Comst. (Hom., Diaspididae) dans la plaine de la Mitidja (Algerie) d'octobre 1975 à mai 1976. *Fruits*, 32(4):253-261

## Références bibliographiques

---

- 112 **IMACHE A., CHABACA M.N., MERABET B., HARTANI T., BOUARFA S., PALAGOS B., KUPER M., LEGOULVEN P. and LE GRUSSE P., 2006-** Demandes en eau des exploitations agricoles du périmètre irrigué de la Mitidja ouest (Algérie). Actes du séminaire Sirma, Marrakech (Maroc), mai 2006.
- 113 **AROUN M.E.F., 2015-** Le complexe aphides et ennemis naturels en milieux cultivés et forestier en Algérie. Thèse de doctorat. ENSA, Alger, Algérie. Pp.158
- 114 **RAMADE F., 1984-** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale, Mac-Graw-Hill, Paris, Pp.397
- 115 **ALLAL-BENFEKIH L., 2006-** Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse de doctorat. ENSA Alger Algérie. Pp. 280
- 116 **Djellouli, 1990-** Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Thèse Doctorat en Sciences, Université des sciences et technique Houari Boumediene Alger. Pp. 210
- 117 **Keïta et al, 2000** Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of stored products research* 36(4): 355-364
- 118 **VALDES G.H., 2007-** Relations entre états de croissance de la vigne et maladies cryptogamiques sous différentes modalités d'entretien du sol en région méditerranéenne. Thèse de Doctorat. Ecole de Montpellier SUPAGRO, Montpellier. France.
- 119 **VAN-WAGNER C.E., 1982-** Practical aspects of the line intersect method. Canadian Forestry Service, Maritimes Forest Research Centre, Fredericton, New Brunswick. Information Report PI-X-12E. Pp.11
- 120 **WADDELL K.L., 2002-** Sampling coarse woody debris for multiple attributes in extensive resource inventories. *Ecological indicators*, 1: 139–153.
- 121 **WOLDENDORP G., KEENAN R.J., BARRY S. and SPENCER R.D., 2004-** Analysis of sampling methods for coarse woody debris. *Forest Ecology and Management*, 198: 133–148.
- 122 **BASTIDE A., 1989-** Méthodologie d'échantillonnage sur terrain sur terrain. Masson edition, Paris.
- 123 **ROUVINEN S. and KUULUVAINEN T., 2001-** Amount and spatial distribution of standing and downed dead trees in two areas of different fire history in a boreal Scots pine forest. *Eco. Bulletins*, 49: 115-127.
- 124 **MICHAEL F., HAMMER, AUGUST E., WOERNER, FERNANDO L., MENDEZ, JOSEPH C., WATKINS, JEFFREY D. and WALL, 2011-** Genetic evidence for archaic admixture in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS*, 108(37): 15123-15128.

## Références bibliographiques

---

- 125 COLWELL R.K., CHAO A., GOTELLI N.J., LIN S.Y., MAO C.X., CHAZDON R.L. and LONGINO J.T., 2012- Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Power Electronics*, 5: 3–21.
- 126 DAJOZ R., 1971- Précis d'écologie. Dunod edition, Paris. Publications de la Société Linnéenne de Lyon, 43-6. Pp. 180-181
- 127 DAJOZ R., 1985- Précis d'écologie. Dunod edition, Paris. Publications de la Société Linnéenne de Lyon, 54-6. Pp. 52
- 128 ROUX P. and SLIMANI T., 1992- Nouvelles données sur la répartition et l'écologie des reptiles du Maroc (la région de Marrakech : haouz et Jebilet). *Bulletin de l'Institut Scientifique* (Rabat), 16: 122-131.
- 129 BLONDEL J., 1979- Biogéographie et écologie. Masson édition, Paris. Pp.173
- 130 ALLAGUI M.B., ANDREOTTI V.C. et CUARTERO J., 1994- Détermination de critères de sélection pour la tolérance de la tomate à la salinité. À la germination et au stade plantule. *Ann. INRAT*, 67, 45-65.
- 131 JDIDI I., 2015- Etude phytochimique et activités biologiques des extraits et des huiles essentielles de *foeniculum vulgare* mill. Mémoire.Ing. INA de Tunis, Tunisie. Pp.67
- 132 ZOUARIA S.B., KETATAA M.C. et BOUDHRIOUAC N., 2013- *Allium roseum* L. volatile compounds profile and antioxidant activity for chemotype discrimination – Case study of the wild plant of Sfax. *Industrial Crops and Products journal*, 41:172-78
- 133 MOUMENE F., BENALI-TOUMI F., BEN ABDERRAHMAN M., BENYAMINA A., SELEM H. et DIF M., 2016- Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Allium vineale* et *Allium sativum* de l'Ouest Algérien. *Phytothérapie*, 14:170-175.
- 134 BABA-AISSA K., MOUSSAOUI K., BERAHAL S., VERDEGUER S., Mercedes, et DJAZOULI Z.E.2017- Effet biocide de l'huile essentielle formulée du bigaradier *Citrus aurantium* sur le puceron noir de la fève *Aphis fabae*. (*scopoli*, 1763). *Revue Agrobiologia*, 7(2): 512-522
- 135 MAGALI C., 2009- Lutte intégrée en serres florales et en verger de pomme. Revue éditée dans le cadre du Programme National Agriculture et Développement Durable.
- 136 CAREY J.R., 1982- Demography of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* koch. *Oecologia*, 52:389-395
- 137 Colwell R.K., 2005- Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species Attraction of bark beetles, *Tomicus piniperda*, *Hylurgops palliatus*, and *Trypodendron domesticum* and other insects to short-chain alcohols and monoterpenes. *Journal of Chemical Ecology*. 18: 2385-2402.
- 138 MARTIKAINENA P., SIITONENB J., PUNTTILAC P., KAILADL, and RAUHB

## Références bibliographiques

---

- J., 2000- Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Biological Conservation*. 94: 199-209.
- 138 HAMMER O., HARPER D. and RYAN P., 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis *Palaeontologia Electronica*. 4 (1): 9.
- 139 SPSS, Inc. 2016- SYSTAT 4.00 for windows, statistics and graphics
- 140 COLLINGE S.k. et LAUDA S.M., 1989- Influence of plant phenology of the insect herbivore/bitter cress interaction. *Oecologie*, 79(1), 111-116
- 141 MACLAUHLAN L.E. et BORDEN J.H., 1995- Discrimination between pine shoots with and without oviposition by *pissodes terminalis* hopping (coleoptera: curculionidae). *Cano. Entomol.*, 127: 267-269
- 142 HOUSE H.L, 1965- Insect nutrition ( the physiology of insecta). Vol. 1, Academic Press, New York, Pp 769-813.
- 143 FEENY P.P., WALLACE E.D.S. et MANSELL R., 1976- Plant apparency and chemical defense. In Biochemical interactions between plants and insects. recent adv. *Phytochem.*, 10: 1-40
- 144 LAWRENCE R.K., MATTSON W.J. et HAACK R.A., 1997- White spruce and the spruce budworm: defining the phenological window of susceptibility. *Cano Entomol.*, 129: 291-318
- 145 HUNTER A.F. et ELKINTON S., 2000- Effects of synchrony with host plant on population's offspring-feeding lepidoperan. *Ecology*, 81(5): 1248-1261
- 146 WEIHER E. et KEDDY P.A., 1999- Ecological assembly rules : perspectives, advances, retreats / edited by Evan Weiher and Paul Keddy. *The Auk.*, 117(2):537
- 147 LISA R., BELYEA, and LANCASTER J., 1999- Assembly Rules within a Contingent Ecology. *Oikos*, 86(3): 402-416
- 148 BELLO B., REICHERT H. and HIRTH F., 2006- The brain tumor gene negatively regulates neural progenitor cell proliferation in the larval central brain of *Drosophila*. *Development*, 133(14): 2639-2648.
- 149 GRIME J.P., 1973- Competitive Exclusion in Herbaceous Vegetation. *Nature*, 242: 344-347
- 150 GRIME, J.P., 1979- Plant Strategies and Vegetation Processes. *Book reviews Biological Conservation*, 107(2): 259-261
- 151 GRIME J.P., 1998- Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology*, 86: 902-910.
- 152 GRIME J.P., 2007- Plant strategy theories: a comment on craine. *Journal of Ecology*, 95: 227-230.

## Références bibliographiques

---

- 153 **NEWMAN E.I., 1973-** Competition and diversity in herbaceous vegetation. *Nature*, 244: 310-311
- 154 **TILMAN D., 1985-** The resource ratio hypothesis of succession. *Amer. Nat.*, 125: 827-852
- 155 **TILMAN D., 1997-** Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology*, 78: 81- 92.
- 156 **TILMAN D., KNOPS J., WEDIN D., REICH P., RITCHIE M. and SIEMANN E., 1997-** The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277: 1300-1302
- 157 **CONNELL J.H., 1978-** Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1309.
- 158 **PICKETT S.T.A., KOLOSA J., ARMESTO J.J. and COLLINS L., 1989-** The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos*, 54: 129-136.
- 159 **MOONEY H.A. and GODRON M., 1983-** Disturbance and ecosystems. Components of response. Springer-Verlag, Berlin. Pp. 292
- 160 **MCNAUGHTON S.J., 1993-** Biodiversity and function of grazing ecosystems. In: Biodiversity and ecosystem function. Ecological studies, Springer-Verlag, Heidelberg, 99: 361-384
- 161 **MOONEY H.A., CUSHMAN J., MEDINA E., SALA E.O. and SCHULZE E.D., 1996-** Functional roles of biodiversity: a global perspective. In: Functional roles of biodiversity: a global perspective. Wiley & Sons, SCOPE, Chichester, 493.
- 162 **SCHULZE E.D., F.A. BAZZAZ, K.J. NADELHOFFER, T. KOIKE & S. TAKATSUKI, 1996-** Biodiversity and ecosystem function of temperate deciduous broad-leaved forests. In: Functional roles of biodiversity: a global perspective. Wiley & Sons, Chichester, 71-98
- 163 **MARAGE D., 2006-** Déterminisme, dynamique et modélisation spatiale de la diversité floristique dans un contexte de déprise pastorale. Application à la gestion durable des espaces montagnards sous influence méditerranéenne. *Acta bot. Gallica*, 153: 257-264
- 164 **GUO Q. and BERRY W.L., 1998.-** Species richness and biomass: Dissection of the hump-shaped relationships. *Ecology*, 79: 2555-2559
- 165 **ROSENZWEIG M.L., 1995-** Species diversity in space and time. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 436
- 166 **WRIGHT I, REICH P, B WESTOBY M. 2004-** The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*. 428: 821–827.

## Références bibliographiques

---

- 167 **Violle C., 2007-** Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116: 882–892
- 168 **VIOLLE C., BRIAN J., BRIAN E., MCGILL J., JIANG L., CECILE H., CATHERINE A., HULSHOF V.J. and MESSIER J., 2012-** The return of the variance: intraspecific variability in community ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 27(4):244-252
- 169 **LAVOREL S. and GARNIER E., 2002-** Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16: 545–556.
- 170 **NICHOLLS C.I, PARRELLA M.P. and ALTIERI M.A., 2000-** Reducing the abundance of leafhoppers and Thrips in a northern California organic vineyard through maintenance of full season floral diversity with summer cover crops. *Agricultural and Forest Entomolog*, 2: 107–113
- 171 **GARNIER E., CORTEZ J., BILLES G., NAVAS M.L., ROUMET C., DEBUSSCHE M., LAURENT G., BLANCHARD A., AUBRY D., BELLMANN A., NEILL C. and TOUSSAINT J.P., 2004-** Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Journal of Ecology*, 85: 2630-2637.
- 172 **GOLODETS C., STERNBERG M. and KIGEL J., 2009-** A community-level test of the Leaf–Height–Seed ecology strategy scheme in relation to grazing conditions. *International Journal of Vegetable Science*. 20: 392–402
- 173 **ENGLISH-LOEB G., RHAINDS M., MARTINSON T. and UGINE T., 2003-** Influence of flowering cover crops on *Anagrus* parasitoids (Hymenoptera: Myrmaridae) and *Erythroneura* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) in New York vineyards. *Agricultural and Forest Entomology*, 5: 173–181.
- 174 **VAN DRIESCHE R., HODDLE M. and CENTER T., 2008-** Control of Pests and Weeds by Natural Enemies: An Introduction to Biological Control. Blackwell, Malden, MA, USA. 473 pp.
- 175 **GURR G.M., SCARRATT S.L., WRATTEN S.D., BERNDT L. and IRVIN N., 2004-** Ecological engineering, habitat manipulation and pest management. In: Gurr G.M, Wratten S.D, Altieri M.A. Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods. CSIRO Publishing, Collingwood. Victoria,10: 1–12.
- 176 **HEIMPEL G.E. and JERVIS M.A., 2005-** Does floral nectar improve biological control of parasitoids? In: Wäckers F.L, van Rijn P.C.J, Bruin J. Plant-Provided Food for Carnivorous Insects: A Protective Mutualism and Its Applications. Cambridge University Press, Cambridge.
- 177 **HOGG B.N., NELSON E.H., MILLS N.J. and DAANE K.M., 2011-** Floral resources enhance aphid suppression by a hoverfly. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 141: 138–144.
- 178 **IRVIN N.A., PINKARD T.R., PERRING T.M. and HODDLE M.S., 2014-** Evaluating the potential of buckwheat and cahaba vetch as nectar producing cover crops

## Références bibliographiques

---

- for enhancing biological control of *Homalodisca vitripennis* in California vineyards. *Biological control*, 76: 10–18.
- 179 **IRVIN N.A., SCARRATT S.L., WRATTEN S.D, FRAMPTON C.M., CHAPMAN R.B. and TYLIANAKIS J.M., 2006-** The effects of floral understoreys on parasitism of *leafrollers* (Tortricidae: Lepidoptera) on apples in New Zealand. *Agricultural and Forest Entomology*, 8: 25–34.
- 180 **IRVIN N.A. and HODDLE M.S., 2015-** The effect of buckwheat flowers and cahaba vetch extra floral nectaries on fitness of the vine mealybug parasitoid, *Anagyrus pseudococci* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Florida Entomologist*, 98: 237–242.
- 181 **NETHERER S. and SCHOPF A., 2010-** Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests-General aspects and the pine processionary moth as specific example. *Forest Ecology and Management*, 259: 831–838.
- 182 **DURAND-GILLMANN M., CAILLERET M., BOIVIN T., NAGELEISEN L.M. and DAVI H., 2012-** Individual vulnerability factors of silver fir (*Abies alba* Mill.) to parasitism by two contrasting biotic agents: mistletoe (*Viscum album* L. ssp. *abietis*) and bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) during a decline process. *Annals of Forest Science*. doi:10.1007/s13595-012-0251-y.
- 183 **JACKSON R.D., IDSO S.B., REGINATO R. and PINTER P.J., 1981-** Canopy temperature as a drought stress indicator. *Water Resources Research*, 17: 1133–1138.
- 184 **Durand-Gillmann M., 2014-** Interactions plantes-insectes dans deux écosystèmes forestiers méditerranéens contrastés: Le cas des scolytes (Coleoptera : Curculionidae: Scolytinae) en région méditerranéenne. Thèse doctorat. Université Aix-Marseille, Marseille, France.
- 185 **BYERS J.A., 1992-** Attraction of bark beetles, *Tomicus piniperda*, *Hylurgops palliatus*, and *Trypodendron domesticum* and other insects to short-chain alcohols and monoterpenes. *Journal of Chemical Ecology*, 18(12):2385-2402
- 186 **BRODBECK B.V., RUSSELL F., MIZELL III., WILLIAM J., FRENCH P., ANDERSEN C. and Aldrich J.H., 1990-** Amino acids as determinants of host preference for the xylem feeding leafhopper, *Homalodisca coagulata* (Homoptera: Cicadellidae). *Oecologia*, 83: 338–345
- 187 **Brooker R.W. and Kikvidze Z., 2008-** Importance: an overlooked concept in plant interaction research. *Journal of Ecology*, 96: 703–708
- 188 **VAN-PEER L., NIJS I., REHEUL D. and CAUWER B., 2004.** Species richness and susceptibility to heat and drought extremes in synthesized grassland ecosystems: compositional vs physiological effects. *Functional Ecology*, 18: 769-778.
- 189 **VITASSE Y., BRESSON C.C., KREMER A., MICHALET R. and DELZON S., 2010-** Quantifying phenological plasticity to temperature in two temperate tree species. *Functional Ecology*, 24: 1211–1218.
- 190 **SAUVION N., LETT J.M. and REYNAUD B., 2013-** Une relation trophique originale: la vécation entomophile d'agents pathogènes. Interactions insectes-plantes.

## Références bibliographiques

---

IRD, Marseille, France.

- 191 **BIANCHI F.J.J.A., BOOIJ C.J.H. and TSCHARNTKE T., 2006-** Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273: 1715–1727.
- 192 **ISE T. and MOORCROFT P.R., 2006-** The global-scale temperature and moisture dependencies of soil organic carbon decomposition: an analysis using a mechanistic decomposition model. *Biogeochemistry*, 80: 217–231.
- 193 **MACK M., SCHUUR E.A.G., BRET-HARTE M.S., SHAVER G.R. and CHAPIN F.S., 2004-** Ecosystem carbon storage in arctic tundra reduced by long-term nutrient fertilization. *Nature*, 431: 440-443.
- 194 **MCGILL B.J., ENQUISTB J., WEIHERE, and WESTOBY M., 2006-** Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology & Evolution*, 21: 178-185.
- 195 **SILVERTOWN J., 2004-** Plant coexistence and the niche. *Trends in Ecology & Evolution*, 19: 605-611.
- 196 **LAVOREL S., GRIGULIS K., MCLNTYRE S., WILLIAMS N.S.G., GARDENT D., DORROUGH J., BERMAN S., QUETIER F., THEBAULT A. and BONIS A., 2007.** Assessing functional diversity in the field—methodology matters. *Functional ecology*, 22: 134-147
- 197 **ELITH J. and LEATHWICK J.R., 2009-** Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40: 677-697.
- 198 **BAJALAN I., ROUZBAHANI R., PIRBALOUTI A.G. and MAGGI F., 2017-** Antioxidant and antibacterial activities of the essential oils obtained from seven Iranian populations of *Rosmarinus officinalis*. *Ind. Crop. Prod.*, 107: 305-311
- 199 **OZTURK A., UNLUKARA A., IPEK A. and GURBUZ B., 2004-** Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Pak. J. Bot.*, 36(4): 787-792.
- 200 **BEN TAARIT M., MSAADA K., HOSNI K., HAMMAMI M., KCHOUK M.E. and MARZOUK B., 2009-** Plant growth, essential oil yield and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) fruits cultivated under salt stress conditions. *Ind. Crop Prod.*, 30(3): 333-337.
- 201 **BEN TAARIT M., MSAADA K., HOSNI K and. MARZOUK B., 2010-** Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress. *Food Chem.*, 119(3): 951-956
- 202 **NEFFATI M. and MARZOUK B., 2008-** Changes in essential oil and fatty acid composition in coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves under saline conditions. *Ind. Crop Prod.*, 28(2), 137-142.

## Références bibliographiques

---

- 203 KARRAY-BOURAOUI N., RABHI M., NEFFATI M., BALDAN B., RANIERI A., MARZOUK B., LACHAËL M. and SMAOUI A., 2009- Salt effect on yield and composition of shoot essential oil and trichome morphology and density on leaves of *Mentha pulegium*. *Ind. Crop Prod.*, 30(3): 338-343.
- 204 BEN TAARIT M., MSAADA K., HOSNI K. and MARZOUK B., 2012- Physiological changes, phenolic content and antioxidant activity of *Salvia officinalis* L. grown under saline conditions. *J. Sci. Food and Agri.*, 92(8): 1614-1619.
- 205 TOUNEKTI T., VADEL A.M., OÑATE M., KHEMIRA H. and MUNNÉ-BOSCH S., 2011- Salt-induced oxidative stress in rosemary plants: Damage or protection? *Environ. Exp. Bot.*, 71(2): 298-305.
- 206 FILOMENO C.A., BARBOSAA L.C.A., TEIXEIRAA R.R., PINHEIROC A.L., FARIASD E.S., SILVAD E.M.P. AND PIKANÇOD M.C., 2017- *Corymbia* spp. and *Eucalyptus* spp. essential oils have insecticidal activity against *Plutella xylostella*. *Industrial Crops & Products*, 109: 374–383.
- 207 SILVA S.R.S., DEMUNER A.J., BARBOSA L.C.A., CASALI V.W.D., NASCIMENTO E.A. & PINHEIRO A.L., 2002- Efeito do estress eídrico sobre características de crescimento e a produção de óleoessencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. *Acta. Scientiarum.*, 24: 1363–1368
- 208 EL-KELTAW, NAIEM E., CROTEAU, and RODNEY, 1986- Salinity depression of growth and essential oil formation in spearmint and marjoram and its reversal by foliar applied cytokinin. *Phytochemistry*, 26: 1333–1334.
- 209 OZTURK A., UNLUKARA A., IPEK A. and GURBUZ B., 2004- Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Pak. J. Bot.*, 36: 787–792
- 210 HELLER R., ESNAULT R. and LANCE C., 2004- Physiologie végétale. Tome 1 Nutrition. Paris, France. Pp.323
- 211 M'RAH S., OUEGHI Z., BERTHOMIEU C., HAVAUX M., JUNGAS C., HAJI M., GRIGNON C. and LACHAAL M., 2005. Effects of NaCl on the growth, ion accumulation and photosynthetic parameters of *Thellungiella halophila*. *Journal of plantphysiology*, in press.
- 212 ZHU JK., 2001- Plant salt tolerance. *Trends in plant science*, 2(6): 66-71.
- 213 WANG Z., LI P., FREDRICKSEN M., GONG Z., KIM C.S., ZHANG C., BOHNERT H.J., ZHU J.K., BRESSAN R.A. and HASEGAWA P.M., 2004- Express ed sequence tags from The *llungiella halophina*, a new model to study plant salt tolerance. *Plant science*, 3(166): 61-71
- 214 PAVELA R., 2008- Insecticidal properties of several essential oils on house fly (*Musca domestica* L.). *Phytother Res.*, 22: 274-278.
- 215 PAVELA R., 2011- Antifeedant and Larvicidal Effects of Some Phenolic Components

## Références bibliographiques

---

- of Essential Oils Lasp Lines of Introduction Against *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 14 (3), 266-273
- 216 PAVELA R., SAJFRTOVA M., SOVOVA H., KARBAN J. and BARNET M., 2009A- The effects of extracts obtained by supercritical fluid extraction and traditional extraction techniques on larvae *Leptinotarsa decemlineata* SAY. *J. Essent. Oil Res.*, 21: 367–373.
- 217 PAVELA R., VRCHOTOVA N. and TRISKA J., 2009B- Mosquitocidal activities of thyme oils (*Thymus vulgaris* L.) against *Culex* (Diptera: Culicidae). *Parasitol. Res.*, 105 (5): 1365–1370.
- 218 PAVELA R., SAJFRTOVA M., SOVOVA H., KARBAN J. and BARNET M., 2010- The insecticidal activity of *Tanacetum parthenium* (L.) Schultz Bip. extracts obtained by supercritical fluid extraction and hydrodistillation. *Ind. Crop Prod.*, 31: 449–454.
- 219 NERIO L.S., OLIVERO-VERBEL J. and STASHENKO E., 2010- Repellent activity of essential oils: a review. *Bioresour. Technol.*, 101: 372–378
- 220 Lecomte J., 1982 cah. Liaison O-P-I-E., 16(1/44): 17-20.
- 221 BEN FADHEL N., MKADDEM M. and BOUSSAID M., 2002- Genetic diversity of essential oils from Tunisian *Menthapulegium*L. populations. In: Proceedings of the 33<sup>rd</sup>International Symposium on Essential Oils, Lisbonne, Portugal
- 222 RAMESHWAR S.R., 2010- Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Protection*, 29: 913–920.
- 223 HUIGNARD J., DUGRAVOT S., KETOH K G., THIBOUT E. ET GLITHO I.A., 2008A- Utilisation des composés secondaires des végétaux pour la protection des graines d'une légumineuse, le niébé. Conséquence sur les insectes ravageurs et leurs parasitoïdes. In: *Biopesticides d'origine végétale*. 2<sup>ème</sup> Ed., 187-206
- 224 HUIGNARD J., LAPIED B., DUGRAVOT S., MAGNIN-ROBERT M. ET KETOH K.G., 2008B- Modes d'actions neurotoxiques des dérivés soufrés et de certaines huiles essentielles et risques liés à leur utilisation. In: *Biopesticides d'origine végétale*. 2<sup>ème</sup> Ed., 219-230.
- 225 RYAN M. F., BYRNE O. 1988- Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. *J. Chem. Ecol.*, 14:1965–1975.
- 226 KETOH G.K., LECORONC H., ZHU K.Y., KOUMAGLO K.H., GLITHO I.A., HUIGNARD J., RAMASWAMY S. AND LAPIED B., 2008- Comparative effects of two plant essential oils extracted from *Ocimum basilicum* and *Cymbopogon schoenanthus* on American cockroach, *Periplaneta Americana* L. Sent for publication in *journal of Comp. Biochem. and physiol.*,
- 227 SAVELEV S.U., OKELLO E.J. & PERRY E.K., 2004- Butyryl- and acetylcholinesterase inhibitory activities in essential oils of salvia species and their constituents. *Phytother Res.*, 18: 315-324

## Références bibliographiques

---

- 228 **ASCRIZZI R., FRATERNALE D. and FLAMINI G., 2018-** Photochemical response of parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.)Fuss) grown under red light: The effect on the essential oil composition and yield. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*.
- 229 **DIXON R.A. and PAIVA N.L., 1995-** Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism. *Plant Cell.*, 7(7): 1085–1097.
- 230 **LOUAT F., 2013-** Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*. Thèse de doctorat. Université d'Orléans, Paris France. Pp. 189
- 231 **BYERS J. 1992-** Attraction of bark beetles, *Tomicus piniperda*, *Hylurgops palliatus*, and *Trypodendron domesticum* and other insects to short-chain alcohols and monoterpenes. *Journal of Chemical Ecology*, 18: 2385–2402

# *Les revues scientifiques*

Article

# Effect of Salinity and Water Stress on the Essential Oil Components of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.)

Radhia Sarmoum <sup>1</sup>, Soumia Haid <sup>2</sup>, Mohamed Biche <sup>1</sup> , Zahreddine Djazouli <sup>2</sup>, Bachar Zebib <sup>3</sup>   
and Othmane Merah <sup>4,5,\*</sup> 

<sup>1</sup> Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Département de Zoologie Agricole et Forestière, Algiers 16000, Algeria; r.sarmoum@st.ensa.dz (R.S.); m.biche@ensa.dz (M.B.)

<sup>2</sup> Laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida 1, Blida 09000, Algeria; haid.soumia@gmail.com (S.H.); zahro2002@gmail.com (Z.D.)

<sup>3</sup> Laboratoires Agronutrition SAS, 3 allée de l'Orchidée, 31390 Carbonne, France; b.zebib@agro-nutrition.fr

<sup>4</sup> Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), Université de Toulouse, INRA, INPT, 31030 Toulouse, France

<sup>5</sup> Université Paul Sabatier, IUT A, Département Génie Biologique, 24 rue d'Embaquès 32000 Auch, France

\* Correspondence: othmane.merah@ensiacet.fr; Tel.: +33-5-3432-3523

Received: 15 March 2019; Accepted: 23 April 2019; Published: 26 April 2019



**Abstract:** The effect of salinity and water stresses on the essential oil components of *Rosmarinus officinalis* essential oil was investigated. Rosemary plants were submitted to different water treatments: tap water (TW), salt water (SW) and without irrigation (NIR). GC/MS analysis showed that ten and eleven volatile compounds were identified in essential oil of rosemary plants irrigated with tap water (TW) and salt water (SW), respectively. However, thirteen volatile compounds were identified in essential oil of non-irrigated plants (NIR). Moreover, among these compounds,  $\alpha$ -Pinene, Eucalyptol (1,8 Cineol), Camphene, Borneol, D-verbeneone, Bornyl acetate were the major components of oil. Also, GC/MS results highlighted that non-irrigated rosemary plants showed the highest essential oil yield (Y). Obtained oil yields followed the order  $Y_{NIR} > Y_{TW} > Y_{SW}$ . In conclusion, qualitative and quantitative differences in rosemary essential oil components were highlighted in relation to water stress.

**Keywords:** *Rosmarinus officinalis*; water stress; salinity; essential oil; terpenoids

## 1. Introduction

Plant growth and development are adversely affected by many environmental stresses such as drought, low temperature, humidity, wind, salt, flooding, heat, drought, oxidative stress and heavy metal toxicity. Salinity stress is one of major factors limiting agricultural production. According to recent reports, 20% of land worldwide is subjected to salinity stress [1].

In Algeria, the total agricultural area is 42.4 million hectares, representing only 18% of the total surface. The useful agricultural area is 8.5 million hectares, representing 20% of the total agriculture area [2]. Additionally, water and soil salinity are increasingly becoming a hindrance to Algerian agriculture, resulting in a dramatic reduction in the acreage of productive agricultural lands. In particular, in the western part of the country where 30% of the total arable area of 140,000 hectares are now considered unsuitable for crop production due to high soil salinity level (5 g of salt per kg soil) for crop growth. Moreover, the availability of non-saline water for irrigation is limited and the water quality continues to decline in arid and semi-arid areas. For this reason, use of saline water in agriculture now seems inevitable.

The use of *Rosmarinus officinalis* L. (rosemary), and other wild plant species, in the Mediterranean area is an interesting solution in order to avoid the desertification and rapid soil erosion, because their good resistance to environmental conditions includes salinity stress. Rosemary is an important species

of the Lamiaceae family, and it is naturally found in all the coastal regions of the Mediterranean Sea. Rosemary essential oil is used in many applications such as fragrance and flavor [3,4], aromatherapy [5] and in pest control products [6]. Active constituents of rosemary essential oils were 1,8-Cineole, camphor,  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene and borneol [7].

Several studies have shown the essential oil components and yield can vary with climate and habitat conditions, planting, harvesting stages and methods, and genetics and plant age [8–11]. However, it is possible that the conditions may directly influence secondary metabolite biosynthesis, or it may be that changes in other biological process have an indirect effect. This later consideration is distinctly possible, as oil composition may be influenced by a range of environmental factors including climate, pollution, and exposure to pests or diseases [12].

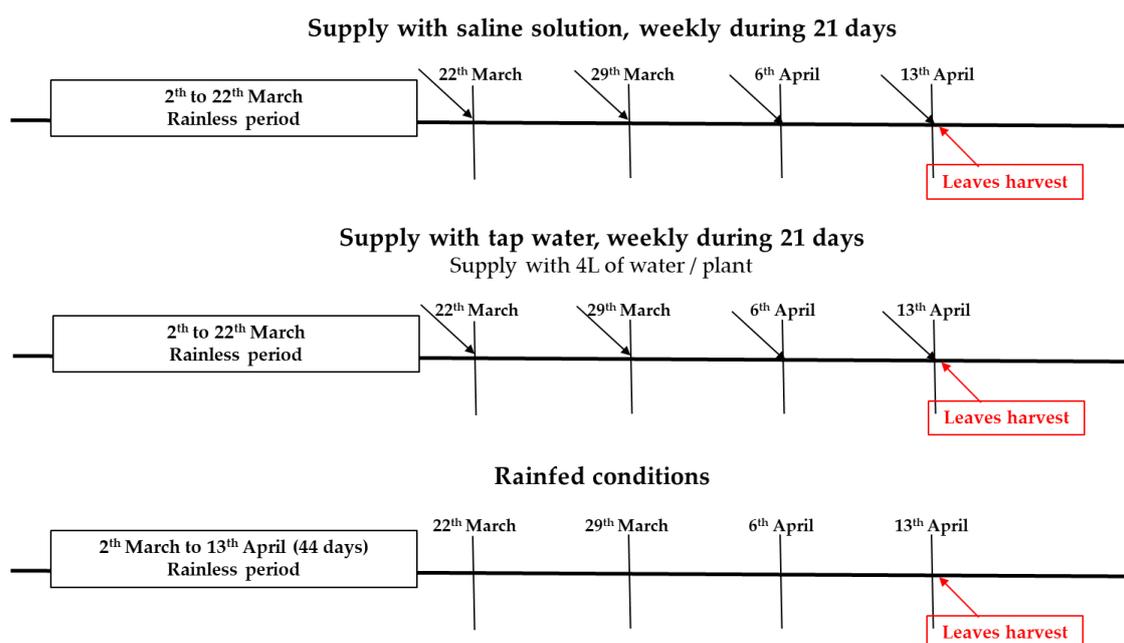
The goal of this study is to investigate the effect of different water treatments on essential oil composition of Algerian rosemary plant. Also, study looks to investigate the possible adaptability of rosemary plant culture in arid and semi-arid areas of Algeria.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Plant Material and Irrigation Management

The study was performed in 2016, on mature alignment plants of *Rosmarinus officinalis* (less than 10 years old) at the Experimental Station of the Faculty of Life and Natural Sciences, University of Blida, in Soumaa location at 45 km south of Algiers (36°30'36.34" N and 2°52'26.05" E), Algeria. One year before the experimentation, plant were conducted under irrigated conditions

The study was conducted according the linear transects sampling method described by Waddell [13] and Woldendorp et al. [14]. Briefly, on a experimental zone, we chose lines according the method of Waddell [13]; each line is called transect. This conventional approach provides a collection of good quality plant material and spatialized information. The positioning of transects is of systematic type with a random starting point in order to obtain a sufficient sampling surface while remaining within the homogeneity of the experimental zone. In this way, three transects of 150 m in parallel lines, space between them of 50 m were used. Therefore, the plants used in this study grew in field under agronomic conditions (Figure 1). The cultivation density of rosemary was 11,000 plants ha<sup>-1</sup>.



**Figure 1.** Experimental design and regime irrigation treatments performed on rosemary in 2016 at the experimental station of University of Blida (Algeria).

Climatic conditions recorded in the experimental station are presented in Table 1. Temperatures and rainfall were compared to average of both parameters during two decades (1997–2017) in order to evaluate the impact of rainfed conditions on plant growth. Indeed, annual mean temperature was higher in 2016 by more than 8 °C and rainfall was lower by nearly 30 mm compared to average value reported during the last twenty years in the same region. In addition, during 2016 mean temperature never decreased below 10 °C whereas, January and February, were usually the coldest months with temperatures sometimes below 5 °C (Table 1). Similarly, in summer of 2016, only 3 mm were recorded, which was twenty times lower than the rainfed reported for the last twenty years in the same region. Moreover, during the experimental period of treatments' application from blooming to harvest of leaves (March to April) mean temperature in 2016 was twofold higher than that recorded during the twenty years (Table 1). Inversely, rainfall amount was five times lower than values reported during the two last decades (Table 1). It appears clearly that climatic conditions prevailing in 2016 were harsh and could be considered to be water and heat stressed conditions.

**Table 1.** Climatic conditions recorded in the experimental station of the Faculty of Life and Natural Sciences, University of Blida 1, Algeria.

Month	2016		Average from 1997–2017	
	Temperatue (°C)	Rainfall (mm)	Temperatue (°C)	Rainfall (mm)
January	16.1	231.0	6.6	84.9
February	14.8	178.0	7.4	156.0
March	20.2	8.0	10.2	98.0
April	22.7	16.0	12.2	131.0
May	26.1	25.0	12.1	67.7
June	27.6	3.0	17.85	11.8
July	31.9	0.0	21.4	4.1
August	32.8	0.0	20.95	7.0
September	29.4	20.0	15.85	17.5
October	29.0	18.0	12.1	44.3
November	18.0	145	10.6	87.6
December	16.8	101.0	7.3	51.3
Mean	23.5		15.4	
Sum		745.0		773.6

At blooming stage, three different water treatments were applied during three weeks until flowering stage which took place in April 2016, (i) Salt stress where rosemary plants were irrigated with saline solution of 4.2 g of NaCl/L [15], which represented an osmotic pressure of 0.34 MPa and, the saline solution was used by foliar application and by root absorption. (ii) Water stress where rosemary plants were water deprived for 21 days.

During the experiment, the aerial parts were harvested at full blooming stage at the sunniest time (15 h GMT) of the day. For each type of stress, from ten plants, three branch samples were taken at random from each of the plants. The woody parts were separated from the leaves and stored until the extraction of the essential oils. The dry samples were stored at 4 °C in a ventilated room equipped with a moisture extractor.

The control plants of rosemary were well irrigated during the same period of application of the two stress treatments.

## 2.2. Essential Oil Extraction and Yield Estimation

Aerial parts of plant material were harvested and dried in the open air for one week. Therefore, leaves were separated from the wood parts. After, 100 g of leaves were placed in 1 liter of distilled water using a Clevenger type apparatus according to the method recommended in the European Pharmacopoeia [16]. The hydrodistillation was carried for 3 h. Finally, the essential oil was carry in sealed flask and stored at 4 °C. The yield of essential oil was defined as the ratio between the volume

of obtained essential oil and the mass of the treated plant material [12]. The essential oil yield was calculated by the following relation:

$$Y (\%) = (V/M) \times 100 \quad (1)$$

With  $Y$  (%): yield of essential oil per cent (%);  $V$ : volume of essential oil (mL);  $M$ : mass (g) of plant material (dry weight).

### 2.3. Gas Chromatography-Mass Spectrometry

Volatile compounds were analyzed by GC/MS, using the HP 6800 series chromatograph coupled to mass spectrometer (HP Mass Selective Detector, MSD, 5973, GMI, Ramsey, MN, USA). The oven temperature was programmed from 60 °C to 280 °C with a level of 2 °C/min with an isothermal of 5 min. The injector orifice temperature was maintained at 250° C, the detector temperature was set at 280 °C. The column used is an HP-5MS capillary column (30 m–0.25 mm) with a thickness film of 0.25 microns. The carrier gas used was helium (99.99% purity). The gas flow rate was 0.5 mL/min and the sample volume analyzed was 1 µL with a split injection mode (split ratio; 1/20 and Flow rate; 1 mL/min). The mass spectrometer was operated from the impact of the positive mode electron (70 eV). The range of mass spectra was 34 to 550 m/z. The essential oil compounds were identified by comparing their mass spectral data with those from mass spectral libraries (NIST and Wiley, Oullins, France). Other identification confirmations are based on retention index data generated from a series of known alkane mixture standards (C<sub>8</sub>-C<sub>28</sub>) (Aldrich Library of Chemical Standards).

### 2.4. Statistical Analysis

The values are expressed as a means of 3 replicates with standard deviations (SD). Statistical analysis of the data was performed by using one-way analysis of the variance (ANOVA), followed by the Duncan's post hoc test to compare the means that showed significant variation ( $p < 0.05$ ). All the data were subjected to variance analysis using the general linear models (GLM) procedure of SAS. Analyses were performed using MSStat (MS Statistical Software Version 3.02u, ANALYT MTC, Muehlheim, Germany); the software was looking for differences in the yield of essential oil from different irrigation management.

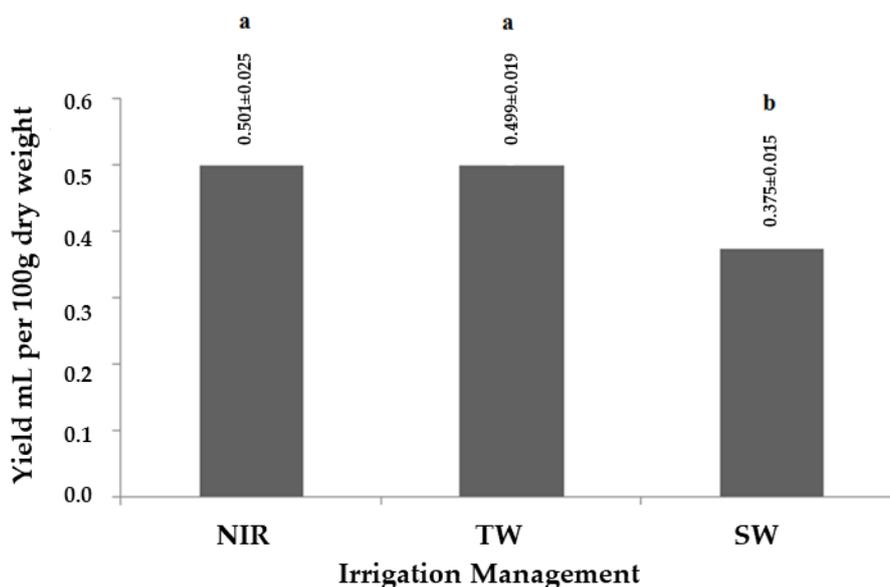
## 3. Results and Discussion

### 3.1. Essential Oil Yield

The irrigation management regimes impacted significantly essential oil yield (Figure 2). The highest essential oil yield (0.501 mL per 100g dry weight) was obtained from rosemary plants cultivated under rainfed conditions (NIR) and the lowest essential oil yield (0.375 mL per 100 g dry weight) was obtained for plants subjected to salt-water regime (SW). An order of essential oil yield could be established between irrigation management as following NIR, TW > SW (Figure 2). Biomass production was 89.7, 86.3 and 80.9 g per plant for TW, NIR and SW, respectively. By taken into account the density (1.1 plants m<sup>-2</sup>) this production represented 98.7, 94.9 and 88.4 g m<sup>-2</sup> for TW, NIR and SW, respectively. Therefore, essential oil yield on cultivated land basis was 0.49, 0.48 and 0.33 mL m<sup>-2</sup> for TW, NIR and SW, respectively. It appeared clearly that both stressed conditions resulted in lower EO yield on the land basis. To increase this yield it is important to raise the plant density [17,18].

The yield extraction and the chemical composition of the rosemary essential oil plants showed a difference according to applied stress regime. We assume that the absence of stress performed the basal metabolism and consequently an induction of the accumulation of the essential oil yield. Our results are not coherent with those of Tounekti et al. [19] where salinity level affects the EO yield of *Rosmarinus officinalis* L. Indeed, authors show that 1,8-cineole content decrease up to 50% with increasing NaCl concentrations (from 25 to 200 mM). Contrariwise, Khalid et al. [20] show that *Calendula officinalis*

L. plant treated with different levels of saline irrigation water (from 0.39 to 9.38  $\text{dS m}^{-1}$ ) consisting of NaCl,  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{MgCl}_2$  salts increased the EO content and its main components ( $\alpha$ -cadinol,  $\gamma$ - and  $\Delta$ -cadinene).



**Figure 2.** Variation of essential oil yields according to the three applied irrigation management. (SW: irrigated with salt water; NIR: not irrigated; TW: irrigated with tap water).

It might be claimed that the formation and accumulation of essential oil was directly dependent on perfect growth and development of the plants producing oils [21–24]. The decrease in oil production might be due to the decrease in plant anabolism. The increase in oil content in some of the salt stressed plants might be attributed to decline the primary metabolites due to the effects of salinity, causing intermediary products to become available for secondary metabolites synthesis. In fact, the effect of salinity on essential oil and its constituents may be due to its effects on enzyme activity and metabolism.

### 3.2. Essential Oil Characterization by GC/MS

The rosemary essential oil obtained after hydro distillation under different stress conditions was characterized by GC/MS. The chemical analysis allowed describing the profile of rosemary essential oil from plants subjected to TW, SW and NIR regimes. The analytical results are summarized in Table 2 where twenty compounds have been identified. Results show that 11 compounds characterize the essential oil of rosemary plants subjected to NIR regime, while 13 compounds characterize the essential oil plants subjected to TW regime. Finally, 10 compounds characterize the essential oil plants subjected to SW regime (Table 2). Results show that  $\alpha$ -pinene, eucalyptol (1,8 cineol), camphene, borneol, D-verbenone and bornyl acetate are common compounds for the three oils, while camphor is the only one common compound for oil plants subjected to NIR and SW regime. However, caryophyllene oxide characterizes the essential oil plants from TW and SW regimes. In contrast, linalool, 1,3-cyclopentadiene, 1,2,5,5-tetramethyl, cyclohexane and limonene compounds are characteristic of the essential oil plants subjected to NIR regime.  $\beta$ -pinene, trans verbenol,  $\beta$ -myrcene, linalyl-isobutyrate, benzenemethanol  $\alpha$ -methyl, and dibutylphthalate characterize the essential oil plants subjected to TW regime. Finally,  $\alpha$ -pinene and caryophyllene, are specific to the essential oil of plants subjected to SW regime.  $\alpha$ -pinene, eucalyptol (1,8 cineol) and borneol are the major compounds of essential oil plants subjected to TW, SW and NIR regimes.

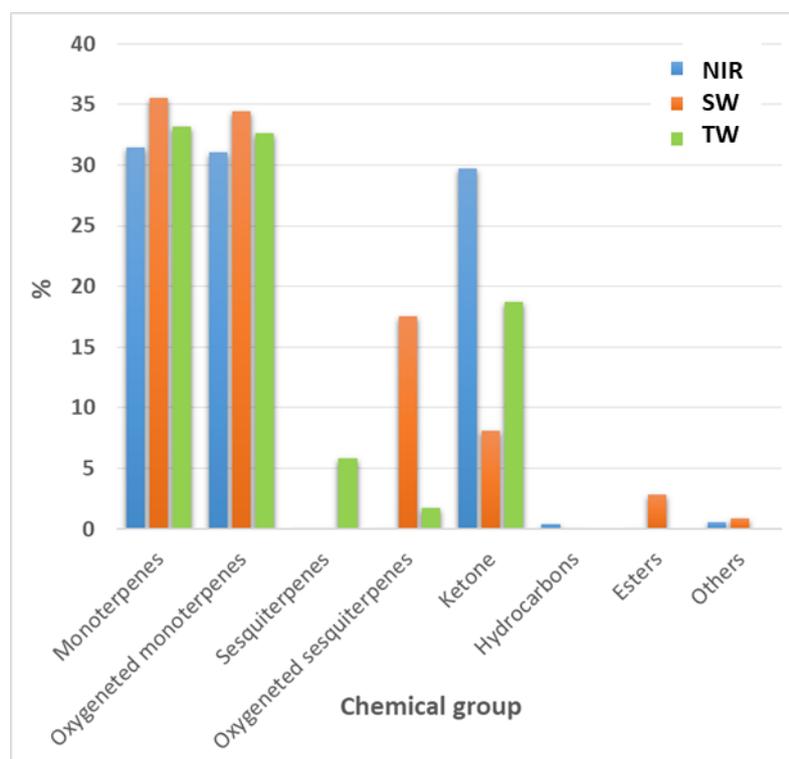
**Table 2.** Characterization of *Rosmarinus officinalis* essential oil by GC/MS from different irrigation treatments.

Compound	Irrigation Management						Chemical Group
	NIR		TW		SW		
	RT	%	RT	%	RT	%	
$\alpha$ -pinene	10.896	17.426	10.200	18.222	10.183	17.003	Monoterpene
Eucalyptol (1,8 cineol)	16.467	15.558	16.561	14.149	16.470	15.365	Oxygenated monoterpene
Camphene	10.490	13.291	10.935	12.160	10.923	7.727	Monoterpene
Linalool	21.865	3.002	/	/	/	/	Oxygenated monoterpene
1,3-Cyclopentadiene, 1,2,5,5-tetramethyl	23.020	0.559	/	/	/	/	Other
Camphor	24.731	14.581	/	/	24.679	13.720	Ketone
Borneol	26.824	12.454	26.941	11.214	26.824	14.132	Oxygenated monoterpene
D-verbenone	29.718	15.136	24.841	8.081	29.414	5.023	Ketone
Bornyl acetate	38.138	0.030	34.450	4.213	34.412	3.159	Oxygenated monoterpene
Cyclohexane	42.919	0.445	/	/	/	/	Hydrocarbon
Limonene	57.360	0.700	/	/	/	/	Monoterpene
Dodecane	/	/	/	/	14.821	8.420	Hydrocarbon
Caryophyllene	/	/	/	/	45.058	5.800	Sesquiterpene
Caryophyllene oxide	/	/	52.925	14.430	52.909	1.739	Oxygenated sesquiterpene
$\beta$ -pinene	/	/	11.229	3.512	/	/	Monoterpene
Trans verbenol	/	/	12.595	4.876	/	/	Oxygenated monoterpene
$\beta$ -myrcene	/	/	13.624	1.678	/	/	Monoterpene
linalyl_isobutyrate	/	/	22.003	3.122	/	/	Oxygenated monoterpene
Benzenemethanol, $\alpha$ methyl	/	/	57.366	0.906	/	/	Other
dibutylphtalate	/	/	97.735	2.845	/	/	Ester
<b>Chemical group (%)</b>							
Monoterpenes		31.417		35.572		33.150	
Oxygenated monoterpenes		31.044		34.452		32.656	
Sesquiterpenes		—		—		5.800	
Oxygenated sesquiterpenes		—		17.552		1.739	
Ketone		29.717		8.081		18.743	
Hydrocarbons		0.445		—		—	
Esters		—		2.845		—	
Others		0.559		0.906		—	
<b>Total (%)</b>		<b>93.182</b>		<b>99.408</b>		<b>92.088</b>	

NIR; Not Irrigated, SW: Irrigated with salt water, TW: Irrigated with tap water.

The main chemical compounds of the essential oil rosemary plants resulting from TW regime were  $\alpha$ -pinene (18.200%), Caryophyllene oxide (14.430%), Eucalyptol (1,8 cineol) (14.149%), Camphene (12.214%), Borneol (11.160%) and D-verbenone (8.081%), while the minor compounds were Bornyl acetate,  $\beta$ -pinene (3.512%), Trans-verbenol (4.876%), linalyl isobutyrate (3.122%), dibutylphthalate (2.845%),  $\beta$ -myrcene (1.678%) and Benzenemethanol  $\alpha$  methyl (0.906%). The major fraction of oil plants subjected to NIR regime contained  $\alpha$ -pinene (17.426%), Eucalyptol (1,8 cineol) (15.558%), D-verbenone (15.136%), Camphor (14.581%), Borneol (13.454%) and Camphene (13.291%) compounds, while Linalool (3.002%), Limonene (0.708%), Cyclopentadiene 1255 tetramethyl (0.559%), Cyclohexane (0.445%), and Bornylacetate (0.030%) represented the minority fraction. Concerning rosmar plants under SW regime, their essential oil contain a major fraction of  $\alpha$ -pinene (17.003%), Eucalyptol (1,8 cineol) (15.365%), Borneol (14.132%), Camphor (13.720%), Dodecane (8.420%) and Camphene (7.727%) compounds, while Caryophyllene (5.800%), D-verbenone (5.023%), Bornyl acetate (3.159%) and Caryophyllene oxide (1.739%) were the minor compounds. These results emphasized that the qualitative and quantitative variability between chemical compounds of different rosemary oil plants widely varied with the applied stress regime.

In terms of the affiliation of the essential oil compounds to the chemical groups, results showed that monoterpenes (31.41–35.57%), oxygenated monoterpenes (31.04–34.45%) and ketones group (8.08–29.71%) dominated the oil from all regimes. The ketones group (29.717%) was highest in the rosemary oil plants subjected to NIR regime and lowest in oil plants from TW regime. Esters group (2.845%) distinguished the rosemary oil plants subjected to TW regime. The oil of rosemary plants subjected to SW regime, was differentiated from NIR and TW regimes by the presence of hydrocarbon sesquiterpenes (5.800%) and oxygenated sesquiterpenes (1.739%) (Figure 3).



**Figure 3.** Essential oil chemical groups of *Rosmarinus officinalis* plants subjected to various irrigation treatments. (NIR: Not Irrigated, SW: Irrigated with salt water, TW: Irrigated with tap water).

By comparison, the irrigation of rosemary plants (TW regime) leads to enrichment of the essential oil with more compounds, not founded in NIR and SW regimes, such as trans-verbenol (4.766%),

$\beta$ -pinene (3.512%), linalyl-isobutyrate (3.122%), dibutyl-phthalate (2.845%) and  $\beta$ -myrene (1.678%). Similarly, in SW regime, rosemary oil plant was distinguished from other stress regimes by the presence of Dodecane (8.420%) and Caryophyllene (5.800%) compounds. Through this variation in essential oils profile, we can advance the hypothesis of attributing to of the irrigation management practices in terms of salt availability or water intake in the modification of the physiological functioning of plants. The hypothesis advanced agrees with the results of Moghtader et al. [22], which focused on plant disturbances under salt and/or water stress. According to Acosta-Motos study [25], under salt stress conditions, excess salt is recorded in the protoplasm causes disturbances in the ionic balance and enzymatic dysfunction. These disturbances cause low energy production by phosphorylation and photorespiration, a disturbance in the assimilation of disturbed nitrogen, and a disruption of many metabolic pathways. Usually, under saline stress, terpenoids metabolism is extensively altered [26,27].

According to our results, large variations were reported in the chemical composition of Algerian rosemary essential oil depending on applied stress regime, more precisely under the SW regime. Earlier reports have shown that salinity has perceptible effects on essential oil composition [26,28,29]. The effect depends on the salt concentration, as well as the degree of tolerance of the studied species. However, these variations could be due to the induction of the specific enzymes involved in the biosynthesis of these compounds by salinity [30].

The EO yield was greatly influenced by the water conditions used in our study. Rainfed conditions permitted to increase yield essential oil. Saline treatment, ever that induced lower EO yield, influenced the composition of EO. Indeed, saline treatment resulted in increase of *D-verbenone Camphene*, *Caryophyllene oxide* and  *$\alpha$ -pinene* compounds, which are known as presenting biocidal effects [29].

#### 4. Conclusions

The study highlighted some differences in rosemary oil chemical profile under different stress regimes. The highest essential yield of oil was obtained from rosemary plants subjected under no irrigation regime (NIR). This result confirms that water stress stimulates the production of essential oil of *Rosmarinus officinalis* plant. Owing to its high curing value and wild occurrence in diverse environments, rosemary can be considered to be a promising plant for marginal lands, new reclaimed-soils and semi-arid regions in Algeria. Finally, we hope that this study gives some useful information to help Algerian authorities in their program (Green Dam project) aiming to safeguard and to develop of the pre-Saharan areas by converting saline lands in the country to more productive lands using salt stress tolerant plants with suitable irrigation management.

**Author Contributions:** Z.D., B.Z. and O.M. conceptualization. R.S., S.H., M.B. and Z.D. developed the methodology and performed the experiments and the measurements. R.S., S.H., M.B. and Z.D. assisted with measurements. R.S., Z.D., B.Z., and O.M. contributed to the analysis and interpretation of the data and to the writing of the manuscript.

**Funding:** This study was performed with the laboratory's own funds.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

#### References

1. Langroudi, M.E.; Sedaghatoor, S.; Bidarigh, S. Effect of different salinity levels on the composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils. *Am. Eur. J. Agric. Environ. Sci.* **2013**, *13*, 68–71.
2. Dabour, N. Water resources and their use in agriculture in Arab countries. *J. Econ. Coop.* **2006**, *27*, 1–38.
3. Mizrahi, I.; Juarez, M.A.; Bandoni, A.L. The essential oil of *Rosmarinus officinalis* growing in Argentina. *J. Essent. Oil Res.* **1991**, *3*, 11–15. [[CrossRef](#)]
4. Lee, C.J.; Chen, L.G.; Chang, T.L.; Ke, W.M.; Lo, Y.-F.; Wang, C.C. The correlation between skin-care effects and phytochemical contents in Lamiaceae plants. *Food Chem.* **2011**, *124*, 833–841. [[CrossRef](#)]
5. Almela, L.; Sánchez-Muñoz, B.; Fernández-López, J.A.; Roca, M.J.; Rabe, V. Liquid chromatographic-mass spectrometric analysis of phenolics and free radical scavenging activity of rosemary extract from different raw material. *J. Chrom. A.* **2006**, *1120*, 221–229. [[CrossRef](#)]

6. Kol, O.; Walia, S.; Dhaliwal, G.S. Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. *Biopest. Int.* **2008**, *4*, 63–84.
7. Al-Sereiti, M.R.; Abu-Amer, K.M. Pharmacology of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and therapeutic potentials. *Ind. J. Exp. Biol.* **1999**, *37*, 124–130.
8. Viuda-Martos, M.; Ruiz-Navajas, Y.; Fernández-López, J.; Pérez-Álvarez, J.A. Chemical composition of the essential oils obtained from some spices widely used in Mediterranean region. *Acta Chim. Slov.* **2007**, *54*, 921.
9. Jamshidi, R.; Afzali, Z.; Afzali, D. Chemical composition of hydrodistillation essential oil of rosemary in different origins in Iran and comparison with other countries. *Am. Eur. J. Agric. Environ. Sci.* **2009**, *5*, 78–81.
10. Singh, M.; Guleria, N. Influence of harvesting stage and inorganic and organic fertilizers on yield and oil composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in a semi-arid tropical climate. *Ind. Crop Prod.* **2013**, *42*, 37–40. [[CrossRef](#)]
11. Barragan Ferrer, D.; Venskutonis, P.R.; Talou, T.; Zebib, B.; Ferrer, J.M.B.; Merah, O. Potential interest of *Tussilago farfara* L. whole plant of Lithuanian and French origin for essential oil extraction. *Am. J. Essent. Oil Nat. Prod.* **2016**, *4*, 12–15.
12. Figueiredo, A.C.; Barroso, J.G.; Pedro, L.G.; Scheffer, J.J. Factors affecting secondary metabolite production in plants: Volatile components and essential oils. *Flav. Frag. J.* **2008**, *23*, 213–226. [[CrossRef](#)]
13. Waddell, K.L. Sampling coarse woody debris for multiple attributes in extensive resource inventories. *Ecol. Ind.* **2002**, *1*, 139–153. [[CrossRef](#)]
14. Woldendorp, G.; Keenan, R.J.; Barry, S.; Spencer, R.D. Analysis of sampling methods for coarse woody debris. *For. Ecol. Manag.* **2004**, *198*, 133–148. [[CrossRef](#)]
15. Allagui, M.B.; Andreotti, V.C.; Cuartero, J. Détermination de critères de sélection pour la tolérance de la tomate à la salinité. À la germination et au stade plantule. *Ann. INRAT* **1994**, *67*, 45–65.
16. Council of Europe. European Pharmacopoeia (2019), 9th ed.; pp. 217–218. Available online: <http://online6.edqm.eu/ep908/> (accessed on 21 February 2019).
17. Petropoulos, S.A.; Daferera, D.; Polissiou, M.G.; Passam, H.C. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. *Sci. Hort.* **2008**, *115*, 393–397. [[CrossRef](#)]
18. Petropoulos, S.A.; Daferera, D.; Polissiou, M.G.; Passam, H.C. The effect of salinity on the growth, yield and essential oils of turnip-rooted and leaf parsley cultivated within the Mediterranean region. *J. Sci. Food Agric.* **2009**, *89*, 1534–1542. [[CrossRef](#)]
19. Tounekti, T.; Vadel, A.; Bedoui, A.; Khemira, H. NaCl stress affects growth and essential oil composition in rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* **2015**, *83*, 267–273. [[CrossRef](#)]
20. Khalid, K.A.; da Silva, J.A.T. Yield, essential oil and pigment content of *Calendula officinalis* L. flower heads cultivated under salt stress conditions. *Sci. Hortic.* **2010**, *126*, 297–305. [[CrossRef](#)]
21. Ozturk, A.; Unlukara, A.; Ipek, A.; Gurbuz, B. Effects of salt stress and water deficit on plant growth and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Pak. J. Bot.* **2004**, *36*, 787–792.
22. Moghtader, M.; Mansouri, I.; Farahmand, A.; Mansouri, S.H. Evaluation of antibacterial potential of rosemary extracts for therapeutic agents. In *Book of the 3rd Congress of Medicinal Plants*; Shahed University: Tehran, Iran, 2007; pp. 535–536.
23. Ben Taarit, M.; Msaada, K.; Hosni, K.; Marzouk, B. Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress. *Food Chem.* **2010**, *119*, 951–956. [[CrossRef](#)]
24. Said-Al Ahl, H.A.H.; Omer, E.A. Medicinal and aromatic plants production under salt stress. A review. *Her. Pol.* **2011**, *57*, 73–87.
25. Acosta-Motos, J.; Ortuño, M.; Bernal-Vicente, A.; Diaz-Vivancos, P.; Sanchez-Blanco, M.; Hernandez, J. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agronomy* **2017**, *7*, 18. [[CrossRef](#)]
26. Neffati, M.; Marzouk, B. Changes in essential oil and fatty acid composition in coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves under saline conditions. *Ind. Crop. Prod.* **2008**, *28*, 137–142. [[CrossRef](#)]
27. Deshmukh, Y.; Khare, P. Effect of salinity stress on growth parameters and metabolites of medicinal plants: A review. In *Soil Salinity Management in Agriculture: Technological Advances and Applications*, 1st ed.; Gupta, S.K., Goyal, M.R., Eds.; Apple Academic Press: Cleveland, OH, USA, 2017; pp. 160–197.
28. Ben Taarit, M.; Msaada, K.; Hosni, K.; Marzouk, B. Physiological changes, phenolic content and antioxidant activity of *Salvia officinalis* L. grown under saline conditions. *J. Sci. Food Agric.* **2012**, *92*, 1614–1619. [[CrossRef](#)]
29. Tounekti, T.; Vadel, A.M.; Oñate, M.; Khemira, H.; Munné-Bosch, S. Salt-induced oxidative stress in rosemary plants: Damage or protection? *Environ. Exp. Bot.* **2011**, *71*, 298–305. [[CrossRef](#)]

30. Karray-Bouraoui, N.; Rabhi, M.; Neffati, M.; Baldan, B.; Ranieri, A.; Marzouk, B.; Lachaâl, M.; Smaoui, A. Salt effect on yield and composition of shoot essential oil and trichome morphology and density on leaves of *Mentha pulegium*. *Ind. Crop Prod.* **2009**, *30*, 338–343. [[CrossRef](#)]



© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## INVENTAIRE DES ESPÈCES FOLIVORES DE LA VIGNE *VITIS VINIFERA* DANS LA MITIDJA OCCIDENTALE. EFFET DU CÉPAGE SUR LA STRUCTURATION DES RÉSEAUX TROPHIQUES

SARMOUM Radhia<sup>1\*</sup>, BICHE Mohamed<sup>1</sup> et DJAZOULI Zahr-Eddine<sup>2</sup>

1. Ecole National Supérieure Agronomique, Département de Zoologie Agricole et Forestière, Avenue Hassan Badi El Harrach Alger (Algérie), tél. (213) 23 82 85 07/12, Fax : (213) 23 82 85 03/04

2. Laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales ; Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida 1. B.P. 270, route de Soumaa; Ouled Yaich , Blida, Algérie

Reçu le 12/08/2018, Révisé le 26/11/2018, Accepté le 05/12/2018

### Résumé

**Description du sujet :** La viticulture algérienne se heurte à plusieurs problèmes. Ceux-ci sont principalement d'ordre agronomique, tels que les ravageurs et les maladies. La connaissance des réseaux trophiques constitue une alternative intéressante au monitoring des espèces nuisibles.

**Objectifs :** Le but de notre étude est d'évaluer la disponibilité des espèces folivores sous l'influence de la plante hôte. La structuration des cascades trophiques sera évaluée sous l'effet du cépage.

**Méthodes :** L'inventaire des espèces folivores est réalisé au niveau de la ferme pilote BELALIA Ahmed (Mitidja occidentale) sur deux cépages (Syrah et Cabernet sauvignon). L'inventaire entomofaunique est réalisé grâce à la technique de prélèvement destructive.

**Résultats :** Les résultats affichent que les stades floraison, fin nouaison et récolte attirent les abondances les plus importantes sur Syrah avec des taux respectives 17,89%, 19,89% et 31,24%. En revanche, sur Cabernet sauvignon, les stades phénologiques bourgeons floraux séparés, fermeture de la grappe et récolte s'individualisent par les forts taux de disponibilité (15,66%, 12,46% et 15,40%). Du point de vue groupes fonctionnels, les résultats montrent que les espèces folivores varient selon le cépage et le stade phénologique. Ainsi, le réseau trophique installé sur le cépage Syrah le réseau trophique semble en déséquilibre fonctionnel en raison d'une diversité spécifique très limitée (25,15 de consommateurs primaires, 28,15 de consommateurs secondaires et 1,15 de successeurs). Alors que sur Cabernet sauvignon semble plus équilibrer du fait de la présence d'une diversité spécifique dans les groupes fonctionnels (42,60 de consommateurs primaires, 26,53 de consommateurs secondaires, 0,07 de consommateur tertiaire, 3,27 de successeurs et 3,73 de trophobiantes).

**Conclusion :** Les divergences signalées dans les réseaux trophiques incriminent les mauvaises pratiques phytosanitaires qui entraînent de graves préjudices aux équilibres fondamentaux des agroécosystèmes.

**Mots clés :** Cépage, Syrah, Cabernet sauvignon, réseaux trophiques, groupes fonctionnels, vigne.

## INVENTORY OF FOLIVOROUS SPECIES OF GRAPEVINE *VITIS VINIFERA* IN WESTERN MITIDJA. EFFECT OF GRAPE VARIETY ON THE STRUCTURING OF TROPHIC NETWORKS

### Abstract

**Description of the subject:** Algerian viticulture has been facing a number of problems. The latter are mainly of agronomical nature; namely pests and diseases. Understanding trophic networks is definitely a worthwhile alternative to help monitoring pests.

**Objective:** The aim of our study is to evaluate the availability of folivorous species under the influence of the host plant. The structure of the trophic cascades is to be assessed under the effect of the grape variety.

**Methods:** The inventory of folivorous species is carried out at the pilot farm BELALIA Ahmed (Western Mitidja, Algeria) on two grape varieties (Syrah and Cabernet Sauvignon). The entomofauna inventory has been realized using the leaf collection technique.

**Results:** The results show that the flowering, fruit set and the harvesting stages have attracted the highest abundance of Syrah with these respective rates of 17.89%, 19.89% and 31.24%. However, in relation to Cabernet Sauvignon, the phenological stages of flowering buds separated, cluster closure and harvest stand out by some high availability rates (15.66%, 12.46% and 15.40%). In regard to functional groups, the results have shown that the folivorous species vary according to the grape variety as well as to the phenological stages. Thus, the food web installed on the Syrah grape seems to be in a functional imbalance due to a very limited specific diversity (25.15 of primary consumers, 28.15 of secondary consumers and 1.15 of successors). While on Cabernet Sauvignon, it seems more balanced due to the presence of a specific diversity in the functional groups (42.60 of primary consumers, 26.53 of secondary consumers, 0.07 of tertiary consumer, 3.27 of successors and 3.73 trophobiantes).

**Conclusion:** The divergences pinpointed in the trophic networks incriminate poor phytosanitary practices which have caused serious damage to the basic balances of the agro-ecosystems.

**Key words:** Varietal, Syrah, Cabernet Sauvignon, food webs, functional groups, vine.

\*Auteur correspondant: SARMOUM Radia, E-mail: r.sarmoum@st.ensa.dz

## INTRODUCTION

La Vigne est un végétal très anciennement cultivé qui caractérise particulièrement bien certains paysages. A l'échelle mondiale *Vitis vinifera* est l'espèce viticole la plus commune et la plus importante au niveau économique [1]. Selon Attia [2], le raisin produit à partir du genre *Vitis* est le fruit au premier rang parmi les productions fruitières dans le monde, du point de vue de sa production ainsi que son importance économique. En Algérie, El-Heit [3], a signalé que le développement de la vigne a commencé à partir de 1860. La viticulture est un peu partout à travers le pays algérien à l'Ouest : Tlemcen, Sidi Bel Abbés et Ain Témouchent sont les principales villes productrices de la vigne à l'Est Skikda et Bejaia, et au centre se sont les collines de Sahel, Blida, Médéa, Mitidja et la Kabylie [4].

La vigne souffre de nombreuses maladies causées par des espèces de champignons, bactéries, acariens et insectes [5 et 6]. Coutin [7], a rapporté que si quelques arthropodes se montraient jadis peu nuisibles à la vigne, actuellement suite de l'extension de la culture et surtout de l'introduction de *Vitis* américains dans divers jardins botaniques ou privés, d'autres insectes et plusieurs maladies furent malencontreusement introduits.

Stam *et al.* [8], a écrit que la composition et la dynamique des communautés d'insectes herbivores sont largement influencées par les traits des végétaux : métabolisme secondaire, biomasse et architecture de la plante, morphologie du feuillage, valeur nutritionnelle de la plante en termes d'eau et de nutriments. Les insectes utilisent des stratégies alimentaires différentes pour obtenir les nutriments nécessaires à leur développement. Bien que tous les insectes phytophages infligent des dégâts sur les tissus végétaux, la quantité et la qualité des dégâts varient grandement selon les guildes trophiques. Selon Janz et Nylin [9], la sélection de plantes hôtes par les insectes phytophages est en grande partie déterminé par les insectes adultes qui choisissent le lieu de développement des descendants. Chez de nombreuses espèces, les stades immatures ne changent pas de plantes-hôtes ou de localisation au sein de la plante-hôte durant leur développement.

Par conséquent, la quantité et la qualité de la nourriture disponible pour leur développement mais aussi les conditions écologiques environnantes résultent du choix des fondatrices [10].

La décision d'un insecte pour accepter ou rejeter son hôte est déterminée par l'existence de mécanismes de défense directs et/ou indirects développés par la plante [11]. Quand ces plantes-hôtes diffèrent dans leur qualité pour le développement des insectes phytophages, la théorie évolutive prédit une relation positive entre le choix du site de ponte par la femelle et la performance des descendants : c'est l'hypothèse de « préférence-performance ». Cette hypothèse est basée sur la capacité des insectes à classer les plantes-hôtes selon des critères de préférence d'un point de vue nutritionnelle et/ou refuge pour les parents et les descendants et pour éviter les phénomènes de compétition intra- et inter-spécifique [12].

La liste de ces interactions complexes climat-plantes-insectes n'est certainement pas exhaustive, mais elle montre combien que la compréhension de l'interdépendance de ces trois composantes est un enjeu crucial pour analyser et prédire l'impact global du parasitisme des insectes sur la dynamique et l'évolution des plantes, ainsi que pour définir des stratégies de gestion pertinentes, notamment dans le domaine agricole [13].

La relation entre richesse spécifique et productivité du milieu, nous servira de cadre pour tester : (i) si le cépage influence la disponibilité des espèces folivores, (ii) si la relation entre richesse spécifique et l'indice phénologique est valable pour l'ensemble de la succession. Notre étude permettra de mettre en avant l'importance des cascades trophiques dans la relation entre richesse spécifique et productivité, dans une optique de monitoring des ravageurs.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Zone d'étude

L'étude a été menée dans un domaine viticole s'intégrant dans la partie occidentale de la plaine de la Mitidja (Nord de l'Algérie). La ferme viticole BELALIA Ahmed est située à Ahmar El Ain wilaya de Tipasa ; d'une superficie de 150 Hectares dont 30 hectares de vigne de cuve répartie sur cinq variétés (Cabernet sauvignon, Syrah, Pinot noir, Merlot, Sangiovese) (Fig. 1).

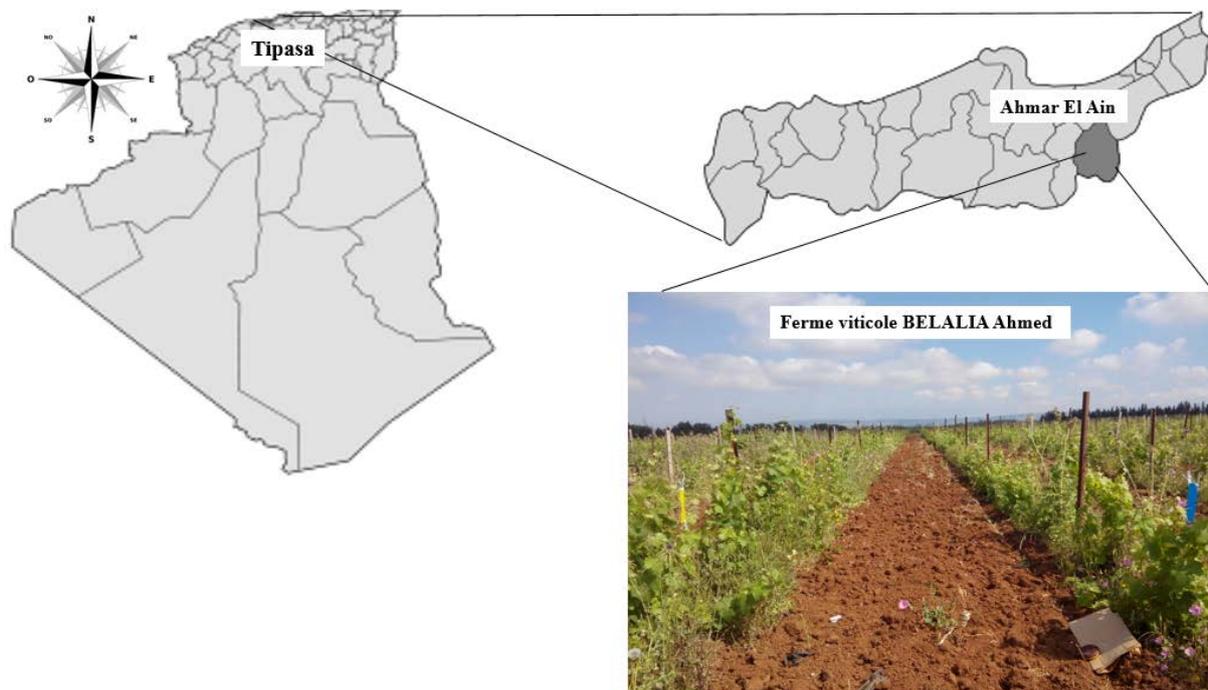


Figure 1 : Présentation de la station d'étude ferme BELALIA (Ahmar El Ain-Tipasa)

Nos investigations ont porté sur un ensemble de parcelle de 5 hectares, constituée de deux cépages de cuve, cépage ou variété à part entière. Nous avons choisi un cépage de cuve syrah et cabernet sauvignon, les caractéristiques des deux cépages sont rapportés dans le tableau ci-après.

Tableau1 : Caractéristiques des cépages ayant servi à l'étude de l'entomocénose

Cépages	Superficie de la parcelle	Age du vignoble	Porte-greffe
Syrah	2 ha	13 ans	1103pc1113
Cabernet sauvignon	3 ha	13ans	So4c15

## 2. Technique d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage a été bâtie afin de distribuer les placettes d'observation en fonction du recouvrement du cépage, en tenant compte de la dynamique de l'entomocénose folivore de l'agro-écosystème viticole. L'échantillonnage a été entamé en avril 2016 pour s'achever en aout 2016, soit une durée de cinq mois. L'étude de la dynamique de la biocénose nous a conduit à retenir le dispositif préconisée par Bastide [14]. Les projections diagonales permettent de couvrir le maximum de la parcelle. L'étalonnage du gradient de succession de l'indice phénologique a ensuite été réalisé en estimant la date de débournement, sur le terrain. Au total, 15 sorties ont été

réalisées tous les 10 jours, nous avons examiné soigneusement le feuillage des deux cépages. Tous les prélèvements et les observations ont été réalisés de 9 heures à 13 heures.

## 3. Détermination des espèces inventoriées

Les spécimens ainsi collectés sont mis dans des flacons contenant du formol à 33% pour être déterminés et dénombrés. Chaque spécimen a été identifié par des spécialistes de l'entomofaune viticole par recours aux collections de références de l'Ecole National Supérieure Agronomique (Alger) et sur la base de la littérature spécialisée notamment celle de Sentenac (2011), Huber (1993) Triapitsyn (2006) Hansson et Navone (2017), Delvare (2006), Nusillard (2006), Ferran (2009), Baroad *et al.* (2016), Joposhvili (2014), Vaduvoiu et Metrea (2013), DellaGiustina (1989), Notton *et al.* (2014), Doganlar (2013), Kavallieratos *et al.* (2013), Saguez *et al.* (2015), Raspus et Bouček (1991), Stary et Schlinger (1966, 1967), Ward (2013), Perkins (1976), Derolez *et al.* (2014) et Villiers (1977).

## 4. Analyses statistiques

L'analyse statistique a concerné l'évaluation des abondances des groupes fonctionnels des cépages Syrah et Cabernet sauvignon.

Les analyses de la variance ont été réalisées sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%).

Les effets du cépage et de l'indice phénologique sur la richesse spécifique et les cascades trophiques ont été testés par analyse de variance. Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%. La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les calculs ont été déroulés par le logiciel XLSTAT vers. 9 [15]. La tendance de la variation des assemblages dictés par l'indice phénologique des cépages a été établie par une analyse factorielle des correspondances (DCA). La projection des variables sur les deux axes de l'analyse multivariées a été conduite par le logiciel (PAST vers. 1.37) [16].

## RÉSULTATS

### 1. Etude de l'entomocénose dans un agro écosystème viticole

Les données présentées concernent essentiellement le complexe entomologique fonctionnel de deux parcelles de vigne (Syrah et Cabernet sauvignon) non entretenue dans la Mitidja occidentale. Le dispositif de l'échantillonnage destructif a été mis en place entre avril et août 2016 et les prélèvements ont été effectués chaque 10 jour. L'analyse portera sur l'ensemble du peuplement de l'entomocénose, à la fois sur le plan qualitatif que quantitatif. Au cours de cette étude, 1905 individus ont été inventoriés, dont 1156 individus ont été signalés sur Cabernet sauvignon et 749 individus ont été signalés sur Syrah. Cette disponibilité a met en évidence la complexité de distribution des espèces en fonction des stades végétatifs (Tableau 2).

### 2. Influence du stade phénologique sur la disponibilité de l'entomocénose

Du point de vue numérique, les phases phénologiques des différentes variétés étudiées recrutent une disponibilité entomocénotique significativement contrastée. Ainsi, sur Syrah, les stades floraison, fin nouaison et récolte ont enregistré les taux d'abondance les plus importants avec des valeurs respectives 17,89%, 19,89% et 31,24% (Fig. 2a). Par ailleurs, sur Cabernet sauvignon, les stades phénologiques bourgeons floraux séparés, floraison, fermeture de la grappe et récolte ont affiché les fortes disponibilités avec des taux respectives de 15,65%, 12,46, 12,19% et 15,39% (Fig. 2b).

Tableau 2: Abondance globale de l'entomocénose en fonction des stades végétatifs de la vigne

		Stades phénologiques	Abondance globale (Individus)
Stades phénologiques Cabernet sauvignon		Feuilles étalées	111
		Bourgeons floraux	60
		Bourgeons floraux séparés	181
		Début floraison	59
		Floraison	144
		Début nouaison	59
		Nouaison	48
		Fin nouaison	119
		Fermeture de la grappe	141
		Maturation	56
		Récolte	178
		<b>Total Cabernet sauvignon</b>	<b>1156</b>
Stades phénologiques Syrah		Bourgeons floraux séparés	81
		Floraison	134
		Fin nouaison	149
		Fermeture de la grappe	72
		Maturation	79
		Récolte	234
		<b>Total Syrah</b>	<b>749</b>
		<b>Total disponibilité globale</b>	<b>1905</b>

### 3. Effet variétale sur la disponibilité des groupes fonctionnels

Du point de vue fonctionnalité de l'entomocénose des espèces folivores, les résultats ont montré que le cépage influence significativement la structure des réseaux trophiques. Ainsi, sur cépage Syrah, la structure des différentes guildes a montré une fluctuation très contrasté (Test One-way Anova,  $p < 1\%$ ), les consommateurs primaires (CI) et les consommateurs secondaires (CII) ont dominés l'entomocénose folivore en affichant des disponibilités moyennes respectives 25,15 et 28,15.

Outres, les groupes fonctionnels dominants, les résultats ont distingués la présence d'un unique groupe fonctionnel supplémentaire entre autres les successeurs (SUC), qui ont affiché une très faible disponibilité moyenne 1,15 (Fig. 3a). En revanche, le réseau trophique installé sur le cépage Cabernet sauvignon semble plus équilibré du faite de la présence de divers groupes fonctionnels.

Les guildes formant les groupes fonctionnels ont affiché une gradation négative en termes de disponibilité moyenne.

Les consommateurs primaires (CI) ont dominé le réseau trophique par 41,60 individus, secondé par les consommateurs secondaires (CII) avec 26,53 individus, suivi par les consommateurs tertiaires (CIII) avec 0,07 individus, et enfin les successeurs et les trophobiantes avec des abondances moyennes respectives de 3,27 et 3,73 (Fig. 3b).

Les résultats des rang-fréquence, des groupes fonctionnels de l'entomocénose des espèces folivores de Syrah et de Cabernet sauvignon, montrent un ordre d'arrivée écologique apparent. Ainsi, Les probabilités associées au modèle naturel de MOTOMURA, nous renseignent de la stabilité ou de la perturbation des guildes par leur rapprochement ou détachement du modèle naturel (ligne de régression).

Cependant, les valeurs de pente, nous informent des écarts de fréquence des différentes guildes (dénivellation numérique) (Fig. 3a' et 3b').

D'une manière générale, les guildes évoluant sur le cépage Syrah, signalent un dysfonctionnement dans la succession des assemblages. Etant très stable, l'absence de dénivellation numérique et l'arrivée précoce des consommateurs secondaire (CII) par rapport aux consommateurs primaires (CI), confirme le dysfonctionnement de la cascade trophique (Fig. 3a'). En revanche, les guildes recrutées sur le cépage Cabernet sauvignon, semblent écologiquement stables et bien structurées par référence à la gradation négative de la disponibilité des guildes des groupes fonctionnels (Fig. 3b').

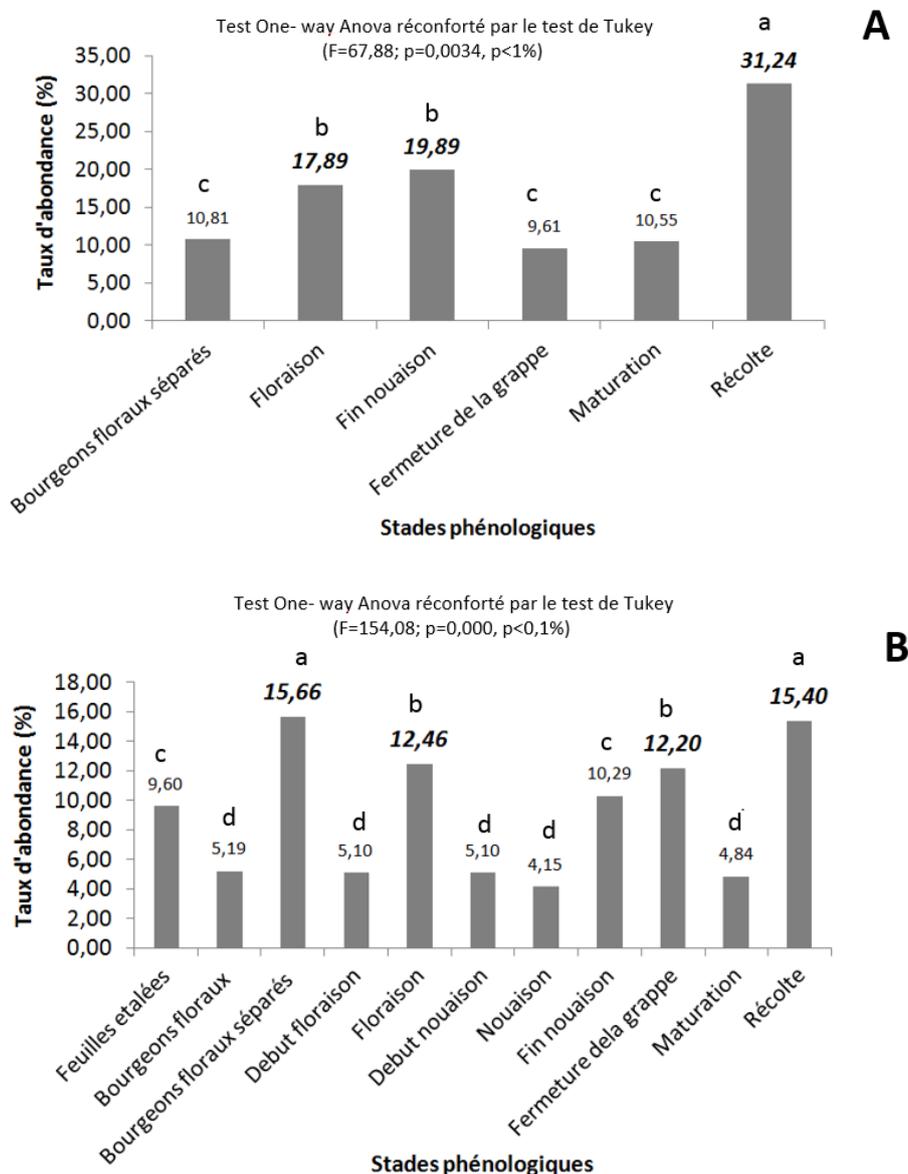


Figure 2: Disponibilité globale des espèces folivores selon la phénologie  
(a) Cépage Syrah, (b) Cépage Cabernet sauvignon

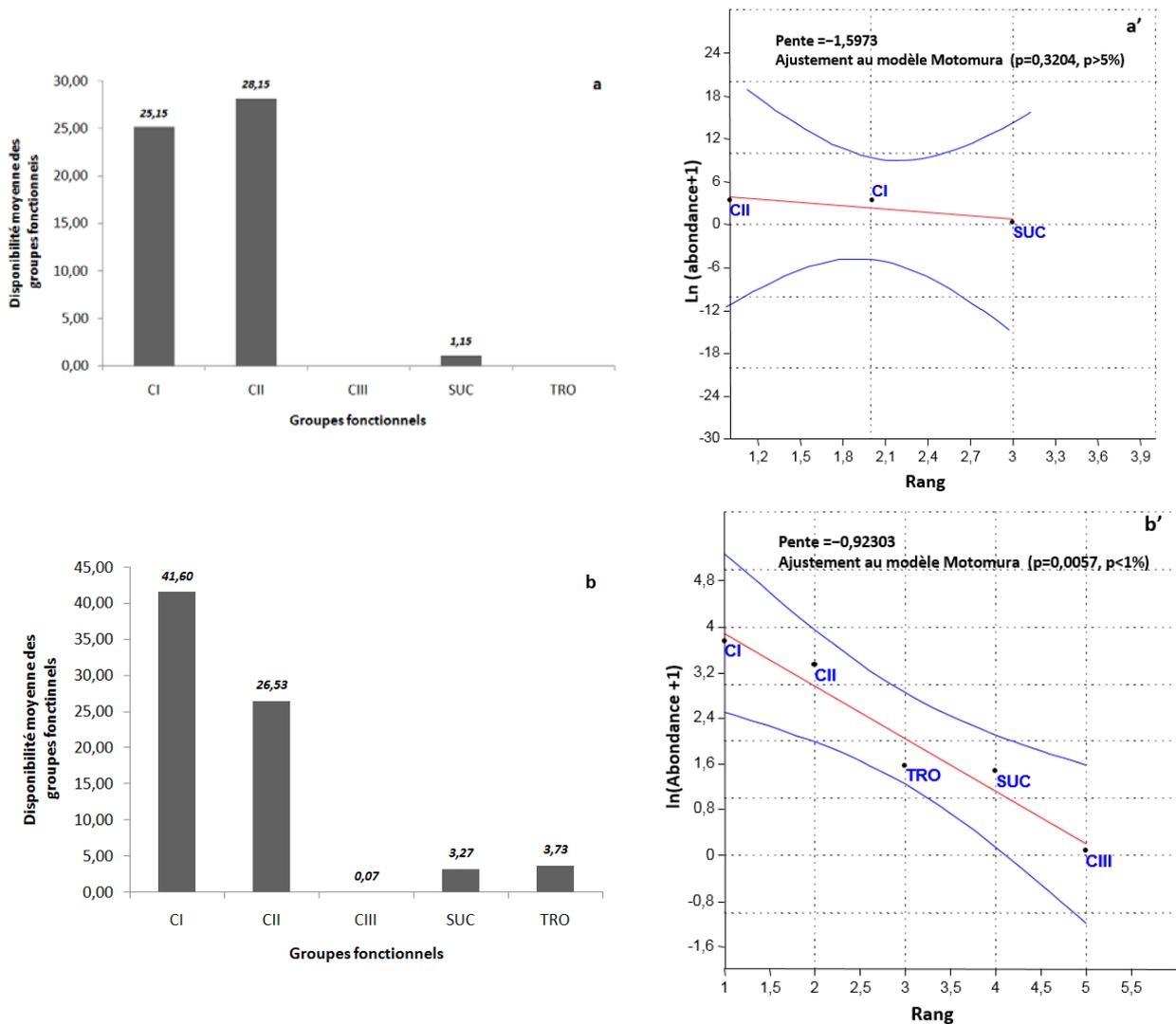


Figure 3: Taux et stabilité écologique des groupes fonctionnels (a, a') Cepage Syrah, (b, b') Cepage Cabernet sauvignon

#### 4. Effet de l'indice phénologique sur la structuration des réseaux trophiques

Les profils du groupe fonctionnel des consommateurs primaires (CI) établis sur l'ensemble des stades phénologiques ont affichés des dominances numériques décroissantes dès le stade de nouaison. Durant les stades phénologiques maturation et récolte les profils dominants ont été enregistrés au profit des consommateurs secondaires CII. Les successeurs ont été signalés durant le début du cycle phénologique de Syrah plus précisément durant les stades bourgeons floraux séparés et floraison (Fig. 4a).

Concernant la structuration des réseaux trophiques sur le cépage Cabernet sauvignon, les résultats ont signalé les mêmes tendances de structuration par comparaison au cépage Syrah.

La similitude qui a été signalée concerne la diversité du réseau trophique au début du cycle phénologique de Cabernet sauvignon d'une part, et d'autres parts l'hégémonie des consommateurs primaire CI au détriment des consommateurs secondaires CII. Chez Cabernet sauvignon, les stades feuilles étalées, bourgeons floraux et bourgeons floraux séparés ont signalé la présence de divers groupes fonctionnels notamment les consommateurs primaires CI, les consommateurs secondaires CII, les successeurs SUC et les trophobiantes TRO. Cependant, les consommateurs tertiaires CIII, ont été signalés en faible présence numérique durant le stade phénologique feuilles étalées. En revanche, les consommateurs primaires CI se sont affichés en abondance numérique très importante durant les stades bourgeons floraux séparés, floraison et fermeture de la grappe (Fig. 4b).

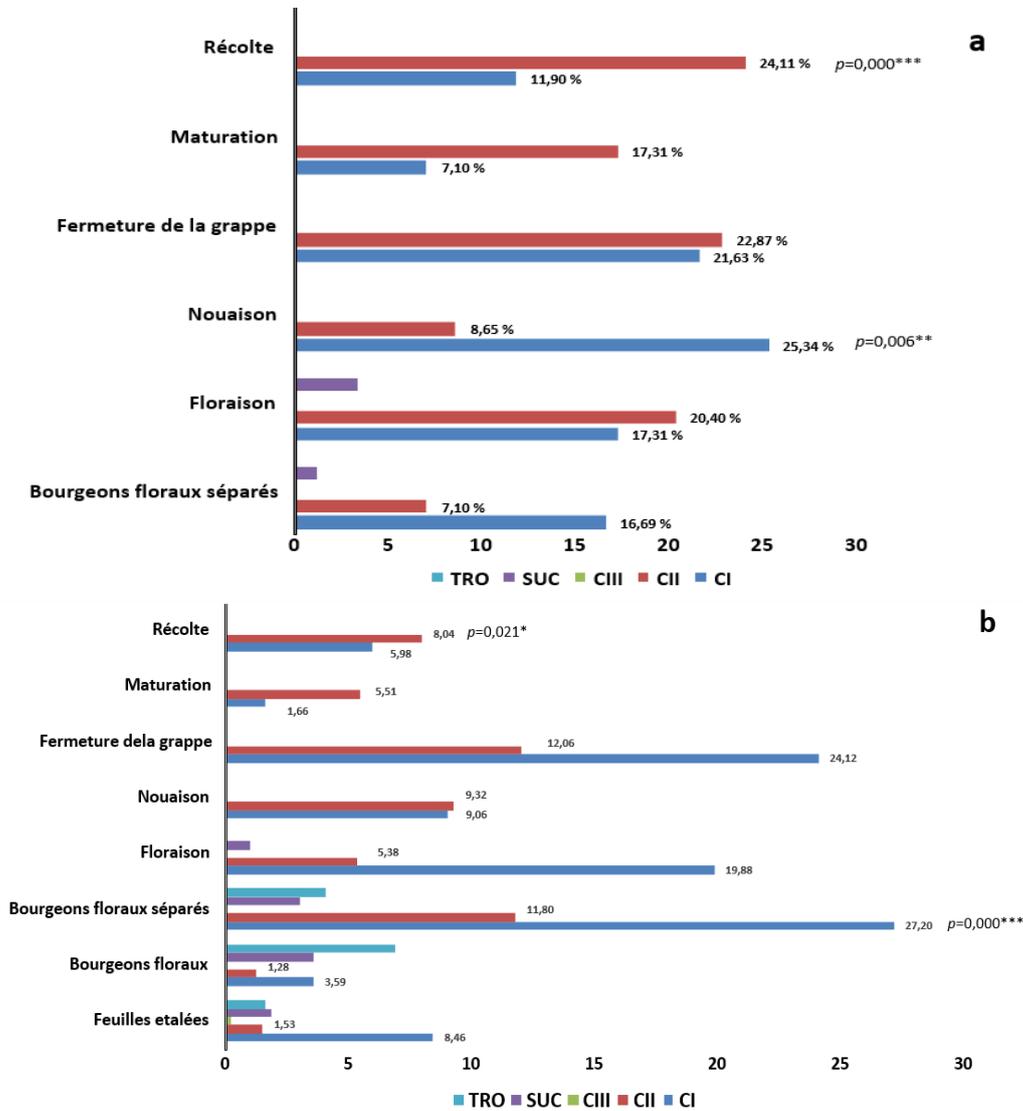


Figure 4: Structuration trophiques selon l'indice phénologique des cépages  
(a) Cépage Syrah, (b) Cépage Cabernet sauvignon

### 5. Distribution spatio-temporelle des guildes

Nous avons analysé la distribution et la composition des communautés sur la base d'une matrice globale établie à partir des données d'abondance temporelle des taxons nuisibles et bénéfiques répertoriés le long d'expression végétative des cépages. La matrice analysée représente au total 13 relevés et 20 familles (13 familles de consommateurs primaires et 7 familles de consommateurs secondaires). Sur la base de cette matrice, nous avons réalisé un cluster d'après la méthode de Ward. D'après la droite de troncature choisie, le cluster met en évidence 2 assemblages d'indice phénologique distincts (Fig. 5). Le premier assemblage est recruté uniquement sur le cépage Cabernet sauvignon.

Il coïncide avec le stade feuille étalée (FE\_C) et le stade bourgeons floraux (BF\_C). L'assemblage se distingue par une communauté essentiellement composée de consommateurs primaires (*Tettigoniidae*, *Scarabaeidae*, *Pamphagidae*, *Lygaeidae*, *Chrysomelidae* et *Thripidae*) et dans une moindre mesure de consommateurs secondaires (*Vespidae*, *Trombidiidae*, *Coccinellidae*, *Chrysopidae* et *Cecidomyiidae*). Le deuxième pool se distribue sur l'ensemble des indices phénologiques (bourgeons floraux séparés, floraison, Nouaison, fermeture de la grappe, maturation, récolte), pareillement sur le cépage Syrah comme sur le cépage Cabernet sauvignon. Il rassemble principalement des *Tetranychidae*, des *Aphididae*, des *Coccidae*, des *Aleyrodidae*, des *Cicadellidae*, des *Phylloxeridae*, des *Pseudococcidae*, des *Tydeidae* et des *Phytoseiidae*.

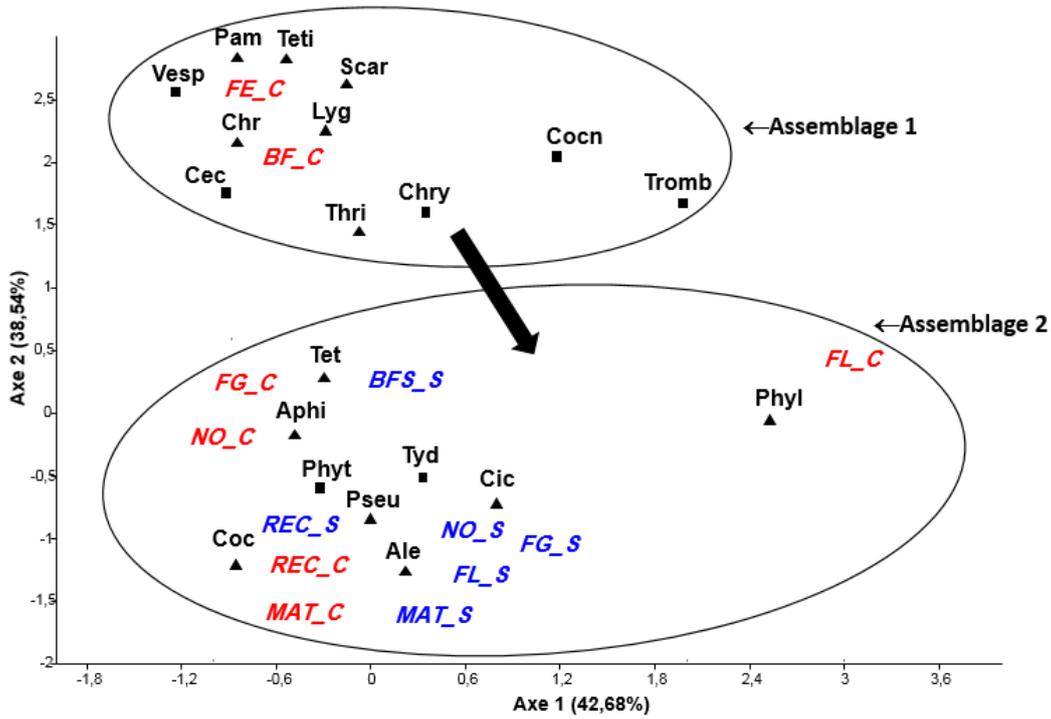


Figure 5 : Projection des principaux groupes fonctionnels sur les deux axes de la DCA

BFS\_S:(Bourgeons Floraux Séparés), FL\_S:(Floraison Syrah), NO\_S:(Nouaison Syrah), FG\_S:(Fermeture de la grappe Syrah), MAT\_S:(Maturation Syrah), REC\_S:(Récolte Syrah), FE\_C:(Feuilles étalées Cabernet sauvignon), BF\_C:(Bourgeons Floraux cabernet sauvignon), FL\_C:(Floraison cabernet sauvignon), NO\_S:(Nouaison cabernet sauvignon), FG\_S:(Fermeture de la grappe cabernet sauvignon), MAT\_S:(Maturation cabernet sauvignon), REC\_S:(Récolte cabernet sauvignon), *Tet* (*Tetranychidae*), *Teti* (*Tettigoniidae*), *Chr* (*Chrysomelidae*), *Scar*:(*Scarabaeidae*), *Pam*:(*Pamphagidae*), *Lyg*:(*Lygaeidae*), *Aphi*:(*Aphididae*), *Ale*:(*Aleyrodidae*), *Coc*:(*Coccidae*), *Cic*:(*Cicadellidae*), *Phyl*:(*Phylloxeridae*), *Pseu*:(*Pseudococcidae*), *Thri*:(*Thripidae*). ▲: les consommateurs primaires. Cec:(*Cecidomyiidae*), *Vesp*:(*Vespidae*), *Tromb*:(*Trombidiidae*), *Cocn*:(*Coccinellidae*), *Chry*:(*Chrysopidae*), *Phyt*:(*Phytoseiidae*), *Tyd*:(*Tydeidae*). ■: les consommateurs secondaires

Sur l'ensemble du gradient de succession, la forme de la relation entre richesse spécifique en groupes fonctionnels et la biomasse (productivité des cépages), la figure 6, montre une relation unimodale. Ce résultat prédit que la majorité des familles représentant les différents groupes fonctionnels sont recrutées en phase de feuille étalée et de formation des bourgeons floraux,

alors qu'un infime pool s'établit en fin de cycle végétatif coïncidant avec les indices phénologiques, maturation et récolte identifiés comme laps temporel de moindre disponibilité en ressources (Fig. 6a et b). La même figure, montre l'absence de pool d'espèce durant la forte disponibilité en ressources (Fig. 6a et b).

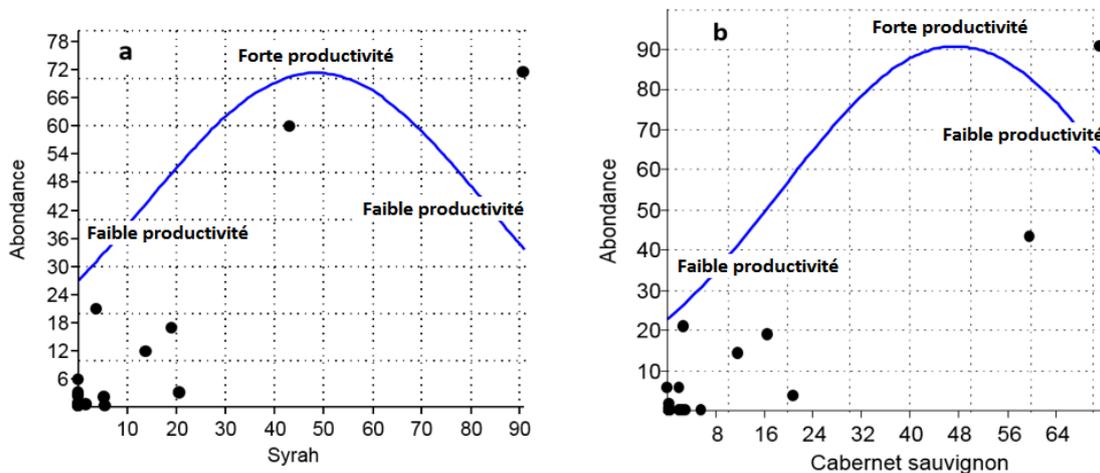


Figure 6: Gradient de pool d'espèce selon l'indice phénologique par cépage

## DISCUSSION

L'inventaire entomofaunique des espèces folivores au niveau des différents stades phénologiques attirent des abondances très contrastées. Cependant, la diversification des groupes fonctionnels dépend du degré de la phytophagie des consommateurs primaires et du nombre de chaînes alimentaires. Nous estimons que les pools d'espèces installés se sont organisés selon un gradient alimentaire en référence au support nourricier. Cette hypothèse a été très documentée à travers le concept de fenêtre phénologique qui stipule que le développement phénologique des feuilles a une influence très marquée sur les insectes qui s'en nourrissent. Selon Collinge & Lauda [17] et Maclauchlan & Borden [18], la fenêtre phénologique a particulièrement été étudiée à partir d'insectes folivores. Pour ces espèces, leur développement est substantiellement influencé par la variation de la qualité biochimique à l'intérieur des feuilles. Pour une espèce phytophage, ces changements impliquent une variation dans la qualité de sa nourriture [19]. En général, plus la saison de croissance avance, plus la qualité de la ressource diminue [20, 21 et 22]. C'est ce qui explique le grand nombre d'espèces printanières qui profitent de cette période où la ressource est riche en qualités nutritives. En somme, il y aurait une période autour d'un point plus ou moins précis dans le développement saisonnier de la plante, qui correspondrait à une qualité optimum pour la fitness d'une espèce phytophage. On appelle cette période la fenêtre phénologique de susceptibilité [20, 21 et 22], puisque la phénologie est la séquence des changements qui s'opèrent dans le cycle annuel saisonnier d'une plante. De plus, le phytophage doit composer avec une communauté d'organismes pouvant nuire à son développement (compétition intra-interspécifiques, parasitisme, prédation).

Selon Hunter et Elkinton [22], une population de prédateurs interfère avec la période optimale conférée par la plante et de ce fait déplace cet optimum.

La structuration des réseaux trophiques installés sur le cépage Syrah semble parfois déséquilibrer, cet état de fait incrimine les actions anthropiques qui entraînent de graves préjudices aux équilibres fondamentaux des agroécosystèmes. En effet, les pratiques agricoles mises en œuvre au niveau de la parcelle, labour, fertilisation, pâturage, etc. peuvent être considérées comme des facteurs

du milieu particuliers qui agissent sur l'écologie des communautés (trait-environnement) [23]. Ces facteurs sont considérés comme des filtres qui vont déterminer la composition des communautés locales à partir du pool d'espèces disponibles à un niveau local. D'après Belyea & Lancaster et De Bello *et al.* [24 et 25], la richesse spécifique d'une guilda particulière, dépend de deux grands types de facteurs (i) le pool d'espèces disponibles, (ii) les interactions écologiques, qui trient les espèces capables de coexister dans la communauté à partir de ce pool. Les conditions abiotiques et les interactions biotiques sont les deux forces principales qui contribuent au "filtre écologique". La notion de filtre avancé s'opère non pas sur les espèces, mais sur les traits que portent ces espèces. Chaque filtre spécifique (régime de perturbation, fertilisation, interactions entre organismes, etc.) porte sur certains traits appelés "traits de réponse". Ce modèle stipule que deux combinaisons de conditions conduisent à une faible structuration des réseaux trophiques: (i) celles pour lesquelles les populations locales disparaissent car elles ne sont pas capables de récupérer après une perturbation dans des conditions de faible croissance démographique et (ii) quand les populations locales deviennent rares ou disparaissent par exclusion compétitive, ce qui se produit plus rapidement dans des conditions de forte croissance démographique lorsque les perturbations sont peu fréquentes. Les effets de ces processus très différents sont de réduire la diversité aux extrémités des gradients de productivité et de perturbations. Dans la portion centrale des gradients, les effets de ces deux processus sont réduits, et le nombre d'espèces qui peuvent coexister dans ces conditions hors équilibre peut être beaucoup plus élevé. Ce modèle conduit à un certain nombre de prédictions concernant la variation de la richesse spécifique le long de gradients de perturbations et de productivité

Sur un fond de perturbation de la succession des cascades trophiques signalée sur les deux cépages, et confirmé par un fort recrutement des groupes fonctionnels dans des habitats à moindre disponibilité, et leur absence dans des habitats à forte disponibilité en ressources. Ceci s'identifie dans les propos rapportés par divers auteurs stipulant, que les assemblages des communautés sont sous la dépendance de trois mécanismes principaux que sont la compétition interspécifique [26, 27 et 28], la disponibilité en ressources [29, 30 et 31] et le

niveau de perturbations [32, 28 et 33]. Ces trois principaux mécanismes sont responsables des différents niveaux de richesse spécifique. Or les modifications de la composition et de la richesse spécifique, consécutives aux activités humaines, ont pris un intérêt croissant face aux questions sur la persistance des communautés et le maintien de leur productivité [34, 35, 36 et 37]. Nous rejoignons les conclusions de Marage & Brun [38] et Guo & Berry [39], qui démontrent que le lien entre richesse spécifique et productivité obéissent aux mécanismes de coexistence, de mutualisme. Aussi, ils soulignent que la relation entre richesse spécifique et biomasse dépend étroitement de l'étendue du gradient environnemental étudié (gradient d'indice phénologique).

## CONCLUSION

Les cascades trophiques dont la succession vient d'être étudiée ne représentent pas, des cas isolés particulièrement démonstratifs ; ils illustrent au contraire un fait très général : compte tenu de l'existence de gradients environnementaux et des facteurs de perturbation. Il nous semble que la persistance de ces phénomènes peut conduire à l'appauvrissement faunistique dans les agroécosystèmes.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Galet P. (1993). *Précis de viticulture*. 6<sup>ème</sup> Ed. Déhan, Montpellier. 575pp
- [2]. ATTIA F. (2007). Effet du stress hydrique sur le comportement ecophysiologique et la maturité phénologique de la vigne *Vitis vinifera* L: Etude de cinq cépages autochtones de Midi- Pyrénées. Thèse de Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse. 185p
- [3]. El Heit K. (1981). Le vignoble algérien : problèmes de la reconversion. Thèse de Doctorat de 3eme cycle. Université de la Sorbonne. 272p
- [4]. LER Y. (1982). *L'agriculture au Maghreb G.P.* Ed. Maisonneuve et Larose. pp284-286.
- [5]. Blouin J. (2005). Les parasites de la vigne. Stratégie de protection raisonnée. Traduit de l'espagnol sous la direction de Daniel Gouadec par Gaulou-Brain. *J et Amos-Sanchez*. A.2007 :138-147.
- [6]. ZIANI J. (2008). Application de *Beauveria bassiana* contre la punaise terne *Lygus lineolaris* (palisot de beauvois) (Hémiptères: Miridés) dans les vignobles. Mémoire comme exigence partielle de la maîtrise en biologie Université du Québec à Montréal. 70p
- [7]. Coutin R. (2002). Acariens et insectes de la vigne. *Insectes*, 126 (3) : 20-23
- [8]. Stam J.M., Kroes A., Li Y., Gols R., Van Loon J.J., Poelman E.H. and Dicke M. (2014). Plant Interactions with Multiple Insect Herbivores: From Community to Genes. In *Annu. Rev. Plant Biol*, 65 : 6-1.
- [9]. Janz N. and Nylin Sö. (1997). The role of female search behaviour in determining host plant range in plant feeding insects: a test of the information processing hypothesis. In *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 264:701-707.
- [10]. Awmack C.S. and Leather S.R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. In *Annualreview of entomology*, 47: 817-844
- [11]. Wallin K. and RAFFA K. (2004). Feedback between individual host selection behavior and population dynamics in an eruptive herbivore. In *Ecological monographs*, 74: 101-116.
- [12]. Sauvion N., Calatayud P.-A., Thiéry D. and Marion-Pol F. (2013). Interactions insectes-plants. Versailles, IRD ; Quae, pp. 551-563
- [13]. Lefèvre F., Boivin T., Bontemps A., Courbet F., Davi H., Durand-Gillmann M., Fady B., Gauzere J., Gidoïn C., Karam M.-J., Lalagüe H., Oddou-Muratorio S. and Pichot C. (2013). Considering evolutionary processes in adaptive forestry. In *Annals of Forest Science*, p. 1-17.
- [14]. Bastide A. (1989). *Méthodologie d'échantillonnage sur terrain sur terrain*. Ed Masson. Paris, 280p.
- [15]. SPSS Inc. (2016) –SYSTAT 4.00 for windows, statistics and graphics.
- [16]. Hammer O., Harper D.A.T. and Ryan P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4:1-9 pp.
- [17]. Collinge S.K. and LOUDA S.M. (1989). Influence of plant phenology on the insect herbivore/bittercress interaction. *Oecologia*, 79(1): 111-116.
- [18]. Maclauchlan L.E. and Borden J.H., (1995). Discrimination between pine shoots with and without oviposition by *Pissodes terminalis* hopping (Coleoptera: Curculionidae). *Cano Entomol.*, 127: 267-269.

- [19]. **HOUSE H.L. (1965)**. Insect nutrition. In: *The Physiology of Insecta*, Vol. 2, M. Rockstein, ed., Academic Press, New York, pp, 769-813.
- [20]. **Feeny PP. (1976)**. Plant apparency and chemical defence. In *Wallace JW, Mansel RL, eds. Biochemical Interactions between Plants and Insects*. Plenum Press, 1-40
- [21]. **Lawrence R.K., Mattson W.J. and Haack R.A. (1997)**. White spruce and the spruce budworm: defining the phenological window of susceptibility. *Cano Entomol.*, 129: 291-318.
- [22]. **Hunter A. F. and Elkinton S. (2000)**. Effects of synchrony with host plant on populations of spring-feeding lepidopteran. *Ecology*, 81(5):1248-1261.
- [23]. **Weihner E. and Keddy P. A. (1999)**. Relative Abundance and Evenness Patterns along Diversity and Biomass Gradients. *Oikos*, 87(2): 355-361.
- [24]. **Belyea L. R. and Lancaster J. (1999)**. Assembly Rules Within a Contingent Ecology. *Oikos*, 86: 402-416.
- [25]. **De Bello F., Leps J. and Sebastia M.T. (2006)**. Variations in species and functional plant diversity along climatic and grazing gradients. *Ecography*, 29: 801-810.
- [26]. **Grime J.P. (1973)**. Control of species diversity in herbaceous vegetation. *J. Environm. Manag.*, 1: 151-167.
- [27]. **Newman E.I. (1973)**. Competition and diversity in herbaceous vegetation. *Nature*, 244: 310-311.
- [28]. **Grime J.P. (1979)**. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley and Sons, New York, 222 p.
- [29]. **Tilman D. (1985)**. The resource ratio hypothesis of succession. *Amer. Nat.*, 125:827-852.
- [30]. **Tilman D. (1997)**. Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology*, 78: 81- 92.
- [31]. **Tilman D., Knops J., Wedin D., Reich P., Ritchie M., and Siemann E. (1997)**. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277: 1300-1302.
- [32]. **Connell J.H. (1978)**. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science*, 199: 1302-1309.
- [33]. **Pickett S.T.A., Kolosa J., Armesto J.J., and Collins L. (1989)**. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos*, 54: 129-136.
- [34]. **Mooney H.A. and Godron M. (1983)**. Disturbance and ecosystems. *Components of response*. Springer-Verlag, Berlin, 292 p.
- [35]. **Mcnaughton S.J. (1993)**. Biodiversity and function of grazing ecosystems. In: *Biodiversity and ecosystem function. Ecological studies*, Springer-Verlag, Heidelberg, 99:361-384.
- [36]. **Mooney H.A., Cushman J., Medina E., Sala E.O and Schulze E.D. (1996)**. Functional roles of biodiversity: a global perspective. In: *Functional roles of biodiversity: a global perspective*. Wiley & Sons, SCOPE, Chichester, 493.
- [37]. **Schulze E.D., Bazzaz F.A., Nadelhoffer K.J., Koike T. and Takatsuki S. (1996)**. Biodiversity and ecosystem function of temperate deciduous broad-leaved forests. In: *Functional roles of biodiversity: a global perspective*. Wiley & Sons, Chichester, 71-98.
- [38]. **Marage D. et Brun J.-J. (2007)**. Relation entre productivité et richesse spécifique du tapis herbacé au cours d'une succession écologique dans les Alpes du Sud françaises. *Acta Botanica Gallica*, 154(2) : 275-292,
- [39]. **Guo Q. and Berry W.L. (1998)**. Species richness and biomass: Dissection of the hump-shaped relationships. *Ecology*, 79 :2555-2559.