

# Développement de la végétation spontanée après travail du sol ou désherbage chimique : I Structure des communautés d'espèces adventices

## Sommaire

---

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>5.1</b> | <b>Introduction du chapitre . . . . .</b>   | <b>161</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Effet de facteurs agro-pédologiques sur la distribution spatiale des espèces</b>     | <b>162</b> |
| 5.2.1      | Introduction . . . . .  | 162        |
| 5.2.2      | Matériel et méthodes . . . . .  | 162        |
| 5.2.2.1    | Méthode d'échantillonnage . . . . .   | 162        |
| 5.2.2.2    | Méthode d'échantillonnage pour les relevés floristiques . . . . .                       | 164        |
| 5.2.2.3    | Traitement des données et analyses statistiques pour l'étude des communautés . . . . .  | 164        |
| 5.2.3      | Résultats . . . . .   | 167        |
| 5.2.3.1    | Effet de la saison . . . . .  | 167        |
| 5.2.3.2    | Effet de l'entretien du sol . . . . .   | 169        |
| 5.2.3.3    | Effet du type de sol . . . . .  | 171        |
| 5.2.3.4    | Les espèces majoritaires selon les croisements entretien du sol - type de sol . . . . . | 173        |
| 5.2.4      | Discussion et conclusion . . . . .  | 174        |
| <b>5.3</b> | <b>Evolution temporelle des communautés floristiques des agrosystèmes . . .</b>         | <b>175</b> |
| 5.3.1      | Introduction . . . . .  | 175        |
| 5.3.2      | Matériel et méthodes . . . . .  | 175        |
| 5.3.2.1    | Protocole des relevés floristiques réalisés en 1979 . . . . .                           | 175        |
| 5.3.2.2    | Les modes d'entretien du sol en 1979 . . . . .  | 176        |
| 5.3.2.3    | Méthode de comparaison des relevés floristiques . . . . .                               | 176        |
| 5.3.3      | Résultats . . . . .   | 177        |
| 5.3.3.1    | Coefficients de rémanence et coefficients de transformation (tableau 5.4)               | 177        |
| 5.3.3.2    | Fréquences et abondances des espèces rémanentes . . . . .                               | 177        |
| 5.3.3.3    | La transformation des communautés . . . . .   | 179        |
| 5.3.4      | Discussion et conclusion . . . . .  | 179        |
| <b>5.4</b> | <b>Conclusion sur la structure des communautés d'espèces adventices . . . .</b>         | <b>180</b> |

---



# Chapitre 5

## Développement de la végétation spontanée après travail du sol ou désherbage chimique : I Structure des communautés d'espèces adventices

### 5.1 Introduction du chapitre

L'infiltrabilité de la surface d'un sol dépend notamment de sa couverture herbacée (Albergel et al., 1985), qui augmente en règle générale la capacité d'infiltration du sol par son effet positif sur la structure porale du sol. Cet effet dépend naturellement de l'importance de la couverture herbacée et de sa nature. L'organisation en rangées des vignes et la structure spatiale de la plante induit une faible couverture du sol par la plante cultivée. Le sol y est susceptible de présenter une couverture herbacée importante, qui présente dans les zones méridionales un risque de concurrence hydrique avec la vigne durant sa phase végétative (de mars à septembre). Deux stratégies de gestion du couvert herbacé existent.

L'une favorise le développement du couvert dans des situations et des périodes où l'enherbement participe à la gestion du sol (amélioration de ses propriétés physiques) et ne provoque pas de concurrence trop importante. L'enherbement est alors favorisé en autorisant le développement d'une couverture herbacée naturelle ou par semis d'espèces choisies. Dans les deux cas l'enherbement n'est pas nécessairement permanent car le viticulteur peut être amené à le supprimer par travail du sol ou par désherbage chimique en cas d'apparition d'une concurrence hydrique trop forte.

Une deuxième stratégie est la destruction systématique de tout enherbement naturel afin d'éviter toute possibilité de concurrence. Dans ce cas les destructions s'opèrent tout au long du cycle soit lors des périodes de concurrence, soit parce que des opérations qui ont d'autres objectifs (comme décompacter le sol par exemple) nécessitent une telle destruction. Par conséquent, les couverts herbacés des parcelles viticoles non volontairement enherbées sont très variables (nature des espèces, recouvrement ...) dans le temps selon des cycles de «destruction - pousse». Cette variabilité est également spatiale du fait de la coexistence de différentes modalités d'entretien du sol à l'intérieur d'une même parcelle (rangs, inter-rangs) et donc de gestions différentes du couvert herbacé (moyens de destruction, dates d'intervention).

Ainsi, du fait de stratégies d'entretien du sol et de caractéristiques parcellaires variables, les caractéristiques des couvertures herbacées des parcelles viticoles peuvent être fortement hétérogènes dans l'espace et le temps. Il importe de pouvoir déterminer la dynamique spatiale

et temporelle de ces couverts herbacés pour évaluer la variabilité résultante de l'infiltrabilité du sol à l'échelle d'un territoire viticole. Dans cet objectif, nous avons analysé dans une première phase la structure des communautés d'adventices afin de pouvoir dans une deuxième phase développer une modélisation ad hoc de leur germination et de leur croissance à la suite des opérations de destruction. En effet, un couvert herbacé est composé de différentes espèces et sa composition floristique peut varier dans l'espace et dans le temps. Il est donc nécessaire d'étudier, préalablement à la représentation de sa dynamique, comment est structuré ce couvert herbacé. Pour ce faire, nous avons procédé (i) à une étude spatiale pour évaluer l'effet des modes d'entretien du sol et des types de sol sur les compositions à l'échelle d'ensemble de parcelles viticoles et d'un cycle cultural; puis (ii) à l'analyse de la stabilité des compositions floristiques sur le long terme en comparant nos observations à des observations réalisées il y a 30 ans sur des parcelles viticoles dont les systèmes de cultures étaient comparables à ceux observés au cours de la thèse.

## 5.2 Effet de facteurs agro-pédologiques sur la distribution spatiale des espèces

### 5.2.1 Introduction

Des travaux antérieurs ont permis de caractériser la flore des vignes (e.g. Beuret, 1981 en Suisse; Espirito-Santo et al., 1990 au Portugal; Maillet, 1992 dans le Languedoc-Roussillon) mais les espèces d'adventices diffèrent entre zones géographiques. Il est donc difficile de s'appuyer sur ces résultats pour estimer la composition floristique de la zone étudiée. De plus, d'autres travaux ont montré que l'entretien du sol et les modalités de gestion des adventices influent sur les communautés floristiques (e.g. pour les cultures pérennes en rangées, Mas et al, 2007; Gago et al., 2007; Baumgartner et al., 2008). Les propriétés des sols conditionnent également la composition floristique des parcelles cultivées (e.g. Andreasen et al., 1991). Finalement, Fried et al. (2008) indiquent que les facteurs déterminants des communautés d'adventices sont très dépendants des échelles d'étude (groupe de parcelles, région, pays). Par conséquent, une étude des communautés floristiques de la zone d'étude s'est avérée nécessaire. Les facteurs environnementaux et agronomiques couramment identifiés comme influents sur les communautés ont été investigués pour évaluer leurs effets. Ainsi, on a effectué des relevés floristiques sur un bassin versant de taille moyenne (75 km<sup>2</sup>), ce qui permettait d'étudier une diversité de sols conséquente et qui correspond à la diversité de sols que peut avoir à gérer un viticulteur au sein de son exploitation.

### 5.2.2 Matériel et méthodes

#### 5.2.2.1 Méthode d'échantillonnage

La zone d'étude est le bassin versant de la Peyne. Pour étudier la variabilité des communautés floristiques à l'échelle de la zone d'étude, 86 relevés floristiques ont été réalisés en novembre-décembre 2008 dans 82 parcelles gérées par au moins 25 viticulteurs différents et 95 relevés ont été réalisés en juin 2009 dans 75 parcelles gérées par au moins 28 viticulteurs différents (les viticulteurs concernés sont majoritairement les mêmes pour les deux séries de relevés). Ils ont été étalés en 4 passages pour chacune des deux saisons. L'échantillonnage des parcelles a été défini pour analyser la variabilité floristique selon deux facteurs principaux : le mode d'entretien du sol et le type de sol. Il a été réalisé indépendamment pour chacune des

saisons, les parcelles observées n'étant pas forcément les mêmes d'une saison à l'autre.

Les trois modalités d'entretien du sol suivies ont été :

- le travail du sol seul : il est réalisé 2 à 5 fois par an, ceux qui en réalisent 5 associent un travail du sol à l'automne, un à la fin de l'hiver et trois entre le début du printemps et le début de l'été, ceux qui n'en réalisent que deux, les positionnent généralement en fin d'hiver et au printemps. La majorité des travaux du sol sont réalisés avec un outil à dent.
- le désherbage chimique seul : il est aussi appelé non-culture, est généralement réalisé entre fin février et fin avril. La plupart des viticulteurs utilisent une association d'herbicide de pré-levée et de post-levée. Une minorité des surfaces entretenues de cette façon peut recevoir un second désherbage global ou localisé sur les repousses avec un herbicide de post-levée entre début mai et fin juillet.
- l'association travail du sol et désherbage chimique : elle se compose d'un désherbage chimique réalisé entre fin février et fin avril généralement avec un herbicide de post-levée seul et d'un travail du sol réalisé entre début mai et fin juillet. Un second travail du sol peut être réalisé à l'automne.

Les parcelles sélectionnées pour les relevés se caractérisaient par une modalité d'entretien du sol stabilisée depuis au moins 2 ans et les plus jeunes avaient été plantées en 2005. Comme les parcelles appartenaient à des viticulteurs différents, les caractéristiques des vignes (largeur d'inter-rang, palissage, cépage, porte-greffe) étaient variables. De même, les modalités précises d'entretien du sol (outil, intrants, calendrier) étaient variables au sein d'un type.

Les types de sol étudiés ont été sélectionnés selon leur représentativité dans la zone d'étude et sur les caractéristiques qui pouvaient influencer a priori la composition floristique : le pH du sol directement relié à la présence de calcaire actif et l'hydromorphie. Les cinq types de sol retenus ont été :

- les sols développés directement sur les dépôts calcaires du Miocène et sur les glacis colluviaux associés (codé « *MOL* » pour les figures) : ces sols sont moyennement profonds à très profonds, à texture équilibrée, peu caillouteux et calcaires dès la surface. Les mesures réalisées sur 4 profils indiquent des pH supérieurs à 8. Ces sols n'ont pas de tendance hydromorphe dans les horizons de surface.
- Les sols développés dans les dépressions mal drainées (codé « *HYD* » pour les figures) : ces sols sont très profonds, à texture limono-argileuse, à pH neutre à basique et comportant une hydromorphie marquée.
- les sols de la transition Mio-Pliocène développés sur les calcaires lacustres, avec une influence colluviale et/ou fluviatile (codé « *HET* » pour les figures) : ces sols sont très variables tant en profondeur qu'en texture. Leur pH est irrégulièrement neutre à basique et le taux de calcaire actif est variable en fonction de la profondeur d'apparition du calcaire lacustre.
- les sols sur alluvions quaternaires anciennes et argile pliocène (codé « *NTR* » pour les figures) : ces sols sont argileux et souvent caillouteux. Les mesures réalisées sur deux profils montrent des pH variant de 7,5 à 8,5 et des taux de calcaire actif faibles en surface (horizon 0-70 cm).
- les sols sur alluvions « villafranchiennes » très évoluées (codé « *AC* » pour les figures) : ces sols sont profonds, de texture sablo-argileuse et acides, les mesures sur un profil indiquent un pH de 6,5 environ. Le taux de calcaire actif mesuré est nul.

Toutes les parcelles retenues pour les relevés sont choisies pour être représentatives de ces groupes pédologiques. Elles ont été sélectionnées grâce à une carte pédologique au 1/25 000 (Coulouma, 2008 ; Coulouma et al., 2008).

### 5.2.2.2 Méthode d'échantillonnage pour les relevés floristiques

Les relevés floristiques dans les parcelles de vigne ont été réalisés selon la méthode du transect en point contact (figure 5.1) en listant les espèces présentes tous les 10 cm le long d'un transect de 5m. On a donc listé les espèces présentes le long du transect en 51 points. Certaines plantes n'ont pu être identifiées qu'au niveau de leur genre car leur développement était incomplet ou parce qu'elles avaient été endommagées par les traitements d'entretien du sol appliqués.

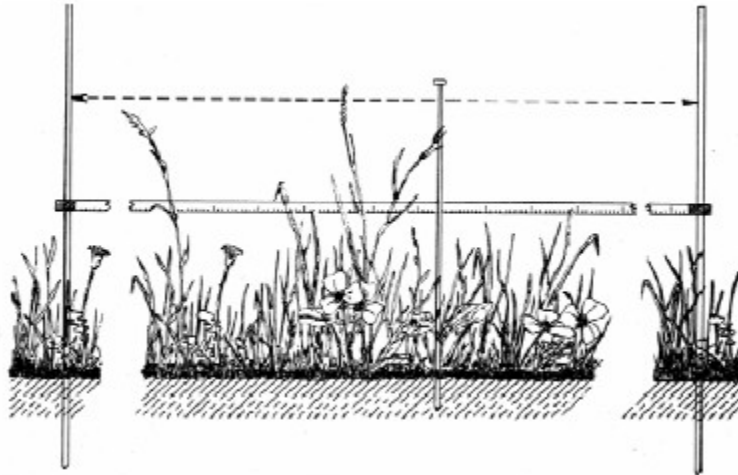


FIGURE 5.1 – Illustration représentant la méthode des points contacts d'échantillonnage de la végétation herbacée en transect linéaire, d'après Hubert (1978).

Tous les relevés ont été réalisés dans les inter-rangs, c'est à dire dans les allées entre les rangs de vignes. Un seul relevé a été réalisé par parcelle et par type d'entretien du sol, une parcelle ne pouvant relever que d'un type de sol. Cependant une parcelle pouvant réunir une à deux modalités d'entretien du sol pour les parties inter-rangs, il a pu être réalisé jusqu'à deux relevés dans une parcelle. L'emplacement du relevé dans la parcelle a été choisi avec l'objectif d'être représentatif de la flore présente sur la surface de la parcelle entretenue selon la modalité étudiée. Les zones en frontière des parcelles ont été évitées.

### 5.2.2.3 Traitement des données et analyses statistiques pour l'étude des communautés

Une communauté est un assemblage de populations coexistantes dans l'espace et dans le temps.

Trois facteurs de variations de ces communautés floristiques ont été étudiés :

- la saison ;
- la modalité d'entretien du sol ;
- le type de sol.

Pour caractériser les communautés et leur variabilité, l'étude s'est basée sur la richesse spécifique, les types biologiques des plantes, la fréquence et l'abondance relative des espèces. Toutes les analyses ont été réalisées avec le logiciel R (Ihaka and Gentleman, 1996). Nous détaillons ci-après la signification des différentes variables observées des communautés et les analyses statistiques basées sur ces variables.

**La richesse spécifique** La richesse spécifique (diversité alpha), c'est à dire le nombre d'espèces présentes, permet d'évaluer la diversité floristique. La richesse spécifique a été calculée pour chaque relevé. Ensuite, pour chaque facteur étudié, on a réalisé une analyse de variance. Si l'hypothèse nulle était rejetée et si le facteur avait plus de 2 modalités, un test de Tukey a été effectué. Ce test de comparaisons multiples sur les moyennes qui est une généralisation du test de Student permet d'identifier quelles sont les modalités dont les moyennes pour la variable étudiée diffèrent significativement.

**Les types biologiques des plantes** Toutes les plantes observées ont été classées selon leur type biologique en utilisant la classification de Raunkiaer (1934).

#### **La classification des types biologiques selon Raunkiaer (1934)**

Cette classification basée sur la situation par rapport au sol du point de croissance de la plante (bourgeon) regroupe cinq classes majeures :

- Phanérophytes : plantes pérennes herbacées ou ligneuses avec des bourgeons persistants à plus de 25 cm au-dessus du sol (arbres et arbustes) ;
- Chamaephytes : plantes vivaces avec des bourgeons ou des apex de feuilles persistants situés très près du sol (moins de 25 cm au-dessus) ;
- Hemicryptophytes : plantes avec des bourgeons persistants situés au niveau du sol ou juste au-dessus (adventices pérennes ou bisannuelles) ;
- Géophytes : plantes avec des bourgeons persistants sur la surface du sol ou en-dessous (bulbe, rhizome, tubercule) ;
- Therophytes : plantes annuelles qui survivent en conditions défavorables sous forme de graines.

Certaines plantes peuvent être rattachées à plusieurs types biologiques, par conséquent on a utilisé les cinq classes majeures et une sixième classe pour les plantes Therophytes/Hemicryptophytes qui peuvent aussi bien avoir un fonctionnement annuel ou bisannuel.

Pour chaque facteur étudié, un test du  $\chi^2$  a été réalisé sur la table de contingence croisant les 6 classes de types biologiques et les modalités du facteur étudié. Ce test permet d'établir la liaison éventuelle entre les différentes modalités du facteur étudié. Il compare la distribution observée des effectifs entre types biologiques pour chaque modalité du facteur à la distribution théorique correspondant à une distribution équilibrée entre chaque modalité du facteur : chaque type biologique est dans une proportion égale quelque soit la modalité du facteur étudié.

TABLE 5.1 – Moyenne de l'abondance, fréquence et types biologiques des espèces à l'automne et au printemps

| Code  | Espèce                         | Automne                          |           | Printemps                        |           | Type biologique            |
|-------|--------------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------------------------|
|       |                                | Moyenne<br>abondance<br>relative | Fréquence | Moyenne<br>abondance<br>relative | Fréquence |                            |
| ALLPT | <i>Allium polyanthum</i>       | 14,60                            | 15,12     | -                                | -         | Geophyte                   |
|       | <i>Allium vineale</i>          | 1,47                             | 2,33      | -                                | -         | Geophyte                   |
| AMARE | <i>Amaranthus retroflexus</i>  | 5,77                             | 22,09     | 20,70                            | 26,60     | Therophyte                 |
|       | <i>Aristolochia clematidis</i> | -                                | -         | 7,01                             | 2,13      | Geophyte                   |
|       | <i>Aster squamatus</i>         | -                                | -         | 3,60                             | 2,13      | Hemicryptophyte            |
| AVESS | <i>Avena spp.</i>              | 1,94                             | 5,81      | 5,34                             | 11,70     | Therophyte                 |
|       | <i>Bothriochloa ischaemum</i>  | 8,29                             | 8,14      | -                                | -         | Hemicryptophyte            |
|       | <i>Bromus spp.</i>             | 4,58                             | 6,98      | 5,81                             | 9,57      | Therophyte                 |
| CLDAR | <i>Calendula arvensis</i>      | 9,31                             | 32,56     | 10,56                            | 6,38      | Therophyte                 |
|       | <i>Capsella bursa-pastoris</i> | 2,84                             | 2,33      | 1,59                             | 1,06      | Therophyte                 |
|       | <i>Cardaria draba</i>          | 38,08                            | 3,49      | 7,11                             | 2,13      | Geophyte                   |
|       | <i>Chenopodium album</i>       | 1,02                             | 1,16      | 9,96                             | 9,57      | Therophyte                 |
| CIRAA | <i>Cirsium arvense</i>         | 5,04                             | 30,23     | 24,29                            | 21,28     | Geophyte                   |
| CONAR | <i>Convolvulus arvensis</i>    | 8,63                             | 54,65     | 37,04                            | 78,72     | Geophyte                   |
| ERICA | <i>Coryza canadensis</i>       | 3,92                             | 17,44     | 18,18                            | 26,60     | Therophyte/Hemicryptophyte |
| ERIFL | <i>Coryza sumatrensis</i>      | 6,56                             | 30,23     | 11,55                            | 27,66     | Therophyte                 |
| CVPSS | <i>Crepis spp.</i>             | 7,16                             | 65,12     | 4,07                             | 17,02     | Therophyte/Hemicryptophyte |
|       | <i>Cynodon dactylon</i>        | 14,80                            | 3,49      | 22,67                            | 5,32      | Hemicryptophyte            |
|       | <i>Dactylis glomerata</i>      | 4,81                             | 4,65      | -                                | -         | Hemicryptophyte            |
| DAUCA | <i>Daucus carota</i>           | 3,93                             | 15,12     | 13,36                            | 10,64     | Hemicryptophyte            |
| DIPER | <i>Diplotaxis erucoides</i>    | 19,53                            | 72,09     | 23,92                            | 35,11     | Therophyte                 |
|       | <i>Dittrichia viscosa</i>      | -                                | -         | 4,55                             | 4,26      | Hemicryptophyte            |
|       | <i>Epilobium tetragonum</i>    | 0,88                             | 1,16      | 3,15                             | 2,13      | Hemicryptophyte            |
| EQURA | <i>Equisetum ramosissimum</i>  | 4,21                             | 6,98      | 23,49                            | 12,77     | Geophyte                   |
| EROCC | <i>Erodium ciconium</i>        | 2,04                             | 17,44     | 15,80                            | 6,38      | Therophyte                 |
| EROCI | <i>Erodium cicutarium</i>      | 7,36                             | 32,56     | 6,49                             | 6,38      | Therophyte                 |
|       | <i>Erodium malacoides</i>      | 2,62                             | 6,98      | 1,15                             | 2,13      | Therophyte                 |
| EPHSS | <i>Euphorbia spp.</i>          | 3,47                             | 23,26     | 15,15                            | 6,38      | Therophyte                 |
|       | <i>Galium parisiense</i>       | -                                | -         | 14,93                            | 7,45      | Therophyte                 |
| GERMO | <i>Geranium molle</i>          | -                                | -         | 4,72                             | 18,09     | Therophyte                 |
| GERRT | <i>Geranium rotundifolium</i>  | 10,64                            | 56,98     | 7,67                             | 4,26      | Therophyte                 |
|       | <i>Heliotropium europaeum</i>  | 3,21                             | 5,81      | 5,27                             | 4,26      | Therophyte                 |
| HORMU | <i>Hordeum murinum</i>         | 9,36                             | 12,79     | 18,39                            | 4,26      | Therophyte                 |
|       | <i>Koeleria phleoides</i>      | -                                | -         | 22,54                            | 3,19      | Therophyte                 |
| LACSE | <i>Lactuca serriola</i>        | 1,91                             | 4,65      | 6,27                             | 18,09     | Therophyte                 |
| LAMAM | <i>Lamium amplexicaule</i>     | 8,41                             | 32,56     | 17,43                            | 4,26      | Therophyte                 |
|       | <i>Lepturus spp.</i>           | 44,39                            | 2,33      | -                                | -         | Therophyte                 |
| LOLSS | <i>Lolium spp.</i>             | 9,96                             | 17,44     | 5,06                             | 11,70     | Therophyte/Hemicryptophyte |
| MALSI | <i>Malva sylvestris</i>        | 11,91                            | 20,93     | 13,76                            | 7,45      | Hemicryptophyte            |
| MEDSS | <i>Medicago spp.</i>           | 7,64                             | 23,26     | 12,73                            | 5,32      | Therophyte/Hemicryptophyte |
|       | <i>Mercurialis annua</i>       | 2,79                             | 2,33      | -                                | -         | Therophyte                 |
| MUSRA | <i>Muscari neglectum</i>       | 7,70                             | 41,86     | -                                | -         | Geophyte                   |
|       | <i>Ononis viscosa</i>          | -                                | -         | 1,03                             | 2,13      | Therophyte                 |
|       | <i>Papaver rhoeas</i>          | -                                | -         | 1,51                             | 2,13      | Therophyte                 |
| PICSS | <i>Picris spp.</i>             | 17,42                            | 32,56     | 9,63                             | 24,47     | Therophyte/Hemicryptophyte |
| POAAN | <i>Poa annua</i>               | 32,78                            | 34,88     | 10,33                            | 7,45      | Therophyte                 |
|       | <i>Polygonum aviculare</i>     | -                                | -         | 8,52                             | 4,26      | Therophyte                 |
| POROL | <i>Portulaca oleracea</i>      | 8,61                             | 17,44     | 21,33                            | 22,34     | Therophyte                 |
|       | <i>Quercus ilex</i>            | -                                | -         | 0,77                             | 1,06      | Phanerophyte               |
|       | <i>Rumex bucephalophorus</i>   | 81,82                            | 1,16      | 24,96                            | 2,13      | Therophyte                 |
|       | <i>Rumex crispus</i>           | -                                | -         | 1,50                             | 2,13      | Hemicryptophyte            |
| RUMPU | <i>Rumex pulcher</i>           | 11,18                            | 17,44     | 4,98                             | 9,57      | Hemicryptophyte            |
|       | <i>Scorpiurus subvillosus</i>  | -                                | -         | 20,94                            | 2,13      | Therophyte                 |
| SENVU | <i>Senecio vulgaris</i>        | 3,88                             | 30,23     | 8,45                             | 7,45      | Therophyte                 |
| SETSS | <i>Setaria spp.</i>            | 3,52                             | 3,49      | 20,66                            | 31,91     | Therophyte                 |
|       | <i>Silybum marianum</i>        | 2,50                             | 4,65      | -                                | -         | Hemicryptophyte            |
| SOLNI | <i>Solanum nigrum</i>          | 1,99                             | 4,65      | 6,13                             | 15,96     | Therophyte                 |
| SONOL | <i>Sonchus oleraceus</i>       | 2,97                             | 26,74     | 5,80                             | 34,04     | Therophyte                 |
|       | <i>Sorghum halepense</i>       | 3,77                             | 1,16      | -                                | -         | Geophyte                   |
| STEME | <i>Stellaria media</i>         | 12,90                            | 37,21     | 7,89                             | 1,06      | Therophyte                 |
|       | <i>Taraxacum officinale</i>    | 3,56                             | 3,49      | 1,30                             | 1,06      | Hemicryptophyte            |
|       | <i>Tragus racemosus</i>        | -                                | -         | 33,63                            | 5,32      | Therophyte                 |
|       | <i>Trifolium arvense</i>       | -                                | -         | 4,76                             | 3,19      | Therophyte                 |
| VERSS | <i>Veronica spp.</i>           | 12,46                            | 58,14     | 18,06                            | 8,51      | Therophyte                 |
|       | <i>Vicia sativa</i>            | 28,57                            | 1,16      | 1,46                             | 2,13      | Therophyte                 |
|       | Moyenne                        | 10,37                            | 19,15     | 11,41                            | 10,94     |                            |
|       | Ecart-type                     | 13,62                            | 18,25     | 8,63                             | 12,94     |                            |



**La fréquence** La fréquence de chaque espèce au sein des relevés a été calculée comme la proportion des relevés dans lesquels figurait l'espèce sur le nombre total de relevés.

La fréquence des espèces a été calculée par saison puis pour chaque saison, selon les deux autres facteurs étudiés.

**L'abondance relative** L'abondance relative, deuxième composante de la diversité, est définie comme la proportion de chaque espèce sur le nombre des individus totaux.

Pour chaque saison, l'abondance relative moyenne a été calculée pour chaque espèce (la moyenne des abondances de l'espèce sur les relevés incluant l'espèce).

Ensuite, des analyses multivariées sur l'abondance relative de chaque espèce au sein de chaque relevé ont été réalisées pour étudier l'effet des facteurs entretien du sol et type de sol. Ces analyses ont été réalisées saison par saison. Seules les espèces avec une fréquence supérieure à 10% à l'échelle de la saison ont été soumises à l'analyse, la présence d'espèces dont la fréquence est inférieure pouvant être considérée comme accidentelle (Mueller-Dombois et Ellenberg, 1974).

L'analyse canonique des correspondances a été sélectionnée (ter Braak et Prentice, 1988 ; Legendre et Legendre, 1998). Cette analyse est largement utilisée en écologie pour modéliser la relation entre la composition floristique et des variables environnementales mesurées et elle a un bon potentiel pour étudier la réponse de communautés d'adventices à différents traitements agronomiques (Kenkel et al., 2002). La méthode utilise des régressions linéaires multiples pour sélectionner les combinaisons linéaires des variables agro-pédologiques qui maximisent la dispersion des coordonnées associées aux espèces. L'analyse a été réalisée avec le paquet Vegan (Oksanen et al., 2010).

Chaque facteur a été étudié séparément pour évaluer l'effet des modalités des facteurs sur les communautés. Ensuite pour étudier la part de chacun des facteurs, on a réalisé une analyse de variance avec test par permutation qui permet de réaliser différentes comparaisons de modèles : modèle initial vs modèle à 1 facteur ; modèle à 1 facteur vs modèle à 2 facteurs.

### 5.2.3 Résultats

#### 5.2.3.1 Effet de la saison

Au total 78 espèces ont été enregistrées dont 55 ont été observées à l'automne et 65 au printemps. Le tableau 5.1 présente la liste des 65 espèces observées plus d'une fois lors des relevés au cours d'une saison et leur type biologique.

Les fréquences et les abondances relatives moyennes des espèces montrent que la composition floristique globale à l'échelle de la zone d'étude diffère entre l'automne et le printemps. Certaines espèces au développement saisonnier comme *Polygonum aviculare* n'apparaissent qu'à une seule saison. D'autres espèces peuvent se développer aux deux saisons. Parmi ces dernières, certaines ont effectivement été observées de manière significative aux deux saisons comme *Diploptaxis erucoïdes* mais d'autres ne sont significativement présentes qu'à une saison comme *Stellaria media*.

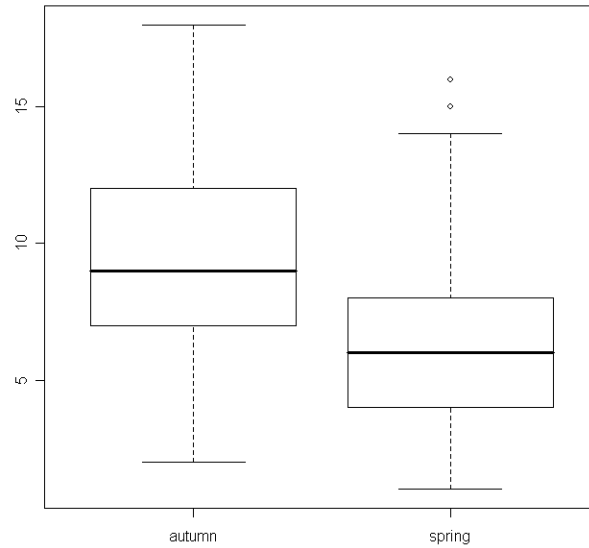


FIGURE 5.2 – Box-plot de la richesse spécifique intra-parcellaire à l'automne et au printemps

L'analyse de variance sur la richesse spécifique intra-parcellaire montre qu'elle est plus importante à l'automne (médiane = 9) qu'au printemps (médiane = 6) bien que le nombre total d'espèces observées à cette saison soit plus élevé (figure 5.2).

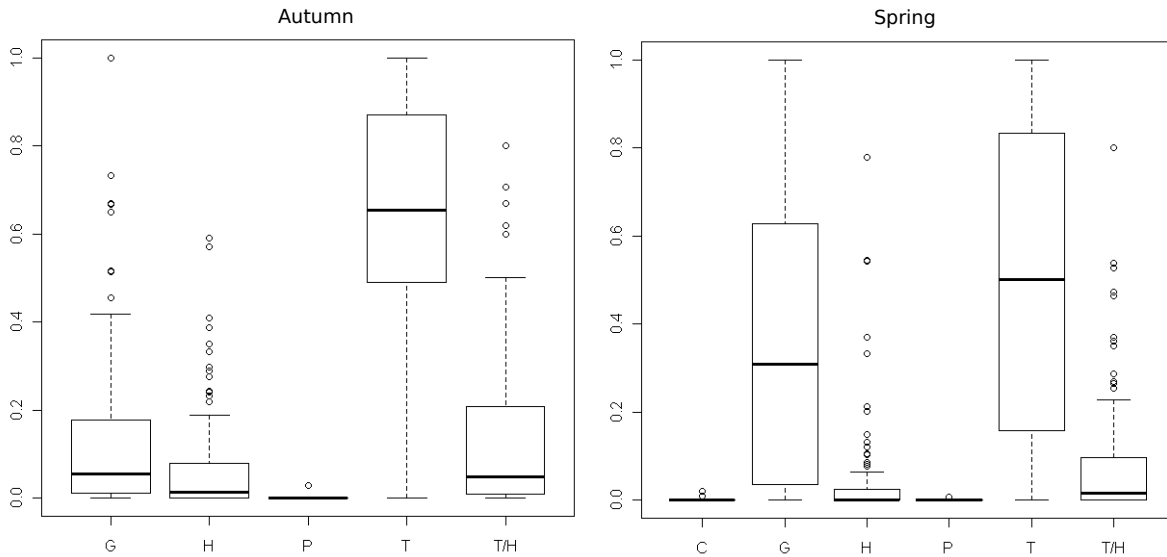


FIGURE 5.3 – Box-plot de la distribution des types biologiques à l'automne et au printemps

L'ordonnée indique le pourcentage des types biologiques. G=Géophytes; H=Hémicryptophytes; P=Phanérophytes; T=Thérophytes; T/H=Thérophytes/Hémicryptophytes; C=Chamaephytes

Finalement, le test du  $\chi^2$  sur les types biologiques a montré que leur distribution était significativement différente au seuil de 0.1% selon la saison. Les thérophytes sont le type biologique dominant aux deux saisons mais la part de géophytes est plus importante au printemps qu'à l'automne (figure 5.3).

### 5.2.3.2 Effet de l'entretien du sol

L'étude de la richesse spécifique en fonction des différentes modalités d'entretien du sol indique qu'au printemps il n'y a pas de différence significative au seuil de 5% mais qu'à l'automne, l'entretien par non-culture présente une richesse plus importante : médiane de 11 contre des médianes de 8 et 8.5 pour les deux autres modalités (figure 5.4).

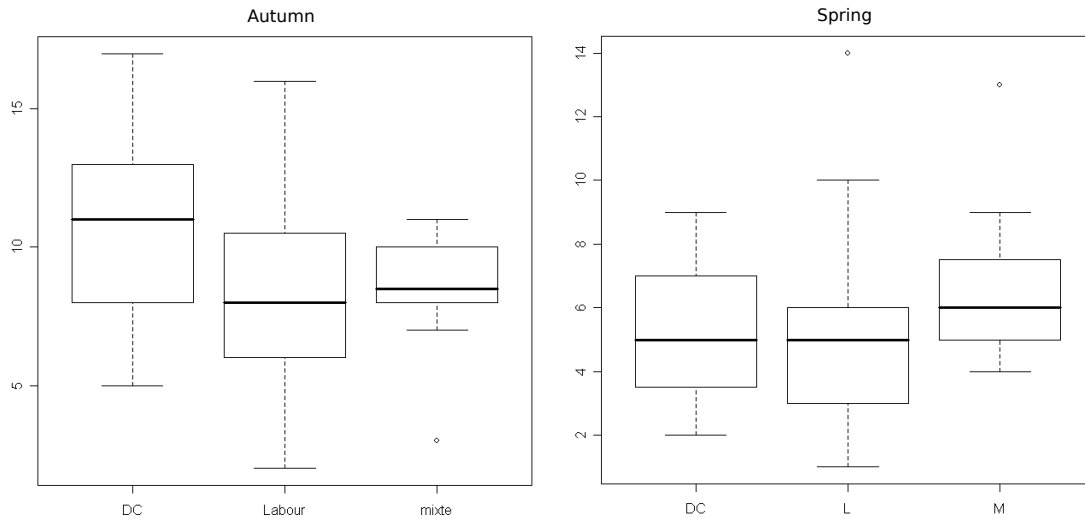


FIGURE 5.4 – Box-plot de la richesse spécifique intra-parcellaire à l'automne et au printemps pour trois modalités d'entretien du sol.

DC = désherbage chimique ; labour = travail du sol ; Mixte = association travail du sol et désherbage chimique.

Concernant les types biologiques, les thérophytes sont dominants quelque soit le mode de gestion des adventices (tableau 5.2). Cependant, aux deux saisons, on observe une différence significative au seuil de 0.1% entre les distributions des types biologiques selon les différentes modalités d'entretien du sol. Le travail du sol favorise la présence des géophytes : *Allium polyanthum*, *Cardaria draba* et *Muscari neglectum* à l'automne, *Convolvulus arvensis*, *Equisetum ramosissimum* et *Cirsium arvense* au printemps. La non-culture a une part de géophytes plus réduite mais possède la part la plus élevée d'hémicryptophytes à l'automne par la présence d'espèces comme *Daucus carota*, *Malva sylvestris* et *Rumex pulcher*. La gestion des adventices par entretien mixte présente une distribution des types biologiques très favorable aux plantes annuelles avec des parts faibles de géophytes et d'hémicryptophytes.

TABLE 5.2 – Proportions moyennes des types biologiques à l'automne et au printemps pour trois modalités d'entretien du sol.

|        |        | C    | G    | H    | P    | T    | T/H  |
|--------|--------|------|------|------|------|------|------|
| Autumn | DC     |      | 7.1  | 10.8 | 0    | 60.9 | 21.2 |
|        | Labour |      | 16.3 | 6.7  | 0.1  | 66.7 | 10.2 |
|        | Mixte  |      | 9.2  | 1.3  | 0    | 73.6 | 15.9 |
| Spring | DC     | 0.05 | 24.0 | 5.5  | 0.05 | 60.1 | 10.3 |
|        | Labour | 0    | 42.6 | 5.7  | 0    | 46.3 | 5.4  |
|        | Mixte  | 0    | 32.5 | 1.5  | 0    | 51.0 | 15.0 |

DC = désherbage chimique ; labour = travail du sol ; Mixte = association travail du sol et désherbage chimique. G=Géophytes ; H=Hémicryptophytes ; P=Phanérophtes ; T=Thérophytes ; T/H=Thérophytes/Hémicryptophytes ; C=Chamaephytes

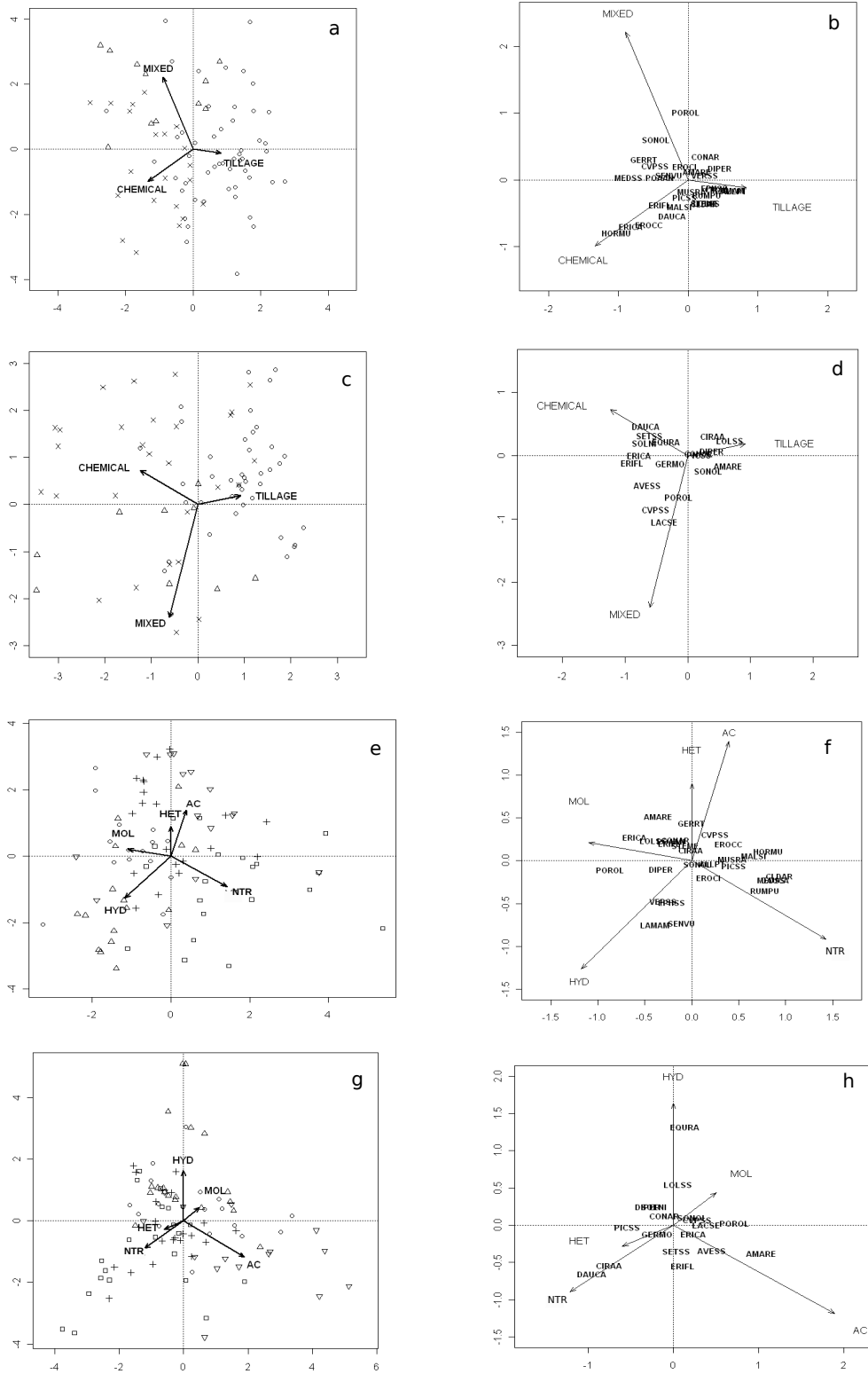


FIGURE 5.5 – Analyses canoniques des correspondances sur l'entretien du sol (a,b,c,d) et le type de sol (e,f,g,h) à deux saisons : automne (a,b,e,f) et printemps (c,d,g,h).

Les graphes de gauche représentent les sites observés et les graphes de droite les espèces dans le plan factoriel 1-2 de l'analyse canonique des correspondances

L'analyse canonique des correspondances (figure 5.5) montre des différences significatives de composition floristique entre modalités d'entretien du sol. En effet, la distribution spatiale des sites observés (graphes a et c) montre que les modalités sont fortement discriminées sur leur composition floristique. On peut voir sur les graphes b et d que les espèces se classent en trois catégories : (i) ubiquistes comme l'indique leur position proche de l'origine du graphe (e.g. *Veronica spp.* à l'automne ou *Convolvulus arvensis* au printemps) ; (ii) dominantes pour certaines modalités comme l'indique leur position proche d'une modalité donnée (e.g. *Hordeum murinum* à l'automne ou *Lactuca serriola* au printemps) ; (iii) présentes chez deux modalités comme l'indique leur position intermédiaire entre deux modalités données et éloignées de l'origine (e.g. *Medicago spp.* à l'automne ou *Avena spp.* au printemps). Les espèces les plus caractéristiques du travail du sol sont *Allium polyanthum* et *Lamium amplexicaule* à l'automne et *Lolium spp.* et *Diplotaxis erucoïdes* au printemps. Les espèces les plus caractéristiques du désherbage chimique sont *Hordeum murinum*, *Conyza canadensis* et *Erodium ciconium* à l'automne et *Daucus carota* et *Setaria spp.* au printemps. A l'automne, l'entretien mixte est caractérisé par la présence de *Portulaca oleracea* que l'on retrouve également au printemps avec *Lactuca serriola*. Les espèces présentes pour deux modalités concernent essentiellement les modalités désherbage chimique et mixte. La présence de ces espèces semble donc liée à l'application d'herbicide qui est le point commun de ces deux modalités. A l'automne, on trouve *Geranium rotundifolium*, *Crepis spp.*, *Poa annua* et *Medicago spp.* ; au printemps on trouve *Conyza canadensis*, *Conyza sumatrensis* et *Avena spp.*. Les espèces qui concernent un autre couple de modalités sont moins nombreuses. On remarquera tout de même trois espèces présentes aussi bien dans les parcelles entretenues par travail du sol que par désherbage chimique mais absentes dans le cas d'entretien mixte : *Stellaria media*, *Calendula arvensis* et *Lolium spp.*.

### 5.2.3.3 Effet du type de sol

Les types de sol n'ont pas d'influence sur la richesse spécifique ou sur la composition en types biologiques. Les analyses canoniques des correspondances (figure 5.5) indiquent une discrimination des communautés floristiques par les sols. Cependant, on peut voir sur les graphes e et g que les sites observés sont moins bien discriminés par les types de sol que par les modalités d'entretien du sol (graphes a et c).

A l'automne (graphe f), les espèces ubiquistes pour les sols sont *Cirsium arvense*, *Sonchus oleraceus*, *Allium polyanthum* et *Stellaria media*. On peut d'abord constater que les communautés floristiques des sols les plus acides (« AC ») ainsi que des sols les plus hétérogènes en terme de caractéristiques physico-chimiques (« HET ») sont proches et peu spécialisées. Ceci est lié en partie au fait que les espèces dominantes sur ces sols (e.g. *Rumex bucephalophorus*) n'avaient pas des fréquences suffisantes pour figurer dans l'analyse. Le premier axe explique 45,5% de la variation. Il sépare les sols sur leur pH : les sols plus acides ont des valeurs positives quand les sols basiques ont des valeurs négatives. On trouve ainsi des espèces calcicoles comme *Diplotaxis erucoïdes* plus présentes sur les sols à pH élevé. Cependant, d'autres espèces calcicoles comme *Picris spp.* ou *Calendula arvensis* ont été plus observées en sols neutres ou acides. Le second axe explique 23,9% de la variation et discrimine les sols sur leur hydromorphie. On trouve ainsi des espèces appréciant les sols humides comme *Lamium amplexicaule* ou *Veronica spp.*, présentes sur les sols hydromorphes.

Au printemps (graphe h), les espèces ubiquistes pour les sols sont *Convolvulus arvensis*, *Sonchus oleraceus*, *Crepis spp.*, *Conyza canadensis* et *Geranium molle*. On observe une plus grande spécialisation des communautés floristiques à cette saison : *Equisetum ramosissimum*

TABLE 5.3 – Espèces majoritaires (indiquées par +) en fonction des entretiens du sol et des types de sol

|                               | Ac   |        | Ntr  |       | Het    |      | Mol   |        | Hyd  |        |
|-------------------------------|------|--------|------|-------|--------|------|-------|--------|------|--------|
|                               | DC   | labour | DC   | Mixte | labour | DC   | Mixte | labour | DC   | labour |
| <b>PRINTEMPS</b>              |      |        |      |       |        |      |       |        |      |        |
| nb parcelles                  | 5    | 9      | 9    | 2     | 10     | 7    | 4     | 9      | 6    | 8      |
| may richesse                  | 4,40 | 4,78   | 4,67 | 6,50  | 3,90   | 5,86 | 8,00  | 4,78   | 4,67 | 5,88   |
| <i>Convolvulus arvensis</i>   | -    | +      | +    | +     | +      | +    | +     | +      | +    | +      |
| <i>Coryza canadensis</i>      | +    | -      | +    | +     | -      | +    | -     | -      | +    | +      |
| <i>Diploaxis erucoides</i>    | -    | -      | -    | -     | +      | -    | +     | +      | +    | +      |
| <i>Setaria spp.</i>           | +    | +      | +    | -     | +      | +    | -     | -      | +    | -      |
| <i>Cirsium arvense</i>        | -    | +      | +    | -     | -      | +    | -     | -      | -    | +      |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> | -    | +      | -    | -     | -      | -    | -     | +      | -    | +      |
| <i>Picris spp.</i>            | -    | -      | +    | +     | -      | -    | -     | -      | -    | +      |
| <i>Equisetum ramosissimum</i> | -    | -      | -    | -     | -      | -    | -     | -      | -    | +      |
| <i>Portulaca oleracea</i>     | -    | +      | -    | -     | -      | -    | -     | -      | -    | +      |
| <i>Coryza sumatrensis</i>     | -    | -      | -    | +     | -      | -    | +     | -      | -    | -      |
| <i>Erodium ciconium</i>       | +    | -      | -    | -     | -      | +    | -     | -      | -    | -      |
| <i>Solanum nigrum</i>         | -    | -      | +    | -     | -      | -    | -     | -      | -    | +      |
| <i>Calendula arvensis</i>     | +    | -      | -    | -     | -      | -    | -     | -      | -    | -      |
| <i>Daucus carota</i>          | -    | -      | +    | -     | -      | -    | -     | -      | -    | -      |
| <i>Lactuca scariola</i>       | -    | -      | -    | -     | -      | -    | -     | -      | -    | -      |
| <i>Sonchus oleraceus</i>      | +    | -      | -    | -     | -      | -    | -     | -      | -    | -      |
| <b>AUTOMNE</b>                |      |        |      |       |        |      |       |        |      |        |
| nb parcelles                  | 5    | 10     | 7    | 3     | 10     | 6    | 4     | 10     | 4    | 11     |
| may richesse                  | 10,6 | 8,9    | 10,6 | 8,3   | 7,9    | 11,0 | 7,3   | 6,7    | 9,3  | 11,5   |
| <i>Poa annua</i>              | +    | +      | +    | -     | -      | +    | -     | +      | +    | +      |
| <i>Veronica spp.</i>          | -    | -      | +    | +     | +      | -    | +     | +      | -    | +      |
| <i>Picris sp.</i>             | -    | -      | +    | +     | +      | -    | -     | +      | -    | -      |
| <i>Stellaria media</i>        | +    | +      | -    | -     | +      | -    | -     | +      | -    | -      |
| <i>Diploaxis erucoides</i>    | -    | -      | -    | -     | +      | -    | +     | +      | -    | +      |
| <i>Geranium rotundifolium</i> | +    | -      | -    | +     | -      | +    | -     | -      | +    | -      |
| <i>Crepis sp.</i>             | +    | +      | +    | +     | -      | -    | +     | -      | -    | -      |
| <i>Erodium cicutarium</i>     | -    | -      | +    | +     | -      | -    | +     | -      | -    | +      |
| <i>Malva sylvestris</i>       | +    | -      | +    | -     | +      | -    | -     | +      | -    | -      |
| <i>Calendula arvensis</i>     | -    | -      | -    | -     | +      | -    | -     | +      | -    | -      |
| <i>Convolvulus arvensis</i>   | -    | -      | -    | -     | -      | -    | +     | +      | -    | -      |
| <i>Lamium amplexicaule</i>    | -    | -      | -    | -     | +      | -    | -     | -      | -    | +      |
| <i>Lolium spp.</i>            | -    | +      | -    | -     | -      | -    | -     | -      | -    | +      |
| <i>Muscari neglectum</i>      | -    | -      | -    | -     | +      | -    | +     | -      | -    | -      |
| <i>Rumex pulcher</i>          | -    | +      | -    | -     | +      | -    | -     | -      | -    | -      |
| <i>Allium polyanthum</i>      | -    | -      | -    | -     | +      | -    | -     | -      | -    | -      |
| <i>Hordeum murinum</i>        | -    | -      | +    | -     | -      | -    | -     | -      | -    | -      |
| <i>Medicago sp.</i>           | -    | -      | -    | +     | -      | -    | -     | -      | -    | -      |

DC = désherbage chimique; Mixte = association travail du sol et désherbage chimique; labour = travail du sol.

est dominante sur les sols hydromorphes (« HYD »), *Daucus carota* et *Cirsium arvense* sont dominantes sur les sols sur alluvions quaternaires anciennes et argile pliocène (codé « NTR ») et *Amaranthus retroflexus* est dominante sur les sols les plus acides (« AC »). Le gradient entre les sols acides et les sols basiques et entre les sols non hydromorphes à cette saison et hydromorphes est défini par le second axe qui explique 35,9% de la variation. On trouve ainsi les espèces calcifuges (e.g. *Setaria spp.*, *Avena spp.*) plutôt sur les sols neutres mais comme à l'automne, on trouve également des espèces calcicoles sur ces sols (e.g. *Daucus carota*). Les sols aux caractéristiques les moins extrêmes ou les plus variées en terme de pH et d'hydromorphie (« MOL » et « HET ») sont les plus proches de l'origine avec en conséquence des communautés floristiques composées d'espèces plutôt ubiquistes.

#### 5.2.3.4 Les espèces majoritaires selon les croisements entretien du sol - type de sol

L'analyse de variance avec test par permutation montre qu'aux deux saisons les deux facteurs : entretien du sol et type de sol, ont un effet significatif au seuil de 1% sur la composition floristique. Les modèles à un facteur sont toujours plus explicatifs que le modèle initial. Les modèles à deux facteurs expliquent mieux la composition des communautés que les modèles à un facteur. Ils sont significativement différents au seuil de 1% excepté à l'automne. A cette saison, l'intégration du facteur type de sol dans un modèle comprenant le facteur entretien du sol fournit un modèle significativement plus explicatif au seuil de 5% seulement.

Les deux facteurs ayant une influence sur la composition des communautés, on présente dans le tableau 5.3 les espèces majoritaires présentes à chaque saison dans les parcelles d'un entretien du sol et d'un type de sol donnés. Les espèces sont classées de manière décroissante selon le nombre de modalités dans lesquelles elles sont présentes. Du fait de la richesse plus grande à l'automne qu'au printemps, les espèces présentes pour un type de parcelle donné sont plus nombreuses à cette saison. Cependant, on observe la même structuration des communautés aux deux saisons. Il y a une espèce présente dans au moins deux tiers des modalités : *Convolvulus arvensis* à l'automne et *Poa annua* au printemps. Trois espèces sont présentes dans 50 à 60% des modalités : *Conyza canadensis*, *Diplotaxis erucoïdes* et *Setaria spp.* au printemps ; *Veronica spp.*, *Picris spp.* et *Stellaria media* à l'automne. Puis les espèces restantes sont présentes dans moins de 50% des modalités. L'espèce la plus répandue parmi les modalités est une espèce relativement ubiquiste parmi les entretiens du sol et les types de sol. Leur position sur les graphes d'analyses canoniques des correspondances est située près de l'origine. Les espèces présentes dans 50 à 60% des modalités sont des espèces plutôt répandues mais qui sont absentes de certaines modalités d'entretien du sol ou de type de sol. Par exemple, *Conyza canadensis* et *Stellaria media* sont des espèces ubiquistes parmi les types de sol mais la première est plus caractéristique des modalités d'entretien du sol incluant un désherbage chimique et la seconde est absente des parcelles avec un entretien mixte. A l'inverse, *Veronica spp.* est une espèce ubiquiste parmi les modalités d'entretien du sol mais elle est plutôt dominante dans les sols à tendance hydromorphe. Les espèces les moins répandues parmi les modalités sont les espèces les plus spécialisées d'un entretien du sol et/ou d'un type de sol donné. Par exemple, *Lamium amplexicaule* est simultanément caractéristique des parcelles présentant de l'hydromorphie et entretenues par travail du sol ; *Lactuca serriola* est ubiquiste parmi les sols mais très dominante dans la modalité d'entretien mixte.

#### 5.2.4 Discussion et conclusion

Quelque soit le facteur étudié (saison, entretien du sol, type de sol), les espèces observées sont majoritairement des thérophytes. Des résultats similaires ont été obtenus par Gago et al. (2007). Cependant le test du chi<sup>2</sup> sur les types biologiques a montré que leur distribution était significativement différente à 0,1% selon la saison. En effet, malgré une dominance des thérophytes, la part de géophytes est plus importante au printemps qu'à l'automne. Cette différence est liée aux espèces dominantes à chaque saison : *Convolvulus arvensis* et *Equisetum ramosissimum* au printemps ; *Diplotaxis erucoïdes* et *Poa annua* à l'automne. Les fréquences et les abondances relatives moyennes des espèces sur l'ensemble de la zone d'étude confirment les différences de composition floristique entre les saisons liées aux cycles de vie des espèces.

Les différences observées entre les deux saisons ne sont cependant pas seulement liées aux cycles de vie des espèces. En effet, la variabilité intra-parcellaire (richesse spécifique) plus importante à l'automne associée à une variabilité inter-parcellaire plus faible (nombre total d'espèces moins important qu'au printemps) peut être reliée aux différences entre les interventions culturales aux deux saisons. Ces dernières sont plus nombreuses et régulières au printemps, elles limitent donc plus fortement la croissance des plantes adventices. De plus, le climat est plus sec. L'influence des interventions culturales semblent confirmée par l'observation d'une richesse plus élevée à l'automne dans les zones entretenues par désherbage chimique. En effet, la non-culture est le mode de gestion des adventices qui impose le moins de perturbation à l'automne, un travail du sol n'étant jamais réalisé à cette saison et la dernière application d'herbicide datant le plus souvent de la fin de l'hiver précédent (Légère et al., 2005).

On a également observé que certaines espèces dont le cycle de vie leur permettait d'être présentes aux deux saisons, ne l'étaient pas toujours (e.g. *Stellaria media*). Les modalités d'entretien du sol créent donc, là encore, des contraintes sur le développement des espèces.

Le travail du sol, qui est le mode de gestion qui inclue le plus d'interventions culturales, permet de limiter la présence des plantes pérennes mais semble favoriser la présence des géophytes en divisant et propageant leurs tubercules, bulbes et rhizomes (Bernal, 1988). En ce qui concerne les espèces annuelles, les analyses canoniques des correspondances indiquent que les espèces caractéristiques de ce mode d'entretien du sol possèdent des germinations étalées dans le temps (e.g. *Diplotaxis erucoïdes*, *Veronica spp.*) ou se développent en dehors des périodes de travail du sol (e.g. *Amaranthus retroflexus* qui se développe en été).

La gestion par désherbage chimique seul permet d'éliminer la plupart des géophytes. La part de géophytes qui demeure est fortement liée à *Equisetum ramosissimum*, résistante au glyphosate. Cependant, ce mode de gestion, par son faible nombre d'interventions, permet l'installation de plantes pérennes et notamment de celles qui présentent des résistances aux herbicides comme *Malva sylvestris*. Parmi les espèces annuelles caractéristiques du désherbage chimique on retrouve également des espèces résistantes aux herbicides (e.g. *Conyza canadensis*, *Setaria spp.*) (Basu et al., 2004) ; celles dont la structure des feuilles limite l'efficacité de l'herbicide (e.g. *Geranium rotundifolium*, *Erodium spp.*) mais également des espèces se développant sur des sols compactés (e.g. *Crepis spp.*).

Les distributions des types biologiques dans le cas d'un entretien combinant les deux moyens de gestion des adventices (travail du sol et désherbage chimique) confirment les précédents résultats : les plantes annuelles sont largement dominantes car le désherbage chimique limite la part de géophytes et le travail du sol celle des hémicryptophytes. Parmi les annuelles, comme pour les zones entretenues par désherbage chimique, on retrouve des espèces résistantes aux herbicides (e.g. *Conyza canadensis*). Cependant, la combinaison des deux modalités semble plus contraignante pour le développement des plantes. En effet, certaines espèces annuelles



pourtant ubiquistes pour les deux modalités d'entretien du sol (travail du sol et désherbage chimique) ne sont pas observées quand les modalités sont combinées (e.g. *Stellaria media*, *Calendula arvensis*, *Lolium spp.*).

Les techniques d'entretien du sol employées ainsi que leur rythme conditionnent donc la communauté floristique présente via les types biologiques et les espèces annuelles représentées.

L'étude de différents types de sol aux caractéristiques de pH et d'hydromorphie variées montre que le sol peut favoriser ou à l'inverse interdire la présence de certaines espèces. On a vu par exemple, qu'*Equisetum ramosissimum* était largement favorisée par les sols hydromorphes alors que *Diplotaxis erucoïdes* était peu voire pas observée sur les sols à pH acide. On a pu également observer la présence d'espèces sur des sols qui en théorie ne sont pas favorables à leur développement (e.g. *Calendula arvensis*, espèce calcicole, observée sur des sols neutres à acides). Ces observations peuvent être liées à l'utilisation d'une carte pédologique au 1/25000 pour définir les types de sol des parcelles. En effet, au sein d'une unité pédologique de la carte, des variabilités de caractéristiques sont possibles d'une parcelle à l'autre. Le type de sol conditionne donc la structure des communautés d'adventices mais l'étude des espèces majoritaires par saison, entretien et type de sol indique que la discrimination porte sur un nombre d'espèces limité. Dans la zone d'étude, la majorité des espèces les plus fréquentes peuvent se développer sur tous les types de sols. Les différences reposent principalement sur leur abondance.

En conclusion, les communautés floristiques se structurent en fonction des contraintes : saison, entretien du sol, type de sol et se partagent entre des espèces ubiquistes qui s'adaptent à des contraintes variées et des espèces spécialisées qui sont adaptées à des contraintes particulières (par exemple, l'application d'herbicide).

## 5.3 Evolution temporelle des communautés floristiques des agrosystèmes

### 5.3.1 Introduction

On a vu que la composition floristique dépendait des modalités d'entretien du sol mises en oeuvre et que le type de sol pouvait également limiter les espèces candidates d'une parcelle. Cependant les observations n'ont été réalisées que pour un cycle cultural. On n'a donc pas pu intégrer l'effet année qui intègre l'effet climatique sur nos observations. Par conséquent, pour nous permettre d'évaluer si les communautés sont stables au cours du temps, on a procédé à une comparaison de nos relevés avec des relevés floristiques de 1979 réalisés sur différentes zones viticoles du Montpelliérais.

### 5.3.2 Matériel et méthodes

#### 5.3.2.1 Protocole des relevés floristiques réalisés en 1979

Trois-cents quatre relevés ont été réalisés par Maillet (1981, 1992) dans le Montpelliérais sur 70 stations. Les relevés se sont répartis sur trois saisons : le printemps (avril), l'été (début juillet) et l'automne (septembre-octobre). La liste floristique était établie en réalisant d'abord un parcours rapide de la parcelle puis en prospectant une aire minimale de 400m<sup>2</sup> en réalisant un échantillonnage semi-continu en W. Les relevés ont donc été réalisés indifféremment dans les parties rangs ou inter-rangs majoritairement entretenues de la même façon. Chaque espèce était affectée d'un coefficient d'abondance suivant l'échelle de Barralis (1976) qui permet d'évaluer

une abondance relative moyenne d'après le nombre d'individus au m<sup>2</sup> suivant une échelle semi-logarithmique. Les deux modalités d'entretien du sol étudiées ont été : le travail du sol seul (163 relevés) et le désherbage chimique seul (131 relevés). L'abondance relative moyenne et la fréquence des espèces ont été données pour chacun de ces deux traitements. Ces valeurs étant fournies toutes saisons confondues, les calculs des moyennes ont exclu les éventuelles observations d'espèces en dehors de leur période de développement théorique (Maillet, J., communication personnelle).

### 5.3.2.2 Les modes d'entretien du sol en 1979

La majorité des parcelles étaient conduites en gobelet sans palissage. Par conséquent, l'ensemble de la surface de la parcelle (rang et inter-rang) était entretenue de manière homogène.

Les parcelles travaillées étaient entretenues avec des outils à socs qui permettaient de butter les plants de vignes à l'automne et de les décavaillonner en sortie d'hiver. Les parcelles recevaient généralement un travail du sol supplémentaire au cours du printemps effectué avec un outil rotatif (Maillet, 1992).

Les parcelles entretenues en non-culture étaient désherbées chimiquement sur l'ensemble de la surface. 95% des viticulteurs utilisaient une association simazine et aminotriazole en application unique au printemps (Maillet, 1992).

### 5.3.2.3 Méthode de comparaison des relevés floristiques

Dans le but d'établir les fréquences et abondances relatives moyennes des espèces observées en 2008-2009 à comparer avec les données de 1979, on n'a retenu pour chaque espèce que les relevés correspondant à leur saison théorique de développement. Les espèces n'ayant été observées qu'en dehors de leur saison théorique n'ont donc pas été retenues pour l'étude. A partir de ces relevés, on a calculé pour chaque espèce sa fréquence et son abondance relative moyenne, moyenne des abondances relatives de l'espèce pour les relevés comportant l'espèce.

Pour chacune des deux modalités d'entretien du sol : travail du sol seul et désherbage chimique seul, suivies en 1979 et en 2008-2009, les nombres  $C$  des espèces rémanentes,  $A$  des espèces nouvelles et  $D$  des espèces disparues ont été établis. Les méthodes des relevés de 1979 et de 2008-2009 étant distinctes, les fréquences et les abondances moyennes ont été centrées et réduites pour pouvoir être comparées.

Pour les espèces rémanentes, le coefficient rho de Spearman (Spearman, 1904) a été calculé pour chaque variable (fréquence et abondance) et pour chaque modalité d'entretien du sol. Cette statistique qui suit une loi de Student permet d'évaluer la corrélation entre les rangs des valeurs prises par les variables. Elle convient pour des relations non-linéaires et des valeurs exceptionnelles et s'adapte donc bien aux données écologiques. La valeur prise par le coefficient varie entre -1 et 1 avec l'interprétation suivante : le signe indique le sens de la relation et la valeur absolue indique l'intensité de la relation ; dans notre cas plus rho est proche de 1, plus les données des relevés floristiques de 1979 et 2008-2009 sont liées.

Un coefficient de rémanence  $R = 100 \times \frac{C}{D+C}$  qui indique la part d'espèces rémanentes en 2008-2009 par rapport aux espèces observées en 1979 et un coefficient de transformation  $T = 100 \times \frac{A+D}{A+D+C}$  qui indique la proportion d'espèces différentes entre les deux relevés sur la totalité des espèces observées (Guillerm, 1978) ont été calculés.

### 5.3.3 Résultats

#### 5.3.3.1 Coefficients de rémanence et coefficients de transformation (tableau 5.4)

Le coefficient de rémanence (R) est similaire pour les deux modalités : plus de la moitié des espèces présentes en 1979 le sont toujours 30 ans après. Le coefficient de transformation (T), d'environ 55%, est également similaire pour les deux modalités et repose principalement sur la part d'espèces disparues (D). Compte-tenu de la différence entre les étendues spatiales des relevés en 1979 et en 2008-2009, une partie des espèces disparues peut correspondre à des espèces non observées en 2008-2009 car non présentes dans la zone étudiée.

TABLE 5.4 – Coefficients de rémanence et de transformation des communautés d'adventices pour les parcelles travaillées et les parcelles entretenues par désherbage chimique

|                                    | Tilled plots | Non-tilled plots |
|------------------------------------|--------------|------------------|
| <i>A</i> (Nouvelles)               | 22           | 17               |
| <i>D</i> (Disparues)               | 36           | 35               |
| <i>C</i> (Rémanentes)              | 47           | 44               |
| $R = 100 \times \frac{C}{D+C}$     | 56.6         | 55.7             |
| $T = 100 \times \frac{A+D}{A+D+C}$ | 55.2         | 54.2             |

#### 5.3.3.2 Fréquences et abondances des espèces rémanentes

Pour l'entretien par travail du sol, il y a une corrélation positive entre les fréquences et les abondances des espèces pour les relevés réalisés en 1979 et ceux réalisés en 2008-2009. Les rho de Spearman valent 0.5 environ (tableau 5.5). Les espèces rémanentes présentes dans les parcelles entretenues par travail du sol ont donc des fréquences (graphe a) et des abondances (graphe c) qui ont peu évolué en 30 ans comme le montrent la figure 5.6. En revanche, les rho de Spearman pour la modalité non-culture sont proches de zéro ou négatif. Les espèces rémanentes des parcelles en non-culture ont donc changé de position au sein de la communauté. On voit sur la figure 5.6 (graphes b et d) que des espèces très fréquentes ou très abondantes en 1979 ne le sont plus en 2008-2009 et inversement certaines l'étaient peu et le sont devenues. Les espèces moins représentées aujourd'hui dans la communauté sont principalement des géophytes : *Muscari neglectum*, *Cynodon dactylon*, *Allium vineale*, *Allium polyanthum*, alors que les espèces plus représentées qu'auparavant sont plutôt des annuelles : *Poa annua*, *Setaria spp.*, *Crepis spp.*, *Picris spp.*

TABLE 5.5 – Coefficients de Spearman

|           | Tilled plots | Non-tilled plots |
|-----------|--------------|------------------|
| Frequency | 0.56         | -0.11            |
| Abundance | 0.42         | 0.09             |

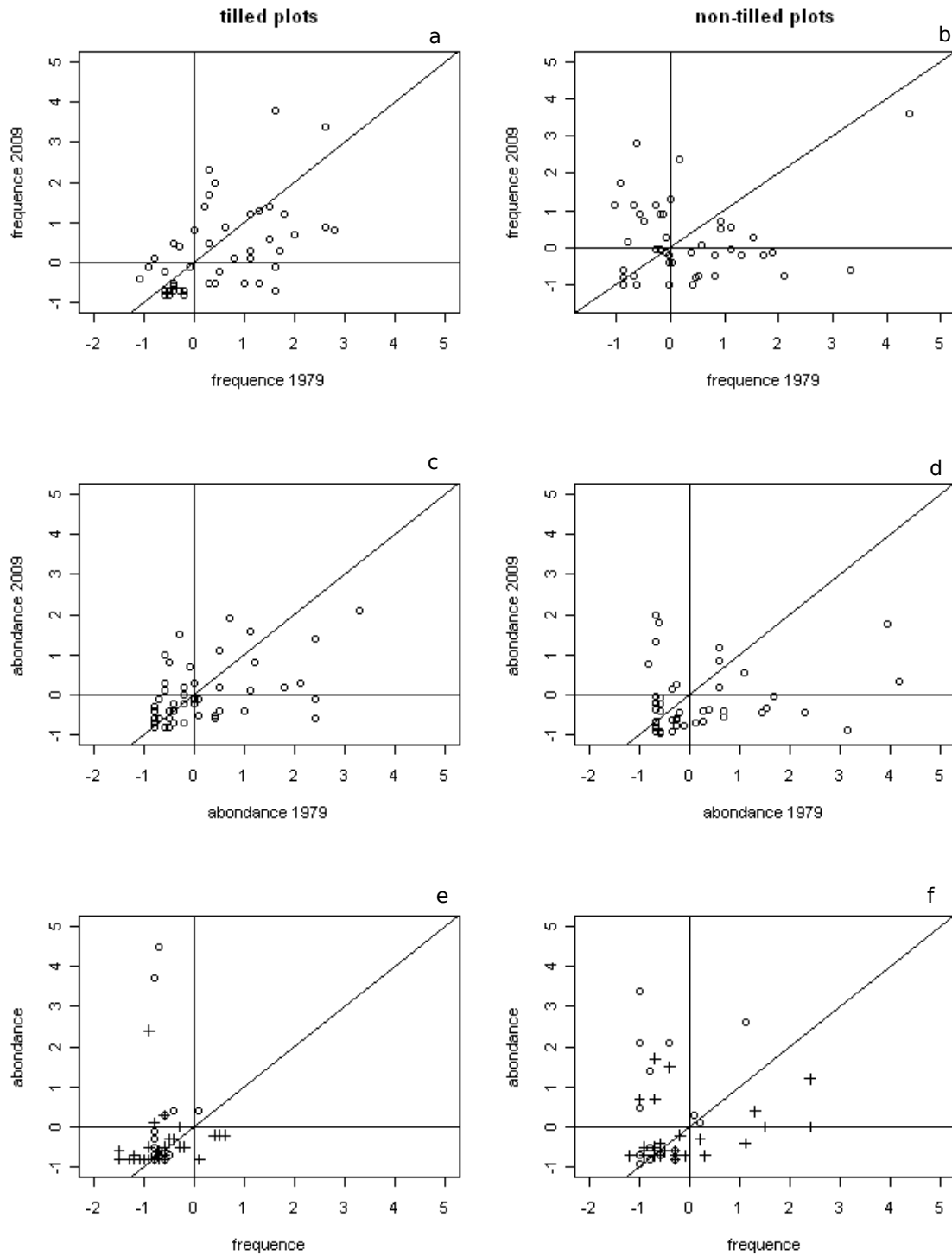


FIGURE 5.6 – Comparaison des fréquences (graphes a et b) et des abondances (graphes c et d) centrées et réduites des espèces rémanentes pour les parcelles travaillées et entretenues par désherbage chimique entre les relevés de 1979 et 2008-2009. Situation dans la communauté floristique en terme de fréquence et abondance des espèces disparues (+) et nouvelles (o) pour les parcelles travaillées et entretenues par désherbage chimique (graphes e et f).

### 5.3.3.3 La transformation des communautés

La figure 5.6 (graphes e et f) montre la position au sein de la communauté floristique des espèces disparues et nouvelles pour les deux modalités d'entretien du sol. Dans le cas des parcelles entretenues par travail du sol, on constate que les espèces disparues et nouvelles sont très majoritairement des espèces peu fréquentes et peu abondantes. Dans le cas de la non-culture, certaines espèces disparues étaient bien présentes dans la composition floristique comme *Rubia peregrina*, *Chondrilla juncea*, *Sanguisorba minor* ou *Sedum sediforme*. Ces espèces sont toutes des vivaces. Des espèces nouvelles bien représentées dans la communauté sont réciproquement absentes de la composition floristique de 1979 : *Medicago spp.* et de manière moins significative *Tragus racemosus*. Ces espèces sont toutes deux des annuelles.

### 5.3.4 Discussion et conclusion

En étudiant l'évolution de la flore à 3 et 5 ans, Maillet (1992) avait observé deux tendances : des systèmes de non-culture plutôt stables avec des apparitions de nouvelles espèces au cours du temps et des systèmes en travail du sol plutôt instables d'une année à l'autre mais avec des variations internes à une banque d'espèces présentes à l'échelle régionale.

Dans notre étude les relevés sont espacés de 30 ans et l'étendue spatiale d'observation en 2008-2009 était plus réduite, par conséquent le potentiel d'observation est également limité. Dans cette situation, les coefficients de rémanence et de transformation calculés associés à la part minoritaire de transformation par apparition de nouvelles espèces, indique une certaine stabilité des systèmes sur le long terme, particulièrement pour les systèmes en travail du sol.

En effet, pour ce système, les espèces rémanentes ont conservé leur place dans la communauté en termes de fréquence et d'abondance. Quant aux espèces disparues ou nouvelles, ce sont quasiment toutes des espèces faiblement répandues et peu abondantes. Bien que les outils de travail du sol aient changé, les rythmes d'intervention au champ ont peu évolué. Miles (1986) a indiqué que la régularité des façons culturales a favorisé la sélection d'espèces à cycle en adéquation avec le rythme des perturbations que l'on pourrait qualifier de « dérangement ». Nos résultats semblent confirmer cette analyse.

En ce qui concerne les systèmes en désherbage chimique, là aussi les rythmes d'application de produits ont peu changé. Cependant les herbicides très largement utilisés en 1979, ne le sont plus en 2008-2009. C'est d'ailleurs cette modification des molécules utilisées qui explique les modifications dans la communauté des espèces. La simazine et l'aminotriazole permettaient de bien éliminer les espèces annuelles mais les espèces vivaces, libérées de la compétition avec les espèces annuelles ont connu un important développement. Les molécules utilisées actuellement permettent de mieux éliminer les vivaces mais certaines annuelles se sont bien adaptées au rythme d'application des herbicides et se développent en période automnale comme *Poa annua* ou *Crepis spp.* et par ailleurs, certaines espèces ont développé des résistances et sont donc observées en période printanière comme *Setaria spp.*

En conclusion, on peut considérer que les communautés d'espèces adventices sont dans les systèmes en travail du sol, peu soumis à des changements sur le long terme si les rythmes d'intervention sont stables. Pour les systèmes en désherbage chimique, les changements de communautés semblent principalement liés aux changements de molécules herbicides et peu à l'apparition d'espèces nouvelles. On fait donc l'hypothèse que les observations de l'année 2008-2009 sont exploitables pour des représentations de l'agro-écosystème sur différents cycles culturaux tant que les molécules d'herbicides utilisées par les viticulteurs sont les mêmes que celles utilisées en 2008-2009.

## 5.4 Conclusion sur la structure des communautés d'espèces adventices

Les études spatiales et temporelles des communautés floristiques montrent qu'à l'échelle d'un bassin versant moyen, la composition floristique dans un lieu donné est définie par un ensemble de contraintes (saison, sol, entretien du sol) parmi lesquelles celles d'origine anthropique sont majeures. Deux facteurs déterminent conjointement les communautés : (i) la modalité de destruction du couvert, (ii) le rythme de destruction du couvert. A l'échelle des territoires étudiés, il existe donc une interaction forte entre la répartition spatio-temporelle des actions d'entretien du sol et les communautés floristiques d'espèces adventices.

On va donc utiliser ces résultats pour modéliser le développement de la couverture herbacée dans le chapitre suivant : les espèces dont la croissance est modélisée pour une zone donnée dépendra (i) de la saison ; (ii) de la modalité d'entretien du sol parmi les trois étudiées (travail du sol seul, désherbage chimique seul et combinaison des deux) ; (iii) du type de sol. Pour ce dernier facteur, compte tenu des résultats obtenus, 3 groupes sont constitués en fonction de leur impact sur les communautés préalablement définies par les 2 autres facteurs (saison et entretien du sol) : (i) les sols à pH acides ; (ii) les sols hydromorphes ; (iii) les autres types de sols.

## Remerciements

Je tiens à remercier Elena Kazakou pour son aide et sa participation à l'ensemble de ce travail. Merci à Guillaume Coulouma pour tout ce qui a touché à la pédologie, pour le terrain comme pour l'analyse. Merci à Jean-Luc Belotti pour sa participation active aux relevés floristiques. Merci à Jean Richarte pour l'aide à la reconnaissance des espèces et ses conseils. Merci à Jacques Maillet pour son aide précieuse concernant la réalisation de l'étude temporelle sur la base de ses données. Merci à Patrick Andrieux pour son appui.