

## DEVELOPPEMENT DES MONILIOSES SUR FLEUR D'ABRICOTIER : ETUDE DES FACTEURS CLIMATIQUES ET PAYSAGES

---

Maxime Jacquot, Emilie Freyssinet, Claude-Eric Parveaud (GRAB), Baptiste Labeyrie, Sophie Stévenin et William Chabeyron (SEFRA), Laurent Brun, Paul Tresson (INRA)

\*GRAB antenne Auvergne Rhône-Alpes

### 1 - Enjeux et contexte

Le changement climatique et l'émergence de nouvelles maladies sont deux menaces qui pèsent sur les plantes cultivées. En région Auvergne Rhône-Alpes, la filière arboricole est préoccupée par l'émergence de deux d'entre elles : *Colletotrichum* sur la noix et *Monilia fructicola* sur l'abricot, ainsi que par leur expansion possible dans un contexte de réchauffement global. Les partenaires du projet CLIMARBO (Changement Climatique, Maladies cryptogamiques émergentes en Arboriculture en Rhône Alpes) propose de répondre à ces enjeux par la recherche et l'expérimentation. Le GRAB, l'INRA et la SEFRA travaillent spécifiquement sur les monilioses de l'abricotier.

Jusqu'à 2001, *Monilia laxa* était la seule espèce de *Monilia* connue comme provoquant des dégâts sur fleurs d'abricotiers en Europe. En agriculture biologique, il n'existe pas de méthode de contrôle directe ou indirecte permettant de sécuriser la production, ce qui en fait donc un frein au développement des surfaces de production en abricots biologiques. L'émergence de *M. fructicola* est une nouvelle menace importante dans la production d'abricots bio et également pour la production conventionnelle. Malgré la pression forte qu'exercent les monilioses sur l'abricotier, peu de connaissances existent sur l'épidémiologie de cette maladie sur cette espèce de fruit à noyaux. La compréhension des facteurs agronomiques et climatiques intervenant dans leur développement est indispensable pour identifier des pratiques et des règles de décisions pour les maîtriser.

### 2 - Objectif

Sur abricotier, l'objectif du projet CLIMARBO est de comprendre les risques d'infection par les *Monilia laxa* et *M. fructicola* sur fleurs en quantifiant :

- la sensibilité des différents stades phénologiques de la floraison de l'abricotier, l'origine des infections par ces deux espèces (air ou fruits moniliés sur les arbres) ;
- l'influence des conditions climatiques dans un réseau de parcelles d'abricotiers ; l'effet du changement climatique sur les risques d'infection dans le futur.

Les connaissances acquises serviront à élaborer des stratégies de lutte contre ces bioagresseurs.

Les travaux du GRAB concernent : le suivi de 4 parcelles en agriculture biologique dans le réseau de suivis ainsi que l'analyse des données globales du réseau en prenant en compte le paysage autour des parcelles suivies.

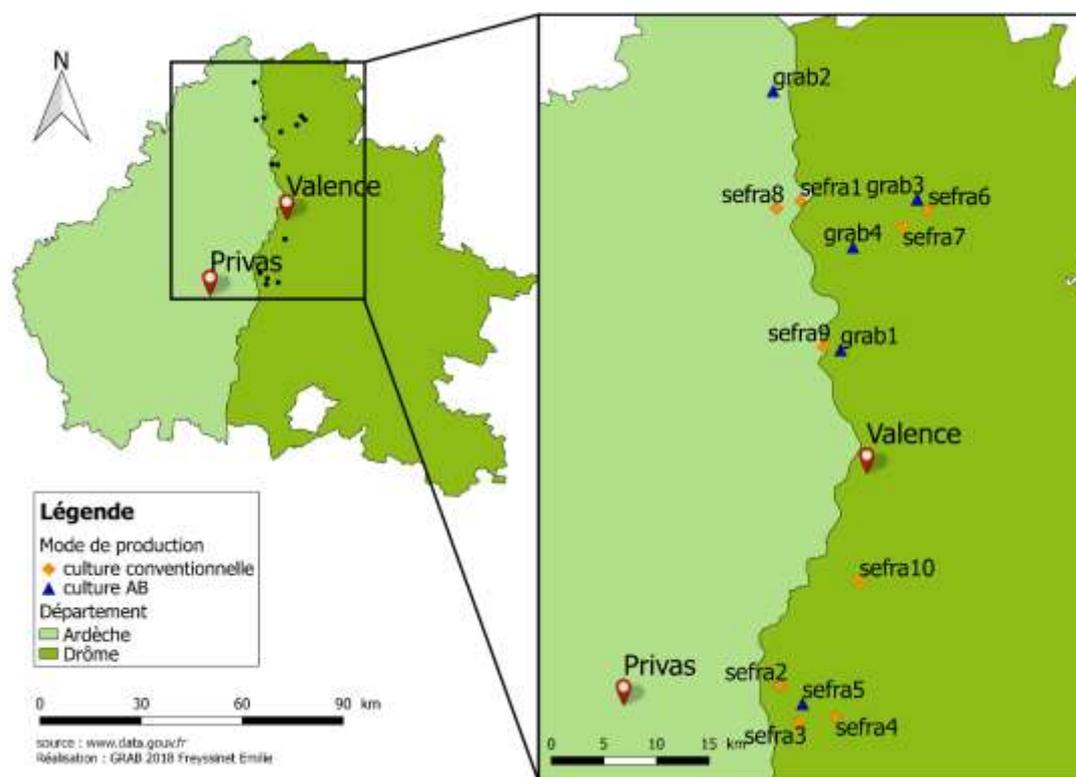
### 3 – Méthodologie

#### 3.1 - Localisation et étendu de l'étude

Le réseau de parcelles est constitué de 14 parcelles d'abricotiers en Drôme et Ardèche (Tableau 1, Figure 1). Quatre parcelles en agriculture biologique (AB) sont suivies par le GRAB et les 11 autres par la SEFRA (dont une en AB). Les parcelles ont également été choisies selon un critère variétal avec deux variétés régionales de génétique proche : Bergeron (9 parcelles) et Bergeval (4 parcelles).

**Tableau 1 : Liste des parcelles d'abricotiers observées et leur localisation**

| Parcelle        | Variété  | Localisation                   |
|-----------------|----------|--------------------------------|
| <b>GRAB 1</b>   | Bergeron | Pont de l'Isère (26)           |
| <b>GRAB 2</b>   | Bergeron | St Etienne de Valoux (07)      |
| <b>GRAB 3</b>   | Bergeron | Claveyson (26)                 |
| <b>GRAB 4</b>   | Bergeron | Chantemerle les blés (26)      |
| <b>SEFRA 1</b>  | Bergeron | Arras-sur-Rhône (vallée) (07)  |
| <b>SEFRA 2</b>  | Bergeron | Saulce-sur-Rhône (26)          |
| <b>SEFRA 3</b>  | Bergeval | Mirmande (26)                  |
| <b>SEFRA 4</b>  | Bergeron | Mirmande (26)                  |
| <b>SEFRA 5</b>  | Bergeval | Cliusclat (26)                 |
| <b>SEFRA 6</b>  | Bergeron | St Donat-sur-l'Herbasse (26)   |
| <b>SEFRA 7</b>  | Bergeron | Bren (26)                      |
| <b>SEFRA 8</b>  | Bergeval | Arras-sur-Rhône (plateau) (07) |
| <b>SEFRA 9</b>  | Bergeval | Glun (07)                      |
| <b>SEFRA 10</b> | Bergeval | Etoile-sur-Rhône (26)          |



## Figure 1 : Réseau parcellaire du projet ClimArbo en Drôme/Ardèche.

Source : www.data.gouv.fr, réalisation Freyssinet Emilie GRAB 2018

Au-delà des pratiques biologiques ou conventionnelles, la conduite des parcelles est variable dans le réseau notamment concernant le travail du sol et l'irrigation. Le dispositif contient des parcelles en sec, des parcelles irriguées par micro-aspersion et des parcelles avec aspersion ponctuelle sous frondaison (notamment en été). Les caractéristiques agronomiques des parcelles suivies par le GRAB sont indiquées dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Caractéristiques principales des parcelles suivies par le GRAB.**

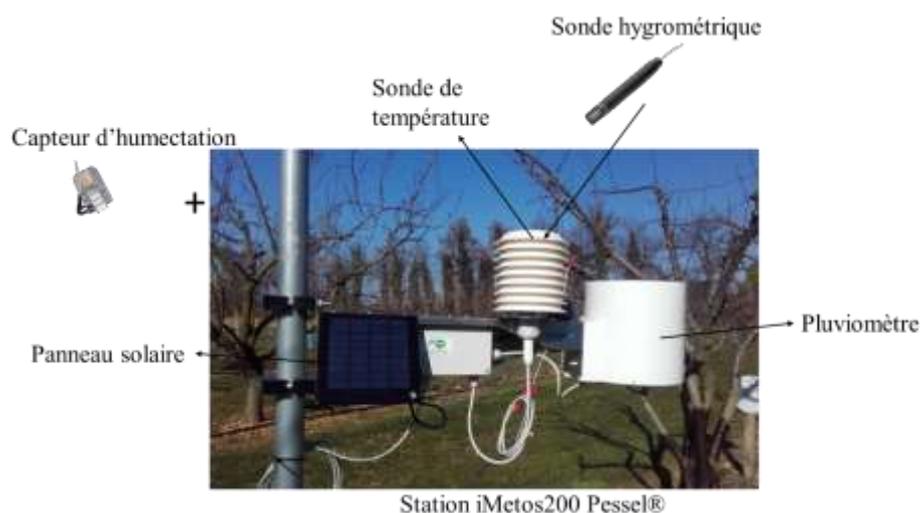
| Parcelle | Ecartements de la plantation | Age du verger | Variétés | Irrigation         |
|----------|------------------------------|---------------|----------|--------------------|
| GRAB 1   | 5*3                          | 2009          | Bergeron | Frondaison         |
| GRAB 2   | 5*6                          | 2012          | Bergeron | Sans ou frondaison |
| GRAB 3   | 4.5*4.5                      | 1985          | Bergeron | En sec             |
| GRAB 4   | 4*5                          | 2000-2010     | Bergeron | En sec             |

### 3.2 - Dispositif expérimental

Les 14 parcelles couvrent des conditions climatiques contrastées dont les données sont enregistrées par une station météorologique présente en permanence sur chaque parcelle. Une zone de 10 arbres sans protection fongicide contre le *Monilia* est identifiée sur chacune des parcelles. Les traitements de conservation ne sont pas réalisés sur les arbres observés. Les observations de phénologie, floribondité et de dégâts de monilioses ainsi que les prélèvements d'échantillons sont réalisés sur ces arbres.

### 3.3- Suivis réalisés

#### 3.3.1- Données météorologiques



**Figure 2 : Station iMetos Pessel® (©D. Dam, INRA)**

Une station iMetos 200 (Pessl®) est installée à 1,80m au-dessus du sol dans chaque parcelle à proximité des 10 arbres observés (Figure 2). Les stations disposent de capteurs de pluviométrie, d'hygrométrie, de température et d'humectation foliaire (par papier buvard). La station enregistre des données horaires.

### 3.3.3- Notation de phénologie et floribondité

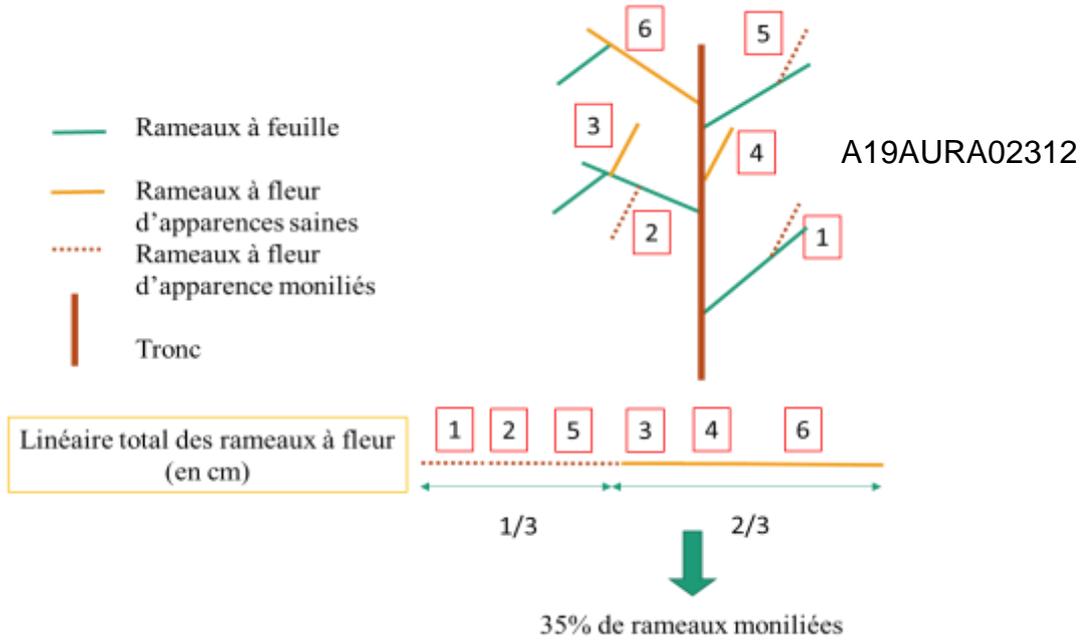
A partir de fin février, la proportion des différents stades phénologiques des boutons floraux est mesurée. Ces mesures sont réalisées de 1 à 3 fois par semaine selon la vitesse d'évolution des boutons floraux. Elles sont réalisées en distinguant les rameaux courts (d'une longueur inférieure à 30cm) et les rameaux longs (> 30cm). La floribondité représente la charge en fleurs de l'arbre. Elle est mesurée comme une variable de contrôle car on fait l'hypothèse qu'un arbre portant beaucoup de fleurs (grande floribondité) présente un plus haut risque d'infection par *Monilia*, en créant des conditions plus humides autour des fleurs. La floribondité est notée selon une échelle de 0 à 5 (0 : floribondité nulle ; 5 : très forte floribondité).

### 3.3.5-Notation des dégâts de monilioses

Les fruits atteints par une ou plusieurs espèces de monilioses se dessèchent sur les rameaux et y restent accrochés, on les appelle momies. Ces momies représentent un inoculum potentiel de *Monilia*. Elles sont normalement éliminées lors de la taille hivernale. Des momies présentes sur l'arbre (abricots de l'année n-1) sont comptabilisées avant la floraison et puis retirées.

Les notations **des dégâts de monilioses sur rameaux** sont réalisées un mois après la floraison. Deux types de notations sont réalisés :

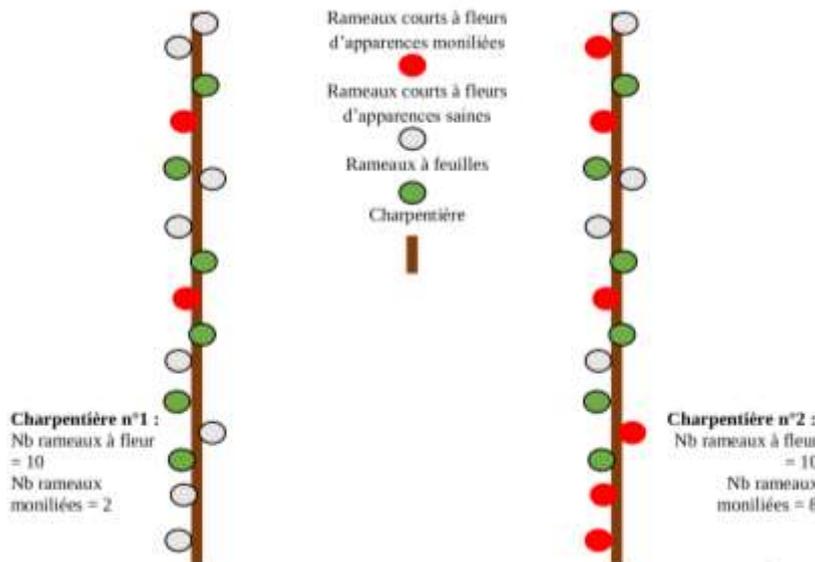
- Evaluation visuelle du pourcentage *de linéaire* de rameaux à fleurs moniliés, rapporté au linéaire de rameaux à fleurs total. Cette observation est réalisée à l'échelle d'un arbre, pour chacun des arbres non traités (Figure 3).



**Figure 3 : Représentation schématique de la notation de dégât de *Monilia spp.* sur abricotier.** Exemple de méthode d'évaluation des dégâts de *Monilia spp.* sur arbre entier (©E. Freyssinet, GRAB)

- Évaluation du pourcentage *du nombre* de rameaux moniliés, rapporté au nombre total de rameaux. Cette observation est réalisée uniquement pour 1 charpentière de 5 des arbres non traités. Cette évaluation est réalisée en distinguant les rameaux courts et les rameaux longs (Figure 4).

Les **notations des dégâts de monilioses sur fruits** sont réalisées pendant l'essai conservation sur les fruits récoltés sur chaque parcelle du réseau entre les deux passages de récolte du producteur.



**Figure 4 :** Représentation schématique de la notation dégât de *Monilia spp.* sur charpentière d'abricotier. Exemple de la notation dégât sur charpentière sur rameaux court (©E. Freyssinet, GRAB)

### 3.3.6-Identification des pathogènes

Différents prélèvements sont réalisés afin d'identifier les dégâts observés à l'une des deux espèces de *Monilia* :

- 32 fleurs moniliées par parcelle provenant des rameaux différents sont prélevées deux semaines après la floraison
- 10 rameaux moniliés par parcelles sont prélevées pour permettre l'isolation du champignon de la zone intermédiaire du bois infectée et ce 1 mois après la floraison.
- Maximum 32 fruits abimés par parcelle, parmi les fruits récoltés pour l'essai conservation, post -récolte.

Les échantillons sont prélevés sur le terrain avec du matériel stérile et conditionné en sachets plastiques. Puis, en laboratoire, ils sont placés individuellement dans des boîtes de pétri sur un milieu de gélose dextrosée à la pomme de terre (PDA) pour cultiver les champignons responsables des dégâts. Les boîtes sont observées quotidiennement pour l'identification visuelle des champignons.

### 3.3.7-Mise en place du plan d'occupation du sol en espèce fruitière autour des parcelles du réseau ClimArbo

Un plan d'occupation du sol des vergers, dans un rayon maximal de 1000 m autour de chaque parcelle du réseau a été réalisé grâce au logiciel Qgis version 2.18.14.

Chaque polygone créé porte plusieurs informations :

- Nom de la parcelle du réseau, présente dans le rayon où le polygone a été créé, ex : grab1
- Espèce, ex : abricot
- Type de fruit, ex : noyau
- Superficie en m<sup>2</sup>

Grâce aux BD ORTHO® 50 cm et à une sortie terrain , un plan d'occupation du sol des différents types de fruits à noyaux a été réalisé pour trois rayons différents autour des parcelles du réseau, lesquelles sont : 100m, 500m et 1000m. Cela permet de mesurer les proportions des différentes espèces de fruits autour des parcelles, à différentes échelles, afin d'identifier de potentiel foyers des *Monilia spp.*.

L'intérêt est d'analyser l'existence d'un possible impact sur les arbres des parcelles du réseaux, en comparant la proportion des différentes espèces sujettes aux *Monilia spp.*, au pourcentage de dégât évalué sur les arbres du réseau.

### 3.3.8-Calcul des risques de contamination par les *Monilia spp.*

Les stades sensibles aux monilioses sont les stades de floraisons D, E et F [CITATION DAM17 \l 1036]. Les variables météorologiques relatives à la pluie ou l'humidité peuvent avoir une influence sur les dégâts de monilioses seulement en présence de ces stades de floraisons. Les indicateurs de risques de contamination par les *Monilia spp.* sont calculés indépendamment par rapport à 3 de ces variables : la pluviométrie (somme des précipitations, mm), l'humectation (durée, heure) et l'humidité relative (moyenne).

Les indicateurs de risques sont calculés, pour chaque parcelle sur les trois années et en 4 étapes (exemple pour risque associé au stade D, E et F).

- Premièrement, nous avons pour chaque heure (i) entre le premier et le dernier relevé de la saison, estimé le pourcentage de ces 3 stades, d'après les mesures périodiques (fonction approx, R).
- Deuxièmement, pour chacun de ces heures nous avons calculé le pourcentage total des stades sensibles.  
Pourcentage total des stades sensibles  $i$  = proportion des fleurs en stade D  $i$  + proportion des fleurs en stade E  $i$  + proportion des fleurs au stade F  $i$
- Troisièmement nous avons multiplié ce pourcentage total de stade sensible journalier par la valeur horaire d'un des 3 indicateurs météorologiques (pluviométrie, humectation, humidité) et par la température moyenne de la même heure pour calculer le risque horaire correspondant.
- Quatrièmement, nous avons sommé l'ensemble des valeurs horaires, afin d'obtenir qu'une seule valeur pour la parcelle et pour la période de floraison de l'année considérée.

$$\text{Risque variable climatique saison} = \sum_{\text{début de saison}}^{\text{fin de saison}} (\text{pourcentage total des stades sensibles } i \times \text{variable climatique } i)$$

Les analyses ont été réalisées sur des données centrées réduites.

Dix risques ont été calculés à partir des variables climatiques, suivantes:

- Le risque Tresson et al. (2020) basée sur des sensibilités différentes des stades D, E et F (effet seuil avec D jusqu'à 4 fois moins sensible que E et F).
- 3 risques associés à la pluviométrie avec soit D,E et F considérés ensemble, soit D et F considérés séparément.
- 3 risques associés à l'humectation avec soit D,E et F considérés ensemble, soit D et F considérés séparément.
- 3 risques associés à l'humidité relative avec soit D,E et F considérés ensemble, soit D et F considérés séparément.

#### **4.6 - Analyse de l'influence des risques climatiques de contamination et du contexte paysager sur les dégâts des monilioses**

Pour tester l'influence simultanée des risques climatiques de contamination et du paysage, tout en prenant en compte les caractéristiques de notre jeu de données, nous avons utilisé des modèles linéaires mixtes.

Nous avons réalisé des modèles linéaires mixtes (fonction lmer, R) afin de comprendre l'influence simultanée des risques de contamination (liés au climat et à la phénologie des arbres) et de l'importance de plantes hôtes dans le paysage sur le pourcentage de dégâts des monilioses sur les arbres. Ces modèles statistiques sont composées :

- d'une variable à expliquer : intensité (pourcentage de dégâts des monilioses sur les arbres) ou fréquence (nombre de rameaux courts moniliés sur nombre total) ;

- de variables explicatives (ou potentiellement explicatives) de deux catégories ce qui donne le nom de « mixte » à ces modèles:
  - les effets fixes sont en relation avec la variable à expliquer, dans notre cas ce sont :
    - indices risques de contamination,
    - proportions d'abricotiers à deux échelles (rayon de 100m et rayon de 1000m),
    - pratiques culturales (bio ou conventionnelles) dans la parcelle où sont suivis les arbres non traités pour contrôler un potentiel biais.
    - Abondance des momies à la sortie d'hivers (inoculum potentiel).
  - les effets aléatoires agissent sur la relation entre les effets fixes et la variable à expliquer. Le plus souvent il s'agit de variable dont on ne veut pas quantifier l'effet sur la variable réponse mais que l'on doit prendre en compte car elles décrivent l'organisation des données. Dans notre cas les effets aléatoires utilisés sont les parcelles (nous avons des données pour 10 à 13 arbres de 14 parcelles différentes) et les années (2017, 2018 et 2019)

Pour utiliser correctement ces analyses il faut respecter un certain nombre de conditions, dont : que les variables utilisées doivent présenter une distribution normale ; que les variables explicatives ne doivent pas être corrélées entre elles. Si des variables dont nous souhaitons vérifier les effets sont corrélées il faudra donc choisir une seule d'entre elles pour réaliser ces analyses.

Comme nous étudions les effets du paysage et que les parcelles sont plus ou moins proches les unes des autres, nous avons ajouté une structure de corrélation entre les parcelles qui prend en compte la distance entre elles.

Les différents risques étant très corrélés entre eux, nous ne pouvons pas les utiliser ensemble dans le même modèle. Pour chaque variable à expliquer nous avons donc réalisé 7 types de modèles : 1 pour le risque « Tresson », 1 pour le risque pluviométrie avec stade D,E et F considérés ensemble, 1 pour les risque pluviométrie D et F séparés, les quatre autres pour les risques associés à l'humectation et l'humidité relative.

Pour chaque modèle nous avons comparé l'ensemble des combinaisons possibles de ces effets fixes (inférence multi-modèle) afin de détecter les effets fixes qui permettent le meilleur gain d'AIC. Les modèles présentant un delta au meilleur AIC < 4 ont été utilisés pour calculer le paramètre moyen de chaque effet fixe conservé (model averaging).

L'ensemble de ces analyses a été réalisé avec R version 3.4.4.

#### 4 - Résultats

| Dégâts                                 | Intercept    | Risques phéno-climatiques |              |              |             |                   |             |       |              |                   |              |              |             | Proportion des vergers d'abricotiers |              |             |              | Pratiques (conv) |              |       |       | Momies |      | AIC | R2 |
|--|--------------|---------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------------|-------------|-------|--------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|--------------------------------------|--------------|-------------|--------------|------------------|--------------|-------|-------|--------|------|-----|----|
|  |              | Risque Tresson RC         |              |              | DEF RC      |                   |             | D RC  |              |                   | F RC         |              |             | 100 m                                |              | 1000 m      |              | estm.            |              | estm. |       |        |      |     |    |
|  |              | estm.                     | p-val        | R2           | estm.       | p-val             | R2          | estm. | p-val        | R2                | estm.        | p-val        | R2          | estm.                                | p-val        | R2          | estm.        | p-val            | R2           | estm. | p-val | R2     |      |     |    |
| <b>Intensité dégâts (arbre endé)</b>   |              |                           |              |              |             |                   |             |       |              |                   |              |              |             |                                      |              |             |              |                  |              |       |       |        |      |     |    |
| pluviométrie                           | 0.527 0.1424 | <b>0,40</b>               | <b>0,001</b> | <b>0,34</b>  | -           | -                 | -           | -     | NR           | 0,68              | 0,100        | 0,14         | -0,10       | 0,284                                | 0,06         | NR          | NR           | NR               | NR           | 120,6 | 0,33  |        |      |     |    |
| pluviométrie                           | 0,30         | 0,312                     | -            | -            | <b>0,81</b> | <b>0,004</b>      | <b>0,29</b> | -     | -            | NR                | <b>0,94</b>  | <b>0,027</b> | <b>0,28</b> | NR                                   | NR           | NR          | NR           | NR               | NR           | 122,1 | 0,50  |        |      |     |    |
| pluviométrie                           | 0,63         | 0,24                      | -            | -            | -           | -                 | 0,241       | 0,502 | 0,11         | <b>0,502</b>      | <b>0,018</b> | <b>0,22</b>  | NR          | <b>0,66</b>                          | <b>0,038</b> | <b>0,27</b> | NR           | NR               | NR           | 125,1 | 0,51  |        |      |     |    |
| humectation                            | -0,145       | 0,512                     | -            | -            | <b>1,45</b> | <b>0,000</b>      | <b>0,27</b> | -     | -            | NR                | <b>0,77</b>  | <b>0,028</b> | <b>0,21</b> | NR                                   | NR           | NR          | NR           | NR               | NR           | 118,2 | 0,54  |        |      |     |    |
| humectation                            | 0,416        | 0,525                     | -            | -            | -           | -                 | NR          | NR    | <b>0,875</b> | <b>0,003</b>      | <b>0,29</b>  | NR           | <b>0,80</b> | <b>0,023</b>                         | <b>0,28</b>  | NR          | NR           | NR               | NR           | 122,7 | 0,47  |        |      |     |    |
| humidité relative                      | 0,665        | 0,507                     | -            | -            | <b>0,95</b> | <b>0,256</b>      | <b>0,16</b> | -     | -            | NR                | <b>0,66</b>  | <b>0,049</b> | <b>0,21</b> | -0,18                                | 0,284        | 0,05        | NR           | NR               | NR           | 130,7 | 0,48  |        |      |     |    |
| humidité relative                      | 1,78         | 0,014                     | -            | -            | -           | -                 | NR          | NR    | NR           | <b>0,52</b>       | <b>0,048</b> | <b>0,41</b>  | -0,64       | 0,211                                | 0,20         | NR          | NR           | NR               | NR           | 122,0 | 0,82  |        |      |     |    |
| <b>Fréquence dégâts (arbres endés)</b> |              |                           |              |              |             |                   |             |       |              |                   |              |              |             |                                      |              |             |              |                  |              |       |       |        |      |     |    |
| pluviométrie                           | 0,519        | 0,032                     | <b>1,71</b>  | <b>0,001</b> | <b>0,30</b> | -                 | -           | -     | NR           | 0,71              | 0,075        | 0,18         | NR          | NR                                   | 0,296        | 0,078       | 0,115        | NR               | NR           | 156,3 | 0,55  |        |      |     |    |
| pluviométrie                           | 0,555        | 0,468                     | -            | -            | <b>1,30</b> | <b>0,006</b>      | <b>0,28</b> | -     | -            | NR                | <b>1,28</b>  | <b>0,022</b> | <b>0,28</b> | NR                                   | NR           | NR          | NR           | NR               | NR           | 159,8 | 0,49  |        |      |     |    |
| pluviométrie                           | 0,618        | 0,176                     | -            | -            | -           | -                 | NR          | NR    | <b>1,151</b> | <b>0,004</b>      | <b>0,26</b>  | NR           | <b>1,22</b> | <b>0,014</b>                         | <b>0,32</b>  | NR          | NR           | NR               | NR           | 156,7 | 0,57  |        |      |     |    |
| humectation                            | -0,445       | 0,343                     | -            | -            | <b>2,57</b> | <b>&lt;0,0001</b> | <b>0,45</b> | -     | -            | NR                | 0,81         | 0,089        | 0,22        | -0,27                                | 0,043        | 0,00        | <b>0,548</b> | <b>0,018</b>     | <b>0,154</b> | NR    | NR    | 156,1  | 0,81 |     |    |
| humectation                            | 1,382        | 0,02                      | -            | -            | -           | -                 | NR          | NR    | <b>1,795</b> | <b>&lt;0,0001</b> | <b>0,30</b>  | NR           | NR          | NR                                   | 0,11         | 0,109       | 0,108        | 0,040            | NR           | NR    | 160,2 | 0,48   |      |     |    |
| humidité relative                      | -1,643       | 0,33                      | -            | -            | <b>2,93</b> | <b>0,007</b>      | <b>0,11</b> | -     | -            | NR                | <b>1,72</b>  | <b>0,038</b> | <b>0,31</b> | NR                                   | NR           | NR          | NR           | NR               | NR           | NR    | NR    | 160,8  | 0,38 |     |    |
| humidité relative                      | -0,53        | 0,017                     | -            | -            | -           | -                 | NR          | NR    | <b>1,693</b> | <b>0,032</b>      | <b>0,14</b>  | -CV          | NR          | NR                                   | -0,52        | 0,100       | 0,10         | NR               | NR           | NR    | NR    | 170,2  | 0,28 |     |    |

|     |  |
|-----|--|
| -   | non pris en compte dans le modèle                    |
| NR  | non retenu après inférence multi-modèles             |
| -CV | suggère dans modèle mais car problème de convergence |

Quelle que soit la variable à expliquer, plusieurs résultats ressortent. Le risque Tresson et les risques DEF liés à la pluviométrie ou l'humectation ont un effet significatif sur les dégâts alors que le risque DEF lié à l'humidité n'a pas d'effet significatif. Les risques calculés sur le stade D n'ont pas d'effet significatif ou ne sont même pas retenus lors de l'inférence. Les risques calculés sur le stade F uniquement ont un effet significatif lorsqu'ils sont basés sur la pluviométrie et l'humectation uniquement. Ces résultats impliquent que la pluviométrie et l'humectation sont bien impliqués dans les contaminations de *Monilinia laxa*, alors que l'humidité relative ne jouerait pas de rôle. De plus ils semblent confirmer indirectement que le stade F est plus sensible à la maladie que le stade D.

Concernant les effets du contexte paysager, la proportion de la surface occupée par des vergers d'abricotiers dans un rayon de 100 m n'est jamais retenu lors de l'inférence. Cette variable n'a pas d'effet sur les dégâts. Au contraire, la proportion de la surface occupée par des vergers d'abricotiers dans un rayon de 1000 m favorise significativement les dégâts (dans 6 cas sur 7 pour l'intensité, et dans 3 cas sur 7 pour la fréquence). Le paysage aurait donc un effet moins fort que le risque de contamination, ce qui est aussi marqué par les valeurs de  $R^2$ .

Le type de pratique agricole dans les parcelles dans lesquelles sont suivis les arbres non traités a dans aucun cas un effet significatif sur les dégâts. Notre dispositif semble donc ne pas être biaisé. Enfin l'abondance des momies n'a un effet significatif que dans 1 modèle sur 14, ce facteur est donc peu impliqué dans les dégâts.

Si on compare la qualité des modèles, c'est le modèle avec le risque DEF lié à l'humectation qui a le plus petit AIC, suivi de près par le modèle avec le risque Tresson (pluviométrie). On ne peut donc pas conclure que de la pluviométrie ou de l'humectation est la plus responsable des dégâts. Mais ces résultats mettent en valeur qu'il est important de prendre en compte les stades DEF pour comprendre les dégâts.

