



**HAL**  
open science

# Evaluation du comportement des variétés d'abricotiers sous faible niveau d'intrants phytosanitaires

Charlotte Arbona

► **To cite this version:**

Charlotte Arbona. Evaluation du comportement des variétés d'abricotiers sous faible niveau d'intrants phytosanitaires. [Stage] France. Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL), Villeurbanne, FRA. 2010, 89 p. hal-02818501

**HAL Id: hal-02818501**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02818501>**

Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**ARBONA Charlotte**

2<sup>ème</sup> Année DUT Génie Biologique  
Option Agronomie



Département GENIE BIOLOGIQUE  
43 Bd du 11 novembre 1918  
69622 VILLEURBANNE Cedex

Rapport de Stage

# Evaluation du comportement des variétés d'abricotiers



## sous faible niveau d'intrants phytosanitaires



Institut National de la Recherche Agronomique  
Domaine de Gothéron  
26320 Saint Marcel-lès-Valence

Maître de stage : M. Laurent BRUN  
Période de stage : du 1<sup>er</sup> Avril au 31 Juillet 2010



Ce stage fut une très grande satisfaction personnelle. Toute l'équipe de l'unité de Gotheron, gestion culturelle et expérimentale toutes confondues, m'a accueillie chaleureusement au cours de mon stage. Je tiens cependant à remercier certaines personnes tout particulièrement pour l'aide qu'elles m'ont apportée.

Tout d'abord, je remercie **Luciana Parisi**, directrice de l'UERI de Gotheron, pour m'avoir accueillie dans son établissement.

J'ai une profonde reconnaissance pour mon maître de stage, **Laurent Brun**. Sa gentillesse, sa patience et sa disponibilité m'ont permis d'avancer dans mon travail avec efficacité. Il a parfaitement su me guider dans mes notations tout en laissant place à une prise d'initiative. J'ai eu beaucoup de chance d'être sa stagiaire et je le remercie de m'avoir prise pour cette expérimentation. Je remercie également mon co-encadrant pour ce stage, **Vincent Mercier**, qui m'a beaucoup aidée pour mon travail sur le monilia et qui a assuré la logistique informatique pendant mon stage.

Un grand merci à **Armand Guillermin**, avec qui j'ai effectué toutes mes notations et récoltes.

J'aimerais remercier tout particulièrement **Dominique Chauffour** qui a tout fait pour que mes quatre mois de stage à Gotheron se passent dans la bonne humeur. Son aide tant dans mon travail que pour mon confort (réparation de vélo, de fenêtre de bureau...) a été très appréciable.

Un petit mot pour **Christophe Gros** et **Freddy Combe** qui sont intervenus dans la parcelle pour faire la plus grosse récolte de la saison en période de sous effectif pendant le pont du 14 Juillet. Sans eux, je pense que je serais encore dans ma parcelle à récolter les fruits. De même, je tiens à remercier **Jérôme Bardon**, travaillant en tant que main d'œuvre occasionnelle dans l'unité, pour l'aide qu'il a apporté à Armand et moi pour les récoltes.

Je n'ai pas vu passer ces quatre mois de stage aussi grâce aux autres stagiaires présents sur le site. Des remerciements s'imposent donc pour **Nathanaëlle** et **Delphine**, qui en plus de me supporter dans la maison des stagiaires, ont du partager mon bureau (au grand désespoir des techniciens et ingénieurs qui essayaient de travailler au même étage que nous). L'ambiance a été géniale du début à la fin également grâce à **Elodie**, **Nina**, **Laurent**, **Emmanuelle**, **Agnès** et **David**. Du fond du cœur, merci à tous les huit !

## Sommaire :

-	<b>Partie 1 : Présentation de l'entreprise</b> .....	1
-	<b>L'INRA en Général :</b> .....	1
-	<b>Historique :</b> .....	1
-	<b>Objectifs :</b> .....	1
-	<b>L'INRA en quelques chiffres :</b> .....	2
	<b>A. Au niveau mondial :</b> .....	2
	<b>B. En France :</b> .....	2
-	<b>Ressources :</b> .....	2
-	<b>Présentation de l'UERI de Gotheron :</b> .....	2
	<b>A. Localisation et Historique :</b> .....	3
	<b>B. Mission de l'UERI Gotheron :</b> .....	3
	<b>C. Composition en personnel :</b> .....	4
	<b>D. Les locaux :</b> .....	5
	<b>E. Collaboration et Partenariat :</b> .....	6
-	<b>Partie 2 : Matériel Biologique :</b> .....	8
I.	<b>Généralités sur l'abricotier :</b> .....	8
	<b>A. Historique :</b> .....	8
	<b>B. L'abricotier, un arbre exigeant :</b> .....	8
	<b>C. L'abricot dans le monde :</b> .....	9
II.	<b>Les maladies de l'abricotier étudiées :</b> .....	11
	<b>A. Le Chancre Bactérien (Dépérissement bactérien) :</b> .....	11
	<b>B. L'ECA : Enroulement Chlorotique de l'Abricotier :</b> .....	11
	<b>C. Monilioses :</b> .....	13

<b>Partie 3 : Expérimentation</b> .....	14
<b>I. Dispositif :</b> .....	14
<b>A. Contexte :</b> .....	14
<b>B. Une large gamme variétale choisie :</b> .....	14
<b>C. Particularité du dispositif : Méthode des plus proches voisins :</b> .....	15
- <b>Pas de fongicides :</b> .....	15
<b>II. Matériel et Méthodes :</b> .....	16
<b>A. Chancre Bactérien :</b> .....	16
<b>B. Le Monilia :</b> .....	20
<b>C. ECA :</b> .....	22
<b>III. Résultats chancre bactérien :</b> .....	23
<b>A. Le chancre bactérien en 2010 :</b> .....	23
<b>B. Comparaison avec le classement de l'année dernière :</b> .....	28
<b>C. Discussion :</b> .....	30
<b>IV. Résultats ECA :</b> .....	31
<b>V. Résultats Monilia :</b> .....	32
<b>A. L'année 2010 :</b> .....	32
<b>B. Une année de comparaison :</b> .....	35
<b>C. Discussion :</b> .....	37
<b>Conclusion de la sensibilité des variétés aux trois maladies observées :</b> .....	38
- <b>Conclusion : Bilan personnel du stage :</b> .....	39
<b>Bibliographie :</b> .....	40

## Introduction

Les principales variétés d'abricotiers cultivées en arboriculture fruitière sont assez sensibles à différentes maladies. Le dispositif expérimental actuel d'évaluation des nouvelles variétés est essentiellement orienté vers l'évaluation agronomique des variétés (qualité gustative des fruits..) et ne prend pas en compte la sensibilité variétale aux bio-agresseurs de l'abricotier. Or cette sensibilité est une des clefs qui permettra de progresser dans le raisonnement et la réduction de la protection fongicide des vergers conduits en Production Fruitière Intégrée comme en Agriculture Biologique.

De nombreuses maladies ont été observées dans la parcelle d'étude mais ce rapport ne traite que trois maladies : le chancre bactérien, le monilia et l'ECA. Elles sont dévastatrices dans les vergers. Le chancre bactérien et l'ECA peuvent décimer des parcelles et leur éradication, une fois déclarée en verger, est très difficile. Le monilia est une très grande menace pour l'arbre de par sa sensibilité aux attaques sur fleurs, rameaux et fruits. Les pertes de récolte sont considérables.

L'essai mis en place à Gotheron vise à :

- Evaluer la sensibilité aux maladies d'une gamme de 16 variétés (obtention INRA et variétés commerciales).
- Valider une méthode d'évaluation de la sensibilité variétale (caractère mesuré, dispositif et échantillonnage).

Les résultats obtenus pourront aider les producteurs dans leurs choix variétaux, dans une optique de production à faible niveau d'intrants.

## - Partie 1 : Présentation de l'entreprise

### - L'INRA en Général :

#### - *Historique :*

L'INRA, Institut National de la Recherche Agronomique fut créée en 1946. Ses recherches, orientées vers la modernisation de l'agriculture, devaient permettre de résoudre la pénurie alimentaire qui sévissait en France suite à la Seconde Guerre Mondiale.



Figure 1 : Logo de l'INRA

Source : site de l'INRA.

Ce n'est qu'en 1984 que l'INRA devient un établissement public (un EPST : Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique). Il est alors placé sous la double tutelle du ministère en charge de la Recherche et celui de l'Agriculture.

#### - *Objectifs :*

L'INRA a de nombreuses thématiques de recherches :

- **Alimentation** : sécurité alimentaire, effets bénéfiques des aliments pour la santé...
- **Environnement** : gestion des ressources naturelles, protection...
- **Agriculture** : localisation des activités agricoles, conseils...

Le but de l'INRA est de diffuser au grand public et aux professionnels les connaissances scientifiques acquises grâce à la recherche. Il est également important de signaler que l'institut conserve et entretient de nombreuses collections de ressources génétiques de plantes, agricoles ou ornementales, et de microorganismes.

## - L'INRA en quelques chiffres :

### *A. Au niveau mondial :*

L'INRA est le **premier** institut de recherche agronomique européen concernant le domaine de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement. Il occupe le **deuxième rang mondial** pour ses publications scientifiques.

### *B. En France :*

L'INRA possède un important dispositif de recherche à travers toute la France :

- 20 centres.
- 14 départements de recherches.
- 52 unités expérimentales représentant une surface totale de l'ordre de 10 000 ha.
- 150 sites de recherches et d'expérimentations dans toute la France, y compris en Outre-mer.

### *- Ressources :*

En 2008, L'INRA avait un budget de **745,68 millions d'euros** provenant en grande partie des subventions des deux ministères sous lesquels il est placé. Ces dépenses sont à 71% tournées vers les dépenses de personnel. En effet, cette année là, l'INRA employait **8 390 agents** avec **49% de techniciens et administratifs ainsi que 29% d'ingénieurs**.

## - Présentation de l'UERI de Gotheron :

Le centre INRA PACA a été créé en Janvier 2010 suite à la fusion des centres d'Avignon et de Sophia-Antipolis : il représente maintenant le seul centre de recherche de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Il comprend 17 unités de recherches et 4 unités de recherches expérimentales dont l'Unité Expérimentale de Recherches Intégrées (UERI) de Gotheron (localisée en Rhône-Alpes).



## A. Localisation et Historique :

Le domaine expérimental de Gotheron est situé à 6 km au Nord-est de Valence (Drôme), sur les communes de Saint-Marcel-lès-Valence et de Bourg-lès-Valence (**figure2**).



Figure 2 : Localisation géographique de Gotheron

Source : Google Earth

Il est situé au cœur de la principale région de production fruitière française d'abricots. Il bénéficie d'un climat subcontinental à influence méditerranéenne, favorable à l'arboriculture fruitière. Le vent est une caractéristique de la région, canalisé par la vallée du Rhône.

Le domaine a été mis à la disposition de l'INRA en 1963 par la Société des Agriculteurs de la Drôme (SAD) selon un bail emphytéotique<sup>1</sup> de 99 ans. Il fut créé pour répondre aux préoccupations de l'arboriculture en Rhône-Alpes.

## B. Mission de l'UERI Gotheron :

La principale mission de cette unité de recherche est d'assurer les travaux d'expérimentation et de recherche appliquée dans le domaine de la production fruitière intégrée<sup>2</sup> des arbres fruitiers à noyaux et à pépins : pêchers, abricotiers, pommiers et poiriers. Un programme d'arboriculture fruitière biologique sur pommes et pêches est également développé sur le domaine.

<sup>1</sup> **Bail emphytéotique** : bail de longue durée conclu à des conditions avantageuses pour le preneur, qui s'engage en contrepartie à effectuer les travaux d'amélioration du bien loué.

<sup>2</sup> **Production intégrée fruitière** : La Production Fruitière Intégrée est une méthode de production de fruits de haute qualité donnant la priorité aux méthodes écologiquement sûres afin d'améliorer la sécurité de l'environnement et la sécurité alimentaire.

### C. Composition en personnel :

En 2009, le nombre d'agents permanents s'élevait à 24 et dont la composition est détaillé en figure 3.

DIRECTION / SERVICES COMMUNS	
Noms	Compétences/Fonctions transversales
<b>Luciana PARISI</b>	Directrice de l'unité
<b>Vincent MERCIER</b>	Directeur Adjoint
<b>Christine THOMAS</b>	Gestionnaire
<b>Agnès JAUBERT</b>	Gestion du personnel, Documentation, Communication / Informatique, ACP
<b>Damien DE LA VALLEE</b>	Entretien Bâtiments et véhicules
<b>Laurent GALET</b>	Entretien, création d'espaces verts

PRODUCTION FRUITIERE INTEGREE				
Equipe Expérimentation/Recherche		INTERFACE Expérimentation/Recherche-Gestion Culturelles	Equipe Gestion Culturelle	
Noms	Compétences/Fonctions transversale	Simon RUZAND	Noms	Compétences/Fonctions transversale
<b>Aude ALAPHILIPPE</b>	Impacts Environnementaux		<b>Calos ASENCIO</b>	Protection Vergers / Commercialisation Fruits
<b>Calos ASENCIO</b>	Création Variétales abricotier		<b>Pedro ASENCIO</b>	Protection Vergers / Entretien et machinisme
<b>Pedro ASENCIO</b>	Conduite de l'arbre, Agronomie		<b>Dominique CHAUFFOUR</b>	Conduite Vergers / CHS
<b>Laurent BRUN</b>	Pathologie végétales / Dispositifs expérimentaux		<b>Armand GUILLERMIN</b>	Conduite Vergers
<b>Claude BUSSI</b>	Agronomie / Démarche Qualité		<b>Franck MERLIN</b>	Culture d'Homogénéisation
<b>Dominique CHAUFFOUR</b>	Agronomie		<b>Damien DE LA VALLEE</b>	Culture d'Homogénéisation
<b>Guy CLAUZEL</b>	Création variétale Abricotier		<b>Damien DE LA VALLEE</b>	Machinisme Agricole, Atelier
<b>Freddy COMBE</b>	Protection des plantes		<b>Laurent GALET</b>	Désherbage Mécanique du sol
<b>Thierry GIRARD</b>	Conduite de l'arbre, agronomie/ Informatique, CHS		<b>Olivier GUIBERT</b>	Fertilisation, Désherbage / CHS
<b>Christophe GROS</b>	Pathologie Végétale/ Laboratoire mycologie, Correspondant Météo		<b>Franck MERLIN</b>	Culture d'Homogénéisation
<b>Armand GUILLERMIN</b>	Pathologie Végétales		<b>Dominique RIOTORD</b>	Irrigation / Haies
<b>Vincent MERCIER</b>	Pathologie Végétale / Informatique			
<b>Franck MERLIN</b>	Systèmes de cultures			
<b>Karine MOREL</b>	Entomologie / Correspondant Météo			
<b>Luciana PARISI</b>	Pathologie Végétale			
<b>Dominique RIOTORD</b>	Entomologie, Pathologie			
<b>Sylvaine SIMON</b>	Système de culture, Entomologie / Pilotage Protection			

Figure 3 : Organigramme du personnel

Source : « Rapport d'activité UERI domaine de Gotheron : Evaluation collective du 10 décembre 2009 »

L'unité fait également appel à des agents non permanents tout au long de l'année : main d'œuvre occasionnelle, stagiaires et contrats à durée déterminée.

## *D. Les locaux :*

### ⇒ Foncier :

En 2008, le domaine couvrait une surface d'environ 86 ha pour une surface agricole utile (SAU) de 62 ha (*voir annexe 1*). Elle était occupée par environ 19 ha de vergers et 42 ha de cultures hors expérimentation (grandes cultures, jachères, pâturages) servant de cultures d'homogénéisation et de zones de tampons.

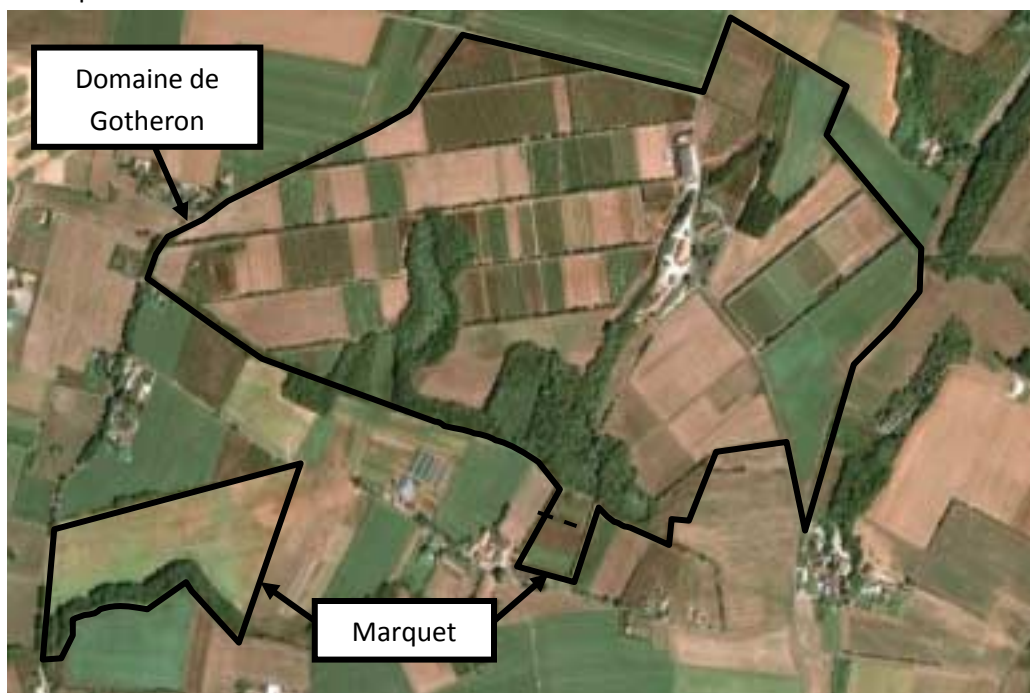


Figure 4 : Vue aérienne du domaine de Gotheron

Source : Google Earth

Sur les 126 parcelles du domaine, 76 sont en arboricultures. C'est l'abricotier qui est le plus représenté avec 42 parcelles (*voir annexe 2*). Dans les surfaces hors expérimentation, on peut considérer que la moitié sert pour les cultures d'homogénéisation des essais en arboriculture. En effet, lorsqu'une parcelle est arrachée, trois années de cultures annuelles sont nécessaires avant de commencer une nouvelle expérimentation.

Ce domaine est un véritable espace naturel abritant une faune et une flore variée : bois, pâturage, jachère, grandes cultures, vergers...

⇒ **Les bâtiments :**

L'unité dispose d'un ensemble de bâtiments bien adapté à son activité (chaque numéro fait référence à un bâtiment de la **figure 5**) :

- 1 bâtiment administratif (1).
- Plusieurs bâtiments à usage agricole (2).
- Une vieille ferme réaménagée en salles de réunion, logements pour les stagiaires et le gardien (3).



Figure 5 : Vue aérienne des bâtiments

Source interne à l'INRA.

***E. Collaboration et Partenariat :***

L'unité de Gotheron établit des collaborations étroites avec les autres établissements INRA notamment PACA, Montpellier, Clermont-Ferrand et Angers.

Les collaborations avec d'autres professionnels sont aussi nombreuses comme en témoigne la présence de deux ingénieurs du **GRAB** (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique) et de l'**ACTA** (Association de Coordination Techniques Agricoles) dans les locaux. Ils interviennent sur de nombreuses parcelles du domaine. A noter également la présence sur le site de la **LPO** (Ligue de Protection des Oiseaux) depuis octobre 2009.



Figure 6 : Les partenaires de L'UERI de Gotheron

*Source interne à l'INRA.*

Au niveau local, l'INRA collabore avec le Lycée Agricole du Valentin situé à Valence. Cette collaboration va de la participation des agents de l'INRA à des conférences au lycée jusqu'à l'échange de services. Par exemple, les bovins du lycée sont accueillis l'été sur le domaine et l'institut reçoit en échange du fumier pour son compost (servant pour les parcelles conduites en biologique).

## - Partie 2 : Matériel Biologique :

### I. Généralités sur l'abricotier :

#### A. Historique :

L'abricotier, *Prunus armeniaca* (famille des rosacées), est un arbre originaire de Chine où il est cultivé depuis plus de 5 000 ans. Cependant, ce n'est pas pour ses fruits qu'il était apprécié mais pour les amandes contenues dans leurs noyaux. Il a connu une importante dispersion géographique : il s'est développé au Moyen-Orient, en Afrique du Nord puis est arrivé en Europe par la Grèce, l'Arménie (d'où son nom latin) et l'Italie. Il est introduit en France au X<sup>ème</sup> siècle mais n'atteindra la vallée de la Loire qu'au XV<sup>ème</sup> siècle.

#### B. L'abricotier, un arbre exigeant :

L'espèce présente une grande faculté d'adaptation. Cependant, le climat où elle est cultivée est un paramètre très important. Les conditions climatiques ont un impact sur l'ensemble du cycle de développement de l'abricotier.

Ainsi, les conditions météorologiques influent sur la qualité d'une récolte : la croissance, la fructification et les qualités gustatives du fruit dépendent du climat.

La non-satisfaction des besoins en froid et en chaleur nécessaires à la levée de la dormance entraîne des problèmes de débourrement (l'abricotier en repos végétatif est moins sensible aux très basses températures que le pêcher, il résiste à des températures pouvant aller jusqu'à -20°C).

La qualité de la floraison est aussi conditionnée par l'intensité des périodes de froid et de chaleur, et leur chronologie. L'abricotier est caractérisé par une floraison précoce (mi-février pour certaines variétés). Les risques de gel condamnant tout ou une partie de la production sont alors très importants. Cette précocité peut également poser des problèmes de pollinisation : si la plupart des variétés anciennes sont autofertiles<sup>3</sup>, certaines variétés sont plus ou moins autostériles<sup>4</sup>. Elles nécessitent une pollinisation croisée que seules les abeilles réalisent efficacement. Or celles-ci ne sont pas actives à des températures inférieures à 12°C, ni par vent fort.

Une forte humidité favorise l'installation de maladies cryptogamiques<sup>5</sup> sur les fleurs et les fruits (comme le Monilia). Des pluies abondantes à l'approche de la maturité abaissent la fermeté et le taux de sucres et favorisent l'éclatement du fruit.

Il faut également une forte luminosité pour assurer une bonne induction florale, un bon développement et une pérennité des organes végétatifs.

Ces exigences climatiques sont telles que certaines variétés ne sont adaptées qu'à une seule région comme par exemple la variété Bergeron adaptée à la région Rhône-Alpes.

---

<sup>3</sup> **Autofertile** : ce dit des plantes qui peuvent se féconder elles-mêmes.

<sup>4</sup> **Autostérile** : qualifie des plantes qui ne peuvent se reproduire par le pollen venant du même pied

<sup>5</sup> **Maladie cryptogamique** : maladie causée à une plante par un champignon ou un autre organisme filamenteux.

Traditionnellement, l'abricotier était souvent cultivé sans irrigation. Toutefois, il préfère les terrains profonds, fertiles, avec une irrigation maîtrisée dans des sols suffisamment filtrants, sans risque d'excès d'eau.

### C. L'abricot dans le monde :

60 % des abricots dans le monde sont produits par des pays méditerranéens. Même constat pour l'Europe où 4 pays méditerranéens se partagent la production européenne : l'Italie, la France, l'Espagne et la Grèce.

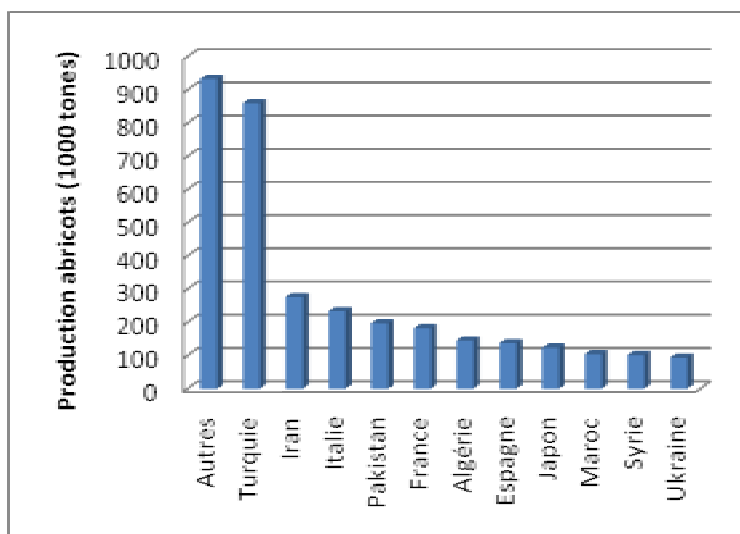


Figure 7 : production mondiale d'abricots

Source : FAOSTAT 2007.

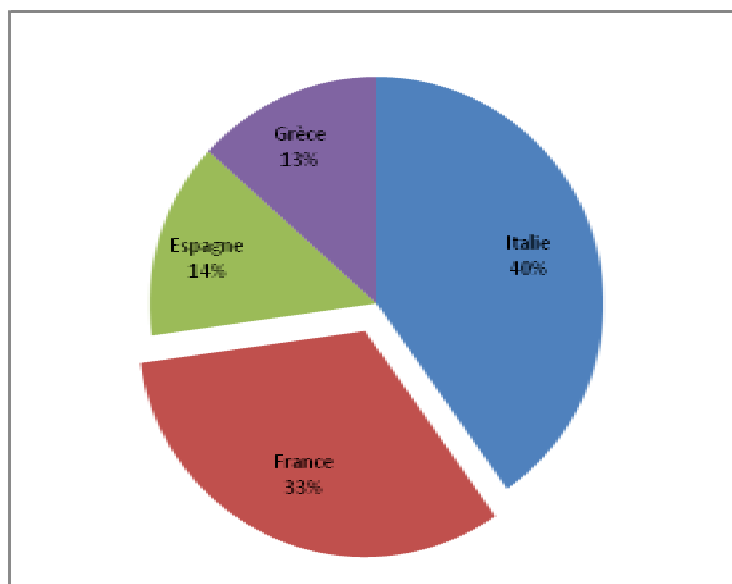


Figure 8 : Production européenne d'abricot

Source : EUROPECH 2007

La France est positionnée au 5<sup>ème</sup> rang mondial et à la 2<sup>ème</sup> place du classement européen des producteurs d'abricots.

Dans l'Hexagone, trois régions assurent la majeure partie de la production nationale. Il s'agit du Languedoc-Roussillon, Rhône Alpes et la région PACA.

**Tableau 1 : Production nationale d'abricots**

Région	Production d'abricot (en tonnes)
Rhône-Alpes	62 900
Languedoc-Roussillon	35 600
PACA	26 800

*Source : EUROPECH 2007*

La région Rhône-Alpes est la plus productive comme le montre le **tableau 1** ci-dessus.



## II. Les maladies de l'abricotier étudiées :

Pour l'ensemble des maladies décrites, un résumé très sommaire est fait pour la description des symptômes. Ils seront détaillés avec plus de précisions dans la partie 3 : expérimentation.

### A. *Le Chancre Bactérien (Dépérissement bactérien) :*

Cette maladie, décrite aux Etats-Unis dans la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, puis signalée en Europe centrale (Hongrie, Slovénie), a été observée en France dans les années 60.

Les agents de cette maladie sont des bactéries du genre *Pseudomonas*. Plusieurs espèces peuvent causer des dégâts :

- ***Pseudomonas syringae pathovar syringae*** : la plus fréquente et la plus agressive, elle peut attaquer tous les arbres fruitiers à noyau.
- ***Pseudomonas syringae pathovar morsprunorum*** : elle affecte surtout le cerisier ou les feuilles d'abricotiers.
- ***Pseudomonas viridiflava***.

Les bactéries vivent à la surface des feuilles et s'y multiplient. Ces populations phytopathogènes sont importantes au printemps et à l'automne mais en nombre plus faible en été. Elles sont incapables d'entrer dans les tissus végétaux par elles-mêmes. La pénétration à l'intérieur de l'arbre se fait à la faveur de blessures naturelles ou accidentelles (plaies pétiolaires, plaies de taille...).

Ces bactéries possèdent une action glaçogène : elles provoquent la formation de glace dans les tissus de l'arbre à des températures plus élevées qu'en leur absence (un abricotier peut normalement résister à des températures de -15 à -20°C alors que les bactéries font apparaître de la glace entre -3 et -5 °C). La glace formée provoque la nécrose des tissus infectés permettant leur diffusion. La nécrose des tissus entraîne la formation de chancres d'où le nom donné à la maladie.

Les symptômes de la maladie peuvent varier selon la période d'observation et les variétés. Cette maladie attaque principalement les branches de l'arbre. Dès la fin de l'hiver, des points de gomme sont visibles. Par la suite, les branches envahies par les bactéries dépérissent et finissent par mourir. Des chancres apparaissent au niveau des zones nécrosées. La diffusion de bactéries dans le tronc de l'arbre entraîne la mort de l'arbre. Des symptômes sur fruits peuvent être visibles et se présentent sous la forme de taches noires et liégeuses à la surface du fruit.

### B. *L'ECA : Enroulement Chlorotique de l'Abricotier :*

L'enroulement chlorotique de l'abricotier (E.C.A) est une maladie à phytoplasme dont les premiers symptômes ont été mis en évidence en 1924. Il est signalé presque exclusivement sur le pourtour méditerranéen Nord, de l'Espagne à la Yougoslavie. Il a été observé sur du matériel végétal d'Europe de l'Est. L'ECA pose de très graves problèmes économiques puisque cette maladie est incurable. Une fois déclarée en verger, elle ne peut être enrayerée que par l'arrachage des arbres infectés.

L'agent de cette maladie est un phytoplasme identifié en 1956 sous la terminologie : European Stone Fruit Yellow phytoplasma (ESFY). C'est un micro-organisme intermédiaire entre les virus et les bactéries, se distinguant de ces dernières par l'absence de paroi solide. Il se multiplie dans les tubes criblés et est véhiculé dans la sève élaborée. Il peut être présent dans l'arbre, en plus ou moins en grande quantité, mais l'expression des symptômes peut prendre plus d'une année. L'arbre atteint peut alors ne pas être identifié comme malade. La répartition hétérogène du phytoplasme dans l'arbre peut aussi être une difficulté à la détection de sa présence par analyse.

Le psylle *Cacopsylla pruni*, un insecte piqueur suceur, est le seul vecteur actuellement identifié. Il est reconnaissable grâce à la couleur foncée de ses ailes.



Figure 9 : *Cacopsylla pruni*

Source : [www.geol.org](http://www.geol.org)

La transmission par le psylle se fait selon un mode persistant. Le phytoplasme doit être intégré par l'insecte, une phase de multiplication dans le corps de l'insecte est ensuite indispensable afin de pouvoir retransmettre le phytoplasme par piqûre. Les *Cacopsylla pruni* hivernent sur les conifères en moyenne montagne ; ils sont de retour sur les prunelliers en plaine vers début mars. Cette date correspond généralement avec la feuillaison des abricotiers les plus précoces. A leur retour en plaine, les insectes matures ré-immigrants effectuent des piqûres nutritives puis pondent sur les arbres. C'est à l'occasion de ces piqûres que les *Cacopsylla pruni* infectieux transmettent le phytoplasme. La nouvelle génération de jeunes adultes issus des pontes commence à émerger en mai jusqu'à fin juin. Ils sont presque incapables de retransmettre le phytoplasme dans la même saison lorsqu'ils ingèrent le phytoplasme. A partir de Juillet, les *Cacopsylla* ne sont plus présents dans les vergers.

L'ECA se manifeste sur l'abricotier entre le 3<sup>ème</sup> et la 7<sup>ème</sup> année. Les arbres dépérissent dans un délai de 1 à 3 ans après l'apparition des premiers symptômes. En verger, les arbres exprimant la maladie sont visibles par une chlorose (couleur vert clair ou jaune) et un enroulement en forme de cuillère des feuilles. L'ECA empêche le bon développement des fruits : ils pâlisent et chutent avant leur période de maturité.

### C. Monilioses :

Les monilioses sont provoquées par des champignons pathogènes : *Monilia laxa* et *M. fructicola* qui attaquent les fleurs et les fruits. *Monilia fructigena* attaque seulement les fruits. Elles sont les principales maladies cryptogamiques affectant la conservation des fruits à noyau, et la cause de nombreuses pertes en verger et après récolte (*monilia laxa* est largement plus fréquent). *Monilia fructicola*, le plus dangereux, est présent depuis longtemps dans de nombreux pays. Il a été signalé en France (et en Europe) pour la première fois en 2001, mais sans doute installé depuis quelques années auparavant.

Les *Monilia laxa* et *fructigena* évoluent essentiellement par leur forme conidienne (sexuée). *M. fructicola* présente les deux formes. Ils se conservent en hiver sous forme de mycélium dans les momies<sup>6</sup> et les chancres présent sur l'arbre formant un inoculum primaire. Sur les momies tombées au sol, *M.fructicola* peut développer en hiver humide des apothécies<sup>7</sup> en forme de petites coupelles brunes qui constituent la phase sexuée. Les attaques primaires interviennent en fin d'hiver par l'émission de conidies qui se déposent sur les fleurs ou sur les fruits et germent lorsque les conditions sont favorables. La contamination des fleurs se produit très tôt en saison. Les organes, une fois infectés, libèrent à leur tour des conidies (attaques secondaires). Les conidies sont dispersées par le vent, la pluie et les insectes. Les infections ont lieu en présence d'eau, entre 5 et 30°C pour *M. fructicola* et à partir de 13°C pour *M. laxa* (optimum de 22 à 25°C pour les 2 espèces). La pénétration du mycélium dans le fruit se fait par une blessure (microfissure, piqûre d'insecte...) ou au contact d'un organe attaqué : le champignon envahit la pulpe, puis fructifie en surface.

Les symptômes de monilioses sont visibles sur les fleurs qui dessèchent et sur les fruits, créant des pourritures. L'abricotier est plus sensible aux symptômes sur fleurs que sur fruits.

---

<sup>6</sup> **Momie** : fruits entièrement recouverts de coussinets de monilia.

<sup>7</sup> **Apothécie** : organe reproducteur des champignons ascomycètes.

## Partie 3 : Expérimentation

### I. Dispositif :

#### A. Contexte :

La parcelle Monilia 06 a été plantée au printemps 2006. A l'époque, les variétés proposées aux producteurs ainsi que les variétés sélectionnées par l'INRA avaient une sensibilité aux monilioses mal connue. Cette parcelle avait pour double objectif la connaissance du comportement des variétés vis-à-vis du monilia et la mise au point d'une méthode objective d'évaluation de la sensibilité au monilia dans une optique de production à faible niveau d'intrants. Les objectifs de départ ont évolué en fonction de l'apparition de maladie dans la parcelle. Ainsi, des notations ont pu être mises en place pour observer le comportement variétal au chancre bactérien, à la tavelure, à l'oïdium, à la rouille et à l'ECA.

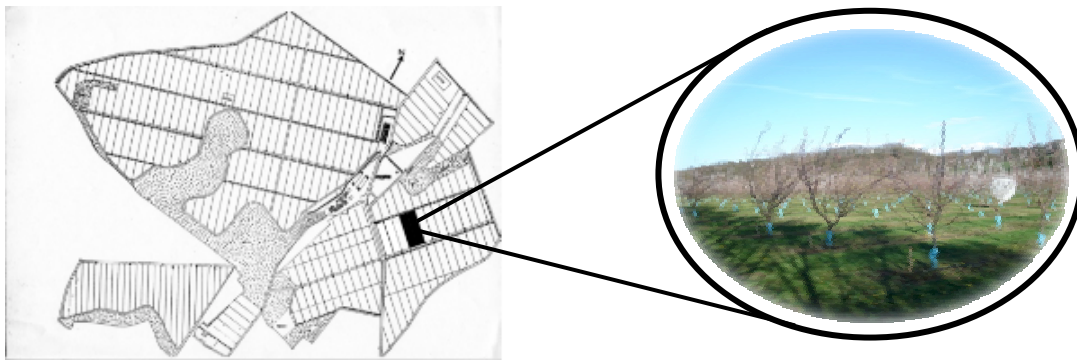


Figure 10 : emplacement de la parcelle Monilia 06

Source : photo personnelle et source interne de l'INRA.

#### B. Une large gamme variétale choisie :

Seize variétés (*voir annexe 3*) ont été plantées sur la parcelle avec 20 répétitions par variétés sur porte-greffe pêcher :

- **Bergarouge, Bergeron, Early Blush, Goldrich, Hargrand, Malice, Orangered, Tardif de Tain et TomCot** ont été choisis car ce sont toutes des variétés commerciales.
- **Bakour** et **Canino** sont très peu cultivées dans nos région car elles n'y sont pas adaptées (la première vient de Tunisie et l'autre d'Espagne).
- **Frisson (A2821), Vertige (A3845), Candide (A4025) et A4034** (variété pas encore nommée) sont des variétés introduites dans le dispositif car il s'agit d'obtention INRA. Les inclure permet d'évaluer ces variétés.

Ces deux dernières ainsi que **Bakour** et **Canino** ont été greffées en œil dormant<sup>8</sup> sur le porte-greffe pêcher contrairement au 12 autres qui sont arrivées de la pépinière sous forme de scions<sup>9</sup>.

### *C. Particularité du dispositif : Méthode des plus proches voisins :*

La particularité de ce dispositif réside dans la disposition des variétés. En effet, les 320 arbres ont été plantés de manière aléatoire, en randomisation totale, sur la parcelle de façon à obtenir 16 rangées de 20 arbres. La parcelle est ainsi découpée en 16 rangs et 20 lignes (*plan de la parcelle en annexe 4*). Ce type de dispositif permet d'analyser les résultats en utilisant la méthode des plus proches voisins qui prend en compte la moyenne des attaques des arbres voisins de l'arbre étudié comme covariable.

D'une ligne et d'un rang à l'autre, les arbres sont distants entre eux de 4 m. Pour faciliter le repérage des arbres sur la parcelle, les 16 rangs sont définis par 16 lettre, de A à P suivis du numéro de la ligne. Chaque arbre porte une étiquette pour le repérer portant une lettre et un numéro de ligne.

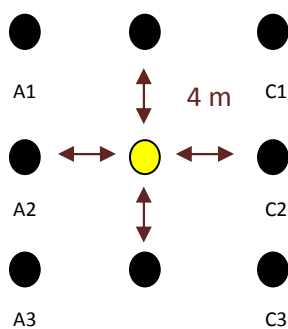


Figure 11 : Schéma des arbres voisins

Source personnelle.

Elle représente une surface totale de 6 500 m<sup>2</sup> pour une surface plantée de 5 120 m<sup>2</sup>.

### *- Pas de fongicides :*

Cette parcelle est conduite de manière conventionnelle (notamment désherbage et engrais chimique) mais étant donné que son but est l'observation de l'attaque du monilia, **aucun traitement phytosanitaire** n'est appliqué.

<sup>8</sup> **Œil Dormant** : œil qui ne se développe qu'au printemps suivant la greffe.

<sup>9</sup> **Scion** : un scion est le jeune rameau flexible, allongé qui résulte du développement de la pousse de l'année issue de l'œil terminal du scion de l'année précédente.

## II. Matériel et Méthodes :

Le principe de chacun de ces protocoles est l'observation visuelle des symptômes de la maladie. Les notations se font arbre par arbre. Les résultats seront exploités sur deux années d'études si possibles.

### A. Chancre Bactérien :

Cette maladie peut être suivie dans le temps : les symptômes précoces en avril, la mortalité de charpentières, de avril à Juillet, les dégâts occasionnés sur les fruits au moment des récoltes (début Juin à fin Juillet) pour aboutir à la mort des arbres observée fin Juillet. C'est sur ces critères que l'on évalue la sensibilité des variétés au chancre bactérien.

⇒ **Notation « symptômes précoces » :**

Lorsque les abricotiers sont touchés par le chancre bactérien, des symptômes précoces au dépérissement de l'arbre sont visibles. Ils se caractérisent par l'apparition de **points de gomme** pâteux de couleur rougeâtre à la base des rameaux et brindilles (**figure 13**). Sous l'écorce des rameaux touchés, **les tissus apparaissent nécrosés (figure 14)**, de couleur brun-rouge avec une odeur d'alcool. Quant aux jeunes tiges atteintes par les bactéries, elles ne **débourent pas** et présentent également des plages nécrosées sous l'écorce (**figure 12**).



Figure 12 : Brindille qui n'a pas débouree avec tissus nécrosés

Source personnelle.



Figure 13 : Point de gomme

Source personnelle.



Figure 14 : Nécrose des tissus sous l'écorce

Source: *Integrate pest management for Stone Fruits, 1999.*

La notation a pour but de quantifier l'importance de ces symptômes arbre par arbre. Pour cela, l'échelle présentée dans le **tableau 2** est utilisée.

Tableau 2 : Echelle notes symptômes précoces

Note	Observation au champ arbre entier
0	Pas de symptôme de chancre bactérien observé
1	Quelques symptômes sont détectés après un examen approfondi de l'arbre
2	Symptômes présents sur moins de 25% des charpentières
3	Symptômes présents sur 25% des charpentières
4	Symptômes présents sur 25 à 50% des charpentières
5	Symptômes présents sur 50% des charpentières
6	Symptômes présents sur 50 à 75% de charpentières
7	Symptômes présents sur 75% des charpentières
8	Symptômes présents sur 75 à 100% des charpentières
9	Symptômes présents sur 100% des charpentières

Sur certains rameaux, des nécroses apicales (**figure 15**) sont observées. Elles ont été notées séparément des symptômes plus typiques ci-dessus mais avec la même échelle.



Figure 15: Nécrose apicale sur Bakour

*Source personnelle.*

Bien que la maladie forme sur les branches des chancres, ces derniers ne sont pas pris en compte dans les symptômes du chancre bactérien. En effet, ils peuvent être causés par une attaque antérieure ou liés à une autre maladie comme le monilia.

⇒ **Notation « mortalité de charpentières »** :

L'objectif de cette notation est de quantifier l'impact de l'attaque de bactériose en termes de mortalité de branches. En effet, lorsque les bactéries nécrosent les tissus, elles provoquent un blocage du flux de sève entraînant ainsi le dépérissement (**figure 17**) de cette dernière. Ce dépérissement se caractérise par un affaissement des feuilles (**figure 16**) qui avec le temps, fanent et tombent.



Figure 16 : Affaissement des feuilles sur branches touchées par le chancre

*Source personnelle.*





Figure 17 : Arbre avec une charpentière morte

Source : *Integrate Pest Management Stone Fruits, 1999*

Les charpentières d'un arbre sont les premières branches par lesquelles le tronc se divise. La notation « mortalité de charpentières » consiste au dénombrement des charpentières mortes dû au chancre bactérien. Si ce n'est pas toute la charpentière qui dépérit mais seulement une ramification, elle est comptabilisée comme un pourcentage de charpentière morte. Par exemple, si la charpentière se divise en 2 branches et l'une d'entre elles meure, alors 0,5 de la charpentière est morte. Cette notation est faite après la floraison et est à renouveler dès les premières chaleurs. Une fois repérées, les charpentières mortes sont coupées pour éviter que les bactéries ne se propagent jusqu'au tronc ce qui condamnerait l'arbre.

⇒ **Notation « Morts d'arbres »** :

Une notation des arbres morts est réalisée lorsque plus aucune mortalité de charpentières n'est observée (fin Juillet). Un arbre mort est un arbre où seul le porte greffe pêcher est capable de pousser, aucun petit rejet d'abricotier ne doit être visible (auquel cas, l'arbre est compté comme vivant).

## B. Le Monilia :

Le protocole suivant a été mis en place pour observer le comportement des 16 variétés face aux attaques sur fleur des monilioses.

### ⇒ Inoculum primaire :

L'inoculum de monilia représente tous les facteurs qui peuvent entraîner les attaques primaires de monilia. Il se repère sur les rameaux. Lorsque le champignon gagne une partie du rameau, il forme vers sa base un petit **chancre** entraînant son dessèchement, c'est ce que l'on appelle les « **rameaux grillés** ». Parfois, à la base des ces rameaux, de petits **coussinets** gris sont visibles.

Pour permettre de définir l'inoculum de monilia, une note est attribuée à chaque arbre en se basant sur l'échelle présentée dans le tableau 3.

Tableau 3: Echelle de notes inoculum

Classe	Observation au champ
0	Pas de rameau grillé.
1	Quelques rameaux grillés sans coussinet apparent à la base.
2	Note intermédiaire entre 1 et 3.
3	Coussinets présents à la base de rameaux grillés sur l'arbre : moins de 5 par arbre.
4	Note intermédiaire entre 3 et 5.
5	Coussinets présents à la base de rameaux grillées sur l'arbre : de 6 à 20 par arbre (à adapter si présence de gros coussinets ex : 5 à 10).
6	Note intermédiaire entre 5 et 7.
7	Nombreux coussinets sur rameaux et chancres sur bois : plus de 20.
8	Note intermédiaire entre 7 et 9.
9	Nombreux coussinets sur les rameaux grillés/les chancres et présence de momies.

Cette notation est à réaliser avant la floraison de l'arbre. Il est important de faire cette notation avant l'apparition des symptômes de chancre bactérien pour ne pas confondre les deux maladies (les deux maladies forment des chancres sur les charpentières).

⇒ **Pourcentage d'attaque** :

Le monilia cause de graves dommages sur abricotier par ses attaques sur fleurs. Il détruit, en desséchant les fleurs (**figure 18**), un potentiel de production fruitière important.

Le contrôle des attaques du monilia sur fleurs s'effectue par une appréciation visuelle du pourcentage du nombre de fleurs desséchées par le monilia.



Figure 18 : rameaux portant des fleurs desséchées

⇒ **Météo et Phénologie** :

Pour que ce champignon se développe et attaque les fleurs, il lui faut un ensemble de conditions bien spécifiques. Le développement des conidies dépend des conditions climatiques et de la phénologie de l'arbre.

- La **météo** de la période d'observation comprenant les températures moyennes, la pluviométrie et l'hygrométrie > 90%. Ces données nous indiqueront les périodes favorables aux attaques de monilia. Ces informations sont données par la station météorologique placée sur le domaine de Gothon, juste à côté de la parcelle Monilia 06.

- **La phénologie<sup>10</sup> de l'arbre**. Il est important de vérifier si les arbres étaient en fleurs au moment où les conditions climatiques étaient propices aux attaques de monilia. Arbre par arbre, son stade phénologique est déterminé sur deux dates.

Sans la prise en compte de ces facteurs, on pourrait tirer des conclusions erronées sur la sensibilité de certaines variétés. En effet, une variété peu ou pas touchée a deux explications : soit c'est la variété qui est peu sensible, soit c'est qu'elle n'était pas en fleur au moment où les conditions étaient favorables à une attaque de monilia.

---

<sup>10</sup> **Phénologie** : chez les plantes, la phénologie est l'étude des phases de développement saisonnier. Ce terme fait généralement référence aux différents stades de floraison de l'arbre.

### C. ECA :

L'ECA se manifeste sur l'abricotier sur les arbres entre la 3<sup>ème</sup> et la 7<sup>ème</sup> année. Les arbres dépérissent dans un délai de 1 à 3 ans après l'apparition des premiers symptômes.

Les arbres atteints présentent des débourrements très précoces en hiver : la feuillaison, quelques fois la floraison, interviennent en décembre ou janvier (mars normalement pour la plupart des variétés). Au printemps, les feuilles se décolorent, elles prennent une teinte jaune, et s'enroulent pour prendre la forme d'une cuillère (**figure 19**). Généralement, ces symptômes touchent l'arbre entier. Les fruits se développent anormalement, ils pâlisent et chutent avant d'arriver à maturité.



Figure 19 : Feuilles enroulées en forme de cuillère

C'est la première année que l'ECA est noté dans la parcelle. Les années précédentes, quelques arbres sont morts sans savoir quelle en était la cause. Les symptômes typiques d'ECA n'ont été repérés qu'en 2010. Aucun protocole de sévérité d'attaque sur les arbres n'a été mis en place. Pour bien vérifier que les symptômes observés étaient bien dû à l'ECA, des échantillons ont été prélevés sur les arbres apparemment atteints. L'INRA de Montpellier a réalisé des PCR sur ces échantillons et ils ont pu identifier les arbres porteurs du phytoplasme.

Un dénombrement des arbres porteurs des symptômes a ensuite été réalisé dans la parcelle.

### III. Résultats chancre bactérien :

Les résultats pour les trois notations sont d'abord établis pour l'année 2010. Un classement pour les symptômes précoces, la mortalité de charpentières et la mortalité d'arbres est effectué puis un classement global de la sensibilité au chancre est établi grâce aux trois comportements pour chaque variété. Enfin, le classement de l'année 2010 sera comparé avec celui de l'année 2009 car une année de notation ne suffit pas pour définir de façon précise la sensibilité d'une variété.

#### A. Le chancre bactérien en 2010 :

##### Symptômes précoces :

##### ⇒ La méthode des plus proches voisins :

La variable « symptômes précoces » ne satisfait pas les conditions nécessaires à la réalisation d'une ANOVA. Il est néanmoins possible d'analyser les résultats par les statistiques non paramétriques mais le classement obtenu est peu précis. Le principal problème réside dans le fait que, pour la plupart des variétés, les valeurs sont trop dispersées sur l'ensemble de l'échelle de notation (*voir annexe 6 pour l'ensemble des statistiques faites sur la variable « symptômes précoces »*).

Bien que le classement obtenu donne une indication de la sensibilité, il n'est pas fiable pour la moitié des variétés. Un facteur extérieur autre que la variété peut avoir un effet sur la note de symptômes précoces obtenue pour un arbre. Une contamination par les arbres voisins peut être exclue compte tenu du fait que le chancre bactérien est une maladie causée par des bactéries, elles sont présentes naturellement sur les feuilles d'abricotiers et ne se déplacent pas d'arbre en arbre.

Ce facteur serait plus lié à la parcelle (hétérogénéité du sol, du vent, d'eau reçu...). Pour le vérifier, une cartographie des résidus (résidus = notes d'un arbre – moyenne de sa variété) est effectuée, ce qui permet de repérer les zones chancreuses sur la parcelle tout en « annulant » l'effet de la variété.

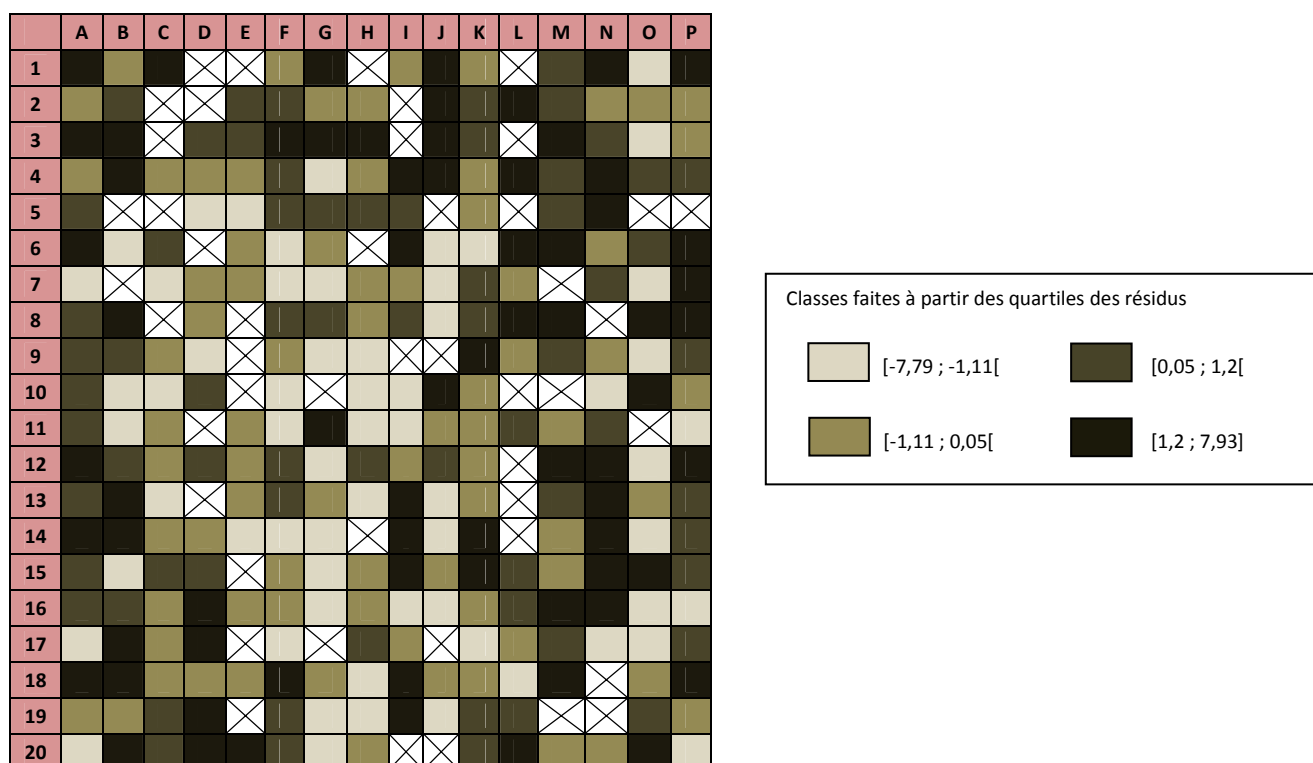


Figure 20 : Cartographie des résidus

Il existe apparemment, d'après la **figure 20**, quelques zones favorables à l'apparition de symptômes précoces dans la parcelle située notamment sur la bordure. Ceci doit être pris en compte dans l'analyse des résultats en effectuant une analyse de covariance avec comme covariable la moyenne des résidus des arbres voisins. Reste à statuer avec l'analyse statistique si 4 ou 8 voisins doivent être pris en considération. En effet, les deux ont du sens : les quatre voisins les plus proches sont à égale distance les uns des autres mais les huit voisins, qui encadrent l'arbre central, couvrent une plus grande zone et représente un plus grand nombre d'arbres rendant la moyenne plus pertinente.

Pour départager les deux modèles, les valeurs du  $R^2$  sont utilisées. Elles montrent quelle est la proportion, en pourcentage, de la variation totale qui peut être expliquée par le modèle. Plus cette valeur est grande, plus les différences entre les variétés sont expliquées par l'ANCOVA. Le modèle ayant le plus grand  $R^2$  est celui qui doit être utilisé pour exploiter les résultats. Les  $R^2$  des ANCOVA sont précisés dans le **tableau 4**.

Tableau 4 : Valeurs des  $R^2$  des ANCOVA

	Analyse de Covariance PP4V	Analyse de Covariance PP8V
Valeur $R^2$	0.5345	0.52

Ici, les valeurs du  $R^2$ , pour les deux covariables sont du même ordre de grandeur, elles ne permettent pas de choisir l'un des modèles.

Cependant, les résultats donnés par la covariable calculée sur la moyenne des résidus des 8 voisins sont utilisés car plus il y a d'arbres, plus la moyenne est représentative. De plus en 2010, beaucoup d'arbres sont morts si bien que certains abricotiers n'ont plus que 1 ou 2 voisins rendant la moyenne des résidus de seulement 4 voisins peu fiable. Il est également plus approprié de choisir la covariable avec 8 voisins.

⇒ **Un classement du comportement variétal face au chancre bactérien :**

Les résultats obtenus peuvent être exprimés en termes de risques : en effet, les symptômes précoces s'exprimant sur les arbres représentent un risque que l'arbre soit atteint par le chancre bactérien. Le classement des variétés réalisé à partir des résultats de la méthode des plus proches voisins avec huit voisins est présenté dans le **tableau 5**.

**Tableau 5 : Comportement variétale établi à partir de la sensibilité aux symptômes précoces**

Variétés	Moyennes notes symptômes précoces	Risque
Bakour	0.06	Quasi Nul
Hargrand	0.85	Très Faible
A3845	1.00	Très Faible
Orangered	1.12	Très Faible
TomCot	1.47	Très Faible
Canino	2.25	Faible
A4025	2.26	Faible
Malice	3.47	Moyen
T. de Tain	3.71	Moyen
Bergeron	4.50	Moyen
Bergarouge	4.68	Moyen
A4034	5.33	Moyen
Polonais	6.00	Elevé
Goldrich	7.10	Elevé
A2821	8.00	Elevé
E. Blush	8.50	Très élevé

Cette méthode de notes de symptômes précoces permet de faire un classement des variétés.

**Mortalité de charpentières :**

La notation des charpentières mortes a été répétée 8 fois dans la saison. A chaque notation, le nombre de charpentières mortes a été ajouté à celui des notations précédentes pour obtenir un nombre total de branches coupées à un instant donné. Une fois rapporté au nombre de charpentières totales de l'arbre, on obtient un pourcentage cumulé de charpentières mortes pour chaque arbre. Une moyenne de ce pourcentage cumulé est ensuite effectuée par variété pour chaque date de notation.

Le graphique présenté en *annexe 7*, montre l'évolution des moyennes de pourcentages cumulés par variétés au cours des notations. Le premier constat est que lorsque des charpentières meurent, elles le font très rapidement : la plupart des mortalités des charpentières sont observées sur 3 semaines. Ce graphique montre que la variété influence la moyenne de mortalité de charpentières. Il permet d'effectuer le classement présenté dans le **tableau 6**.

**Tableau 6: Classement de la sensibilité à la mortalité de charpentières**

Variétés	Moyennes pourcentages cumulés de la dernière notation	Sensibilités
<b>A2821</b>	80.95 %	<b>Très sensible</b>
<b>T. de Tain</b>	50.50 %	<b>Sensible</b>
<b>Bergeron</b>	46.24 %	<b>Sensible</b>
<b>Malice</b>	25.75 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>Bergarouge</b>	21.81 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>A4034</b>	20.11 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>E. Blush</b>	17.50 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>Polonais</b>	15.93 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>A4025</b>	11.81 %	<b>Peu Sensible</b>
<b>A3845</b>	9.21 %	<b>Peu Sensible</b>
<b>TomCot</b>	8.21 %	<b>Peu Sensible</b>
<b>Orangered</b>	7.79 %	<b>Peu Sensible</b>
<b>Hargrand</b>	6.04 %	<b>Peu Sensible</b>
<b>Goldrich</b>	1.32 %	<b>Peu Sensible</b>
<b>Bakour</b>	0.00 %	<b>Peu Sensible</b>
<b>Canino</b>	0.00 %	<b>Peu Sensible</b>

La moyenne des pourcentages cumulés de la dernière notation est une donnée qui résume les dégâts occasionnés par le chancre bactérien sur toute la durée de la notation. Les variétés ont été classées par sensibilité en raisonnant sur ces moyennes. Pour les variétés comme **A2821**, il est évident qu'elles sont très sensibles au dépérissement de branches tout comme **Tardif de Tain** et **Bergeron**.

Toutes les variétés situées entre 15 et 25% de charpentières mortes ont été classées comme des variétés avec une sensibilité intermédiaire aux mortalités de charpentières. En effet, en moyenne, un arbre a 5 charpentières. Les variétés intermédiaires perdent donc entre 0,75 et 1,25 de charpentières. Du point de vue d'un producteur, ceci peut causer des pertes conséquentes dans la récolte bien que ce nombre reste raisonnable comparé aux variétés très sensibles.

En dessous de 10%, les pertes sont minimales, les variétés sont donc peu sensibles.

### **Mortalité des arbres :**

Un simple dénombrement des arbres morts a été réalisé dans la parcelle qui devient un pourcentage d'arbre morts par variété lorsque ce nombre est divisé par le nombre d'arbres encore vivant dans la parcelle au moment de la notation.

Les pourcentages ont tous une signification pour toutes les variétés puisqu'il est réalisé sur au moins 15 arbres. Seul celui d'A2821 est discutable, il est réalisé sur seulement neuf arbres ce qui reste correct mais moins pertinent que pour les autres variétés.



Le **tableau 7** résume la sensibilité des variétés aux mortalités d'arbres causés par le chancre.

Tableau 7 : Classement de la sensibilité à la mortalité d'arbres

Variétés	Moyennes de mortalité d'arbres	Sensibilités
<b>A2821</b>	44.44 %	<b>Très sensible</b>
<b>T. de Tain</b>	29.41 %	<b>Sensible</b>
<b>Bergeron</b>	26.67 %	<b>Sensible</b>
<b>Malice</b>	10.53 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>E. Blush</b>	10.00 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>A4034</b>	6.67 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>Polonais</b>	6.67 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>Orangered</b>	5.88 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>Bergarouge</b>	5.26 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>TomCot</b>	5.26 %	<b>Intermédiaire</b>
<b>A3845</b>	0.00 %	<b>Peu sensible</b>
<b>A4025</b>	0.00 %	<b>Peu sensible</b>
<b>Bakour</b>	0.00 %	<b>Peu sensible</b>
<b>Canino</b>	0.00 %	<b>Peu sensible</b>
<b>Goldrich</b>	0.00 %	<b>Peu sensible</b>
<b>Hargrand</b>	0.00 %	<b>Peu sensible</b>

**A2821** est considéré comme une variété sensible : la moitié des arbres sont morts du chancre bactérien cette année. Ce résultat est à relativiser avec le nombre d'arbres présents dans la parcelle : plus que neuf représentants pour cette variété en 2010.

**Tardif de Tain** et **Bergeron** se situent entre 25 et 30% d'arbres morts ce qui constitue une lourde perte pour un verger de producteur, elles sont donc sensibles.

Les variétés situées entre 5 et 10% d'arbres sont classées en variété intermédiaire. Si on prend l'exemple de la parcelle Monilia 06, où il y avait à la plantation 320 arbres, une mortalité de 5 à 10% correspondrait à la mort de 16 à 32 arbres. Ce taux commence à être préoccupant tout en restant raisonnable en termes de pertes.

**A3845**, **A4025**, **Hargrand**, **Goldrich**, **Bakour** et **Canino** ne dénombrent aucun arbre mort du chancre. Elles sont très peu sensibles au dépérissement des arbres.

### Conclusion :

En reprenant les tableaux, un classement général regroupant la sensibilité aux trois critères de notation peut être établi comme le montre le **tableau 8**.

Tableau 8 : Tableau récapitulatif de la sensibilité au chancre bactérien

Variétés	Risques (symptômes précoces)	Sensibilités Mortalités de Charpentières	Sensibilités Mortalités d'arbres	Sensibilité globale au chancre bactérien
A2821	Elevé	Très sensible	Très Sensible	Très sensible
T. de Tain	Moyen	Sensible	Sensible	Sensible
Bergeron	Moyen	Sensible	Sensible	Sensible
Bergarouge	Moyen	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire
Malice	Moyen	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire
A4034	Moyen	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire
E. Blush	Très élevé	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire
Polonais	Elevé	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire
Orangered	Très faible	Peu Sensible	Intermédiaire	Intermédiaire
TomCot	Très faible	Peu Sensible	Intermédiaire	Intermédiaire
A4025	Faible	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
A3845	Très faible	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
Bakour	Quasi Nul	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
Canino	Faible	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
Goldrich	Elevé	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
Hargrand	Très faible	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible

Alors qu'à deux exceptions faites, les classements en sensibilité pour les mortalités de charpentières et d'arbres sont identiques, le risque de développer des dépérissements (note symptômes précoces) ne coïncide pas toujours avec les deux autres classements.

En effet, **E. Blush**, **Polonais** et **Goldrich** ont un risque élevé mais elles expriment peu de mortalités de branches ou d'arbres. Une hypothèse pour expliquer ce résultat voudrait que ces trois variétés possèdent un mécanisme de défense qui stopperait les bactéries dans leur progression et empêcherait la mort des charpentières. Par contre, **Tardif de Tain** et **Bergeron** ont plus de mortalités que de symptômes précoces.

Il n'est pas donc toujours possible de prévoir l'attaque du chancre bactérien sur les variétés en fonction des notes de l'apparition de symptômes précoces.

La sensibilité globale s'est faite par rapport aux mortalités d'arbres et de charpentières car elles sont toutes deux redoutables pour les producteurs (contrairement aux symptômes précoces qui ne mettent pas en danger la survie de l'arbre). Une forte mortalité de charpentières provoque à moyen terme une mortalité d'arbres. Cela diminue la production d'abricots et oblige une dépense d'argent conséquente pour remplacer les arbres morts qui mettront environ 5 ans pour devenir rentable au niveau de la production. La sensibilité globale (dernière colonne du tableau) de la variété est donc donnée par le plus haut niveau de sensibilité lorsqu'il n'est pas identique d'une mortalité à l'autre.

## *B. Comparaison avec le classement de l'année dernière :*

### *1) L'année 2009 :*

L'année 2009 est particulière : les variétés greffées en œil dormant, **A4025**, **A4034**, **Canino** et **Bakour** ont connu des problèmes de reprises et n'avaient pas la même taille que les autres variétés. Les données des notations chancre pour cette année là ne seront donc pas analysées. Seule l'année 2010 fournira un classement pour ces quatre variétés qui devraient être confirmé pour une troisième année d'observation.

## 2) Comparaison :

Les mêmes situations se présentent pour l'année 2009. Pour l'analyse des résultats des symptômes précoces, l'ANOVA n'est pas applicable non plus. Les valeurs des  $R^2$  pour les deux covariables des ANCOVA sont du même ordre de grandeur. L'ANCOVA avec la moyenne des résidus avec 8 voisins est donc privilégiée (*voir annexe 8 pour le détail des statistiques réalisées sur la variable « symptômes précoces 2009 »*).

Les mêmes tableaux de sensibilité aux symptômes précoces, mortalité de charpentière et d'arbres ont été réalisés pour l'année 2009 avec les mêmes méthodes de conclusion que celles expliquées plus haut pour l'année 2010 (*voir annexe 9 pour la mortalité de charpentières et annexe 10 pour la mortalité d'arbres*).

Dans *l'annexe 11*, les risques indiqués par les symptômes précoces ne coïncident pas avec les sensibilités aux mortalités de charpentières et d'arbres. Il est presque impossible de prédire l'importance de l'attaque de la variété avec l'expression de symptômes précoces sur l'arbre.

Le tableau montre le classement des sensibilités globales au chancre bactérien pour les deux années de notation.

Tableau 9 : Comparaison des classements obtenus pour 2009 et 2010

Variétés	Sensibilité Globale 2009	Sensibilité Globale 2010
A2821	Très Sensible	Très Sensible
Bergeron	Sensible	Sensible
T. de Tain	Sensible	Sensible
Polonais	Intermédiaire	Intermédiaire
Orangered	Intermédiaire	Intermédiaire
Bergarouge	Peu Sensible	Intermédiaire
TomCot	Peu Sensible	Intermédiaire
E. Blush	Peu Sensible	Intermédiaire
Malice	Peu Sensible	Intermédiaire
Hargrand	Peu Sensible	Peu Sensible
Goldrich	Peu Sensible	Peu Sensible
A3845	Peu Sensible	Peu Sensible
A4034	X	Intermédiaire
A4025	X	Peu Sensible
Bakour	X	Peu Sensible
Canino	X	Peu Sensible

La sensibilité de ces variétés doit être confirmée par une seconde année d'observation. D'autant qu'apparemment, **Bakour** et **Canino** sont des variétés très intéressantes dans leur comportement (elles sont peu sensibles).

Les méthodes utilisées permettent d'obtenir des classements semblables d'une année sur l'autre. En effet, seules les variétés **Bergarouge**, **TomCot**, **E. Blush** et **Malice** n'ont pas la même sensibilité. Elles sont légèrement plus attaquées en 2010 qu'en 2009. Elles ont tendance à être peu sensibles au chancre bactérien.

### *C. Discussion :*

La **notation des symptômes précoces** est une méthode dont l'efficacité est controversée. Ces données ne semblent pas servir à classer les variétés selon leur sensibilité au chancre bactérien. Elle peut être très utile pour des variétés très sensibles comme A2821. La méthode est simple mais un peu longue : pour faire tous les arbres de la parcelle Monilia 06, deux jours ont été nécessaires. Le problème est lorsque l'arbre est peu sensible, les symptômes ne sont pas immédiatement visibles à l'œil nu, un examen approfondi est nécessaire. Comme dans toute notation qui repose sur une appréciation visuelle, les notes attribuées aux arbres sont dépendantes des personnes qui font la notation. Il est nécessaire que ce soit toujours la même personne qui note les arbres.

La **notation de la mortalité de charpentières** est efficace pour indiquer une sensibilité au chancre bactérien et rapide dans la mise en place. C'est également le cas de la **notation des arbres morts**. Cependant, elle comporte un inconvénient : un arbre qui présente qu'un rejet d'abricotier va être compté comme vivant à une date. Or, ce rejet peut mourir de chancre peu de temps après mais il ne sera pas comptabilisé comme mort de chancre dans l'année supprimant ainsi une donnée pour l'une des variétés qui peut changer son comportement face au chancre bactérien. Le cas s'est présenté en 2009 pour 2 arbres notés vivants à la fin de la campagne 2009 mais morts au début de 2010. Il est nécessaire de vérifier cela par une deuxième notation d'arbres morts.

Certes les méthodes de notation utilisées permettent d'observer le comportement des variétés au chancre bactérien mais ce classement n'est valable que pour la parcelle de Gothon. En effet, l'une des particularités de cette maladie est qu'il existe de nombreux facteurs qui la favorisent comme les conditions pédologiques, l'irrigation... Les classements ne sont pas universels, ils n'apportent qu'une indication.

Pour ce qui est du nombre d'arbres dans la parcelle, 20 répétitions par variétés est un nombre tout à fait correct pour une analyse statistique. En statistiques, plus il y a de répétition, plus le résultat est pertinent. Le problème ici, est que le matériel biologique est un arbre fruitier. Il faut de la place et des moyens pour mettre au point un dispositif plus imposant que celui de Gothon. 20 arbres est un bon compromis entre l'étude statistique et les contraintes du matériel biologique utilisé.

#### IV. Résultats ECA :

Les deux années écoulées ne permettent pas de mettre au point un protocole sophistiqué pour évaluer correctement le comportement variétal face à l'ECA. Cette maladie n'avait jamais été repérée dans la parcelle auparavant. Cependant, un simple comptage du nombre d'arbres exprimant les symptômes peut permettre de tirer quelques conclusions. Le **tableau 10** résume les résultats trouvés.

Tableau 10 : résultats du dénombrement du nombre d'arbres avec de l'ECA sur 2009 et 2010

Variétés	2010				2009			
	Nombre arbres ECA confirmés	Nombre arbres suspectés ECA	Total	Effectif	Nombres arbres morts suspectés ECA	Nombre arbres ECA confirmés (non arraché)	Total	Effectif
A2821				9				20
A4025				19				18
A4034				15				14
Bakour				16				17
Bergarouge				19				20
Canino				16				15
Goldrich				19				19
Orangered				17	2		2	20
T. de Tain				17				19
Bergeron	1		1	14				20
Malice	1	1	2	19				20
Polonais		2	2	15				19
A3845		3	3	19				20
E. Blush		3	3	20				20
Hargrand	1	3	4	20				20
TomCot	2	4	6	19	1	1	2	20

En 2010, 21 arbres ECA dont 16 suspectés et 5 confirmés (celui de 2009 TomCot non comptés). Toute la difficulté pour cette maladie est de savoir la date de l'infection. En effet, l'arbre atteint met au minimum un an avant d'en exprimer les symptômes.

Les **TomCot** ont l'air d'être sensibles à cette maladie : 8 arbres exprimant des symptômes ont été comptabilisés en deux ans. Il n'y a pas eu assez d'arbres exprimant l'ECA dans les autres variétés pour pouvoir conclure quant à leur sensibilité.

Le dispositif de l'essai mis en place à Gotheron peut parfaitement servir de modèle d'un protocole d'observation de la sensibilité variétale à l'ECA. Le projet, avec la collaboration de l'INRA de Montpellier, est de prélever des échantillons sur tous les arbres de la parcelle Monilia 06 pour confirmer la présence du phytoplasme.

## V. Résultats Monilia :

### A. L'année 2010 :

#### 1) Inoculum Primaire :

Le monilia est un champignon qui se déplace dans la parcelle avec les pluies, le vent, les insectes. Un arbre entouré d'arbres très atteints à de fortes chances de l'être aussi. La méthode des plus proches voisins peut être utile ici. En guise de covariable, la moyenne des arbres voisins est utilisée.

Or, cette méthode n'aide pas à établir un classement puisque les covariables n'ont pas d'effet. La transformation en racine carrée appliquée sur la variable permet de satisfaire les conditions requises pour l'utilisation d'une ANOVA et cette dernière permet de discriminer les variétés entre elles (*voir annexe 12 pour les statistiques sur la variable « inoculum primaire » 2010*). Ce classement est représenté dans le **tableau 11**.

Tableau 11 : Classement des sensibilités "inoculum primaire"

Variétés	Moyennes	Risque
<b>A4025</b>	2.83	<b>Moyen</b>
<b>Orangered</b>	2.41	<b>Moyen</b>
<b>Bergarouge</b>	2.26	<b>Moyen</b>
<b>A2821</b>	2.33	<b>Moyen</b>
<b>A3845</b>	1.74	<b>Moyen</b>
<b>Bergeron</b>	1.72	<b>Moyen</b>
<b>E. Blush</b>	1.70	<b>Moyen</b>
<b>Malice</b>	1.52	<b>Moyen</b>
<b>TomCot</b>	1.47	<b>Moyen</b>
<b>Goldrich</b>	1.32	<b>Faible</b>
<b>T. de Tain</b>	1.23	<b>Faible</b>
<b>Polonais</b>	1.07	<b>Faible</b>
<b>Hargrand</b>	1.30	<b>Faible</b>
<b>Bakour</b>	0.88	<b>Faible</b>
<b>Canino</b>	0.73	<b>Faible</b>
<b>A4034</b>	0.47	<b>Très Faible</b>

Bien que l'ANOVA signale une différence entre les variétés significatives, les groupes faits sont proches les un des autres. Par exemple, la variété la plus touchée, **A4025** a des notes d'inoculum inférieur à 5 alors que la note maximale est de 9 ce qui représente un risque très faible. Bien que l'on puisse estimer un risque de contamination par le monilia pour les variétés, ils restent faibles pour l'ensemble des variétés. Le tableau résume la sensibilité.

## 2) Contrôle d'attaques sur fleurs :

### ⇒ Les conditions météorologiques :

Avant d'exploiter les résultats pour les attaques des fleurs par le monilia, il faut vérifier si les variétés ont toutes été dans les mêmes conditions à la floraison. Une période favorable au monilia est une période où il a plu avec une hygrométrie qui reste élevée sur une longue période accompagnée de température douce (entre 10 et 15°C). Les conditions météorologiques sur un mois (de mi Mars à mi Avril) obtenue avec la station météorologique placé sur le domaine de Gotheron (juste à côté de la parcelle Monilia 06) sont présentées en **figure 21**.

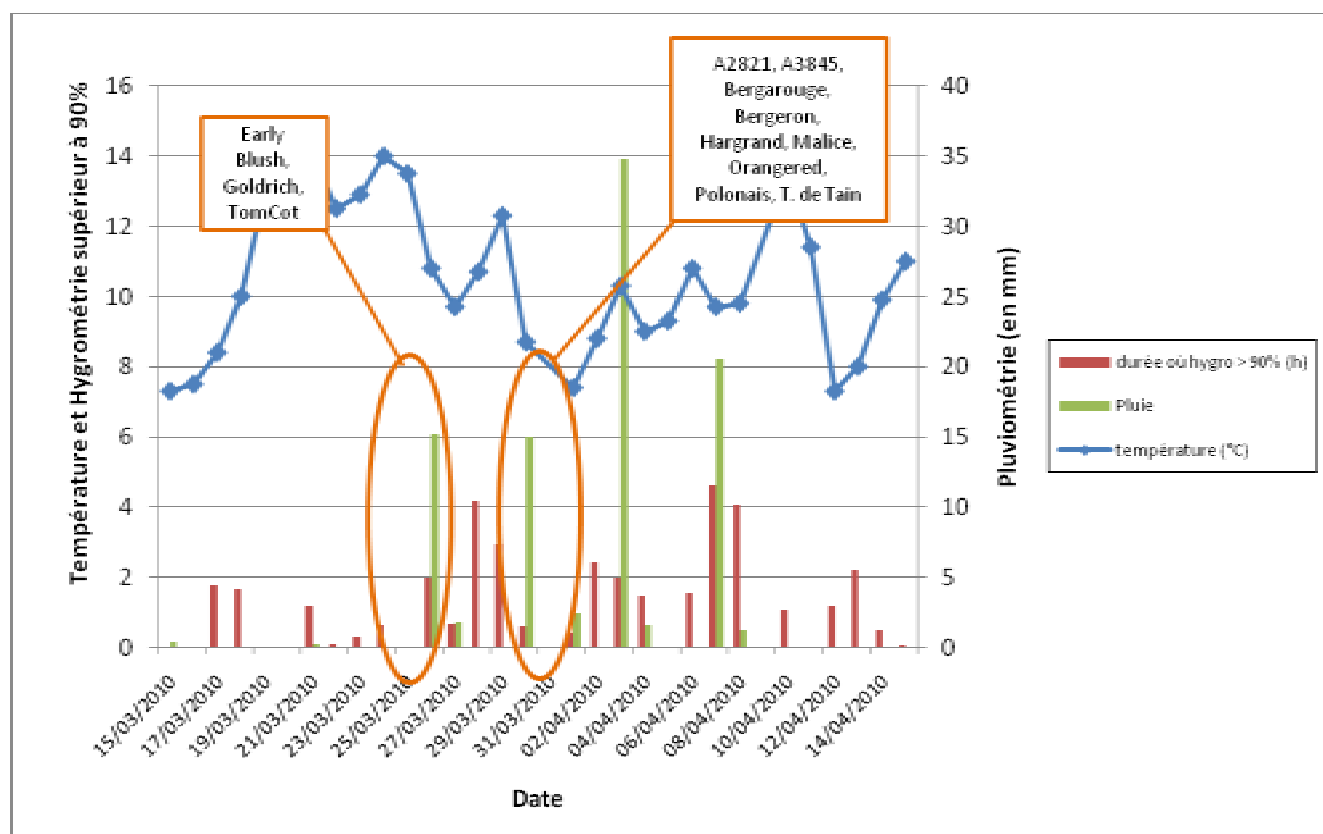


Figure 21 : Conditions météorologiques et floraison des variétés

Les cercles orange représentent la période pendant laquelle les variétés indiquées sont en fleurs. Elles ont toutes subies des pluies lors de la floraison avec une humectation et des températures favorables au développement du monilia. Le climat ne devrait pas avoir d'influence dans la sensibilité des variétés au champignon.

⇒ **Pourcentage d'attaques :**

Pour l'analyse statistique des résultats, la variable est un pourcentage, elle est transformée en arsin ( $\sqrt{x}$  (pourcentage d'attaque)). Une nouvelle fois, l'ANOVA ne pouvant être appliquée, l'analyse de covariance est utilisée. Ici, c'est la covariable calculée avec 4 voisins qui est plus pertinente. En effet, les  $R^2$  des deux ANCOVA sont presque identiques mais avec 4 voisins, la covariable est significative ce qui n'est pas le cas avec 8 voisins (*voir annexe 13 pour les statistiques réalisées sur la variable « pourcentage d'attaques sur fleurs »*). Le classement obtenu est présenté dans le **tableau 12**.

Tableau 12 : classement des variétés par rapport à la variable "pourcentage d'attaque sur fleur"

Variétés	Moyennes	Sensibilité
A4025	92.50	Très sensible
A2821	90.83	Sensible
E. Blush	40.00	Sensible
Bergeron	68.18	Sensible
T. de Tain	60.00	Sensible
A3845	53.42	Sensible
Canino	51.67	Sensible
Bergarouge	85.26	Sensible
A4034	44.67	Intermédiaire
Polonais	33.00	Intermédiaire
TomCot	18.68	Intermédiaire
Orangered	52.94	Intermédiaire
Hargrand	30.50	Intermédiaire
Malice	13.95	Intermédiaire
Goldrich	9.21	Intermédiaire
Bakour	2.81	Peu Sensible

Cette méthode permet de faire des distinctions entre les variétés. Le fait que les conditions étaient identiques pour toutes les variétés se confirme ici, le classement des sensibilités ne se fait pas en fonction de la précocité de la floraison.



### 3) Conclusions :

Le **tableau 13** récapitule le classement des variétés du monilia.

Tableau 13 : Sensibilité au monilia sur les deux notations :

Variétés	Risque (inoculum primaire)	Sensibilité (pourcentage d'attaque)
A4025	Moyen	Très sensible
A2821	Moyen	Sensible
E. Blush	Moyen	Sensible
Bergeron	Moyen	Sensible
A3845	Moyen	Sensible
Bergarouge	Moyen	Sensible
Canino	Faible	Sensible
T. de Tain	Faible	Sensible
TomCot	Moyen	Intermédiaire
Orangered	Moyen	Intermédiaire
Malice	Moyen	Intermédiaire
A4034	Très Faible	Intermédiaire
Polonais	Faible	Intermédiaire
Hargrand	Faible	Intermédiaire
Goldrich	Faible	Intermédiaire
Bakour	Faible	Peu Sensible

La variable inoculum primaire ne coïncide pas avec les résultats des dégâts sur fleurs. Il n'existe pas de corrélation entre les deux. C'est la sensibilité aux dégâts sur fleurs qui permet d'observer le comportement des variétés.

#### *B. Une année de comparaison :*

⇒ L'année 2009 :

L'année 2009 pose un problème, certaines variétés n'étaient pas en fleur lorsque les conditions favorable de l'attaque du monilia étaient réunies (*voir annexe 17*). Les variétés précoces n'ont pas eu de pluie pendant la floraison, elles ne seront donc pas touchées par les attaques du monilia sur fleur contrairement aux variétés tardives. Le risque est que les variétés précoces soient toutes peu sensibles et les variétés tardives soient très sensibles.

Aucune sensibilité propre à la variété ne pourra être observée. 2009 et 2010 ne réunissent pas les mêmes conditions d'étude, il est impossible de comparer les résultats des deux années.

↳ L'année 2008 :

L'année 2008 réunit les mêmes conditions que 2010 comme le montre la **figure 22**.

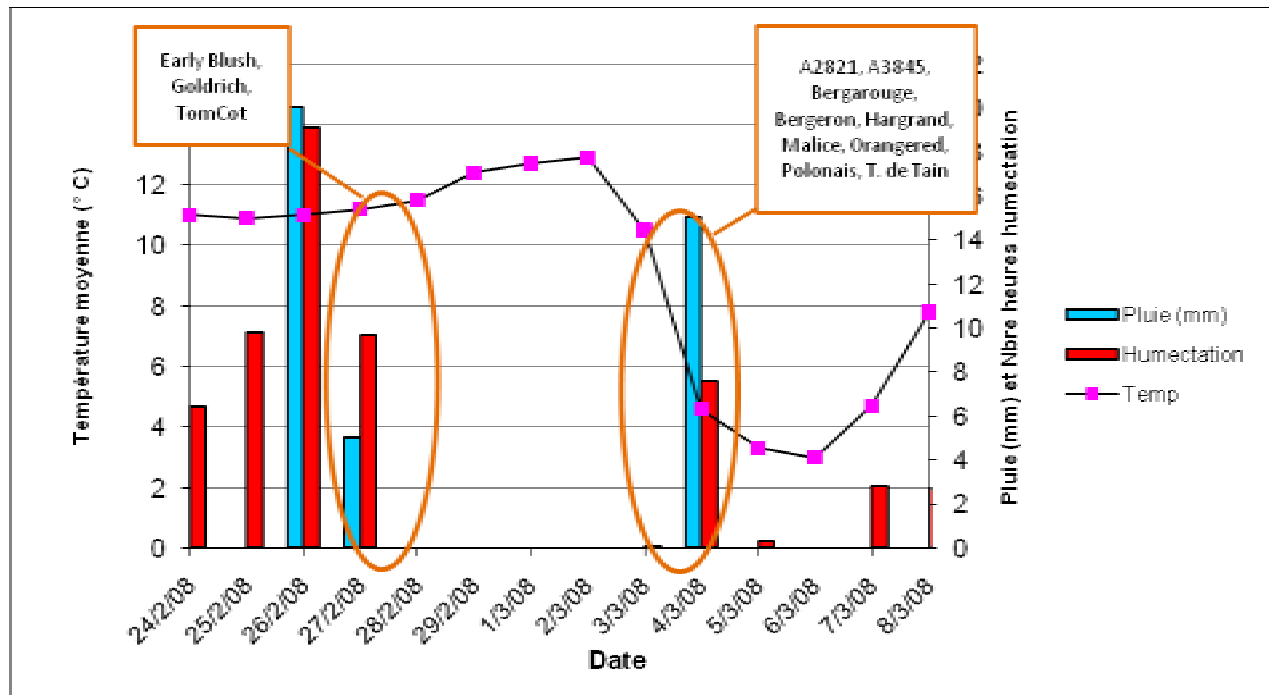


Figure 22 : conditions météorologiques et floraison des variétés en 2008

Ici toutes les variétés, quelque soit leur précocité à la floraison, ont eu les mêmes conditions météorologiques lorsque les fleurs étaient ouvertes. C'est donc l'année 2008 qui servira pour faire une comparaison des résultats de la notation monilia.

Tout comme l'année 2009, les variétés greffées en œil dormant n'ont pas pris en 2006. Etant donné qu'elles n'étaient pas dans les mêmes conditions que les autres variétés, elles n'ont pas été notées pour la sensibilité au monilia.

Le même constat qu'en 2010 est fait quant à la variable « inoculum primaire » : elle ne permet pas de classer correctement les variétés et ne correspond pas aux dégâts sur fleurs (*voir annexe 14 et 15 pour les statistiques de l'année 2008 et annexe 16 pour le récapitulatif*).

⇒ **Comparaison 2008/2010 :**

Comme l'inoculum est une notation qui ne permet de classer les variétés, ce sont les classements avec le pourcentage d'attaque de fleurs qui est utilisé pour comparer les deux années (**tableau 14**).

Tableau 14 : comparaison 2008/2010

Variétés	Sensibilité 2008 (pourcentage d'attaque)	Sensibilité 2010 (pourcentage d'attaque)
A2821	Sensible	Sensible
E. Blush	Intermédiaire	Sensible
Bergeron	Intermédiaire	Sensible
A3845	Intermédiaire	Sensible
Bergarouge	Intermédiaire	Sensible
T. de Tain	Intermédiaire	Sensible
TomCot	Peu Sensible	Intermédiaire
Orangered	Peu Sensible	Intermédiaire
Malice	Peu Sensible	Intermédiaire
Polonais	Peu Sensible	Intermédiaire
Hargrand	Peu Sensible	Intermédiaire
Goldrich	Peu Sensible	Intermédiaire
A4025	X	Très sensible
A4034	X	Intermédiaire
Canino	X	Sensible
Bakour	X	Peu Sensible

L'attaque de monilia en 2008 était bien moins importante que celle de 2010 (seule **A2821** est une variété qui est très sensible quelque soit l'année d'observation). Cependant, bien que moins attaquées, les variétés ont les mêmes sensibilités. Il semble qu'il y ait eu un peu plus de pluie en 2010 ce qui expliquerait la différence entre les années. Le classement établis dépendrait donc des années : une variété peu sensible peut développée des symptômes en période de forte attaque de monilia.

Les variétés greffées en œil dormant sont très intéressantes dans leur comportement : A4025 est très sensible tout comme Canino mais Bakour semble être une variété peu sensible. Une seconde année d'étude est nécessaire ici pour confirmer ces résultats.

### *C. Discussion :*

Les notations en générale sur le monilia sont complexes puisqu'elles dépendent de facteurs météorologiques. Ils ont plus d'importance sur le comportement de l'arbre que la variété. Lorsque les conditions sont favorables à une attaque de monilia, même des variétés dites peu sensible seront touchées.

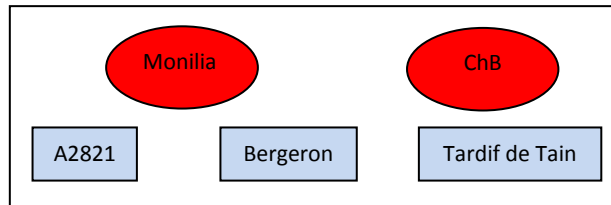
Le pourcentage d'attaque sur fleurs est un bon moyen pour classer les variétés. Elle est rapide et facile à mettre en place dans un verger. Cependant, il existe un fort effet de la personne qui note les arbres. Le pourcentage ne se fait pas par calcul mais par une appréciation visuelle. Pour les arbres peu ou très sensibles, ce pourcentage est facile à déterminer mais ça l'est beaucoup moins pour les arbres « moyennement » touchés.

La notation « inoculum primaire » est peu efficace. Sur les deux années d'études, il était très peu visible sur les arbres.

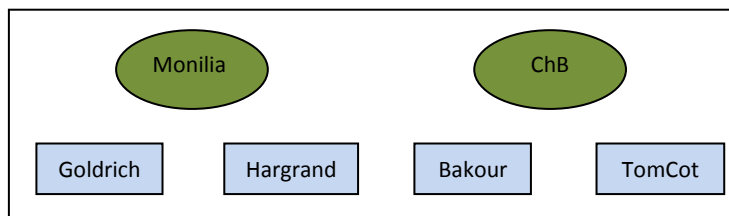
## Conclusion de la sensibilité des variétés aux trois maladies observées :

La sensibilité au monilia et au chancre peuvent aiguiller dans leur choix variétal les producteurs. Ainsi, le schéma suivant résume le comportement des variétés de la parcelle de Gotheron pour leur sensibilité à ces deux maladies.

Les variétés vraiment intéressantes par leurs résultats pour les deux maladies sont les suivantes :



Ces variétés subissent des dégâts très importants pour les deux maladies ce qui est très dommageable puisque **Bergeron** est la variété la plus cultivée dans la région Rhône-Alpes. **A2821** et **T. de Tain** sont très peu présentes dans les vergers de producteurs.



Voici ce qui semble être les meilleures variétés sur leurs critères de sensibilité aux deux maladies. Mais ces variétés ne présentent pas de grandes valeurs qualitatives des fruits. **Bakour** n'est pas adapté en France. **TomCot** et **Goldrich** ont des fruits qui sont peu appréciés par le consommateur et **Hargrand** produit des abricots de très grosse taille qui généralement ne se vendent pas.

Ces variétés peuvent néanmoins servir pour les programmes d'hybridation pour créer des variétés résistantes au chancre et au monilia.

## - Conclusion : Bilan personnel du stage :

Pendant les quatre mois que j'ai passé à Gothenon, j'ai eu le plaisir de découvrir l'arboriculture fruitière intégrée, de la conduite des arbres en vergers jusqu'à leur protection phytosanitaire. J'ai pu acquérir des connaissances très utiles qui me serviront pour mon futur métier puisque c'est dans ce domaine que je souhaite m'orienter.

Ces quatre mois ont été placés sous le signe de la diversité. En effet, l'année 2010 a été une année exceptionnelle pour les pathologistes végétaux. J'ai pu observer la plupart des maladies touchant les abricotiers : ECA, chancre bactérien, monilia mais aussi tavelure, oïdium et Sharka. De plus, les différentes notations effectuées étaient toutes différentes les unes des autres. Mon maître de stage m'a permis de faire évoluer les protocoles où de les étendre sur d'autres parcelles. C'est ce qui a rendu ce stage passionnant.

En plus des observations sur ma parcelle, j'ai également pu voir l'expression de ces maladies dans des vergers de production grâce à deux journées de visites chez des producteurs. Je me suis rendue compte à quel point le chancre bactérien par exemple peut faire des ravages dans une parcelle.

J'ai également abordé des sujets en dehors du cadre de mon stage comme le bagage des oiseaux avec la LPO qui m'a beaucoup intéressée.

Sur un plan personnel, j'ai été agréablement surprise d'utiliser des connaissances acquises au cours de mes deux années d'IUT ce qui n'avait pas été le cas au cours de mon premier stage.

## **Bibliographie :**

### **Partie 1 :**

- [www.inra.fr](http://www.inra.fr)
- *Evaluation de l'unité 2008*, L. Parisi, directrice de l'UERI de Gothenon.
- *Les variétés, le mode d'emploi*, guide pratique CTIFL, J. LICHOU, Mai 1998.
- Catalogue pépinière Veauvy.
- [www.fao.fr](http://www.fao.fr)
- Zoom arboriculture.

### **Partie 2 :**

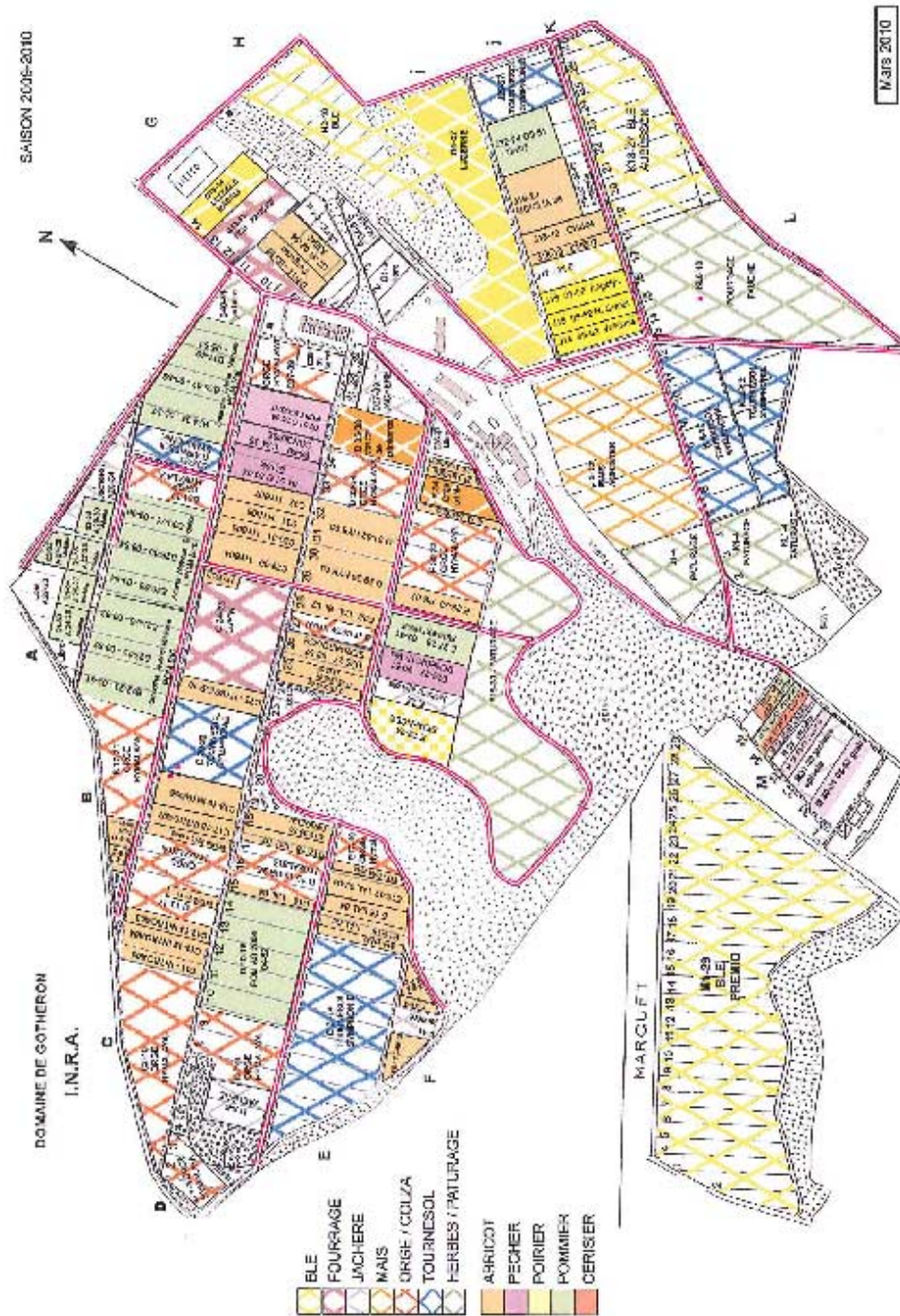
- Zoom arboriculture.
- Article issu de « Le Point », l'abricotier : une stratégie pour éviter les dégâts du chancre bactérien, J.P Prunier, J.P Jullian (INRA Avignon), R. Minodier (Chambre d'Agriculture de l'Ardèche, G. Clauzel (INRA Gothenon), été 2005.
- Guide pratique CTIFL, les maladies des fruits à noyaux.

### **Partie 3 :**

- Les variétés, le mode d'emploi, guide pratique CTIFL, J. LICHOU, Mai 1998.
- Catalogue pépinière des pépinières Veauvy.
- « Le point sur : les variétés d'abricots : les reconnaître pour mieux les apprécier et les valoriser », article CTIFL, [www.fruits-et-légumes.net](http://www.fruits-et-légumes.net).
- [www.geves.fr](http://www.geves.fr)

# Annexes

Annexes 1 : Plan du domaine de Gotheron



Source internes à l'INRA.



Annexe 2 : Répartition des parcelles du domaine :

Espèce	Remarque	Surface totale (m <sup>2</sup> )	Nombre parcelles
PECHER	dont 3000 m <sup>2</sup> AB et baos	20 533	8
ABRICOTIER	dont baos	82 550	42
POMMIER	dont 30250 m <sup>2</sup> AB	68 922	18
POIRIER		7 500	3
DIVERS	multi-espèces Marquet	3 277	2
SERRE	hors SAU	750	1
PARC METEO	hors SAU	6 006	1
JAUGE	hors SAU	1 000	1
<b>TOTAL ARBO</b>		<b>190 538</b>	<b>76</b>
BLE		72 121	12
ORGE		94 433	7
MAIS		25 563	2
TOURNESOL		71 076	1
POIS		13 009	1
LUZERNE		23 558	2
FOURRAGES ctps		5 321	1
FOURRAGES autres		34 550	2
PATURAGE		43 085	4
JACHERE		24 669	10
LIBRE		15 732	6
DIVERS	semences et essai ambrisie	5 245	2
<b>TOTAL GRANDE CULTURE</b>		<b>434 762</b>	<b>50</b>
<b>TOTAL CULTIVE OU EXPERIMENTATION</b>		<b>625 300</b>	<b>126</b>
<i>dont total SAU</i>		<b>617 544</b>	
Haies Brise-vent		34 412	
Bâtiments & autres		21 000	
Chemins		37 500	
Bois & friches		144 125	
<b>TOTAL DOMAINE</b>		<b>862 337</b>	<b>126</b>
		m <sup>2</sup>	parcelles

Données 2009, Source : Evaluation de l'unité de Gotheron, L. Parisi.  
SAU : Surface Agricole Utile.

*Annexe 3 : Généralités sur les 16 variétés de la parcelle Monilia 06.*

➤ Bergeron :

Origine : semis au hasard obtenu à St-Cyr au Mont d'Or en 1920

Editeur : domaine public.

CTPS : inscrit en 1961.

**Le fruit :** calibre potentiel AA-AAA/ forme oblongue arrondie, beau fruit, orangé en fond surimpression rouge diffus sur 10 à 40% du fruit avec quelques ponctuations / ferme / bonne tenue sur l'arbre.

**La fleur :** floraison tardive, autofertile.

**L'arbre :** port naturel dressé, vigueur moyenne à bonne

**Appréciation générale :** Variété très bien adaptée à la moyenne vallée du Rhône et sur les contreforts montagneux. Régulièrement productive. Le fruit a une bonne aptitude à la conservation. Sa maturité tardive fait de cette variété la seule présente à son époque.

➤ Early Blush :

Origine : pas connue.

Editeur : STAR FRUIT.

CTPS : inscrit en 1994.

**Le fruit :** calibre potentiel dominant 2A / forme générale oblongue, fruit attrayant, orangé à maturité, surimpression 20 à 50% diffus + quelques ponctuations / moyenne à faible fermeté / très sensible à la manipulation.

**La fleur :** floribondité abondante, autostérile.

**L'arbre :** port étalé à très étalé, vigueur moyenne.

**Appréciation générale :** Variété récente encore peu présente, la plus précoce du calendrier, appelé à faire l'objet d'un développement intéressant dans les zones les plus méridionales. C'est cependant une variété exigeante sur le plan technique (conduite de l'arbre, pollinisation, éclaircissage, récolte), donc coûteuse à produire.

Fruit fragile, difficile à cueillir.

➤ Goldrich :

Origine : sélectionné en 1954 parmi 221 semis d'hybrides Sunglo X Perfection.

Editeur : domaine public.

CTPS : inscrit en 1990.

**Le fruit** : potentiel dominant 4A / forme générale oblongue / beau fruit, couleur de fond orangé soutenu, surimpression faible et rares ponctuations / très bonne fermeté.

**La fleur** : floraison précoce à moyenne, forte floribondité, partiellement autofertile.

**L'arbre** : port érigé, vigueur moyenne à forte.

**Appréciation Générale** : Très présente en Languedoc-Roussillon, mais ne progresse plus. Abricot fortement attrayant : gros et très coloré, mais de qualité laissant parfois à désirer à cause des cueillettes anticipées.

L'acidité très élevée du fruit à la récolte est d'autant plus forte que le fruit est ramassé trop tôt : attendre les premières chutes et conserver quelques jours avant consommation.

Malgré des performances agronomiques incontestables, les taches noires sur l'épiderme et les chutes importantes à la maturité observées souvent début mai demeurent des obstacles à des performances économiques régulières. Les fruits de cette variété sont parfois vendus sous la marque Jumbocot.

➤ Hargrand :

Origine : hybride V51092 x NJA par Lapins et Bailey en 1966, sélectionné en 1972 par la station de Harrow (Canada).

Editeur : domaine public

CTPS : inscrit en 1988.

**Le fruit** : calibre potentiel dominant 4A, forme générale trapézoïdale arrondie, joufflue / attrait moyen à la récolte mais s'homogénéise après, couleur de fond orangé, tendance verdâtre à la récolte qui disparaît, pas de surimpression / Bonne fermeté, épiderme épais / chair orangé intense avec une frange claire autour du noyau.

**La fleur** : semi tardive, floribondité faible, partiellement autofertile.

**L'arbre** : port dressé, vigueur moyenne à faible.

**Appréciation Générale** : Sa place actuelle dans le verger français devrait se maintenir. Peu présente en Europe. Variété désormais reconnues pour son calibre et sa qualité gustative. Fruit facilement identifiable. Ses qualités compensent une présentation jugée parfois insuffisante (coloration, aspect de l'épiderme...) qui s'améliore après passage en chambre froide.

➤ Orangered :

Origine : Lasgerdi x NJA 2

Editeur : STAR FRUIT.

**Le fruit :** calibre potentiel 2A-3A / forme oblongue aplatie / attrait globale exceptionnelle, couleur de fond orangé foncé, surimpression diffus jusqu'à 50% de la surface / chair avec une bonne fermeté de couleur orangé soutenu.

**La fleur :** floraison tardive, floribondité très bonne, fleurs très attractives pour les abeilles, autofertiles.

**L'arbre :** port ouvert, vigueur forte à très forte.

**Appréciation Générale :** Devenue une variété de référence, sa place dans les vergers français augmente rapidement. Sa qualité gustative, sa présentation et son calibre en font l'une des variétés les plus appréciées par les distributeurs et les consommateurs.

Cependant, pour le producteur, elle présente de nombreuses difficultés que des techniques culturales adaptées permettant de résoudre (taille, pollinisation, éclaircissage, récolte...). L'excès de production peut également nuire à la qualité des fruits. Plus généralement, cette variété devra être défendue sur le plan commercial pour éviter sa banalisation.

➤ TomCot Toyaco :

Origine : Rival x PA63-265

Editeur : COT INTERNATIONAL

CTPS : inscrit en 1993.

**Le fruit :** calibre potentiel 2A-3A / forme oblongue, arrondie / couleur de fond soutenue, fines ponctuations rouges sur 25 à 50% pour les fruits directement exposés au soleil, chair juteuse et fondante, bonne fermeté.

**La fleur :** floraison semi précoce, bonne voir très bonne floribondité, autofertile.

**L'arbre :** port étalé, bonne vigueur.

**Appréciation Générale :** C'est la variété en développement dans le verger français grâce aux qualités générales du fruit, sa place dans le calendrier de production et son caractère d'autofertilité. Sa rusticité nécessite chaque année un éclaircissage important sans lequel le calibre et la qualité gustative des fruits seront fortement diminués. Cette caractéristique en fera donc une variété chère à produire.

➤ Malice Avikot

Origine : Bergeron x Béliana

Editeur : CEP

CTPS : inscrit en 1991.

**Le fruit** : calibre potentiel AA / forme trapézoïdale joufflue, de couleur de fond orangé, surimpression orangé 20 à 50%, ponctuations rouge marquées.

**La fleur** : floraison tardive, autofertile.

**L'arbre** : port érigé, vigueur élevée.

**Appréciation Générale** : Cette variété est très bien adaptée à la région Rhône-Alpes par sa rusticité, sa production régulière et abondante, une excellente qualité gustative et un épiderme peu sensible aux accidents. Toutefois sa présentation et sa fermeté sont en retrait par rapport à des variétés précédentes du même créneau de maturité. Variété recommandée dans la vallée de Rhône où elle permet de diversifier la culture basée sur Bergeron. Cette variété a été écartée des zones de production plus méridionales.

➤ Tardif de Tain :

Origine : semis de hasard.

Editeur pépinière VEAUUVY et DARNAUD.

CTPS : inscrit en 1993.

**Le fruit** : calibre potentiel AA-AAA / de type Bergeron, légèrement oblong / Attrait : moyen à beau, surimpression diffus et ponctuation 20 à 50% / Très bonne fermeté.

**La fleur** : floraison tardive, fertilité : autocompatible.

**L'arbre** : port érigé, bonne vigueur.

**Appréciation Générale** : Complète la saison après Bergeron avec un fruit de même type. Produit assez bien en Languedoc. Son intérêt réside dans son décalage de maturité qui peut être intéressant dans certaines conditions.

➤ Bergarouge :

Origine : Orangered x Bergeron.

Editeur : CEP.

**Le fruit** : potentiel de calibre AAA / forme générale oblongue allongée / très beau fruit, couleur de fond orangé intense, surimpression 40 à 50% rouge diffus / ferme.

**La fleur** : floraison tardive, autofertilité partielle.

**Arbre** : port érigé, forte vigueur.

**Appréciation générale** : En début de diffusion. Par ses qualités d'ensemble, doit rapidement devenir une variété importante à son époque de maturité.

➤ Canino :

Origine : semis de hasard, province de Valencia.

Editeur : domaine public.

CTPS : inscrit en 1967.

**Le fruit** : potentiel calibre 2A, forme trapézoïdale légèrement bosselée, couleur de fond orangé clair, sans surimpression, fermeté moyenne à insuffisante, sensible aux manipulations.

**La fleur** : floraison demi-précoce, autofertile.

**L'arbre** : vigueur moyenne, port semi érigé.

**Appréciation Générale** : Trop pâle et pas assez ferme. Existe encore un peu en Roussillon. Appelée à disparaître en France. Encore très cultivée en Espagne. Il arrive sur le marché début juin où sa médiocrité déçoit le consommateur.

➤ Polonais (Orangé de Provence) :

Origine : semis de hasard.

Editeur domaine public.

CTPS : inscrit en 1961.

**Le fruit** : calibre potentiel A-AA / forme arrondie à oblongue / attrayant, couleur de fond orangé clair, surimpression légères et fines ponctuations rouges sur 10% de la surface / chair : moyenne fermeté, très bonne jutosité, couleur orangé clair.

**La fleur** : floraison tardive, floribondité moyenne à faible, autofertile.

**L'arbre** : port érigé, moyenne vigueur.

**Appréciation Générale :** Ne se plante pas beaucoup. Variété essentiellement dans le Nyonnais et les Baronnie. Sa qualité, reconnue dans son aire d'adaptation, a cependant de plus en plus de mal à s'imposer avec l'arrivée de variétés plus colorées et fermes. Elle est fortement concurrencée par Bergeron dans son créneau de maturité. Appréciée par les industriels italiens : les exportations progressent.

➤ Vertige (A3845) :

Origine : INRA, France.

Editeur exclusif : C.E.P, Innovation.

Variété classique mûrissant dans le créneau de Bergarouge, de très haut potentiel agronomique, elle regroupe l'ensemble des caractères recherchés. Très bonne saveur grâce à une qualité de chair fine, juteuse et aromatique. Fruit de forme ovale, de couleur orangé, avec une surimpression rouge en voile, au calibre AA à AAA. Variété autofertile, fleurissant à l'époque de Bergeron, très régulière en production, avec une mise à fruits rapide et dont l'arbre est facile à conduire. Elle est aussi un très bon pollinisateur de Bergarouge.

➤ Frisson (A2821) :

Origine : INRA, France.

Editeur : C.E.P Innovation.

Maturité tardive dans le créneau suivant Bergeron. Fruit d'attrait classique, de forme ovale, un épiderme lumineux, calibre 2A/3A. Sa très grande fermeté permet une récolte groupée. Variété juteuse, sucrée et parfumée. Mise à fruits rapide et de production régulière. Autofertile. Qualités gustatives intéressantes dans son créneau de maturité, notamment sa juteusité, sa fermeté, sa teneur en sucre et son potentiel aromatique.

➤ Candide (A4025) :

Origine : INRA, France.

Editeur exclusif : C.E.P Innovation

Variété orangée murissant dans le créneau de Goldrich quelques jours après Malice, de très hauts potentiels agronomiques. Arbre facile à conduire. Fruits de très bonne fermeté, de chair fine, juteux et aromatique. Variété régulière en production, elle a conservé la rusticité de Malice mais plus ferme et d'un calibre plus gros.

➤ Pas d'information sur Bakour et A4034 (qui n'a pas encore été nommée).

Annexe 4 : Plan de la parcelle Monilia 06 :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Hargrand	Goldrich	Malice	<del>TomCot</del>	<del>TomCot</del>	TomCot	Bergeron	<del>Malice</del>	Vertige	Bergerouge	TomCot	<del>TomCot</del>	Polonais	Goldrich	Canino	Malice
2	Canino	E. Blush	<del>Malice</del>	<del>Orangered</del>	Orangered	E. Blush	Hargrand	Polonais	<del>Polonais</del>	Goldrich	Hargrand	A4034	Orangered	Candide	Orangered	Hargrand
3	Polonais	Candide	<del>Malice</del>	Badour	Goldrich	Canino	Malice	Orangered	<del>TomCot</del>	Canino	E. Blush	<del>Malice</del>	Vertige	Badour	Bergerouge	TomCot
4	Orangered	Vertige	Canino	TomCot	Hargrand	Badour	Candide	Bergeron	Bergerouge	A4034	Malice	Polonais	E. Blush	A4034	Vertige	Frison
5	TomCot	<del>TomCot</del>	<del>Orangered</del>	A4034	Polonais	Malice	E. Blush	Badour	Vertige	<del>TomCot</del>	TomCot	<del>TomCot</del>	Badour	Candide	<del>TomCot</del>	<del>TomCot</del>
6	Bergerouge	Bergeron	Hargrand	Badour	Vertige	Polonais	Goldrich	<del>TomCot</del>	Hargrand	Polonais	E. Blush	Bergerouge	TomCot	Polonais	E. Blush	Goldrich
7	T. de Tain	<del>TomCot</del>	Malice	Goldrich	Canino	Bergerouge	Bergeron	T. de Tain	Bergerouge	T. de Tain	Orangered	Canino	<del>TomCot</del>	Hargrand	T. de Tain	A4034
8	E. Blush	T. de Tain	<del>TomCot</del>	Orangered	<del>TomCot</del>	Vertige	E. Blush	TomCot	Badour	Goldrich	Polonais	Bergeron	Orangered	<del>TomCot</del>	TomCot	Candide
9	Frison	Badour	TomCot	Candide	<del>TomCot</del>	TomCot	Frison	Malice	<del>TomCot</del>	Goldrich	T. de Tain	Hargrand	E. Blush	Vertige	Malice	Badour
10	Bergeron	Malice	A4034	Frison	<del>TomCot</del>	T. de Tain	<del>TomCot</del>	Goldrich	Candide	Goldrich	Bergerouge	<del>TomCot</del>	<del>TomCot</del>	Bergeron	A4034	Canino
11	Polonais	T. de Tain	Vertige	<del>TomCot</del>	Hargrand	E. Blush	Polonais	A4034	Bergerouge	E. Blush	Goldrich	Malice	Hargrand	E. Blush	<del>TomCot</del>	Malice
12	Candide	Hargrand	Orangered	E. Blush	Orangered	Hargrand	Bergerouge	Vertige	Orangered	Frison	Canino	<del>TomCot</del>	TomCot	A4034	Candide	T. de Tain
13	Badour	A4034	Malice	<del>TomCot</del>	TomCot	Badour	Candide	Canino	Malice	Candide	Vertige	<del>TomCot</del>	Frison	Goldrich	Hargrand	Bergeron
14	Canino	TomCot	Vertige	Goldrich	Candide	A4034	Bergeron	<del>TomCot</del>	T. de Tain	Candide	Goldrich	<del>TomCot</del>	Bergerouge	T. de Tain	TomCot	Orangered
15	E. Blush	Bergeron	Polonais	T. de Tain	<del>TomCot</del>	Orangered	Canino	Vertige	Bergerouge	Hargrand	Bergerouge	Badour	Hargrand	A4034	Malice	Badour
16	Vertige	Badour	TomCot	Malice	Vertige	Hargrand	Candide	Orangered	T. de Tain	A4034	TomCot	E. Blush	Candide	Bergerouge	Bergeron	Bergerouge
17	T. de Tain	Canino	Orangered	Goldrich	<del>TomCot</del>	Candide	<del>TomCot</del>	Badour	Malice	<del>TomCot</del>	Frison	Goldrich	Vertige	Canino	Polonais	E. Blush
18	Polonais	Bergeron	A4034	Orangered	TomCot	Polonais	Orangered	Bergerouge	Bergeron	TomCot	T. de Tain	Candide	Goldrich	<del>TomCot</del>	Hargrand	A4034
19	Hargrand	Vertige	E. Blush	Malice	<del>TomCot</del>	Badour	Bergerouge	Canino	Vertige	E. Blush	Bergerouge	Malice	<del>TomCot</del>	<del>TomCot</del>	T. de Tain	Malice
20	Candide	Goldrich	Bergerouge	Bergeron	T. de Tain	E. Blush	Goldrich	Hargrand	<del>TomCot</del>	<del>TomCot</del>	Frison	Canino	Orangered	Vertige	Candide	Polonais

Les cases barrées signifient des arbres morts, coupés l'année dernière.

Source personnelle



## *Annexe 5 : Mode d'emploi des analyses statistiques des résultats :*

Beaucoup de statistiques ont été réalisées pour ce rapport de stage. Cette annexe permet de faire un résumé sur le schéma d'analyse des statistiques de ce rapport. Les significations des tests et comment ils sont interprétés ne seront pas détaillées autant dans les analyses des résultats chancre bactérien et monilia (juste les conclusions).

### **1. Stratégie d'analyse :**

Chacune des statistiques réalisées ont la même stratégie d'analyse :

- Grand échantillon
- 1 facteur : le **facteur variété à 16** (ou 12 modalités selon les années d'étude).
- Lorsqu'il s'agit de pourcentage, ce dernier est immédiatement transformé par la formule  $\text{Arcsin}(\sqrt{\text{pourcentage de la variable}})$ . Toute l'analyse est effectuée avec cette transformation.
- Lorsque la variable est une note (monilia et chancre bactérien), il n'y a aucune transformation systématique effectuée.

Il s'agit de comparer 16 (ou 12) moyennes soit par une ANOVA1 (statistiques paramétriques) ou le test de Kruskal-Wallis (statistiques non paramétriques).

### **2. Statistiques Descriptives :**

Un résumé des données avec la moyenne, les écarts types ainsi que les quartiles sont données pour chaque moyenne. Un BoxPlot permet ensuite de voir si les statistiques sont nécessaires pour analyser les résultats ou si l'on peut se contenter de cette représentation graphique.

### **3. Vérification des conditions d'application de l'ANOVA (analyse de variance) :**

⇒ Normalité :

La variable doit être distribuée normalement. Ceci est vérifié par un histogramme. Si le graphe présente une allure de courbe de Gauss alors un test de Shapiro-Wilcoxon est réalisé pour vérifier la normalité.

L'hypothèse nulle du test de Shapiro-Wilcoxon est la suivante,  $H_0$  : la variable est distribuée normalement. Lorsque la p-value est supérieure à 5%,  $H_0$  n'est pas rejeté, la variable est distribuée normalement. Si la p-value est inférieure à 5% alors  $H_0$  est rejetée et la variable est distribuée normalement.

Lorsque la normalité n'est pas vérifiée et qu'il s'agit d'une variable qui n'a pas subi de transformation systématique, alors deux transformations sont appliquées à la variable pour tenter de la normaliser. Il s'agit de  $\ln(\text{variable})$  et  $\sqrt{\text{variable}}$  (si les données comportent des 0, il faut appliquer la transformation  $\ln(\text{variable}+1)$ ).

Quelque soit la conclusion sur la normalité de la variable, un test d'égalité des variances est effectué par la suite. En effet, même s'il n'y a pas normalité de la variable, l'ANOVA est robuste aux écarts à la normalité. Même si la normalité n'est pas respectée, le fait qu'il y ait égalité des variances permet d'effectuer une analyse de variances.

⇒ Egalité des variances :

Un test de Bartlett est effectué pour tester l'égalité des variances. Lorsque la p-value est supérieure à 5%,  $H_0$  (les variances sont égales) n'est pas rejeté et il y a homoscedasticité (égalité des variances). Si elle est inférieure,  $H_0$  est rejeté et il y a hétéroscedasticité (non égalité des variances).

Tout comme la normalité, les deux mêmes transformations peuvent être effectuées en cas d'hétéroscedasticité pour standardiser la variable,  $\ln(\text{variable})$  et  $\sqrt{\text{variable}}$ .

Si les deux conditions ne sont pas satisfaites, ou s'il y a normalité mais pas hétéroscedasticité de la variable, alors un test de Kruskal-Wallis, statistique non paramétrique, est effectué pour voir s'il existe une différence entre les variétés.

Lorsqu'il y a normalité et homoscedasticité (ou juste homoscedasticité) de la variable, une ANOVA, statistique paramétrique, est réalisée.

#### 4. Conclusion ANOVA :

⇒ Résultats du test :

$H_0$  : toutes les moyennes des modalités sont identiques.

Lorsque p-value < 5%, rejet de  $H_0$ , il existe au moins une variété possédant une moyenne significativement différentes de celle des autres. Le facteur a donc un effet.

Si p-value > 5%, non rejet de  $H_0$ , le facteur n'a pas d'effet.

⇒ Classement des variétés (à faire que lorsque le facteur a un effet) :

Un test HSD (seuil 95%) est ensuite réalisé. Il permet de repérer quelles sont les moyennes différentes des autres.

Les lettres représentent les groupes homogènes. Lorsque des variétés ont la même lettre, cela signifie que leurs moyennes sont significativement identiques.

#### 5. Conclusion Kruskal-Wallis :

⇒ Résultats du test :

$H_0$  : toutes les moyennes des modalités sont identiques.

Lorsque p-value < 5%, rejet de  $H_0$ , il existe au moins une variété possédant une moyenne significativement différentes de celle des autres. Le facteur a donc un effet.

Si p-value > 5%, non rejet de  $H_0$ , le facteur n'a pas d'effet.

⇒ Classement des variétés :

Il n'existe pas de comparaison multiple de moyenne pour les statistiques non paramétriques. Le classement est fait avec le BoxPlot. Lorsqu'il est impossible de départager deux variétés (chevauchement de boîte), on se réfère aux tests de Wilcoxon qui permet de comparer deux à deux les moyennes de deux modalités en non paramétriques. Dans ces tableaux, lorsque la p-value > 5%, les modalités ont des médianes identiques. Dans le cas contraire, elles sont différentes.

## **6. Analyses de Covariances :**

L'analyse de covariances (ANCOVA) permet de tester l'effet d'un facteur et d'une covariable sur la variable étudiée. Toutes les conditions de réalisation des ANCOVA (les mêmes que celles des ANOVA) ont été vérifiées graphiquement (graphes « diagnostic numériques » mais non présentés).

Tout se déroule comme une ANOVA sauf pour qu'une ligne de plus apparaît dans le listing de sortie : l'interaction entre le facteur et la covariable (symbolisé par « facteur : covariable »). Il est nécessaire de vérifier s'il y a interaction entre la covariable et le facteur. S'il y a interaction, les effets individuels ne sont pas interprétés. Sans interaction, les p-value de la covariable et du facteur sont interpréter comme celles de l'ANOVA.

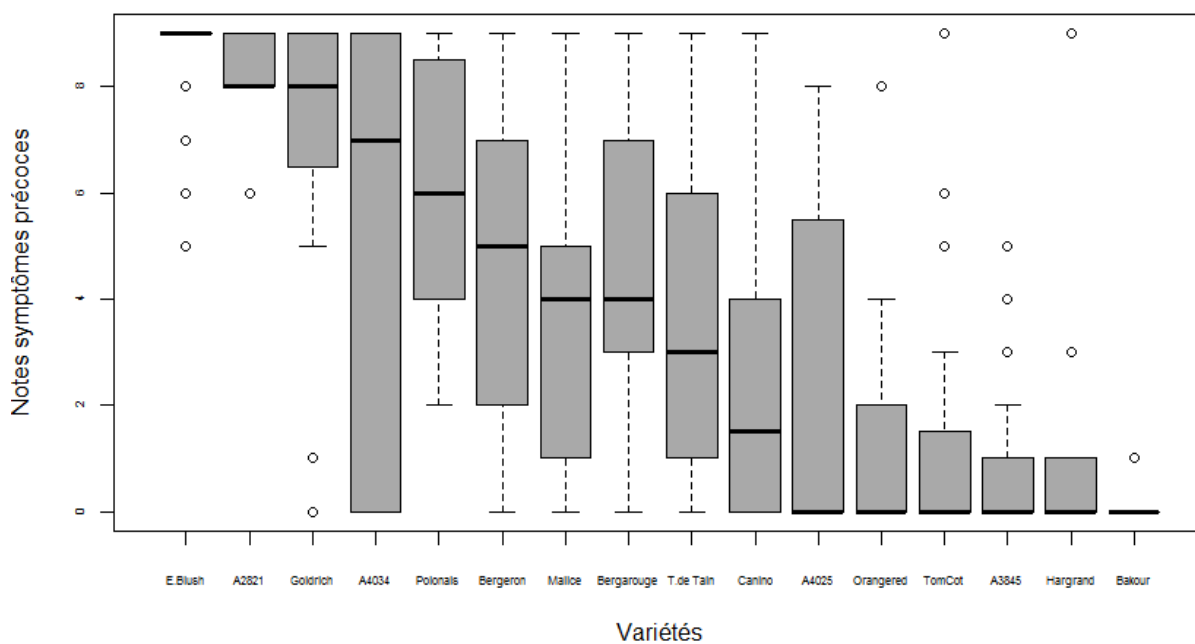
Même déroulement également pour le classement des variétés qu'une ANOVA.

Annexe 6 : Statistiques réalisées sur la variable « notes symptômes précoces » 2010 :

(Voir annexe 5 pour plus d'explication sur les analyses statistiques)

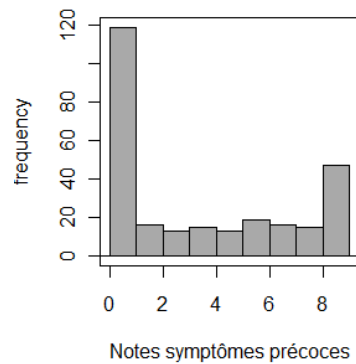
➤ Statistiques Descriptives :

	mean	sd	0%	25%	50%	75%	100%	n	Morts
A2821	8.000000	1.224745	6	8.0	8.0	9.0	9.0	9	11
A3845	1.000000	1.490712	0	0.0	0.0	1.0	5.0	19	1
A4025	2.263158	3.088367	0	0.0	0.0	5.5	8.0	19	1
A4034	5.333333	4.117327	0	0.0	7.0	9.0	9.0	15	5
Bakour	0.062500	0.250000	0	0.0	0.0	0.0	1.0	16	5
Bergarouge	4.684211	2.749801	0	3.0	4.0	7.0	9.0	19	1
Bergeron	4.500000	3.345491	0	2.0	5.0	7.0	9.0	14	6
Canino	2.250000	2.569047	0	0.0	1.5	4.0	9.0	16	4
E.Blush	8.500000	1.147079	5	9.0	9.0	9.0	9.0	20	0
Goldrich	7.105263	2.664473	0	6.5	8.0	9.0	9.0	19	1
Hargrand	0.850000	2.058998	0	0.0	0.0	1.0	9.0	20	0
Malice	3.473684	2.589904	0	1.0	4.0	5.0	9.0	19	1
Orangered	1.117647	2.117851	0	0.0	0.0	2.0	8.0	17	3
Polonais	6.000000	2.449490	2	4.0	6.0	8.5	9.0	15	4
T.de Tain	3.705882	3.097675	0	1.0	3.0	6.0	9.0	17	3
TomCot	1.473684	2.546641	0	0.0	0.0	1.5	9.0	19	1

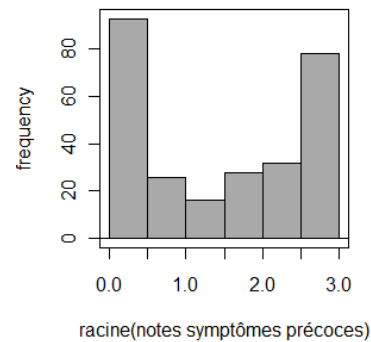
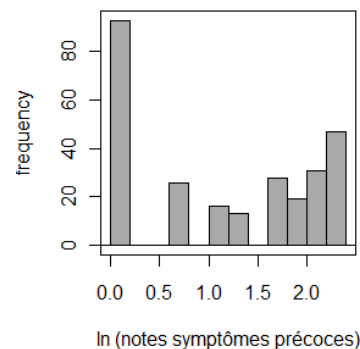


Ce BoxPlot ne suffit pas pour différencier les variétés.

## ➤ Normalité :



⇒ La variable ne suit pas une distribution normale. La variable est transformée par  $\ln$  (notes symptômes précoces+1) ou racine (notes symptômes précoces) pour la normaliser.



⇒ Les variables transformées ne sont pas normales.

## ➤ Egalité des variances :

### Variable non transformée :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: EchelChB010410 by Variété

Bartlett's K-squared = 97.8352, df = 15, p-value = 3.351e-14

### Ln (notes symptômes précoces+1) :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: lnChB by Variété

Bartlett's K-squared = 108.3231, df = 15, p-value = 3.382e-16

### Racine (notes symptômes précoces) :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: racine by Variété

Bartlett's K-squared = 94.803, df = 15, p-value = 1.250e-13

⇒ Hétéroscédasticité des trois variables.

## ➤ Statistiques non paramétriques :

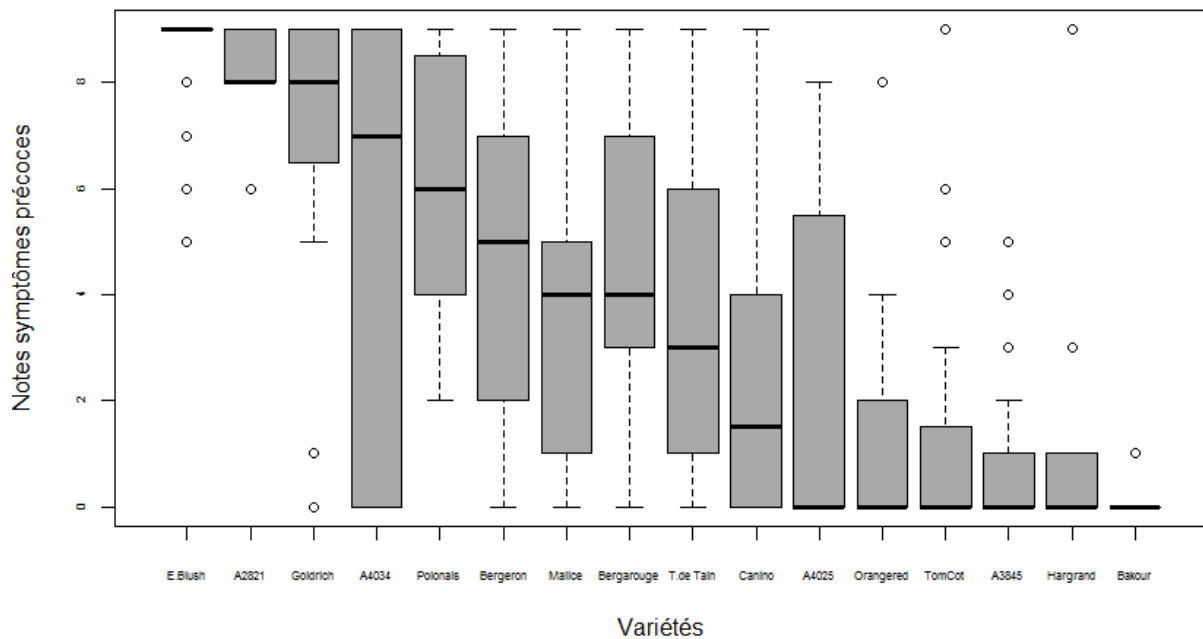
Kruskal-Wallis rank sum test

data: EchelChB010410 by Variété

Kruskal-Wallis chi-squared = 139.0986, df = 15, p-value < 2.2e-16

⇒ Le facteur variété a un effet sur la variable.

⇒ Classement des variétés :



Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: ChB2010\$EchelChB010410 and ChB2010\$Variété

	E.Blush	A2821	Goldrich	A4034	Polonais	Bergeron	Malice	Bergarouge	T.de Tain	Canino	A4025	Orangered	TomCot	A3845
A2821	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Goldrich	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A4034	0.94175	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polonais	0.09750	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bergeron	0.00947	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malice	6.6e-05	0.02958	0.02627	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-
Bergarouge	0.00038	0.26996	0.64736	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-
T.de Tain	0.00038	0.14416	0.18177	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-
Canino	0.00010	0.03308	0.01490	1.00000	0.07824	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-
A4025	2.0e-05	0.01511	0.00496	1.00000	0.13348	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-
Orangered	1.0e-05	0.00535	0.00104	0.95061	0.00213	0.47435	0.31147	0.02464	0.70213	1.00000	1.00000	-	-	-
TomCot	2.2e-05	0.01038	0.00165	1.00000	0.00706	1.00000	1.00000	0.08987	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-
A3845	3.2e-06	0.00204	0.00025	1.00000	0.00055	0.32835	0.21836	0.01028	0.52651	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-
Hargrand	8.7e-06	0.00493	0.00045	0.81703	0.00046	0.16197	0.04763	0.00431	0.15330	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
Bakour	3.7e-06	0.00054	6.5e-05	0.04193	6.1e-05	0.00645	0.00107	0.00026	0.50245	0.03444	1.00000	1.00000	1.00000	0.91548

Variétés	Moyennes	Risque
Bakour	0.06	Quasi Nul
Hargrand	0.85	Très Faible
A3845	1.00	Très Faible
Orangered	1.12	Très Faible
TomCot	1.47	Très Faible
Canino	2.25	Faible
A4025	2.26	Faible
Malice	3.47	Moyen
T. de Tain	3.71	Moyen
Bergeron	4.50	Moyen
Bergarouge	4.68	Moyen
A4034	5.33	Moyen
Polonais	6.00	Elevé
Goldrich	7.10	Elevé
A2821	8.00	Elevé
E. Blush	8.50	Très élevé

➤ **ANCOVA :**

➤ **Avec 4 voisins :**

Anova Table (Type II tests)

Response: EchelChB010410

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Moyrésidu4voisin	83.53	1	14.3131	0.0001953 ***
Variété	1828.27	15	20.8865	< 2.2e-16 ***
Moyrésidu4voisin:Variété	132.77	15	1.5168	0.0996756 .
Residuals	1406.37	241		

Multiple R-squared: 0.5875, Adjusted R-squared: 0.5345

⇒ Pas d'interaction. La covariable a un effet.

➤ **Avec 8 voisins :**

Anova Table (Type III tests)

Response: EchelChB010410

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
(Intercept)	566.78	1	94.2026	<2e-16 ***
Moyrésidu8voisins	1.02	1	0.1703	0.6802
Variété	1766.70	15	19.5759	<2e-16 ***
Moyrésidu8voisins:Variété	130.63	15	1.4474	0.1262
Residuals	1450.00	241		

Multiple R-squared: 0.5747, Adjusted R-squared: 0.52

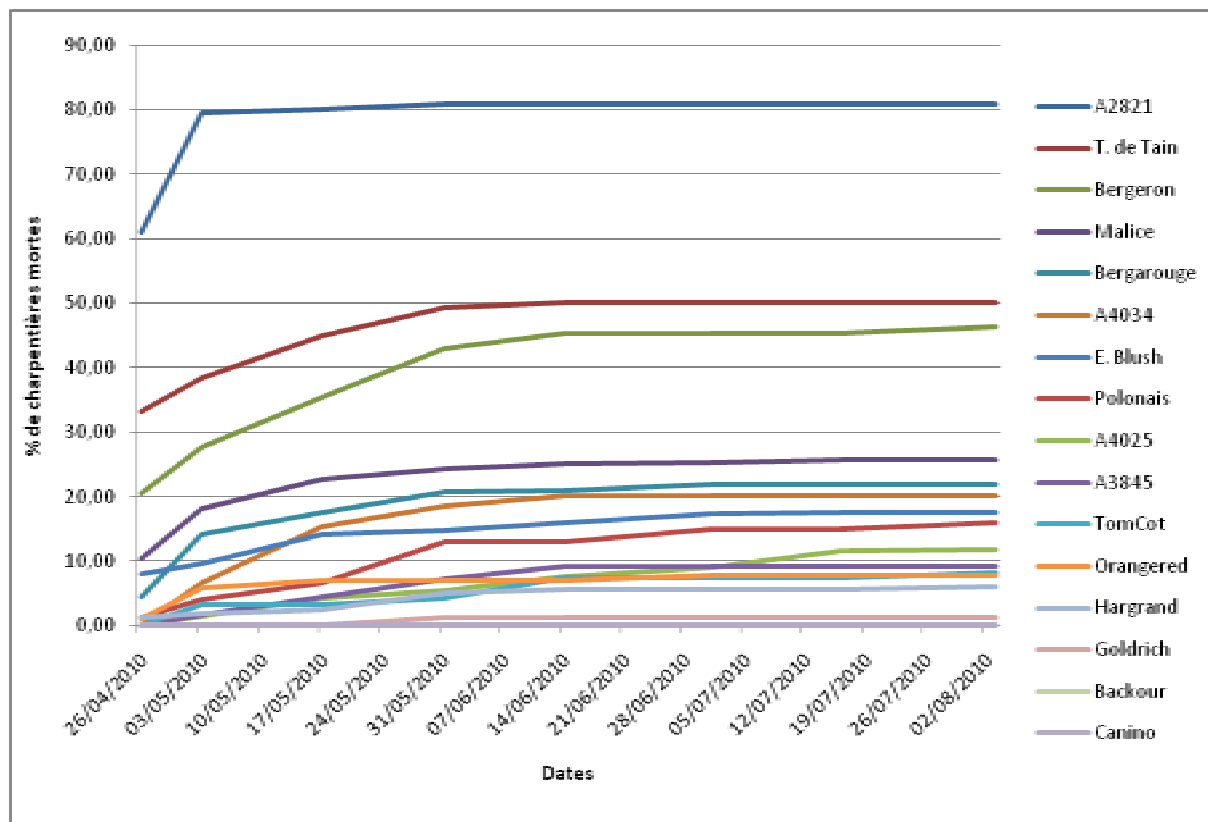
⇒ Pas d'interaction. La covariable a un effet.

⇒ Classement des variétés avec un test HSD :

Variétés	Moyenne	Lettre groupes homogènes						Sensibilité
<b>Bakour</b>	0.06	A						Quasi Nul
<b>Hargrand</b>	0.85	A	B					Très Faible
<b>A3845</b>	1.00	A	B					Très Faible
<b>Orangered</b>	1.12	A	B					Très Faible
<b>TomCot</b>	1.47	A	B					Très Faible
<b>Canino</b>	2.25	A	B	C				Faible
<b>A4025</b>	2.26	A	B	C				Faible
<b>Malice</b>	3.47		B			E		Moyen
<b>T. de Tain</b>	3.71		B			E		Moyen
<b>Bergeron</b>	4.50			C	D	E		Moyen
<b>Bergarouge</b>	4.68			C	D	E		Moyen
<b>A4034</b>	5.33				D	E		Moyen
<b>Polonais</b>	6.00					E	F	Elevé
<b>Goldrich</b>	7.10				D		F	Elevé
<b>A2821</b>	8.00				D		F	Elevé
<b>E. Blush</b>	8.5						F	Très élevé



Annexe 7 : Graphique de l'évolution du pourcentage de charpentières mortes en 2010 :

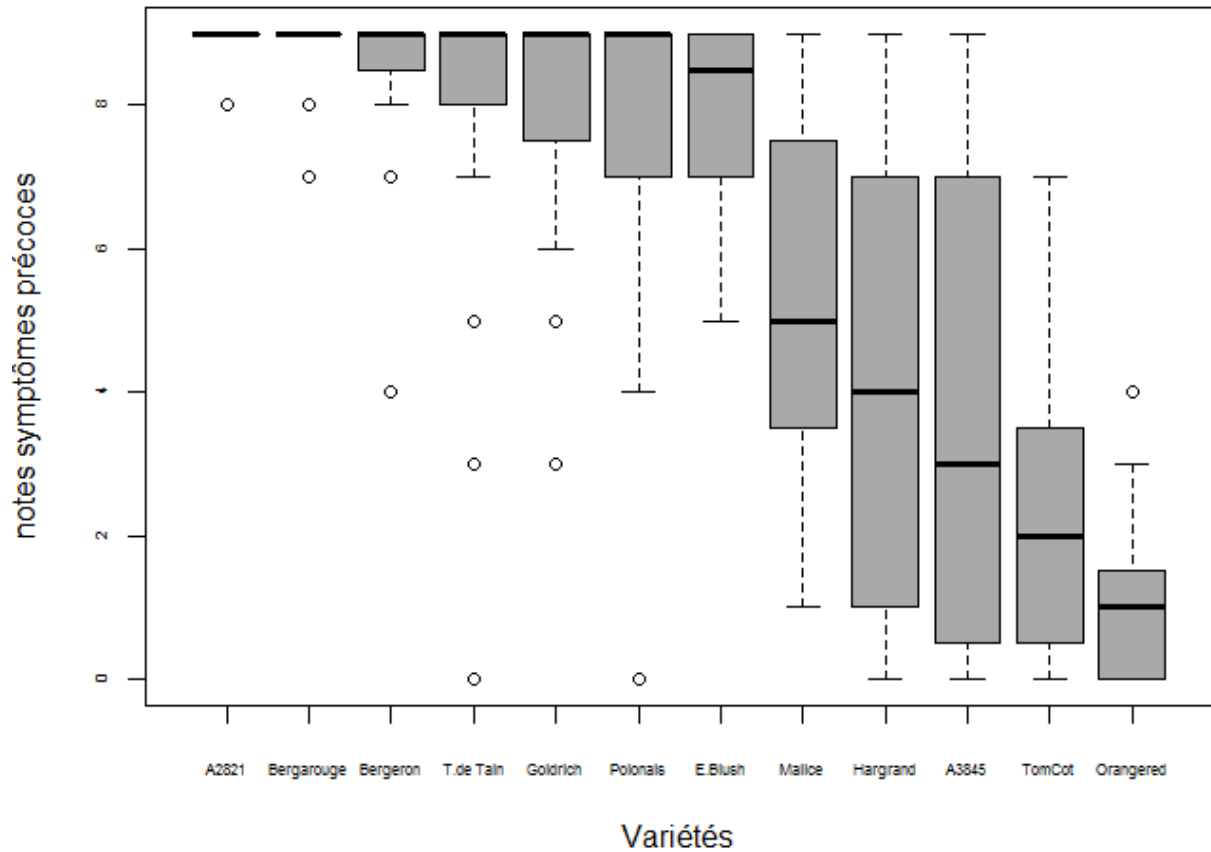


Annexe 8 : Statistiques réalisées sur la variable « notes de symptômes précoces 2009 » :

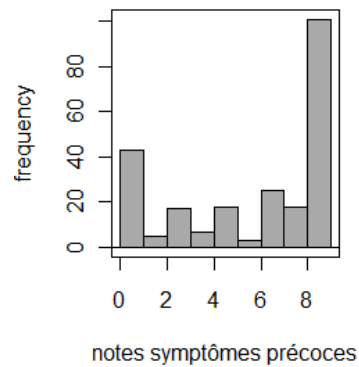
(Voir annexe 5 pour plus d'explication sur les analyses statistiques)

➤ **Statistiques Descriptives :**

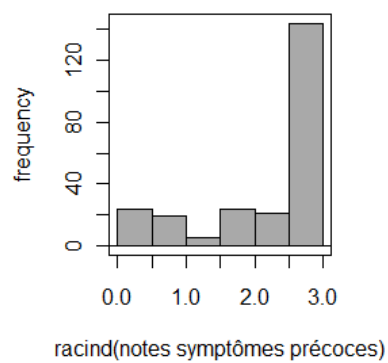
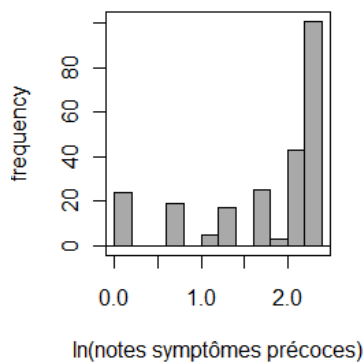
	mean	sd	0%	25%	50%	75%	100%	n	NA	
A2821	8.950000	0.2236068	8	9.00	9.0	9.00		9	20	0
A3845	3.600000	3.0331502	0	0.75	3.0	7.00		9	20	0
Bergarouge	8.800000	0.5231484	7	9.00	9.0	9.00		9	20	0
Bergeron	8.250000	1.5852943	4	8.75	9.0	9.00		9	20	0
E.Blush	7.800000	1.4725560	5	7.00	8.5	9.00		9	20	0
Goldrich	7.842105	1.8031811	3	7.50	9.0	9.00		9	19	1
Hargrand	4.050000	3.2195946	0	1.00	4.0	7.00		9	20	0
Malice	5.350000	2.6212693	1	3.75	5.0	7.25		9	20	0
Orangered	1.000000	1.2139540	0	0.00	1.0	1.25		4	20	0
Polonais	7.526316	2.4351231	0	7.00	9.0	9.00		9	19	0
T.de Tain	7.789474	2.4850430	0	8.00	9.0	9.00		9	19	1
TomCot	2.400000	2.2571524	0	0.75	2.0	3.25		7	20	0



## ➤ Normalité :



⇒ La variable n'est pas normale. Deux transformations sont effectuées pour tenter de normaliser la variable :  $\ln(\text{symptômes précoces}+1)$  ou racine ( $\text{symptômes précoces}$ ).



⇒ Non normalité des variables transformées.

## ➤ Egalité des variances :

### Variable non transformée :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: EchelChB010409 by Variété

Bartlett's K-squared = 134.4904, df = 11, p-value < 2.2e-16

### Ln (note symptômes précoces+1) :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: lnEchel by Variété

Bartlett's K-squared = 241.1328, df = 11, p-value < 2.2e-16

### Racine (note symptômes précoces) :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: racineEchel by Variété

Bartlett's K-squared = 209.8831, df = 11, p-value < 2.2e-16

⇒ Hétéroscédasticité des trois variables.

## ➤ Statistiques non Paramétriques :

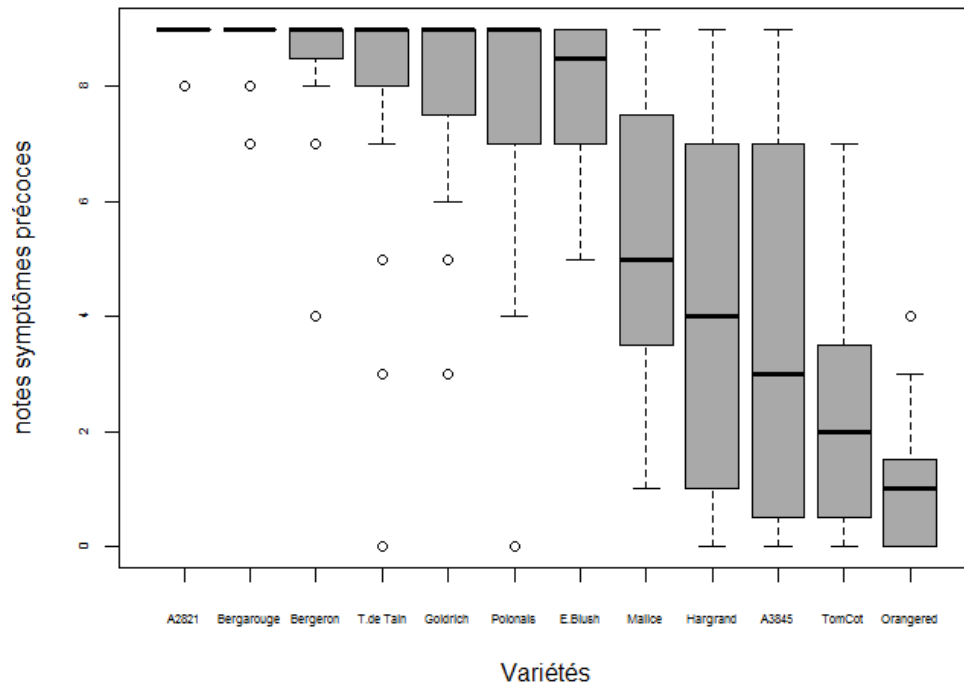
Kruskal-Wallis rank sum test

data: EchelChB010409 by Variété

Kruskal-Wallis chi-squared = 146.4024, df = 11, p-value < 2.2e-16

⇒ Le facteur variété a un effet sur la variable.

⇒ Classement des variétés :



Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: ChB200912\$EchelChB010409 and ChB200912\$Variété

	A2821	Bergarouge	Bergeron	T.de Tain	Goldrich	Polonais	E.Blush	Malice	Hargrand	A3845	TomCot
Bergarouge	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bergeron	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T.de Tain	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-
Goldrich	0.37907	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-
Polonais	0.35895	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-
E.Blush	0.08427	0.72421	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-
Malice	1.4e-05	8.7e-05	0.00568	0.05261	0.06829	0.23015	0.10038	-	-	-	-
Hargrand	1.3e-05	5.8e-05	0.00128	0.01434	0.01243	0.05135	0.01617	1.00000	-	-	-
A3845	2.8e-06	8.4e-06	0.00016	0.00263	0.00201	0.00753	0.00167	1.00000	1.00000	-	-
TomCot	6.9e-07	1.4e-06	9.9e-06	0.00024	5.0e-05	0.00035	2.4e-05	0.04018	1.00000	1.00000	-
Orangered	5.6e-07	9.9e-07	1.8e-06	4.2e-05	5.1e-06	4.1e-05	2.7e-06	0.00020	0.11669	0.49284	1.00000

## ➤ Analyse Covariance Moyenne Résidus :

### ➤ Avec 4 voisins :

Anova Table (Type II tests)

Response: EchelChB010409

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Moyrésidu4voisins	48.17	1	11.6722	0.0007597 ***
Variété	1612.29	11	35.5196	< 2.2e-16 ***
Moyrésidu4voisins:Variété	71.51	11	1.5753	0.1076442
Residuals	878.95	213		

Multiple R-squared: 0.6648, Adjusted R-squared: 0.6286

⇒ Pas d'interaction. La covariable a un effet significatif.

### ➤ Avec 8 voisins :

Anova Table (Type II tests)

Response: EchelChB010409

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Moyrésidu8voisins	97.62	1	25.7484	8.458e-07 ***
Variété	1599.66	11	38.3566	< 2.2e-16 ***
Moyrésidu8voisins:Variété	93.44	11	2.2405	0.01357 *
Residuals	807.56	213		

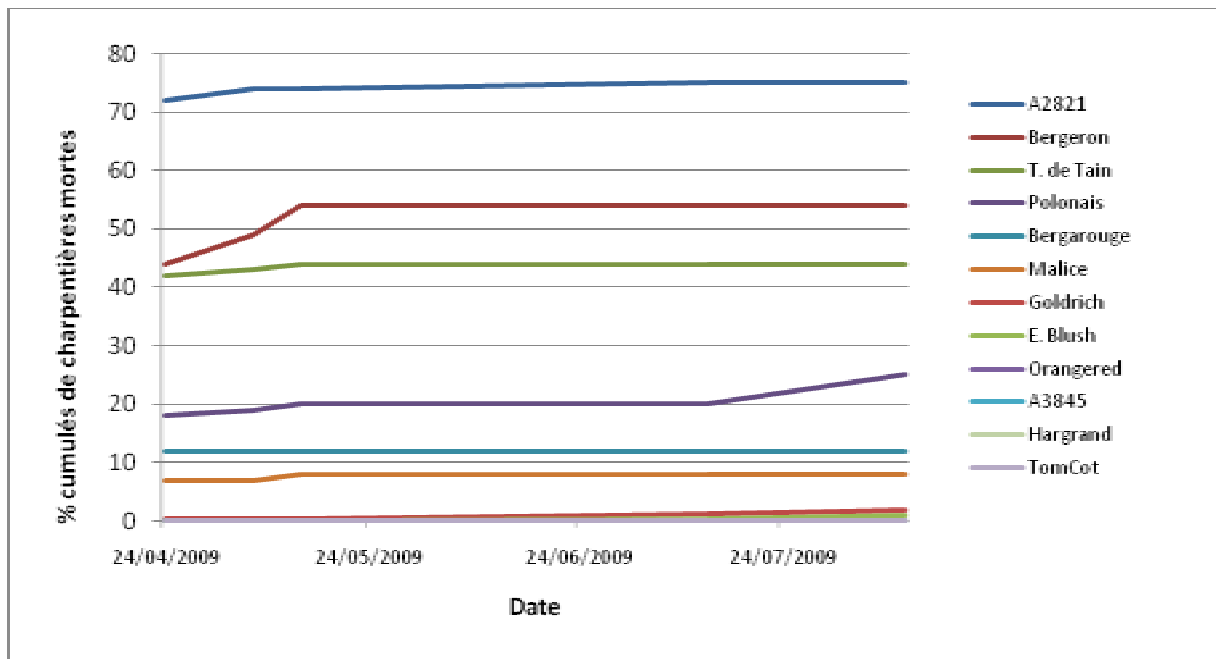
Multiple R-squared: 0.692, Adjusted R-squared: 0.6587

⇒ Interaction.

⇒ Classement fait avec un test HSD prenant en compte l'interaction :

Variétés	Moyennes	Groupes Homogènes			Sensibilité
A2821	8.95	A			Sensible
Bergarouge	8.80	A			Sensible
Bergeron	8.25	A			Sensible
T. de Tain	7.79	A			Sensible
Goldrich	7.84	A			Sensible
E. Blush	7.80	A			Sensible
Polonais	7.53	A			Sensible
Malice	5.35		B		Intermédiaire
Hargrand	4.05		B	C	Intermédiaire
A3845	3.60		B	C	Intermédiaire
TomCot	2.40			C	Peu Sensible
Orangered	1.00			D	Peu Sensible

Annexe 9 : Graphique des mortalités de charpentières pour la campagne 2009 :



Variétés	Moyennes du pourcentage cumulé de la dernière notation	Sensibilité mortalité de charpentières
A2821	75.00 %	Très sensible
Bergeron	54.00 %	Sensible
T. de Tain	44.00 %	Sensible
Polonais	25.00 %	Intermédiaire
Bergarouge	12.00 %	Peu Sensible
Malice	8.00 %	Peu Sensible
Goldrich	1.76 %	Peu Sensible
E. Blush	1.08 %	Peu Sensible
Orangered	0.06 %	Peu Sensible
Hargrand	0.00 %	Peu Sensible
A3845	0.00 %	Peu Sensible
TomCot	0.00 %	Peu Sensible

*Annexe 10 : Résultats pour la mortalité d'arbres en 2009 :*

<b>Variétés</b>	<b>Moyennes</b>	<b>Sensibilités</b>
<b>A2821</b>	52,6315789	<b>Très sensible</b>
<b>Bergeron</b>	30	<b>Sensible</b>
<b>Polonais</b>	15,7894737	<b>Intermédiaire</b>
<b>Orangered</b>	15	<b>Intermédiaire</b>
<b>T. de Tain</b>	10,5263158	<b>Intermédiaire</b>
<b>Bergarouge</b>	5	<b>Peu Sensible</b>
<b>Malice</b>	5	<b>Peu Sensible</b>
<b>TomCot</b>	5	<b>Peu Sensible</b>
<b>A3845</b>	0	<b>Peu Sensible</b>
<b>E. Blush</b>	0	<b>Peu Sensible</b>
<b>Goldrich</b>	0	<b>Peu Sensible</b>
<b>Hargrand</b>	0	<b>Peu Sensible</b>

*Annexe 11 : Résultats de la sensibilité globale des variétés au chancre bactérien en 2009 :*

Variétés	Risques symptômes précoces	Sensibilité mortalité de charpentières	Sensibilité mortalité d'arbres	Sensibilité globale au chancre bactérien.
A2821	Sensible	Très sensible	Très sensible	Très Sensible
Bergeron	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible
T. de Tain	Sensible	Sensible	Intermédiaire	Sensible
Polonais	Sensible	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire
Orangered	Peu Sensible	Peu Sensible	Intermédiaire	Intermédiaire
Bergarouge	Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
Goldrich	Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
E. Blush	Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
Malice	Intermédiaire	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
Hargrand	Intermédiaire	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
A3845	Intermédiaire	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible
TomCot	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible	Peu Sensible

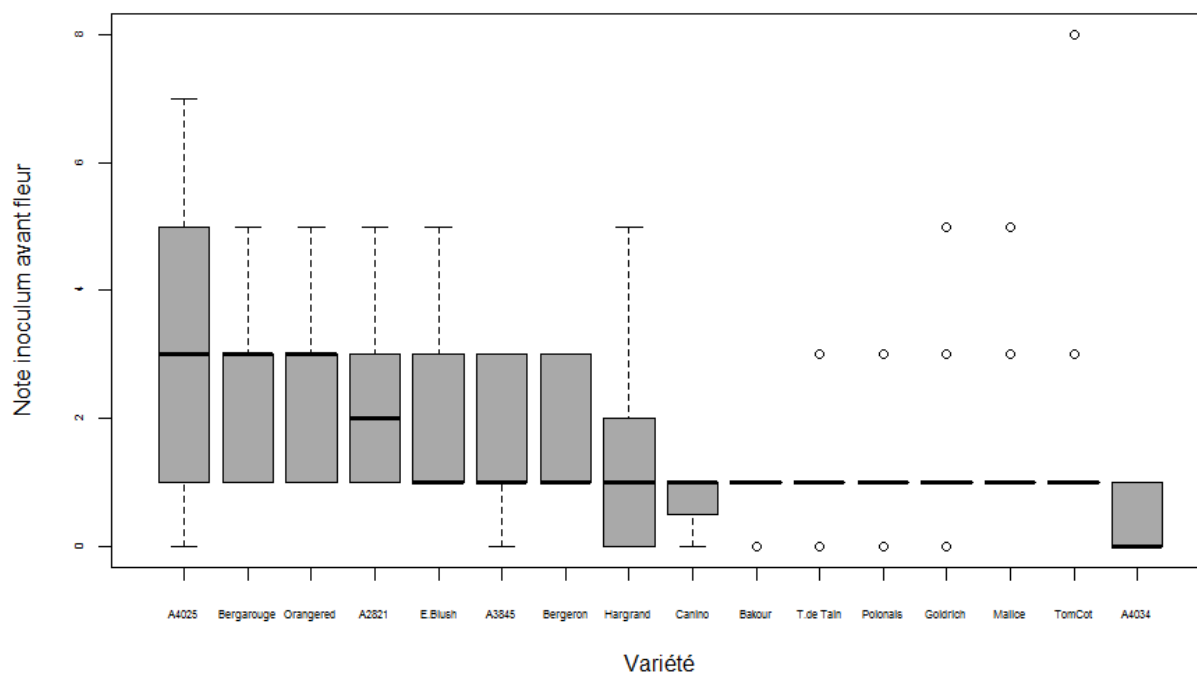


Annexe 12 : Statistique réalisée sur la variable « inoculum primaire » 2010 :

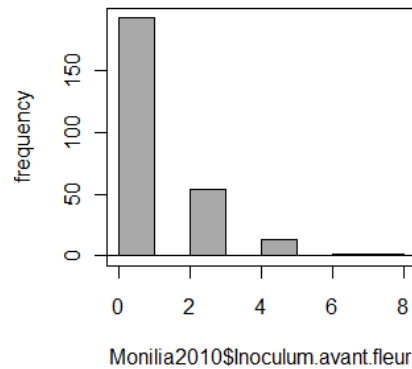
(Voir annexe 5 pour plus d'explication sur les analyses statistiques)

➤ **Statistiques Descriptives :**

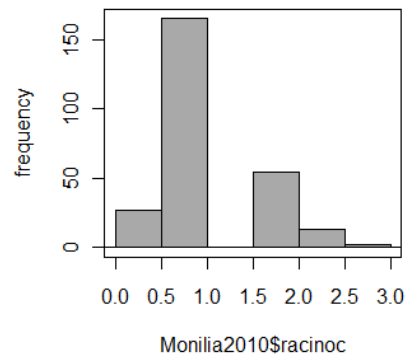
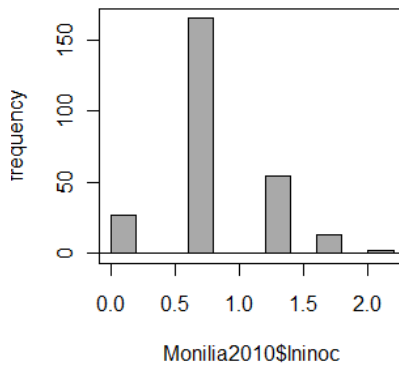
	mean	sd	0%	25%	50%	75%	100%	n
A2821	2.33333333	1.6329932	1	1.0	2	3.0	5	6
A3845	1.7368421	1.1470787	0	1.0	1	3.0	3	19
A4025	2.83333333	1.9478495	0	1.0	3	4.5	7	18
A4034	0.46666667	0.5163978	0	0.0	0	1.0	1	15
Bakour	0.87500000	0.3415650	0	1.0	1	1.0	1	16
Bergarouge	2.2631579	1.3679711	1	1.0	3	3.0	5	19
Bergeron	1.7272727	1.0090500	1	1.0	1	3.0	3	11
Canino	0.73333333	0.4577377	0	0.5	1	1.0	1	15
E.Blush	1.70000000	1.1742859	1	1.0	1	3.0	5	20
Goldrich	1.3157895	1.1572300	0	1.0	1	1.0	5	19
Hargrand	1.30000000	1.3803127	0	0.0	1	1.5	5	20
Malice	1.5263158	1.1239030	1	1.0	1	1.0	5	19
Orangered	2.4117647	1.3719887	1	1.0	3	3.0	5	17
Polonais	1.06666667	0.5936168	0	1.0	1	1.0	3	15
T.de Tain	1.2307692	0.8320503	0	1.0	1	1.0	3	13
TomCot	1.4736842	1.6454794	1	1.0	1	1.0	8	19



## ➤ Normalité :



⇒ Variable non normale. Transformation pas  $\ln(X)$  ou racine ( $X$ ) pour tenter de normaliser la variable inoculum.



⇒ Pas de normalité sur variable transformée.

## ➤ Egalité des variances :

### Variable non transformée :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: Inoculum.avant.fleur by Variété

Bartlett's K-squared = 80.6584, df = 15, p-value = 5.293e-11

### Ln (Inoculum avant fleur) :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: lninoc by Variété

Bartlett's K-squared = 24.7887, df = 15, p-value = 0.05285

### Racine (Inoculum avant fleur) :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: racinoc by Variété

Bartlett's K-squared = 23.6054, df = 15, p-value = 0.0721

⇒ Egalité des variances pour la transformation racine. On peut effectuer une ANOVA avec cette variable transformée.

### ➤ ANOVA:

```

                Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Variété         15 20.066   1.3377   5.6658 6.061e-10
Residuals      245 57.845   0.2361

```

⇒ Le facteur variété a un effet sur la variable transformée.

⇒ Classement avec un test HSD :

Variétés	Moyennes	Groupes Homogènes				Sensibilité
A4025	2.83	A				Moyen
Orangered	2.41	A				Moyen
Bergarouge	2.26	A			D	Moyen
A2821	2.33	A	B			Moyen
A3845	1.74	A	B			Moyen
Bergeron	1.72	A	B			Moyen
E. Blush	1.70	A	B			Moyen
Malice	1.52	A	B			Moyen
TomCot	1.47	A	B			Moyen
Goldrich	1.32	A		C		Faible
T. de Tain	1.23	A		C		Faible
Polonais	1.07	A		C		Faible
Hargrand	1.30		B	C	D	Faible
Bakour	0.88		B	C	D	Faible
Canino	0.73		B	C		Faible
A4034	0.47			C		Très Faible

### ➤ ANCOVA :

➤ Avec 8 voisins :

Response: Inoculum.avant.fleur

```

                Sum Sq  Df F value    Pr(>F)
Cov8voisinsInoculum    1.84   1  1.2382   0.2670
Variété                100.96  15  4.5207 1.672e-07
Cov8voisinsInoculum:Variété  12.33  15  0.5523   0.9082
Residuals              340.96 229

```

Multiple R-squared: 0.2437, Adjusted R-squared: 0.162

⇒ Pas d'interaction, la covariable n'a pas d'effet.

➤ Avec 4 voisins :

```
Response: Inoculum.avant.fleur
          Sum Sq  Df F value    Pr(>F)
Cov4voisinsInoculum      1.51   1  1.0295    0.3114
Variété                 100.47  15  4.5591 1.395e-07
Cov4voisinsInoculum:Variété 17.19  15  0.7800    0.6992
Residuals                336.44 229
Multiple R-squared: 0.2595, Adjusted R-squared: 0.1592
```

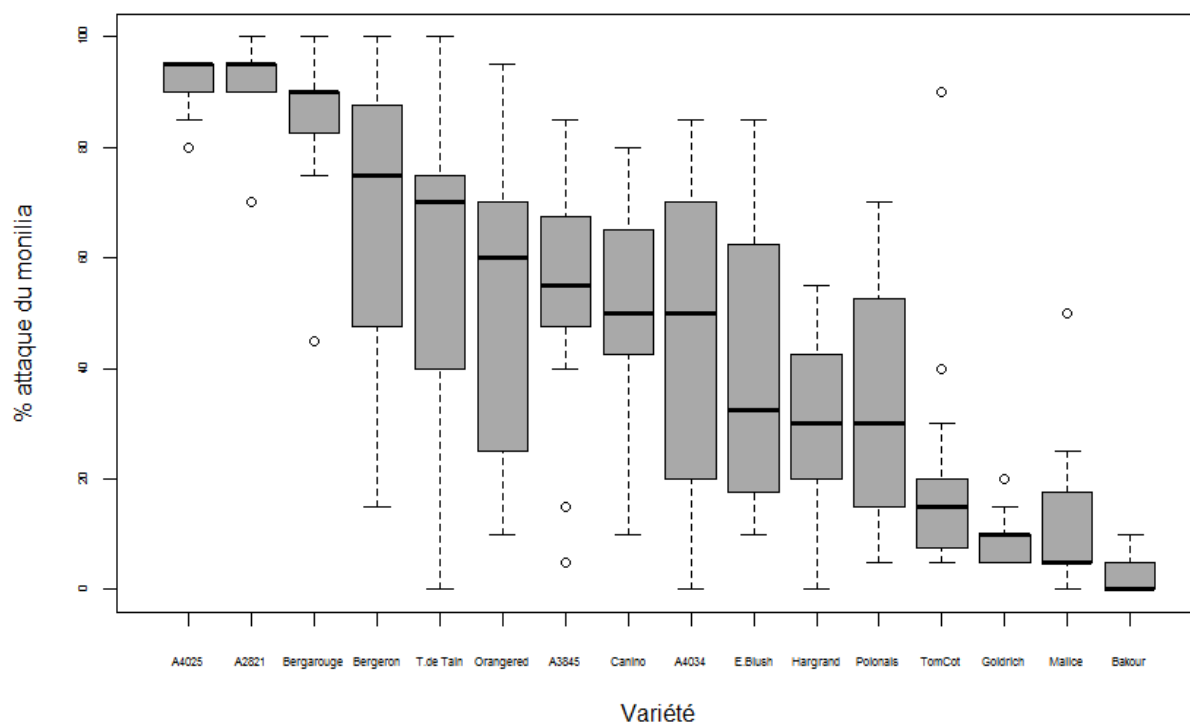
⇒ Pas d'interaction. La covariable n'a pas d'effet.

Annexe 13 : statistiques réalisées pour la variable « pourcentage d'attaque des fleurs » 2010 :

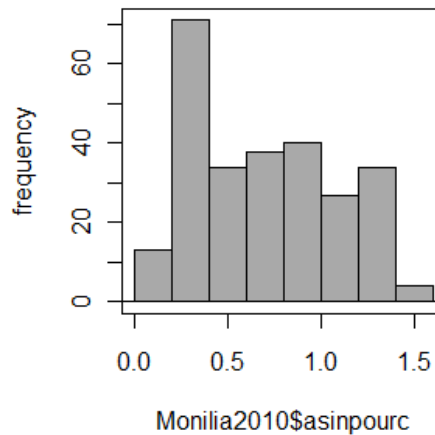
(Voir annexe 5 pour plus d'explication sur les analyses statistiques)

➤ Statistiques Descriptives :

	mean	sd	0%	25%	50%	75%	100%	n
A4025	92.500000	4.617741	80	91.25	95.0	95.00	95	18
Bergarouge	85.263158	11.840806	45	82.50	90.0	90.00	100	19
Orangered	52.941176	27.616731	10	25.00	60.0	70.00	95	17
A2821	90.833333	10.684880	70	91.25	95.0	95.00	100	6
E.Blush	40.000000	24.441122	10	18.75	32.5	61.25	85	20
A3845	53.421053	19.582633	5	47.50	55.0	67.50	85	19
Bergeron	68.181818	26.102943	15	47.50	75.0	87.50	100	11
Hargrand	30.500000	14.947276	0	20.00	30.0	41.25	55	20
Canino	51.666667	19.790570	10	42.50	50.0	65.00	80	15
Bakour	2.812500	3.637192	0	0.00	0.0	5.00	10	16
T.de Tain	60.000000	29.297326	0	40.00	70.0	75.00	100	13
Polonais	33.000000	23.130067	5	15.00	30.0	52.50	70	15
Goldrich	9.210526	4.491708	5	5.00	10.0	10.00	20	19
Malice	13.947368	14.584900	0	5.00	5.0	17.50	50	19
TomCot	18.684211	19.709142	5	7.50	15.0	20.00	90	19
A4034	44.666667	26.823941	0	20.00	50.0	70.00	85	15



➤ **Normalité :**



⇒ Pas de normalité de la variable.

➤ **Egalité des variances :**

`Bartlett test of homogeneity of variances`

`data: asinpourc by Variété`

`Bartlett's K-squared = 78.2059, df = 15, p-value = 1.484e-10`

⇒ Hétéroscédasticité.

➤ **Statistiques non paramétriques :**

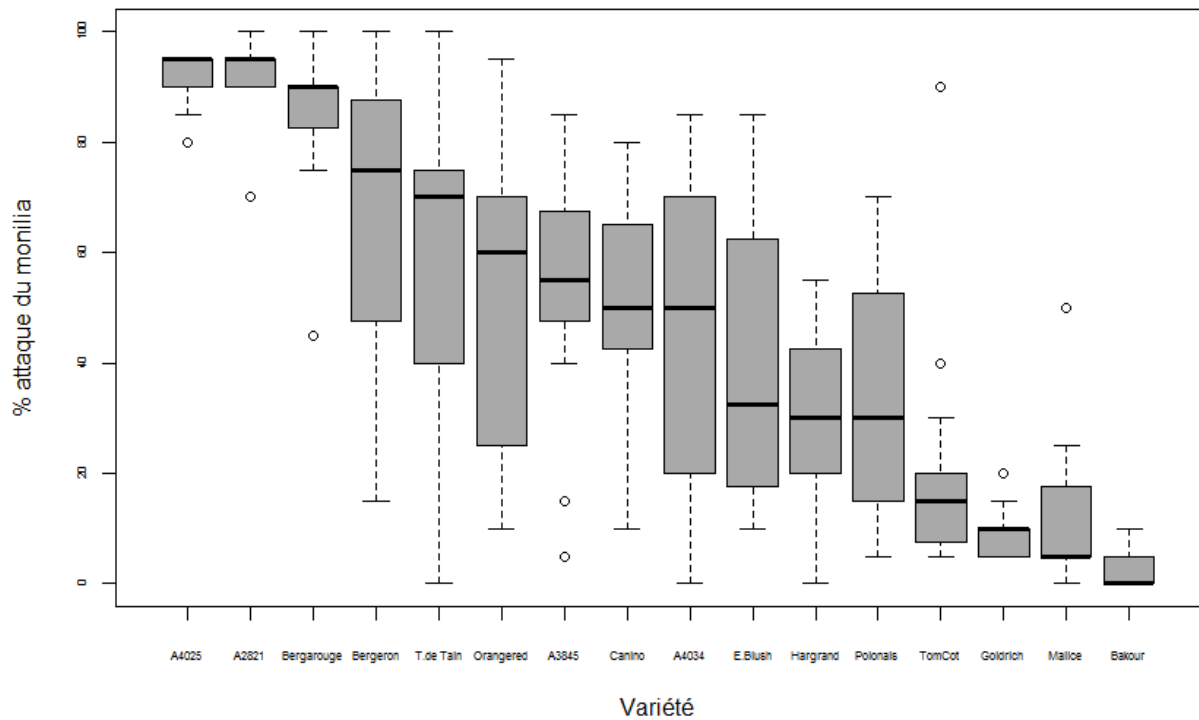
`Kruskal-Wallis rank sum test`

`data: asinpourc by Variété`

`Kruskal-Wallis chi-squared = 177.57, df = 15, p-value < 2.2e-16`

⇒ Le facteur variété a un effet.

⇒ Classement :



	A4025	A2821	Bergarouge	Bergeron	T.de Tain	Orangered	A3845	Canino	A4034	E.Blush	Hargrand	Polonais	TomCot	Goldrich	Malice
A2821	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bergarouge	0.79405	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bergeron	0.14541	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T.de Tain	0.01088	1.00000	0.25020	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orangered	0.00038	0.37314	0.01678	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3845	2.1e-05	0.08348	0.00057	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Canino	6.8e-05	0.16362	0.00114	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-	-
A4034	8.9e-05	0.13496	0.00104	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-	-
E.Blush	1.4e-05	0.05932	9.6e-05	0.90446	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-	-	-	-
Hargrand	9.9e-06	0.03355	1.9e-05	0.06474	0.42143	1.00000	1.00000	0.03125	0.23613	1.00000	1.00000	-	-	-	-
Polonais	6.1e-05	0.07930	0.00022	0.46398	1.00000	1.00000	1.00000	0.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	-	-	-
TomCot	2.6e-05	0.05008	9.6e-05	0.01831	0.12561	0.03396	0.00664	0.01412	0.62844	0.29681	0.47280	1.00000	-	-	-
Goldrich	1.1e-05	0.02568	1.3e-05	0.00106	0.00932	0.00018	0.00019	0.00029	0.00966	0.00053	0.00106	0.19814	1.00000	-	-
Malice	1.1e-05	0.02724	1.9e-05	0.00581	0.03356	0.00290	0.00105	0.00335	0.09681	0.01857	0.14158	0.87845	1.00000	1.00000	-
Bakour	3.0e-05	0.03092	4.4e-05	0.00121	0.00429	0.00011	9.9e-05	0.00024	0.00189	5.6e-05	0.00025	0.00265	0.00271	0.02069	0.08637

## ➤ Analyse de covariance :

➤ Avec 4 voisins :

Response: asinpourc

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Cov4voisin2010	0.0980	1	1.7684	0.1849
Variété	28.7280	15	34.5714	<2e-16
Cov4voisin2010:Variété	0.6832	15	0.8221	0.6525
Residuals	12.6863	229		

Multiple R-squared: 0.6993, Adjusted R-squared: 0.6586

⇒ Pas d'interaction, la covariable a un effet.

⇒ Classement fait avec un test HSD :

Variétés	Moyennes	Groupes Homogènes				Sensibilité
A4025	92.50	A				Très sensible
A2821	90.83	A	B			Sensible
E. Blush	40.00	A	B			Sensible
Bergeron	68.18	A	B			Sensible
T. de Tain	60.00	A	B			Sensible
A3845	53.42	A	B			Sensible
Canino	51.67	A	B			Sensible
Bergarouge	85.26	A	B			Sensible
A4034	44.67	A			D	Intermédiaire
Polonais	33.00	A			D	Intermédiaire
TomCot	18.68	A			D	Intermédiaire
Orangered	52.94		B	C	D	Intermédiaire
Hargrand	30.50		B	C	D	Intermédiaire
Malice	13.95		B		D	Intermédiaire
Goldrich	9.21		B		D	Intermédiaire
Bakour	2.81				D	Peu Sensible

➤ Avec 8 voisins :

Response: asinpourc

```

Sum Sq  Df F value Pr(>F)
Cov8voisin2010  0.1465  1  2.5757 0.1099
Variété        28.7871 15 33.7473 <2e-16
Cov8voisin2010:Variété 0.2982 15  0.3495 0.9889
Residuals      13.0227 229
Multiple R-squared:  0.6914, Adjusted R-squared:  0.6496

```

⇒ Pas d'interaction, la covariable n'a pas d'effet.

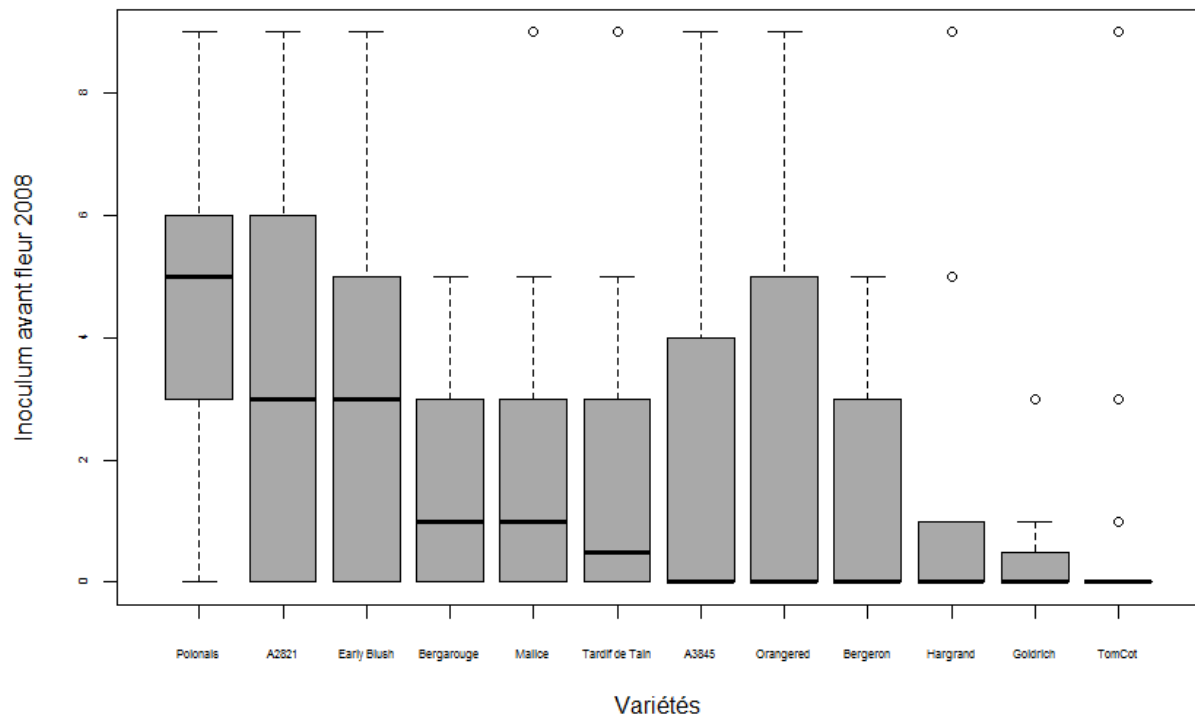


Annexe 14 : Statistiques réalisées sur les données 2008 de la variable « inoculum primaire » :

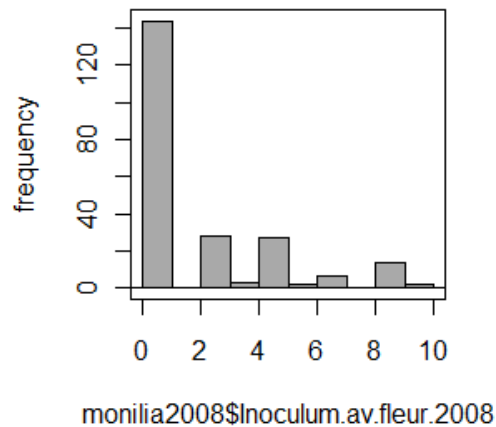
(Voir annexe 5 pour plus d'explication sur les analyses statistiques)

➤ **Statistiques Descriptives :**

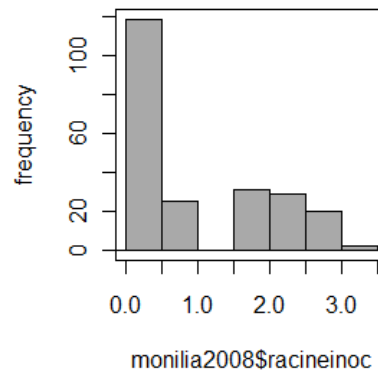
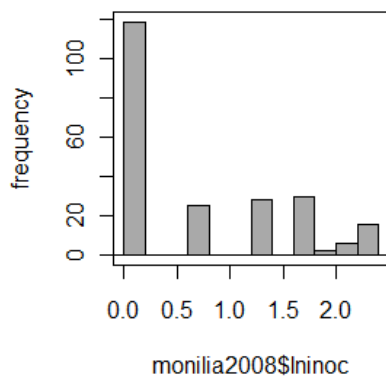
	mean	sd	0%	25%	50%	75%	100%	n
A2821	3.4000000	3.218368	0	0	3.0	5.5	9	20
A3845	2.4210526	3.436985	0	0	0.0	4.0	9	19
Bergarouge	1.5263158	1.954153	0	0	1.0	3.0	5	19
Bergeron	1.4210526	1.804802	0	0	0.0	3.0	5	19
Early Blush	2.8947368	3.212731	0	0	3.0	5.0	9	19
Goldrich	0.5789474	1.121298	0	0	0.0	0.5	3	19
Hargrand	0.9000000	2.221901	0	0	0.0	1.0	9	20
Malice	1.9473684	2.437523	0	0	1.0	3.0	9	19
Orangered	2.2631579	2.978480	0	0	0.0	5.0	9	19
Polonais	4.3529412	3.141281	0	3	5.0	6.0	9	17
Tardif de Tain	1.8333333	2.955553	0	0	0.5	2.5	9	18
TomCot	0.7222222	2.191039	0	0	0.0	0.0	9	18



➤ **Normalité :**



Pas de normalité sur la variable. Transformation en ln (note inoculum avant fleur) et racine(inoculum primaire).



Les variables transformées ne sont pas distribuées normalement.

➤ **Egalité des variances :**

➤ Variable non transformée :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: Inoculum.av.fleur.2008 by Variétés  
Bartlett's K-squared = 33.9699, df = 11, p-value = 0.0003658

⇒ Hétéroscédasticité.

➤ Ln (Inoculum avant fleur +1) :

Bartlett test of homogeneity of variances

data: lnInoc by Variétés  
Bartlett's K-squared = 12.7516, df = 11, p-value = 0.3099

## ➤ ANOVA :

```

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Variétés 11 23.719 2.15631 3.3295 0.0002989 ***
Residuals 214 138.595 0.64764
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

⇒ Le facteur variété a un effet sur la variable.

⇒ Classement :

Variétés	Moyenne	Lettre groupes homogènes			Sensibilité
<b>Polonais</b>	1.41	A			<b>Moyen</b>
<b>E. Blush</b>	0.96	A	B		<b>Faible</b>
<b>A3845</b>	0.78	A	B		<b>Faible</b>
<b>Orangered</b>	0.78	A	B		<b>Faible</b>
<b>Malice</b>	0.78	A	B		<b>Faible</b>
<b>Bergarouge</b>	0.66	A	B		<b>Faible</b>
<b>T. de Tain</b>	0.66	A	B		<b>Faible</b>
<b>Bergeron</b>	0.63	A	B		<b>Faible</b>
<b>A2821</b>	1.13	A		C	<b>Faible</b>
<b>TomCot</b>	0.24		B		<b>Faible</b>
<b>Hargrand</b>	0.34		B	C	<b>Très faible</b>
<b>Goldrich</b>	0.29		B	C	<b>Très faible</b>

## ➤ Analyse de covariance :

➤ Avec 8 voisins :

```

Response: Inoculum.av.fleur.2008
              Sum Sq Df F value Pr(>F)
PPV8Inoculum2008 468.42 1 102.1759 < 2.2e-16
Variétés          209.35 11 4.1514 1.577e-05
PPV8Inoculum2008:Variétés 99.18 11 1.9667 0.03333
Residuals        926.05 202
Multiple R-squared: 0.4708, Adjusted R-squared: 0.4106

```

⇒ Interaction

⇒ Classement avec un test HSD :

Variétés	Moyenne	Lettre groupes homogènes
Polonais	1.41	A
A2821	1.13	A
E. Blush	0.96	A
A3845	0.78	A
Orangered	0.78	A
Malice	0.78	A
Bergarouge	0.66	A
T. de Tain	0.66	A
Bergeron	0.63	A
TomCot	0.24	A
Hargrand	0.34	A
Goldrich	0.29	A

Pas de différence entre les variétés.

➤ Avec 4 voisins :

Response: Inoculum.av.fleur.2008

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
PPV4Inoculum	100.10	1	15.5276	0.000112
Variétés	261.37	11	3.6858	8.603e-05
PPV4Inoculum:Variétés	91.34	11	1.2880	0.233251
Residuals	1302.21	202		

Multiple R-squared: 0.2559, Adjusted R-squared: 0.1711

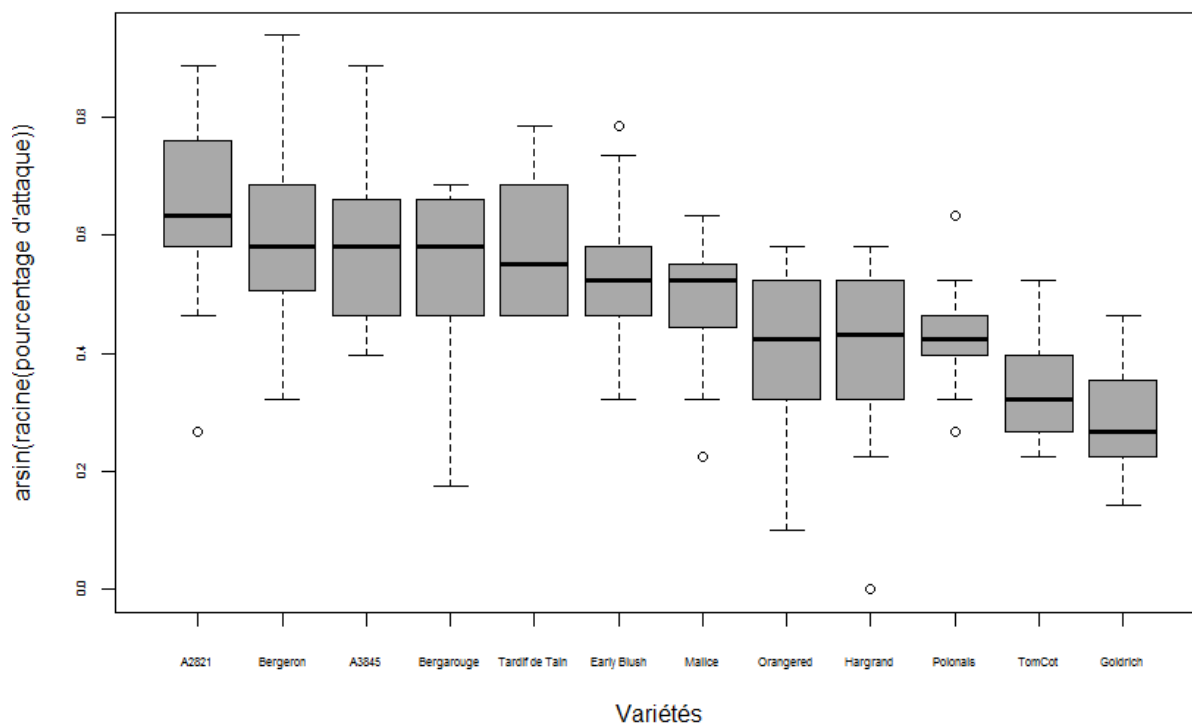
⇒ Pas d'interaction. La covariable a un effet.

Annexe 15 : Statistiques réalisées sur la variable « pourcentage d'attaque » pour l'année 2008 :

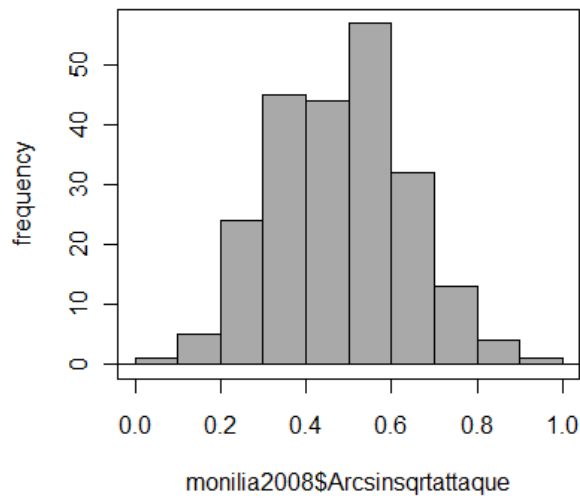
(Voir annexe 5 pour plus d'explication sur les analyses statistiques)

➤ Statistiques Descriptives :

	mean	sd	0%	25%	50%	75%	100%	n	
A2821	0.6363205	0.17149514	0.2677633	0.5796397	0.6330518	0.7478354	A2821	0.8860771	20
A3845	0.5811981	0.14127778	0.3976994	0.4636476	0.5796397	0.6588855	A3845	0.8860771	19
Bergarouge	0.5449106	0.13573453	0.1740830	0.4636476	0.5796397	0.6588855	Bergarouge	0.6847192	19
Bergeron	0.6026554	0.14065891	0.3217506	0.5059020	0.5796397	0.6847192	Bergeron	0.9377445	19
Early Blush	0.5215219	0.11284478	0.3217506	0.4636476	0.5235988	0.5796397	Early Blush	0.7853982	19
Goldrich	0.2926124	0.08182072	0.1418971	0.2255134	0.2677633	0.3537416	Goldrich	0.4636476	19
Hargrand	0.4022092	0.14950239	0.0000000	0.3217506	0.4306735	0.5235988	Hargrand	0.5796397	20
Malice	0.4869367	0.10022463	0.2255134	0.4443182	0.5235988	0.5516193	Malice	0.6330518	19
Orangered	0.4003216	0.14702358	0.1001674	0.3217506	0.4249888	0.5235988	Orangered	0.5796397	19
Polonais	0.4361871	0.08677770	0.2677633	0.3976994	0.4249888	0.4636476	Polonais	0.6330518	17
Tardif de Tain	0.5900127	0.11264777	0.4636476	0.4786354	0.5516193	0.6847192	Tardif de Tain	0.7853982	18
TomCot	0.3407131	0.09256217	0.2255134	0.2677633	0.3217506	0.3976994	TomCot	0.5235988	18



## ➤ Normalité :



Test de Shapiro-Wilcoxon pour vérifier s'il y a normalité de la variable.

### Shapiro-Wilk normality test

```
data: monilia2008$Arcsinsqrtattaque  
W = 0.9883, p-value = 0.06283
```

⇒ Tendence à rejeter  $H_0$ . S'il y a égalité des variances, l'ANOVA pourra être effectuée.

## ➤ Egalité des variances :

### Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Arcsinsqrtattaque by Variétés  
Bartlett's K-squared = 21.1826, df = 11, p-value = 0.03153
```

⇒ Hétéroscédasticité.

Il n'y a pas égalité des variances et une « presque » normalité. On ne peut pas appliquer une ANOVA. D'où passage par des statistiques non paramétriques.

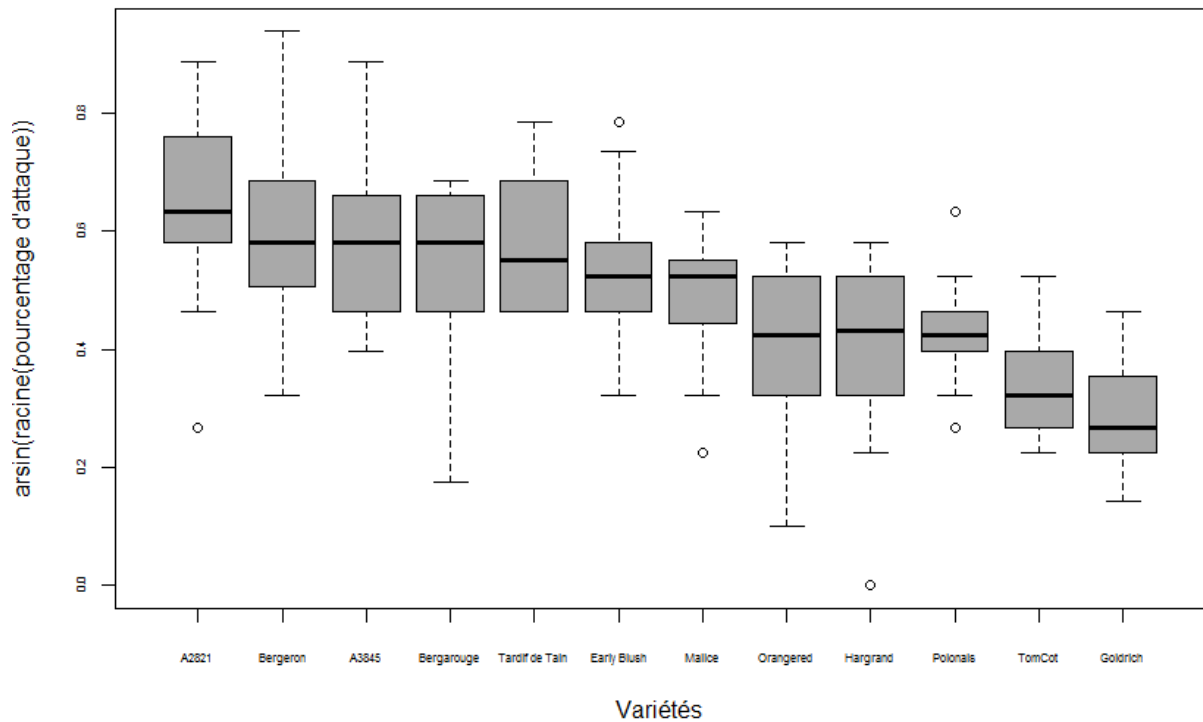
## ➤ Statistique non paramétriques :

### Kruskal-Wallis rank sum test

```
data: Arcsinsqrtattaque by Variétés  
Kruskal-Wallis chi-squared = 100.0109, df = 11, p-value < 2.2e-16
```

⇒ Le facteur variété a un effet. Il existe au moins une moyenne différente des autres.

⇒ Classement :



Aucune variété ne se distingue clairement, les tests de Wilcoxon permettent donc de les départager.

```

Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test
data: monillia2008$Arcsinsqrtattaque and monillia2008$Variétés
      A2821  A3845  Bergarouge Bergeron Early Blush Goldrich Hargrand Malice  Orangered Polonais Tardif de Tain
A3845  1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -      -
Bergarouge 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -      -
Bergeron   1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -      -
Early Blush 0.20963 1.00000 1.00000 1.00000 -      -      -      -      -      -
Goldrich   0.00013 2.3e-05 0.00028 3.5e-05 7.3e-05 0.16008 -      -      -      -      -
Hargrand   0.00285 0.06053 0.14145 0.01229 0.62003 0.00049 1.00000 -      -      -      -
Malice     0.03207 1.00000 1.00000 0.30057 1.00000 0.30057 1.00000 1.00000 -      -      -
Orangered  0.00381 0.07065 0.14145 0.01361 0.62003 0.00315 1.00000 1.00000 1.00000 -      -
Polonais   0.00996 0.06053 0.16008 0.01207 0.48976 0.00315 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 -
Tardif de Tain 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.9e-05 0.02480 0.67402 0.02480 0.00996 1.00000
TomCot     0.00064 0.00041 0.00308 0.00025 0.00210 1.00000 1.00000 0.01003 1.00000 0.18734 0.00018
  
```

Variétés	Moyennes	Sensibilité (pourcentage d'attaques)
<b>A2821</b>	<b>36.3</b>	<b>Sensible</b>
<b>Bergeron</b>	<b>32.74</b>	<b>Intermédiaire</b>
<b>A3845</b>	<b>31.11</b>	<b>Intermédiaire</b>
<b>E. Blush</b>	<b>25.37</b>	<b>Intermédiaire</b>
<b>Bergarouge</b>	<b>27.79</b>	<b>Intermédiaire</b>
<b>T. de Tain</b>	<b>31.89</b>	<b>Intermédiaire</b>
<b>Malice</b>	<b>22.47</b>	<b>Peu Sensible</b>
<b>TomCot</b>	<b>11.78</b>	<b>Peu Sensible</b>
<b>Orangered</b>	<b>16.68</b>	<b>Peu Sensible</b>
<b>Polonais</b>	<b>18.29</b>	<b>Peu Sensible</b>
<b>Hargrand</b>	<b>16.90</b>	<b>Peu Sensible</b>
<b>Goldrich</b>	<b>8.84</b>	<b>Peu Sensible</b>

➤ **Analyse de covariance :**

➤ Avec 4 voisins :

Response: asinpour

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
PPV4Inoculum	0.0000	1	0.0005	0.9828
Variétés	2.5796	11	14.6648	<2e-16
PPV4Inoculum:Variétés	0.2017	11	1.1468	0.3268
Residuals	3.2302	202		

Multiple R-squared: 0.4627, Adjusted R-squared: 0.4015

⇒ Pas d'interaction, la covariable n'a pas d'effet.

➤ Avec 8 voisins :

Response: asinpour

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
PPV8Inoculum2008	0.0005	1	0.0276	0.8682
Variétés	2.5745	11	14.1618	<2e-16
PPV8Inoculum2008:Variétés	0.0931	11	0.5121	0.8939
Residuals	3.3384	202		

Multiple R-squared: 0.4447, Adjusted R-squared: 0.3814

⇒ Pas d'interaction, pas d'effet de la covariable.



*Annexe 16 : Sensibilité globale au monilia pour l'année 2008 :*

Variétés	Risques (inoculum primaire)	Sensibilité (pourcentage d'attaques)
A2821	Faible	<b>Sensible</b>
Bergeron	Faible	Intermédiaire
A3845	Faible	Intermédiaire
E. Blush	Faible	Intermédiaire
Bergarouge	Faible	Intermédiaire
T. de Tain	Faible	Intermédiaire
Malice	Faible	Peu Sensible
Orangered	Faible	Peu Sensible
Polonais	Moyen	Peu Sensible
TomCot	Faible	Peu Sensible
Hargrand	Très Faible	Peu Sensible
Goldrich	Très Faible	Peu Sensible

Annexe 17 : Graphes des conditions météorologiques et les floraisons des variétés en 2009 :

