



HAL
open science

Évaluation des capacités mellifères de différentes variétés de sarrasin

Mathéou Bibron

► **To cite this version:**

Mathéou Bibron. Évaluation des capacités mellifères de différentes variétés de sarrasin. 2015, 63 p.
hal-01458646

HAL Id: hal-01458646

<https://hal.science/hal-01458646>

Submitted on 5 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.

2014-2015

DUT Génie Biologique - Option Agronomie



Evaluation des capacités mellifères de différentes variétés de sarrasin

Mathéou Bibron |

INRA – SAD Paysage - Equipe BCRP

Maître de stage : Mme Véronique Chable |

Tuteur pédagogique : M. Dominique Perrissin-Fabert

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné Mathéou Bibron
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le **27 août 2015**

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier l'équipe de la quarantaine au grand complet pour son accueil, les moments passés ensemble, les bons repas partagés tous les midis : Franck-Emmanuel, Véronique, Estelle, Simon, Pierre, Martin, Camille, Valentin, Youna, Virginie, Christelle, Stéphanie. Ce fut un grand plaisir de travailler avec vous tous !

Je tiens tout particulièrement à remercier Véronique et Franck-Emmanuel, pour leur suivi et leur encadrement tout au long de ce stage.

Je salue toutes les personnes rencontrées pendant ce stage et leur accueil chaleureux, je pense particulièrement aux agriculteurs du réseau : la famille Cloteau, Fanny et Daniel Goupil, Laurent Marteau, Jean-Martial Morel

Je remercie enfin mon tuteur pédagogique Dominique Perrissin pour son suivi au cours du stage.

Table des matières

INTRODUCTION	1
CONTEXTE INSTITUTIONNEL	2
1. L'INRA	2
2. L'équipe BCRP	2
3. Le programme Sarrasin de Pays	3
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	4
1. Histoire	4
2. Caractéristiques agronomiques	4
3. Une production en déclin	5
4. Biologie florale du sarrasin et contraintes associées	5
4.1. Difficultés d'amélioration variétale	6
4.2. Rendements conditionnés par une multitude de facteurs	6
5. Les interactions entre abeilles et sarrasin	7
5.1. Attractivité des pollinisateurs	7
5.2. Intérêt du sarrasin pour l'apiculture	7
PRESENTATION DU STAGE, PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	8
MATERIEL ET METHODES	9
1. Essais mis en place.....	9
1.1. Essai Bain-de-Bretagne	10
1.2. Essai Dinan	10
1.3. Essai Le Rheu	11
2. Matériel végétal	11
3. Suivi effectué	12
3.1. Densité de peuplement, biomasse	12
3.2. Mesures sur plantes : taille, feuilles, fleurs et grains	12
3.3. Indicateurs d'attractivité des abeilles	13
4. Méthodologie d'analyse des données.....	13
4.1. Méthodologie d'analyse statistique utilisée	14
RESULTATS	15
1. Bain-de-Bretagne	15
1.1. Effet du paramètre répétition sur les comptages	15
1.2. Etude de la densité fleurie	15
1.3. Comparaison des variétés.....	16
1.4. Analyse des cinétiques de floraison	18
2. Dinan	19
2.1. Effet du paramètre répétition sur les comptages	19
2.2. Etude de la densité fleurie	19
2.3. Comparaison des variétés.....	20
2.4. Analyse des cinétiques de floraison	20
3. Le Rheu.....	21
3.1. Etude de la densité fleurie	21
3.2. Comparaison des variétés.....	22
3.3. Analyse de la cinétique de floraison	22
DISCUSSION SUR LES RESULTATS OBTENUS	23
1. Corrélation abeilles – fleurs	23
2. Cinétiques de floraison	24
3. Capacités mellifères des variétés	24
CONCLUSION	25
1. Conclusion quant aux hypothèses formulées	25
2. Perspectives pour le projet Sarrasin de Pays	25
2.1. Perspectives pour la sélection	25
2.2. Perspectives pour l'apiculture.....	26
AUTRES TRAVAUX REALISES	27
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	28

Introduction

Au début du XX^{ème} siècle, 600 000 ha de sarrasin étaient cultivés en France, dont environ la moitié en Bretagne. Le déclin de cette culture fut très rapide, la surface cultivée nationale en 1985 n'étant plus que de 2500 ha (source GNIS). On peut expliquer ce déclin par l'évolution de l'agriculture au cours de cette période vers un modèle de plus en plus intensif, productif et industriel, avec un lien important avec l'industrie agroalimentaire. Le sarrasin a perdu en popularité dans ce contexte pour diverses raisons : rendements faibles et instables induisant une faible rentabilité, difficultés de structuration de la filière du fait de la production instable, problèmes de qualité, etc. L'attention s'est préférentiellement portée sur des cultures se prêtant plus aisément à ce modèle agricole, telles que le blé ou le maïs par exemple.

On observe depuis la fin du XX^{ème} et le début du XXI^{ème} siècle un retour de cette culture dans les champs, que l'on peut mettre en lien avec le dynamisme croissant autour des problématiques d'agricultures biologiques, paysannes, les productions locales, etc. En effet, s'il ne se prête pas à la course à la productivité, le sarrasin présente des qualités agronomiques particulièrement intéressantes pour des agricultures faibles en intrants. L'intérêt pour cette culture abandonnée y compris en Bretagne s'accroît d'années en années.

Une équipe de recherche de l'INRA de Rennes travaillant pour les agricultures biologiques et paysannes a souhaité se pencher sur cette culture. C'est ainsi qu'est né le projet Sarrasin de Pays, visant à redynamiser la filière locale de production de sarrasin par la production et la diffusion des connaissances sur cette culture, l'amélioration de ses performances agronomiques, de ses services écosystémiques et la qualité de ses produits. Il s'agit d'un projet de recherche participative, regroupant un maximum d'acteurs concernés, en vue de mutualiser les savoirs et d'agir de manière concertée. De nombreuses problématiques sont posées par cette culture et sont abordées dans ce projet.

Le sarrasin est une plante absolument dépendante pour sa production de graines des insectes pollinisateurs. L'objet de mon stage est la problématique liée à ceux-ci, et particulièrement aux abeilles. On verra en quoi cette question a une importance majeure dans le projet Sarrasin de Pays.

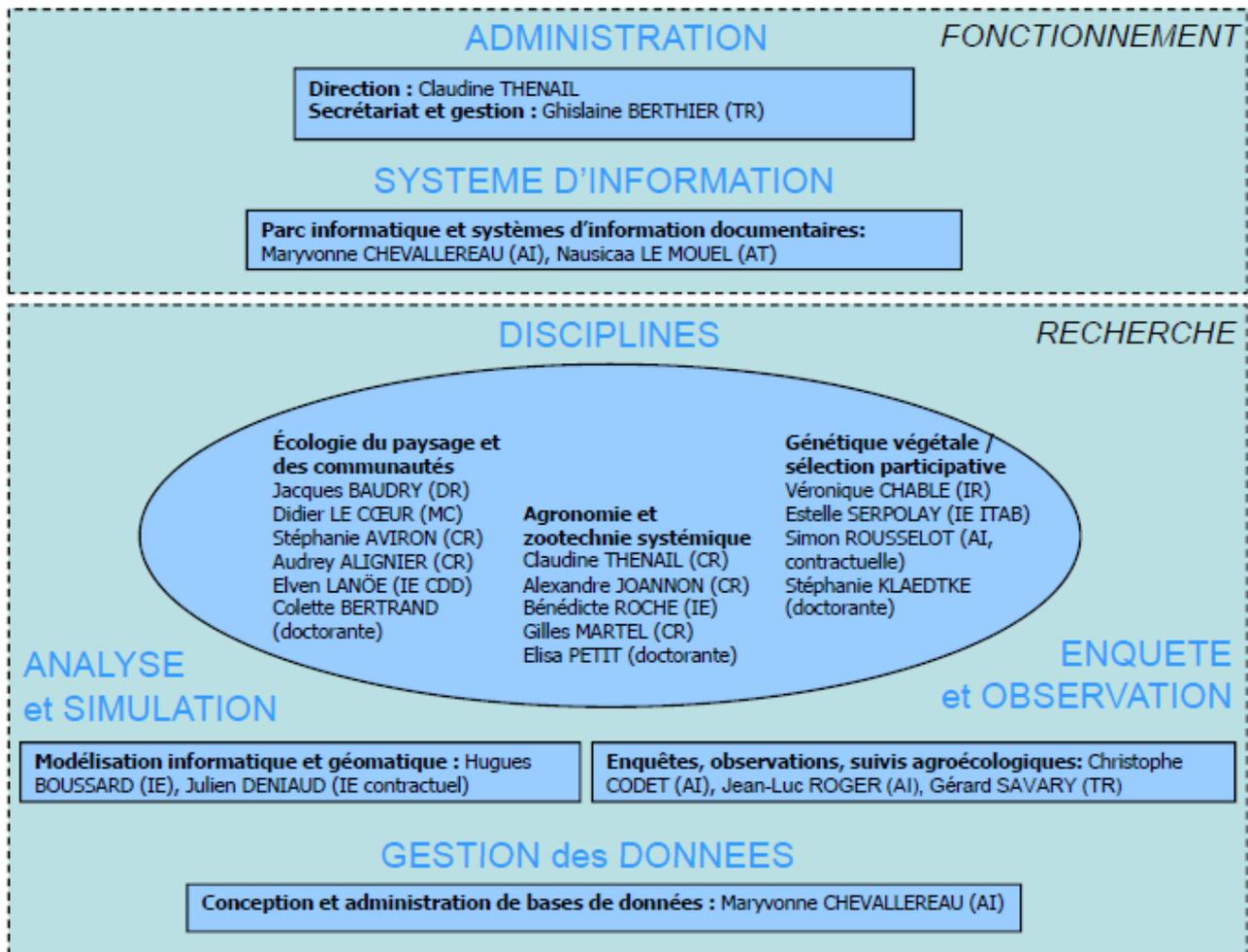


Figure 1 : organigramme de l'Unité de Recherche SAD-Paysage, février 2015 (source : rennes.inra.fr)

Contexte institutionnel

1. L'INRA

L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) est en 2015 le premier organisme public de recherche agronomique au niveau européen. Au niveau mondial, il s'agit du deuxième institut de recherche en sciences agricoles.

Au niveau national, l'INRA est divisé en 13 départements de recherche selon leurs thématiques de travail et en 17 centres de recherche, répartis sur l'ensemble du territoire français. Mon stage s'est déroulé dans une unité du département de recherche Sciences pour l'Action et le Développement (SAD), l'unité SAD-Paysage du centre de Rennes.

Avec une équipe de 16 permanents, les problématiques de recherche du SAD-Paysage concernent l'ensemble agriculture - paysage – biodiversité, impliquant étroitement activités humaines et processus écologiques, étudiant les fonctions de conservation des ressources en biodiversité (spontanée et cultivée), et des services écosystémiques de régulation biologique. Les systèmes techniques agricoles sont étudiés dans une vision de l'agro-écologie où l'agriculture peut assurer simultanément la production alimentaires et des niveaux de biodiversité suffisants en vue de pérenniser le fonctionnement écologique des agro-écosystèmes.

Les disciplines présentes dans l'unité sont l'écologie du paysage, l'agronomie et la zootechnie systémiques, la génétique appliquée à la sélection participative, et la modélisation informatique. Les recherches ont pour objectif de produire des connaissances pour l'action, et notamment des méthodes (de suivi des évolutions, de diagnostic de situations, d'évaluation d'actions, etc.). L'unité de recherche INRA SAD-Paysage développe des recherches sur les interactions entre activités agricoles, paysage et biodiversité, au niveau des territoires agricoles et ruraux.

Ces recherches visent à encourager la durabilité des pratiques agricoles impliquées dans la gestion des ressources paysagères et de la biodiversité et la préservation des fonctions écologiques et agricoles des paysages. Le SAD-Paysage est également impliqué dans l'animation des recherches en matière de sélection participative pour les agricultures biologiques et paysannes.

Alors que la majeure partie de l'unité SAD-Paysage travaille plutôt sur la biodiversité spontanée, l'équipe qui m'a accueilli s'intéresse plus à la biodiversité cultivée, dans des démarches de recherche participative.

2. L'équipe BCRP

Depuis 2005, un petit groupe mené par Véronique Chable, l'équipe Biodiversité Cultivée et Recherche Participative du SAD Paysage de Rennes est engagé en recherche participative pour développer la biodiversité cultivée pour les agricultures biologiques et paysannes. L'activité a été initiée au département génétique et amélioration des plantes en 2001 sur les choux en Bretagne. Elle s'est étendue à une trentaine d'espèces pour soutenir la création et l'utilisation de variétés biologiques et semences paysannes spécifiquement adaptées à des terroirs, aux pratiques des agriculteurs et répondant à des objectifs de qualité diversifiés. L'unité soutient des recherches participatives qui englobent des questions relatives à l'intérêt de la diversité cultivée en matière de durabilité, de performance des cultures, de qualités des produits et services écosystémiques. Elle travaille en étroite collaboration avec les organisations de l'agriculture biologique, comme l'ITAB (Institut Technique pour

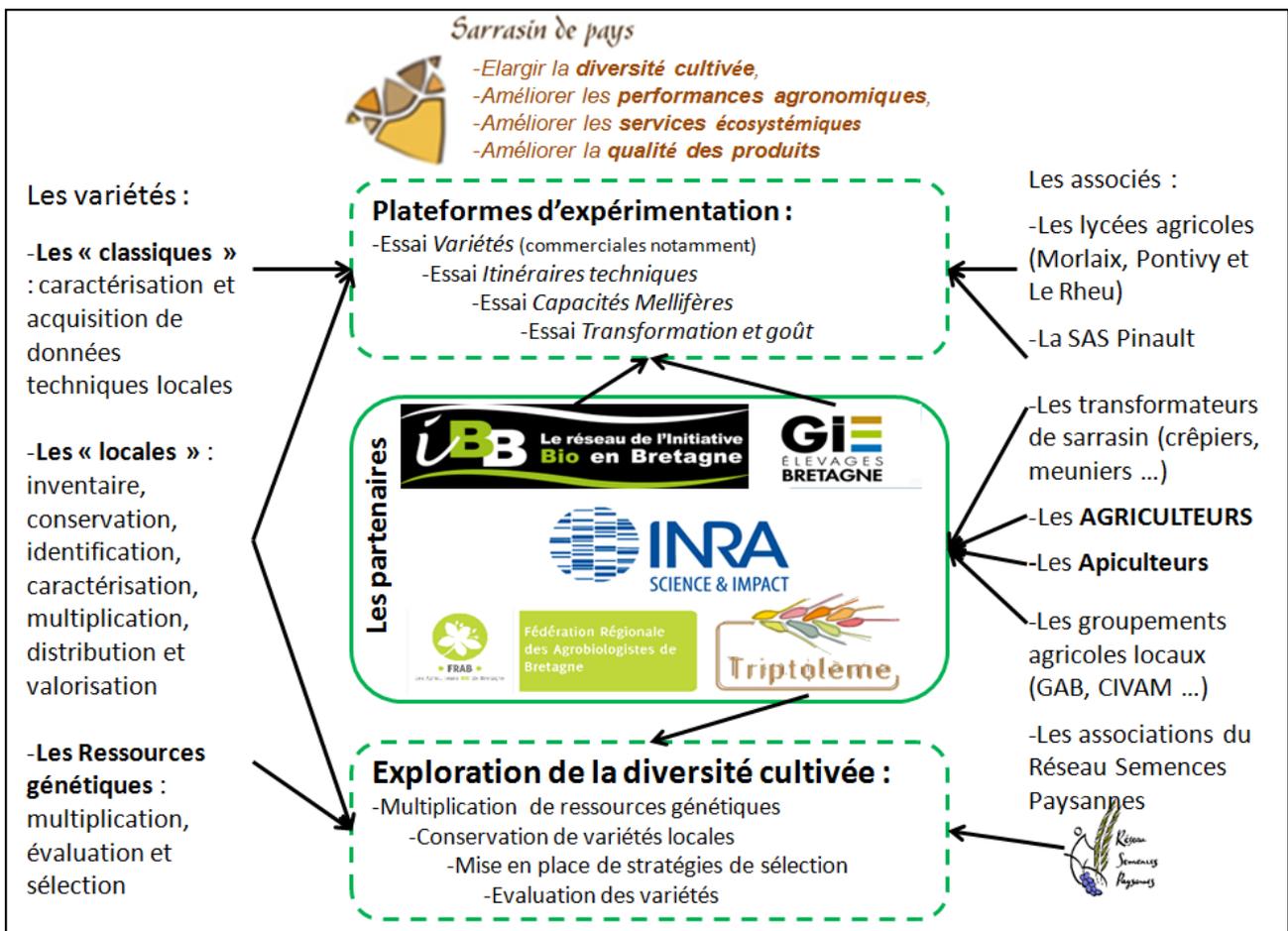


Figure 2 : schéma d'organisation du projet Sarrasin de Pays (source : Leprêtre, 2015)

l'Agriculture Biologique) au niveau national, et IBB (Initiative Bio Bretagne) au niveau régional, et a développé un partenariat avec les organisations adhérentes au Réseau Semences Paysannes. Elle est impliquée dans de nombreux de recherche au niveau régional, national et européen.

Elle travaille donc pour la défense d'un modèle agricole alternatif au modèle actuel, très gourmand en intrants et source de nombreux déséquilibres. Une hypothèse de travail est qu'une telle démarche implique également de se poser la question du mode de recherche et de sélection pratiqués. C'est pour cela que la recherche participative est défendue et mise en application par cette équipe de recherche. Elle permet d'inclure dans la démarche de recherche un ensemble d'acteurs variés pour mutualiser les connaissances et compétences (chercheurs et paysans en particulier, mais aussi techniciens, transformateurs, consommateurs, semenciers, etc.). Les objectifs de recherche et les moyens mis en œuvre sont définis par ces acteurs, assurant ainsi la cohérence des travaux menés et l'applicabilité directe des résultats.

3. Le programme Sarrasin de Pays

Ce programme s'inscrit totalement dans la démarche de l'équipe de recherche « Biodiversité Cultivée et Recherche Participative ». Les objectifs du projet « Sarrasin de Pays » sont les suivants :

- Explorer et élargir la diversité cultivée du sarrasin en vue d'améliorer ses performances agronomiques (actions de conservation et de multiplication des ressources génétiques, sélection et évaluation variétale).
- Améliorer les services écosystémiques liés à sa culture, dont ses capacités mellifères.
- Améliorer la qualité de ses produits.

Les problématiques soulevées nécessitent donc de mutualiser les savoir-faire et connaissances des divers acteurs (paysans, transformateurs, apiculteurs, chercheurs...). Il s'agit donc d'un projet de recherche participative réunissant ces divers acteurs liés aux nombreuses problématiques posées par le sarrasin : on distinguera notamment la Fédération Régionale des Agrobiologistes de Bretagne (FRAB), l'association Initiative Bio Bretagne (IBB) et l'association pour les semences paysannes Triptolème sur les aspects agricoles, le Groupement d'Intérêt Economique (GIE) Elevage de Bretagne – Association pour le Développement de l'Agriculture (ADA) et le conservatoire de l'abeille noire sur les problématiques apicoles et enfin l'INRA qui anime ce réseau, coordonne le projet, et apporte un appui technique dans les diverses actions entreprises dans le cadre de celui-ci.

Ce projet est soutenu par la Fondation de France de 2013 à 2016, dans le cadre de son appel à projets « Ecosystèmes, agricultures, alimentation ».

Synthèse bibliographique

Le sarrasin commun (*Fagopyrum esculentum* Moench) est une plante de la famille des Polygonacées. Elle est entre autres cultivée pour ses graines mais ne faisant pas partie de la famille des Poacées, on la qualifie de pseudo-céréale.

Dans le monde entier, la culture du sarrasin a chuté au cours des dernières décennies du fait de ses spécificités physiologiques et écologiques induisant des rendements plutôt faibles et très variables. Pourtant, cette culture présente des avantages très intéressants tant au niveau agronomique que sur le plan de ses propriétés nutritives, médicinales et de ses services écosystémiques (Jacquemart *et al.*, 2012).

1. Histoire

Sa première domestication dans le sud de la Chine date de 4000 à 5000 ans (Murai & Ohnishi, 1996 ; Gondola & Papp, 2010) à partir de la sous-espèce sauvage *Fagopyrum esculentum* subsp. *ancestrale* (Ohnishi, 1988, 1995, 1998 ; Ohnishi & Konishi, 2001). Après s'être répandu en Asie, il aurait suivi la route de la soie (Ohnishi, 1993 ; Murai & Ohnishi, 1996) pour rejoindre l'Europe, où les premières traces de sarrasin cultivé remontent à environ 3500 ans (Opperer, 1985 cité par Ohnishi, 1993). Il devint plus courant au début du Moyen Age (Ohnishi, 1993 ; Gondola & Papp, 2010) et il fut exporté en Amérique et en Afrique à partir du XVII^{ème} siècle (Kreft, 2001). La culture atteint son maximum de popularité (en matière de surface cultivée) au milieu du XIX^{ème} siècle en France (Ferault, 1984) [cités par Jacquemart *et al.*, 2012]

2. Caractéristiques agronomiques

Le sarrasin est très intéressant dans le cadre d'une agriculture type biologique. Il permet d'exploiter des terres pauvres et acides (jusqu'à pH 5), tout en préférant les sols drainés sableux ou limoneux. Il supporte mal les sols lourds ou calcaires (Marshall & Pomeranz, 1982 ; Olson, 2001).

C'est également une culture peu exigeante en éléments fertilisants : Campbell & Gubbels (1978) ont estimé qu'un apport à l'hectare de 47 kg N, 22kg P₂O₅ et 40 kg K₂O était suffisant pour obtenir une production de 16 quintaux. Le sarrasin s'accommode donc bien des sols pauvres. Dans les sols très riches en azote, le sarrasin présente une très importante croissance végétative, favorisant le risque de verse lors de vents et précipitations importants (Schulte auf'm et *al.*, 2005 cités par Cawoy, 2007)

Du fait de sa rapidité de germination et de développement et d'une importante biomasse, c'est une culture très compétitive face aux adventices (Björkman, 2000 ; Olson, 2001). Elle a également des effets allélopathiques avérés (Eom *et al.*, 1999 ; Iqbal *et al.*, 2002, 2003), notamment lorsqu'il est utilisé en mulch après broyage (jusqu'à 75 % de réduction de la levée des adventices). Elle est également peu affectée par les maladies (Marshall & Pomeranz, 1982 ; Edwardson, 1996). Des ravageurs peuvent affecter le sarrasin (pucerons, taupins, coléoptères) mais les dégâts restent en général limités, ne nécessitant pas de traitements (Brandenburger, 1985 ; Milevoj, 1989 ; Myers & Meinke, 1994 ; Olson 2001). [cités par Jacquemart *et al.*, 2012]

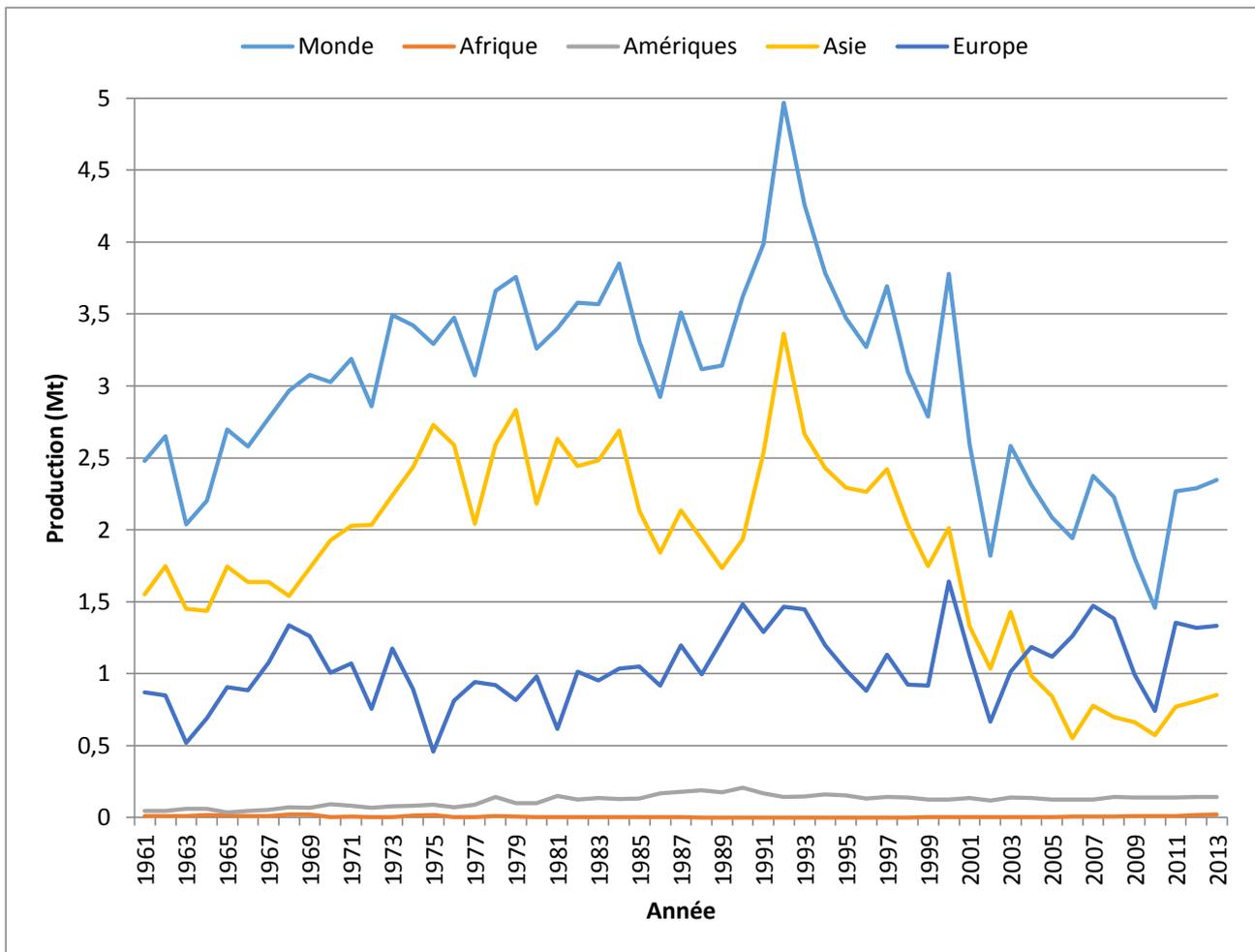


Figure 3 : Evolution de la production de sarrasin dans le monde de 1961 à 2012 (données FAOSTAT, 2015)

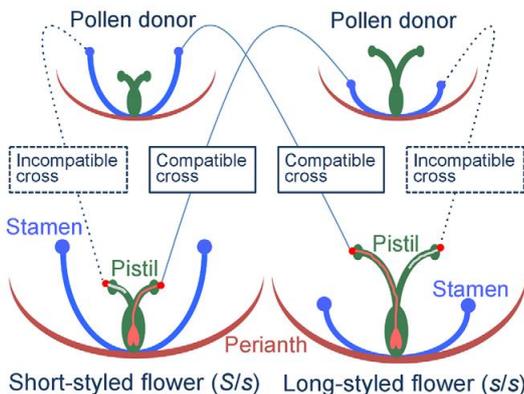
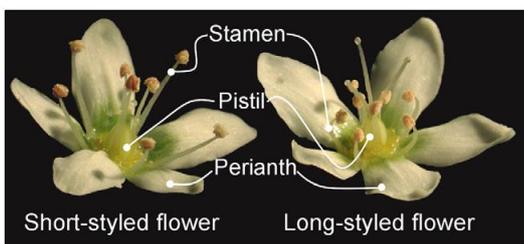


Figure 4 : distylye et auto-incompatibilité chez le sarrasin commun (repris de Yasui, 2012)

Il s'agit d'une culture très sensible au gel, particulièrement au stade une à deux feuilles étalées. En effet, Kalinova & Moudry, 2003, ont montré que des températures allant de -1 à 3°C sur une durée de 4 à 6 h sont létales à ce stade de développement. La température optimale se situe entre 18 et 23°C (Tahir & Farooq, 1998). Il convient également de préciser que le climat a une influence sur l'activité des insectes assurant la pollinisation du sarrasin (les abeilles notamment, dont la température minimale d'activité est de 10°C), en plus de son influence directe sur le développement des plantes.

Elle a également une exigence importante en eau [220 à 320 kg H₂O / kg de grains produits, ce qui est supérieur à beaucoup de cultures, dont le blé (Gang & Yu, 1998)] du fait de la taille importante de ses feuilles et de son faible système racinaire (Campbell, 1997). [cités par Cawoy, 2007]

3. Une production en déclin

Au cours des deux dernières décennies, la production mondiale de sarrasin est en nette diminution. De même, depuis 1961, la surface mondiale allouée à cette culture a quasiment été divisée par deux (voir figure 3), passant de 4,6 Mha en moyenne dans les années 1960 à 2,4 Mha au cours de la dernière décennie (FAOSTAT, 2015).

La tendance générale de l'agriculture vers l'intensification et la recherche de la productivité permet d'expliquer la perte de vitesse du sarrasin au niveau mondial. Il présente en effet des caractéristiques biologiques qui le pénalisent dans ce modèle d'agriculture (elles feront l'objet d'un développement dans le paragraphe suivant). Ce déclin de la production de sarrasin peut notamment s'expliquer par ses résultats en matière de rendements, qui sont très variables selon les années et généralement faibles. A l'inverse, une espèce comme le blé est favorisée dans ce modèle agricole, également du fait de ses caractéristiques physiologiques. Par exemple, le fait qu'elle soit autoféconde implique que la sélection variétale soit plus aisée, la production plus stable selon les années, etc.

4. Biologie florale du sarrasin et contraintes associées

Le sarrasin est une plante distyle auto-incompatible (Adachi, 1990). Une espèce distyle présente deux types morphologiques floraux différents. Toutes les fleurs d'un même individu seront du même morphe. Au sein d'une population de sarrasin, la moitié des individus portera des fleurs brévistyles (styles courts et étamines longues) et l'autre moitié des fleurs longistyles (styles longs et étamines courtes). Seule une pollinisation croisée entre deux individus de morphes différents aboutira à une fécondation : c'est l'auto-incompatibilité (Cawoy, 2007). Dans le cas d'une pollinisation croisée, le grain de pollen germe et le tube pollinique s'allonge jusqu'à atteindre l'ovaire. Dans le cas d'une pollinisation non croisée (entre deux individus de même morphe), le grain de pollen germe et le tube pollinique s'allonge, sans atteindre l'ovaire (Yasui, 2012 ; Schoch-Bodmer, 1934 cité par Cawoy, 2007). [voir figure 4]

Il découle de ces deux caractéristiques que le sarrasin présente une allogamie stricte (fécondation croisée entre deux individus). Le transport des grains de pollen entre les individus se faisant majoritairement par l'intermédiaire des insectes pollinisateurs (Cawoy, 2007), on peut également caractériser le sarrasin par son entomophilie.

Il faut également noter deux caractéristiques importantes de la floraison chez le sarrasin : elle est profuse et étalée (Quinet et al., 2004), mais chaque fleur de sarrasin n'est généralement en anthèse qu'une seule journée

(Marshall & Pomeranz, 1982 ; Nagatomo & Adachi, 1985, cités par Cawoy, 2007). En conséquence, il existe une multitude de stades de maturité des graines sur un même individu, à un instant donné. Ceci implique de la part des agriculteurs un choix dans la date peu évident à réaliser au moment des récoltes. En revanche, l'étalement de la floraison permet d'assurer un minimum de fécondations, on imagine aisément les conséquences d'un épisode climatique empêchant la pollinisation entomophile au moment de la floraison sur une telle culture, dans l'hypothèse où elle serait groupée.

Ces caractéristiques de la biologie florale de la culture (distylie, auto-incompatibilité, allogamie stricte, entomophilie, floraison étalée et anthèse sur une journée seulement) expliquent les nombreuses contraintes auxquelles agriculteurs, chercheurs, techniciens, etc. sont confrontés. Or selon Ganders (1979, cité par Cawoy, 2007), le sarrasin serait la plante hétérostylée auto-incompatible dont la culture serait la plus développée dans le monde.

4.1. Difficultés d'amélioration variétale

Le travail des sélectionneurs est difficile du fait de la recombinaison des caractères ayant lieu à chaque nouvelle génération du fait de l'allogamie stricte. Il est donc difficile de procéder à une sélection de caractères intéressants (Cawoy, 2007).

Pour les mêmes raisons, toutes les variétés de sarrasin sont nécessairement constituées d'une population d'individus différents, présentant donc par définition une diversité génétique intra-variétale importante. On parle dans ce cas de « variétés-population » (définies par Collin & Kastler, 2009 comme étant « formées par la reproduction en pollinisation libre, avec ou sans sélection, d'une population naturelle ou artificielle »), que l'on peut opposer aux « variétés modernes », présentant une diversité intra-variétale quasi nulle du fait du processus de sélection industriel effectué.

Le simple maintien des variétés est contraint puisque des croisements entre individus ont obligatoirement lieu à chaque nouvelle génération. Les parcelles de multiplication de différentes variétés doivent ainsi être isolées les unes des autres afin d'éviter l'hybridation entre celles-ci. Si l'on pratique des pollinisations manuelles dans une optique de sélection, il convient de prendre en considération l'incompatibilité entre les deux morphes.

4.2. Rendements conditionnés par une multitude de facteurs

Le sarrasin est soumis comme toutes les cultures à des aléas divers et notamment climatiques. Cependant, son caractère entomophile le soumet à ceux-ci de manière accrue. En effet, des études sont arrivées à la conclusion que l'absence totale de pollinisateurs (par l'utilisation de cages anti-insectes) avait un impact très hautement significatif sur les rendements obtenus (diminution au moins de moitié dans le cas des études de Ren & Liu, 1986 ; Jablonski & Szklanowska, 1990 ; Lee & Choi, 1997 ; Wang & Li, 1998 ; Goodman et al., 2001 ; Rhaman & Rhaman, 2000, voire absence de production dans les études suivantes : Namai, 1986 cité par Björkman 1995 ; Björkman 1995a [citées par Cawoy, 2007]). Ceci met en évidence l'importance cruciale de la présence d'insectes pollinisateurs pour la réussite de la culture. Or celle-ci est également sous l'influence de nombreux paramètres, dont les conditions climatiques (Alekseyeva & Bureyko, 2000). Egalement, d'autres plantes mellifères situées à proximité peuvent concurrencer le sarrasin en matière d'attractivité des abeilles (Becker & Hedtke, 1995 ; Lafreniere, 1997 ; Hedtke 1996 ; Carrek & Williams, 2002, cités par Cawoy, 2007).

Provenance des données	Situation géographique	Proportion des visites
Kushnir (1976) ¹	Biélorussie	97 %
Björkmann (1995a)	Etat de New-York	95 %
Banaszak (1983) ¹	Ouest de la Pologne	95 %
Müller (1883) ¹	Allemagne	90 %
Demianowiczowa & Ruskowska (1958) ²	Russie	86 %
Goodman <i>et al.</i> (2001)	Australie	80 %
Hedtke & Pritsch (1993)	Allemagne	58 %
Naumkin (1992) ¹	Orel, Russie	37 %
Wang & Li (1998)	Chine	35 %
Lee & Choi (1997)	Corée du Sud	16 %
Namai (1986) ¹	Japon	5 %

¹Cité par Björkmann (1995a).

²Cité par Namai (1990a)

Figure 5 : proportion des visites tous pollinisateurs confondus au sarrasin commun réalisée par les abeilles en fonction de la situation géographique du champ à l'échelle mondiale (repris de Cawoy, 2007)

5. Les interactions entre abeilles et sarrasin

Après avoir vu l'importance cruciale des insectes pollinisateurs pour la réussite de la culture de sarrasin, on s'intéressera plus particulièrement à la place de l'abeille domestique *Apis mellifera* parmi ces derniers. De nombreuses études ont été menées sur la proportion des visites réalisées par les abeilles sur l'ensemble des insectes observés, présentant parfois des résultats contradictoires. Cawoy (2007) a établi un recensement de celles-ci et a conclu que malgré des différences parfois très significatives entre celles-ci, les abeilles restent majoritairement celles qui se distinguent le plus par leur fréquence de visites (voir figure 5). Les différences observées vont dépendre de la région d'étude, le moment de l'étude, la méthodologie de relevé, etc.

Il est également intéressant de se pencher sur la qualité, l'efficacité de la pollinisation effectuée par les différents pollinisateurs. Là encore, l'abeille domestique se distingue des autres. Björkman (1995) a mis en évidence que « les abeilles mellifère peuvent collecter les deux types de pollen avec un seul voyage de butinage » (cité par Leprêtre, 2014b). En effet, les grains de pollen majoritairement retrouvés sur le thorax des abeilles sont ceux des fleurs longistyles et sur le l'abdomen, ceux des brévistyles (Rozov & Skrebtsova, 1958 cités par Cawoy, 2007). Goodman et al., 2001 constatent que la quantité de grains de pollen trouvés sur le corps des abeilles est significativement supérieur à celles trouvés sur les autres insectes.

Malgré que des études fournissent des résultats contradictoires (recensées par Cawoy, 2007 et Leprêtre, 2014b), *Apis mellifera* se distingue souvent par sa pollinisation du sarrasin, quantitativement comme qualitativement. C'est la raison pour laquelle on s'intéressera particulièrement à celle-ci.

5.1. Attractivité des pollinisateurs

Les insectes pollinisateurs sont attirés par les plantes mellifères par les productions de nectar, source de glucides, et de pollen, source de protéines (apiculteur amateur, communication personnelle).

Cawoy (2007) a regroupé plusieurs études indiquant une corrélation positive entre la production de nectar avec la fréquence de visite des fleurs de sarrasin ($r=0,64$) et le taux de fructification ($r=0,92$).

Selon Naumkin, 1998 (cité par Cawoy, 2007) et Alekseyeva & Bureyko, 2000, l'attractivité des pollinisateurs n'est pas la même selon les variétés de sarrasin, du fait de différences en matière de productivité en nectar des fleurs et de périodes de floraison. La production de nectar est également dépendante de nombreux autres facteurs autres que variétaux (Marshall & Pomeranz, 1982) : température, humidité, sol (Alekseyeva & Bureyko, 2000 ; Munitsa, 1978 ; Alekseyeva & Shamrallyuk, 1994 cités par Cawoy, 2007).

5.2. Intérêt du sarrasin pour l'apiculture

La culture de sarrasin est très intéressante pour les apiculteurs car sa floraison s'étale sur une longue durée, fournissant une alimentation relativement sûre en nectar et en pollen à butiner par les abeilles. De plus, sa floraison offre cette alimentation à des périodes où les floraisons des autres plantes mellifères intéressantes sont plutôt faibles, notamment lors la période précédant les premiers gels. Enfin, la profusion de la floraison donne des miellées relativement importante en comparaison d'autres plantes mellifères (70 à 100 kg de miel par hectare de culture, Naumkin, 1998 ; Olson, 2001, cités par Cawoy, 2007). Enfin, l'absence d'utilisation de produits phytosanitaires sur la culture ne met pas en danger les essaims d'abeilles, ce qui est primordial dans le contexte apicole actuel. [Marshall & Pomeranz, 1982 ; apiculteur amateur, communication personnelle]

Présentation du stage, problématique et hypothèses

Le stage réalisé s'intéresse à la problématique « pollinisation par les abeilles » de la culture du sarrasin. Cette brève partie bibliographique situe bien cette problématique à l'interface des différents objectifs du projet Sarrasin de Pays.

Il permettra d'avancer sur les objectifs suivants du projet :

- Exploration et élargissement de la diversité cultivée du sarrasin pour améliorer ses performances agronomiques (actions de conservation et de multiplication des ressources génétiques, sélection et évaluation variétale) : compte tenu de l'importance cruciale de la pollinisation par les insectes dans la réussite de la culture, il est tout d'abord primordial de vérifier si des différences existent entre les variétés en matière d'attractivité de ceux-ci. Si de telles différences sont avérées, il s'agira de les caractériser en vue de définir des stratégies de sélection.
- Améliorer les services écosystémiques liés à sa culture, dont ses capacités mellifères : améliorer les miellées réalisées par les apiculteurs par le développement de la culture du sarrasin est également un objectif du projet Sarrasin de Pays, étant donné les difficultés actuelles auxquelles est actuellement confrontée la filière apicole (sur ce sujet, se reporter à Gerster, 2012). La mise en évidence de différences entre les variétés en matière de capacités mellifères permettrait d'avancer sur ce point, en favorisant le développement des variétés les plus intéressantes.

La problématique que l'on se propose d'étudier est donc la mise en évidence et la caractérisation de différences inter-variétales en matière d'attractivité des abeilles et de capacités mellifères sur la culture du sarrasin.

Les hypothèses que l'on essaiera de valider ou de réfuter par la mise en place du protocole expérimental décrit par la suite seront donc les suivantes :

1. Il y a un impact de l'aspect quantitatif de la floraison (nombre de fleurs) du sarrasin sur l'attractivité des abeilles.
2. Il y a un impact de l'aspect qualitatif (productivité et composition du nectar) de la floraison du sarrasin sur l'attractivité des abeilles.
3. Il y a des différences en matière de capacités mellifères entre les variétés de sarrasin étudiées.

Matériel et méthodes

1. Essais mis en place

Dans le contexte de la recherche participative, les essais ont été mis en place par les agriculteurs partenaires du projet, en gardant des conditions de culture au plus proche des conditions habituelles de production. La préparation du sol et les semis ont ainsi été réalisés avec les outils présents et les techniques des agriculteurs. La difficulté est de trouver un compromis entre les conditions réelles de culture à la ferme et les contraintes de l'expérimentation scientifique qui implique de se conformer à certaines règles pour obtenir des comparaisons valables entre les modalités testées (ici, les différentes variétés). Un objectif est de mesurer les différents effets de l'environnement. Les essais sont ainsi répétés sur des sites géographiques différents (effet climatique, pédologique, etc.), au sein desquels on répète également les placettes de variétés (en vue de s'affranchir de l'hétérogénéité locale du champ notamment). L'idéal est de multiplier au maximum ces répétitions sur chaque site. Mais à ce niveau, nous devons aussi optimiser le plan d'expérimentation en prenant en compte une autre contrainte, les moyens humains.

Compte tenu des contraintes et moyens à disposition, les expérimentations ont été mises en place sur trois sites. Le premier était situé sur la commune de Bain-de-Bretagne, à 40 km au sud de Rennes. Le second était à quelques kilomètres de Dinan, à Trélat, sur la commune de Taden, à 60 km au nord de Rennes. Le troisième était à proximité des locaux de l'INRA, sur la commune du Rheu. Sur chacun de ces sites, l'objectif était de disposer de trois répétitions (ou blocs) des huit placettes (correspondant aux huit variétés à comparer). Egalement, ces placettes comportant les différentes variétés doivent être réparties aléatoirement au sein des répétitions. Dans notre dispositif expérimental, ceci est particulièrement important pour les comptages d'abeilles que l'on souhaite réaliser. En effet, on peut imaginer qu'il y ait un effet des placettes adjacentes sur ce type de relevé.

Pour le suivi des expérimentations, les répétitions ont été numérotées avec des lettres (A, B et C) et les bandes avec des chiffres (de 1 à 8). Ainsi, une placette est identifiée avec une lettre et un chiffre (exemple A5, correspondant à Bain-de-Bretagne à la variété Lileja).

Les réglages des semoirs ont été faits au préalable en tenant compte des différences du poids de mille grains (PMG) et des taux de germination de chaque variété, en vue d'obtenir des peuplements semblables sur toutes les placettes et sur tous les sites (objectif de peuplement entre 150 et 200 pieds/m²). Les blocs de placettes d'essai sont entourés de chaque côté par du sarrasin afin d'éviter d'avoir un biais du fait d'une situation en bordure de champ.

		A	B	C
Route		PG JPLR		
		La Harpe	La Harpe	La Harpe
	1	PG JPLR	Billy	Lileja
	2	Billy	Lileja	La Harpe
	3	Drollet	Kora	Billy
	4	Kora	PG JPLR	Kora
	5	Lileja	Drollet	PG JPLR
	6	Spacinska	PG JPC	Drollet
	7	La Harpe	La Harpe	Spacinska
8	PG JPC	Spacinska	PG JPC	
		Lileja		

Figure 7 : plan de l'essai mis en place le 26 mai 2015 à Bain-de-Bretagne (placettes de 3×25m)

		Haie							
A		PG JPLR	1	Haie					
		Billy	2						
		La Harpe	3						
		Drollet	4						
		Lileja	5						
		PG JPC	6						
		Spacinska	7						
		Kora	8						
B		Billy	1						
		Spacinska	2						
		Kora	3						
		PG JPLR	4						
		La Harpe	5						
		Drollet	6						
		PG JPC	7						
		Lileja	8						
C		La Harpe	1						
		PG JPLR	2						
		Lileja	3						
		Spacinska	4						
		PG JPC	5						
		Billy	6						
		Kora	7						
		Drollet	8						

Figure 8 : plan de l'essai mis en place le 4 juin 2015 à Dinan (placettes de 3×25m)

1.1. Essai Bain-de-Bretagne

Le partenaire sur ce site est la ferme de la Cardichais à Bain-de-Bretagne, menée par Jean-Pierre Cloteau et sa famille. La ferme pratique l'agriculture biologique depuis 25 ans et est spécialisée dans la production à la ferme de farine et d'huiles biologiques, commercialisées en circuit court.

Les essais ont été mis en place sur une parcelle d'une surface totale de 3,5ha, implantée avec du sarrasin (les variétés semées sur le reste de la parcelle sont Lileja et PG JPLR). Des ruches appartenant à la ferme de la famille Cloteau sont placées à proximité.

Le précédent de l'année N-1 était de l'épeautre et à l'année N-2 la parcelle était implantée avec du colza.

Au niveau de la préparation du sol, un labour a été effectué, puis un passage de crosskillette a été effectué en mars. Puis deux faux-semis ont été réalisés à l'aide d'un déchaumeur, 20 jours et 10 jours avant le semis. Le semis a été fait le 26 mai 2015, avec un semoir combiné herse rotative (3 m de large, 15 cm d'écartement entre les rangs).

La figure 7 présente le plan de l'essai : les huit variétés ont été semées en blocs de Fisher, avec trois répétitions (A, B et C) de chaque variété, dans un ordre aléatoire. On remarquera que la bande 0 a été semée sur toute sa longueur avec la variété La Harpe, de même que la bande 7 sur les répétitions A et B. Ceci s'explique par une erreur au moment des semis. Nous avons choisi de suivre la variété La Harpe sur la bande 0 pour la répétition A, sur la bande 7 pour la répétition B et sur la bande 2 pour la répétition C. Ceci permettait d'avoir pour chaque répétition des variétés différentes entourant les parcelles de cette variété, en vue d'éviter le potentiel biais évoqué au paragraphe précédent.

1.2. Essai Dinan

Le site d'essai de Trélat, à 6km au nord de Dinan, a été mis à disposition par Daniel et Fanny Goupil qui possèdent une exploitation de type polyculture-élevage. L'installation récente de Fanny a donné une nouvelle direction à l'exploitation : conversion vers l'agriculture biologique, expérimentation de nouvelles cultures, implication dans le réseau travaillant sur les semences paysannes, les variétés locales et anciennes, la diversité cultivée, etc.

Les placettes d'essais sont situées dans une parcelle de sarrasin de variété Spacinska d'une surface totale de 1ha. D'autres parcelles de sarrasin La Harpe sous contrat IGP Blé Noir Tradition Bretagne sont situées à proximité. Des ruches appartenant à un apiculteur en relation avec les exploitants ont été placées près de ces champs. Le semis a été réalisé le 4 juin 2015 à l'aide d'un semoir combiné herse rotative (3 m de large, 15 cm d'écartement entre les rangs).

La figure 8 présente le plan de l'essai, la répartition choisie est différente de celle de Bain-de-Bretagne du fait des caractéristiques de la parcelle : la parcelle étant largement plus grande que la surface nécessaire aux essais, nous avons essayé de choisir la zone la plus homogène dans la parcelle.

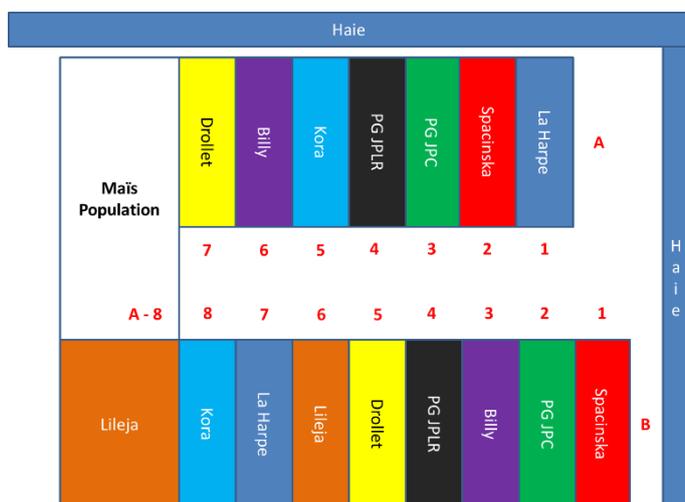


Figure 9 : plan des essais mis en place le 10 juin 2015 au Rheu (placettes de 3×20m)

Variété	Origine	Caractéristiques générales
La Harpe	France	Variété photosensible « jours courts facultatives », stimulation de la transition florale par les jours courts Variété semi-précoce - Grains gris ; PMG = 20g environ Densité de semis : 40 kg/ha Bonne vigueur et couverture du sol Rendement moyen supérieur aux autres variétés Débouché en farine uniquement, rendement meunier = 72% environ (inférieur aux autres variétés) Issue d'une sélection massale à partir de populations de l'ouest de la France Critères de sélection : couleur, grosseur et fertilité
Drollet	France	Variété précoce avec couverture rapide du sol - Grains gris ; PMG = 16-18g environ Densité de semis : 40 kg/ha Rendement moyen inférieur à La Harpe Débouché en farine uniquement Utilisation possible en oisellerie et interculture Issue d'une sélection massale à partir de population du Cantal Critères de sélection : précocité, homogénéité, faible taille du grain pour oisellerie (conformation typique) et rusticité
Billy	Canada	Variété tardive en floraison et maturité - Adaptation difficile aux conditions pédoclimatiques bretonnes Gros grains noirs ; PMG = 35g environ Densité de semis : 70-80 kg/ha Rendement moyen inférieur par rapport aux autres variétés Débouchés : facilement décorticable, mais aussi en farine, rendement meunier = 72% environ (inférieur aux autres variétés)
Lileja	Ukraine	Variété précoce en floraison et maturité - Bonne adaptation aux conditions pédoclimatiques bretonnes Grains marrons de taille supérieure à celles des populations françaises ; PMG = 25g environ Densité de semis : 50-60 kg/ha Rendement moyen intermédiaire par rapport aux autres variétés Débouchés : facilement décorticable, mais aussi en farine, rendement meunier = 74% environ (intermédiaire par rapport aux autres variétés)
Spacinska	Slovaquie	Variété précoce en floraison et maturité - Bonne adaptation aux conditions pédoclimatiques bretonnes Grains marrons de taille supérieure à celles des populations françaises ; PMG = 25g environ Densité de semis : 50-60 kg/ha Rendement moyen supérieur aux autres variétés Débouchés : facilement décorticable, mais aussi en farine, rendement meunier = 77% environ (supérieur aux autres variétés)
Kora	Europe de l'Est	Sarrasin commun Adaptée aux sols pauvres, bon comportement agronomique. Débouchés : meunerie, décorticable
Petit Gris (PG)	Bretagne	Comportement agronomique semblable à La Harpe, mais meilleure adaptation aux conditions pédoclimatiques dans lesquelles elles sont cultivées Grains gris ; PMG = 20g environ Densité de semis : 40 kg/ha Rendement moyen supérieur à La Harpe (sur une année d'essai, à confirmer) Débouché en farine uniquement, Rendement meunier = 77% environ (inférieur aux autres variétés)

Figure 10 : caractéristiques des variétés utilisées dans l'essai

1.3. Essai Le Rheu

Le lycée agricole Théodore Monod du Rheu a mis à disposition de notre équipe une troisième parcelle pour mener nos essais.

Cette parcelle, malgré qu'elle soit bien située du fait de sa proximité avec l'INRA, présentait plusieurs contraintes. Elle était de petite taille (moins de 1500 m²) et une partie de la surface a été utilisée par un partenaire de la FRAB pour conduire des essais sur du maïs population. Le matériel mis à disposition par le lycée agricole n'a pas permis de réaliser les semis (les réglages du semoir se sont avérés trop peu précis pour une utilisation en conditions expérimentales). Nous avons donc utilisé le matériel de l'INRA, plus encombrant, qui rendait difficile l'implantation de trois répétitions. Ce site ne présente donc que deux répétitions de chaque variété. De plus, la proximité immédiate de haies autour des essais implique des différences d'exposition au soleil entre les différentes zones de la parcelle. Enfin, nous n'avons pas d'information sur la présence de ruches à proximité.

Le semis a été réalisé le 10 juin 2015 à l'aide d'un semoir combiné herse rotative (3 m de large, 15 cm d'écartement entre les rangs). Un passage de vibroculteur a été effectué avant le semis.

La figure 9 présente la répartition de l'essai. Comme on peut le voir, l'espace alloué au maïs population a empêché de mettre les 8 variétés de la répétition A côte à côte. Les relevés de la variété Lileja pour cette répétition ont donc été faits sur la placette présente à côté de la répétition B. Egalement, il n'y avait pas suffisamment d'espace pour implanter du sarrasin servant de bordure autour du bloc A. Les données issues de celui-ci devront donc faire l'objet de beaucoup de précautions lors de leur analyse.

2. Matériel végétal

La figure 10 présente les caractéristiques des variétés utilisées dans l'essai. Huit variétés seront comparées. Deux d'entre elles, les Petits Gris, sont des variétés locales multipliées chaque année par des agriculteurs de Bain-de-Bretagne (JPC pour Jean-Pierre Cloteau et JPLR pour Jean-Pierre Leroux). Dans celles-ci, il y a une proportion non négligeable de sarrasin de Tartarie dans la semence. Il s'agit d'une autre espèce de sarrasin, qui ne pose pas de problème si la proportion reste maîtrisée. Il donne un goût particulier à la farine obtenue, qui n'est pas forcément à éliminer. Contrairement au sarrasin commun, il est autogame, la proportion de Tartarie a donc tendance à croître du fait de ses moindres difficultés de reproduction.

Bain-de-Bretagne	11-juin	03-juil	08-juil	15-juil	22-juil	29-juil	05-août	12-août	19-août
	J16	J38	J43	J50	J57	J64	J71	J78	J85
Densité de peuplement (n=6)	x		x				x		
Biomasse (n=3)	x	x		x		x			x
Taille (n=6)		x	x	x	x	x	x	x	x
Nombre de feuilles (n=6)	x		x	x	x	x	x	x	
Nombre de fleurs (n=6)		x	x	x	x	x	x	x	x
Nombre de grains verts (n=6)			x	x					
Nombre de grains en remplissage (n=6)					x	x	x	x	x
Nombre de grains murs (n=6)					x	x	x	x	x
Comptages abeilles FE				1	2	2		2	2
Comptages abeilles M				1	2	2	2		
Comptages abeilles Y							3	2	2

Dinan	07-juil	16-juil	23-juil	30-juil	06-août	17-août
	J33	J42	J49	J56	J63	J75
Densité de peuplement (n=6)	x				x	
Biomasse - Blocs BC (n=3)	x		x		x	
Taille (n=8)	x	x	x	x	x	x
Nombre de feuilles (n=8)	x	x	x	x	x	
Nombre de fleurs (n=8)	x	x	x	x	x	x
Nombre de grains verts (n=8)		x				
Nombre de grains en remplissage (n=8)			x	x	x	x
Nombre de grains murs (n=8)				x	x	x
Comptages abeilles FE - Blocs BC		2	2	3	3	3
Comptages abeilles M - Blocs BC			2	3	3	
Comptages abeilles Y - Blocs BC					3	3

Le Rheu	16-juin	17-juin	19-juin	23-juin	06-juil	09-juil	13-juil	19-juil	24-juil	28-juil	31-juil	04-août	10-août	18-août
	J6	J7	J9	J13	J26	J29	J33	J39	J44	J48	J51	J55	J61	J69
Densité de peuplement (n=6)	x	x	x	x		x						x		
Biomasse (n=3)				x	x		x			x		x		
Taille (n=8)					x	x	x	x	x	x	x	x		x
Nombre de feuilles (n=8)				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nombre de fleurs (n=8)						x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nombre de grains verts (n=8)								x	x					
Nombre de grains en remplissage (n=8)										x	x	x	x	x
Nombre de grains murs (n=8)												x	x	x
Comptages abeilles FE - Blocs AB														
Comptages abeilles M - Blocs AB								3	3					
Comptages abeilles Y - Blocs AB														

Figure 11 : calendrier de suivi des essais (n nombre de mesure par placette, pour les comptages abeilles : nombre de comptages par observateur et par placette)

3. Suivi effectué

Sur les trois sites, les essais ont été suivis régulièrement sur les mois de juillet et août 2015. Les essais de Bain-de-Bretagne et de Dinan étant situés à environ 45 minutes de voiture de Rennes, le suivi était réalisé une fois par semaine, alors que les essais du Rheu étaient suivis plus régulièrement (environ deux fois par semaine, selon les autres travaux à réaliser dans la semaine). La figure 11 synthétise les relevés effectués sur chaque site tout au long du suivi.

3.1. Densité de peuplement, biomasse

Le relevé de densité de peuplement est effectué en procédant au comptage du nombre de pieds présents sur une longueur de 60 cm sur un rang. Six mesures sont réalisées sur chaque placette de manière aléatoire. Connaissant l'espacement entre les rangs, on peut en déduire aisément la densité de peuplement. Le même type de semoir ayant été utilisé pour réaliser les semis (15 cm d'espacement entre les rangs), des comparaisons entre les sites sont possibles.

Une déclinaison particulière de ce relevé, dite « densité fleurie » a été effectuée début août sur tous les sites afin de pouvoir analyser les données de comptages d'abeilles. Elle consiste à compter dans les mêmes conditions le nombre de « beaux pieds », c'est-à-dire présentant une taille et une floraison importantes. Ceci permettant d'éliminer de la mesure de densité de peuplement les plantes petites, très peu fleuries, dont les pieds de sarrasin de Tartarie, dont la proportion n'est pas négligeable dans les semences d'agriculteurs (PG JPC et JPLR). Du fait de l'aspect subjectif de la mesure, elle a été effectuée par le même observateur, sur une période de temps courte (du 4 au 6 août).

Des prélèvements de biomasse sont effectués de la même manière sur une longueur de 60 cm, sur un rang. Trois prélèvements sont réalisés sur chaque placette de manière aléatoire. Ils sont placés dans des sacs micro-perforés et séchés en étuve 48h à 75°C puis pesés.

3.2. Mesures sur plantes : taille, feuilles, fleurs et grains

Sur chaque placette, des pieds de sarrasin choisis aléatoirement sont identifiés à l'aide de ruban adhésif rouge en vue de suivre les mêmes plantes tout au long du suivi (6 plantes par placette à Bain-de-Bretagne et 8 plantes par placettes à Dinan et au Rheu). Dans chaque placette, on prend soin de suivre autant de plantes de type brévistyle que de plantes de type longistyle (donc 3 de chaque type à Bain-de-Bretagne et 4 à Dinan et au Rheu), en vue de s'affranchir de ce paramètre.

On procède à la mesure de leur taille, au comptage du nombre de feuilles et de grains (en distinguant différents stades : vert, en remplissage et mûr). C'est également sur ces plantes que sont réalisés les comptages de fleurs que l'on utilisera dans cette étude, à l'aide de compteurs à main.

Les comptages de fleurs sont effectués entre 9h et 15h. En effet, seules sont comptées les fleurs en anthèse et en dehors de cette tranche horaire, les fleurs ne sont pas pleinement ouvertes ou commencent à se refermer.

3.3. Indicateurs d'attractivité des abeilles

Des comptages d'abeilles sont réalisés selon le protocole suivant. Seules sont comptées les abeilles domestiques présentant un comportement de butinage. Les comptages se font sur l'intégralité de la longueur des placettes sur une largeur de 60 cm en marchant lentement et régulièrement. L'œil est guidé par un bâton de 60 cm tenu au-dessus de la surface de comptage. Les comptages sont réalisés entre 10h et 12h, période maximale d'activité des abeilles au cours de la journée sur sarrasin. Etant donnée la subjectivité de ce type de relevé, on distingue les données des différents observateurs en vue de les analyser séparément au besoin (trois observateurs réalisent ces comptages, identifiés FE, M et Y).

Un suivi de la production de nectar était envisagé selon la méthodologie suivante. Des inflorescences (dix par placette) étaient ensachées le matin avant l'ouverture des fleurs en vue d'éviter le butinage par des insectes. En fin de matinée, après les comptages d'abeilles, des mesures du volume de nectar produit étaient réalisées à l'aide de microcapillaires de 5 μ L (Hirschmann Ringcaps®). L'objectif était de compter le nombre de fleurs nécessaires pour obtenir un volume donné (par exemple 1 μ L), pour obtenir le volume moyen de nectar sécrété par fleur. Il était également envisagé d'obtenir des données qualitatives du nectar produit à l'aide d'un réfractomètre, en vue de mesurer la concentration en sucre.

Les conditions d'expérimentation au champ n'ont pas permis de réaliser ce dernier type de mesure sur la production de nectar, les prélèvements se sont systématiquement avérés impossibles par manque de nectar. Seuls les comptages d'abeilles pourront donc être analysés en vue de comparer les différentes variétés au niveau de leurs capacités mellifères.

Les méthodologies d'étude de l'attractivité des abeilles sont inspirées de Besnard et al., 2008 (sur culture de colza).

4. Méthodologie d'analyse des données

Seule une partie des données recueillies lors des suivis ont un intérêt dans l'optique de comparaison des variétés au niveau de leurs capacités mellifères. On analysera ainsi les trois données suivantes : comptages de fleurs, d'abeilles et relevé de densité fleurie.

Les données sont traitées à l'aide des logiciels informatiques Microsoft Excel pour la manipulation et les analyses basiques des données (tableaux croisés dynamiques, graphiques) et R pour les analyses statistiques.

A partir des comptages de fleurs, les cinétiques de floraison sont établies pour les différentes variétés. Ces cinétiques seront mises en relation avec les comptages d'abeilles réalisés. Le relevé de densité fleurie permet de faire le lien entre les comptages de fleurs (réalisés sur des individus) et les comptages d'abeilles (réalisés sur une surface donnée) en fournissant une indication du nombre d'individus par unité de surface.

Comme on a pu le voir sur la figure 11, seuls certains jours de suivi des essais ont donné lieu à des comptages d'abeilles pour diverses raisons : floraison non débutée, absence d'abeilles du fait des conditions climatiques ou d'autres facteurs inconnus, difficultés d'organisation, etc.

Les analyses statistiques sur R des comptages de fleurs et d'abeilles seront donc limitées à ces jours. Il n'est en effet possible de rechercher des corrélations que jour par jour et site par site.



Figure 12 : schéma général d'analyse utilisé en vue de mettre en évidence des différences entre les paramètres des mesures réalisées

Les trois données analysées statistiquement sur R (fleurs, abeilles, densité) présentent des caractéristiques communes, la méthodologie d'analyse est donc comparable.

Dans les trois cas, les données comportent les deux paramètres suivants : la répétition (A, B ou C) et la variété (Billy, Drollet, Kora, La Harpe, Lileja, PG JPC, PG JPLR (les deux Petits Gris) ou Spacinska). Dans le cas des comptages d'abeilles, il existe également le paramètre observateur (FE, M ou Y).

En conséquence, il convient, avant de pouvoir comparer les variétés les unes avec les autres, de vérifier s'il y a également un effet de la répétition ou de l'observateur.

On commence par étudier l'effet répétition sur les comptages de fleurs et d'abeilles pour chaque jour de suivi. Si des différences existent entre les répétitions, les jeux de données sont retravaillés afin d'analyser ensemble que les répétitions homogènes. On fait la même chose sur l'effet observateur pour les données de comptages d'abeilles. Pour un même jour de suivi, on peut ainsi être amené à étudier séparément les données des différents observateurs, après avoir également séparé les données en fonction des différentes répétitions.

4.1. Méthodologie d'analyse statistique utilisée

La méthodologie est la même que ce soit pour comparer l'effet répétition, l'effet observateur ou l'effet variété.

On procède tout d'abord à une approche descriptive globale : moyennes, écarts types, boîte de dispersion (ou « boîte à moustache »).

Il s'agit dans tous les cas d'étudier l'effet d'une variable qualitative (variétés, blocs, observateurs) sur une variable quantitative (nombre de fleurs, d'abeilles, de pieds) : on utilise pour cela l'ANOVA (pour analysis of variance, analyse de la variance) (Cornillon et col., 2010). Mais cet outil n'est pas toujours utilisable, il convient tout d'abord de vérifier la normalité et l'homoscédasticité de l'échantillon étudié. Si ces conditions ne sont pas réunies, il faut se contenter d'un test non paramétrique, moins puissant. [voir figure 12]

Les tests réalisés (ANOVA et Kruskal-Wallis) indiquent seulement s'il existe (p -value $< 0,05$) ou non (p -value $> 0,05$) des différences significatives entre les modalités testées. C'est suffisant lorsqu'il s'agit seulement de vérifier s'il y a ou non un effet répétition ou observateur. Lorsqu'il s'agit de comparer les variétés, il est intéressant d'affiner l'analyse.

Dans le cas d'une ANOVA, il est ainsi possible de réaliser le test de Tukey, qui classe les modalités en groupes (exemple : a, ab, b, bc, c, etc. : les modalités du groupe a étant significativement inférieures à celles du groupe b, elles-mêmes significativement inférieures à celles du groupe c).

Dans le cas d'un test non paramétrique de Kruskal-Wallis, ceci n'est pas possible, on se contentera alors des résultats des statistiques descriptives pour établir des groupes (on les classera alors à l'aide de chiffres : 1, 12, 2, 23, 3, etc.)

Jour	Abeilles	Fleurs
J50	FE : pas d'effet répétition (A - 0,71) : ABC M : effet répétition (A - 0,03) : A < BC	Pas d'effet répétition (KW - 0,055) : ABC
J57	Effet répétition (KW - 1,5 ^{E-9}) : A < BC	Effet répétition (KW - 0,03)
J64	Effet répétition (KW - 3,2 ^{E-7}) : A < BC	Pas d'effet répétition (KW - 0,62) : ABC
J71	Effet répétition (KW - 3,8 ^{E-5}) : A < BC	Pas d'effet répétition (KW - 0,09) : ABC
J78	Effet répétition (KW - 3,7 ^{E-4}) : A < BC	Pas d'effet répétition (KW - 0,65) : ABC
J85	Pas d'effet répétition (KW - 0,13) : ABC	Pas d'effet répétition (KW - 0,13) : ABC

Figure 13 : effet ou non de la répétition sur les comptages (test réalisé - p-value) et classement des répétitions - Bain de Bretagne

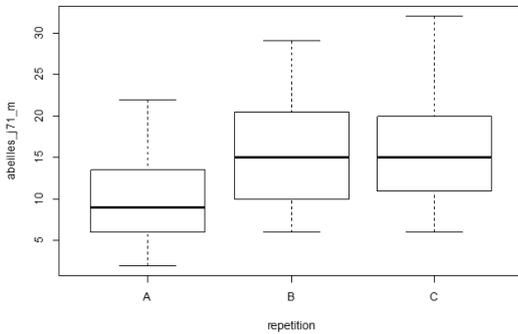


Figure 14 : effet répétition (A - BC) sur les comptages d'abeilles à J71 (test : KW - p-value : 3,8E-5)

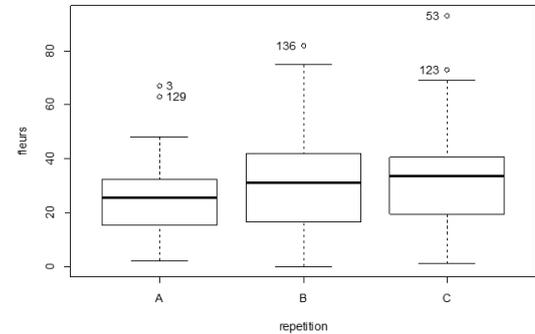


Figure 15 : pas d'effet répétition (ABC) sur les comptages de fleurs à J71 (test : KW - p-value : 0,09)

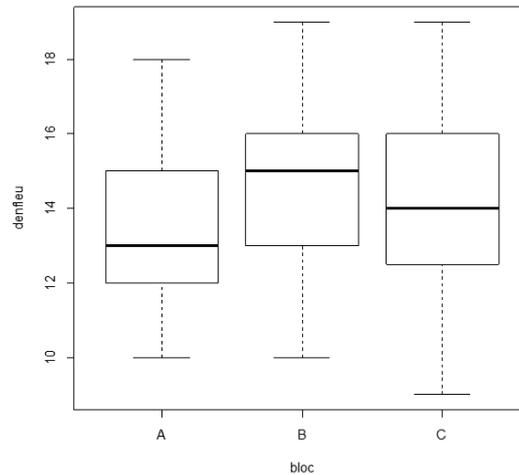


Figure 16 : effet répétition (A < BC) sur la densité fleurie (comparaison A-B par KW : 0,07 donc A < B et comparaison B-C par KW : 0,26 donc B=C, donc A < BC)

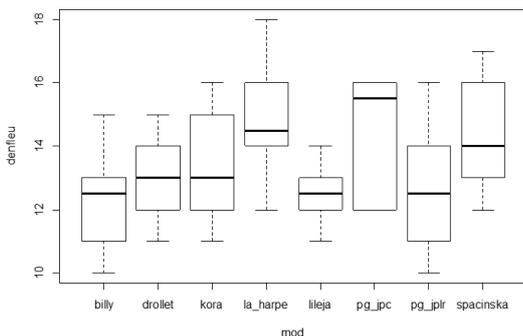


Figure 17 : pas de différences avérées de densité fleurie entre les variétés sur la répétition A (A - 0,12)

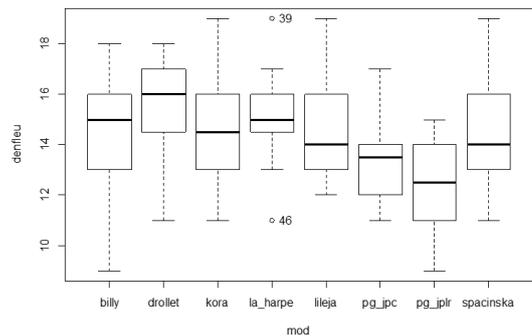


Figure 18 : différences de densité fleuries entre les variétés sur BC (A - 0,017, a : pg_jplr, b : drollet, ab : autres variétés)

Résultats

1. Bain-de-Bretagne

1.1. Effet du paramètre répétition sur les comptages

La figure 13 présente les résultats de l'analyse statistique de l'influence de l'effet répétition sur les comptages d'abeilles et de fleurs. Cinq sur les sept tests réalisés pour les comptages d'abeilles concluent qu'il y a bien un effet de la répétition sur la présence d'abeilles. Dans ces cinq cas, la répétition A présente moins d'abeilles que les répétitions BC réunies. En revanche, on n'observe pas de différence entre les trois répétitions en termes de floraison sur les plantes suivies (5/6 tests aboutissent à ce résultat). Les figures 14 et 15 présentent des exemples de boîtes de dispersion représentant ces résultats, au jour 71.

La figure 16 présente l'influence de l'effet répétition sur les relevés de densité fleurie. L'analyse statistique permet d'affirmer qu'elle est moins importante sur la répétition A que sur les répétitions BC.

Ces premiers résultats ne tenant pas compte du paramètre variétal suggèrent une corrélation entre la densité de floraison et la présence d'abeilles. En effet, malgré une homogénéité de floraison des individus sur l'ensemble de l'essai, on observe une présence d'abeilles moindre sur le bloc A. Elle pourrait s'expliquer par une densité de peuplement également moindre sur ce bloc, impliquant une densité de floraison plus faible.

De plus, ces analyses nous amènent à séparer les données de Bain-de-Bretagne en deux pour la suite des analyses : bloc A et le bloc BC, composé des deux répétitions B et C qui se sont avérées homogènes.

1.2. Etude de la densité fleurie

1.2.1. Bloc A

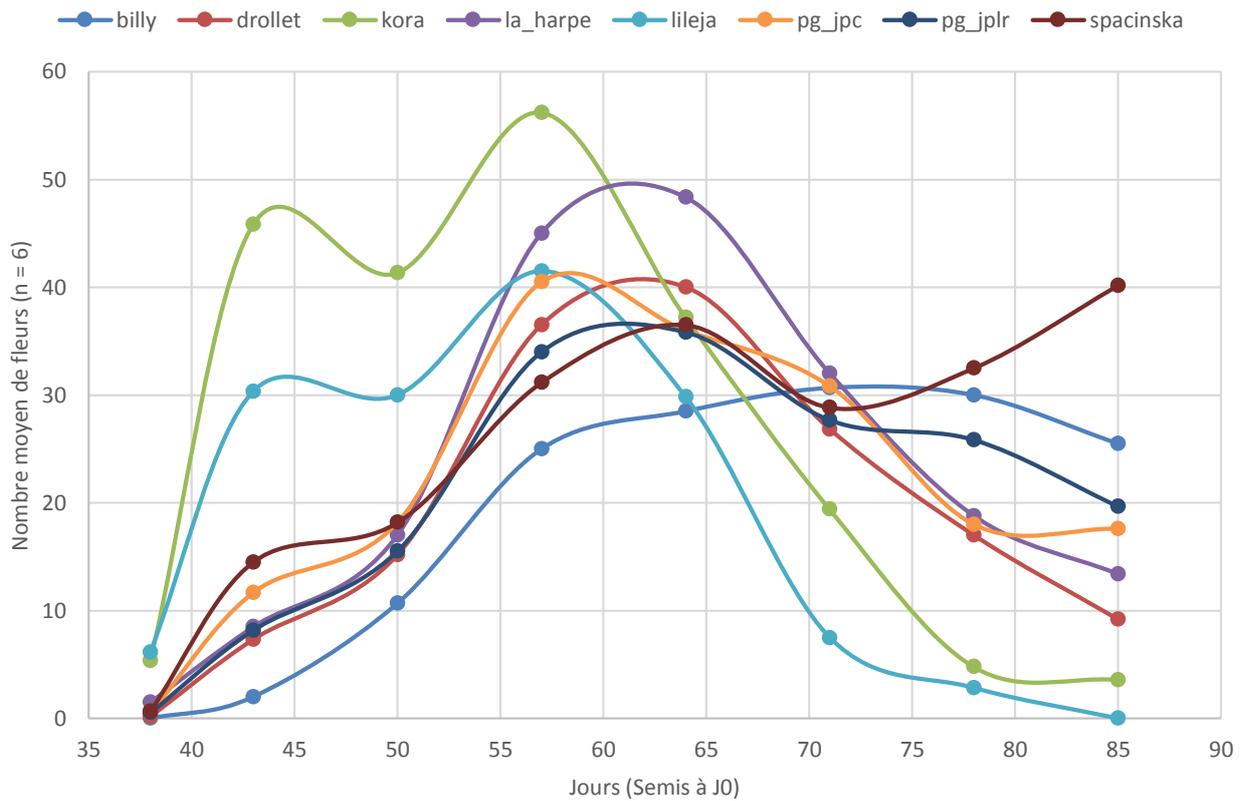
La figure 17 présente les résultats du relevé de densité fleurie sur le bloc A. On peut observer des différences entre les variétés, mais elles ne sont pas statistiquement significatives (p -value de l'ANOVA $> 0,05$).

1.2.2. Bloc BC

La figure 18 met en évidence des différences en termes de densité fleurie entre les variétés sur les répétitions BC (ANOVA 0,017). La variété Drollet est plus dense et la variété PG JPLR moins dense que les autres variétés qui forment un groupe plus homogène. La valeur moindre de la seconde variété peut s'expliquer par la proportion importante de sarrasin de Tartarie dans la semence de ferme.

Ceci sera à prendre en considération lors de la comparaison des variétés jour par jour. En effet, entre deux placettes comportant des floraisons moyennes des individus homologues mais des densités fleuries différentes, la floraison globale (ou le nombre de fleurs par unité de surface) sera évidemment différente. Or les comptages d'abeilles se font à l'échelle globale, à celle de la placette.

Cinétique de floraison par variété - Bain de Bretagne - A



	Jour	J57			J64			J71			J78			J85		
	variétés	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c
FLEURS	billy	25,0 ± 13,4	6	1	28,5 ± 12,4	6	a	30,7 ± 20,9	6	b	30,0 ± 25,7	6	12	25,5 ± 18,7	6	12
	drollet	36,5 ± 17,2	6	1	40,0 ± 13,0	6	a	26,8 ± 12,7	6	ab	17,0 ± 9,8	6	12	9,2 ± 5,9	6	12
	kora	56,2 ± 29,8	6	1	37,2 ± 17,3	6	a	19,4 ± 11,9	6	ab	4,8 ± 7,0	6	1	3,6 ± 8,0	6	1
	la_harpe	45,0 ± 7,0	6	1	48,3 ± 14,0	6	a	32,0 ± 10,5	6	b	18,8 ± 10,3	6	12	13,4 ± 6,8	6	12
	lileja	41,5 ± 18,0	6	1	29,8 ± 11,4	6	a	7,5 ± 5,2	6	a	2,8 ± 2,9	6	1	0,0 ± 0,0	6	1
	pg_jpc	40,5 ± 13,1	6	1	36,0 ± 13,3	6	a	30,8 ± 10,6	6	b	18,0 ± 14,0	6	12	17,6 ± 16,9	6	12
	pg_jplr	34,0 ± 5,5	6	1	35,8 ± 10,3	6	a	27,7 ± 11,2	6	ab	25,8 ± 7,4	6	12	19,7 ± 5,6	6	12
	spacinska	31,2 ± 13,8	6	1	36,5 ± 20,4	6	a	28,8 ± 19,3	6	ab	32,5 ± 24,9	6	2	40,2 ± 41,2	6	2
	Test - p-value	KW - 0,14			A - 0,36			A - 0,047			KW - 0,006			KW - 0,001		
ABEILLES	billy	15,3 ± 2,8	4	a	7,8 ± 3,0	4	1	7,8 ± 3,6	5	a	9,8 ± 1,3	4	4	6,0 ± 2,2	4	1
	drollet	20,0 ± 4,6	4	a	9,8 ± 4,5	4	1	9,6 ± 3,3	5	ab	6,8 ± 1,7	4	24	9,8 ± 3,3	4	12
	kora	18,8 ± 5,9	4	a	4,8 ± 1,0	4	1	4,2 ± 2,8	5	a	3,5 ± 1,3	4	12	3,5 ± 2,4	4	1
	la_harpe	16,8 ± 4,3	4	a	10,8 ± 5,5	4	1	17,0 ± 4,5	5	c	21,5 ± 0,6	4	5	22,0 ± 6,5	4	3
	lileja	22,0 ± 3,7	4	a	6,3 ± 2,5	4	1	6,2 ± 2,5	5	a	2,0 ± 1,2	4	1	2,5 ± 0,6	4	1
	pg_jpc	19,0 ± 1,8	4	a	10,0 ± 5,6	4	1	10,6 ± 4,3	5	ac	5,8 ± 1,5	4	123	20,3 ± 6,6	4	23
	pg_jplr	18,3 ± 2,9	4	a	10,8 ± 5,2	4	1	16,0 ± 2,7	5	bc	9,5 ± 2,4	4	34	16,8 ± 5,0	4	23
	spacinska	21,0 ± 3,5	4	a	6,0 ± 2,4	4	1	9,2 ± 3,6	5	ab	4,5 ± 2,5	4	12	19,8 ± 5,8	4	23
	Test - p-value	A - 0,30			KW - 0,32			A - 9,4E-6			KW - 0,0004			KW - 0,0006		

Figure 14 : haut : cinétique de floraison des différentes variétés au cours du suivi (n nombre de mesure par point) – bas : table présentant les résultats des analyses effectuées (n nombre de mesure par variété, classe de la variété (abc lorsque une ANOVA et un test de Tukey ont pu être réalisés, 123 dans le cas contraire), A et KW : tests utilisés pour mettre en évidence les différences entre les variétés : ANOVA et test non paramétrique Kruskal-Wallis) – Bain de Bretagne – Bloc A

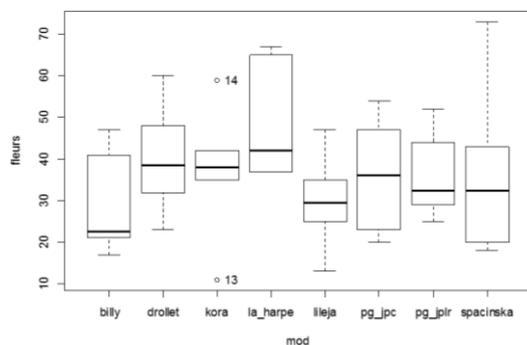
1.3. Comparaison des variétés

1.3.1. Bloc A

La partie supérieure de la figure 19 condense l'ensemble des comptages de fleurs réalisés au cours du suivi et permet de représenter la cinétique de floraison de chaque variété étudiée sur la répétition A.

La partie inférieure présente les résultats des analyses statistiques réalisées sur la répétition A. Pour le jour de suivi J50, les données n'ont pas été analysées car l'analyse préalable a indiqué qu'un effet observateur était présent. Seul un comptage d'abeille par observateur ayant été réalisé, la quantité de données était donc trop faible une fois le jeu de données divisé en deux. Pour tous les autres jours de suivi, les analyses n'ont pas indiqué que le paramètre observateur avait un effet significatif.

Sur les cinq jours de suivis analysés, on peut observer une corrélation entre les deux types de suivi réalisés. En effet, à J57 et J64, les tests n'ont pas mis en évidence des différences entre les variétés, que ce soit au niveau des comptages de fleurs ou d'abeilles. En revanche, pour les trois autres jours, les tests réalisés concluent que des différences existent entre les variétés, et ce sur les deux types de comptages effectués.

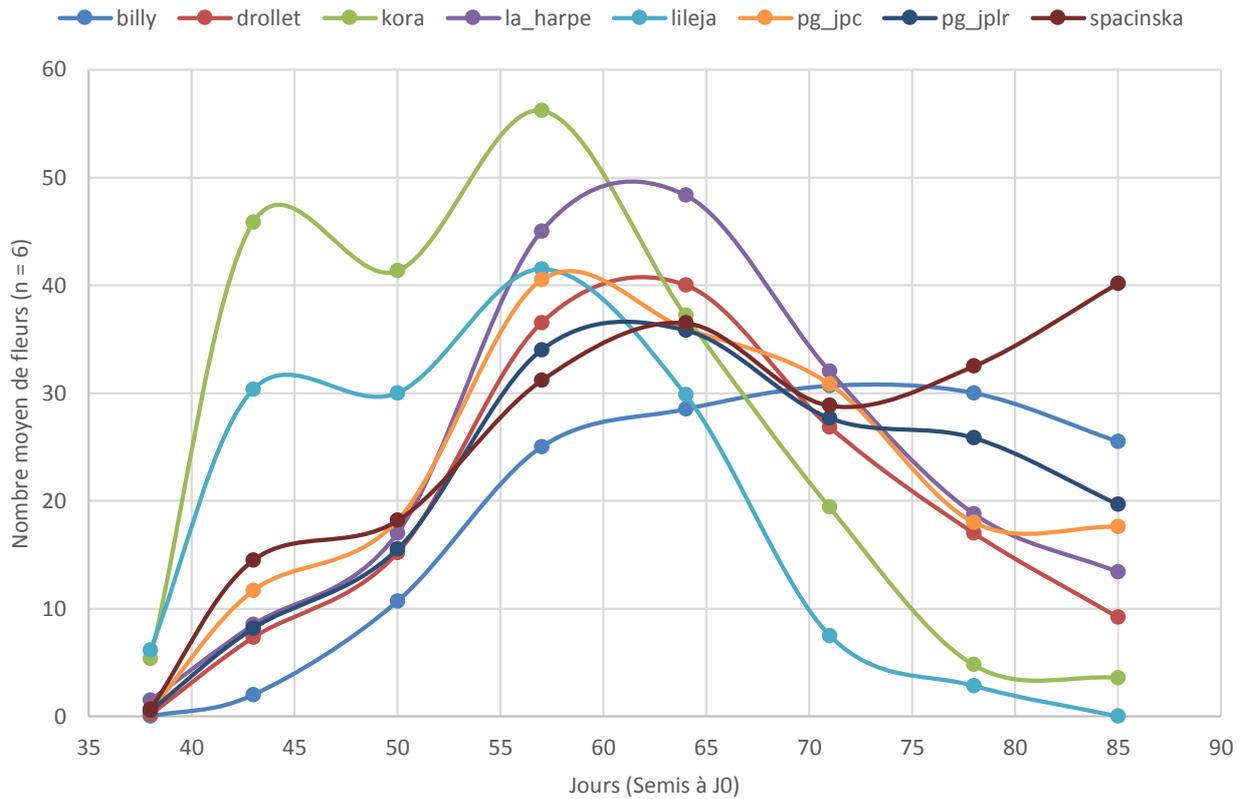


Boîte de dispersion des comptages de fleurs - bloc A - J64 (ANOVA 0,36)

La figure ci-contre est un exemple des boîtes de dispersion obtenues avec R à J64. On observe la même répartition des données que sur la cinétique de floraison mais il permet de mettre en évidence la dispersion des données au sein des modalités. C'est une caractéristique très importante des données recueillies. En effet, à l'analyse de la seule cinétique de floraison, on pourrait conclure que de nettes différences entre les variétés existent. Mais la répartition des données est telle que les tests statistiques concluent souvent que des

différences existent entre les variétés mais qu'elles sont faibles (c'est le cas à J71, J78 et J85) voire qu'il n'y en a pas (c'est le cas à J57 et J64). Souvent, lorsque les outils utilisés mettent en évidence des différences, c'est seulement entre les variétés situées dans les extrêmes (les plus et les moins fleuries par exemple). Ceci s'explique par la répartition des données, due au type de comptages effectués. Pour les comptages de fleurs par exemple, la dispersion au sein des échantillons est souvent très importante du fait que l'on travaille sur des variétés population, comportant par définition une hétérogénéité intra-variétale très importante. Pour obtenir des jeux de données plus précis, il faudrait procéder à l'acquisition de beaucoup plus de données pour chaque modalité (pour rappel, le suivi de floraison est fait sur seulement 6 plantes par placette). Mais les moyens à disposition pour le suivi sur le terrain doivent dans ce cas être également beaucoup plus importants, nous avons donc préféré multiplier les données en faisant des relevés sur plusieurs sites et sur une longue durée afin de vérifier si les tendances observées se vérifient dans des environnements différents et à des dates différentes.

Cinétique de floraison par variété - Bain de Bretagne - A



FLEURS	Jour	J57			J64			J71			J78			J85		
	variétés	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c
	billy	25,0 ± 13,4	6	1	28,5 ± 12,4	6	a	30,7 ± 20,9	6	b	30,0 ± 25,7	6	12	25,5 ± 18,7	6	12
	drollet	36,5 ± 17,2	6	1	40,0 ± 13,0	6	a	26,8 ± 12,7	6	ab	17,0 ± 9,8	6	12	9,2 ± 5,9	6	12
	kora	56,2 ± 29,8	6	1	37,2 ± 17,3	6	a	19,4 ± 11,9	6	ab	4,8 ± 7,0	6	1	3,6 ± 8,0	6	1
	la_harpe	45,0 ± 7,0	6	1	48,3 ± 14,0	6	a	32,0 ± 10,5	6	b	18,8 ± 10,3	6	12	13,4 ± 6,8	6	12
	lileja	41,5 ± 18,0	6	1	29,8 ± 11,4	6	a	7,5 ± 5,2	6	a	2,8 ± 2,9	6	1	0,0 ± 0,0	6	1
	pg_jpc	40,5 ± 13,1	6	1	36,0 ± 13,3	6	a	30,8 ± 10,6	6	b	18,0 ± 14,0	6	12	17,6 ± 16,9	6	12
	pg_jplr	34,0 ± 5,5	6	1	35,8 ± 10,3	6	a	27,7 ± 11,2	6	ab	25,8 ± 7,4	6	12	19,7 ± 5,6	6	12
	spacinska	31,2 ± 13,8	6	1	36,5 ± 20,4	6	a	28,8 ± 19,3	6	ab	32,5 ± 24,9	6	2	40,2 ± 41,2	6	2
	Test - p-value	KW - 0,14			A - 0,36			A - 0,047			KW - 0,006			KW - 0,001		
ABEILLES	Jour	J57			J64			J71			J78			J85		
	variétés	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c
	billy	15,3 ± 2,8	4	a	7,8 ± 3,0	4	1	7,8 ± 3,6	5	a	9,8 ± 1,3	4	4	6,0 ± 2,2	4	1
	drollet	20,0 ± 4,6	4	a	9,8 ± 4,5	4	1	9,6 ± 3,3	5	ab	6,8 ± 1,7	4	24	9,8 ± 3,3	4	12
	kora	18,8 ± 5,9	4	a	4,8 ± 1,0	4	1	4,2 ± 2,8	5	a	3,5 ± 1,3	4	12	3,5 ± 2,4	4	1
	la_harpe	16,8 ± 4,3	4	a	10,8 ± 5,5	4	1	17,0 ± 4,5	5	c	21,5 ± 0,6	4	5	22,0 ± 6,5	4	3
	lileja	22,0 ± 3,7	4	a	6,3 ± 2,5	4	1	6,2 ± 2,5	5	a	2,0 ± 1,2	4	1	2,5 ± 0,6	4	1
	pg_jpc	19,0 ± 1,8	4	a	10,0 ± 5,6	4	1	10,6 ± 4,3	5	ac	5,8 ± 1,5	4	123	20,3 ± 6,6	4	23
	pg_jplr	18,3 ± 2,9	4	a	10,8 ± 5,2	4	1	16,0 ± 2,7	5	bc	9,5 ± 2,4	4	34	16,8 ± 5,0	4	23
	spacinska	21,0 ± 3,5	4	a	6,0 ± 2,4	4	1	9,2 ± 3,6	5	ab	4,5 ± 2,5	4	12	19,8 ± 5,8	4	23
	Test - p-value	A - 0,30			KW - 0,32			A - 9,4E-6			KW - 0,0004			KW - 0,0006		

Figure 19 : haut : cinétique de floraison des différentes variétés au cours du suivi (n nombre de mesure par point) – bas : table présentant les résultats des analyses effectuées (n nombre de mesure par variété, classe de la variété (abc lorsque une ANOVA et un test de Tukey ont pu être réalisés, 123 dans le cas contraire), A et KW : tests utilisés pour mettre en évidence les différences entre les variétés : ANOVA et test non paramétrique Kruskal-Wallis) – Bain de Bretagne – Bloc A

Bain - A		Abeilles				
		--	-	=	+	++
Fleurs	--	Lileja 78	Lileja 71			
			Kora 78			
	-		Kora 85			La Harpe 78
			Lileja 85			
	=				La Harpe 85	
	+					La Harpe 71
++						

Figure a : Table de corrélation fleurs – abeilles – Bain A

L'analyse préalable des résultats obtenus nous a conduits à utiliser la méthode suivante. Jour par jour, à l'aide de la répartition des variétés en classes (voir figure 19) (pour rappel : classement en lettre lorsqu'une ANOVA était possible et en chiffre dans le cas contraire) et des boîtes de dispersion correspondantes, on compare les comptages de fleurs et d'abeilles. Lorsqu'une variété se distingue particulièrement des autres sur l'un des deux comptages (par exemple si c'est la seule en classe a), on regarde si elle se distingue également sur l'autre comptage et on la classe dans le tableau ci-contre selon le résultat obtenu.

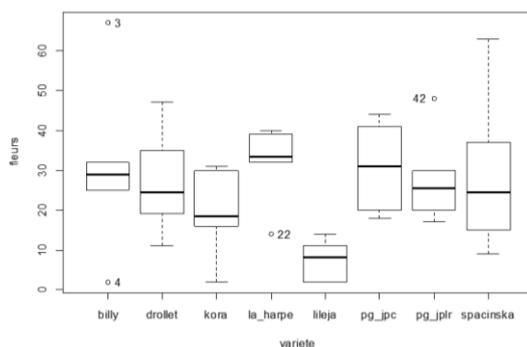


Figure b : boîte de dispersion des comptages de fleurs – bloc A – J71 (différences significatives : ANOVA 0,047)

Par exemple, pour le jour 71, la variété Lileja se distinguait particulièrement des autres sur les comptages floraux (négativement, voir fig. b ci-contre : boîte de dispersion et fig. 19 pour les classes statistiques) et elle était dans le groupe inférieur sur les comptages abeilles, sans se distinguer particulièrement (voir fig. 19 et fig. c ci-contre). On l'a donc classée (--) pour les fleurs et (-) pour les abeilles. Le même jour, la variété La Harpe se distinguait positivement des autres sur les comptages abeilles et elle faisait également partie du groupe supérieur sur les comptages floraux, elle est donc classée (++) sur les abeilles et (+) sur les fleurs.

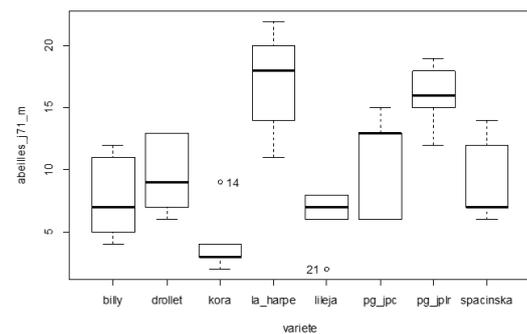
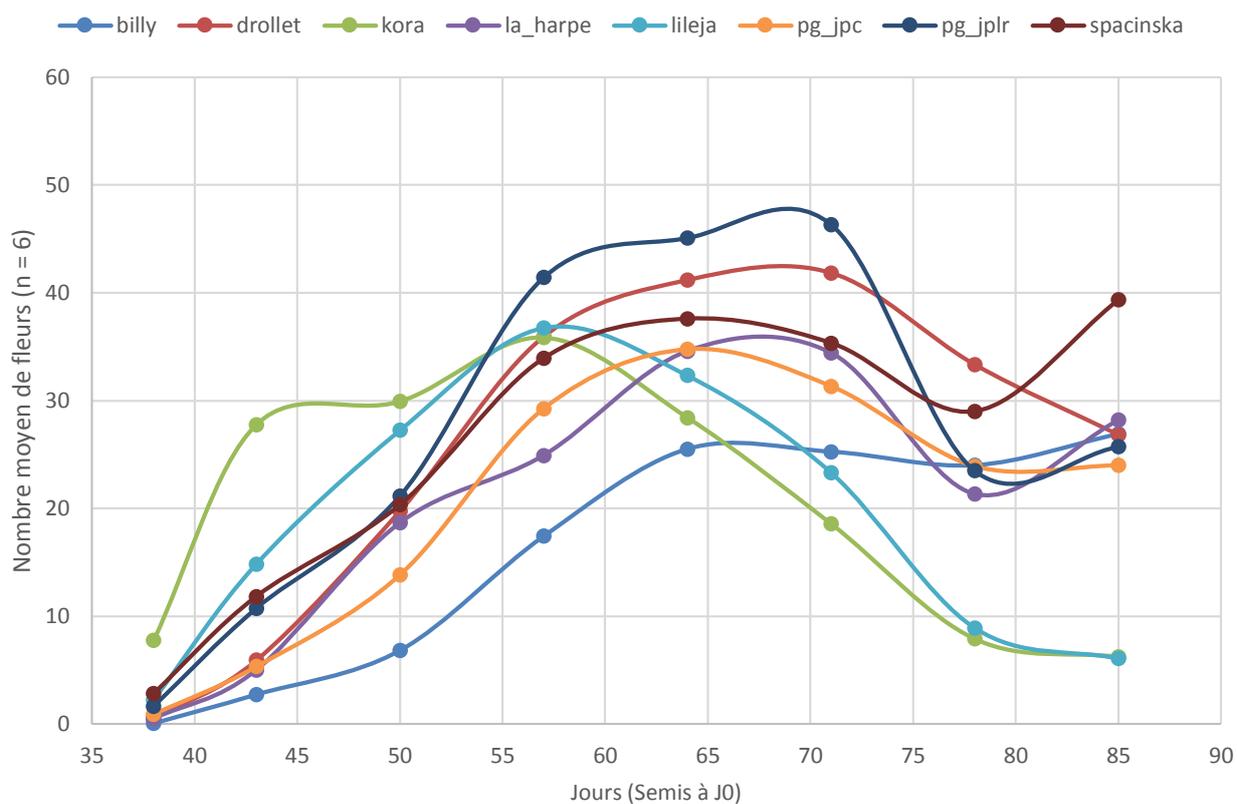


Figure c : boîte de dispersion des comptages d'abeilles – bloc A – J71 (différences significatives : ANOVA 9,4E-6)

On obtient ainsi un tableau (figure a) mettant en évidence les variétés qui se sont distinguées des autres lors du suivi. Le gradient de couleur verte indique que la variété est attractive concernant les abeilles (beaucoup d'abeilles malgré une faible floraison) et le gradient de couleur rouge indique le contraire (peu d'abeilles comptées malgré une floraison se distinguant positivement des autres).

Globalement, on observe une corrélation entre les comptages d'abeilles et de fleurs. Généralement, lorsqu'une variété se distingue des autres sur l'un des deux comptages, elle se distingue également sur l'autre, dans le même sens. Seule la variété La Harpe fait une exception au jour 78, sur laquelle de nombreuses abeilles ont été comptées (++) , malgré une floraison peu remarquable (=).

Cinétique de floraison par variété - Bain de Bretagne - BC



FLEURS	J	J50				J57				J64				J71				J78				J85			
	V	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c			
	B	6,8 ± 7,2	12	1		17,4 ± 14,6	12	1	25,5 ± 16,1	12	1	25,3 ± 11,1	12	13	24,0 ± 22,1	12	12				26,9 ± 33,3	12	12		
D	19,8 ± 12,4	12	13		35,9 ± 13,7	12	12	41,2 ± 17,5	12	1	41,8 ± 14,4	12	23	33,3 ± 14,8	12	2				26,8 ± 17,7	12	12			
K	29,9 ± 15,6	12	3		35,8 ± 23,8	12	12	28,4 ± 27,1	12	1	18,6 ± 26,9	12	1	7,9 ± 18,1	12	1				6,3 ± 16,5	12	1			
LH	18,7 ± 10,1	12	13		24,9 ± 9,1	12	12	34,6 ± 15,3	12	1	34,4 ± 11,3	12	13	21,3 ± 12,1	12	12				28,2 ± 12,0	12	12			
Li	27,3 ± 11,0	12	23		36,8 ± 16,2	12	12	32,3 ± 12,4	12	1	23,3 ± 12,4	12	12	8,9 ± 11,8	12	1				6,1 ± 13,4	12	1			
C	13,8 ± 7,8	12	12		29,3 ± 15,4	12	12	34,8 ± 14,4	12	1	31,3 ± 15,1	12	13	23,9 ± 13,6	12	12				24,0 ± 14,8	12	12			
LR	21,2 ± 8,9	12	23		41,4 ± 20,4	12	2	45,1 ± 17,4	12	1	46,3 ± 18,9	12	3	23,5 ± 11,6	12	12				25,7 ± 20,6	12	12			
S	20,3 ± 11,1	12	13		33,9 ± 20,5	12	12	37,6 ± 23,8	12	1	35,3 ± 19,9	12	13	29,0 ± 16,6	12	2				39,3 ± 26,9	12	2			
T	KW - 0,0002				KW - 0,01				KW - 0,09				KW - 0,0006				KW - 1,7E-5				KW - 7,6E-6				

ABELLES	J	J50				J57				J64				J71				J78				J85					
	O	FE		M		FE - M		M - Y		M - Y		FE		Y		FE		Y									
	V	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c					
B	13,5 ± 9,2	2	1	12,5 ± 3,5	2	a	19,4 ± 6,8	8	a	14,9 ± 7,6	8	a	14,3 ± 5,1	10	ab	16,3 ± 2,1	4	23	25,8 ± 6,3	4	12	14,8 ± 4,8	4	cd	20,0 ± 4,8	4	bc
D	35,5 ± 9,2	2	1	21,5 ± 4,9	2	ab	33,9 ± 7,7	8	b	18,1 ± 4,4	8	ab	20,5 ± 6,2	10	b	15,5 ± 3,7	4	23	20,3 ± 10,3	4	12	12,0 ± 4,3	4	bcd	24,0 ± 7,6	4	c
K	66,5 ± 9,2	2	1	36,0 ± 4,2	2	b	34,9 ± 10,0	8	b	9,9 ± 3,2	8	a	9,8 ± 4,6	10	a	3,3 ± 1,7	4	1	9,0 ± 3,6	4	1	5,0 ± 2,2	4	ab	8,3 ± 4,2	4	ab
LH	36,5 ± 10,6	2	1	30,5 ± 4,9	2	ab	33,9 ± 8,0	8	b	17,9 ± 6,3	8	ab	17,5 ± 7,8	10	ab	21,0 ± 10,5	4	3	26,8 ± 11,0	4	2	19,5 ± 6,2	4	d	30,8 ± 6,9	4	cd
Li	49,0 ± 2,8	2	1	36,0 ± 9,9	2	b	27,6 ± 6,1	8	ab	13,1 ± 6,4	8	a	14,4 ± 4,4	10	ab	3,8 ± 1,0	4	1	13,0 ± 6,8	4	12	2,8 ± 1,0	4	a	5,5 ± 1,3	4	a
C	39,0 ± 4,2	2	1	29,0 ± 2,8	2	ab	34,8 ± 10,4	8	b	25,4 ± 6,1	8	b	19,1 ± 6,3	10	b	11,8 ± 1,0	4	13	15,0 ± 6,5	4	12	10,8 ± 1,7	4	ac	29,8 ± 10,5	4	cd
LR	31,0 ± 5,7	2	1	28,5 ± 0,7	2	ab	31,8 ± 7,8	8	ab	13,5 ± 4,3	8	a	16,8 ± 5,4	10	ab	10,0 ± 3,6	4	12	18,5 ± 5,8	4	12	14,3 ± 2,1	4	cd	18,3 ± 3,8	4	ac
S	45,0 ± 0,0	2	1	35,0 ± 4,2	2	b	34,8 ± 7,1	8	b	15,9 ± 6,6	8	a	14,2 ± 5,8	10	ab	5,0 ± 1,4	4	1	16,8 ± 3,0	4	12	16,0 ± 3,2	4	cd	38,8 ± 4,3	4	d
T	KW - 0,058		A - 0,02		A - 0,003		A - 0,0002		A - 0,003		KW - 0,0004		KW - 0,03		A - 1E-5		A - 3,88E-7										

Figure 15 : haut : cinétique de floraison des différentes variétés au cours du suivi (n nombre de mesure par point) – bas : table présentant les résultats des analyses statistiques effectuées (n nombre de mesure par variété, classe statistique de la variété, A et KW : tests utilisés pour mettre en évidence les différences entre les variétés : ANOVA et test non paramétrique Kruskal-Wallis) – Bain de Bretagne - BC

1.3.2. Bloc BC

Bain - BC		Abeilles				
		--	-	=	+	++
Fleurs	--	Billy 50 Kora 71 Kora 85	Billy 57 Kora 78 Lileja 85	Lileja 78		
	-					
	=				PG JPC 64 La Harpe 85	
	+			PG JPLR 57 PG JPLR 71	Spacinska 85	
	++					

Table de corrélation fleurs – abeilles – Bain – rép. BC

La figure 20 présente les résultats des analyses de données recueillies sur le bloc BC de Bain de Bretagne tout au long du suivi, selon la même méthodologie que sur le bloc A.

A J50, J78 et J85, les analyses préalables ont indiqué la présence d'un effet observateur sur les comptages d'abeilles, on a donc retravaillé les jeux de données pour analyser les résultats de chacun séparément.

Les mêmes conclusions peuvent être tirées, avec un poids plus important du fait d'une quantité de données analysées plus importante (deux répétitions confondues) : on observe une corrélation entre les comptages de fleurs et d'abeilles. Il convient

de préciser que la table ci-dessus mettant en évidence les variétés qui se sont particulièrement distinguées sur l'un des deux comptages, il faut imaginer les variétés n'ayant pas été classées l'aurait été dans les catégories (=) × (=) ou (±) × (=). Elles vérifient donc également cette corrélation.

1.4. Analyse des cinétiques de floraison

Comme on l'a vu précédemment, il faut être prudent lors de l'analyse des cinétiques de floraison car les différences qu'elles mettent en évidence ne sont pas toujours significatives du fait de la dispersion des données. Elles permettent néanmoins de mettre en évidence certaines tendances générales lorsque l'on analyse les résultats des deux répétitions en parallèle.

On peut ainsi distinguer trois groupes de variétés présentant des comportements floraux assez homogènes :

- Kora et Lileja (1)
- Billy (2)
- La Harpe, les Petits Gris, Drollet et Spacinska (3)

On peut tout d'abord déplorer pour ces deux derniers groupes (2) et (3) que le suivi n'ait pas pu être réalisé sur une durée plus importante. En effet, la floraison n'était pas encore terminée à la fin de notre suivi. On peut même observer une relance de la floraison de la plupart des variétés du groupe (2), que l'on attribue à un épisode climatique pluvieux durant la dernière semaine de suivi. Sans cette relance, on peut imaginer que la floraison se serait terminée peu après la fin de notre suivi pour la plupart des variétés du groupe (trois mois après le semis et deux mois après le début de floraison).

La variété Billy (2) se distingue de toutes ces variétés, de par sa floraison plus tardive, peu abondante, plus étalée et relativement régulière. A la fin du suivi, la chute de floraison que l'on a pu observer précédemment sur les autres variétés était à peine entamée.

Enfin, les variétés Kora et Lileja (3) s'en distinguent par leur caractère précoce, présentant un pic de floraison bien défini à environ 3 semaines du début de floraison. Pour ces deux variétés, le suivi a été suffisamment long pour disposer de l'ensemble de la cinétique de floraison, l'épisode pluvieux n'a pas eu d'influence sur ces deux variétés, comme si un point de non-retour avait été franchi, en dessous duquel une reprise de la floraison n'était pas possible.

Jour	Abeilles	Fleurs
J42	Données manquantes sur la répétition B	
J49	Pas d'effet répétition (KW - 0,62) : BC	Effet répétition (KW - 0,01) : B < C
J56	Effet répétition (A - 2,5 ^E -10) : B > C	Pas d'effet répétition (KW - 0,99) : BC
J63	Effet répétition (KW - 4,5 ^E -10) : B > C	Pas d'effet répétition (KW - 0,35) : BC
J75	Effet répétition (KW - 5 ^E -6) : B > C	Pas d'effet répétition (KW - 0,15) : BC

Figure 16 : effet ou non de la répétition sur les comptages (test réalisé - p-value) et classement des répétitions - Dinan

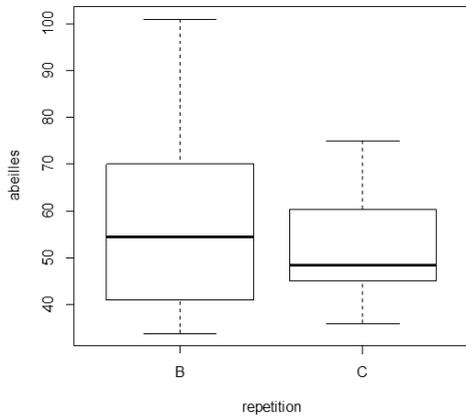


Figure 22 : pas d'effet répétition (BC) sur les comptages d'abeilles à J49 (KW - 0,62)

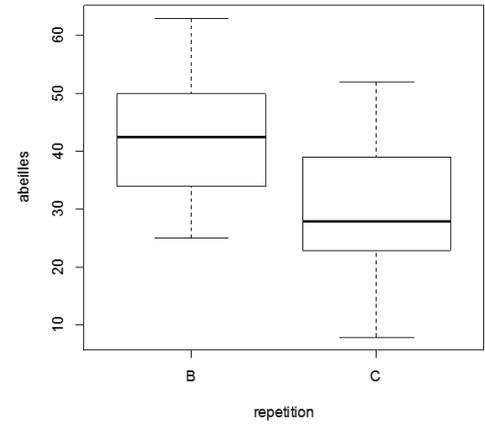


Figure 23 : effet répétition (B > C) sur les comptages d'abeilles à J56 (A - 2,5^E-10)

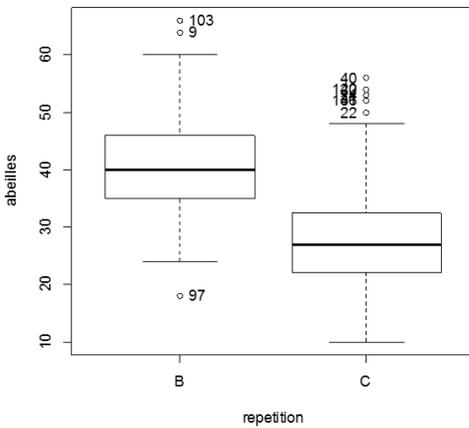


Figure 24: effet répétition (B > C) sur les comptages d'abeilles à J63 (KW - 4,5^E-10)

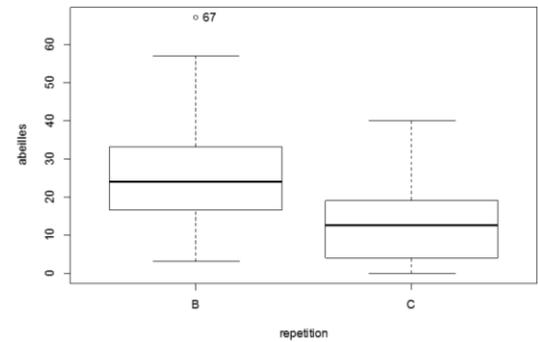


Figure 25 : effet répétition (B > C) sur les comptages d'abeilles à J75 (KW - 5^E-6)

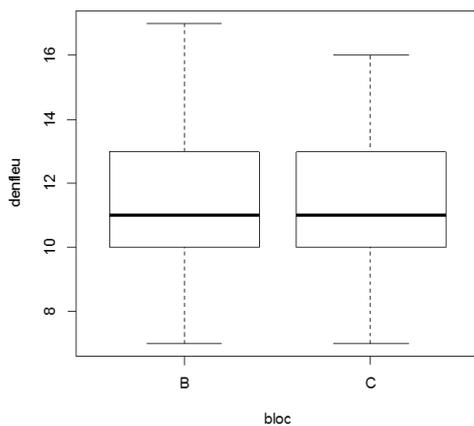


Figure 26 : pas de différence entre les deux répétitions au niveau des densités fleuries (KW - 0,82)

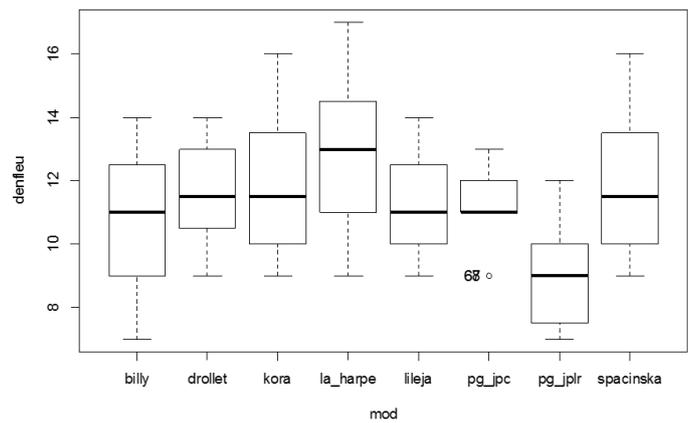


Figure 27 : boîte de dispersion des densités fleuries par variété (KW - 0,03) - blocs BC confondus - Dinan

2. Dinan

Les essais réalisés à Dinan étaient dans de moins bonnes conditions de culture qu'à Bain-de-Bretagne (où elles sont particulièrement bonnes du fait de l'expérience et de la technicité des agriculteurs sur le sarrasin). Il s'agit en effet de la première expérience de culture de sarrasin sur la ferme, qui est également en conversion agriculture biologique, on peut donc imaginer que l'itinéraire technique soit moins maîtrisé. La parcelle est également de moins bonne qualité. Elle est hydromorphe et séchante : on peut observer une forte hétérogénéité dans la parcelle, avec des zones où le sarrasin a eu beaucoup de mal en début de culture. Cependant, la zone où ont été semés les essais a été plutôt bien choisie, la culture s'y est plutôt bien développée. Seule la répétition A s'est avérée mauvaise, avec de grosses difficultés à la levée, induisant une forte concurrence adventive. Du fait de l'hétérogénéité de la culture sur cette répétition, nous avons choisi de ne pas y suivre les abeilles et les prélèvements de biomasse (présence de zones très peu densément peuplées et beaucoup de présence d'adventices). Enfin, nous avons pu observer qu'un épisode de verse avait eu lieu sur la répétition C à partir de J56.

2.1. Effet du paramètre répétition sur les comptages

La figure 21 présente de la même manière qu'à Bain-de-Bretagne les résultats des tests statistiques réalisés en vue de vérifier ou non la présence d'un effet répétition sur les comptages de fleurs et d'abeilles. Pour les abeilles, on observe une différence entre les deux répétitions à partir du jour 56 (voir les figures 22 à 25 : boîtes de dispersion de J49, J56, J63 et J75). Pour les comptages floraux, on observe l'inverse.

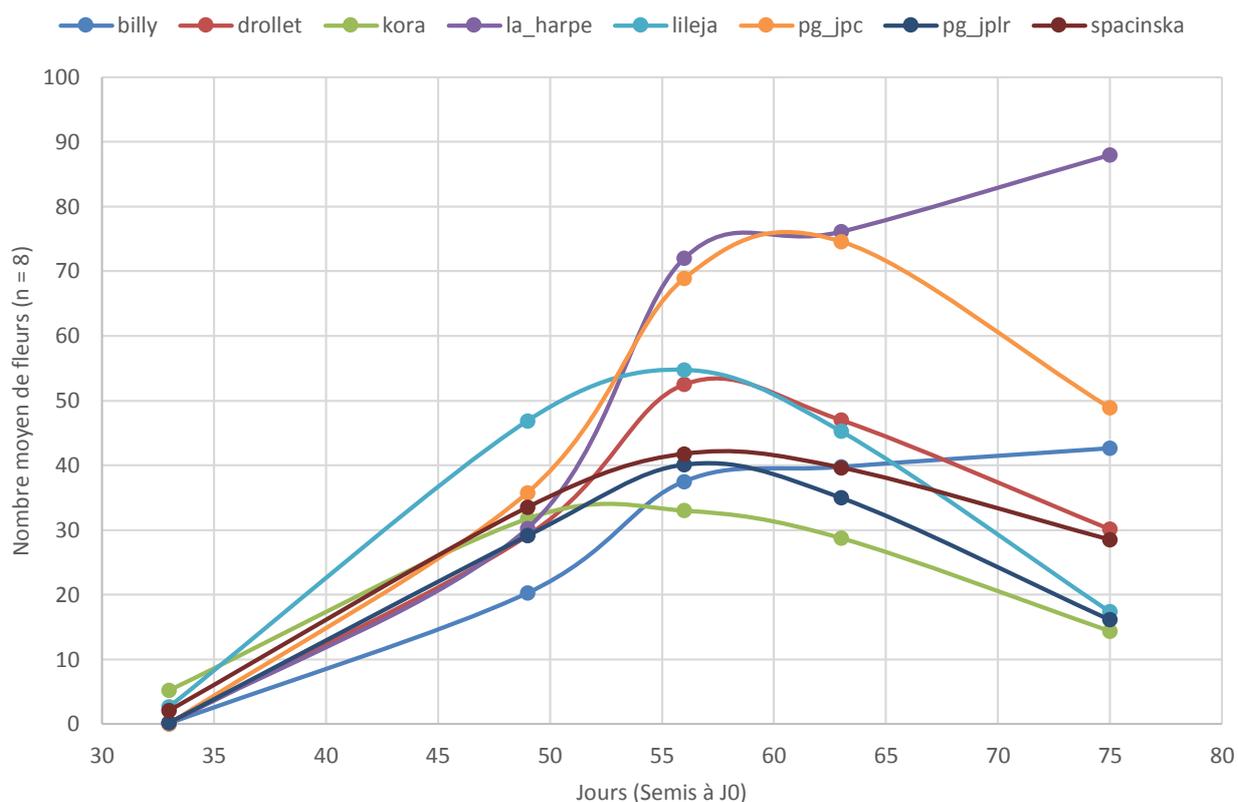
La figure 26 indique qu'il n'y a pas de différence entre les deux répétitions en matière de densité fleurie.

En absence de différence entre les répétitions au niveau de la floraison moyenne des individus et de la densité fleurie, on peut conclure que la floraison globale (par unité de surface) est globalement la même entre les deux blocs. Or on observe des différences avérées entre ceux-ci au niveau des comptages d'abeilles. On peut avancer l'hypothèse suivante : ce phénomène pourrait être dû à la présence de verse à partir de J56 sur le bloc C, qui correspond justement avec l'arrivée des différences entre les deux répétitions au niveau des comptages d'abeilles. La verse pourrait avoir un effet sur le comportement des abeilles du fait d'une moindre accessibilité des fleurs. La floraison globale serait homogène sur les deux répétitions mais la floraison du bloc C serait moins « accessible », ce qui expliquerait les différences au niveau de l'attractivité des abeilles. Nous n'avons malheureusement aucune donnée chiffrée décrivant la verse permettant de valider ou de réfuter cette hypothèse. Pour la suite des analyses, nous analyserons donc séparément les données issues de chacune des répétitions.

2.2. Etude de la densité fleurie

Comme on l'a vu, la densité fleurie a été évaluée comme étant homogène sur les deux répétitions, il s'agit maintenant d'étudier les différences inter-variétales. La figure 27 présente les résultats de l'analyse. Le test réalisé (Kruskal-Wallis) détecte bien des différences. L'analyse de la boîte de dispersion indique que seule la variété PG JPLR se distingue par une densité moindre, les autres formant un groupe homogène. Ceci vérifie ce que l'on avait pu observer à Bain-de-Bretagne. De la même façon, on explique ce résultat par la présence de sarrasin de Tartarie dans le lot de semences. On en tiendra compte lors de l'analyse de corrélation entre les comptages de fleurs et d'abeilles : pour une floraison moyenne des individus équivalente entre les variétés, la

Cinétique de floraison par variété - Dinan - Bloc B



FLEURS	Jour	J49				J56				J63				J75			
	variétés	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c			$\mu \pm \sigma$	n	c		
	billy	20,3 ± 10,7	8	1	37,5 ± 11,4	8	12	39,8 ± 15,5	8	12			42,6 ± 37,2	8	12		
	drollet	29,1 ± 9,7	8	1	52,5 ± 22,6	8	12	47,0 ± 29,0	8	12			30,1 ± 28,9	8	1		
	kora	31,8 ± 16,4	8	1	33,0 ± 23,5	8	1	28,8 ± 26,3	8	1			14,4 ± 32,9	8	1		
	la_harpe	30,3 ± 10,4	8	1	72,0 ± 26,0	8	2	76,1 ± 36,9	8	2			88,0 ± 58,9	8	2		
	lileja	46,9 ± 19,1	8	1	54,8 ± 32,4	8	12	45,3 ± 35,0	8	12			17,4 ± 25,8	8	1		
	pg_jpc	35,8 ± 16,0	8	1	68,9 ± 28,5	8	12	74,6 ± 41,2	8	2			48,9 ± 35,4	8	12		
	pg_jplr	29,1 ± 14,2	8	1	40,1 ± 20,9	8	12	35,0 ± 15,4	8	12			16,1 ± 14,4	8	1		
spacinska	33,5 ± 11,2	8	1	41,8 ± 11,2	8	12	39,6 ± 9,9	8	12			28,5 ± 20,1	8	1			
Test - p-value	KW - 0,07				KW - 0,01				KW - 0,03				KW - 0,004				
ABEILLES	Jour	J49				J56				J63				J75			
	Observateur	FE - M				FE - M				FE				Y			
	variétés	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	
	billy	42,8 ± 6,8	4	1	38,2 ± 10,9	6	ab	44,3 ± 5,9	3	a	34,5 ± 9,8	6	1	22,5 ± 4,4	6	ac	
	drollet	45,5 ± 9,9	4	1	46,8 ± 7,7	6	ac	54,0 ± 8,7	3	a	48,5 ± 13,6	6	1	26,5 ± 7,3	6	ac	
	kora	87,3 ± 12,8	4	3	37,2 ± 4,8	6	ab	42,0 ± 11,1	3	a	34,7 ± 3,8	6	1	11,7 ± 3,8	6	ab	
	la_harpe	40,0 ± 3,3	4	1	53,3 ± 8,0	6	c	46,3 ± 6,7	3	a	34,8 ± 8,1	6	1	48,5 ± 12,9	6	d	
	lileja	71,0 ± 8,6	4	23	41,7 ± 7,4	6	ac	35,3 ± 2,3	3	a	35,8 ± 2,0	6	1	9,8 ± 6,0	6	a	
	pg_jpc	54,3 ± 10,8	4	12	49,8 ± 11,2	6	bc	44,0 ± 3,5	3	a	42,3 ± 5,5	6	1	31,0 ± 10,1	6	c	
pg_jplr	46,3 ± 8,6	4	1	33,8 ± 3,9	6	a	52,7 ± 7,0	3	a	39,3 ± 9,0	6	1	26,7 ± 8,7	6	bc		
spacinska	68,5 ± 8,2	4	23	37,7 ± 8,5	6	ab	42,7 ± 4,2	3	a	37,5 ± 6,4	6	1	33,7 ± 13,9	6	cd		
Test - p-value	KW - 0,001				A - 0,002				A - 0,07				KW - 0,17				
													A - 2E-8				

Figure 28 : haut : cinétique de floraison des différentes variétés au cours du suivi (n nombre de mesure par point) - bas : table présentant les résultats des analyses statistiques effectuées (n nombre de mesure par variété, classe statistique de la variété, A et KW : tests utilisés pour mettre en évidence les différences entre les variétés : ANOVA et test non paramétrique Kruskal-Wallis) - Dinan - B

densité globale de floraison de la placette de PG JPLR sera plus faible. Il convient alors de revoir légèrement à la baisse les mesures de floraison de cette variété pour effectuer les comparaisons.

2.3. Comparaison des variétés

2.3.1. Bloc B

Dinan - B		Abeilles				
		--	-	=	+	++
Fleurs	--					
	-		Lileja 75			
			Kora 75			
	=		PG JPLR 56			Kora 49
	+				La Harpe 56	
++					La Harpe 75	

On procède à l'analyse de la corrélation entre les comptages d'abeilles et les comptages floraux de la même manière qu'à Bain-de-Bretagne, à l'aide des classes statistiques (figure 28) et des boîtes de dispersion obtenus avec R. On obtient le tableau ci-contre. On observe une nouvelle fois une corrélation entre les deux comptages. Seule la variété Kora se distingue à J49, en attirant une grande quantité d'abeilles malgré une floraison comparable aux autres variétés. Sur l'ensemble des autres suivis, on n'observe pas de tel phénomène.

Table de corrélation fleurs – abeilles – Dinan – rép. B

2.3.2. Bloc C

Dinan - C		Abeilles				
		--	-	=	+	++
Fleurs	--	Billy 42				
		Billy 49				
	-	Kora 75				
		Lileja 75				
	=	Kora 63				
		Drollet 75				
	+		Drollet 56			
			Kora 56			
	++					

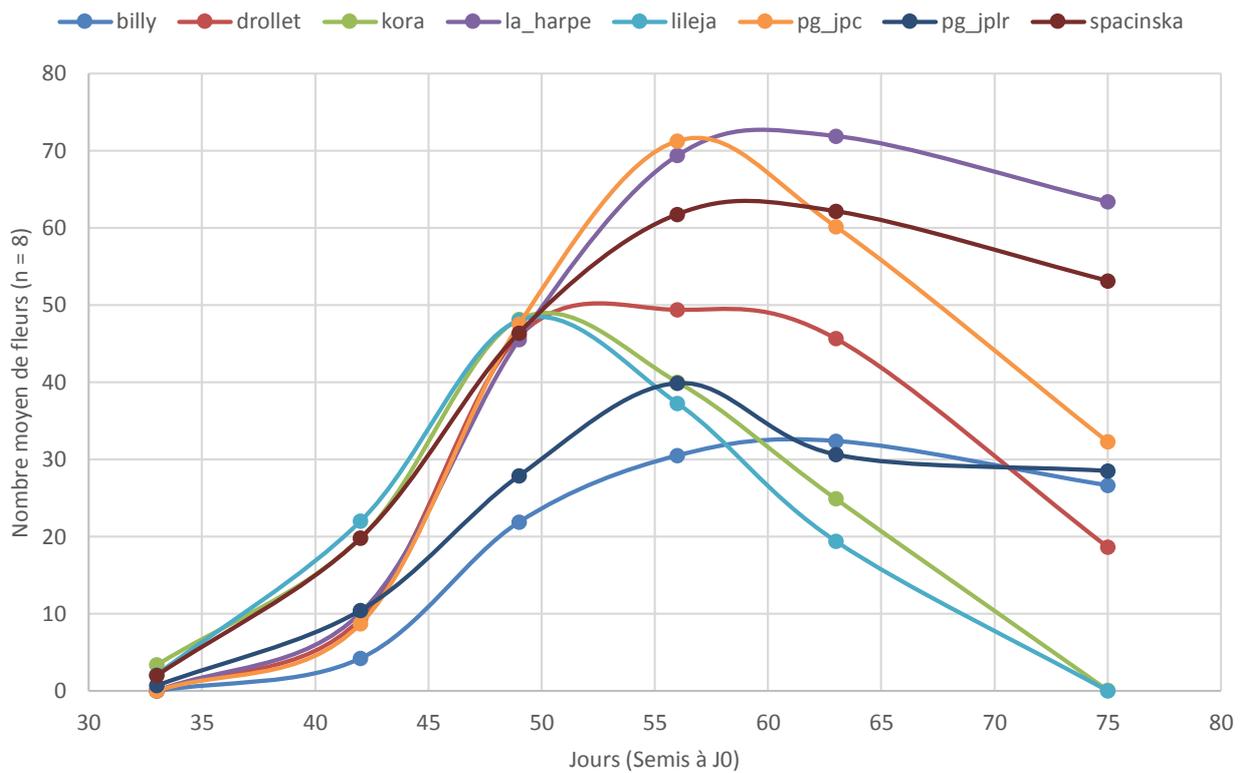
Les mêmes résultats sont obtenus sur le bloc C (résultats présentés en fig. 29, page suivante), on observe une corrélation positive entre la floraison des variétés et la présence d'abeilles sur les placettes. Deux distinctions sont à faire pour les variétés PG JPLR à J63 et Lileja à J49 qui attirent beaucoup d'abeilles malgré une floraison non remarquable (en tenant compte de la moindre densité de PG JPLR pour J49). Autrement, sur l'ensemble du suivi, les variétés les plus fleuries sont celles sur lesquelles on observe le plus d'abeilles et inversement. De même, toutes les variétés présentant une floraison équivalente présentent des quantités d'abeilles en butinage équivalentes.

Table de corrélation fleurs – abeilles – Dinan – rép. C

2.4. Analyse des cinétiques de floraison

Les cinétiques de floraison de Dinan n'offrent pas de conclusions aussi franches qu'à Bain-de-Bretagne. On observe des différences importantes entre les blocs, indiquant que les différences observées ne sont pas nécessairement imputables au seul effet variété. On peut néanmoins retrouver quelques tendances observées à Bain-de-Bretagne : la précocité de Kora et Lileja et leur net pic de floraison, la floraison tardive et étalée de Billy. On observe un comportement floral particulier (floraisons très importantes) de la Harpe et de PG JPC, qui se retrouve sur les deux répétitions.

Cinétique de floraison par variété - Dinan - Bloc C



FLEURS	Jour	J42				J49				J56				J63				J75			
	variétés	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c					$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	
	billy	4,2 ± 2,4	8	1	21,9 ± 13,3	8	1	30,5 ± 21,1	8	1					32,4 ± 32,0	8	12	26,6 ± 30,7	8	13	
	drollet	9,3 ± 4,3	8	12	46,0 ± 19,1	8	12	49,4 ± 20,4	8	12					45,6 ± 22,7	8	13	18,6 ± 20,9	8	12	
	kora	19,8 ± 9,5	8	23	48,1 ± 16,1	8	12	40,0 ± 11,0	8	12					24,9 ± 14,3	8	12	0,1 ± 0,4	8	1	
	la_harpe	10,1 ± 5,1	8	12	45,5 ± 17,8	8	12	69,4 ± 25,7	8	2					71,9 ± 29,5	8	3	63,4 ± 50,7	8	3	
	lileja	22,0 ± 14,4	8	3	48,0 ± 30,2	8	12	37,3 ± 25,9	8	12					19,4 ± 12,5	8	1	0,0 ± 0,0	8	1	
	pg_jpc	8,7 ± 6,8	8	12	47,5 ± 22,7	8	12	71,3 ± 28,7	8	2					60,1 ± 23,5	8	23	32,3 ± 25,2	8	13	
	pg_jplr	10,4 ± 8,9	8	12	27,9 ± 13,6	8	12	39,9 ± 17,2	8	12					30,6 ± 17,7	8	12	28,5 ± 19,6	8	13	
	spacinska	19,8 ± 8,6	8	23	46,4 ± 21,2	8	12	61,8 ± 24,2	8	12					62,1 ± 30,7	8	23	53,1 ± 34,9	8	23	
Test - p-value	KW - 9E-5				KW - 0,03				KW - 0,004				KW - 0,0005				KW - 6,8E-6				

ABEILLES	Jour	J42				J49				J56				J63				J75							
	Observateur	FE				FE - M				FE				M				FE - M - Y				FE - Y			
	var	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c	$\mu \pm \sigma$	n	c			
	billy	7,7 ± 0,6	3	1	40,0 ± 3,9	4	a	27,3 ± 3,5	3	ab	27,7 ± 10,7	3	ab	27,3 ± 3,2	9	2	15,5 ± 4,5	6	23						
	drollet	17,3 ± 2,9	3	12	49,3 ± 7,6	4	ab	22,7 ± 3,1	3	a	18,3 ± 5,7	3	a	22,3 ± 3,2	9	12	5,2 ± 2,9	6	1						
	kora	52,0 ± 3,6	3	4	46,8 ± 1,7	4	ab	24,0 ± 2,0	3	ab	20,3 ± 12,0	3	a	16,0 ± 4,1	9	1	1,8 ± 1,3	6	1						
	la_harpe	16,7 ± 0,6	3	12	60,3 ± 12,6	4	bc	46,3 ± 4,7	3	c	43,0 ± 5,6	3	b	42,6 ± 9,7	9	3	33,7 ± 4,5	6	4						
	lileja	52,7 ± 6,1	3	4	67,3 ± 5,9	4	c	44,0 ± 7,2	3	c	26,3 ± 3,2	3	ab	26,4 ± 6,2	9	2	2,7 ± 1,5	6	1						
	pg_jpc	19,0 ± 2,6	3	2	48,0 ± 5,5	4	ab	37,7 ± 6,0	3	bc	23,0 ± 3,0	3	ab	27,8 ± 4,4	9	2	12,5 ± 4,2	6	2						
	pg_jplr	16,7 ± 4,2	3	12	52,5 ± 8,6	4	ac	27,0 ± 1,0	3	ab	38,0 ± 6,9	3	ab	45,4 ± 9,7	9	3	21,7 ± 6,3	6	3						
spacinska	31,3 ± 5,0	3	3	57,5 ± 8,8	4	ac	41,3 ± 7,5	3	c	29,7 ± 9,6	3	ab	28,8 ± 4,4	9	2	15,0 ± 2,1	6	23							
Test - p-value	KW - 5E-3				A - 0,0009				A - 3,7E-5				A - 0,016				KW - 1E-8				KW - 7,8E-7				

Figure 29 : haut : cinétique de floraison des différentes variétés au cours du suivi (n nombre de mesure par point) – bas : table présentant les résultats des analyses statistiques effectuées (n nombre de mesure par variété, classe statistique de la variété, A et KW : tests utilisés pour mettre en évidence les différences entre les variétés : ANOVA et test non paramétrique Kruskal-Wallis) – Dinan - C

3. Le Rheu

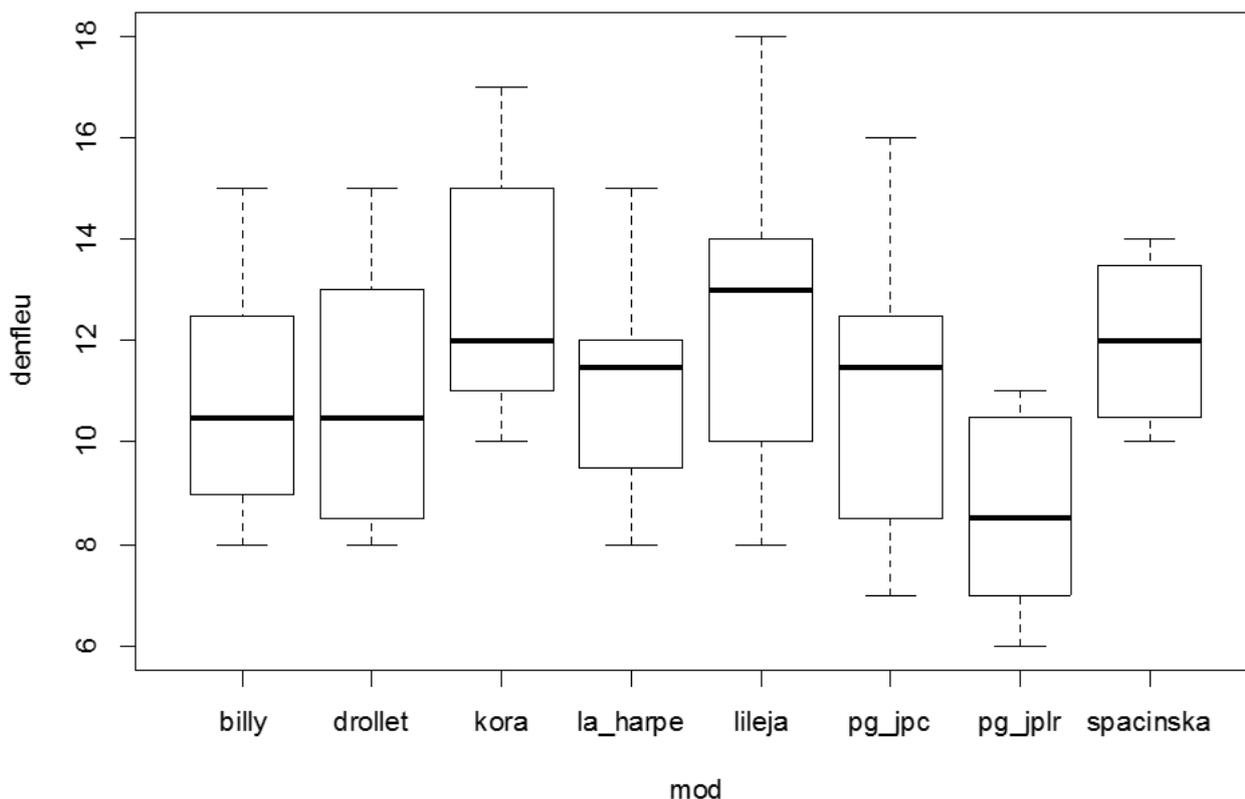
Comme on a pu le voir à la présentation des sites d'essais, de nombreuses difficultés sont survenues sur cette parcelle d'essais. L'absence de bordure, la présence d'une haie et la mauvaise localisation de la placette de la variété Lileja sur la répétition A nous ont conduits à ne pas analyser les données issues de celle-ci.

Nous n'avons pas d'information sur la présence de ruches à proximité mais la quantité d'abeilles observées était nettement plus faible que sur les deux autres sites. Des comptages ont pu ainsi être réalisés seulement en début de floraison (J38 et J44) : par la suite la quantité d'abeilles en butinage était vraiment trop insuffisante pour permettre une analyse de données. On ne sait pas à quoi est due cette absence d'abeilles, on peut avancer l'hypothèse d'une floraison concurrentielle après J44 à proximité de la parcelle d'essai, attirant la plupart des abeilles vivant à proximité.

Sur ce site, la quantité de données analysées est donc très faible : deux séries de comptages, par un observateur, sur une seule répétition.

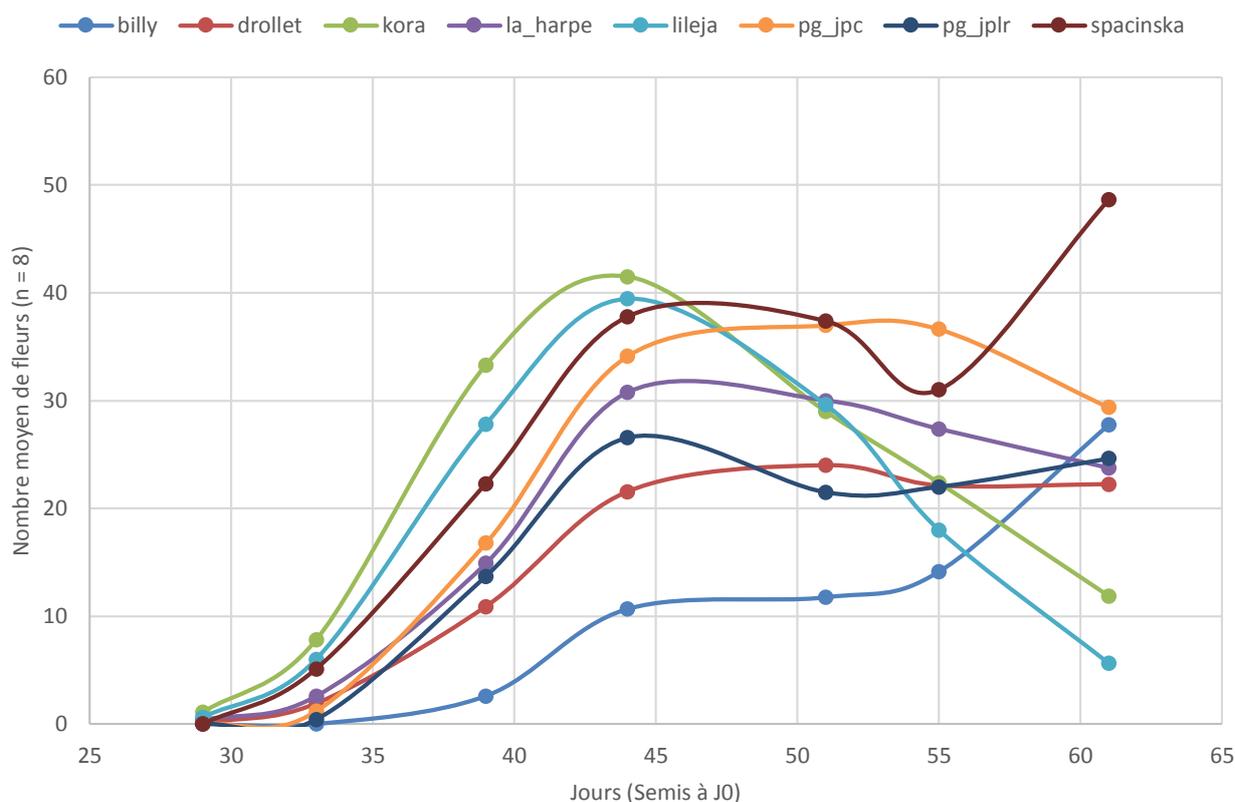
3.1. Etude de la densité fleurie

On obtient le même résultat que sur le site de Dinan (voir figure ci-dessous): la variété PG JPLR présente une densité plus faible du fait de la présence de sarrasin de Tartarie. On en tiendra compte lors de l'analyse inter-variétale (située à la page suivante, figure en page de gauche : données de Dinan- C).



Boîte de dispersion des densités fleuries par variété (KW - 8^E-4) - répétition B - Le Rheu

Cinétique de floraison par variété - Le Rheu - Bloc B



Jour	J38			J44		
	μ ± σ	n	c	μ ± σ	n	c
variétés						
billy	2,6 ± 5,5	8	1	10,7 ± 14,7	8	1
drollet	10,9 ± 7,2	8	12	21,6 ± 9,0	8	12
kora	33,3 ± 18,4	8	3	41,5 ± 23,5	8	2
la_harpe	14,9 ± 12,2	8	12	30,8 ± 20,9	8	12
lileja	27,8 ± 18,2	8	23	39,4 ± 24,1	8	2
pg_jpc	16,8 ± 8,4	8	13	34,1 ± 9,7	8	12
pg_jplr	13,7 ± 8,2	8	12	26,6 ± 16,5	8	12
spacinska	22,3 ± 17,4	8	23	37,8 ± 20,2	8	12
Test - p-value	KW - 4,5E-5			KW - 0,02		
jour	J38			J44		
	μ ± σ	n	c	μ ± σ	n	c
variétés						
billy	0,7 ± 1,2	3	1	4,7 ± 1,2	3	1
drollet	5,3 ± 2,5	3	1	18,7 ± 0,6	3	234
kora	19,7 ± 1,2	3	2	28,3 ± 4,7	3	4
la_harpe	6,3 ± 0,6	3	1	24,0 ± 8,7	3	34
lileja	16,3 ± 6,1	3	2	23,0 ± 5,2	3	34
pg_jpc	5,3 ± 1,5	3	1	6,0 ± 2,0	3	1
pg_jplr	2,0 ± 1,0	3	1	7,7 ± 4,0	3	12
spacinska	7,3 ± 2,1	3	1	12,3 ± 1,2	3	13
Test - p-value	KW - 0,005			KW - 0,005		

Figure 30 : haut : cinétique de floraison des différentes variétés au cours du suivi (n nombre de mesure par point) - bas : table présentant les résultats des analyses statistiques effectuées (n nombre de mesure par variété, classe statistique de la variété, A et KW : tests utilisés pour mettre en évidence les différences entre les variétés : ANOVA et test non paramétrique Kruskal-Wallis) - Le Rheu - B

3.2. Comparaison des variétés

Le Rheu - B		Abeilles				
		--	-	=	+	++
Fleurs	--	Billy 44	Billy 38			
	-					
	=	PG JPC 38			La Harpe 44	
	+					Lileja 38
	++				Lileja 44	Kora 44 Kora 38

(voir fig. 30) Bien qu'il y ait peu de données, on obtient la même tendance que sur les autres sites d'essais : en dehors de la distinction à faire sur la variété PG JPC à J38 (très peu d'abeilles observées par rapport aux autres variétés alors que les floraisons sont homogènes), on vérifie la corrélation entre les quantités d'abeilles comptées et l'importance de la floraison.

Table de corrélation fleurs - abeilles - Le Rheu - rép. B

3.3. Analyse de la cinétique de floraison

On observe un effet de l'épisode pluvieux survenu à la fin du suivi comparable à celui de Bain-de-Bretagne, ayant un effet de prolongation voire de relance de la floraison sur certaines variétés. On observe une nouvelle fois la distinction de Kora et Lileja des autres variétés (sur lesquelles on n'observe aucune reprise de la floraison en fin de suivi, de même qu'à Bain). Billy se distingue également de par sa floraison tardive. Il ne faut pas accorder trop de poids à ces données car elles ne sont issues que de 8 mesures par variété, sans autre répétition (la répétition A étant éliminée pour les raisons évoquées précédemment).

Discussion sur les résultats obtenus

1. Corrélation abeilles – fleurs

		Abeilles				
		--	-	=	+	++
Fleurs	--	12	4	-	-	-
	-	2	4	2	-	1
	=	1	3	-	5	3
	+	-	-	3	4	3
	++	-	-	-	1	6

Table de corrélation abeilles – fleurs sur tout le suivi

Le tableau ci-contre reprend l'ensemble des tables de corrélation fleurs – abeilles issues des trois sites et des treize jours de suivis pris en compte dans l'analyse de données. La corrélation entre les comptages de fleurs et d'abeilles est systématiquement vérifiée, sur l'ensemble des sites et des blocs. Il convient de préciser une nouvelle fois que seules sont présentes dans ce tableau les variétés se distinguant sur l'un ou l'autre des comptages sur l'une des treize journées de suivi. Les variétés qui ne se sont pas distinguées n'y figurent pas mais cela ne signifie pas qu'elles ne vérifient pas cette corrélation. Au contraire, elles indiquent qu'à floraisons équivalentes, on observe des

attractivités d'abeilles équivalentes, quelles que soient les variétés. Les cinq exceptions que l'on a relevé [de type $(\pm\pm) \times (=)$ ou $(++) \times (-)$] ne sont donc pas significatives si l'on prend en compte l'ensemble de ces variétés qui ne se sont pas distinguées du fait de leurs floraison et attractivités d'abeilles homologues.

D'autres arguments vont également dans ce sens. On a observé des différences en termes d'attractivité des abeilles entre les répétitions à Bain-de-Bretagne (A – BC) et à Dinan (B – C) alors que les floraisons moyennes des individus suivis étaient équivalentes. Sur le premier site, on a pu expliquer ces différences par des densités de peuplement différentes sur les deux blocs isolés (impliquant des différences de floraisons globales), ce qui vérifie la corrélation. Sur le second, on a supposé que la verse a impacté l'attractivité des globales des placettes en diminuant la facilité d'accès aux fleurs. Ce qui viendrait également appuyer l'hypothèse du lien entre les quantités d'abeilles et de fleurs.

Les expérimentations réalisées permettent donc de vérifier qu'il y a une corrélation nette entre la quantité de fleurs ouvertes et la quantité d'abeilles les butinant.

On peut ainsi également en déduire qu'il n'y a pas de différence entre les variétés quant à leur attractivité des abeilles, à floraisons égales. On n'a pas observé de variétés attirant systématiquement plus d'abeilles à des niveaux de floraison équivalents. A un jour donné, les différences observées d'attractivité des abeilles entre les variétés sont quasi systématiquement corrélées avec le niveau de floraison de celles-ci (à quelques exceptions non significatives près). Les différences entre les variétés semblent donc uniquement imputables à leurs différences respectives en matière de floraison (au niveau quantitatif et selon la cinétique de floraison).

Les études s'intéressant à l'attractivité des pollinisateurs par le sarrasin citées dans l'étude bibliographique indiquaient que des différences inter-variétales avaient pu être observées variétés et les expliquaient par les caractéristiques de leurs floraisons respectives et leur productivité en nectar. Dans notre étude, nous n'avons pas été en mesure d'étudier l'influence de ce second paramètre. Cependant, s'il avait eu un impact important sur l'attraction des abeilles, l'effet se serait fait ressentir dans notre analyse. Dans l'hypothèse où cet effet existerait, il semblerait qu'il soit trop faible pour être détecté en utilisant notre méthodologie d'analyse.

2. Cinétiques de floraison

On a conclu que les différences inter-variétales d'attractivité des abeilles relevées s'expliquent par leurs cinétiques de floraison respectives. Malheureusement, le suivi effectué ne permet pas de caractériser et d'individualiser de manière précise les différentes variétés étudiées sur ce point.

On peut néanmoins distinguer trois variétés des cinq autres quant à leurs caractéristiques de floraison. Kora et Lileja sont nettement plus précoces que les autres et présentent une floraison groupée autour d'un pic de fleurissement intense et bien défini. A l'inverse, Billy se distingue de par sa floraison peu importante, tardive et étalée. L'étude menée ne permet pas d'individualiser les autres variétés de manière satisfaisante, on peut seulement dire qu'elles se situent entre ces deux groupes bien définis.

La typologie de floraison n'est pas en relation avec le type de sarrasin. Kora est une variété utilisée pour engrais vert alors que Lileja, Billy et Spacinska sont des variétés décorticables. Les variétés pour meunerie (la Harpe et les Petits gris) ont des comportements variés.

On peut par contre remarquer un lien entre l'origine des variétés et les résultats obtenus dans cette étude. Billy est la seule variété parmi les huit étudiées ne provenant pas d'Europe (Canada). Lileja et Kora sont des variétés issues d'une sélection effectuée en Europe de l'Est. Les Petits Gris, la Harpe et Drollet sont des variétés françaises. Seule Spacinska, provenant comme Kora et Lileja d'Europe de l'Est et ne se distinguant pas des variétés françaises dans notre étude, ne permet pas de vérifier ce lien. Des analyses génétiques pourraient être envisagées pour étudier si ces observations ont un sens ou non.

Les limites de notre suivi des floraisons se situent au niveau de la quantité de données relevées et s'expliquent par notre objet d'étude. Il s'agit en effet de variété de type populations, impliquant par définition la présence d'une variabilité importante au sein de celles-ci. On est ici confronté à cette variabilité intra-variétale en matière de floraison. Dans ce contexte, il faudrait accroître considérablement la quantité de données récoltées pour être en mesure de caractériser les variétés plus précisément, ce qui nécessite des moyens importants, dont nous ne disposons pas.

3. Capacités mellifères des variétés

Le suivi effectué a permis de conclure que des différences existent entre les variétés quant à leur attractivité des abeilles. Toutefois, aucune conclusion n'est possible quant à leurs capacités mellifères. Il faut bien faire la distinction entre l'attractivité des abeilles et les capacités mellifères. Si toutes les fleurs sont également attractives mais que les productions florales (nectar, pollen) sont plus importantes sur une variété que sur une autre (données auxquelles nous n'avons pas pu avoir accès), il y aura des différences en matière de capacités mellifères entre ces deux variétés. L'étude de la production de nectar aurait peut-être apporté des précisions sur celles-ci. Malheureusement, l'impossibilité de prélèvement du nectar des fleurs de sarrasin dans notre contexte expérimental a posé cette limite à notre étude. On pourrait envisager d'étudier à nouveau cet aspect dans des conditions expérimentales plus contrôlées, l'effet de l'environnement étant très important sur la production de nectar.

Conclusion

1. Conclusion quant aux hypothèses formulées

L'étude réalisée apporte des éléments de réponse à la problématique et aux hypothèses formulées :

1. « Il y a un impact de l'aspect quantitatif de la floraison (nombre de fleurs) du sarrasin sur l'attractivité des abeilles. »

Les résultats obtenus valident cette première hypothèse, on a systématiquement pu vérifier une corrélation positive entre le nombre d'abeilles comptées sur les placettes et le nombre de fleurs présentes sur celles-ci.

2. « Il y a un impact de l'aspect qualitatif (productivité et composition du nectar) de la floraison du sarrasin sur l'attractivité des abeilles. »

Quant à cette hypothèse, l'étude menée ne permet pas de conclure directement du fait de l'impossibilité de procéder aux prélèvements de nectar des fleurs de sarrasin dans les conditions expérimentales dont nous disposons. On peut toutefois faire remarquer que si l'aspect qualitatif de la floraison (productivité et composition du nectar mais également du pollen produit par les fleurs) avait un effet nettement significatif sur l'attractivité des abeilles, cela aurait nécessairement eu une influence sur les comptages réalisés. On peut donc en conclure que si un tel effet existe, il n'est pas prépondérant et que la quantité de fleurs reste le paramètre majeur d'attraction des abeilles.

3. « Il y a des différences en matière de capacités mellifères entre les variétés de sarrasin étudiées. »

On ne peut pas conclure quant à cette hypothèse pour les mêmes raisons que précédemment.

2. Perspectives pour le projet Sarrasin de Pays

2.1. Perspectives pour la sélection

Le sarrasin étant une espèce à pollinisation croisée (allogame) du fait de son système d'auto-incompatibilité complexe, il est très dépendant de la présence des insectes pollinisateurs pour son rendement en grain. Les fluctuations très importantes du rendement d'un site à l'autre et d'une année à l'autre interrogent agriculteurs et chercheurs. Pour sélectionner des populations plus productives, la première étape était de vérifier le lien entre visite des pollinisateurs et qualité de la floraison. Nos résultats montreraient que l'aspect « quantitatif » de la floraison est à mettre en lien avec la présence d'abeilles. Même si nous n'avons pas eu accès à la qualité du nectar, il semblerait que le nombre de fleurs soit déjà un élément majeur d'attraction des abeilles pour toutes les variétés. Si l'aspect qualitatif (quantité, composition du nectar) avait eu un impact prédominant, les corrélations entre nombre de fleurs et nombre de pollinisateurs n'auraient pas été aussi constantes.

Sur le volet « exploration de la diversité, sélection » du projet Sarrasin de Pays, ces résultats seront donc pris en compte, on sait grâce à cette étude que les caractérisations des floraisons (nombre de fleurs en anthèse) suffisent pour connaître l'attractivité des abeilles. Il sera donc possible de ne tenir compte que de celles-ci, les

caractéristiques qualitatives des floraisons du sarrasin, qui sont très difficiles à obtenir au champ, n'ayant pas une importance majeure pour l'attraction des abeilles.

Il convient de rappeler que la pollinisation n'est qu'une composante du rendement en grain et que d'autres aspects sont à prendre en compte. On peut espérer que les autres relevés effectués au cours du suivi (notamment les données concernant les graines, à différents stades) fourniront également des résultats intéressants comme ceux que l'on a obtenus afin d'avancer sur les stratégies de sélection à mettre en œuvre.

2.2. Perspectives pour l'apiculture

L'étude n'offre pas de résultats directement exploitables sur cet aspect du projet Sarrasin de Pays, les productions de nectar des fleurs de sarrasin devront être à nouveau étudiées pour obtenir des conclusions quant à ce sujet. Pour cela, on pourra utiliser une méthodologie proche à celle mise en œuvre cette année, après l'avoir améliorée. On pourra également envisager une autre approche pour l'étude des capacités mellifères. On pourrait par exemple faire appel au réseau d'acteurs travaillant sur l'apiculture et impliqués dans le projet, en vue de collecter des données.

Autres travaux réalisés

La période de culture du sarrasin étant relativement tardive par rapport au début de mon stage, j'ai pu participer à de nombreuses autres activités dans le cadre des projets des autres membres de l'équipe :

- Recherches sur le blé (projet SAFARI) : j'ai aidé à plusieurs reprises Pierre et Simon à réaliser des prélèvements de biomasse blé – adventices sur leurs parcelles d'essais.
- Recherches sur le haricot : j'ai aidé Martin à réaliser les semis de haricot, dans le cadre des recherches sur l'adaptation chez le haricot.
- Projet Prévalaye Paysanne : j'ai eu l'occasion d'aller réaliser des études pédologiques avec Estelle à la Prévalaye (Rennes), dans le cadre du projet visant à proposer des perspectives agricoles adaptées à ce site.
- J'ai pu participer à une journée de rencontres et d'échanges sur la sélection paysanne (blé, vaches) chez Florent Mercier (Bouchemaine).

Dans le cadre du projet Sarrasin de Pays, j'ai eu l'occasion de réaliser des travaux dont je n'ai pas rendu compte dans ce rapport, du fait qu'ils ne se rapportent pas à ma problématique d'étude :

- Mise en place d'une Cross Composite Population, qui consiste à diriger les croisements en procédant à des pollinisations manuelles (semis, mise en place de filets anti-insectes, réalisation de la pollinisation)
- Semis de semences de sarrasin à multiplier.
- Participation au forum des moulins de Bain-de-Bretagne, début mai 2015

Références bibliographiques

- ADACHI T, 1990. How to combine the reproductive system with biotechnology in order to overcome the breeding barrier in buckwheat, *Fagopyrum*, **10**: 7-11.
- ALEKSEYEVA ES & BUREYKO AL, 2000. Bee visitation, nectar productivity and pollen efficiency of common buckwheat. *Fagopyrum*, **17**, 77-80.
- BESNARD AL, BERKOUK M, LECLERCQ J, PIERRE J, 2008 Etude de la production de nectar de 13 génotypes actuels de colza d'hiver – Fréquentation de certains d'entre eux par les abeilles – Rapport stagiaires INRA
- CAWOY V, 2007. Etude des facteurs de contrôle de la floraison et de la fructification chez le sarrasin commun, *Fagopyrum esculentum* Moench (cv. La Harpe). 31/01/07
- COLLIN C & KASTLER C, 2009. Réglementation semence, 1–16. [Disponible sur : http://www.semencespaysannes.org/bdf/docs/synthese_sur_la_reglementation_des_semences_s_ept_2009.pdf]
- CORNILLON PA, GUYADER A, HUSSON F, JEGOUE N, JOSSE J, KLOAREG M, ROUVIERE L, 2010. Statistiques avec R (PUR., p. 274).
- Données FAOSTAT, 2015 : Division statistiques de la Food and Agriculture Organisation (FAO), Organisation pour l'alimentation et l'agriculture des Nations Unies. Base de données en ligne. [Disponible sur : <http://faostat.fao.org>]
- GERSTER F, 2012. Plan de développement durable de l'apiculture. Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt. [Disponible sur : http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/CGAAER_Plan_de_developpement_durable_de_l_apiculture_cle05a14b.pdf]
- GOODMAN R, HEPWORTH G, KACZYNSKI P, MCKEE B, CLARKE S, BLUETT C, 2001. Honeybee pollination of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) cv. Manor. *Animal Production Science*, **41(8)**, 1217-1221.
- JACQUEMART AL, CAWOY V, KINET JM, LEDENT JF, QUINET M, 2012. Is Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Still a Valuable Crop Today? *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* **6 (Special issue 2)**, 1-10
- LEPRETRE FE, 2014a, Fiche culture Sarrasin, Documents du réseau Sarrasin de Pays, INRA, équipe BCRP, 1-13
- LEPRETRE FE, 2014b, Livret abeilles et sarrasin, Documents du réseau Sarrasin de Pays, INRA, équipe BCRP, 1-18
- LEPRETRE FE, 2015, Les échos du blé noir, Documents du réseau Sarrasin de Pays, INRA, équipe BCRP, 1-17
- MARSHALL HG, POMERANZ Y, 1982. Buckwheat: description, breeding, production and utilization. In: Pomeranz Y (Ed), *Advances in cereal science and technology*, Vol V. St Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemist Incorporated, 157-210.
- QUINET M, CAWOY V, LEFEVRE I, VAN MIEGROET F, JACQUEMART AL, KINET JM, 2004. Inflorescence structure and control of flowering time and duration by light in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Journal of experimental botany*, **55(402)**, 1509-1517.
- YASUI Y, MORI M, AII J, ABE T, MATSUMOTO D, et al. (2012) S-LOCUS EARLY FLOWERING 3 Is Exclusively Present in the Genomes of Short-Styled Buckwheat Plants that Exhibit Heteromorphic Self-Incompatibility. *PLoS ONE* 7(2): e31264. doi:10.1371/journal.pone.0031264