

Université Libre de Bruxelles  
Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire  
Faculté des Sciences  
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

« Risques et recommandations face au syndrome  
d'effondrement des abeilles »

Mémoire de Fin d'Etudes présenté par  
MARTIN, Pauline  
en vue de l'obtention du grade académique de  
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement  
Finalité Gestion de l'Environnement Ma120ECTS ENVI5G-T/  
Année Académique : 2011-2012

Promoteur : Prof. Pierre-Louis Kunsch  
Co-promotrice : Prof. Marie-Françoise Godart

Ce travail est imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement

## Résumé

L'organisation des ruchers est sophistiquée, réparties en strates, toutes les abeilles ont une tâche précise à accomplir. Leur survie dépend entièrement des ressources florales dont elles en extraient le nectar et le pollen, base de leur alimentation. Leur rythme de vie est donc calé sur les périodes de floraisons. Etant donné la forte interaction avec leur environnement, les abeilles sont confrontées à différentes pressions naturelles potentiellement perturbatrices.

Depuis une dizaine d'années, les taux de mortalité hivernale observés dans les ruchers sur plusieurs continents sont en augmentation. Ce phénomène est appelé **le syndrome d'effondrement des colonies** par la communauté scientifique. Une recherche bibliographique nous a permis d'identifier les différentes causes probables à l'origine de ce phénomène. Deux facteurs majeurs liés au modèle agricole moderne seraient potentiellement responsable du déséquilibre des colonies ; les pratiques de monoculture et l'utilisation de pesticides.

Nous nous sommes alors intéressés aux conséquences de la disparition des abeilles. L'absence des pollinisateurs, les plus utilisés pour les cultures destinées à notre régime alimentaire, pourrait avoir des conséquences importantes sur les plans économique, social et écologique. Les prix des fruits et légumes évolueront à la hausse et notre régime alimentaire sera sans doute impacté par une diversité réduite. En parallèle, le nombre d'apiculteurs devrait diminuer vu la disparition des ruchers. Mais ce sont les conséquences écologiques qui paraissent être les plus redoutables car les abeilles contribuent indirectement à de nombreux services écologiques en plus de celui de la pollinisation.

Afin d'endiguer le déséquilibre observé dans les ruchers, nous avons étudié et proposé des mesures visant à réduire les conséquences négatives entraînées par l'évolution du modèle agricole. Nous proposons également une stratégie à développer à court, moyen et long termes afin de restaurer la vitalité des ruchers belges. Si les abeilles venaient à réellement manquer nous proposons différentes alternatives pour les substituer.

Mettre en place une politique de sauvegarder des abeilles est essentiel pour le maintien et le développement des écosystèmes.



## **Remerciements**

L'aboutissement de ce travail n'aurait pas été possible sans l'aiguillage, le soutien, l'aide et l'amitié de nombreuses personnes que je souhaite remercier.

Merci à Monsieur Kunsch de m'avoir aidé à structurer mon travail, pour ses précieux conseils, sa disponibilité et son apport infailible en dynamique des systèmes.

Merci à Madame Godart pour ses recommandations avisées.

Merci à Mademoiselle Mutombo d'avoir été disponible et à notre écoute pendant ces deux années.

Merci aux personnes qui ont pu m'apporter des éclaircissements sur le syndrome d'effondrement des abeilles.

Merci à mes amis de l'IGEAT, de l'EABJM, du Canada, d'avoir été intéressés (ou d'avoir fait semblant de l'être) par « mes abeilles ». Sans votre soutien et vos encouragements je n'y serai pas parvenue.

Finalement, merci à mes parents, à ma sœur et au reste de ma famille pour leurs encouragements.



## Table des matières

Résumé.....	ii
Remerciements.....	iv
Table des figures .....	viii
1. Introduction .....	1
2. Présentation du syndrome d’effondrement des abeilles .....	5
3. Le rucher à l’état d’équilibre .....	7
3.1 Le fonctionnement d’une ruche.....	7
3.1.1 Les strates des abeilles .....	7
3.1.2 Les moyens de repérage dans l’espace .....	8
3.1.3 Les moyens de communication.....	9
3.2 La ruche en interaction avec son milieu.....	11
3.2.1 Mécanisme de pollinisation .....	11
3.2.2 Les mécanismes perturbateurs naturels .....	14
3.3 Conclusion partielle.....	26
4. Le rucher à l’état de déséquilibre .....	29
4.1 Les mécanismes anthropiques du déséquilibre .....	29
4.1.1 Les conséquences du modèle agricole contemporain pour les abeilles .....	29
4.1.2 Les conséquences des pesticides utilisés en apiculture.....	40
4.1.3 Autres mécanismes perturbateurs anthropiques.....	42
4.2 Conclusion partielle.....	46
5. Les conséquences de la dynamique déséquilibrée.....	49
5.1 Les conséquences économiques .....	49
5.1.1 Evaluation économique.....	49
5.1.2 Variabilité des prix des denrées pollinisées .....	54
5.2 Les conséquences écologiques .....	55
5.2.1 Pour la production alimentaire.....	55

5.2.2	Pour les services écosystémiques auxiliaires.....	56
5.3	Les conséquences sociales .....	57
5.4	Conclusion partielle.....	59
6.	Alternatives, pistes de réflexions.....	61
6.1	La participation de la Belgique dans la sauvegarde des abeilles.....	61
6.1.1	Les projets existants pour la sauvegarde des abeilles .....	61
6.1.2	Implication de la Belgique dans plusieurs projets de recherches .....	63
6.2	Recommandations pour améliorer le cheptel apicole Belge .....	65
6.2.1	Proposition de mesures concrètes .....	65
6.2.2	Proposition d'une stratégie .....	68
6.3	Remplacement d'Apis mellifera.....	71
6.3.1	Par d'autres pollinisateurs.....	71
6.3.2	Par la pollinisation manuelle.....	74
6.3.3	Par la « superbe » .....	75
6.4	Conclusion partielle.....	76
7.	Conclusion.....	79
8.	Bibliographie .....	82
9.	Annexes .....	95

## Table des figures

Tableau 1- Etat de la ruche en fonction de la saison.....	16
Tableau 2- Les maladies de la ruche et leurs conséquences .....	26
Tableau 3 - Les effets des transgènes sur les abeilles .....	34
Tableau 4 -Taux moyen de vulnérabilité régionale face à la disparition du service de pollinisation.....	52
Tableau 5- Somme dépensée dans l'achat de fruits et légumes frais en fonction du revenu ...	58
Tableau 6- Evolution parallèle entre le nombre de colonies et le nombre d'apiculteurs en Europe Centrale .....	59
Schéma 1- Chronologie de l'activité des ouvrières .....	8
Schéma 2- La danse des abeilles.....	11
Schéma 3- Diagramme d'influence illustrant l'équilibre entre les abeilles et leur environnement.....	28
Schéma 4- Diagramme d'influence illustrant le déséquilibre entre les abeilles et leur environnement.....	48
Schéma 5- Méthode d'évaluation du service de pollinisation.....	50
Schéma 6- Proposition d'une nouvelle mesure agro-environnementale .....	66
Figure 1 - Variation de la population d'abeilles pendant l'année .....	15
Figure 2 - Courbe d'évolution du prix en fonction de la disponibilité du service.....	54



## **1. Introduction**

Avez-vous déjà réfléchi au travail des abeilles qui se cache derrière votre pot de miel ? Au-delà des produits qu'elles nous fournissent, les abeilles occupent un rôle crucial dans le maintien des écosystèmes. En butinant les fleurs pour leurs besoins alimentaires, les abeilles les pollinisent et permettent ainsi la production de fruits. Sans la pollinisation par les abeilles, certaines espèces végétales s'appauvriraient ou même disparaîtraient, c'est donc l'équilibre des écosystèmes qui est en jeu.

Les pharaons ont été les premiers à exploiter les produits des abeilles mais depuis plusieurs décennies, la pression exercée sur les abeilles s'est largement accrue en raison notamment des modèles apicole et agricole modernes. Afin de maximiser leur production, les apiculteurs tentent de soigner leurs ruches contre des pathogènes en utilisant des produits chimiques, n'obtenant pas toujours l'effet escompté. De leur côté, les agriculteurs ont de plus en plus souvent recours à des substances synthétiques dans le but de protéger leurs cultures contre divers ravageurs, non sans effets collatéraux pour le reste de l'écosystème. Tant de facteurs paraissent influencer l'équilibre que les abeilles semblaient avoir acquis dans leur environnement.

La disparition, l'affaiblissement ou encore la mortalité accrue des abeilles sont des faits fréquemment repris dans les médias, notamment depuis le milieu des années 2000 du fait d'un nombre inquiétant de ruches vides au début du printemps. Ce phénomène de disparition, prénommé syndrome d'effondrement des abeilles par les scientifiques, est mystérieux et préoccupent principalement les apiculteurs mais aussi les économistes, agriculteurs et scientifiques qui tentent d'en trouver les causes. L'objet de ce travail consiste donc à se plonger dans ce phénomène énigmatique.

Recouvrant de nombreuses notions ancrées tant dans le monde de l'entomologie, de l'économie, ou encore du domaine politique, ce projet a pour but de comprendre le fonctionnement d'une ruche afin de mieux appréhender les pressions auxquels elle fait face. L'objectif principal est de dévoiler les raisons avancées quant au phénomène de disparition des abeilles ainsi que de mesurer les conséquences probables de cette disparition.

**Le déséquilibre actuellement observé dans les ruchers représente-t-il des risques majeurs? Si oui, pour qui ?** Cette question fait l'objet de ce mémoire.

Afin d'y répondre, l'analyse est structurée en cinq parties.

La **première partie** explique le syndrome d'effondrement des abeilles. Elle détaille les symptômes observés, la particularité de cette situation par rapport à d'autres phénomènes et sa répartition géographique.

La **deuxième partie** basée sur une recherche bibliographique principalement biologique consiste à analyser le fonctionnement de la ruche et l'interaction entre les abeilles et leur milieu. Tout d'abord nous identifierons *Apis mellifera* parmi les insectes et présenterons les caractéristiques d'un insecte social. De ce fait, nous expliquerons les différentes strates d'abeilles et les tâches qu'elles effectuent. Nous étudierons ensuite la relation mutualiste entre les plantes et les abeilles via le mécanisme de pollinisation. Nous identifierons également les différents mécanismes perturbateurs naturels pouvant influencer la dynamique des populations d'abeilles. Finalement nous illustrerons l'équilibre atteint entre les abeilles et leur environnement naturel à l'aide de la dynamique des systèmes.

Dans une **troisième partie**, basée sur une recherche bibliographique approfondie, nous analyserons les mécanismes anthropiques du déséquilibre des ruchers. Nous tenterons de comprendre les causes du déséquilibre et de dresser une hiérarchie parmi les mécanismes anthropiques perturbateurs.

En **quatrième lieu**, nous aborderons les conséquences d'une disparition des abeilles, d'un point de vue économique, social et écologique. A travers des études sur le service écosystémique rendu par les abeilles, nous tenterons d'évaluer le coût de la pollinisation, actuellement obtenu gratuitement. Nous essayerons de comprendre les conséquences économiques et sociales de la disparition du service de pollinisation par les abeilles sur le prix des denrées pollinisées. Puis nous tenterons d'examiner les conséquences écologiques, pour la production alimentaire et pour les services écosystémiques auxiliaires.

Finalement dans la **dernière partie**, nous envisagerons des solutions face à la disparition des abeilles. Nous analyserons les solutions actuellement mise en œuvre en Belgique et sur base des solutions adoptées par d'autres pays, nous tenterons de planifier une stratégie à développer dans le temps. Dans le cas où le scénario d'un monde sans abeille se profilait véritablement, nous proposons des substitutions aux abeilles domestiques.

## Définitions de l'hypothèse et des termes

L'hypothèse générale permettant de répondre à l'objet de ce mémoire est que le déséquilibre dans les ruchers engendre des risques réels. Toutefois il est nécessaire de distinguer cette hypothèse pour distinguer les risques réels relatifs au maintien des écosystèmes aux risques réels pour la production alimentaire humaine. Notre travail tentera donc de répondre à deux hypothèses, la première est que le déséquilibre actuellement observé dans les ruchers est un risque majeur pour les écosystèmes et la deuxième est que le déséquilibre actuellement observé dans les ruchers n'est pas un risque majeur pour la production alimentaire.

De mon hypothèse générale ressort deux concepts importants, d'une part le déséquilibre des ruchers et d'autre part les risques majeurs.

D'un point de vue biologique relatif aux abeilles, le déséquilibre est synonyme de non renouvellement de la population. Comme abordé plus précisément ci-dessous, les abeilles sont organisées en strates, chacune contribuant au maintien de la ruche. L'équilibre écologique est défini comme « l'équilibre entre les organismes et la coexistence harmonieuse entre les organismes et leur environnement »<sup>1</sup> (OCDE Statistics Directorate, 2001). Le déséquilibre écologique se produit donc :

- lorsque l'équilibre entre organismes est rompu
- mais aussi lorsque la coexistence entre les organismes et leur écosystème n'est plus assurée.

Avec les hauts taux de mortalité observés dans les ruchers actuellement, l'équilibre entre les organismes n'est plus atteint. Les ouvrières ne sont plus présentes en nombre suffisamment important que pour pouvoir entretenir le couvain, la nouvelle génération n'est donc pas assurée. Si la nouvelle génération ne se développe pas comme prévu, c'est l'entière de la ruche qui est potentiellement à risque. Par ailleurs les pressions extérieures, exercées par les mécanismes perturbateurs, influencent l'équilibre entre les organismes et leur écosystème.

D'un point de vue environnemental, des risques majeurs font référence à des situations potentiellement périlleuses et irréversibles. L'agence environnementale de l'Europe définit un

---

<sup>1</sup> (traduction personnelle de « The ecological balance is the equilibrium between, and harmonious coexistence of, organisms and their environment » (OCDE Statistics Directorate, 2001)).

risque majeur comme la haute probabilité qu'un danger ou une situation engendre une perte importante d'individus, des personnes blessées, des dommages aux infrastructures, la perturbation de l'activité économique ou des nuisances à l'environnement<sup>2</sup> (European Environment Agency, 2011). Bien que cette définition soit plutôt adaptée à des risques humains, elle peut s'appliquer aux risques dus au déséquilibre des ruchers en raison du lien étroit entre l'activité des abeilles et l'environnement. En d'autres termes un risque majeur peut influencer et impacter de nombreux aspects relatifs à l'organisation du monde. Les risques réels concernant le maintien des écosystèmes font référence au maintien des individus, populations et communautés dépendantes directement ou indirectement des abeilles. Les risques réels relatifs au bien-être humain concernent le maintien de l'exploitation des produits de la ruche et des bénéfices obtenus grâce au service de pollinisation des abeilles.

---

<sup>2</sup> traduction personnelle : « The high probability that a given hazard or situation will yield a significant amount of lives lost, persons injured, damage to property , disruption of economic activity or harm to the environment; ») (European Environment Agency, 2011).

## **2. Présentation du syndrome d'effondrement des abeilles**

A la sortie de l'hiver 2007, les apiculteurs américains ont recensé des chutes subites dans les effectifs de leurs ruchers, d'en moyenne un tiers. Ce phénomène s'est avéré dans plusieurs ruches et est couramment appelé le syndrome d'effondrement des abeilles (Colony Collapse Disorder en anglais—CCD). Ce phénomène de disparition n'est pas localisée uniquement aux Etats-Unis, il est devenu un phénomène mondiale (Benjamin & McCallum, 2009).

Les pertes importantes d'abeilles de façon périodique ne sont pas un phénomène nouveau. En effet, l'Irlande a connu en 950 une forte mortalité des abeilles, ce fut également le cas en 992 et 1443 (Moritz, et al., 2010). Au début du 20ème siècle les apiculteurs de l'île de Wight ont remarqué qu'un nombre important de leur abeilles étaient en train de périr, la majorité ne parvenaient plus à voler et rampaient en dehors de la ruche. La « maladie de l'île de Wight » comme elle fut surnommée était due à une contamination des ruchers par un virus paralysant associé à des conditions climatiques peu favorables pour que les abeilles aillent butiner (Neumann & Carreck, 2010).

Ce qui différencie le syndrome d'effondrement des abeilles des autres phénomènes de disparition est que les abeilles ne reviennent pas à la ruche, comportement assez rare chez les insectes sociaux, que les pertes sont rapides et touchent un grand nombre d'abeilles. De plus, la maladie persévère dans le temps contrairement aux anciens phénomènes de disparition assez localisé temporellement et spatialement (Johnson, 2010).

Les experts caractérisent une ruche comme étant victime du syndrome d'effondrement des abeilles lorsque les cinq symptômes suivants sont observés :

- 1) la diminution ou la presque disparition d'abeilles adultes avec peu ou aucune abeilles mortes aux alentours de la ruche,
- 2) un faible ratio entre le nombre d'abeilles adultes par rapport aux nombres de larves,
- 3) une trop grande proportion de jeunes abeilles,
- 4) le refus de nourriture proposée par l'apiculteur,
- 5) l'absence de pillage des ressources alimentaires des abeilles avoisinantes lorsque la colonie est morte (Pettis & Delaplane, 2010).

Les scientifiques ont tenté de comprendre cette maladie mais aucune substance chimique ni pathogène ne permet d'expliquer l'observation faite, ils penchent alors vers une explication multi causale (De la Rúa, et al., 2009 ; Harries-Jones, 2009). Plusieurs pistes sont étudiées par les scientifiques, allant des changements en agriculture aux ondes téléphoniques, c'est au cœur de cette problématique que s'insère ce mémoire.

La Belgique est également touchée par ce phénomène de disparition. En 2004, les pertes moyennes en Wallonie s'élevaient à 14.6% et en Flandre 10.8%. (Haubruge, et al., 2006). En 2010, ce chiffre a encore augmenté atteignant alors les 27% en Wallonie et 22% en Flandre (Université de Liège, 2010).

Etant donné que ce problème s'est déclaré aux États-Unis, la plupart des études consultables rapportent de la situation dans ce pays. Toutefois il existe deux grandes différences notables entre le secteur apicole belge et américain. La première différence se rapporte à la pratique apicole, aux États-Unis, elle est largement commercialisée impliquant que les abeilles sont élevées dans le but de polliniser les cultures. Par exemple certains cultivateurs d'amandes en Californie louent des ruches pour polliniser les fleurs d'amandiers et assurer une riche production. En Belgique, les agriculteurs bénéficient de la pollinisation grâce aux ruches positionnées proches de leur champs par les apiculteurs, la location de ruche n'est pas une pratique répandue. La deuxième différence est qu'aux États-Unis, les apiculteurs transhument leurs ruchers de cultures en cultures au fil des périodes de floraisons. En Belgique, la transhumance n'est pas aussi répandue et se pratique uniquement pour quelques cultures spécifiques (typiquement la luzerne). La transhumance en Belgique est d'avantage réalisée pour augmenter la qualité du miel (voir Annexe 1 pg 95 ) (Polus, 2000) .

### **3. Le rucher à l'état d'équilibre**

#### **3.1 Le fonctionnement d'une ruche**

Avant de se plonger dans les causes du syndrome d'effondrement des abeilles, il est nécessaire de comprendre leur fonctionnement. Cela permettra de mieux comprendre les effets de certains facteurs détaillés plus tard dans ce travail et de mettre en avant l'équilibre précieux régnant dans la ruche.

##### **3.1.1 Les strates des abeilles**

L'abeille domestique, *Apis mellifera*, est un insecte social. Cela implique que les abeilles ne peuvent que vivre en colonie, une abeille seule ne peut survivre. Le fait que l'abeille soit un insecte social suppose un haut niveau d'organisation (Weiss & Vergara, 2002). En pratique, cela se traduit par une division des tâches au sein de la colonie entre les différentes strates.

Une colonie d'abeille se regroupe dans une ruche et compte quelques 20 000 à 90 000 abeilles (Cari asbl, 2009). La reine se distingue des autres abeilles car elle ne participe pas à la récolte de pollen ou de nectar. Elle est la seule pouvant se reproduire et a une durée de vie d'environ trois à cinq ans. Elle n'effectue qu'un seul vol durant sa vie, le vol nuptial, au cours duquel elle sera fécondée par plusieurs faux bourdons. Les œufs fécondés donnent naissance à des abeilles ouvrières ou reines et les œufs non fécondés (lorsque le stock de sperme est épuisé) donnent naissance à des faux bourdons. Par conséquent, la santé et la viabilité de la ruche dépendent majoritairement de la reine.

Les faux bourdons ont pour unique tâche la fécondation de la reine, ils ne participent pas à la récolte de nectar ou de pollen. Ils peuvent vivre jusqu'à six mois.

Les ouvrières sont stériles et leur occupation varie en fonction de leur stade de vie. Peu après leur naissance, les abeilles ne sont pas totalement développées, leur exosquelette est fragile et certains de leurs organes ne sont pas encore développés (notamment le dard). Leurs fonctions principales consistent à nettoyer les alvéoles afin que la reine puisse y pondre. Elles assument ensuite le rôle de nourricières, alimentant d'abord les nymphes avec du pollen et du miel puis les jeunes larves lorsqu'elles produisent de la gelée royale. Lorsque les abeilles commencent à produire de la cire, elles débutent la construction de alvéoles et recouvrent les larves en cours de développement afin de les protéger. Lorsqu'il est nécessaire, surtout en été, certaines abeilles doivent assurer la ventilation de la ruche en battant des ailes, afin que la température intérieure ne dépasse pas les 35°C, température idéale pour l'incubation des larves (von Frisch, 1969). Lorsque leur dard s'est développé, environ vers le 14<sup>ème</sup> jour, les abeilles

peuvent alors occuper le rôle de gardienne de la ruche et empêcher une intrusion extérieure. La dernière mission de l'ouvrière, à partir du 21<sup>ème</sup> jour et jusqu'à son décès est le butinage où elles collectent le nectar et le pollen des ressources florales avoisinantes. L'abeille s'aventure en dehors de la ruche, pour butiner les fleurs à la recherche de nectar et de pollen. Certaines conditions sont requises pour que l'abeille sorte de la ruche, une température supérieure à 9°C, un temps sec et peu de vent.

Une fois que l'abeille ouvrière s'affaiblit, elle ne retourne pas à la ruche mais se maintient sur une fleur où elle mourra (voir Schéma 1 pg 8). La durée de vie des abeilles ouvrières d'été est de 30 à 40 jours alors que les abeilles d'hiver vivent plusieurs mois (UNAF, s.d.).

**Schéma 1- Chronologie de l'activité des ouvrières**

Rôle de l'ouvrière	Nettoyage des alvéoles	Nourricières	Constructrices d'alvéoles	Gardiennes	Butineuses
Age moyen	1-5 jours	5-15 jours	5-20 jours	12-25 jours	A partir du 21 <sup>ème</sup> jour

Source : création personnelle sur base de (UNAF, s.d.)

Le couvain correspond aux jeunes abeilles, plus précisément il renvoi au développement de l'œuf pondu par la reine jusqu'à l'éclosion de la jeune abeille. C'est dans les alvéoles vides de la ruche que la reine pond ses œufs, ceux-ci seront alors « couvés » par les ouvrières de la ruche jusqu'à l'aboutissement de leur développement trois semaines plus tard. C'est durant les mois d'été que le couvain est le plus actif, plus de mille jeunes abeilles éclosent de leur alvéole contribuant remplacement des ouvrières en fin de vie et donc à la vitalité de la ruche (von Frisch, 1969).

### 3.1.2 Les moyens de repérage dans l'espace

Afin de se diriger vers les ressources florales dont elles ont besoin, les abeilles s'aident de deux sens : l'olfaction et la vue. Leur vue est limitée à une distance de quelques centimètres et leur interprétation des couleurs diffère de la nôtre. En effet, alors que les humains et les abeilles voient tout deux le vert et le bleu, ces dernières ne voient pas le rouge, mais contrairement à nous elles parviennent à voir les réfléchissements des rayons ultra-violets. Notre vision du monde est donc très différente de celle des abeilles. Une fleur blanche apparaîtra bleu violet pour une abeille, attirant donc son attention alors qu'une fleur rouge qui

attirera notre attention apparaîtra noire pour l'abeille (Clément , 2009 ; Tautz, 2008). Le sens olfactif est utilisé par les abeilles afin de se diriger vers une fleur. L'abeille est dotée de plusieurs milliers de cellules sensorielles sur son antenne qui lui permettent d'être particulièrement sensible aux odeurs. Alors que leur vue limite leur capacité à se diriger vers une fleur, un vent amenant une odeur de fleur peut diriger l'abeille jusqu'à celle-ci (Tautz, 2008).

Les abeilles sont donc capables de différencier les fleurs selon la combinaison de leur odeur et couleur. Elles ne naissent pas avec un code leur permettant de différencier les fleurs, mais elles sont dotées d'une capacité d'apprentissage qui leur permet alors de « mémoriser » les différentes combinaisons appartenant aux fleurs. Les abeilles sont capables de retenir sans faute l'odeur d'une fleur, au bout de deux passages sur celle-ci.

Afin de se repérer dans leur environnement, et toujours revenir à leur ruche les abeilles sont dotées d'un système cartographique très développé. Elles s'orientent notamment grâce à des repères terrestres se situant sur leur chemin et d'autres en rapport avec le ciel ; par exemple des arbres ou encore le soleil. Afin de connaître leur environnement, les abeilles s'envolent pour des vols de repérage aux alentours de leur ruche. Les ressources mellifères ne se situant pas toujours proches de leur ruche, les abeilles sont alors obligées de parcourir de plus longues distances, dans un territoire inconnu. Dans cette situation, les abeilles utilisent le soleil comme boussole s'orientant par rapport à la position de celui-ci. Lorsque le ciel est couvert et qu'il n'y a pas de soleil, les abeilles sont dotées d'une vision leur permettant d'exploiter la lumière polarisée par les nuages. Leur système de repérage est très perfectionné au point qu'elles parviennent à prendre en compte la rotation terrestre dans leur mouvement et à revenir exactement à la localisation de la ruche après avoir été butiné. Leur comptabilisation du temps est particulièrement précise, ainsi, lorsque les abeilles repartent de la ruche après une longue pause, elles parviennent à se rediriger vers la source d'alimentation qu'elles ont repérée auparavant (von Frisch, 1969).

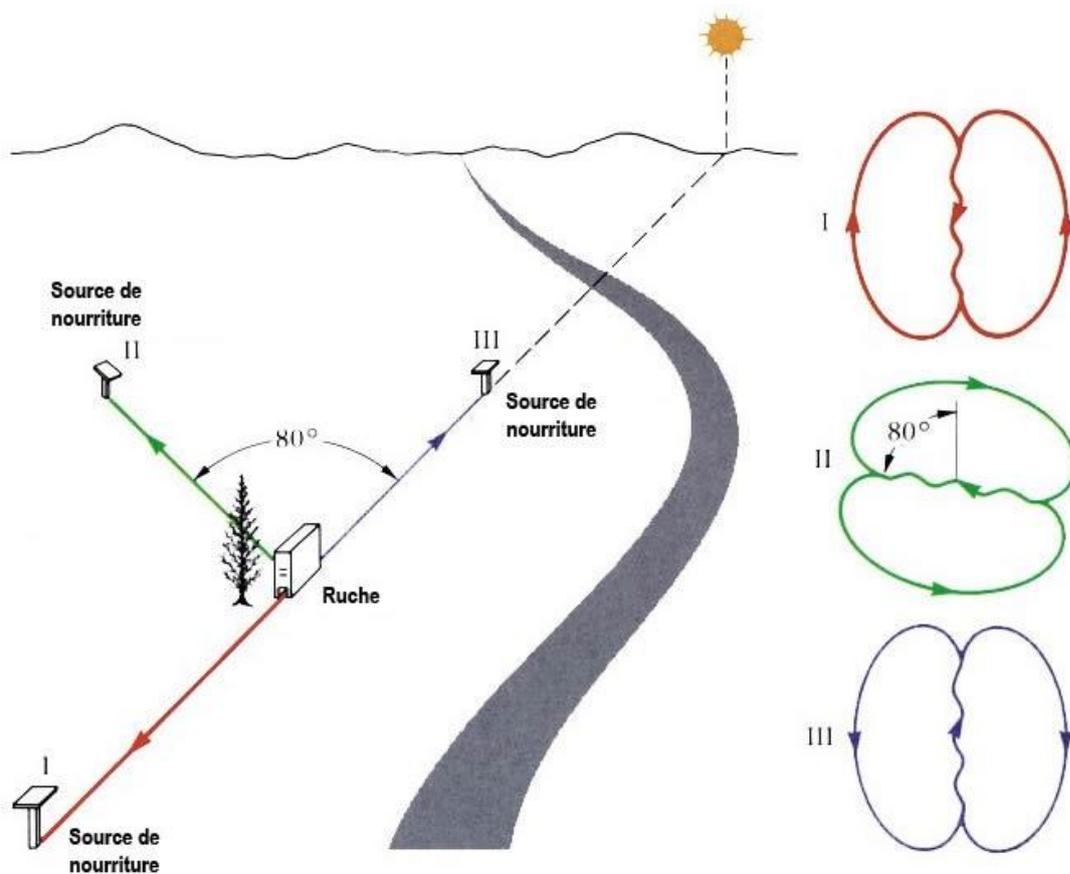
### **3.1.3 Les moyens de communication**

Les abeilles communiquent entre elles pour indiquer la localisation des fleurs particulièrement riches en nectar. La ruche étant plongée dans le noir, leur moyen de communication s'effectue via une danse. Une partie des abeilles ouvrières sont désignées comme « éclaireuses » et s'aventurent à la recherche de fleurs à exploiter. Une fois leur tâche terminée, elles retournent à la ruche pour communiquer aux autres abeilles la localisation de

ces fleurs. Dès son retour l'éclaireuse partage ses récoltes avec les autres abeilles afin que celles-ci s'imprègnent de l'odeur. Si la distance de la ruche aux ressources mellifères se situe dans un rayon inférieur à 70 mètres, l'abeille butineuse opère la danse « en rond » ; elle trace un rond en agitant son corps et une fois arrivée au point de départ, elle effectue le même rond en sens inverse. Les autres abeilles sont alors informées de la nature, de la quantité des ressources disponibles, et de la localisation proche de la ruche. Toutefois, elles ne nécessitent pas d'informations supplémentaires car leur sens olfactif est tellement performant qu'après quelques vols autour de la ruche, elles sont en mesure de trouver la source.

Dans le cas où la distance aux ressources florales est supérieure à 70 mètres, l'abeille effectue alors la danse « en huit » ; dessinant d'abord un trajet rectiligne le long du diamètre du cercle et ensuite un demi-cercle, une fois arrivée à son point de départ elle recommence le trajet rectiligne et fait encore un demi-cercle dans le sens opposé. Elle dessine alors un huit, d'où le nom de la danse. Lors du passage rectiligne, l'abeille fait frémir son abdomen ; la direction que prend l'abeille lors du frémissement indique la direction du butin par rapport au soleil. Par exemple, si le butin se trouve diamétralement opposé par rapport au soleil, la danseuse débutera son animation du haut vers le bas (voir Schéma 2pg 11). La fréquence du frémissement de l'abeille indique la distance à laquelle se situe le butin. Plus le mouvement est rapide, plus le butin est proche.

## Schéma 2- La danse des abeilles



Source : (Menasseri & Magliuli, s.d)

Après la communication à ses collègues, l'abeille éclaireuse retourne généralement à la localisation de la ressource florale et libère une substance qui les attirera. Dans l'optique sociétale, lorsqu'une abeille épuise le stock de nectar d'une fleur, elle « marque » la fleur d'un signe vide afin que ses collègues ne dépensent pas d'énergie inutilement. Ce signal s'estompe alors que la productivité du nectar reprend (Tautz, 2008 ; Clément , 2009; Bruneau, 2003 ; Bradbear, 2009 ; Donzé, 2001).

### 3.2 La ruche en interaction avec son milieu

Les abeilles jouent un rôle important dans la biodiversité et le bon état des écosystèmes végétaux.

#### 3.2.1 Mécanisme de pollinisation

Les plantes peuvent être catégorisées en deux grands groupes, d'une part les plantes à reproduction asexuée, qui s'autofécondent et d'autre part les plantes sexuées qui ont besoin

de l'acheminement de pollen par un agent biotique ou abiotique. Les abeilles font partie des agents biotiques pollinisateurs.

La pollinisation est « le transport des grains de pollen (élément mâle) sur le pistil (élément femelle) de la fleur pour assurer la fécondation. Ce transport est effectué par le vent, les insectes ou d'autres animaux. Au contraire des modes de reproduction végétative comme le bouturage, la pollinisation assure une reproduction sexuée, qui permet le brassage génétique et l'adaptation au milieu. » (CSI, 2006). Le brassage génétique donc est assuré par les agents biotiques qui transportent des gamètes d'une plante à une autre. Ceci peut être considéré comme un avantage compétitif par rapport à des espèces autofécondées, les espèces bénéficiant d'un brassage génétique sont plus adaptables aux changements de leur environnement

En récoltant leurs ressources alimentaires, les abeilles se couvrent de pollen – l'équivalent d'un spermatozoïde chez les fleurs, et s'en vont ensuite butiner d'autres fleurs. Lorsqu'elle atterrit sur une autre fleur afin d'y extraire le nectar l'abeille se frotte contre les différentes « parties » de la fleur. L'ovaire de la plante, où se situent les graines femelles, est protégé par le style. Ainsi, le pollen déposé à la surface de la fleur est « accueilli » par le stigmate, puis descend vers les graines femelles via le style. Cette fécondation produira un fruit le moment venu (Benjamin & McCallum, 2009 ; von Frisch, 1969). Inconsciemment, l'abeille permet donc le contact entre un pollen et un stigmate et déclenche la pollinisation. Une fois que les abeilles ont trouvé une espèce florale à butiner, elles restent « constantes » dans leurs visites ; elles ne visiteront que cette espèce jusqu'à épuisement de la ressource. Cette constance florale maximise la compatibilité entre pollen et graines femelles, se traduisant par la construction d'une tube pollinique qui mène à la fécondation (Spipoll, s.d. ; Free, 1963). Le butinage des abeilles permet de ne pas gaspiller de pollen sur d'autres espèces florales et donc de maximiser la fécondation (Tautz, 2008).

Les abeilles bénéficient également du service de pollinisation qu'elles effectuent. En effet, en pollinisant les plantes, elles récoltent du pollen et du nectar composants de leur alimentation. La constance florale leur est également bénéfique car cela minimise le temps de « recherche » permettant d'accéder aux ressources alimentaires plus vite.

Le nectar est un liquide sucré, apportant des éléments tels que des vitamines variant selon l'espèce florale. Seule l'abeille domestique transforme le nectar en miel, permettant de répondre aux besoins en chaleur et énergie de la ruche. Lorsqu'une abeille visite une plante,

elle est dotée d'une trompe mobile (proboscis) lui permettant d'extraire le nectar des tubes floraux. Ce dernier est stocké dans leur jabot pendant le butinage. Elle débute le processus de transformation en miel en y ajoutant des enzymes ayant pour but de casser les molécules de sucres complexes en simples molécules de glucose et fructose. Lorsqu'elles sont de retour à la ruche, les butineuses, régurgitent la solution aux autres ouvrières. Celles-ci sont alors en charge de le déshumidifier en exposant le liquide sucré à l'air chaud et sec de la ruche. Pour terminer le processus de déshumidification, le miel en devenir sera disposé à l'intérieur des alvéoles ouvertes. Lorsque le taux d'eau dans le liquide est réduit à 18%, le liquide peut être considéré comme miel. En moyenne une ruche a besoin de 15-20 kg de miel pour survivre l'hiver, le surplus produit est donc exploité par les apiculteurs (von Frisch, 1969 ; Benjamin & McCallum, 2009). La ruche confectionne de nombreux autres produits exploités par les apiculteurs, pour plus d'informations voir Annexe 2 pg 96.

En plus, les abeilles se nourrissent de pollen, leur permettant d'acquérir des protéines, des acides aminés, des lipides essentiels, ainsi que de vitamines et minéraux. L'élément nutritionnel riche qu'est le pollen est crucial pour les habitants de la ruche, son absence se traduirait par une suspension de la ponte de la reine et une malnutrition des larves. Ainsi elles en consomment entre 35 et 40 kg par an. (Clément , 2009). Le pollen se colle aux poils des pattes des abeilles, qu'elles brossent entre leurs pattes lors de leur vol vers une autre fleur. De retour chez elles, les abeilles partagent leur butin avec les autres abeilles qui le mélangent à du miel et de la salive pour ensuite le déposer dans un alvéole. Cette addition de miel et de salive, permet d'arrêter le processus de fermentation qui pourrait se produire. L'alimentation des abeilles étant constituée de pollen et nectar, assure la survie de la ruche, et permet leur autonomie (von Frisch, 1969 ; Benjamin & McCallum, 2009).

En ce sens, la relation entre les abeilles et les fleurs est symbiotique, définie par une « Association durable et réciproquement profitable entre deux organismes vivants » (CSI, 2001). Les deux espèces profitent réciproquement de leurs actions respectives ; les abeilles ne parviennent qu'à digérer le pollen et le nectar, ainsi les fleurs sont leurs uniques sources d'alimentation. Alors qu'elles butinent pour leurs besoins, les abeilles pollinisent les fleurs, en d'autres termes, permettent la reproduction des fleurs. Il existe donc un équilibre entre le service de pollinisation rendu par les abeilles et leurs besoins en alimentation.

### 3.2.2 Les mécanismes perturbateurs naturels

Bien entendu, les interactions de la ruche avec l'extérieur peuvent perturber l'équilibre intérieur et influencer la dynamique régnante. Ces perturbateurs naturels sont qualifiés comme tels car ils ont toujours influencé la dynamique des abeilles. Parfois, les conséquences de ces perturbateurs peuvent entraver les abeilles de certaines caractéristiques voir même entraîner la mort de la colonie. Les abeilles ont toujours évolué avec les perturbateurs naturels, qui n'ont pas été ajoutés par l'homme. Néanmoins, certaines pratiques anthropiques ont amené de nouveaux perturbateurs naturels, auxquels les abeilles doivent faire face.

#### - Saisonnalité

La colonie est fortement dépendante des conditions climatiques, et son organisation est méticuleusement planifiée afin de répondre aux variations saisonnières (voir Figure 1 pg 15).

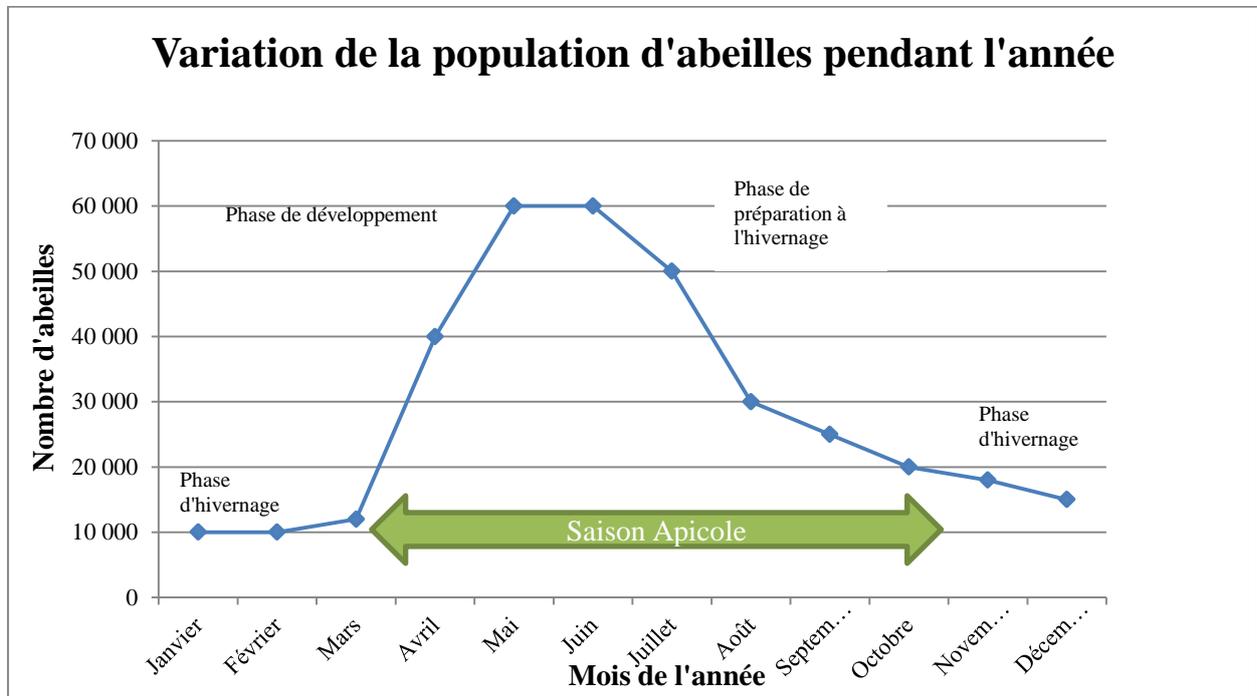
Etant donné l'étroite liaison avec les ressources florales, la population de la ruche évolue en fonction des saisons et les ressources alimentaires sont planifiées pour que la population hivernale puisse se nourrir malgré l'impossibilité de butinage (voir Tableau 1pg16.).

En hiver, les abeilles doivent maintenir une température constante dans la ruche afin de ne pas perturber le développement des larves. Les abeilles s'ordonnent en rang et battent des ailes afin de mitiger les basses températures, elles partagent cette tâche. Après avoir traversé l'hiver, les effectifs dans la ruche sont entre 2 et 5% inférieurs à ceux de l'automne, ce taux de mortalité est considéré comme naturel. Toutefois, lorsque le printemps est froid et que les conditions ne sont pas idéales pour que les abeilles restockent leur ruche en nourriture, les abeilles doivent s'appuyer sur les ressources hivernales restantes. Cependant à la sortie de l'hiver les ressources de la ruche sont amoindries, limitant le nombre de bouches pouvant être nourries ; la ruche souffrirait alors de famine. La faiblesse de la ruche à la sortie de l'hiver la rend globalement plus vulnérable à l'intrusion de prédateurs ou la contamination de pathogènes. Dans un tel contexte les taux de mortalité peuvent atteindre les 15 % (Bruneau, 2005 ; Haubruge, et al., 2006).

En 2008 en Belgique par exemple, le début de l'hiver fut doux, le couvain pu alors se développer. Toutefois, les mois de mars et d'avril furent plus froid, ce qui affecta à la fois la ponte de la reine ainsi que les nouvelles abeilles qui n'ont pas reçu les « soins » nécessaires à leur développement car les ruches étaient moins bien chauffées (Bruneau & Burget, 2008).

Cette combinaison de facteurs résulta en un nombre réduit de jeunes larves pouvant assurer la continuité de la ruche après l'hiver.

**Figure 1 - Variation de la population d'abeilles pendant l'année**



Source : (Chiron & Hattenberger, 2008)

**Tableau 1- Etat de la ruche en fonction de la saison**

Saison	Etat de la ruche
Hiver	Effectifs réduits, pas de ressources florales, pas de butinage, les abeilles vivent sur leur stock de ressources
Printemps	Ouvrières butinent, la reine reprend sa ponte, les jeunes reines et faux bourdons éclosent et les essaims s'envolent vers de nouvelles locations, production de cire pour la ruche
Eté	Amincissement des richesses florales, baisse de la ponte de la reine, remplacement très rapide des ouvrières
Automne	Population fortement diminuée, faux bourdons éliminés, ponte automnale de la reine permettant de passer l'hiver

Source : (UNAF, s.d.).

#### - Longévité

La longévité des abeilles d'hiver détermine grandement le succès de la continuité de la ruche post hiver. En effet, si les abeilles d'hiver sont en bonne santé et perdurent assez longtemps durant l'hiver, les générations d'abeilles d'hiver et d'été se superposent dans quel cas, les tâches nécessaires pour une bonne reprise au printemps sont assurées. Si les abeilles vivent plus longtemps, les larves ont le temps de se développer et donc de reprendre le relais des abeilles d'hiver. Si les abeilles d'hiver vivent moins longtemps, elles ne vivent pas jusqu'à l'éclosion des nouvelles abeilles, il y a peu de superposition entre deux générations. Cette situation fréquemment rencontrée dans les ruches belges peut mettre à risque la pérennité de la ruche, la colonie pourrait ne pas se redévelopper « raisonnablement ». La longévité des abeilles d'hiver est très importante afin de maximiser la probabilité d'une reprise saine au printemps et d'avoir un nombre suffisant d'abeilles pour assurer le bon fonctionnement de la ruche (Artus, 2010 ; Imdorf, et al., 2010).

#### -Famine

Une ruche naturelle produit entre 20 et 30 kilos de miel en fonction du climat, des ressources florales avoisinantes et des pratiques apicoles. Les différentes strates d'une colonie ont différents besoins alimentaires, même si la base de leur alimentation est construite à partir de deux nutriments : le pollen et le nectar. Si l'alimentation de ces deux éléments devient trop faible, les abeilles ont un mécanisme d' « auto-alimentation » : elles sacrifient les larves les

plus jeunes, pour lesquelles le moins d'effort a été fourni, afin d'alimenter le reste des larves. Si le manque de pollen continue, le couvain ne pourra plus être entretenu, menant à la chute de la colonie. Etant donné l'évolution du développement des abeilles débutant par l'œuf, la larve, la nymphe et puis l'adulte, le manque de nourriture au stade larvaire influence son évolution. Un des risques que les abeilles encourent est donc la famine. Ce risque peut-être lié ou indépendant d'activités anthropogéniques (celles-ci seront développées dans la partie 4. Le rucher à l'état de déséquilibre).

La famine des abeilles s'explique par soit une période extrêmement longue de confinement, généralement lié à de rudes conditions hivernales, où les abeilles épuisent leurs stocks alimentaires sans butiner, ne le renouvelant donc pas (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

En conclusion, des facteurs simplement météorologiques et saisonniers peuvent potentiellement engendrer la perte d'un rucher. S'ajoutent à ces influences climatiques des pressions de prédateurs ou de maladies.

#### -Maladies des ruchers

Une étude multi factorielle réalisée dans des ruchers Wallons a dévoilé la présence de six parasites et neuf pathologies. Spécifiquement, deux pathogènes semblent majoritaires : la loque américaine et le virus *Varroa Destructor*, respectivement présents dans 26% et 100% des ruchers analysés (Nguyen, et al., 2007). Il est à noter que la liste et la description des virus, acariens et champignons qui suit n'est pas exhaustive, elle reprend simplement quelques pathogènes qui sont souvent identifiés chez les abeilles malades.

##### i. La loque américaine

La bactérie *Paenibacillus larvae* est à l'origine de la contamination des colonies d'abeilles par la loque américaine. Cette maladie est l'une des plus destructrices pour les apiculteurs, car sa propagation est extrêmement rapide et entraîne souvent la mort de la colonie ; caractéristiques qui lui ont valu le titre de Maladie réputée contagieuse en France (Le Conte & Faucon, 2002). En réalité c'est la spore de la bactérie, très résistante qui engendre la loque américaine. Seules les larves operculées sont infectées par cette maladie, les ouvrières qui ingèrent la spore ne la développeront pas mais en sont potentiellement porteuses. La dose létale de la maladie est la plus faible alors que la larve vient d'éclore ; seules dix spores suffisent pour contaminer la larve, comparativement à une jeune abeille par exemple (Genersch, 2010). Une fois les spores ingérées via la nourriture larvaire, celles-ci germent

dans l'intestin. La bactérie se nourrit alors de l'hémolymphe (sang des insectes) et engendre la mort de la larve. Physiquement, une larve affectée se manifeste par un opercule abîmé, une couleur brunâtre plutôt que jaune transparent, et une forte odeur d'ammoniac qui peut se dégager (Groupement de défense sanitaire apicole, 2012). La maladie se transmet par les ouvrières de par leur rôle de nourricières et nettoyeuses. En effet, les ouvrières nettoient les alvéoles et peuvent donc être en contact avec des larves mortes infectées. Par ailleurs, une fraction des spores peut également rester attaché à la paroi de l'alvéole; propice au développement de la loque américaine des larves qui occuperont ces alvéoles. Certains auteurs avancent que les spores de la loque américaine peuvent vivre jusqu'à 35 ans (Le Conte & Faucon, 2002 ; Fries & Camazine, 2001 ; Genersch, 2010).

Les modes de transfert de la maladie vont au-delà des frontières du rucher, deux phénomènes sont susceptibles d'amener la contamination à d'autres ruches. D'une part, lorsque les ressources alimentaires manquent, les abeilles n'hésitent pas à voler certaines ressources à d'autres ruches. Habituellement, lorsqu'une abeille étrangère tente de pénétrer dans la ruche, elle devrait être chassée par les gardiennes mais ce n'est pas le cas si la ruche est affaiblie. Ainsi, une abeille externe à la ruche pourrait s'y infiltrer afin de piller les ressources potentiellement infectée au sein de la ruche, condamnant certaines larves de sa propre ruche en les nourrissant avec la nourriture pillée. D'autre part, une abeille peut confondre sa colonie avec une autre ruche, entraînant une fois encore l'insertion d'une abeille extérieure dans la ruche. Certains auteurs pensent qu'une abeille extérieure pourrait « payer » son entrée dans la ruche aux gardiennes monnayant du miel. Si cette abeille est infectée et nourrit les larves de sa nouvelle ruche, elle peut potentiellement engendrer une contamination de toute la ruche (Genersch, 2008).

## ii. La loque européenne

Cette maladie s'attaque au couvain non operculé âgé de 4 à 5 jours, via leur nutrition (Adam, 2012). La bactérie (*Melissococcus plutonius*) infiltre les larves par le biais de la nourriture et prolifère dans l'intestin, mais les mécanismes exacts qui engendrent la mort de la larve sont encore peu connus. La maladie se détecte par la couleur jaunâtre ou brunâtre des larves, par leur aspect desséché, par une odeur de pourriture. Elles ne s'attachent pas à l'alvéole contrairement à la loque américaine (Forsgren, 2010 ; Chiron & Hattenberger, 2008).

La propagation s'opère de la même façon que pour la loque américaine. La persistance de la maladie s'entretient par la survie des individus infectés, qui laissent derrière eux la bactérie

avec leurs fèces dans l'alvéole alors qu'ils se métamorphosent. En cas de survie de la larve malgré l'intoxication, l'abeille naissante sera sous développée en raison de la mauvaise alimentation qu'elle reçut lors du stade larvaire. Les modes de propagation de la maladie entre colonies sont similaires à ceux de la loque américaine. Par ailleurs, des facteurs extérieurs semblent influencer la virulence de cette bactérie (Forsgren, 2010).

### iii. La varroase

A l'origine de cette maladie, un acarien ectoparasite, *Varroa Destructor*, vivant en symbiose avec l'abeille *Apis cerena*, originaire du sud-est de l'Asie. L'apiculture commerciale et les échanges d'abeilles ont engendré la mutation du parasite chez *Apis mellifera*, dans les années quatre vingts en Belgique, espèce au sein de laquelle il est particulièrement destructeur (Potts, et al., 2010). L'acarien est de petite taille ce qui lui permet de s'insérer dans les tergites des abeilles, puis il perce la membrane intersegmentaire où il se nourrit de l'hémolymphe. Le *Varroa Destructor* s'attaque aux abeilles adultes, aux larves mais aussi aux nymphes ; proliférant sur base des deux dernières. Le varroa se développe parallèlement aux larves dans les alvéoles. De la sorte, lorsque le stade larvaire a abouti, la jeune abeille ainsi que de nombreuses femelles varroa sont délivrées, le mâle quant à lui sera éliminé par les abeilles nettoyeuses (Le Conte & Faucon, 2002 ; Benjamin & McCallum, 2009).

Même si les larves sont contaminées par le *Varroa Destructor*, elles parviennent tout de même à continuer leur développement. Toutefois, leur physiologie en est affectée ; par exemple, les larves infectées ne développent pas entièrement certaines protéines caractéristiques de l'hémolymphe (hémocytes), réduisant la capacité du système immunitaire des abeilles ou encore la malformation des ailes (Amdam, et al., 2004 ; Le Conte, et al., 2010).

Le *Varroa Destructor* se répand rapidement au sein d'une colonie en s'infiltrant dans le corps des ouvrières. La propagation s'opère également à l'extérieur de la ruche, par le biais des faux bourdons qui sont mieux acceptés dans les différents ruchers ainsi que par des butineuses lorsqu'elles pillent les ressources d'autres ruches. Toutefois il ne faut pas oublier l'importance des apiculteurs dans la transmission et la propagation du parasite, particulièrement lors de transhumance ou encore d'échanges de ruches (Le Conte & Faucon, 2002).

Malgré les connaissances par rapport à l'infestation de cet acarien, il reste encore de nombreuses inconnues, ce qui rend plus difficile le développement de traitements curatifs. Notamment, de nombreux doutes persistent en ce qui concerne le mode d'action de cette maladie ; engendrerait-elle des faiblesses du système immunitaire laissant place à d'autres pathogènes, ou raviverait-elle des maladies latentes (Benjamin & McCallum, 2009 ; Le Conte, et al., 2010) ? En l'absence de traitement, un apiculteur peut perdre jusqu'à 50% de son cheptel (Benjamin & McCallum, 2009 ; Nguyen, et al., 2007). En effet, une colonie infectée et non traitée peut survivre de 6 à 24 mois (Le Conte, et al., 2010). Certains traitements chimiques sont devenus inefficaces pour combattre l'infestation alors que l'acarien a développé des résistances aux traitements.

Ainsi, les « cocktails » de traitements sont préconisés, mais non sans risque. Récemment, des chercheurs se sont inquiétés de la toxicité des traitements multiples (voir plus loin dans les conséquences des pesticides utilisés en apiculture).

#### iv. *Acarapis woodi*

Le parasite *Acarapis woodi* fût découvert au début du 20<sup>ème</sup> siècle, cependant les mécanismes impliqués dans l'évolution de ce parasite potentiellement mortel pour les abeilles restent peu connus (McMullan & Mark, 2009). *Acarapis woodi* infiltre les voies respiratoires de l'abeille où il perce la trachée pour sucer l'hémolymphe et y dépose ses œufs (Sammataro, et al., 2000). Les abeilles sont alors sous-oxygénées, affaiblissant leurs activités (McMullan & Mark, 2009). Bien que le développement du parasite est le plus fréquemment observé dans la trachée, dans certains cas, des traces d'*Acarapis woodi* ont été trouvées dans d'autres organes de l'abeille, notamment la tête, l'abdomen ou encore la base des ailes mais les voies d'infection à ces endroits restent encore à déterminer. Lorsque la larve parasitique vient à bout de son développement, elle s'attache aux poils des abeilles et lors d'un contact avec une autre abeille elle en profitera pour s'y attacher, contaminant une autre abeille (Boucher, 2003). Parmi les effets cliniques observés suite à l'infection par *Acarapis woodi* ; mortalité plus importante en hiver, augmentation de la consommation de miel et diminution de la production, gonflement de l'abdomen, incapacité à voler mais dans certains cas avancés la mort (Sammataro, et al., 2000 ; Boucher, 2003). Etrangement, il semblerait que les traitements utilisés pour lutter contre la varroase agissent également contre le parasite *Acarapis woodi*, ce qui expliquerait que cette maladie soit devenue moins fréquente depuis l'apparition de la varroase dans nos ruchers (Adam, 2012).

#### v. *Nosema apis*

L'origine de cette maladie est une spore. L'infection est provoquée par l'ingestion de spores, au moment du nettoyage de la ruche ou de la trophallaxie (transfert de nourriture via la bouche) (Higes, et al., 2010 ; Flottum, 2007). La fréquence de la maladie est particulièrement accentuée lorsque les abeilles sont confinées à l'intérieur de la ruche en raison d'une période hivernale prolongée. Une telle situation les oblige à faire leurs besoins dans la ruche plutôt qu'à l'extérieur comme à l'habitude. Les spores restent actives jusqu'à un an dans les excréments, ce qui facilite la propagation de la maladie alors que les abeilles nettoient la ruche (Flottum, 2007). En effectuant cette tâche, les abeilles ingèrent les spores, qui passent dans l'intestin où les sucs gastriques brisent la membrane externe des spores, les rendant alors actives. La spore ingérée provoque alors une dégénération des cellules, détériorant la capacité de digestion du pollen (Benjamin & McCallum, 2009). L'abdomen de l'abeille gonfle et sa capacité à voler diminue, la récolte de pollen et nectar est également réduite. La maladie infecte principalement les ouvrières en raison de leur activité de nettoyage, la reine et les faux bourdons sont moins affectés ; seule l'alimentation contaminée par les ouvrières peut les rendre malades. Cependant, si la reine vient à être contaminée, les ovaires peuvent être affectés par la maladie cessant ses activités de ponte. Si les ouvrières nourrices sont infectées, leur capacité de sustentions des larves est réduite, réduisant la probabilité de maintenir la ruche en vie au moment du printemps (Collision & Sheridan, 2010).

Deux types de *Nosema* existent, pour plus d'informations concernant cette distinction voir Annexe 3 pg 97.

#### vi. Les virus paralysants

Il existe plusieurs virus paralysants, notamment le virus de la paralysie aigue, le virus de la paralysie chronique ou encore le virus israélien de la paralysie aigue.

Le virus de la paralysie aigue (Acute Bee Paralysis Virus) est souvent remarqué dans des colonies saines et est le plus souvent présent en association avec le *Varroa destructor*. En effet, le *Varroa destructor* peut être considéré comme un vecteur important du virus de la paralysie aigue car il transmet le virus dans 50 à 80% des cas (de Miranda, et al., 2010 ; Chen & Siede, 2007). Le virus provoque un affaiblissement de l'abeille associé à une paralysie croissante ; les différentes étapes sont le tremblement, l'incapacité à voler, une perte de poils et accompagnée d'une coloration noire du thorax dans le cas de la version chronique du virus

(Chen & Siede, 2007 ; Adam, 2012). La détection de la paralysie aigue se fait au niveau de la colonie entière. En d'autres termes, certaines ouvrières peuvent présenter différents stades d'évolution de la maladie mais ceux-ci s'enchainent très vite et en moins de cinq jours les abeilles peuvent disparaître – certains auteurs parlent même d'un seul jour, ne laissant pas la possibilité à l'apiculteur d'intervenir, la chute de la ruche étant imminente (Chiron & Hattenberger, 2008 ; Chen & Siede, 2007). Alors que pour le cas du virus chronique, la paralysie au niveau de la ruche entière peut être présagée, ainsi les experts considèrent qu'il est moins virulent (Chen & Siede, 2007 ; de Miranda, et al., 2010). Il en résulte de ces maladies, des larves en pauvre état de santé en raison d'un manque d'abeilles adultes pour s'en occuper entraînant l'état de déséquilibre de la ruche. Le virus de la paralysie aigue s'attaque au cerveau et aux glandes hypopharyngiennes mais se retrouve également dans les excréments des abeilles, laissant penser que le système gastrique est également cible du virus et que la voie de transmission du virus est orale (de Miranda, et al., 2010). Plus précisément, certains auteurs supposent que la transmission s'effectue lorsque les ouvrières se nourrissent du pollen potentiellement mélangé à des sécrétions aux larves (Chen & Siede, 2007). Bien que les virus se développent préférentiellement chez les ouvrières, ils peuvent également se développer chez les larves (de Miranda, et al., 2010).

-Prédateurs

#### i. Frelon Asiatique

Hypothétiquement, c'est à partir d'un nid contenu dans une poterie chinoise que le frelon asiatique, *Vespa Velutina*, est apparu sur le continent européen en 2004 (Benjamin & McCallum, 2009). Ce frelon est originaire des régions montagneuses d'Asie, toutefois il est doté d'une grande capacité d'adaptation. Par conséquent il s'est adapté au climat tempéré européen ce qui lui a permis de se développer grandement, atteignant une telle ampleur qu'il est désormais impossible d'envisager son éradication (Rortais, et al., 2009 ; Villemant, et al., 2006). (En raison de l'introduction récente de l'espèce en Europe, les données obtenues sont expérimentales et nombreuses hypothèses sont faites sur base des espèces vivant dans leur espace naturel.) A l'apogée de la colonie, la population peut atteindre plus de mille individus, alors qu'en hiver seules quelques reines survivent aux rudes conditions. Pour le moment, le frelon asiatique n'a pas encore traversé la frontière belge mais il a été repéré en France, proche de la frontière laissant présager que son arrivée sur notre territoire est imminent (De Muelenaere, 2012).

Les abeilles figurent parmi la nourriture des frelons, elles sont ainsi cibles de leur attaques. Les frelons stationnent à l'entrée des ruches et attendent leurs proies revenant du butinage. En général, deux ou trois frelons attaquent et s'emparent de l'abeille après l'avoir neutralisée (Villemant, et al., 2006). Ils la dépiècent ensuite afin de ne garder que leur thorax et leur tête qu'ils apprécient particulièrement pour leur contenance en protéines et avec lesquels ils nourrissent leurs larves (Rortais, et al., 2009). A priori les frelons ne se nourrissent pas des produits de la ruche, sauf si assez de butineuses sont tuées offrant alors un accès libre à la ruche (Chauzat & Martin, 2009 ; Abrol, 2006). (Cette information est à nuancer car une autre source suppose que les frelons ne peuvent pas accéder au couvain en raison de l'architecture de la ruche qui ne leur permet pas de le faire). Les attaques sur la ruche se traduisent au niveau de la colonie par un affaiblissement des abeilles mais d'une importance primordiale pour les apiculteurs, le couvain n'est que rarement voire jamais touché ; ne mettant donc pas directement en danger la pérennité de la ruche (Villemant, et al., 2006). Toutefois, si un nombre important d'abeilles venaient à mourir, les larves ne seraient plus alimentées correctement, influençant leur population aussi. Les mécanismes de défense de l'abeille domestique face à ce prédateur sont assez limités voir Annexe 4 pg97.

## ii. Le petit Coléoptère de la ruche

Même s'il ne s'est pas encore établi sur le territoire européen, il semble important de mentionner ce parasite en raison des menaces potentielles existantes et des dégâts qu'il engendre. En 2003, la Commission européenne a décidé de mettre en place des mesures de protection afin de s'assurer que ce parasite reste en dehors des frontières témoignant de la menace régnante de ce parasite<sup>3</sup> (Europa Press Releases RAPID, 2003). Parallèlement, le Royaume Uni a édité un rapport sur les risques du petit coléoptère des ruches pour l'apiculture anglaise et européenne (Brown & Marris, 2010). Ces actions préventives se sont révélées utiles, alors qu'un petit coléoptère de la ruche a été intercepté au Portugal en 2004 et un autre cas suspecté au Portugal respectivement en 2004 et 2006 (Cuthbertson, et al., 2010).

Les petits coléoptères de la ruche sont attirés jusqu'elles par l'odeur du miel et l'utilisent afin pour se nourrir et s'y reproduire. En effet, les petits coléoptères s'infiltrent dans la ruche pour déposer leurs œufs dans des crevasses ou dans des alvéoles remplies de pollen ou de larves.

---

<sup>3</sup> Ces mesures visent principalement à limiter les imports d'abeilles et faux bourdons en Europe et un contrôle spécifique afin de détecter la présence de deux parasites ( le petit coléoptère de la ruche et le parasite *Tropilaelaps*).

Les larves des coléoptères causent le plus de danger dans la ruche, car elles mangent tout : les rayons de couvain, le miel, le pollen, mais aussi les larves des abeilles. En détruisant les rayons, le miel coule et fermente en présence d'excréments d'abeilles rendant sa commercialisation impossible (Hood, 2004). Les abeilles africaines ont évolué en présence du petit coléoptère de la ruche, d'où il est originaire, elles ont donc des moyens de défense contre l'invasion du parasite. Parmi les moyens de défense, l'interdiction d'entrée dans la ruche en les « attaquant », le confinement du petit coléoptère de la ruche dans de la propolis afin d'empêcher ce dernier d'infester encore plus la ruche, ou encore en éliminant les larves des coléoptères de la ruche. Toutefois, les abeilles européennes ne sont pas capables de se défendre aussi bien. Tout d'abord, seules les colonies « fortes » et en bonne santé sont en mesure de se défendre ; elles parviennent aussi à exclure les larves des petits coléoptères de leur habitat, toutefois elles ne sont pas capables de se défendre et de chasser les adultes en raison de leur coque dure et leur comportement agressif.

En 2010, le développement de population de petits coléoptères de la ruche n'avait toujours pas été recensé sur le continent européen. Par contre dans les pays où il a été introduit et non éradiqué promptement<sup>4</sup>, son développement a été si rapide que lorsque la présence du parasite avait été signalée, l'éradication du parasite était considérée comme impossible (Brown & Marris, 2010). C'est notamment le cas des Etats-Unis où il a été observé pour la première fois en 1998 et douze ans plus tard sa présence a été repérée à travers de nombreux états allant même jusqu'à Hawaï. Bien que les petits coléoptères des ruches puissent voler sur une distance de plusieurs kilomètres, les pratiques de transhumance des apiculteurs et la commercialisation des produits de la ruche seraient mis en avant pour expliquer la propagation fulgurante du prédateur (Hood, 2004; Neumann & Elzen, 2004).

Par ailleurs, les moyens de lutte pour combattre l'invasion du petit coléoptère dans la ruche sont assez limités; les médicaments, les pièges et les pesticides présentent des résultats variables qui peinent à limiter le nombre de population de petits coléoptères (Cuthbertson, et al., 2010 ; Brown & Marris, 2010).

---

<sup>4</sup> Etats-Unis, Canada, Mexico, Jamaïque et Australie

### - Effet de synergie

Alors que tous ces facteurs naturels à eux seuls pourraient mettre en péril ou engendrer la mort d'une colonie, qu'en est-il de la synergie entre ces différents facteurs ?

Il est important de souligner que la détection de certaines de ces maladies, ou prédateurs est récente, les mécanismes d'actions de ces derniers ne sont pas toujours entièrement compris à ce jour. Les études s'intéressant à la synergie entre ces différents facteurs sont donc peu nombreuses et ne sont qu'approximatives. Downey et ses collègues (2001) ont démontré que deux parasites : le *Varroa Destructor* et l'*Acarapis woodi* ont des effets synergiques au niveau de l'individu se répercutant alors dans toute la ruche ; les effets occasionnés pouvant être dramatiques. Le mécanisme assurant cette synergie reste à être compris même si les deux de types parasites ont pour cible l'hémolymphe et les protéines. Ils sont également fortement corrélés à la présence d'autres virus et bactéries dans l'hémolymphe (Downey & Winston, 2001). En outre, le *Varroa Destructor* pourrait agir sur le système immunitaire et l'affaiblir, laissant alors la voie libre pour les autres pathogènes (McMullan & Mark, 2009 ; Le Conte, et al., 2010). (McMullan et Mark recommandent d'approfondir les synergies entre pathogènes afin d'expliquer les pertes hivernales anormales de ces dernières années (McMullan & Mark, 2009).

Il existe plusieurs parasites, prédateurs et virus dont souffrent les différentes strates d'abeilles (voir Tableau 2 pg 26). Parfois celles-ci ont adopté des mécanismes de défense efficace, dans d'autres cas la lutte pour rester en vie est plus complexe. Généralement, le fait que le couvain ne soit pas affecté par le pathogène est un aspect positif car le développement de la ruche n'est pas menacé. Bien que l'apiculture existe depuis de nombreuses années, les moyens de lutte contre ces différents pathogènes restent peu efficaces.

**Tableau 2- Les maladies de la ruche et leurs conséquences**

Nom de la maladie	Cible de la maladie	Conséquence de la maladie dans la ruche
Loque Américaine	Couvain operculé	Opercule abîmée, couleur brunâtre, odeur d'ammoniac
Loque Européenne	Couvain non operculé	Couleur jaunâtre des larves, larves desséchées, odeur de pourriture
Varroase	Larves, nymphes, abeilles	Abeilles trainantes, ailes atrophiées
Acarapis Woodi	Abeilles	Incapacité à voler, gonflement de l'abdomen, paralysie
Nosema	Abeilles	Arrêt de la ponte, réduction du butinage, difficulté de vol, abdomen gonflé
Virus de la paralysie aiguë	Abeilles	Pas de symptôme apparent
Frelon Asiatique	Abeilles	Affaiblissement de la colonie
Petit Coléoptère de la ruche	Abeilles et couvain	Fermentation du miel, diminution de la colonie

Bien que la présence de ces nombreux parasites et pathogènes existaient auparavant, les populations d'abeilles semblaient pouvoir se développer sans trop de pertes. Il semble plausible de penser qu'un équilibre existait entre les populations de pathogènes et les populations d'abeilles, résultant dans un maintien « normal » des deux populations. Les pertes connues pouvaient parfois être dramatiques si la ruche n'était pas assez forte pour combattre les mécanismes perturbateurs naturels, mais cela restait un phénomène isolé spatio-temporellement comme la maladie de l'île de Wight par exemple. Aujourd'hui le syndrome d'effondrement des abeilles est un phénomène mondial, laissant présager que l'équilibre entre les populations de pathogènes et les populations d'abeilles a été rompu.

### **3.3 Conclusion partielle**

L'organisation perfectionnée des abeilles permet d'assurer la continuité des générations afin de maintenir la ruche en vie. Chacune des strates des abeilles, le couvain, les ouvrières, la reine, les faux bourdons a des tâches bien précises à accomplir. Grâce à des moyens

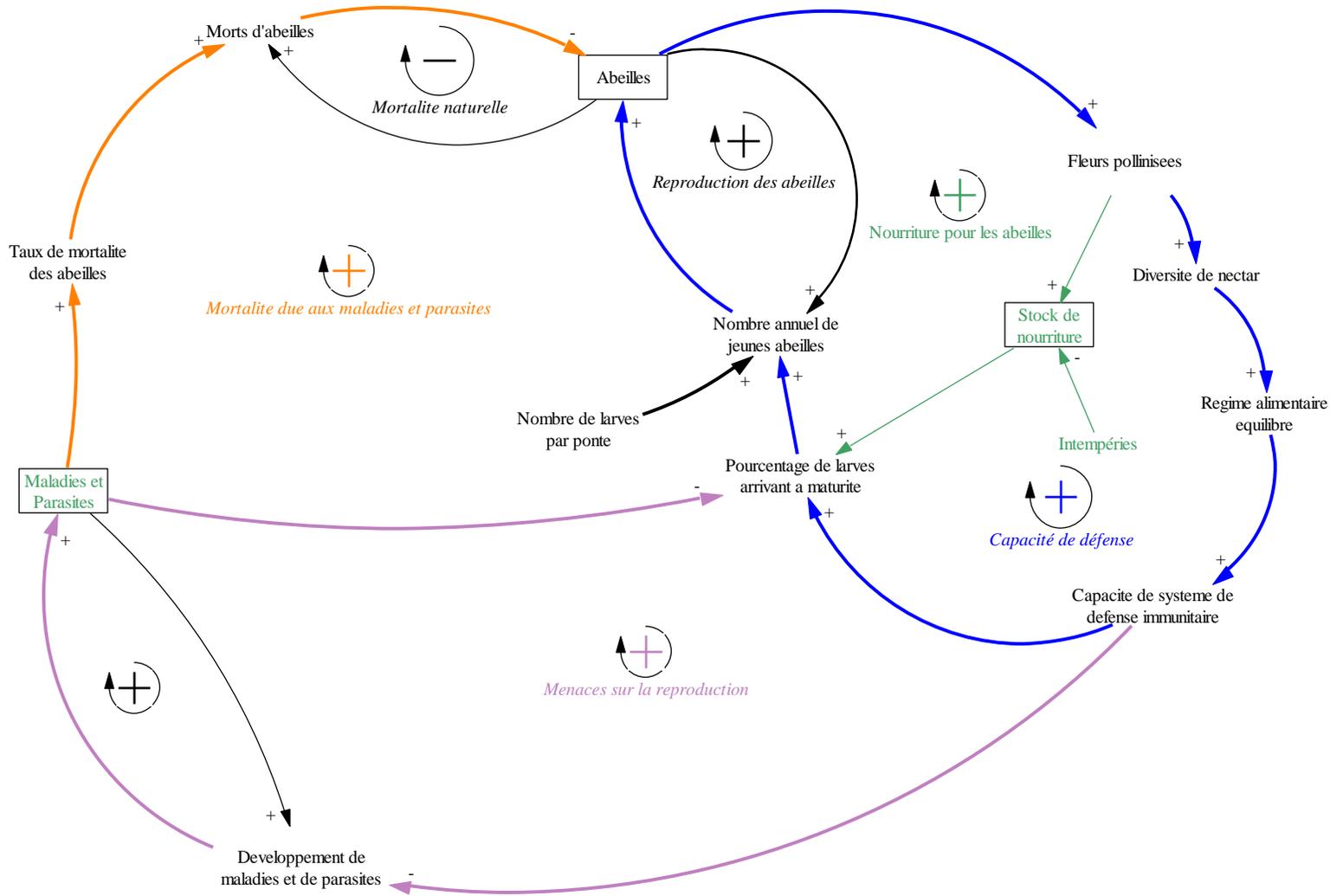
sophistiqués de repérage dans l'espace les abeilles sont en mesure de retenir la localisation des ressources florales particulièrement riches, ce qui optimise la récolte de nectar et pollen. Les abeilles sont également dotées d'un système de communication qui leur est propre, la danse. Les abeilles butineuses transmettent les localisations des ressources florales abondantes à ses consœurs au moyen d'une danse, permettant à ces dernières d'accéder à la ressource plus aisément. Les butineuses récoltent à la fois nectar et pollen qui sera ensuite traité dans la ruche par d'autres abeilles et utilisé à des fins diverses principalement dans le but d'alimenter le couvain.

En accomplissant leur récolte, les abeilles permettent la fécondation des plantes, aboutissant notamment à la production de fruits. La relation entre les fleurs et les abeilles est dite mutualiste car les deux entités bénéficient de l'action de l'autre.

Les abeilles sont sujettes à des mécanismes perturbateurs naturels comme par exemple la météo ou les maladies ciblant aussi bien le couvain que les ouvrières. Les moyens de lutte pour freiner les effets de ces maladies sont limités et leur efficacité variable. La varroase, maladie occasionnée par la présence de l'acarien *Varroa Destructor* a envahi la Belgique depuis une trentaine d'années et est la cause majeure de la mortalité des abeilles. Ces mécanismes perturbateurs peuvent profondément modifier la dynamique de la ruche jusqu'à entraîner la disparition de celle-ci dans des cas extrêmes. Toutefois, il semble que les abeilles aient acquis un équilibre avec leur environnement et persistent malgré les mécanismes perturbateurs naturels (voir Schéma 3 pg28).

Après avoir compris le fonctionnement de la ruche et les mécanismes perturbateurs naturels auxquels les abeilles font face, nous pouvons dès à présent essayer de comprendre les mécanismes additionnels provoquant un déséquilibre dans les ruchers.

### Schéma 3- Diagramme d'influence illustrant l'équilibre entre les abeilles et leur environnement



Source : schéma personnel réalisé grâce au programme Vensim PLE

Ce diagramme d'influence illustre les interactions entre les abeilles, l'environnement et les maladies. Pour plus d'explications quant à la lecture de ce schéma voir Annexe 5 pg98 et Annexe 6 pg98.

#### **4. Le rucher à l'état de déséquilibre**

Alors que l'équilibre régnant dans le rucher « traditionnel » semble avoir été rompu, il est important de comprendre les raisons de ce déséquilibre afin de pouvoir y remédier. Tel est l'objectif de ce quatrième chapitre. Les recherches étant en cours, les causes du déséquilibre pourront évoluer dans le futur.

##### **4.1 Les mécanismes anthropiques du déséquilibre**

Un des changements majeurs depuis l'après-guerre est le modèle agricole. Ce dernier a été profondément modifié devenant plus intensif, plus producteur, mais également plus pollueur. Les conséquences du changement de modèle agricole ne se sont pas limitées uniquement à l'agriculture, d'autres domaines ont également été impactés. Il semble que cela soit le cas de l'apiculture. Ainsi, l'objectif de ce chapitre est de dresser une liste de causes, selon une hiérarchie, des plus probables aux moins probables.

###### **4.1.1 Les conséquences du modèle agricole contemporain pour les abeilles**

###### La monoculture

La diversité du régime alimentaire des abeilles dépend de la diversité de pollen issu des fleurs qu'elles butinent. Dans les milieux agricoles, les ressources florales sont généralement moins variées que dans des milieux naturels non exploités, impactant la diversité du régime alimentaire des abeilles. Une conséquence potentielle de l'homogénéisation des ressources florales en milieu agricole pourrait être une alimentation non équilibrée et la carence en certains nutriments essentiels (Brodschneider & Crailsheim, 2010). Il semblerait que le contenu protéinique du régime alimentaire des abeilles soit fondamental pour le développement de leur système immunitaire. Alaux et son équipe (2010) ont mesuré l'évolution de certains paramètres individuels et communautaires qui renseignent sur la capacité de réaction du système immunitaire au sein de trois catégories d'abeilles : un groupe contrôle qui ne reçoit pas de pollen, un groupe avec un régime monofloral et un groupe avec un régime polyfloral. Leurs résultats démontrent que la quantité de pollen n'influence pas l'immunocompétence mais c'est la diversité des ressources polliniques qui est clé. En effet, ils concluent que la maigre diversité de pollen pourrait avoir des conséquences pénalisantes quant au développement de l'abeille alors qu'un régime polyfloral pourrait augmenter la présence ou la diversité des protéines et acides aminés nécessaires au bon développement des tissus. En conclusion, le régime alimentaire polyfloral permettrait une meilleure défense

immunitaire au niveau de la colonie et un développement « normal » des tissus au niveau individuel, soit une meilleure santé de la colonie (Alaux, et al., 2010 ; INRA Service Presse, 2010). Par ailleurs un régime pollinique varié permet d'assurer un apport nutritionnel plus fiable que si une seule espèce apporte ce nutriment, en effet en ayant l'option de butiner plusieurs espèces florales, l'abeille s'assure qu'elle trouvera le nutriment, contrairement à un régime mono pollinique. Si les abeilles ne peuvent consommer que du pollen qui ne leur permet pas d'acquérir tous les nutriments dont elles ont besoin, cela engendra un stress nutritionnel, qui pourrait potentiellement entraîner la mort (Brodschneider & Crailsheim, 2010). Par ailleurs il semblerait que les abeilles bénéficiant d'un régime alimentaire équilibré soient plus résistantes à *Nosema Ceranae* que les abeilles avec un régime alimentaire pauvre (Johnson, et al., 2010).

Retenons que l'utilisation accrue de substances chimiques sur les cultures a éliminé la végétation sauvage et spontanée qui poussait sur les bords des cultures; ce qui accentue l'homogénéité des régimes alimentaires que les abeilles peuvent butiner (Johnson, et al., 2010).

### Produits transgéniques

Il est essentiel de souligner que les fruits et légumes transgéniques actuels tels que les pommes ou les kiwis sont génétiquement modifiés pour mieux résister à certains pathogènes mais certains d'entre eux sont pollinisés par les abeilles, d'où la nécessité de s'intéresser au problème de l'effet des produits transgéniques sur les abeilles (Malone & Pham-Delègue, 2001). Les produits transgéniques sont utilisés sur une échelle globale depuis la fin des années 1990, ils font donc partie intégrante du modèle agricole contemporain et sont donc susceptibles d'influencer les abeilles.

Il est nécessaire de distinguer les effets directs des produits transgéniques des effets indirects. Les effets directs se produisent alors qu'une abeille ingère une protéine qui code pour un transgène. C'est lors de l'ingestion de cette protéine, potentiellement présente dans le pollen, le nectar ou la propolis, que des effets pourraient impacter les abeilles. Les quantités de protéine ingérées peuvent être largement variables et les effets causés d'ampleur diverses. Les effets indirects quant à eux sont souvent inattendus, ils sont le résultat d'une modification phénotypique de la plante inattendue, ne permettant plus à l'abeille d'acquérir des nutriments de la fleur comme à l'habitude. Par exemple, un effet indirect transgénique pourrait être une modification dans la propriété nutritive du pollen ou l'attractivité de la fleur ou encore

l'absence de production de fleur (dû à un mauvais positionnement du transgène). Ces effets indirects pourraient notamment limiter la disponibilité d'aliments pour les colonies avoisinantes

Les différentes parties des plantes concentrent plus ou moins les protéines issues du transgène. (Parmi eux, c'est généralement le pollen qui est le plus susceptible d'être un vecteur de produits transgéniques.) Dans le cas du coton *Bacillus thuringiensis* ( Bt) transgénique, les chercheurs ont identifié le transgène présent à une concentration de 0.6 µg/g dans le pollen alors que dans les pétales de cette même plante la concentration était de 3.4 µg/g, soit une concentration cinq fois plus élevée dans les pétales que dans le pollen. Par conséquent, avant de se prononcer sur les effets des produits transgéniques sur les abeilles, il est primordial de préciser l'effet étudié ainsi que la partie de la plante étudiée (Malone & Pham-Delègue, 2001).

Il existe plusieurs types de transgènes agissant contre différents pathogènes : le Bt (*Bacillus thuringiensis*), les IP ( inhibiteurs de protéase), la chitinase, la gluconase, les protéines biotines ou encore la résistance au glufosinate (Malone & Pham-Delègue, 2001). Une revue de la littérature publiée en 2008 reprend les différentes études s'intéressant au transgène Bt et ses effets sur les abeilles ( Duan, et al., 2008)<sup>5</sup>.

Les protéines cristallines issues de la bactérie ***Bacillus thuringiensis* (Bt)** agissent en tant qu'insecticide naturel contre certains insectes notamment les lépidoptères et les coléoptères. Dans le contexte des organismes génétiquement modifiés cette propriété était particulièrement intéressante et a donc été intégrée dans différentes cultures plantées à grande échelle notamment dans le maïs ou encore le coton. Bien que cette protéine agisse spécifiquement contre les deux ordres d'insectes précédemment cités, certains auteurs s'inquiètent des effets indésirables sur d'autres espèces d'insectes, particulièrement l'abeille. Selon la revue de la littérature, aucune protéine cristalline issue du transgène Bt n'affecte de façon statistiquement significative la longévité des abeilles, ni des adultes ni des larves. Peu d'études dans les conditions naturelles existent, toutefois une étude réalisée dans des conditions semi-naturelles affirment cette tendance ; la présence de protéine cristalline du Bt

---

<sup>5</sup> Deux des auteurs de cette étude travaillent pour Monsanto , le conflit d'intérêt est bel et bien présent du fait que Monsanto développe des organismes génétiquement modifiés. Cependant, cette revue de la littérature se base sur des articles existants et les critères de sélection des études pour l'article sont pertinents : ce conflit ne semble pas mettre en cause l'exactitude de la revue de la littérature

dans un champ de maïs ne semble pas altérer le développement larvaire. L'administration d'une solution avec du Bt pendant deux mois à une colonie ne semble pas avoir d'effets sur les larves. Pareillement, après avoir nourri des jeunes abeilles pendant sept jours consécutifs avec une solution contenant du Bt, les abeilles ne semblent pas affectées et l'espérance de vie pendant des larves et abeilles n'étaient pas affectés ( Duan, et al., 2008 ; Malone & Pham-Delègue, 2001).

Les **inhibiteurs de protéase (IP)** inhibent l'action enzymatique des protéases, responsable de briser les liaisons des protéines. Elles agissent notamment lors du processus de digestion, ce qui permet aux insectes de mieux assimiler les protéines. Les IP ont été intégrées aux plantes transgéniques afin d'assurer une protection contre les pathogènes. L'impact des IP sur les abeilles dépendent entièrement de la dose, mais la famine ou encore la mort font partie des impacts observés parmi les insectes. Etant donné le fait que le système digestif des abeilles implique des enzymes de protéase, il semble plausible de considérer que certaines doses d'IP puissent avoir des effets variables sur les abeilles. Les études réalisées semblent prouver que les IP ingérées par les abeilles en haute concentration peuvent avoir un effet perturbateur sur leur système digestif, réduisant leur capacité à digérer les protéines. En administrant des doses variables d'IP à de jeunes larves, les chercheurs ont constatés une relation entre le taux de mortalité des abeilles et la concentration d'IP ingérée. La majorité des doses administrées engendraient des effets significatifs sur les enzymes protéases du système digestif. Toutefois, les abeilles ne semblent pas préférer les plantes contrôles par rapport aux plantes transgéniques (en termes de durée de la visite et du temps passé sur chaque fleur). Globalement, les études reprises dans la revue de la littérature tendent vers la conclusion que la capacité du système digestif paraît être réduite, influençant la longévité des abeilles. Toutefois l'ampleur des impacts dépend de l'inhibiteur considéré et des concentrations de la substance auxquelles les abeilles sont exposées.

Un autre composant intégré dans les plantes transgéniques est la **chitosane**, enzyme capable de désintégrer la chitine. La chitine est une substance présente dans l'exosquelette des insectes y compris les abeilles mais elle est également présente dans la paroi cellulaire des champignons. L'ingestion de plante transgénique contenant de la chitosane pourrait leur être nocif. La chitosane a été intégrée dans les plantes transgéniques afin de combattre les infestations de champignons ou de ravageurs, en décomposant la chitine des membranes cellulaires des parasites dans le but de limiter l'étendue de la propagation (GMO Compass, s.d.). Des tests de toxicité aiguë (11 µg par abeille) réalisés sur des abeilles adultes de 10 jours

n'avaient pas d'impact sur la survie de celles-ci dans 24 et 48 heures suivants l'administration. De la même façon, l'ajout de 1,5 ou 10 µg/ml de chitinase à du sucre donné en récompense pendant la période d'« initiation », ne semble pas avoir d'impact sur les capacités d'apprentissage olfactif des abeilles. Une autre étude citée par Malone et Pham Delègue (Malone & Pham-Delègue, 2001) étudie le comportement de butinage des abeilles sur des plantes de colza, en comparant des plants de colza transgéniques (contenant 20 fois plus de concentration de chitinase dans les feuilles et les cotylédons) avec des plants de colza naturels. Le nombre moyen de visites entre les deux types de plantes ne varie pas de façon significative entre les deux cas, ni en terme de nombre de fleurs visitées, de la durée passée sur la plante par l'abeille ou encore de la quantité de nectar récoltée par abeille. Ainsi, la revue de la littérature conclut que parmi les études reprises, la chitonase ne semble pas engendrer d'effets dommageables auprès des abeilles malgré que les doses administrées étudiées soient restreintes (Malone & Pham-Delègue, 2001).

Les **gènes glucanase β-1 et 3** sont d'importants moyens de défense naturels contre les attaques fongiques, afin de mieux résister aux champignons ces gènes sont intégrés dans certaines plantes. Étant donné l'absence de substrat pour cette protéine chez les insectes, les risques pour les abeilles semblent donc être limités. Le glucanase β-1,3 administré à une concentration de 11µg par abeille adulte ne semble pas influencer la survie des insectes durant les 24 et 48 heures post injection. Mais au niveau de la colonie, le nombre de visites compté semble indiquer qu'au plus la concentration de glucanase dans la solution est grande, au moins il y a de visites. Toutefois aucun lien n'a pu être établi par rapport à la quantité de solution collectée en fonction de la concentration de glucanase β1,3 (Malone & Pham-Delègue, 2001). Des effets semblent se produire au niveau de la colonie mais la relation avec la concentration de glucanase β1,3 reste à être précisée.

La **biotine** est un exemple de protéines qui s'attache aux vitamines et est intégrée dans des plantes afin de combattre les ravageurs. Certains produits des abeilles notamment le pollen semblent contenir une quantité de biotine. Le mécanisme d'utilisation de cette substance par les abeilles est encore ignoré. Des tests ont été effectués sur de jeunes abeilles en leur administrant du pollen enrichi en avidine, un type de biotine selon des concentrations variables. Les résultats indiquent que la présence de cette vitamine dans le pollen n'influence pas la vitesse de consommation alimentaire de l'abeille ni son espérance de vie.

Avec l'augmentation des herbicides dans le modèle agricole moderne, la résistance à certains herbicides est un des produits transgéniques les plus intégrés dans les OGM (organismes génétiquement modifiés). En effet, lorsque les cultures ont la propriété de résister à un herbicide, l'agriculteur est en mesure d'en appliquer sur la totalité de la surface en culture mais seuls les adventices seront affectés. Les gènes agissant pour la **résistance au glufosinate** (herbicide) engendrent la production d'une enzyme qui permet de briser les molécules chimiques de ce produit. Du fait que les abeilles ne disposent pas du substrat nécessaire pour parvenir à cette réaction de bris des molécules, les scientifiques ont émis l'hypothèse qu'il y ait peu de chances que ce transgène agisse sur les abeilles. Une étude dans des conditions semi-naturelles semble affirmer cette hypothèse. Aucun lien n'a pu être établi entre la mortalité des ouvrières, l'activité de butinage ou encore la santé globale de la colonie et les plantes transgéniques (Malone & Pham-Delègue, 2001).

Les auteurs soulignent une limite des études réalisées sur les effets du Bt, mais applicable à la majorité des produits transgéniques, à savoir que peu d'études se déroulent dans un cadre naturel et par conséquent les effets de synergie ou les effets indirects ne sont pas étudiés mais doivent toutefois être pris en considération (Duan, et al., 2008).

La majorité des transgènes examinés ne semblent pas avoir d'effet important sur le comportement des abeilles (voir Tableau 3 pg 34), toutefois les connaissances restent à compléter en la matière car la majorité des études se déroulent dans des conditions semi-naturelles.

**Tableau 3 - Les effets des transgènes sur les abeilles**

Nom du transgène	Effet sur les abeilles
Bacillus thuringiensis	Aucun effet observé
Inhibiteurs de protéase	Capacité du système digestif réduit
Chitosane	Aucun effet observé
Gènes glucanase $\beta$ -1 et $\beta$ -3	Possible effet au niveau de la colonie
Biotine	Aucun effet observé
Résistance au glufosinate	Aucun effet observé

Source (Malone & Pham-Delègue, 2001)

## Les résidus de pesticides

L'effet toxique des produits phytosanitaires sur les organismes vivants est indéniable et largement prouvé dans la littérature. Ils font partie intégrante du système agricole contemporain. La quantité de pesticides appliquée a diminué depuis les années 1990 toutefois, les pesticides d'aujourd'hui sont beaucoup plus ciblés (OCDE, 2008). Les pesticides peuvent être divisés en sept catégories selon les espèces ciblées par le traitement : les insecticides (luttant contre les insectes), les fongicides (luttant contre les champignons), les herbicides (luttant contre les mauvaises herbes), les rodenticides (luttant contre les rongeurs), les molluscicides (luttant contre les mollusques), les nématocides (luttant contre les nématodes) et les acaricides (luttant contre les acariens) (Charrière, et al., 1999). Le groupe de pesticides représentant le plus de risques pour les abeilles sont les insecticides, les abeilles constituant des organismes non ciblés mais toutefois exposés au traitement.

Alors que les effets des insecticides sur les abeilles se sont révélés au fil des années, les compagnies phytosanitaires ont développé une nouvelle génération de pesticides : les néonicotinoïdes. Ils se distinguent des autres pesticides car leur mode d'action est systémique, c'est-à-dire que la substance est distribuée à travers la plante protégeant la totalité de la plante de par sa forte solubilité. Les firmes phytosanitaires semblent avancer que cette technique est moins nocive pour les écosystèmes car le produit est confiné à l'intérieur de la plante (Girolami, et al., 2009). Ces pesticides sont incorporés aux cultures via deux modes : par aspersion, où la substance sera absorbée par les feuilles et les tiges, ou plus récemment par l'enrobage des semences (Rortais, et al., 2005 ; Pro Natura, 2010). Comparativement aux pesticides traditionnels, les néonicotinoïdes pénètrent plus rapidement la plante ce qui limite leur persistance dans l'environnement et prolonge leur durée d'action (Rortais, et al., 2005 ; Girolami, et al., 2009). C'est spécifiquement cette classe d'insecticides que les apiculteurs suspectent d'engendrer des effets néfastes sur les abeilles (Union Nationale de l'Apiculture Française, 2011). Actuellement, les néonicotinoïdes est une des classes d'insecticides les plus utilisés à l'échelle mondiale. Ils ont pris la place des organophosphorés auxquels les ravageurs ont acquis une résistance. Ce fait explique le choix de me concentrer particulièrement sur les néonicotinoïdes bien qu'il est évident que les anciennes générations de pesticides provoquent également des effets sur les abeilles (Tomizawa & Casida, 2005 ; Desneux, et al., 2007). C'est plus précisément depuis 1994 que les néonicotinoïdes ont commencé à être utilisés et font aujourd'hui partie intégrante du modèle agricole contemporain (Actu Environnement, 2003-2012).

Une des raisons expliquant l'utilisation importante est que les néonicotinoïdes ont une plus faible toxicité que d'autres insecticides pour les mammifères, les oiseaux et les poissons (Tomizawa & Casida, 2005).

Mais le fait que la substance soit présente dans la totalité de la plante suscite beaucoup d'inquiétudes de la part des scientifiques mais aussi des apiculteurs (Villa, et al., 2000). Les abeilles peuvent être intoxiquées par les pesticides de plusieurs façons :

- par contact direct avec la substance, généralement la dose administrée est alors unique et en forte quantité, il s'agit d'une intoxication aigüe,
- -par l'ingestion de particules déposées sur les produits qu'elle butine, la dose administrée est alors plus régulière et la quantité de substance est faible
- et enfin via guttation (Charrière, et al., 1999 ; Girolami, et al., 2009).

Lorsque les butineuses sont en contact avec les plantes récemment traitées, les abeilles sont intoxiquées par la substance appliquée, il s'agit d'une intoxication aigüe (une seule dose à haute concentration). Koch et Weisser (1997) ont démontré que les abeilles sont contaminées par des doses d'insecticides dispersés sur des champs de façon variable en fonction de la méthode d'application. Mais la dose ramenée par les abeilles diminuait fortement 30 minutes après l'application. Les abeilles sont donc directement exposées aux substances dispersées sur les champs, et peuvent être intoxiquées par contact avec ces substances (Koch & Weisser, 1997). Celles-ci peuvent être potentiellement dangereuses pour les abeilles et engendrer un changement dans leur comportement.

Les abeilles sont également intoxiquées lorsqu'elles volent dans un « nuage » d'application de pesticides. Ce nuage d'application est semblable au nuage créé lorsque les semences recouvertes de néonicotinoïdes sont dispersées dans les champs. Une expérience élaborée à partir de spores de bactéries a permis d'aboutir à la conclusion que les abeilles ramènent une fraction de la substance à la ruche dans leurs produits et la substance reste présente pendant quelques semaines avant de totalement disparaître. Etant donné que la colonie dépend des produits ramenés par les butineuses pour leur survie, les abeilles peuvent potentiellement intoxiquer toute la colonie si les produits qu'elles ramènent sont contaminés (Prier, et al., 2001). Vila et ses collègues (2000) ont estimé, à partir des quantités de pollen que les différentes strates de la colonie consomment que lorsque les butineuses ramènent une certaine quantité de pesticides via le pollen, les larves en ingéreront environ 20% et les adultes en ingéreront environ 2%. Ainsi, les pesticides n'auront pas les mêmes impacts sur les larves

que sur les abeilles adultes. De plus, les larves sont dix fois plus sensibles que les abeilles adultes (Villa , et al., 2000). Etant donné que la substance est présente à travers toute la plante, y compris dans les aliments butinés par les abeilles, le risque de contamination de la ruche est plus important avec les néonicotinoïdes comparativement aux autres insecticides qui se dégradent plus rapidement. (Rortais, et al., 2005).

La toxicité aigüe des substances phytosanitaires a été prouvée mais la toxicité chronique (plusieurs doses à faible concentration) est plus difficile à mettre en avant. Les soupçons quant aux effets nuisibles des néonicotinoïdes existent car la toxicité de la substance (soit le temps nécessaire pour que la moitié de la population meurt) et de leurs métabolites est particulièrement élevée par rapport aux substances traditionnelles (Rortais, et al., 2005). Toutefois la toxicité observée dans le pollen et le nectar des plantes traitées aux néonicotinoïdes est amoindrie (Bonmatin, et al., 2003). Les scientifiques et les apiculteurs pensent donc que les néonicotinoïdes peuvent engendrer des effets toxiques sublétaux (« Les effets de concentration sublétales se manifestent de façon indirectes en modifiant la croissance et/ou la reproduction des espèces les plus affectées (...) En provoquant une diminution de la croissance ou de la natalité, ces concentrations sublétales entraînent également d'autres conséquences démoécologiques désastreuses : perturbation de la fécondité et/ou de la fertilité des adultes, d'où une diminution du succès de la reproduction, donc du potentiel biotique, de l'espèce considérée ; baisse du recrutement de la classe d'âge reproductive à la génération suivante, et autres effets réduisant la vitesse de croissance et/ou augmentant la mortalité des juvéniles » (Steenhout, 2011-2012)), notamment en influençant les capacités d'apprentissage et de butinage des abeilles (Rortais, et al., 2005). L'abeille pourrait ne pas retrouver sa ruche, sur laquelle elle dépend pour différents besoins et pourrait alors mourir « perdue ». Les effets sublétaux pourraient alors engendrer la mort et donc être caractérisés comme effets létaux.

Parmi les néonicotinoïdes, il existe notamment l'imidaclopride (commercialisé sous le nom de Gaucho par Bayer Crop Science) ou encore le thiaméthoxame (commercialisé sous le nom de Cruiser par Syngenta). Le mode d'action des néonicotinoïdes est le même pour toutes les substances. Ils agissent sur le système nerveux des insectes en s'attachant de façon permanente à des récepteurs spécifiques sur lesquels ils ont une action agoniste sur ceux-ci, c'est-à-dire qu'ils substituent les neurotransmetteurs relatifs à ces récepteurs. Le stimulus nerveux n'est donc pas assuré étant donné que la transmission d'une cellule nerveuse à une autre n'est plus assurée. Le résultat est l'accumulation de neurotransmetteurs se traduisant par

la paralysie et éventuellement la mort de l'insecte (Bonmatin , et al., 2004) (L'imidaclopride, commercialisé par Bayer Crop Science en Belgique sous le nom de Gaucho, est l'insecticide le plus utilisé dans cette catégorie, ce qui explique la raison pour laquelle beaucoup de recherche s'est concentrée sur cette substance. La toxicité chronique de cette substance est fortement étudiée car elle semble agir sur le comportement des abeilles.

L'imidaclopride a des effets toxiques sur les abeilles se traduisant par des difficultés de revenir à la colonie après butinage, à la désorientation ou encore à des perturbations du comportement. Decourtye et ses collègues (2004) ont souligné plusieurs changements dans le butinage des abeilles lorsque les fleurs avaient été traitées à l'imidaclopride durant une période de plusieurs jours. En comparant la consommation des abeilles d'une solution de sucrose pure (solution contrôle) ou d'une solution de sucrose à laquelle était ajoutée une dose d'imidaclopride (solution test), les chercheurs se sont rendus compte que les abeilles consommaient moins de solution test que de solution contrôle. Cela pourrait s'expliquer par un effet repoussant de l'imidaclopride sur les abeilles. Parallèlement, les scientifiques ont mis en avant le fait que la taille du couvain était amoindrie à la fin de l'expérience. De plus, il paraissait anormalement operculé après l'expérience ce qui signifierait selon les auteurs que les capacités d'élevage du couvain des abeilles intoxiquées aient été affectées par le traitement. Le mauvais opercule du pollen et du miel a également été observé, ce qui a engendré une plus faible quantité de miel et pollen disponible pour la colonie. Par ailleurs, le nombre d'abeilles entrant et sortant de la ruche a considérablement diminué pendant la période du traitement passant de plus de 800 abeilles à moins de 600, laissant présager que les abeilles ne retrouvent plus leur route, meurent ou ne parviennent pas à communiquer avec les autres abeilles (Decourtye, et al., 2004).

Certains auteurs ont mis en évidence qu'il faut entre 30 et 60 minutes après ingestion pour que des effets soient observés au niveau individuel (Medrzycki, et al., 2003). En effet, les butineuses régurgitent leur butin une fois de retour à la ruche limitant le temps de résidence de la substance dans leur organisme. Une équipe de chercheurs a essayé d'analyser les effets d'un traitement contenant de l'imidaclopride sur les abeilles en les empêchant de retourner à leur ruche pendant quelques jours. Les scientifiques sont parvenus à la conclusion que l'imidaclopride peut avoir un effet repoussant sur les abeilles et que le taux de retour à la ruche est plus faible. Les abeilles exposées à de fortes doses d'imidaclopride (supérieures à 500 parties par milliards) ont disparues. Les chercheurs en ont déduits qu'elles n'ont pas pu revenir à la ruche et ont péri sur le terrain. Globalement, les scientifiques ont observé que

plus les concentrations d'imidaclopride étaient élevées plus les abeilles avaient des difficultés à sortir de la cage une fois libérées.

Les chercheurs ont également constaté que le comportement des abeilles ayant subi le traitement était inhabituel, elles semblaient désorientées, tombaient dans l'herbe, la direction de leur vol n'était pas vers la ruche ; sans doute des éléments de réponse quant à la disparition des abeilles. D'autres scientifiques ont aussi constatés ce genre de comportement : tremblement, manque de coordination, ou encore l'incapacité à voler (Bortolotti, et al., 2003).

La guttation est la formation de goutte de sève de xylème (« tissu végétal, formé de cellules vivantes, de fibres ligneuses et de vaisseaux conducteurs de la sève brute, constituant le bois ». (Futura-Sciences, 2001-2012)) sur les feuilles. C'est un processus physiologique qui a lieu dans les plantes vasculaires : l'eau entrant dans les racines crée une légère pression qui force l'eau vers le haut de la plante s'évacue via les feuilles. Les abeilles ont un besoin en eau, elles consomment donc potentiellement des gouttes de guttation. Les néonicotinoïdes étant présents dans l'entièreté de la plante sont susceptibles de se retrouver en concentration variable dans ces gouttes (l'eau diminuerait à cause de l'évaporation.) Certains chercheurs se sont penchés sur la question de savoir si des résidus de néonicotinoïdes pouvaient se retrouver dans les gouttes de guttation. Résultant de leur expérience, ils ont pu conclure que l'accumulation de la substance dans les gouttes de guttation était bien réelle. Après l'ingestion des gouttes collectées sur le terrain, le premier signe d'intoxication des abeilles était une forte agitation, semblable à celle observée lorsque les abeilles sont affamées. La paralysie des ailes s'exprimait après un peu moins de 6 minutes chez les abeilles exposées à l'imidaclopride, supérieur au temps nécessaire pour les autres néonicotinoïdes considérés (clothianidine et thiaméthoxame) (Girolami, et al., 2009).

Un des « reproches » faits aux études en laboratoire est qu'elles utilisent des doses irréalistes par rapport aux doses auxquelles sont exposées les abeilles en réalité. En 2012, deux études de terrain se concentrent sur les effets de l'imidaclopride et du thiaméthoxame sur les bourdons et les abeilles respectivement, dans des conditions identiques à celles que les insectes rencontrent dans les cultures en les équipant de petits capteurs. Les bourdons exposés à l'imidaclopride présentent des taux de natalité des reines 85% inférieurs au taux contrôle, laissant présager des effets plus dramatiques au niveau de la colonie. Le nombre d'alvéole vide désignée pour accueillir les nymphes était jusqu'à 30% plus important avec le traitement à l'imidaclopride (Whitehorn, et al., 2012). Bien que cette étude s'intéresse aux bourdons,

elle est extrapolable aux abeilles dans le sens où les deux espèces pollinisent les mêmes ressources florales, sont sociaux et leur sensibilité aux pesticides est similaire (Alaux , et al., 2010). L'étude s'intéressant aux abeilles a démontré qu'entre 10 (lorsque les abeilles étaient familières avec l'endroit où elles étaient relâchées) et 30 % (lorsque les abeilles n'étaient pas familières avec le lieu où elles étaient relâchées- situation qui a notamment lieu lorsque les abeilles vont à la recherche de nouvelles ressources) des abeilles ne parvenaient pas à rejoindre leur ruche après avoir été exposées au thiamétoxame. Les chiffres trouvés ont ensuite été intégrés à un modèle de dynamique de la population qui a révélé que si les abeilles étaient confrontées à des néonicotinoïdes de façon régulière, la colonie pourrait fortement diminuer de taille, potentiellement sans la possibilité de se rétablir (Henry, et al., 2012). Ces deux études devraient permettre de faire l'unanimité quant à la toxicité de ces deux substances auprès des gouvernements, apiculteurs et fabricants de néonicotinoïdes ainsi que d'éclaircir la situation quant à la toxicité des néonicotinoïdes sur le terrain. (En effet, l'affaire Gaucho des années nonante en France avaient démontré la complexité des interactions entre les différents partis.)

#### **4.1.2 Les conséquences des pesticides utilisés en apiculture**

Comme abordé dans la partie mécanismes perturbateurs naturels, les abeilles ont un grand risque d'être contaminées par des virus, maladies ou pathogènes ce qui encourage les apiculteurs à utiliser des substances chimiques afin de tuer les perturbateurs de leurs colonies, analogiquement à notre utilisation de médicaments pour nous guérir de certaines maladies. L'utilisation de ces produits paraît ne pas toujours être bénéfique pour les abeilles et en s'attaquant aux prédateurs des abeilles les apiculteurs tuent potentiellement leurs abeilles.

Les apiculteurs appliquent notamment des acaricides afin d'éliminer les maladies de leurs ruches. Lorsque la varroase s'est déclarée dans nos ruchers, plusieurs techniques de luttés ont été utilisées mais une seule s'est avérée réellement efficace : la lutte chimique. Trois acaricides sont majoritairement employés par les apiculteurs à savoir l'Apivar (dont la substance active est Amitraze), le Périzin( dont la substance active est le Coumaphos) et l'Apistan ( dont la substance active est le Tau-Fluvalinate), ce sont ceux-ci que nous détaillerons davantage.

L'amitraze est une substance qui mime l'action des octopamines (substance qui agit sur le système nerveux) chez les arthropodes. Par conséquent, l'amitraze peut avoir des effets sur les abeilles. Plusieurs études semblent le confirmer : les octopamines semblent être associés à

une augmentation de l'activité de butinage tant chez les ouvrières que chez les jeunes. Les abeilles communiquent un butin plus élevé que la réalité quand elles sont traitées avec de l'amitrazé et des phénomènes d'apoptose cellulaire sont plus prononcés chez les larves exposées à une solution contenant de l'amitrazé. En 1994, le produit a été retiré du marché aux Etats-Unis en raison des préoccupations d'apiculteurs qui avaient reportés des pertes dans leurs colonies suite à l'application de l'amitrazé. Il est aujourd'hui à nouveau disponible sur le marché pour le traitement de la gale pour le bétail mais plus pour le traitement anti-varroase (Johnson, et al., 2010 ; Merck Animal Health, 2009). Malgré tout, des résidus d'amitrazé dans les produits de la ruche semblent indiquer que la substance est encore utilisée dans la lutte anti-varroase. Cette substance était recommandée pour la lutte anti-varroase en Belgique jusqu'en 2006 et est encore utilisée par des apiculteurs aujourd'hui (Santé animale et Produits animaux, 2006 ; Henri, 2012). L'utilisation d'amitrazé pourrait donc contribuer au phénomène d'effondrement des abeilles, ou bien avoir des effets de synergie avec d'autres substances, notamment l'acaricide tau-fluvalinate (Johnson, et al., 2010).

Le **coumaphos** agit sur les acariens en interférant avec leur stimulation nerveuse. C'est l'acaricide le plus retrouvé dans la cire des ruches à l'échelle mondiale car la substance ne se dégrade pas dans ce milieu. Des reines exposées au coumaphos à de haute concentration (de l'ordre de 300 à 1000 parties par millions (ppm)), se sont révélées être moins développées, présentent un taux de mortalité supérieur aux contrôles et sont plus fréquemment rejetées lorsque présentées à de nouvelles colonies (Pettis, et al., 2004 ; Johnson, et al., 2010). De plus, le sperme des faux bourdons est moins viable lorsque traité au coumaphos (Johnson, et al., 2010). Les effets sur les abeilles s'observaient lorsque les concentrations de la substance étaient élevées. Toutefois il est possible que de telles concentrations se retrouvent dans la ruche étant donné l'accumulation du coumaphos dans la cire (Haarmann, et al., 2002).

Le **tau-fluvalinate** est une substance qui tue les acaricides en bloquant certains canaux ioniques (notamment ceux du sodium et calcium). A fortes concentrations, les reines exposées au tau-fluvalinate étaient de plus petites tailles que les contrôles. Les faux bourdons exposés au tau-fluvalinate pendant leur période de développement avaient moins de chances de survivre jusqu'au moment de la maturité sexuelle. Parmi ceux qui survivaient, ils étaient moins développés et produisaient moins de sperme, (bien qu'en pratique cela ne se traduisait pas étant donné que les faux bourdons exposés à la substance produisaient autant de progénitures que les faux bourdons contrôles) (Johnson, et al., 2010).

Alors que toutes ces substances sont utilisées pour combattre la varroase dans les ruches et ne sont pas sans risque pour la santé des abeilles, l'acarien acquiert une multi-résistance contre ces substances réduisant fortement leur succès comme moyen de lutte... A ce jour, aucun réel moyen de lutte n'a été trouvé pour faire face à cet étrange paradoxe !

### **4.1.3 Autres mécanismes perturbateurs anthropiques**

Le changement climatique pourrait avoir des effets directs sur la dynamique de la colonie d'abeilles ou des effets indirects via l'expansion de l'aire de distribution des parasites et pathogènes.

Globalement, les projections du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) semblent démontrer que les évènements climatiques extrêmes telles des périodes de grande sécheresse seraient plus fréquentes et intenses (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007).

Or, en période de sécheresse, les fleurs réduisent leur production de nectar, limitant le butin des abeilles ; c'est par exemple le cas de la lavande. Dans des cas extrêmes, il pourrait y avoir une trop faible quantité de nourriture disponible pour toutes, engendrant la famine et la mort (Saddier, 2008). En extrapolant ces situations, un scénario imaginable serait une période de sécheresse en automne, réduisant aussi la quantité de nectar récoltée. Cela conduirait à une rareté des ressources alimentaires disponibles pour la ruche pendant l'hiver, se traduisant par une faiblesse du système immunitaire, augmentant la probabilité d'infestation d'une maladie dans la ruche, et donc la diminution de l'espérance de vie (Le Conte & Navajas, 2008). Les effets du changement climatique peuvent donc perturber la dynamique de la ruche et peuvent avoir des effets dévastateurs sur la colonie.

Par ailleurs, alors que le changement climatique affecte les abeilles il impacte également les périodes de floraisons des plantes desquelles les abeilles dépendent. Le GIEC a constaté que depuis les années 1980, la distribution de la flore évolue vers les pôles, phénomène qui risque de se poursuivre dans les années à venir parallèlement au réchauffement climatique (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007). Ainsi, en modifiant leur distribution, les ressources florales engendrent une modification de l'aire de distribution des abeilles en dehors des frontières actuelles (Le Conte & Navajas, 2008). Des lieux non adéquats pour les abeilles actuellement pourraient alors le devenir et inversement. Il semblerait que les abeilles domestiques soient en mesure de s'adapter à ce changement et de « suivre » l'évolution de leur ressource florale. En effet, *Apis mellifera* a démontré au cours de l'histoire de grande

capacité d'adaptation. Originellement *Apis mellifera* est née en Afrique, aujourd'hui cette espèce est présente sur tous les continents. Il existe 25 sous-espèces d'*Apis mellifera*, lesquelles sont spécifiquement adaptées aux conditions locales et ont donc des différences morphologiques et génétiques. Il paraît donc cohérent de penser que les abeilles seront capables de s'adapter au changement climatique. Mais l'évolution dans l'aire de distribution des abeilles implique que ces dernières seront en contact avec des pathogènes auxquels elles n'ont jamais été confrontées préalablement, pouvant potentiellement avoir d'importantes répercussions négatives comme ce fut notamment le cas avec l'apparition du *Varroa destructor* (Le Conte & Navajas, 2008). Par ailleurs le changement climatique se fait ressentir également sur les populations des parasites des abeilles qui vivent plus longtemps et se développent d'avantage (Le Conte, et al., 2010). Le changement climatique provoquera donc des évolutions dans les dynamiques des populations d'abeilles mais il est actuellement très difficile de les comprendre en raison des nombreuses inconnues du système. De plus, peu d'auteurs se sont intéressés à la problématique bien que le changement climatique soit souvent mentionné comme facteur contribuant au syndrome d'effondrement des colonies (UNEP, 2010 ; International Bee Research Association, 2009 ; Potts, et al., 2010 ; Haubruge, et al., 2006).

La fragmentation de l'habitat peut-être défini comme le résultat d'une réduction de l'habitat disponible et du fractionnement de l'habitat existant à l'échelle du paysage<sup>6</sup>. Pour les pollinisateurs, la fragmentation de l'habitat peut se traduire par un manque d'alimentation, la division de la population ou encore la perturbation des interactions entre individus et entre les individus et leur environnement (Winfree, et al., 2009).

De manière générale, la fragmentation de l'habitat est considérée comme une des causes dans la disparition des pollinisateurs. Toutefois, l'abeille domestique semble déroger à cette tendance et les abeilles peuvent mener à bien leurs activités même dans des habitats fragmentés (Kearns, et al., 1998). Selon la revue de la littérature conduite par Winfree, et al.(2009), l'abondance ( qui correspond à la « quantité relative au nombre d'individus d'une espèce donnée par unité de surface ou de volume par rapport à leur nombre total » (Actu Environnement, 2012)) des abeilles n'est pas affectée par la fragmentation de l'habitat. Une autre revue de la littérature conduite par Garibaldi et son équipe, semble confirmer que les

---

<sup>6</sup> traduction personnelle de : « Habitat fragmentation is usually defined as a landscape-scale process involving both habitat loss and the breaking apart of habitat. » (Fahrig, 2003, p. 487)

abeilles ne sont pas autant touchées par la fragmentation de l'habitat que d'autres pollinisateurs. En effet, le nombre moyen de visites faites à une fleur agricole par *Apis mellifera* ne diminue pas alors que l'isolation par rapport à un habitat naturel augmente. Une des raisons possibles expliquant cette particularité serait que l'abeille ait une aire de butinage plus importante que d'autres pollinisateurs (Garibaldi, et al., 2011).

Même si actuellement les abeilles ne semblent pas souffrir de la fragmentation de l'habitat, il paraît primordial d'identifier la diversité des plantes avoisinant la ruche. En effet, l'abeille est capable de butiner loin de sa ruche pour s'alimenter mais la diversité des ressources florales est essentielle pour la maintenir en bonne santé ( voir les effets de la monoculture dans la partie 3). Ainsi, la fragmentation de l'habitat n'empêcherait pas les abeilles de butiner mais elles seraient indirectement influencées car elles souffriraient de l'absence de variété dans leur régime alimentaire et butiner deviendrait une activité énergétiquement coûteuse. Lorsqu'un lieu vert est transformé en zone urbaine, les abeilles sont affectées car la zone de butinage est grandement diminuée ainsi que la diversité florale. Même s'il existe des espaces verts en villes, ceux-ci ne sont pas toujours adaptés aux besoins des abeilles. Par exemple les chrysanthèmes n'offrent que peu de nectar et pas de pollen aux abeilles. L'urbanisation diminue donc l'aire où les abeilles peuvent potentiellement butiner et peut par conséquent affecter leur alimentation (Benjamin & McCallum, 2009).

Les effets de synergie ne sont pas à sous-estimer dans les causes du syndrome d'effondrement des abeilles. Ainsi différents acaricides utilisés pour éradiquer le varroa des ruches peuvent avoir des effets négatifs de synergie. L'équipe de chercheurs de Cédric Alaux a analysé les effets de synergie entre l'imidaclopride et le champignon pathogène *Nosema*. Selon leur étude, la mortalité des colonies exposées simultanément au *Nosema* et à l'imidaclopride est 30% supérieure à la mortalité des colonies contrôles. Les besoins énergétiques des abeilles augmentent lorsqu'elles sont à la fois contaminées par *Nosema* et exposées à l'imidaclopride. Bien que la défense immunitaire individuelle ne diminue pas suite à l'exposition aux deux perturbateurs simultanément, la défense immunitaire au niveau de la colonie est affectée. Les auteurs concluent alors qu'il y a une action de synergie entre les pesticides et certains pathogènes se traduisant par un affaiblissement de la colonie et (Alaux , et al., 2010).

Comme indiqué précédemment, le tau-fluvalinate et le coumaphos sont des acaricides utilisés dans les ruches afin de diminuer la pression de prédation. Ces deux substances sont lipophiles

et ont donc le potentiel de rester dans la cire des ruches pendant de nombreuses années. En appliquant ces deux acaricides aux abeilles à une heure d'intervalle, les chercheurs se sont aperçus que la toxicité du coumaphos augmentait jusqu'à trois fois avec des doses de prétraitements de tau-fluvinat. Le même effet de synergie a été observé lorsque le tau-fluvinat était le traitement principal et le coumaphos le prétraitement. (Bien entendu, les doses de pesticides appliqués sont des doses fidèles à celles utilisées par les apiculteurs.) Il est important de souligner que les abeilles utilisées pour l'étude sont des ouvrières, de ce fait, les larves plus jeunes ou les faux bourdons peuvent potentiellement être affectés différemment (Johnson, et al., 2009).

Avec la démocratisation des téléphones portables, certains apiculteurs ont commencé à se poser des questions quant à l'implication des antennes relais utilisées pour la téléphonie mobile dans le syndrome d'effondrement des abeilles. Les preuves scientifiques semblent se formuler, néanmoins les résultats obtenus sont fortement polémiqués notamment dans les médias (Benjamin & McCallum, 2009).

Deux études ont été conduites afin d'identifier les effets des téléphones mobiles sur les abeilles. Dans une première étude, des téléphones fixes ont été introduits dans des ruches et une communication a été établie avec les téléphones. Cependant, après les 25 à 30 minutes suivant le début de la communication, les abeilles émettent un son plus fort en intensité et amplitude que d'habitude. Lorsque la communication est arrêtée, les abeilles retournent à un état calme. Le son émis par les abeilles durant l'expérience est le même que celui émis avant l'essaimage ou lors de fortes perturbations. En prolongeant la durée de la communication à 20 heures, les mêmes effets ont été observés mais 12 heures après la fin de la communication, les abeilles continuaient à produire un son intense. Cette étude conclut donc que les abeilles sont sensibles aux ondes électromagnétiques émises par les téléphones. Les chercheurs pensent, suites aux effets observés, que des essaïms pourraient se constituer de façon inattendue ayant le potentiel d'entraîner de graves conséquences pour la survie de la ruche même si aucun n'essaïm n'a été observé pendant les 20 heures suivant l'expérience (Favre, 2011). En effet, si la colonie n'est pas préparée à l'essaimage, cela pourrait provoquer un déséquilibre dans la population.

Une autre étude menée en Inde rapporte une baisse dans la ponte de la reine par jour et une absence totale d'abeilles qui sortent ou entrent dans la ruche ou qui y reviennent après l'exposition. Durant cette expérience, les abeilles sont exposées de façon quotidienne à un

téléphone mobile pendant dix minutes durant dix jours consécutifs. Les ondes des téléphones mobiles perturberaient le système de repérage des abeilles les empêchant de revenir à la ruche pour s'occuper du couvain, laissant la ruche avec la reine et le couvain (Sahib S., 2011).

Les professionnels qui vivent de l'apiculture exercent une forme de pression sélective sur les abeilles. En effet, en les protégeant des différents parasites et phénomènes naturels, les colonies naturellement faibles sont maintenues en vie artificiellement et sont sélectionnées à défaut d'autres colonies plus résistantes naturellement. Par ailleurs, l'élevage de colonies est de plus en plus issu de reines sélectionnées pour leurs caractéristiques, ce qui résulte en une baisse de la diversité génétique et plus de consanguinité. Ce problème semble être plus problématique aux Etats Unis qu'en Europe (vanEngelsdorp & Meixner, 2010).

La transhumance est également un facteur mentionné parmi les causes du CCD, bien que peu pratiqué en Belgique (pour plus de détails se référer à l'Annexe 7pg 99).

#### **4.2 Conclusion partielle**

Il semblerait que plusieurs mécanismes aient fait basculer l'équilibre régnant jusqu'alors dans les ruchers. Les ruchers contemporains font face à un grand nombre de mécanismes perturbateurs anthropiques, principalement issus du modèle agricole contemporain, qui ont sans doute un rôle à jouer dans le phénomène du syndrome d'effondrement des colonies. Dresser une hiérarchie des mécanismes est donc une tâche complexe toutefois il semble que le modèle agricole contemporain influence particulièrement l'équilibre des ruchers. Par rapport au modèle agricole traditionnel le modèle agricole contemporain a mis en place des dispositifs intensifs dont font partie la monoculture, l'utilisation de produits transgéniques et de pesticides systémiques.

La monoculture semble entraîner des carences dans le régime alimentaire des abeilles ne leur permettant pas d'obtenir tous les nutriments nécessaires. Cela se traduirait par une baisse de la capacité de défense immunitaire des abeilles ; elles seraient donc plus vulnérables aux maladies. A ce jour, les effets des produits transgéniques semblent être peu néfastes mais il ne faut pas sous-estimer leurs effets potentiels. Les pesticides systémiques semblent modifier les capacités de vol et de repérage des abeilles. Elles ne seraient plus capables de revenir à la ruche après avoir été butiner des fleurs. La contamination des butineuses n'est pas exclusive car leurs récoltes semblent également être contaminées, ayant dès lors le risque d'affecter les autres strates d'abeilles (voir Schéma 4 pg 48).

L'analyse de la littérature semble démontrer que le syndrome d'effondrement des abeilles n'a pas de mécanisme perturbateur unique mais proviendrait d'un « cocktail » de mécanismes agissant ensemble (Bauer & Wing, 2010). Il est également probable que les mécanismes perturbateurs à la fois anthropiques et naturels agissent en interaction et provoquent des effets synergiques encore peu explorés jusqu'à présent.



## **5. Les conséquences de la dynamique déséquilibrée**

Après avoir examiné les mécanismes perturbateurs de l'équilibre de la dynamique des abeilles, ce chapitre est consacré aux conséquences de la disparition de ces pollinisateurs. Les conséquences seront étudiées selon différentes optiques : économiques, sociales et écologiques.

### **5.1 Les conséquences économiques**

Une des conséquences du modèle agricole moderne est la baisse de la biodiversité, qui résulte en la perte de services écosystémiques (Richards, 2001). La pollinisation des cultures par les insectes pollinisateurs, dont font partie les abeilles, est considérée comme un service écologique de régulation car son rôle est d'assurer le brassage floral génétique (Millenium Ecosystem Assessment, 2005 ; De Groot, et al., 2002). Les humains dépendraient des insectes pollinisateurs pour un tiers de leur régime alimentaire (Ghazoul, 2005). De plus, la pollinisation des insectes contribue au rendement de 75% des grandes cultures de diverses façons<sup>7</sup> (Breeze, et al., 2011). Par conséquent, l'absence de pollinisation rendrait impossible la culture des biens agricoles telle qu'elle existe aujourd'hui; une telle production ne pourrait être maintenue qu'en assurant la pollinisation artificielle à un coût extrêmement élevé (De Groot, et al., 2002 ; Abrol, 2012).

La baisse des populations de pollinisateurs a amené certains économistes à estimer le prix du service de pollinisation dont nous bénéficions actuellement gracieusement (Ghazoul, 2005). Un des objectifs de l'évaluation financière des services écologiques est de conseiller les prises de décisions politiques, plus particulièrement influencer les investissements accordés à des mesures de protection ou conservation des espèces au risque d'en souffrir de façon sévère dans le futur. (Costanza, et al., 1997 ; Allsopp, et al., 2008 ; Losey & Vaughan, 2006 ; Abrol, 2012).

#### **5.1.1 Evaluation économique**

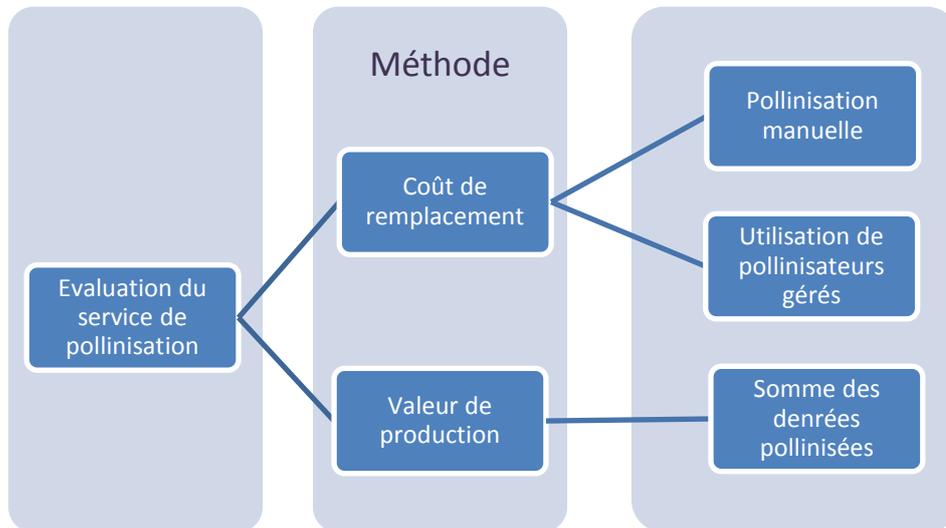
Le service de pollinisation est assuré par un grand nombre d'insectes, bien qu'il est reconnu qu'*Apis mellifera* fournit 80% de ce service (Breeze, et al., 2011). Il existe plusieurs méthodes (voir Schéma 5 pg 50) pour estimer financièrement le service écologique fourni par

---

<sup>7</sup> Certaines espèces florales s'auto-fécondent toutefois la pollinisation augmente leur rendement en termes de nombre de semences produites, de la taille du fruit ou encore du nombre de fruits produits.

les insectes pollinisateurs, aboutissant à une grande variabilité (d'un facteur de 100) entre résultats (Winfree, et al., 2011).

### Schéma 5- Méthode d'évaluation du service de pollinisation



La première méthode est l'évaluation sur base du **coût de remplacement** du service rendu. Elle consiste à estimer le prix du service si celui-ci n'était plus rendu par la Nature. Pour substituer le service offert par les insectes pollinisateurs, plusieurs méthodes existent : l'utilisation d'autres insectes pollinisateurs ou encore la pollinisation manuelle (Winfree, et al., 2011).

Allsopp et ses collègues tentent de calculer le coût du service de pollinisation si celui-ci était remplacé par la *pollinisation manuelle*. Même si les rendements de la pollinisation manuelle sont satisfaisants pour certaines denrées, il est probable que la main d'œuvre vienne à manquer. Les auteurs se basent sur trois sous méthodes (pour plus de détails voir Annexe 9 pg101) pour évaluer le coût de la pollinisation manuelle. Ils aboutissent à un coût de remplacement variant entre USD 77 et 433 millions selon la sous-méthode employée pour tous les pollinisateurs (gérés : pollinisateurs uniquement élevés dans le but de polliniser les cultures et sauvages) (Allsopp, et al., 2008).

Pour estimer le coût de remplacement du service de pollinisation, il est envisageable de se baser sur l'utilisation de *pollinisateurs gérés* et d'évaluer le coût de location de ces derniers. Pour un agriculteur cela implique le coût de la location de ruche pour polliniser sa culture. Afin de calculer cette valeur, les auteurs font appel à différentes variables: l'aire de production du fruit, le nombre de ruches pour polliniser l'aire (valeur définie par l'industrie apicole commerciale), le coût de location des ruches, le pourcentage de pollinisateurs naturels

pollinisant exclusivement les fruits. Une étude s'est intéressée au coût de remplacement des pollinisateurs sauvages par des abeilles gérées pour la production de pastèques pour les états du New Jersey et Pennsylvanie et a évalué ce coût à USD 0.20 et USD 0.21 millions par an. Plusieurs variables pourraient modifier cette évaluation notamment la variation du prix de location des ruches et l'indéfinie possibilité d'utiliser des pollinisateurs gérés (Winfree, et al., 2011). Le syndrome d'effondrement des colonies affectant les colonies d'abeilles gérées pourrait diminuer leur disponibilité et augmenter les prix de location des ruches. Le coût de location de ruche pour la pollinisation des amandiers aux Etats Unis a augmenté de quatre fois en 20 ans pour atteindre USD 150/ruche/période de pollinisation en 2007 (Benjamin & McCallum, 2009).

L'autre méthode, la plus utilisée, pour rendre compte du coût du service écologique de la pollinisation est celle de la **valeur produite**. Elle repose sur le fait que si les pollinisateurs n'existaient plus, les biens auxquels ils contribuent n'existeraient plus. La valeur de production pour le service de pollinisation consiste à sommer la valeur des différents produits bénéficiant de la pollinisation.

Calderone et Morse (2000) ont évalués la valeur des abeilles par cette méthode aux Etats-Unis entre 1996-1998. La valeur du service de pollinisation est déterminée par :

- V : le produit du prix moyen des trois années précédentes du fruit sur le marché
- D : de la dépendance du fruit à la pollinisation des insectes
- P : de la proportion d'insectes pollinisateurs étant des abeilles domestiques

La valeur du service ( $V_s$ ) de l'abeille pour la production du fruit est alors égale à

$$V_s = V \times D \times P. \text{ (Equation 1)}$$

Selon cette méthode, la valeur totale du service de pollinisation effectué aux Etats-Unis entre 1996-1998, par les abeilles domestiques s'élevait à USD14 563 millions alors que la valeur des produits agricoles pollinisés vendus sur le marché était de USD 47 107 millions. Les abeilles domestiques contribuaient donc à hauteur de 30% au revenu de l'agriculture nécessitant la pollinisation aux Etats-Unis en 1996-1998 (Morse & Calderone, 2000).

Losey et ses collègues (2006) reprennent l'équation 1 de Morse et Calderone afin d'estimer la valeur des insectes sauvages comme pollinisateurs. Ils concluent que les abeilles sauvages sont responsables pour la production de fruits et légumes totalisant un montant de USD 3 074 millions aux Etats-Unis (Losey & Vaughan, 2006).

Gallai et son équipe (2009) ont adapté certaines variables de l'équation 1 dans le but d'intégrer les fluctuations régionales en termes de prix et de quantité de fruits produits. Selon eux en 2005, les cultures pollinisées représentent 152.9 milliards d'euros à l'échelle globale et à 14.2 milliards d'euros à l'échelle de l'Union Européenne (Gallai, et al., 2009). Certaines cultures ne sont absolument pas dépendantes de la pollinisation des insectes, comme par exemple les tubercules alors que d'autres cultures nécessite partiellement la pollinisation comme par exemple les fruits, ce qui les a amené à créer un indicateur illustrant cette variabilité (voir Annexe 10 pg102).

Les auteurs ont donc créé un taux de vulnérabilité, soit le rapport entre la valeur des cultures pollinisées et la valeur de toutes les cultures. Ce taux renseigne sur le niveau de fragilité de l'agriculture face à la disparition des insectes pollinisateurs. D'un point de vue mondial, le taux de vulnérabilité s'élève à 9.5% (152.9 milliards d'euros/ 1618 milliards d'euros). Bien que certains puissent considérer ce taux faible, ce taux ne traduit ni les variations régionales ni les variations entre les cultures. En s'intéressant à ces facteurs, le taux de vulnérabilité économique des différentes régions varie entre 6.5% et 11%, l'Europe et l'Amérique du Nord étant les régions les plus vulnérables (voir Tableau 4 pg 52). Le taux de vulnérabilité des différentes cultures est également variable allant de 2.7 à 39% pour les cultures pollinisées, les stimulants (café et cacao) étant les plus vulnérables.

**Tableau 4 -Taux moyen de vulnérabilité régionale face à la disparition du service de pollinisation**

Régions	Afrique	Asie	Europe	Amérique du Nord	Amérique Centrale et Sud
Taux moyen de vulnérabilité (%)	7.80	10.17	11.00	11.00	6.50

Source : (Gallai, et al., 2009)

Les auteurs soulignent que le prix moyen des catégories de cultures qui dépendent des insectes pollinisateurs est de 760 euros/tonnes alors que le prix moyen des cultures qui n'ont pas besoin des insectes pollinisateurs s'élève à 151 euros soit cinq fois moins. Cela traduit le fait que la pollinisation est un service gratuit à haute valeur économique (Gallai, et al., 2009).

Bien que les différents auteurs se basent sur la même méthode de **valeur produite**, les résultats obtenus sont variables. Ils étudient différents aspects du service de pollinisation se

concentrant davantage sur les abeilles domestiques, les abeilles sauvages ou plus largement les insectes pollinisateurs. Winfree et ses collègues (2011) constatent que bien souvent, la méthode de valeur de production est utilisée dans des situations où elle est inadéquate. Les études existantes ne semblent pas prendre en compte le fait que les prix des denrées puissent changer à échelle mondiale si les pollinisateurs viennent à manquer globalement. C'est notamment le cas des études citées précédemment : Gallai et al., Losey & Vaughan, et Morse et Calderone. De plus, certaines études sont réalisées sur base annuelle sans tenir compte de l'optimisation des ressources que l'agriculteur pourrait mettre en place afin de compenser la baisse des revenus due à une absence de pollinisation (c'est notamment le cas pour l'étude de Losey & Vaughan). Ceci conduit à une surestimation des valeurs obtenues pour le service de pollinisation. Cependant, ces études sont les seules références au sujet de l'évaluation du service de pollinisation.

Winfree et son équipe (2011) proposent de modifier la méthode de valeur de production afin de pallier aux différentes lacunes présentées ci-dessus. De la sorte ils intègrent à leur équation les coûts variables (les coûts qui varient selon la quantité de production) et le fait que le nombre de fruits produits suit une courbe asymptotique. En effet, à partir d'un certain nombre de grains de pollens déposés, les grains de pollens supplémentaires ne sont « pas nécessaires » et n'augmentent pas la taille ni la qualité du fruit. Lorsque les abeilles sauvages sont considérées comme les pollinisateurs dominants de la production de pastèque dans les états de Pennsylvanie et du New Jersey, le revenu qui leur est attribuable est de US\$ 3.4 millions par an (Winfree, et al., 2011).

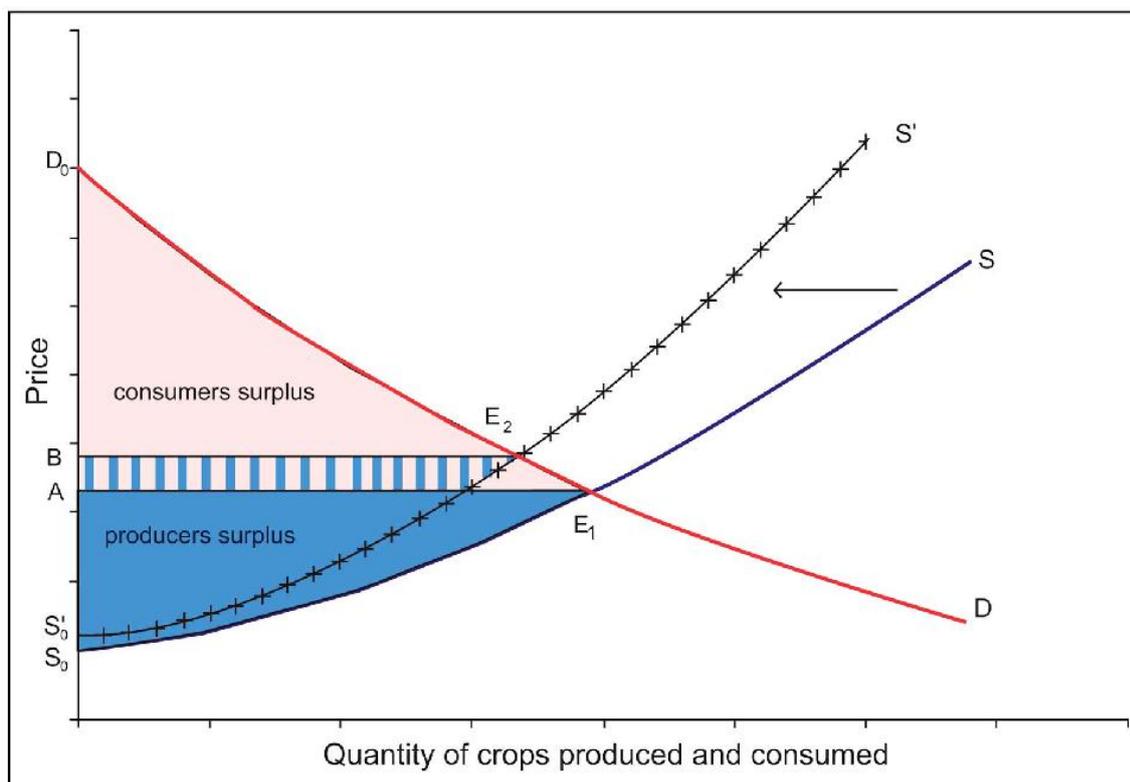
Cette nouvelle méthode améliorée est limitée spatialement. Pour dépasser cette limite il faudrait comptabiliser l'impact de la disparition des pollinisateurs sur le marché à échelle globale mais les auteurs jugent que cela est trop complexe à modéliser. Les états de Pennsylvanie et New Jersey ne contribuant qu'à hauteur de 2% de la production totale de pastèques aux Etats-Unis, les conséquences économiques sur le marché sont jugées négligeables.

Parmi les études existantes, aucune ne semble intégrer les conséquences de la variation des prix sur le marché, une composante qui paraît pourtant très importante pour une évaluation à grande échelle.

### 5.1.2 Variabilité des prix des denrées pollinisées

La disparition du service de pollinisation engendrerait des pertes économiques importantes, notamment pour les agriculteurs bénéficiant pleinement de ce service. Le nombre de denrées produites grâce à la pollinisation disponibles sur le marché diminuerait, ce qui les rendrait plus rares. L'offre en denrées pollinisées diminuerait (de S à S') alors que la demande resterait constante (D). En termes économiques, la rareté d'un bien se traduit généralement par une augmentation de son prix (de A à B) voir Figure 2 pg54. Les abeilles contribuant à la pollinisation d'une partie de denrées végétales vendues, leur disparition aurait des impacts sur la disponibilité de certaines denrées. Un des impacts de la disparition des abeilles pourrait être une augmentation du prix des fruits et légumes nécessitant d'être pollinisés pour se développer. Bien entendu cette conclusion ne tient pas compte d'innovations technologiques ou de moyens naturels pour contrer la disparition des abeilles (Hein, 2009).

**Figure 2 - Courbe d'évolution du prix en fonction de la disponibilité du service**



Source : (Hein, 2009)

Les agriculteurs sont les personnes les plus directement concernées par la disparition partielle du service de pollinisation. En effet, si ce scénario se produisait, leur production serait sans doute plus faible dû à un manque de pollinisateurs. Par ailleurs, ils devraient probablement

opter pour d'autres cultures sans doute moins rentables ou nécessitant d'autres investissements. Rappelons qu'une culture pollinisée rapporte en moyenne cinq fois plus qu'une culture ne nécessitant pas ce service (Hein, 2009).

## **5.2 Les conséquences écologiques**

### **5.2.1 Pour la production alimentaire**

En réalité, les humains dépendent de quelques aliments de base, pour leur apport calorique qui ne dépendent pas de la pollinisation animale. Il est estimé que 60% du volume de la production agricole mondiale ne nécessite pas de pollinisation animale. Mais, environ 75% des cultures dépendent des pollinisateurs à un certain degré pour la production de graines ou fruits et légumes (Garibaldi, et al., 2009 ; Klein, et al., 2007).

Klein et ses collègues (2007) se sont penchés sur la question de l'estimation des denrées alimentaires consommées par les humains nécessitant la pollinisation. Cinquante-sept cultures et cinq commodités (regroupant 67 cultures) constituent ensemble 99% de la production globale agricole. Parmi ces cultures ou commodités, 28 ne nécessitent pas de pollinisation animale et constituent à elles seules 39 millions de tonnes de la production agricole totale destinée à la consommation humaine. Alors que la production de 87 cultures ou commodités augmentent grâce à la pollinisation animale mais ne représentent que 23 millions de tonnes de la production agricole, soit seulement 35% du volume de la production agricole totale (Klein, et al., 2007).

De plus, toutes les fleurs n'ont pas besoin du même degré de pollinisation, pour certaines fleurs la pollinisation animale est un bénéfice mais n'est pas une nécessité. En prenant en compte cette variabilité du besoin de pollinisation animale, Aizen et son équipe (2009) concluent que seuls 10% des cultures au niveau mondiale nécessitent la pollinisation des insectes et que la totalité de ces cultures représentent seulement 2% de la production agricole globale (Aizen, et al., 2009).

Ces éléments permettent de confirmer la deuxième hypothèse ; l'absence de pollinisation ne diminuerait que faiblement la production alimentaire car la majorité de matières premières constituant notre régime alimentaire ne dépend pas de la pollinisation animale. Le déséquilibre actuellement observé dans les ruchers n'est donc pas un risque majeur pour la production alimentaire. Par contre la diversité et le rendement des denrées pollinisées seraient impactés. En effet, 87 cultures parmi les 124 considérées par Klein (2007) sont pollinisées

par des insectes. Dès lors où ceux-ci disparaissent, une majorité de ces cultures serait impactée. Les études existantes sur le sujet restent vagues et s'intéressent aux pollinisateurs en général, plusieurs aboutissent à la conclusion que plus de recherche est nécessaire afin de mieux estimer les conséquences d'une chute dans le service écologique de pollinisation (Klein, et al., 2007 ; Richards, 2001 ; Ghazoul, 2005). De plus, bien qu'aucune étude sérieuse ne s'intéresse à cet aspect, la disparition des abeilles diminuerait la quantité de miel et autres produits issus de la ruche. Or ces produits sont utilisés à des fins variées dans de nombreux artefacts consommés au quotidien.

### **5.2.2 Pour les services écosystémiques auxiliaires**

Au-delà des denrées destinées à notre alimentation, les insectes pollinisent d'autres plantes composantes des écosystèmes, assurant d'autres services. De ce fait, la disparition des insectes pollinisateurs se ferait également sentir d'un point de vue écologique. Toute la dynamique d'une communauté (au sens écologique du terme) peut être perturbée. Par exemple dans les communautés tropicales où les figues font partie de l'alimentation de 80% de vertébrés, si les Agaonidae, pollinisateurs majoritairement exclusifs des figuiers disparaissent, c'est toute la dynamique de la communauté qui sera affectée (Allen-Wardell, et al., 1998). La concentration en dioxyde de carbone pourrait également augmenter si la pollinisation n'est pas assurée pour un certain nombre d'arbres menant potentiellement à leur disparition. L'instabilité du sol et le recyclage des nutriments pourraient aussi être impactés, si les arbres assurant ce service ne sont plus pollinisés (Abrol, 2012).

Une des caractéristiques de la pollinisation par les insectes est la fécondation croisée, c'est-à-dire que l'ovule d'une plante reçoit le pollen d'une autre plante de la même espèce, assurant un brassage génétique (Gnis pédagogie, 2007-2012). En ce sens, l'absence de pollinisation pourrait réduire la variabilité génétique, diminuant les possibilités d'adaptations génétiques en cas de changements environnementaux. De plus, certaines études citées par Allen-Wardell et ses collègues (1998) montrent que l'absence de pollinisateurs réduirait la production de 50 à 60% de certaines espèces végétales rares (Allen-Wardell, et al., 1998).

Il me paraît important de souligner que parmi mes recherches, les études s'intéressant aux impacts de la disparition des abeilles vis-à-vis de la Nature étaient très peu nombreuses comparativement aux études s'intéressant aux impacts de la disparition des abeilles relatifs au bien-être humain. Toutefois, il me semble que le nombre d'espèces naturelles potentiellement affectées par la disparition des abeilles est largement supérieur aux conséquences négatives

pour le bien-être humain. Des études devraient urgemment tenter d'apporter des éléments de réponse à cette problématique.

Les nombreuses inconnues dans ce domaine et le fait que de nombreuses espèces dépendent du service de pollinisation des abeilles de façon directe ou indirecte permettent de valider ma première hypothèse. Le déséquilibre actuellement observé dans les ruchers représente des risques majeurs pour les écosystèmes.

### **5.3 Les conséquences sociales**

Quelles sont les conséquences d'une baisse de pollinisation par rapport au régime alimentaire ? Pourrions-nous souffrir d'un manque de pollinisation ?

Une chute dans le service de pollinisation, se traduirait par une perte économique dans le secteur de l'agriculture et une diminution dans la production agricole dépendante de la pollinisation. Cependant elle pourrait également avoir des répercussions sociales auprès des consommateurs. En effet, comme mentionné plus haut, la baisse de pollinisation au niveau globale pourrait se traduire par une augmentation du prix des denrées alimentaires pollinisées (Hein, 2009). La majorité des denrées alimentaires qui dépendent de la pollinisation sont les fruits, les légumes et les fruits à coque (Abrol, 2012 ; Gallai, et al., 2009).

Depuis le début des années 1990, l'organisation mondiale de la santé (OMS) a établi un seuil minimal de consommation de fruits et légumes par jour à 400 grammes dont 250 grammes de légumes et 150 grammes de fruits. Toutefois ce seuil peine à être respecté (Naska, et al., 2000). En Belgique, en 2004, le seuil des 400 grammes de fruits et légumes par jour n'était pas atteint. En moyenne les belges consommaient 256 grammes de fruits et légumes, dont 118 grammes de fruits et 138 grammes de légumes, des valeurs bien en dessous des recommandations (Institut Scientifique de la Santé Publique Section Epidémiologie, 2006).

Plusieurs facteurs interagissent dans le respect des recommandations en matière de consommation de fruits et légumes. Parmi les facteurs avancés pouvant expliquer cette constatation : le revenu. Ainsi, les tranches de la population qui bénéficient de revenus plus élevés, bénéficiant d'une meilleure éducation, d'un emploi de type cadre ou employé plutôt qu'ouvrier consomment plus de fruits et légumes que les personnes de revenus plus modestes (European Food Information Council, 2012 ; Amiot-Carlin, et al., 2007). En Belgique, en 2010, les ménages consacraient en moyenne 276 euros par an à l'achat de fruits et légumes

frais<sup>8</sup>. Toutefois ce chiffre cache une grande disparité; la somme consacrée à l'achat de fruits et légumes frais était de 162 euros par an pour le premier quartile de revenu alors qu'elle était de 389 euros par an pour le quatrième quartile (SPF Economie, 2012) voir Tableau 5 pg 58.

**Tableau 5- Somme dépensée dans l'achat de fruits et légumes frais en fonction du revenu**

Somme moyenne dépensée	Moyenne Belge	Revenu compris dans 1 <sup>er</sup> quartile	Revenu compris entre le 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>eme</sup> quartile	Revenu Compris entre le 2 <sup>eme</sup> et 3 <sup>eme</sup> quartile	Revenu compris dans le 4 <sup>eme</sup> quartile
Destinée à l'achat de fruits et légumes frais par an en euros	276	162	243	308	389

Source : tableau inspiré de données issues de (SPF Economie, 2012)

Une étude anglaise effectuée auprès des personnes à plus faibles revenus a démontré que pour plus de la majorité, acheter plus de fruits et légumes serait difficile en raison du prix de ces aliments. Ainsi, une augmentation des prix des denrées pollinisées pourrait d'autant plus limiter la consommation de fruits et légumes pour les plus faibles revenus, ne pouvant pas acheter les fruits et légumes plus chers. Toutefois, il est important de souligner qu'une appartenance à une catégorie de revenu élevée n'assure pas la consommation de fruits et légumes recommandée (Amiot-Carlin, et al., 2007 ; Dibsall, et al., 2003).

Une autre conséquence sociale de la disparition des pollinisateurs et plus particulièrement des abeilles est la perte d'emplois ou hobbies pour les apiculteurs. La tendance de la diminution des apiculteurs est parallèle à l'évolution du nombre de ruchers. En Europe Centrale (Autriche, Belgique, République Tchèque, Allemagne, Danemark, Angleterre, Luxembourg, Pays Bas, Pologne, l'Ecosse, Slovaquie et le Pays de Galle), le nombre de ruchers a diminué 3.6% de 1965-1985 et a entraîné la baisse de 26% d'apiculteurs. La chute est encore plus marquante pour la période 1985-2005, où le nombre d'apiculteurs a chuté de 38% parallèlement à la baisse de 25% des ruchers voir Tableau 6 pg 59.

---

<sup>8</sup> Afin de ne pas complexifier la compréhension des chiffres à suivre, nous prenons comme repère les fruits et légumes frais, excluant alors les jus de fruits, ainsi que les fruits et légumes transformés

**Tableau 6- Evolution parallèle entre le nombre de colonies et le nombre d'apiculteurs en Europe Centrale**

Source :  
tableau inspiré de  
(Potts, et al., 2010)

Période	Evolution du nombre de ruches en %	Evolution du nombre d'apiculteurs en %
1965-1985	-3.6 ( $\pm$ 8.1)	-26 ( $\pm$ 12.4)
1985-2005	-24.7 ( $\pm$ 4.6)	-37.9 ( $\pm$ 4.8)

Bien entendu, cette perte de la profession ou du hobby d'apiculteur ne s'explique pas uniquement en raison d'une chute du nombre de colonies. D'autres facteurs socio-économiques peuvent entrer en compte, par exemple le coût des traitements afin de maintenir les ruchers en bonne santé a sans doute découragé des apiculteurs, ou encore le fait qu'aujourd'hui produire son propre miel n'est plus une nécessité en raison de la disponibilité de sucre et miel à faibles prix. Ainsi, la mortalité inexplicée des abeilles souffrant du syndrome d'effondrement accentuera sans doute cette tendance (Potts, et al., 2010).

#### **5.4 Conclusion partielle**

Le service de pollinisation assuré par les abeilles peut-être évalué selon deux méthodes principales : le coût de remplacement et le coût de la valeur de production. La première méthode consiste à calculer le coût du remplacement du service de pollinisation par diverses façons, notamment par la location de pollinisateurs spécifiquement élevés pour polliniser. La deuxième méthode consiste à totaliser les valeurs des denrées bénéficiant de la pollinisation des abeilles. Les deux méthodes permettent d'aboutir à des valeurs mais elles présentent de nombreuses lacunes, aucune méthode à ce jour ne permet d'aboutir à une évaluation satisfaisante. Malgré les lacunes et la variabilité des résultats, les évaluations tendent vers la conclusion que la perte des pollinisateurs engendrerait d'importantes conséquences économiques dans le domaine agricole.

D'un point de vue écologique, il est difficile d'évaluer les conséquences de la disparition des abeilles. En plus de polliniser des denrées dont nous bénéficions pour notre régime alimentaire, elles pollinisent d'autres végétaux qui assurent des services écosystémiques auxiliaires par exemple des arbres qui assurent une fonction préventive contre l'érosion et le stockage de CO<sub>2</sub>. La disparition des abeilles provoquerait sans doute de grandes conséquences pour les écosystèmes mais il est difficile et ambitieux de les anticiper. Notre régime alimentaire ne serait que partiellement affecté par la disparition des abeilles car seuls

35% de la production agricole bénéficie de la pollinisation des insectes (à degrés variables). C'est plutôt la diversité de notre régime alimentaire qui serait influencé.

La disparition des pollinisateurs engendrerait probablement une augmentation des prix des denrées pollinisées. Socialement, cela accentuerait la tendance de sous consommation de fruits et légumes particulièrement auprès des groupes sociaux à faibles revenus, n'étant pas en mesure de s'offrir des fruits et légumes plus chers. L'activité des apiculteurs, professionnels ou « hobbyistes », est bien entendu fortement impactée par une disparition des abeilles.

## **6. Alternatives, pistes de réflexions**

Bien entendu les mesures et la stratégie proposées ne sont que des suggestions, et peuvent être améliorées.

### **6.1 La participation de la Belgique dans la sauvegarde des abeilles**

Après le constat relevé à travers ce travail, il semble pertinent de s'intéresser aux projets existants traitant du syndrome d'effondrement des abeilles, ainsi que d'analyser différentes alternatives pour maintenir le service de pollinisation, particulièrement pour l'agriculture. Bien que le problème soit global, nous proposerons plusieurs suggestions pour améliorer la situation en Belgique. Ces propositions s'inspirent d'expériences étrangères.

Au niveau Belge, ce sont principalement les universités de Gent et Gembloux qui analysent la situation du cheptel apicole. En matière de politique, l'apiculture s'inscrit dans l'agriculture, une compétence régionale en Belgique. Seule une analyse des politiques globales belges et wallonnes en la matière sera prise en compte dans ce mémoire.

#### **6.1.1 Les projets existants pour la sauvegarde des abeilles**

La Belgique ne dispose actuellement pas de programme de surveillance de la santé des abeilles mais participe à un projet pilote dans ce sens. Un laboratoire français a été chargé par la Commission européenne de mettre en place un réseau de laboratoires nationaux de référence au sein de l'Union Européenne afin d'obtenir des données plus fiables et a proposé à différents laboratoires de s'inscrire dans un projet pilote de surveillance. En Belgique ce projet s'effectuera auprès de 150 apiculteurs, qui feront l'objet de plusieurs visites. Des analyses pour détecter plusieurs virus et pathogènes seront effectuées. Parallèlement des informations relatives aux pratiques apicoles et les résultats de la récolte seront également enregistrés. Ces deux étapes s'effectueront au moyen de formulaires remplis selon des instructions standardisées afin de pouvoir faire le lien plus facilement entre la santé des abeilles et les pratiques apicoles. Sur base de ce projet pilote, des améliorations seront peut-être apportées et en fonction du résultat, la Commission européenne envisage de rendre ce programme permanent. Les résultats des projets pilotes relatifs à la santé relative des abeilles pourraient potentiellement informer davantage concernant le syndrome d'effondrement des abeilles et permettre des actions plus ciblées (Agence Fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire, 2011).

En Wallonie un seul plan concret a été mis en place en 2010 afin de « sauvegarder les populations d'abeilles et d'insectes butineuses sur le territoire de la Wallonie afin de

préservé notre environnement, notre biodiversité et notre alimentation » (Direction générale de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement, 2011, p. 4). Pour parvenir à cet objectif, le plan est axé sur cinq mesures de préservation:

- l'assurance d'une bonne alimentation via l'encouragement d'essences mellifères,
- le soutien aux jeunes apiculteurs formation et possibilité d'obtenir une ruche et reine gratuitement,
- la recherche au sujet des maladies, virus et contaminations par les pesticides
- le fauchage tardif
- et les communes « Maya ».

Les communes maya sont actives dans le plan de sauvegarde des abeilles et sont donc soumises à un cahier de charges restrictif.

Le plan Maya pour les communes se développe en trois volets :

- 1) Dès la première année, la commune s'engage à planter des essences mellifères sur son territoire chaque année, organiser une rencontre annuelle entre l'entité communale et les apiculteurs au sein de la commune afin d'améliorer la communication entre les différents partis, entreprendre une campagne de sensibilisation et instaurer une « semaine de l'abeille »
- 2) Dès la deuxième année, la commune doit incorporer dans les divers fleurissements qu'elle entretient (les parterres, les bacs à fleurs, etc) au minimum 20% de fleurs mellifères, lister et mettre à disposition les différents lieux où les apiculteurs pourraient entreposer leur ruches sur au sein du territoire de la commune, inscrire la commune dans la Convention « Bords de routes- Fauchage tardif »
- 3) Dès la troisième année, la mise en place d'un plan ayant pour but de diminuer voire supprimer la consommation de pesticides utilisés dans les espaces gérés par la commune, mettre en place un plan de gestion différencié pour les espaces verts de la commune et former le personnel en charge.

En contrepartie, la région Wallonne offre aux communes Maya la possibilité de bénéficier de diverses subventions afin d'intégrer plus d'essences mellifères (variables selon le statut de la commune), l'approvisionnement de panneaux et signaux informant que la commune détient le label « commune MAYA ». Lors de la distribution gratuite d'arbres, les communes Maya sont prioritaires et la Wallonie propose aux communes différents supports pour la

communication (Environnement Wallonie, 2011). De plus, afin de rendre plus concret le plan, plusieurs exemples de mesures adoptables par tout un chacun sont illustrés dans une brochure, comme par exemple la proposition de plusieurs essences locales d'arbustes attirant les insectes et diminuer la quantité de pesticides utilisés (Direction générale de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement, 2011).

### **6.1.2 Implication de la Belgique dans plusieurs projets de recherches**

La Belgique participe à plusieurs projets de recherches européens et mondiaux visant à comprendre les causes du syndrome d'effondrement et à la mise en place de stratégie pour réduire la mortalité des pollinisateurs (The European Commission DG Health and Consumer Protection, 2005-2012).

Au sein de l'Union européenne, la Belgique participe au groupe de la Coordination Apicole Européenne. Ce groupe a deux objectifs principaux : obtenir une évaluation des risques des pesticides par les différentes voies de contamination considérant la toxicité chronique et aigue. Et réévaluer la présence de certaines substances actuellement sur le marché selon les résultats des évaluations (Guerriat, s.d.). Le groupe a notamment rédigé un rapport visant à modifier les procédures d'évaluations des substances afin qu'elles soient plus en phase avec la réalité. (Celles-ci seront expliquées plus loin dans la partie 6.2.1pg 68) (Simon, 2011).

L'université de Gent représentant la Belgique est active dans le groupe Bees in Europe & the Decline Of honeybee Colonies ( BEE DOC). Le but de ce groupe de recherche initié en 2010 est d'identifier et de modéliser les interactions entre parasites, pathogènes et pesticides qui permettraient d'expliquer les taux de mortalité d'abeilles élevé observé à travers l'Europe (BEE DOC, s.d.). BEE DOC s'intéresse particulièrement aux effets sublétaux et chroniques des pesticides et aux effets des pratiques apicoles sur les colonies. L'objectif ultime de BEE DOC est de développer des outils afin de diagnostiquer plus rapidement les pathogènes dans les ruches afin d'initier au plus vite leur traitement (BEE DOC, s.d.).

COLOSS ( Prevention of COlony LOSS) est un réseau de recherche alliant scientifiques et apiculteurs répartis dans le monde qui a pour but d'examiner les facteurs menant une colonie à l'effondrement et adopter des mesures afin d'éviter une telle situation. Plus particulièrement, COLOSS travaille autour de quatre objectifs :

- 1) Standardiser les techniques de surveillance et expériences sur les abeilles
- 2) Identifier des facteurs et mécanismes provoquant le syndrome d'effondrement

- 3) Expliquer et prévenir la perte de colonies à grande échelle
  - 4) Développer des mesures d'urgence et de gestion durable pour les apiculteurs.
- (Williams, et al., 2012)

D'autres projets de recherches mondiaux s'intéressent plus globalement au statut de la biodiversité et les pollinisateurs plus largement. Le projet Assessing Large scale Risk for biodiversity with tested Methods (ALARM) a notamment pour but de quantifier la baisse du nombre d'insectes pollinisateurs en Europe (ALARM, s.d.). Plus particulièrement, la mission de ce groupe est de s'intéresser aux conséquences du changement climatique et à l'utilisation de molécules chimiques sur les pollinisateurs. L'objectif du groupe est de déterminer certaines espèces pollinisatrices en tant qu'indicateurs permettant de faire le lien entre la probabilité de voir une diminution du nombre de pollinisateurs et le facteur étudié. Par la suite, des cartes de risques et vulnérabilité seront émises en fonction des différents groupes de pollinisateurs et de la région (ALARM, s.d.).

Sur base des résultats obtenus par ALARM, le projet STEP (Status and Trends of European Pollinators) évalue la tendance et le statut des pollinisateurs européens, quantifie l'importance de certains impacts et identifie des stratégies et politiques dans le but d'atténuer le problème. Parmi les projets de STEP sont inclus, des programmes de surveillance des pollinisateurs et la constitution de listes évaluant le statut de certains pollinisateurs, l'évaluation de l'impact écologique et économique dû à la diminution des pollinisateurs et la création d'outils de gestion adaptés à la situation. (Plusieurs articles utilisés dans le présent texte sont issus de ce groupe de travail, par exemple Garibaldi, et al. (2011) et Potts, et al. (2010)).

L'« International Pollinator Initiative » est né suite à la reconnaissance de la baisse des pollinisateurs et ses effets sur la biodiversité agricole et la pérennité de l'agriculture lors de la cinquième conférence des partis en 2000. L'initiative est déclinée sur chaque continent afin d'analyser les différents contextes. Les quatre composantes de cette initiative sont l'évaluation (effectuée via le projet ALARM en Europe), la gestion adaptative (identifier les meilleures pratiques et technologies pour palier le déclin des pollinisateurs et de leurs services), le renforcement de la connaissance (le renforcement des liens et de l'expertise en Europe) et l'intégration (le support de politiques ciblant la conservation des pollinisateurs et augmenter la sensibilisation auprès du public, du gouvernement et des industries) (FAO, 2009 ; Centre for Agri-Environmental Research Reading University, s.d.).

## 6.2 Recommandations pour améliorer le cheptel apicole Belge

Comme nous l'avons abordé précédemment, le cheptel apicole belge souffre du syndrome d'effondrement des abeilles. Les causes de ce phénomène sont encore à développer mais il semble important d'adopter une vision précautionneuse et de mettre en place des actions afin de limiter les pertes des colonies en attendant que la recherche apporte plus d'éléments de réponses.

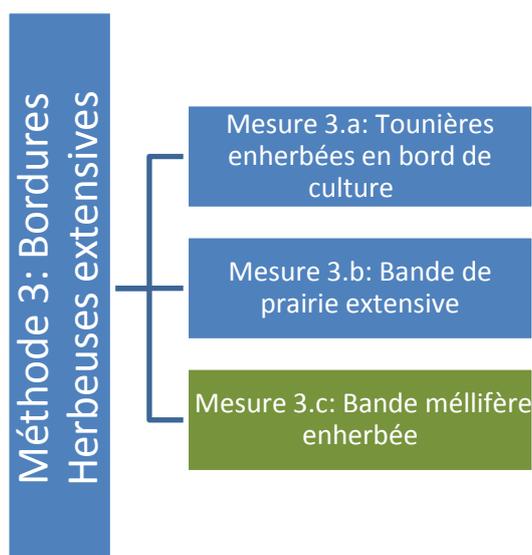
### 6.2.1 Proposition de mesures concrètes

Les mesures préconisées dans le texte ci-après visent à freiner le pourcentage grandissant des pertes dans les colonies d'abeilles en Belgique. Comme mentionné précédemment, les mécanismes perturbateurs dans les ruchers peuvent être catégorisés selon qu'ils sont « naturels » ou anthropiques. Il paraît difficile d'élaborer des mesures concrètes concernant les mécanismes perturbateurs naturels mise à part la vigilance et à limiter les échanges entre ruches. Nous l'avons vu précédemment, plusieurs mécanismes anthropiques influencent les abeilles mais le modèle agricole semble être le plus perturbateur, c'est donc dans ce domaine que les mesures seront proposées.

La monoculture appauvrit le régime alimentaire des abeilles résultant principalement en une baisse de leur défense immunitaire. Afin de remédier à cette conséquence nocive du modèle agricole moderne, il serait intéressant de développer des mesures encourageant les agriculteurs à inclure des plantes mellifères dans leur champs afin d'augmenter les différentes ressources alimentaires et donc varier les nutriments disponibles pour les abeilles.

En 2013, la politique Agricole Commune (PAC) régissant le fonctionnement de l'agriculture en Europe sera réformée (Commission européenne, 2012). Parmi les outils développés par la PAC, les mesures agro-environnementales, traduites à l'échelle nationale, visent à développer un secteur agricole respectueux de l'environnement. Les participants du STEP sollicitent que des mesures de conservations pour une meilleure gestion du service pollinisation soient intégrées dans la prochaine réforme de la PAC (Potts, et al., 2011). Nous proposons donc une **nouvelle mesure agro-environnementale** ayant pour objectif d'augmenter les plantes mellifères dans les zones de monocultures. Plus spécifiquement, cette mesure s'intégrerait dans la mesure 3 actuelle : bordures herbeuses extensives dont deux sous méthodes (3a et 3b) existent déjà. Cette troisième sous mesure 3.c s'intitulerait Bande mellifère enherbée (voir Schéma 6 pg 66).

## Schéma 6- Proposition d'une nouvelle mesure agro-environnementale



Le cahier de charge de la mesure 3c pourrait être le suivant : « 900 euros par ha, pour une section minimale de 200 m<sup>2</sup>. Largueur fixe de 12 mètres en tout point. Cette bande enherbée estensemencée avec un mélange diversifié de ressources mellifères et ne peut être fauchée qu’après le 1 octobre. Une bande refuge est maintenue lors de la fauche et l’utilisation d’intrants est interdite. » La date du 1<sup>er</sup> octobre car les abeilles butinent encore à l’automne afin de maximiser les ressources alimentaire avant l’hiver. Cette mesure pourrait d’abord être appliquée dans les communes Maya et ensuite ouvertes aux agriculteurs wallons en fonction du succès de la mesure.

Les pesticides systémiques semblent également interagir négativement avec les populations des abeilles. Ils sont utilisés en Belgique bien que sur des surfaces limitées et sont homologués pour être vendus sur le marché belge (information reçue par Mme Van Dyck (voir Annexe 11 pg 103) (Haubruge, et al., 2006; Nguyen, et al., 2009). Toutefois, vu les effets dévastateurs que peuvent provoquer les pesticides pour la dynamique des abeilles il est important de limiter leur utilisation. Une autre **mesure agro-environnementale** spécifique pour l’interdiction de pesticides dans une zone d’apiculture pourrait être élaborée. Cette mesure viserait l’interdiction de l’épandage de pesticides lorsque les ruches sont placées dans un rayon de trois kilomètres. Cette distance de trois kilomètres est adoptée car elle correspond à la distance « maximale » de butinage. La mesure interdirait également à l’agriculteur d’utiliser des semences enrobées de pesticides systémiques sur la parcelle. Cette interdiction pourrait s’intégrer dans le plan de Programme de Réduction des Pesticides et des

Biocides actuellement conduit sous la directive DIRECTIVE 2009/128/CE pour parvenir à une utilisation durable des pesticides (Service Public Fédéral Santé Publique, 2012)

La promotion de **l'agriculture biologique** est également un moyen efficace pour limiter l'utilisation des pesticides. Du fait que l'utilisation des pesticides et produits phytosanitaires soit proscrite, le modèle agricole biologique est plus respectueux de l'environnement et diminue les risques pour la santé des abeilles. En ce sens, il est essentiel que les primes octroyées au secteur agricole biologique soient maintenues. Afin d'encourager les agriculteurs hésitants à se convertir à l'agriculture biologique, les surprimes existantes accordées pourraient être allongées dans le temps ou augmentées. (Depuis l'arrêté du gouvernement wallon relatif à l'octroi d'aides à l'agriculture biologique du 24 avril 2008, afin de promouvoir la reconversion vers l'agriculture biologique, les producteurs bénéficient de surprimes pendant les deux premières années d'un montant de 150 euros supplémentaire par hectare) (Gouvernement Wallon, 2010).

Plus globalement, il semble qu'une **réforme de l'évaluation de la mise sur le marché des pesticides**, et particulièrement les pesticides systémiques, devrait être encouragée. L'évaluation de la toxicité des pesticides pour les abeilles a été conçue à l'époque où les pesticides étaient pulvérisés sur les parcelles et ne prennent donc pas en compte l'action systémique des nouvelles générations de pesticides. De plus, l'évaluation examine la toxicité des substances sur une base individuelle, ne prenant pas en compte l'aspect social des abeilles. L'évaluation s'intéresse principalement à la toxicité aiguë car la toxicité des substances appliquées était limitée dans le temps.

Toutefois les pesticides systémiques sont présents à travers tous les stades de développement des plantes, la toxicité chronique devrait donc être analysée en profondeur pour l'évaluation de ces substances. Pour cela, des tests conduits sur une période de deux mois devraient être mis en place (actuellement les tests sont conduits sur une dizaine de jours). Cette longue durée permettrait de comprendre les effets sur le couvain et de la consommation de pollen et nectar contaminés. Par ailleurs, en laboratoire, certains paramètres peuvent amplifier ou réduire les effets des substances sur les abeilles. Souvent les tests s'intéressent à une seule substance et n'évalue donc pas l'interaction entre différents facteurs. Des tests dans des conditions naturelles devraient donc être réalisées afin d'être plus pertinents. De plus, un programme de surveillance relatif à l'évolution de la substance dans l'environnement devrait

être prévu même après la mise sur le marché de manière à s'assurer que des effets non observés durant les tests ne se développent pas.

Les tests devraient également se baser sur un grand nombre d'abeilles, possiblement une colonie entière afin de comprendre les dynamiques de contamination entre strates. Comme indicateur de toxicité chronique, la valeur du rapport entre le PEC (Predicted Environmental Concentration) et le PNEC (Predicted No Effect Concentration) pourrait être utilisée. Une valeur seuil devrait alors être déterminée, celle-ci permettrait d'autoriser la substance si la valeur du rapport est inférieure au seuil ou de demander des tests supplémentaires si la valeur du rapport est supérieure au seuil. En fonction des strates d'abeilles considérées la valeur seuil devrait être ajustée et être établie par des toxicologues spécialisés dans les abeilles. En effet, la toxicité d'une substance est différente pour des larves que pour des abeilles adultes. Des indicateurs concernant la vitalité de la colonie comme par exemple la durée de vie pourrait également être mis en place afin de déterminer les effets nocifs d'un pesticide (Simon, 2011).

### **6.2.2 Proposition d'une stratégie**

Face au nombre inquiétant de colonies disparues, certains pays européens, notamment la France et l'Angleterre, ont mis en place une stratégie visant à comprendre et agir quant au syndrome d'effondrement des abeilles. La Belgique n'a pas encore élaboré de tel programme, nous proposons donc dans cette partie une stratégie inspirée de celles nos voisins (voir Annexe 12 pg103). Alors que les recherches et la mise en place de certaines actions peuvent prendre plus ou moins de temps, les objectifs de notre stratégie seront échelonnés sur les court, moyen et long termes. Les effets attendus de cette stratégie sont une reprise de la vitalité des ruchers belges et le maintien d'un secteur apicole durable. Afin que la stratégie soit plus efficace, il est nécessaire que les objectifs soient revus en fonction des résultats obtenus.

La stratégie court-terme vise principalement à mettre en place des programmes de surveillance et de développer des « dispositifs » en cas d'invasion d'un parasite dangereux.

La participation de la Belgique au projet pilote de surveillance est une bonne initiative car elle permettra d'obtenir des données standardisées et par conséquent obtenir des résultats plus fiables. En Belgique, les « détenteurs d'abeilles doivent se faire enregistrer auprès de l'AFSCA. Cette obligation est d'application pour tous les apiculteurs [...] » (FAVV-AFSCA,

2012). Cet enregistrement permet de constituer une base de données des apiculteurs belges et de faciliter la communication avec eux.

Afin de mieux rendre compte de l'ampleur du phénomène du syndrome d'effondrement des abeilles en Belgique, il serait intéressant d'y **ajouter une déclaration annuelle** sur l'état des ruches (à l'instar de ce qui était fait en France avant 2005). Des indicateurs permettant de juger de l'état des ruches devraient être élaborés afin de standardiser au maximum les déclarations et d'éviter des erreurs de diagnostic.

Les données récoltées par ce biais permettraient de géographier précisément les ruchers souffrant du syndrome et de surveiller les dynamiques des ruchers à l'échelle du territoire (Saddier, 2008). Les apiculteurs sont déjà contraints d'informer l'agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire (AFSCA) en cas de présence de certaines maladies dans leurs ruches. Cet amendement ne constituerait donc pas un véritable changement auprès des apiculteurs. De plus les traitements contre les maladies pourraient être plus ciblés en fonction de la répartition de celles-ci.

Un **dispositif d'alerte** pourrait également être mis en place. Son but serait d'informer les apiculteurs au sujet de l'intrusion de certains pathogènes absents des ruchers belges jusqu'à présent. Une liste de pathogènes inconnus pourrait être établie sur base des pathogènes existants dans l'apiculture à l'échelle mondiale. Des moyens de lutte devraient être prévus et les apiculteurs tenus informés afin d'éradiquer l'invasion des pathogènes au plus vite après son apparition sur le « territoire ». Si ce dispositif est mis en place rapidement et efficacement, il permettrait de limiter l'apparition de nouvelles maladies ce qui pourrait potentiellement permettre de rétablir la vitalité des ruchers. (Ce dispositif pourrait s'inspirer du dispositif d'alerte mis en place en Europe pour le petit coléoptère des ruches). Si d'autres pays limitrophes sont également intéressés par l'implantation d'un tel dispositif d'alerte, il serait nécessaire de collaborer avec eux. L'efficacité de l'éradication des maladies et la prévention de leur propagation seraient d'autant plus efficace si les systèmes de surveillance coopèrent.

A l'instar de ce qui a été mis en place en France avec l'Institut National de Recherche Agronomique ( INRA ), la **création d'un centre de recherche nationale** pourrait être créée sur le *moyen terme*. Ce centre permettrait le dialogue entre les scientifiques, en évitant des recherches redondantes, d'élargir les pistes de réflexions mais aussi d'élaborer des mesures

potentielles à mettre en place. Sur base des résultats des maladies observées dans les ruchers, trois objectifs seront à atteindre. Le premier concerne les pathogènes connus, dans quel cas des moyens de lutte seront idéalement proposés. Afin de limiter l'apparition de d'accoutumance, les moyens de lutte seront préférentiellement de nature biologique ne faisant pas ou peu intervenir de substances chimiques. Le multi traitements contre les pathogènes résistants représente un coût important pour les apiculteurs, ainsi une méthode de lutte biologique sera potentiellement moins chère et plus efficace. Le deuxième objectif concerne les pathogènes peu connus ou inconnus, pour lesquels il sera nécessaire d'identifier les mécanismes d'actions, l'agent responsable et les conséquences nocives avant de pouvoir élaborer des moyens de lutte. Le troisième objectif s'intéresserait aux synergies entre les différents facteurs et aux effets « cocktails mortels » de plusieurs facteurs agissant ensemble étant donné que le problème semble être d'origine multi-causale.

Il est nécessaire que ce groupe de travail collabore avec les écoles d'apicultures et les apiculteurs pour les tenir informés des avancées dans la recherche et tester des nouvelles méthodes de lutte contre les maladies. Des fonds de recherches devraient être débloqués afin de pouvoir mener à terme des expériences. Aux Etats-Unis et en Angleterre, plusieurs millions de dollars ont été injectés dans la recherche au sujet du CCD.

Sur le plus *long terme* et sur base des résultats obtenus par le centre de recherche concernant des moyens de lutte efficaces un **guide de bonnes pratiques apicoles** pourrait être développé. Cela permettrait aux apiculteurs d'être potentiellement mieux informé quant aux moyens de lutte disponibles contre différents pathogènes. Ce guide permettrait possiblement à l'apiculteur de mieux gérer ses ruches.

Un **programme d'élevage** international pourrait être envisagé avec des colonies d'autres pays. En France et aux Etats-Unis, des lignées d'abeilles ont survécus malgré l'absence de traitement contre le varroa (Le Conte & Navajas, 2008 ; Spivak & Le Conte, 2010). Ces lignées semblent donc être naturellement résistantes contre l'acarien. Il serait donc intéressant de comprendre les raisons de cette résistance naturelle et de savoir pourquoi certaines abeilles sont plus sensibles que d'autres à certains pathogènes. Une telle avancée pourrait être avantageuse pour les apiculteurs étant donné que le varroa est la première maladie mortelle dans les ruchers. Après avoir compris les mécanismes octroyant aux abeilles une résistance naturelle, un programme d'élevage pourrait être mis sur pied afin de renforcer la lutte contre le varroa.

De plus, la participation de la Belgique à divers **programmes de recherches internationaux** doit être maintenue afin de bénéficier des connaissances de tous les pays et d'éradiquer au plus vite ce phénomène.

Bien que ces stratégies soient majoritairement axées dans le secteur de la recherche elles restent vagues. Il est difficile de présenter des stratégies plus précises notamment en raison de la multitude d'inconnues impliquées dans le syndrome d'effondrement des abeilles. De la sorte, une actualisation régulière des objectifs en fonction des avancées et des résultats obtenus semble essentielle.

### **6.3 Remplacement d'Apis mellifera**

Bien que ces mesures soient nécessaires, elles pourraient ne pas être la réponse au problème d'affaiblissement et de mortalité d'Apis mellifera. Il existe d'autres options aux abeilles, certaines plus pertinentes que d'autres. Les méthodes alternatives qui seront abordées dans ce mémoire ne constituent qu'une fraction des méthodes disponibles et les innovations technologiques futures amèneront sans doute de nouvelles approches.

#### **6.3.1 Par d'autres pollinisateurs**

Bien qu'Apis mellifera soit l'espèce d'abeille utilisée pour la majorité des besoins de pollinisation nécessaire dans un contexte agricole, elle n'est pas la seule espèce effectuant cette tâche et n'est pas forcément la plus efficace (Haubruge, et al., 2006 ; Klein, et al., 2007). D'autres espèces d'abeilles pollinisent également certaines espèces végétales, mais certains oiseaux, papillons ou encore chauve-souris participent également la pollinisation des végétaux (Abrol, 2012). Une des raisons pour lesquelles les abeilles domestiques sont les principaux pollinisateurs animaux est qu'elles sont généralistes. Cela signifie que les abeilles butinent de nombreuses fleurs auprès desquelles, elles puisent leur ressources contrairement aux espèces spécifiques qui ne peuvent obtenir leur besoin qu'en butinant exclusivement une espèce végétale (VanEngelsdorp & Meixner, 2010).

Toutefois le fait qu'Apis mellifera soit le pollinisateur le plus répandu pour la pollinisation peut s'avérer risqué. En effet, comme le témoigne la situation aujourd'hui, alors qu'Apis mellifera subit des hauts taux de mortalité, les agriculteurs et la profession apicole semblent très vulnérables.

Etant donné que d'autres espèces d'abeilles contribuent à la pollinisation de café, de tomates, de pastèques ou encore de tournesols, certains auteurs se sont interrogés quant à l'utilisation d'autres insectes pollinisateurs pour compléter le service.

Klein et ses collègues (2007) se sont intéressés à la pollinisation des pastèques dans les états du New Jersey et de Pennsylvanie. Leurs résultats montrent que plus de 60% du pollen déposé sur les fleurs des pastèques a été transporté par les abeilles indigènes (ici des bourdons, « green bees », « small bees » et « large bees »). Sur une surface comparable de plants de pastèques, les abeilles indigènes parvenaient à en polliniser 91% alors que les abeilles domestiques n'en pollinisaient que 78%. Les auteurs aboutissent donc à la conclusion que la majorité des cultures des pastèques dans ces états pourraient être pollinisées exclusivement d'abeilles indigènes. Bien entendu, cette étude ne peut être extrapolée à échelle mondiale ... Toutefois les auteurs suggèrent qu'une diversité de pollinisateurs indigènes pourraient ensemble compenser la perte de l'abeille domestique dans certain système agricole (Winfree, et al., 2007).

Il en va de même pour les framboises cultivées en Ecosse, les bourdons sont les espèces qui pollinisent le plus cette ressource florale. En analysant les visites de pollinisateurs sur des plantations de framboises, les bourdons constituaient environ 60% des visites alors que les abeilles domestiques effectuaient le reste. De même, les bourdons récoltaient plus de pollen sur leur corps et en déposaient plus sur les stigmas des framboises que les abeilles domestiques. Sur base de leur résultat et des caractéristiques climatiques où sont cultivées les framboises (été frais), les auteurs pensent que la pollinisation par une espèce non *Apis* est un phénomène généralisable pour la culture de framboises (Willmer, et al., 1994).

C'est en 1985, que le vétérinaire belge Dr. de Jonghe a découvert le potentiel d'utilisation du bourdons (*Bombus terrestris*) pour la pollinisation des tomates en serres. Dès lors, un vaste programme d'élevage de bourdon a eu lieu et aujourd'hui la pollinisation des tomates par les bourdons s'effectuent sur tous les continents. Les abeilles domestiques sont également en mesure de polliniser les tomates, toutefois leur efficacité est moindre. Bien que 95% des bourdons utilisés dans la pollinisation, sont destinés à la production de tomates, d'autres fruits et légumes sont pollinisés par les bourdons, par exemple : les poivrons, les aubergines, les fraises, les courgettes, et les abricots (Velthuis & Van Doorn, 2006).

Bien que le bourdon et l'abeille domestique soient les insectes les plus utilisés pour la pollinisation, certains scientifiques se sont intéressés à d'autres espèces d'abeilles pour accomplir ce service. Sadeh et ses collègues (2007) se sont penchés sur l'utilisation de l'abeille charpentière *Xylocopa pubescens* pour la pollinisation du melon vert sous serre en Israël. Plus précisément, ils ont tenté de comparer l'efficacité de la pollinisation des melons

par *Apis mellifera* et par *Xylocopa pubescens*. Bien que *Apis mellifera* passait plus de temps sur chaque fleur, laissant penser que sa pollinisation serait plus efficace. Il s'est avéré que le nombre de fruits obtenus était trois fois plus important pour les cultures pollinisées par *Xylocopa pubescens* que par *Apis mellifera*. En ce sens, les auteurs ouvrent la voie vers l'utilisation d'autres espèces pollinisatrices, plus particulièrement les espèces indigènes, notamment pour les cultures sous serre (Sadeh, et al., 2007).

L'abeille solitaire *Osmia cornuta* a été étudiée pour analyser son potentiel de pollinisation des fleurs d'amandiers habituellement effectué par les abeilles domestiques. L'abeille solitaire est plus efficace en ce qui concerne le contact avec le stigma des fleurs d'amandier que l'abeille domestique, notamment dû au fait que l'abeille solitaire atterrit toujours sur l'organe reproductif de la fleur, et récolte le pollen et le nectar depuis cette localisation. Toutefois, l'abeille solitaire semble visiter moitié moins de fleurs qu'*Apis mellifera*, ce qui pourrait laisser penser que l'efficacité de la pollinisation de l'abeille solitaire soit plus faible. Cependant, le pourcentage de fleur d'amandiers aboutissant à un fruit était supérieur pour les abeilles solitaires que pour les abeilles domestiques. L'abeille solitaire s'avère être une espèce adéquate pour la pollinisation des fleurs d'amandiers, plus efficaces que les abeilles domestiques (Bosch & Blas, 1994).

L'abeille solitaire *Osmia lignaria* est également utilisée en tant que pollinisateur commercial pour un bon nombre de fruits. Par rapport à l'abeille domestique, *Osmia lignaria* visite plus de fleurs par minute et d'arbres par jour ayant une efficacité de pollinisation plus importante qu'*Apis mellifera*. De plus, seuls quelques centaines d'abeilles sont nécessaires pour polliniser une acre de pommiers et de cerisiers comparativement à plus de milles abeilles domestiques pour polliniser cette même surface (Benjamin & McCallum, 2009).

Par ailleurs, un groupe de chercheurs a essayé d'examiner l'importance des abeilles domestiques pour la pollinisation au Royaume-Uni sur base des données gouvernementales et de groupe apicole. Alors que la capacité maximale de pollinisation par les abeilles domestiques a significativement diminué (baisse de 50%) depuis 1984, dans ce même temps les cultures nécessitant le service de pollinisation ont augmenté de 54%. Toutefois, le rendement agricole anglais n'a pas diminué pendant cette période laissant les auteurs imaginer que les pollinisateurs sauvages fournissent une plus grande partie de ce service qu'imaginé auparavant. Par conséquent, les auteurs invitent les politiques à mettre en place

des mesures de conservations non seulement ciblées pour les abeilles domestiques mais également pour les insectes sauvages (Breeze, et al., 2011).

### **6.3.2 Par la pollinisation manuelle**

Une autre alternative aux abeilles domestiques bien que très chère est la pollinisation manuelle. Cette technique consiste à substituer le travail des pollinisateurs par du manuel afin d'aboutir à la pollinisation de la fleur pour obtenir le fruit.

Un exemple très connu est la pollinisation à la main des poires dans la province de Sichuan en Chine. Au début des années 1980, l'utilisation abusive de pesticides a engendré l'extinction des abeilles indigènes, le service de pollinisation n'était alors plus assuré. Toutefois, le revenu des habitants de la région dépendent essentiellement des poires. Ainsi depuis plusieurs années, la production de poires dans cette région de la Chine s'effectue par pollinisation manuelle (Silence of Bees, 2007).

Cette technique très fastidieuse consiste à collectionner les fleurs des poiriers lorsqu'elles ne sont pas encore ouvertes. L'étamine, qui correspond à l'organe masculin des plantes, est collectée le plus souvent à l'aide d'une brosse à dents. Elles sont ensuite séchées avec des moyens rustiques (boite en carton et ampoule). Les températures du séchage sont strictement situées entre 20 et 25°C, au-delà la qualité du pollen est perdue. Au bout de 24 heures de séchage, le pollen est extirpé de l'étamine, afin de constituer le « mix » pour la pollinisation. Pour appliquer le pollen sur la fleur, la méthode la plus courante utilise un « outil » de pollinisation, constitué d'un morceau de bambou comme support et de plumes de poules ou filtres de cigarettes comme « brosse ». Lorsque le stigma est prêt ( la couleur des anthères est brune)les arboriculteurs trempent leur outil dans le mix de pollen pour polliniser entre 20 et 30 fleurs. Généralement, afin de polliniser une fleur, les pollinisateurs humains doivent appliquer deux fois leur « brosse ». Un humain parvient à polliniser entre 10 et 40 arbres par jour (chiffre très variable, en fonction des réponses des interviewers) (Ya, et al., 2003).

Toutefois cette technique devra sans doute être arrêtée dans les années à venir, comme ce fut le cas avec la pollinisation manuelle des pommiers en Chine. Lorsque le coût de la main d'œuvre devient trop important par rapport au revenu de la vente des poires, il est probable que les arboriculteurs cultiveront d'autres denrées. Au-delà de la limite du coût de production, les humains ne parviennent pas à atteindre le niveau d'efficacité des abeilles (Partap & Ya, 2012).

Malgré la complexité de la pollinisation manuelle, certaines cultures restent à ce jour uniquement pollinisées par les humains, la culture de la vanille en est un exemple.

Le vanillier est une orchidée originaire du Mexique. Dans son contexte naturel, la fleur de vanille est pollinisée par l'abeille *Mélipone* qui est capable de s'infiltrer dans la corolle de la fleur afin de déposer le pollen au niveau du pistil. Ainsi, lorsque les plants de vanille ont été exportés dans des îles (notamment celles de Maurice, la Réunion, Java) au début du 19<sup>ème</sup> siècle, la culture n'était pas fructueuse étant donnée l'absence de l'abeille ayant les attributs pour polliniser cette plante. Une technique de pollinisation manuelle fut élaborée par un esclave réunionnais qui a permis de mettre en place une culture de vanille fructueuse sur l'île. Aujourd'hui la pollinisation manuelle est la technique majoritairement appliquée dans la culture de la vanille, à Madagascar, dont la production représente deux tiers de la production mondiale (Odoux, et al., 2005). La pollinisation de la fleur de vanille consiste premièrement à déchirer le labelle de la fleur, puis soulever le rostellum (membrane qui sépare l'organe femelle de l'organe mâle) et de le placer sous l'anthère. La dernière étape consiste à presser sur l'anthère afin d'assurer le contact avec le stigmate, assurant alors la pollinisation (voir Annexe 13 pg 105). Plusieurs facteurs entrent en jeu dans le succès de production de la vanille par exemple la météo et la dextérité de l'homme. Le rendement de la pollinisation manuelle est de l'ordre de 50% (Anonyme, 2009). De plus, les substituts artificiels pour la vanille mènent à penser que la pratique de pollinisation manuelle est limitée et peu extrapolable à un plus grand nombre de denrées agricoles. La pollinisation manuelle des denrées nécessitant la pollinisation des abeilles coûterait quelques US\$ 90 milliards pour les Etats-Unis ; soit un scénario peu réaliste (Benjamin & McCallum, 2009). Seules quelques denrées alimentaires rares et chères pourraient justifier la pollinisation manuelle.

### **6.3.3 Par la « superbe »**

Une des pistes de recherche supplémentaire est l'élevage d'abeilles naturellement résistantes à certains pathogènes. Mais avant de pouvoir élever des abeilles naturellement résistantes, la première étape est de développer une méthode permettant d'identifier les gènes qui assure cette résistance. Ensuite, il s'agit d'identifier les abeilles qui possèdent les gènes leur conférant cette résistance naturelle et débiter un programme d'élevage pour « produire » des abeilles résistantes. C'est le sujet du projet de recherche de l'équipe de Leonard Foster, qui consiste à identifier les abeilles résistantes. A ce jour, des tests permettant d'identifier si la ruche possède une haute capacité de défense immunitaire existent, mais ceux-ci sont coûteux en investissement, en main d'œuvre et en temps. De plus, ces tests tuent de nombreuses

abeilles et les résultats prennent du temps à aboutir. Le but est donc d'établir des tests plus pratiques et qui permettront d'obtenir des résultats plus rapidement (Stuart, 2012).

Une autre piste mentionnée est de créer une abeille hybride, résistante aux pathogènes responsables de la mort des abeilles. Cette abeille hybride proviendrait du croisement entre l'abeille domestique et l'abeille africaine pour créer un hybride résistant. Toutefois, l'abeille africaine également connue sous le nom d'abeille tueuse est à la fois résistante à de nombreux pathogènes mais agressive, le défi est donc d'obtenir une abeille résistante mais docile (Benjamin & McCallum, 2009 ; Silence of Bees, 2007). Alors que cette méthode a été mentionnée dans deux sources, peu d'informations supplémentaires sont disponibles. Il faut rester extrêmement vigilant lors des manipulations de croisement entre différentes espèces car des hybrides invasifs pourraient potentiellement prendre le dessus vis-à-vis des espèces naturelles.

Si des élevages d'abeilles naturellement résistantes ou la « superbe » aboutissent, les abeilles seront possiblement moins affectées par les maladies, et les hauts taux de mortalité rencontrés ces dernières années pourront revenir à des niveaux plus habituels.

#### **6.4 Conclusion partielle**

La Belgique participe à plusieurs groupes de recherche internationaux visant à comprendre le phénomène d'effondrement des abeilles et à mettre en place des mesures pour y remédier. Toutefois au niveau national, peu d'actions sont mises en œuvre. Un projet pilote de surveillance des ruchers vient d'être lancé sous tutelle européenne. En Wallonie, le plan maya propose notamment aux communes de mettre en place des actions axées sur la sauvegarde des abeilles.

Afin de rétablir la vitalité et la durabilité des ruchers en Belgique, il est nécessaire de mettre en place des mesures concrètes et une stratégie à long terme. Les mesures proposées visent à résoudre partiellement les problèmes relatifs aux pratiques de la monoculture et à l'utilisation de pesticides systémiques. La monoculture pourrait être résolue en proposant une mesure agro-environnementale assurant un pourcentage de plantes mellifères dans les zones de grandes cultures. Les problèmes quant à l'utilisation de pesticides systémiques, pourraient être résolus en limitant leur application de pesticides dans les zones à proximité des ruches et en modifiant le processus d'évaluation pour la mise sur le marché des substances phytosanitaires. Une stratégie à développer dans les court, moyen et long termes est abordée avec pour objectifs de limiter l'intrusion de nouveaux pathogènes en Belgique, de rechercher

les causes de la disparition inhabituelle des abeilles et à la mise en place d'un guide de bonnes pratiques apicoles.

Enfin si les abeilles domestiques viennent réellement à disparaître d'autres pollinisateurs pourraient être utilisés pour polliniser les denrées alimentaires. C'est notamment le cas avec l'utilisation de bourdons pour la pollinisation des tomates en serre. Dans des cas spécifiques, il est envisageable de mettre en place un système de pollinisation manuelle mais cette pratique est laborieuse et très coûteuse. De plus elle ne permet de remplacer la pollinisation naturelle que dans certains cas et ne peut être appliquée sur toutes les cultures qui requièrent la pollinisation. Une « superbe » pourrait éventuellement être développée par le biais de lignées naturellement résistantes ou par croisement avec des abeilles africaines (non impactées par les pathogènes qui s'en prennent aux abeilles domestiques).



## 7. Conclusion

Le phénomène inquiétant des hauts taux de mortalité observées en Wallonie et ailleurs a fait l'objet de ce travail. Contrairement à d'autres phénomènes de disparition, le syndrome d'effondrement des abeilles semble durer et paraît très difficile à élucider. La question abordée dans ce travail était de savoir si le déséquilibre actuellement observé dans les ruchers pouvait être considéré comme un risque réel, et si c'est le cas pour qui. Il est nécessaire pour répondre à cette question de distinguer les risques relatifs à la vie humaine et ceux concernant les écosystèmes.

Plusieurs mécanismes perturbateurs influencent la dynamique des populations d'abeilles. Tout d'abord il y a les mécanismes naturels dont font partie les virus et prédateurs. Ils peuvent être agressifs et perturber la dynamique de la population d'abeilles. Les abeilles sont des insectes sociaux, ce qui implique que toutes les strates participent à la pérennité de la ruche. Ainsi, si un pathogène tue un trop grand nombre d'ouvrières, le couvain manquera de support et ne parviendra pas se développer correctement. Les abeilles semblent disposer de peu de mécanismes de défenses naturelles contre les pathologies auxquelles elles sont exposées et peuvent donc en mourir. Le pathogène le plus dévastateur pour les ruchers belges est le *varroa destructor*, arrivé en Belgique dans les années 1980 s'attaquant à toutes les strates d'abeilles et pour lequel aucun moyen de lutte efficace n'a été mis au point à ce jour.

Les abeilles sont fortement dépendantes de l'environnement pour leurs besoins nutritifs. Lorsqu'elles sont en âge de le faire, les abeilles sortent de la ruche pour aller butiner des fleurs à la recherche de nectar et de pollen. Elles disposent pour ce faire de moyens de repérage dans l'espace et de communication très perfectionnés. Le nectar et le pollen récoltés par les abeilles leurs permettent d'alimenter la ruche et de prévoir des réserves pour la période d'hivernage. Alors qu'elles vont butiner les fleurs, les abeilles participent à la pollinisation de celles-ci. La relation entre fleur et abeille est donc considérée comme mutualiste. Malgré la présence de mécanismes perturbateurs naturels, les abeilles semblent avoir acquis un équilibre avec leur environnement, ce qui leur a permis de survivre dans le temps.

Des mécanismes perturbateurs d'origine anthropique principalement lié au changement du modèle agricole ont rejoint les perturbateurs naturels. Parmi les pratiques exercées dans le modèle agricole contemporain, nous retrouvons la culture d'une même espèce sur de larges surfaces, l'utilisation des produits transgéniques et l'usage des nouvelles substances

phytosanitaires (pesticides systémiques) afin de combattre les ravageurs ou insectes. Ces trois aspects de l'agriculture intensive semblent interagir avec la santé des abeilles. La monoculture ne permet pas aux abeilles d'obtenir tous les nutriments nécessaires pour un régime alimentaire équilibré, se traduisant par une baisse de leur capacité de défense immunitaire. Jusqu'à présent les effets nocifs des produits transgéniques sont limités mais la vigilance doit être de mise alors que d'autres produits transgéniques seront développés. Les pesticides de nouvelle génération ; les pesticides systémiques agissent sur le système nerveux des abeilles. C'est la toxicité chronique générée par ces pesticides qui inquiète particulièrement les apiculteurs. Les pesticides systémiques semblent entraîner une perturbation dans le système de repérage des abeilles, une incapacité à voler ce qui les rend incapables de rentrer à la ruche après avoir été butiner. Face aux maladies présentes dans leurs colonies, les apiculteurs tentent de les protéger en appliquant dans leurs ruches des acaricides. Toutefois ces substances utilisées à de trop hautes concentrations peuvent avoir un impact perturbateur sur les abeilles. De plus, des effets de synergies semblent également s'opérer.

Si les abeilles venaient réellement à disparaître, des conséquences seraient économiques, sociales et écologiques.

Le service écosystémique de la pollinisation offert par les abeilles peut être évalué grâce à différentes méthodes (notamment la méthode de coût de remplacement et la méthode de valeur produite). En Europe, il est considéré que le service de pollinisation offert par les abeilles s'élève à plus de 14 milliards d'euros. Une baisse dans le service de pollinisation, rendra les denrées pollinisées plus rares, ce qui se traduira potentiellement par une augmentation du prix de ces denrées. La diversité de notre régime alimentaire sera impactée bien que nos besoins calorifiques restent satisfaits grâce à d'autres aliments. De plus il est important de ne pas sous-estimer les impacts secondaires, comme par exemple la prévention de l'érosion par certains arbustes, auxquels les abeilles participent via le mécanisme de pollinisation. Si les abeilles disparaissent, certains services écosystémiques auxquels elles contribuent directement ou indirectement pourraient également être menacés. La majorité des belges ne consomment déjà pas assez de fruits et légumes au quotidien, cette tendance s'accroîtra sans doute avec l'augmentation des prix des denrées pollinisées, particulièrement auprès des ménages à faibles revenus. L'évolution du nombre d'apiculteurs est prévue à la baisse lié à la disparition des abeilles.

Afin de ne pas aboutir au scénario d'un monde sans abeilles, des groupes de recherches se sont créés pour mettre à nu les origines du problème. En Belgique, un projet pilote de surveillance des ruches a été mis en place dans le cadre d'un projet européen et plusieurs communes sont actives dans la sauvegarde des abeilles via le plan maya. Contrairement à d'autres pays la Belgique manque d'une stratégie globale pour remédier au syndrome d'effondrement des abeilles. Dans ce contexte, des mesures concrètes ayant pour but de freiner les conséquences néfastes engendrées par la monoculture et les pesticides ont été développées dans ce travail ainsi qu'une stratégie durable avec des objectifs à accomplir sur une échelle de temps. Le but de cette stratégie est de prévenir l'arrivée de nouveaux pathogènes, comprendre le mécanisme de fonctionnement du syndrome d'effondrement des abeilles pour aboutir à la mise en place d'un guide de bonnes pratiques apicoles éventuellement accompagné d'un programme d'élevage.

Le déséquilibre actuellement observé dans les ruchers engendre de nombreuses conséquences. Toutefois il semblerait qu'il existe certaines alternatives comme l'utilisation d'autres espèces, la pollinisation manuelle ou encore la création d'une « superbee ». Ainsi nous pouvons conclure que le déséquilibre dans la dynamique des abeilles est remédiable et ne représente donc pas un risque réel pour la production alimentaire. Toutefois, la difficulté d'étudier la totalité des services auxiliaires auxquels les abeilles contribuent directement ou indirectement laisse penser que d'un point de vue écologique, le déséquilibre des abeilles pourrait représenter un risque majeur.

Face à l'incertitude, il est essentiel que les politiques agissent au plus vite afin de résoudre le déséquilibre observé dans les ruchers et éviter une situation irréversible.

## 8. Bibliographie

Abrol, D., 2012. Value of Bee Pollination. Dans: *Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production*. s.l.:Springer, pp. 185-222.

Abrol, D. P., 2006. Defensive Behaviour of *Apis cerana* F. against predatory wasps. *Journal of Apicultural Science*, 50(2), pp. 39-46.

Actu Environnement, 2012. *Dictionnaire Environnement*. [En ligne] <[http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/abondance\\_d\\_une\\_espece.php4](http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/abondance_d_une_espece.php4) > [Accès le 13 Mai 2012].

Actu Environnement, 2012. *Dictionnaire Environnement*. [En ligne] <[http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/neonicotinoides.php4](http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/neonicotinoides.php4) > [Accès le 31 Juillet 2012].

Adam, G., 2012. *Pathologie Apicole*. [En ligne] <[http://data0.eklablog.com/ruchersudlux/mod\\_article41238329\\_4f47f0c1e2fe8.pdf?2707](http://data0.eklablog.com/ruchersudlux/mod_article41238329_4f47f0c1e2fe8.pdf?2707) > [Accès le 6 Avril 2012].

Agathe, 2007. *Mariage de la vanille*. [En ligne] <<http://gatjoblog.over-blog.com/article-11899579.html> > [Accès le 17 Juillet 2012].

Agence Fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire, 2011. *Apiculture-Santé animale- abeilles*. [En ligne] <[http://www.favv-afsca.be/sp/pa/prod-api-fr.asp#detail\\_prog\\_pilote](http://www.favv-afsca.be/sp/pa/prod-api-fr.asp#detail_prog_pilote) > [Accès le 4 Juillet 2012].

Aizen, M., Garibaldi, L., Cunningham, S. & Klein, A., 2009. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, Volume 103, pp. 1579-1588.

ALARM, s.d.. *Integrated Project General objectives*. [En ligne] <<http://www.alarmproject.net/alarm/objectives.php> > [Accès le 5 Juillet 2012].

ALARM, s.d.. *Research Modules - Pollinators Loss*. [En ligne] <[http://www.alarmproject.net/alarm/rm\\_gaug.php](http://www.alarmproject.net/alarm/rm_gaug.php) > [Accès le 5 Juillet 2012].

Alaux, C. et al., 2010. Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology*, 12(3), pp. 774-782.

Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D. & Le Conte, Y., 2010. Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters*, Volume 6, pp. 562-656.

- Allen-Wardell, G. et al., 1998. The Potential Consequences of Pollinator Declines on the Conservation of Biodiversity and Stability of Food Crop Yields. *Conservation Biology*, 12(1), pp. 8-17.
- Allsopp, M., De Lange, W. & Veldtman, R., 2008. Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement. *PLoS ONE*, 3(9), pp. 1-8.
- Amdam, G. V. et al., 2004. Altered Physiology in Worker Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) Infested with the Mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae): A Factor in Colony Loss During Overwintering?. *Journal of Economic Entomology*, 97(3), pp. 741-747.
- Amiot-Carlin, M. et al., 2007. *Les fruits et légumes dans l'alimentation. Enjeux et déterminants de la consommation*, France: INRA.
- Anonyme, 2009. *La fécondation des fleurs de vanille*. [En ligne] <<http://s1.e-monsite.com/2009/02/23/49993318fecondations-julie-ok-charlotte-pdf.pdf>> [Accès le 16 Juillet 2012].
- Artus, J., 2010. Préserver le capital de vie des abeilles. *Abeilles and Cie*, Volume 136, pp. 25-28.
- Bauer, D. M. & Wing, I. S., 2010. Economic Consequences of Pollinator Declines: A Synthesis. *Agricultural and Resource Economics Review*, 39(3), pp. 368-383.
- BEE DOC, s.d.. *BEE DOC*. [En ligne] <<http://www.bee-doc.eu/index.php>> [Accès le 5 Juillet 2012].
- BEE DOC, s.d.. *General Info*. [En ligne] <[http://www.bee-doc.eu/general\\_info.php](http://www.bee-doc.eu/general_info.php)> [Accès le 5 Juillet 2012].
- Benjamin, A. & McCallum, B., 2009. *A World Without Bees*. London: Guardian Books.
- Bonmatin, J. et al., 2004. Behaviour of Imidacloprid in Fields. Toxicity for Honey Bees. Dans: *Environmental Chemistry Green Chemistry and Pollutants in Ecosystems*. Berlin: Springer, pp. 483-494.
- Bortolotti, L. et al., 2003. Effects of sub-lethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of honey bees. *Bulletin of Insectology*, 56(1), pp. 63-37.
- Bosch, J. & Blas, M., 1994. Foraging Behaviour and Pollinating Efficiency of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* on Almond (Hymenoptera, Megachilidae and Apidae). *Applied Entomology and Zoology*, 29(1), pp. 1-9.
- Boucher, C., 2003. *Acariose*. [En ligne] <<http://www.agrireseau.qc.ca/apiculture/documents/ACARIOSE.pdf>> [Accès le 14 Avril 2012].

- Bradbear, N., 2009. *Bees and their role in forest livelihoods*, Rome: s.n.
- Breeze, T., Bailey, A., Balcombe, K. & Potts, S., 2011. Pollination services in the UK: How important are honeybees?. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Volume 142, pp. 137-143.
- Brodtschneider, R. & Crailsheim, K., 2010. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, Volume 41, pp. 278-294.
- Brown, M. & Marris, G., 2010. *The Small Hive Beetle a serious threat to European apiculture*, s.l.: s.n.
- Bruneau, E., 2003. *Les fleurs de mes abeilles*. [En ligne]  
<<http://www.cari.be/medias/actuapi/actuapi17.pdf>> [Accès le 9 Mars 2012].
- Bruneau, E., 2005. Dépérissement des ruchers en Région Wallonne : Etat des lieux. *Abeille & Cie*, Volume 104, pp. 8-11.
- Bruneau, E. & Burget, M., 2008. Le dépérissement en Europe et aux Etats-Unis, des approches différentes. *Abeilles & Cie*, Volume 127, pp. 25-29.
- Cari asbl, 2009. *Voyage au coeur du miel*. [En ligne]  
<[http://www.apaqw.be/files/files/Pdf/Peda/doss/peda\\_miel.pdf](http://www.apaqw.be/files/files/Pdf/Peda/doss/peda_miel.pdf)> [Accès le 11 Novembre 2012].
- Centre for Agri-Environmental Research Reading University, s.d.. *Plan of Action*. [En ligne]  
<[http://www.reading.ac.uk/AcaDepts/aa/epi/publish/EPI/plan\\_of\\_action.htm](http://www.reading.ac.uk/AcaDepts/aa/epi/publish/EPI/plan_of_action.htm)> [Accès le 5 Juillet 2012].
- Charrière, J.-D., Hurst, J., Imdorf, A. & Fluri, P., 1999. Intoxications d'Abeilles Communication n°35. *Agroscope Liebefeld-Posieux*, pp. 1-34.
- Chauzat, M.-P. & Martin, S., 2009. Une nouvelle menace pour les abeilles : l'introduction du frelon asiatique *Vespa velutina* en France. *Bulletin Epidémiologique*, Volume 32.
- Chen, Y. P. & Huang, Z., 2010. *Nosema ceranae*, a newly identified pathogen of *Apis mellifera* in the USA and Asia. *Apidologie*, Volume 41.
- Chen, Y. P. & Siede, R., 2007. Honey Bee Viruses. In: *Advances in Virus Research*, Volume 70. s.l.:Academic Press, pp. 2-570.
- Chiron, J. & Hattenberger, A.-M., 2008. *Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d'abeilles*, s.l.: s.n.
- Clément, H., 2009. *L'abeille sentinelle de l'environnement*. Paris: Editions Alternatives.

Collision, C. & Sheridan, A., 2010. Nosema Apis and Nosema Cerenae both are trouble for bees , and beekeepers. *Bee Culture*, 138(1).

Commission européenne, 2012. *La politique agricole commune après 2013*. [En ligne] <[http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/index\\_fr.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/cap-post-2013/index_fr.htm)> [Accès le 5 Juillet 2012].

Costanza, R. et al., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, Volume 387, pp. 253-260.

CSI, 2001. *Le lexique*. [En ligne] <[http://www.cite-sciences.fr/lexique/definition1.php?iddef=11&idmot=30&resultat=&recho=&radiob=1&num\\_page=8&id\\_expo=50&lang=fr&id\\_habillage=87](http://www.cite-sciences.fr/lexique/definition1.php?iddef=11&idmot=30&resultat=&recho=&radiob=1&num_page=8&id_expo=50&lang=fr&id_habillage=87)> [Accès le 8 Mars 2012].

CSI, 2006. *Lexique*. [En ligne] <[http://www.cite-sciences.fr/lexique/pop\\_definition.php?iddef=932&id\\_habillage=73&id\\_expo=43&lang=fr](http://www.cite-sciences.fr/lexique/pop_definition.php?iddef=932&id_habillage=73&id_expo=43&lang=fr)> [Accès le 2 Mars 2012].

Cuthbertson, A. et al., 2010. Small hive beetle: the next threat to British honey bees?. *Biologist*, 57(1), pp. 35-39.

De Groot, R., Wilson, M. & Boumans, R., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, Volume 41, pp. 393-408.

De la Rúa, P. et al., 2009. Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie*, Volume 40, pp. 263-284.

de Miranda, J., Cordoni, G. & Budge, G., 2010. The Acute bee paralysis virus–Kashmir bee virus–Israeli acute paralysis virus complex. *Journal of Invertebrate Pathology*, Volume 103.

De Muelenaere, M., 2012. Mi-août, c'est la saison du frelon asiatique. *Le Soir*, 2 Aout, p. 7.

Decourtye, A. et al., 2004. Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honeybees under semi-field and laboratory conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 57, pp. 410-419.

Desneux, N., Decourtye, A. & Delpuech, J.-M., 2007. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. *Annual Review of Entomology*, Volume 52, pp. 81-106.

Dibsdall, L., Lambert, N., Bobbin, R. & Frewer, L., 2003. Low-income consumers' attitudes and behaviour towards access, availability and motivation to eat fruit and vegetables. *Public Health Nutrition*, 6(2), pp. 159-168.

- Direction générale de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement, 2011. *Plan maya "un bon plan pour protéger nos abeilles"*. [En ligne] <<http://environnement.wallonie.be/dnf/semarbre/Brochures/maya.jpg> > [Accès le 4 Juillet 2012].
- Donzé, S., 2001. *La Danse des abeilles*. [En ligne] <<http://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/UVLibre/0001/bin35/abeilles/danse/danse.html> > [Accès le 30 Janvier 2012].
- Downey, D. & Winston, M., 2001. Honey bee colony mortality and productivity with single and dual infestations of parasitic mite species. *Apidologie*, Volume 32, pp. 567-575.
- Duan, J. et al., 2008. A Meta-Analysis of Effects of Bt Crops on Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *PLoS ONE*, Volume 1, pp. 1-6.
- Environnement Wallonie, 2011. "*Commune MAYA*" *Vade mecum*. [En ligne] <[http://environnement.wallonie.be/dnf/semarbre/Fichiers/vade\\_mecum\\_maya.pdf](http://environnement.wallonie.be/dnf/semarbre/Fichiers/vade_mecum_maya.pdf) > [Accès le 4 Juillet 2012].
- Europa Press Releases RAPID, 2003. *Abeilles: la Commission renforce les mesures de protection contre les parasites exotiques*. [En ligne] <<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/03/1711&format=HTML&aged=1&language=FR&guiLanguage=en> > [Accès le 8 Avril 2012].
- European Environment Agency, 2011. *Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS)*. [En ligne] <[http://glossary.eea.europa.eu/terminology/terminology/concept\\_html?term=major%20risk](http://glossary.eea.europa.eu/terminology/terminology/concept_html?term=major%20risk) > [Accès le 20 Juillet 2012].
- European Food Information Council, 2012. *Consommation de fruits et de légumes en Europe – Les Européens en mangent-ils assez ?*. [En ligne] <<http://www.eufic.org/article/fr/expid/Consommation-fruits-legumes-Europe/> > [Accès le 28 Juin 2012].
- Fahrig, L., 2003. Effects of Habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Volume 34, pp. 487-515.
- FAO, 2009. *International Pollinator Initiative*. [En ligne] <<http://www.internationalpollinatorsinitiative.org/jsp/intpollinitiative.jsp> > [Accès le 5 Juillet 2012].
- Favre, D., 2011. Mobile phone-induced honeybee worker piping. *Apidologie*, Volume 42, pp. 270-279.
- FAVV-AFSCA, 2012. *Apiculture-Santé animale- abeilles*. [En ligne] <[http://www.afsca.be/sp/pa/prod-api-2\\_fr.asp](http://www.afsca.be/sp/pa/prod-api-2_fr.asp) > [Accès le 7 Juillet 2012].

- Flottum, K., 2007. Know About Nosema Ceranae. *Bee Culture*, Issue 135.
- Forsgren, E., 2010. European foulbrood in honey bees. *Journal of Invertebrate Pathology*, Volume 103, pp. 5-9.
- Free, J., 1963. The Flower Constancy of Honeybees. *Journal of Animal Ecology*, 32(1), pp. 119-131.
- Fries, I. & Camazine, S., 2001. Implications of horizontal and vertical pathogen transmission for honey bee epidemiology. *Apidologie*, Volume 32, pp. 199-214.
- Futura-Sciences, 2001-2012. *Xylème*. [En ligne] <[http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/botanique-2/d/xyleme\\_3527/](http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/botanique-2/d/xyleme_3527/)> [Accès le 13 Juin 2012].
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J. & Vaissière, B., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Journal of Ecological Economics*, Volume 68, pp. 810-821.
- Garibaldi, L., Aizen, M., Cunningham, S. & Klein, A., 2009. Pollinator shortage and global crop yield. *Communicative & Integrative Biology*, 2(1), pp. 37-39.
- Garibaldi, L. et al., 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, Volume 14, pp. 1062-1072.
- Genersch, E., 2008. Paenibacillus larvae and American Foulbrood – long since known and still surprising. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*, Volume 3, pp. 429-434.
- Genersch, E., 2010. American Foulbrood in honeybees and its causative agent, Paenibacillus larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*, Volume 103, pp. 10-19.
- Ghazoul, J., 2005. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 20(7), pp. 367-373.
- Girolami, V. et al., 2009. Translocation of Neonicotinoid Insecticides From Coated Seeds to Seedling Guttation Drops: A Novel Way of Intoxication for Bees. *Journal of Economic Entomology*, 102(5), pp. 1808-1815.
- GMO Compass, s.d.. *Chitinase*. [En ligne] <<http://www.gmo-compass.org/eng/glossary/59.chitinase.html>> [Accès le 11 Avril 2012].
- Gnis pédagogie, 2007-2012. *L'hybridation*. [En ligne] <<http://www.gnis-pedagogie.org/biotechnologie-amelioration-reproduction-hybridation.html>> [Accès le 18 Juillet 2012].

Gouvernement Wallon, 2010. *Agriculture Biologique : Un secteur en pleine croissance !*. [En ligne] <<http://gouvernement.wallonie.be/agriculture-biologique-un-secteur-en-pleine-croissance> > [Accès le 8 Juillet 2012].

Groupement de défense sanitaire apicole, 2012. *Loque américaine*. [En ligne] <[http://sanitaire-apicole17.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=103&Itemid=141](http://sanitaire-apicole17.org/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=141) > [Accès le 26 Mars 2012].

Guerriat, O., s.d.. *La Coordination Apicole Européenne*. [En ligne] <<http://bee-life.eu/fr/who/> > [Accès le 4 Juillet 2012].

Haarmann, T. et al., 2002. Effects of fluvalinate and coumaphos on queen honey bees in two commercial queen rearing operations. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), pp. 28-35.

Harries-Jones, P., 2009. Honeybees, Communicative Order, and the Collapse of Ecosystems. *Biosemiotics*, Volume 2, pp. 193-204.

Haubruge, E. et al., 2006. Le dépérissement de l'abeille domestique, *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera : Apidae) : faits et causes probables. *Notes fauniques de Gembloux*, 59(1), pp. 3-21.

Hein, L., 2009. The Economic Value of the Pollination Service, a Review Across Scales. *The Open Ecology Journal*, Volume 2, pp. 74-82.

Henri, 2012. *Bienvenue au rucher de La Huberdière*. [En ligne] <<http://miel-et-abeilles-en-touraine.over-blog.com/article-38-comptage-varroas-hiver-2011-2012-96163665.html> > [Accès le 7 Aout 2012].

Henry, M. et al., 2012. A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees. *Science*, 336(6079), pp. 348-350.

Higes, M., Martin-Hernandez, R. & Meana, A., 2010. *Nosema ceranae* in Europe: an emergent type C nosemosis. *Apidologie*, Volume 41, pp. 375-392.

Hood, M., 2004. The small hive beetle, *Aethina tumida*: a review. *Bee World*, 85(3), pp. 51-59.

Imdorf, A., Ruoff, K. & Fluri, P., 2010. Le développement des colonies chez l'abeille mellifère. *ALP forum*, Février, Issue 68, pp. 1-68.

INRA Service Presse, 2010. *Biodiversité des pollens et santé des abeilles*. [En ligne] <[http://www.inra.fr/presse/biodiversite\\_pollens\\_sante\\_abeilles](http://www.inra.fr/presse/biodiversite_pollens_sante_abeilles) > [Accès le 19 Avril 2012].

Institut Scientifique de la Santé Publique Section Epidémiologie, 2006. *Enquête de consommation alimentaire Belge 1 - 2004*, Bruxelles: Institut Scientifique de Santé Publique.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report*, s.l.: s.n.

International Bee Research Association, 2009. *What's happening to our bees?*. [En ligne]

<<http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CGUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ibra.org.uk%2Fdownloads%2F20090402%2Fdownload&ei=gDulT5OYJsWD-wam8NnLAg&usq=AFQjCNGsHKiV4FtmhDg7UYkiAmONWX0Dmw> > [Accès le Avril 2012].

Johnson, R., 2010. *Honey Bee Colony Collapse Disorder*, s.l.: Congressional Research Service.

Johnson, R., Ellis, M., Mullin, C. & Frazier, M., 2010. Pesticides and honey bee toxicity – USA. *Apidologie*, 41(3), pp. 312-331.

Johnson, R., Pollock, H. & Berenbaum, M., 2009. Synergistic Interactions Between In-Hive Miticides in *Apis mellifera*. *Journal of Economic Entomology*, 102(2), pp. 474-479.

Kearns, C., Inouye, D. & Wase, N., 1998. Endangered Mutualisms: The Conservation of Plant-Pollinator Interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Volume 29, pp. 83-112.

Klein, A.-M. et al., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society*, Volume 274, pp. 303-313.

Koch, H. & Weisser, P., 1997. Exposure of honey bee during pesticide application under field conditions. *Apidologie*, Volume 28, pp. 439-447.

Le Conte, Y., Ellis, M. & Ritter, W., 2010. Varroa mites and honey bee health: can Varroa explain part of the colony losses?. *Apidologie*, Volume 41.

Le Conte, Y. & Faucon, J.-P., 2002. Les maladies de l'abeille domestique. *Le Courrier de la Nature*, Volume 196, pp. 28-32.

Le Conte, Y. & Navajas, M., 2008. Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Scientific and Technical Review of International Office of Epizootics*, 27(2), pp. 499-510.

Losey, J. & Vaughan, M., 2006. The economic value of ecological services provided by Insects. *BioScience*, 56(4), pp. 311-323.

Malone, L. & Pham-Delègue, M.-H., 2001. Effects of transgene products on honey bees (*Apis mellifera*) and bumblebees (*Bombus* sp.). *Apidologie*, Volume 32, pp. 287-304.

McMullan, J. & Mark, B., 2009. A qualitative model of mortality in honey bee (*Apis Mellifera*) colonies infested with tracheal mites (*Acarapis Woodi*). *Experimental and Applied Acarology*, Volume 47, pp. 225-234.

Medrzycki, P. et al., 2003. Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour. Laboratory tests. *Bulletin of Insectology*, 56(1), pp. 59-62.

Menasseri, L. & Magliuli, C., s.d. *Danse ou encodage?*. [En ligne] <<http://www.letempsdesabeilles.com/l-abeille-en-soci%C3%A9t%C3%A9/la-danse/>> [Accès le 6 Aout 2012].

Merck Animal Health, 2009. *Tactic*. [En ligne] <[http://www.merck-animal-health-usa.com/products/130\\_120749/productdetails\\_130\\_121358.aspx](http://www.merck-animal-health-usa.com/products/130_120749/productdetails_130_121358.aspx)> [Accès le 12 Juillet 2012].

Millenium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.*, Washington DC: Island Press.

Moritz, R. et al., 2010. Research strategies to improve honeybee health in Europe. *Apidologie*, Volume 41, pp. 227-242.

Morse, R. & Calderone, N., 2000. The Value of Honey Bees As Pollinators of US Crops in 2000. *Bee Culture*, Issue March, pp. 2-15.

Naska, A. et al., 2000. Fruit and vegetable availability among ten European countries: how does it compare with the 'five-a-day' recommendation?. *British Journal of Nutrition*, Volume 84, pp. 549-556.

Neumann, P. & Carreck, N., 2010. Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), pp. 1-6.

Neumann, P. & Elzen, P., 2004. The biology of the small hive beetle (*Aethina tumida*, Coleoptera: Nitidulidae): Gaps in our knowledge of an invasive species. *Apidologie*, Volume 35, pp. 229-247.

Nguyen, B. K., Widart, J., De Pauw, E. & Haubruge, E., 2007. Dépérissement de nos abeilles?. *Les nouvelles de l'été*, pp. 22-23.

Nguyen, B. et al., 2009. Does Immacloprid Seed-Treated Maize Have an Impact on Honey Bees Mortality?. *Journal of Economic Entomology*, 102(2), pp. 616-623.

OCDE Statistics Directorate, 2001. *Glossary of Statistical Terms Ecological Balance*. [En ligne] <<http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=713>> [Accès le 4 Juillet 2012].

OCDE, 2008. *La performance environnementale de l'agriculture dans les pays de l'OCDE depuis 1990*, Paris: s.n.

Odoux, E., Richard, H., Lepeltier, J.-P. & Camus, G., 2005. *Dossier- Les arômes alimentaires Tout sur la vanille*. [En ligne] <<http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/aromes/vanille/vanille.htm#culture> > [Accès le 16 Juillet 2012].

Partap, U. & Ya, T., 2012. The Human Pollinators of Fruit Crops in Maoxian County, Sichuan, China. *Mountain Research and Development*, 32(2), pp. 176-186.

Pettis, J., Collins, A., Wilbanks, R. & Feldlaufer, M., 2004. Effects of coumaphos on queen rearing in the honey bee, *Apis mellifera*. *Apidologie*, Volume 35, pp. 605-610.

Pettis, J. & Delaplane, K., 2010. Coordinated responses to honey bee decline in the USA. *Apidologie*, Volume 41, pp. 256-263.

Polus, P., 2000. Transhumance, une dimension à découvrir. *Actu Api*, Volume 9, pp. 1-8.

Potts, S. et al., 2011. Developing European conservation and mitigation tools for pollination services: approaches of the STEP (Status and Trends of European Pollinators) project. *Journal of Apicultural Research*, 50(2), pp. 152-164.

Potts, S. et al., 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6), pp. 345-353.

Potts, S. et al., 2010. Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), pp. 15-22.

Prier, K., Lighthart, B. & Bromenshenk, J., 2001. Adsorption model of aerosolized bacterial spores (*Bacillus subtilis* variety *niger*) onto free-flying honey bees (Hymenoptera: Apidae) and its validation. *Environmental entomology*, Volume 30, pp. 1188-1194.

Pro Natura, 2010. *Fiche d'information Protection des abeilles – problème des insecticides*. [En ligne] <[http://www.pronatura.ch/abeilles?file=tl\\_files/dokumente\\_fr/2\\_nos\\_themes/agriculture/Fiche\\_d\\_information\\_Pro\\_Natura\\_Protection\\_des\\_abeilles\\_probleme\\_des\\_insecticides\\_dans\\_agriculture.pdf](http://www.pronatura.ch/abeilles?file=tl_files/dokumente_fr/2_nos_themes/agriculture/Fiche_d_information_Pro_Natura_Protection_des_abeilles_probleme_des_insecticides_dans_agriculture.pdf) > [Accès le 13 Juin 2012].

Richards, A., 2001. Does Low Biodiversity Resulting from Modern Agricultural Practice Affect Crop Pollination and Yield?. *Annals of Botany*, Volume 88, pp. 165-172.

Rortais, A., Arnold, G., Halm, M.-P. & Touffet-Briens, F., 2005. Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. *Apidologie*, 36(1), pp. 71-83.

- Rortais, A. et al., 2009. A New Enemy of Honeybees in Europe: the Asian Hornet, *Vespa velutina*. Dans: *Atlas of Biodiversity Risk*. Sofia& Moscow: Pensoft, p. 181.
- Saddier, M., 2008. *Pour une filière apicole durable*, s.l.: s.n.
- Sadeh, A., Shmida, A. & Keasar, T., 2007. The Carpenter Bee *Xylocopa pubescens* as an Agricultural Pollinator in Greenhouses. *Apidologie*, Volume 38, pp. 508-517.
- Sahib S., S., 2011. Impact of mobile phones on the density of honeybees. *Journal of Horticulture and Forestry*, 3(4), pp. 131-133.
- Sammataro, D., Gerson, U. & Needham, G., 2000. Parasitic Mites of Honey Bees: Life History, Implications, and Impact. *Annual Review of Entomology*, Volume 45, pp. 519-548.
- Santé animale et Produits animaux, 2006. *Stratégie de lutte 2006 contre Varroa destructor dans les ruchers belges*. [En ligne]  
<[http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@dg4/@animalsplants/document/s/ie2divers/8288447\\_fr.pdf](http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@dg4/@animalsplants/document/s/ie2divers/8288447_fr.pdf)> [Accès le 7 Aout 2012].
- Service Public Fédéral Santé Publique, 2012. *PRPB*. [En ligne]  
<<http://www.health.belgium.be/eportal/Environment/Chemicalsubstances/PRPB/index.htm>> [Accès le 6 Juillet 2012].
- Silence of Bees*. 2007. [Film] Réalisé par Doug Shultz. s.l.: PBS Nature.
- Simon, N., 2011. *Environmental Risk Assessment for Honeybees State of play and Future Proposals*. [En ligne] <[http://bee-life.eu/medias/position\\_coeur/era-ebc-v12.pdf](http://bee-life.eu/medias/position_coeur/era-ebc-v12.pdf)> [Accès le 4 Juillet 2012].
- SPF Economie, 2012. *Budget des ménages 1999-2010*. [En ligne]  
<[http://statbel.fgov.be/fr/binaries/EBM1999-2010m%C3%A9nage\\_fr\\_tcm326-167934.xls](http://statbel.fgov.be/fr/binaries/EBM1999-2010m%C3%A9nage_fr_tcm326-167934.xls)> [Accès le 29 Juin 2012].
- Spipoll, s.d.. *La reproduction des plantes à fleur*. [En ligne] <<http://www.spipoll.org/la-pollinisation/la-reproduction-des-plantes-fleur>> [Accès le 5 Avril 2012].
- Spivak, M. & Le Conte, Y., 2010. Special Issue on Bee Health. *Apidologie*, Volume 41, pp. 225-226.
- Steenhout, A., 2011-2012. *Cours d'écotoxicologie*. Bruxelles: Université Libre de Bruxelles.
- Stuart, R., 2012. *Superbees to the rescue*. [En ligne]  
<<http://www.innovation.ca/en/ResearchInAction/ImpactStory/Superbeesrescue/>> [Accès le 17 Juillet 2012].

Tautz, J., 2008. What Bees Know About Flowers. Dans: *The Buzz about Bees*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 70-113.

The European Commission DG Health and Consumer Protection, 2005-2012. *Research*. [En ligne] <[http://ec.europa.eu/food/animal/liveanimals/bees/research\\_en.print.htm](http://ec.europa.eu/food/animal/liveanimals/bees/research_en.print.htm)> [Accès le 5 Juillet 2012].

Tomizawa, M. & Casida, J. E., 2005. Neonicotinoid Insecticide Toxicology: Mechanisms of Selective Action. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, Volume 45, pp. 247-268.

UNAF, s.d.. *La vie de la ruche*. [En ligne] <<http://www.abeillesentinelles.net/la-vie-de-la-ruche-abeille.html>> [Accès le 17 Février 2012].

UNEP, 2010. *Global honey bee colony disorders and other threats to insect pollinators*. [En ligne] <[http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Global\\_Bee\\_Colony\\_Disorder\\_and\\_Threats\\_insect\\_pollinators.pdf](http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Global_Bee_Colony_Disorder_and_Threats_insect_pollinators.pdf)> [Accès le 6 Novembre 2011].

Union Nationale de l'Apiculture Française, 2011. *Les insecticides néonicotinoïdes autorisés sur les cultures en France, en 2011*. [En ligne] <[http://www.unaf-apiculture.info/presse/2011\\_Les\\_insecticides\\_neonicotinoïdes\\_en\\_France.pdf](http://www.unaf-apiculture.info/presse/2011_Les_insecticides_neonicotinoïdes_en_France.pdf)> [Accès le Avril 2012].

Université de Liège, 2010. *Press Release -One bee in three is dying in Belgium*. [En ligne] Available at: [http://www.ulg.ac.be/cms/c\\_472715/une-abeille-sur-trois-meurt-en-belgique](http://www.ulg.ac.be/cms/c_472715/une-abeille-sur-trois-meurt-en-belgique) [Accès le 19 Juin 2012].

vanEngelsdorp, D. & Meixner, M. D., 2010. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, Volume 103, pp. 80-95.

Velthuis, H. & Van Doorn, A., 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, Volume 37, pp. 421-451.

Villa, S., Vighi, M., Finizio, A. & Bolchi Serini, G., 2000. Risk Assessment for Honeybees from Pesticide-Exposed Pollen. *Ecotoxicology*, Volume 9, pp. 287-297.

Villemant, C., Haxaire, J. & Streito, J.-C., 2006. La découverte du frelon asiatique *Vespa velutina*, en France. *Insectes*, Volume 143.

von Frisch, K., 1969. *Vie et moeurs des abeilles*. Albin Michel éd. Paris: Sciences d'aujourd'hui.

Weiss, K. & Vergara, C., 2002. What Does "Social" Mean in the Animal Kingdom?. Dans: Springer-Verlag, éd. *The little book of bees*. New York: Copernicus Books, pp. 25-34.

Whitehorn, P., O'Connor, S., Wackers, F. & Goulson, D., 2012. Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. *Science*, 336(6079), pp. 351-352.

Williams, G., Gallmann, P. & Neumann, P., 2012. *Prevention of Honeybee Colony Losses 2011 in Review*. [En ligne] <<http://www.coloss.org/publications/the-coloss-year-2011-in-review>> [Accès le 5 Juillet 2012].

Willmer, P., Bataw, A. & Hughes, J., 1994. The superiority of bumblebees to honeybees as pollinators: insect visits to raspberry flowers. *Ecological Entomology*, Volume 19, pp. 271-284.

Winfree, R. et al., 2009. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90(8), pp. 2068-2076.

Winfree, R., Gross, B. & Kremen, C., 2011. Valuing pollination services to agriculture. *Ecological Economics*, Volume 71, pp. 80-88.

Winfree, R., Williams, N., Dushoff, J. & Kremen, C., 2007. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecology Letters*, Volume 10, pp. 1105-1113.

Ya, T., Jia-sui, X. & Keming, C., 2003. *Hand pollination of pears and its implications for biodiversity conservation and environmental protection -- A case study from Hanyuan County, Sichuan Province, China*. [En ligne] <<http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CE0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.internationalpollinatorsinitiative.org%2Fuploads%2F6-005CS.Pears-Pollination-China.doc&ei=Y1cFUMTWD-bM0QXB29TaBw&usg=AFQjCNGEgiDomGP9n0qvD7Quqttmw63MMQ>> [Accès le 24 Juin 2012].

## **9. Annexes**

Annexe 1- Compte rendu d'entretien Mr. Wollast .....	95
Annexe 2- Les différents produits de la ruche .....	96
Annexe 3- Distinction entre les deux types de Nosema .....	97
Annexe 4- Mécanisme de défense d'Apis mellifera contre le frelon asiatique .....	97
Annexe 5- Explication pour la lecture des diagrammes d'influences.....	98
Annexe 6- Explication du diagramme d'influence du rucher à l'état d'équilibre .....	98
Annexe 7- La transhumance pourrait perturber les abeilles .....	99
Annexe 8- Explication du diagramme d'influence illustrant le rucher déséquilibré.....	100
Annexe 9- Les différentes sous-méthodes de l'évaluation de la pollinisation manuelle.....	101
Annexe 10- Contribution des insectes pollinisateurs sur la production agricole destinée à la consommation alimentaire .....	102
Annexe 11- Compte rendu d'entretien Mme Van Dyck .....	103
Annexe 12- Compte rendu d'entretien Mr.Bruneau .....	103
Annexe 13- Etape de la pollinisation manuelle.....	105

### **Annexe 1- Compte rendu d'entretien Mr. Wollast**

Mr. Marc Wollast est coordinateur de l'association Apis Bruoc Sella

#### **Les abeilles de la ville se portent-elles mieux que celles de la campagne ?**

Les abeilles de la ville comme des campagnes sont victimes du Varroa destructor. C'est la maladie des ruchers la plus destructrice. En ville les abeilles se portent légèrement mieux.

#### **Les pesticides jouent-ils un rôle dans la disparition des abeilles ?**

Bien entendu les pesticides jouent un rôle notamment dans la capacité de repérage des abeilles. Mais il faut faire attention aux études disponibles. En effet, les laboratoires sont potentiellement financés par des sociétés fabricantes de ces substances, les résultats des études peuvent donc être en quelques sortes « manipulés ». Attention il n'y a pas que les pesticides, les pratiques apicoles jouent également un rôle. Les antennes relais de téléphone sont également coupables mais là encore il y a peu d'études car les chercheurs font face à de grande puissance lobbyiste.

### **Les abeilles sont considérées comme bioindicateur ?**

Oui c'est bel et bien le cas. On les utilise surtout pour détecter les métaux lourds dans l'atmosphère. Les abeilles présentent dans leur organisme ou leurs produits des concentrations de métaux lourds correspondantes à celles retrouvées dans l'environnement. Mais ces substances ne leur sont pas nocives.

Echange par email :

### **Questions posées :**

Combien d'apiculteurs y-a-t-il en Belgique ?

Y a-t-il comparativement aux US des pollinisateurs uniquement élevés dans le but de polliniser ?

La transhumance n'est pas aussi pratiquée en Belgique qu'aux US ?

### **Réponse :**

« Bonjour Pauline,

Oui en gros c'est cela, disons que nos parcelles agricoles sont en regard des US très petites, et d'autres part en BE on cultive beaucoup de cultures où la pollinisation entomophile n'est pas nécessaires (ex tous les céréales). D'autres part, la BE comporte 10.000 apiculteurs répartis un peu partout sur le territoire.

Donc là où on a besoin de pollinisations complémentaires ce sont dans nos vergers et pour nos petits fruits, les transhumances pour pollinisation se font là. Les autres comme le colza, l'acacia, la luzerne se font pour le miel.

Bonne journée.

Marc WOLLAST

Coordinateur»

### **Annexe 2- Les différents produits de la ruche**

L'exploitation du miel produit par les abeilles existe depuis l'époque des pharaons (Benjamin & McCallum, 2009) pg15). Aujourd'hui le miel ainsi que d'autres produits issus de la ruche sont particulièrement utilisés comme remède médical. En effet, le miel possède plusieurs caractéristiques médicales, il est notamment anti inflammatoire et anti bactérien, cicatrisant, réduit la douleur mais il est aussi employé dans des cosmétiques. De plus, le miel est source d'oligoéléments, dont nous manquons dans notre alimentation (Clément , 2009). Bien que le

miel soit le produit le plus connu de la ruche, il n'est pas le seul exploité par les apiculteurs. En effet, la gelée royale, nourriture de la reine et des larves, est utilisée pour renforcer le système immunitaire. Par ailleurs, cette substance est un moyen de contrer la dépression et redonne de l'énergie aux personnes âgées. Le pollen contribue également au renforcement du système immunitaire mais régule aussi le système digestif. Il est parfois utilisé comme fortifiant pour de lourdes fatigues. La propolis, matière résineuse que les abeilles obtiennent de certains bourgeons, est utilisée pour soigner des maladies ORL ainsi qu'en dentisterie, dermatologie et cosmétique (Cari asbl, 2009). Le venin, est quant à lui utilisé pour ses propriétés anti inflammatoires pour des rhumatismes, mais ses propriétés sont encore en cours de découverte. La cire, particulièrement utilisée pendant le Moyen Age, est utilisée pour la fabrication de bougies mais également pour le traitement du bois et en cosmétique. L'hydromel, alcool constitué d'eau et de miel fermenté, oublié pendant longtemps connaît une renaissance.

### **Annexe 3- Distinction entre les deux types de Nosema**

Une distinction doit être faite entre deux types de Nosema, la Nosema apis et la Nosema ceranae. La première se caractérise par des taux faibles de contamination en été, un faible pic en automne ainsi qu'une faible croissance en hiver ; une faible tolérance aux changements de températures. Les symptômes de cette infestation sont la diarrhée et l'incapacité à voler. La deuxième, est une espèce infectieuse relativement récente et causée par son adaptation d'Apis Cerana à Apis mellifera ; sans réelles variations saisonnières et plus tolérante aux extrêmes températures. Les conséquences de ce parasite sont des abeilles en moins bonne santé, et des blessures gastriques plus accentuées (Benjamin & McCallum, 2009). Pendant de nombreuses années, les scientifiques ont pensé que seul Nosema Apis pouvait infecter les colonies mais il y a quelques années, ils se sont rendus compte que Nosema ceranae pouvait également infecter Apis mellifera (Chen & Huang, 2010) (Collision & Sheridan, 2010) (Higes, et al., 2010) (Benjamin & McCallum, 2009).

### **Annexe 4- Mécanisme de défense d'Apis mellifera contre le frelon asiatique**

Les abeilles natives d'Asie, Apis Cerana, ont développé deux mécanismes de défense contre le frelon. Le premier consiste à se rassembler à l'extérieur de la ruche et faire vibrer leurs ailes en même temps, ce signal indique alors aux butineuses la présence d'un individu étranger à l'extérieur de la ruche et le butinage est momentanément arrêté jusqu'à la disparition du frelon. Le deuxième est l'agrégation des abeilles autour du prédateur pour

battre leurs ailes dans le but d'augmenter la température de la boule dans laquelle le frelon est emprisonné, ce dernier meurt alors de chaleur et d'asphyxie. Il semblerait que les abeilles européennes observées en Inde adoptent des comportements de défense similaires, toutefois cela n'a jamais été observé en Europe. Si *Apis Mellifera* adopte ces comportements, leur efficacité est inférieure à celle d'*Apis Cerana*. De plus, des études réalisées en Inde suggèrent que plus de 15% des abeilles indigènes meurent suite à l'attaque par les frelons (Abrol, 2006) (Villemant, et al., 2006). En interprétant ces données, nous pouvons conjecturer que les pertes des abeilles *Apis Mellifera* suite à l'attaque d'un frelon seront supérieures à 15%.

### **Annexe 5- Explication pour la lecture des diagrammes d'influences**

Les diagrammes d'influences sont issus de la discipline dynamique des systèmes. Le recours à ces diagrammes est un choix et vise à faciliter la compréhension du lecteur. La dynamique des systèmes est fondée sur le principe qu'il est nécessaire d'envisager les choses selon une logique circulaire, par opposition à une logique linéaire naturellement appliquée par l'esprit humain. L'environnement et la problématique des abeilles est particulièrement adaptable à une telle analyse car de nombreux facteurs interagissent avec la dynamique de la ruche. De plus, cette méthode permet de mettre en avant le caractère évolutif du système considéré. Les diagrammes d'influences sont bien entendu qualitatifs et par soucis de simplification tous les facteurs ne sont pas forcément mis en avant dans les diagrammes.

Les diagrammes d'influences comportent des variables reliées entre elles par des flèches. Ces flèches sont dotées d'une direction et d'une polarité illustrant le sens du changement. Une flèche dotée du signe « + » signifie que le changement de la première variable et de la deuxième vont dans le même sens. Une flèche dotée du signe « - » signifie que le changement de la première et deuxième variables vont dans des sens opposés. A partir des relations causales entre les variables (au minimum deux) il est possible d'identifier des boucles de rétroactions. Si les variables considérées dans cette boucle comptent un nombre pair de « + », cette boucle est dite positive. Une boucle positive se renforce et peut provoquer un effet d'emballement. Si les variables considérées dans la boucle totalisent un nombre impair de « + », la boucle est considérée négative. Une boucle négative tend vers un équilibre.

### **Annexe 6- Explication du diagramme d'influence du rucher à l'état d'équilibre**

Comme expliqué à travers cette partie, le rucher fait face à plusieurs influences extérieures, illustrées en vert dans le diagramme, qui ont des conséquences sur la dynamique des abeilles.

Tout d'abord il y a la boucle de rétroaction positive de reproduction des abeilles, qui résulte en une addition du nombre d'abeilles. Le nombre d'abeilles diminue naturellement par le taux de mortalité de la population (boucle de rétroaction négative de mortalité naturelle). Il y a un donc un équilibre entre les naissances et les décès des abeilles.

La boucle de rétroaction positive intitulée « Nourriture des abeilles » illustre l'équilibre entre le service de pollinisation rendu par les abeilles qui au cours de ce processus récoltent des ressources pour alimenter leur stock de nourriture. Les intempéries empêchent les abeilles de sortir de la ruche et d'aller butiner, ce qui empêche d'alimenter le stock de nourriture. Si les larves ne sont pas bien nourries, elles ne peuvent pas se développer correctement.

La boucle de rétroaction positive « Capacité de défense » indique l'importance d'un régime alimentaire diversifié afin d'avoir un système de défense immunitaire assez fort que pour combattre les maladies potentielles. Un système immunitaire fort protège les habitantes de la ruche et permet aux larves de se développer assurant le renouvellement de la population.

Les boucles rétroactives positives « Menaces sur la reproduction » et « Mortalité due aux maladies et parasites » illustrent la relation entre les maladies et parasites et la population d'abeilles. Les maladies et parasites influencent à la fois le pourcentage des larves aboutissant à maturité et le taux de mortalité des abeilles. Quand les larves ou ouvrières sont attaquées, le pourcentage des larves aboutissant à maturité diminue, car le couvain meurt soit par un manque d'entretien soit par une maladie. Les maladies et parasites augmentent donc le taux de mortalité des abeilles

Il faut souligner que malgré les facteurs interagissant avec le nombre d'abeilles, il existe un équilibre entre les boucles. Cela se traduit donc par un nombre « constant » de naissance et mortalité due à des facteurs extérieurs. Toutefois, les boucles positives peuvent potentiellement s'autoalimenter jusqu'à l'emballement, l'équilibre est donc fragile.

### **Annexe 7- La transhumance pourrait perturber les abeilles**

C'est surtout aux Etats-Unis que ce facteur est mentionné, et pour cause ; plus de 2 millions de colonies sont transportées à travers les Etats-Unis chaque année...Le transport peut perturber les abeilles car elles sont enfermées pendant des périodes prolongées, ce qui entraîne des variations de températures (ce qui n'arrive pas habituellement) et augmentent la prolifération des pathogènes chez les adultes. Le résultat se fait sentir lorsque les abeilles sont

libérées pour accomplir leur travail ; en général un taux de mortalité de dix pourcents est observé (UNEP, 2010).

### **Annexe 8- Explication du diagramme d'influence illustrant le rucher déséquilibré**

Le diagramme d'influence du rucher déséquilibré reprend les mécanismes perturbateurs naturels ( en vert) mais sont également représentés les mécanismes perturbateurs anthropiques principaux (en rouge).

Afin de faciliter la lecture du diagramme, nous avons uniquement repris les mécanismes perturbateurs anthropiques principalement issus de l'agriculture moderne et inclut les effets directs de ces mécanismes.

La pratique de la monoculture, influence de façon négative la diversité du nectar butiné ce qui engendre des conséquences pour la capacité de défense des abeilles. Cette variable ne crée pas de nouvelles boucles.

La boucle positive, à effet d'emballement, « Elaboration de nouveaux pesticides », représente le lien étroit entre le développement de pesticides, le développement de maladies et parasites et l'apparition d'accoutumance. Au plus de différents pesticides sont utilisés pour combattre les maladies et parasites, au plus ces parasites acquièrent une résistance, ce qui diminue l'action des pesticides, et crée une demande pour de nouveaux pesticides plus forts. C'est une boucle boucle de neige car elle s'autoalimente et difficile à freiner.

L'utilisation de pesticides influence de trois façons différentes la mortalité due aux pesticides, d'où les trois boucles positives à effet d'emballement. Les pesticides influencent directement le taux de mortalité des abeilles en les tuant par intoxication aigue.

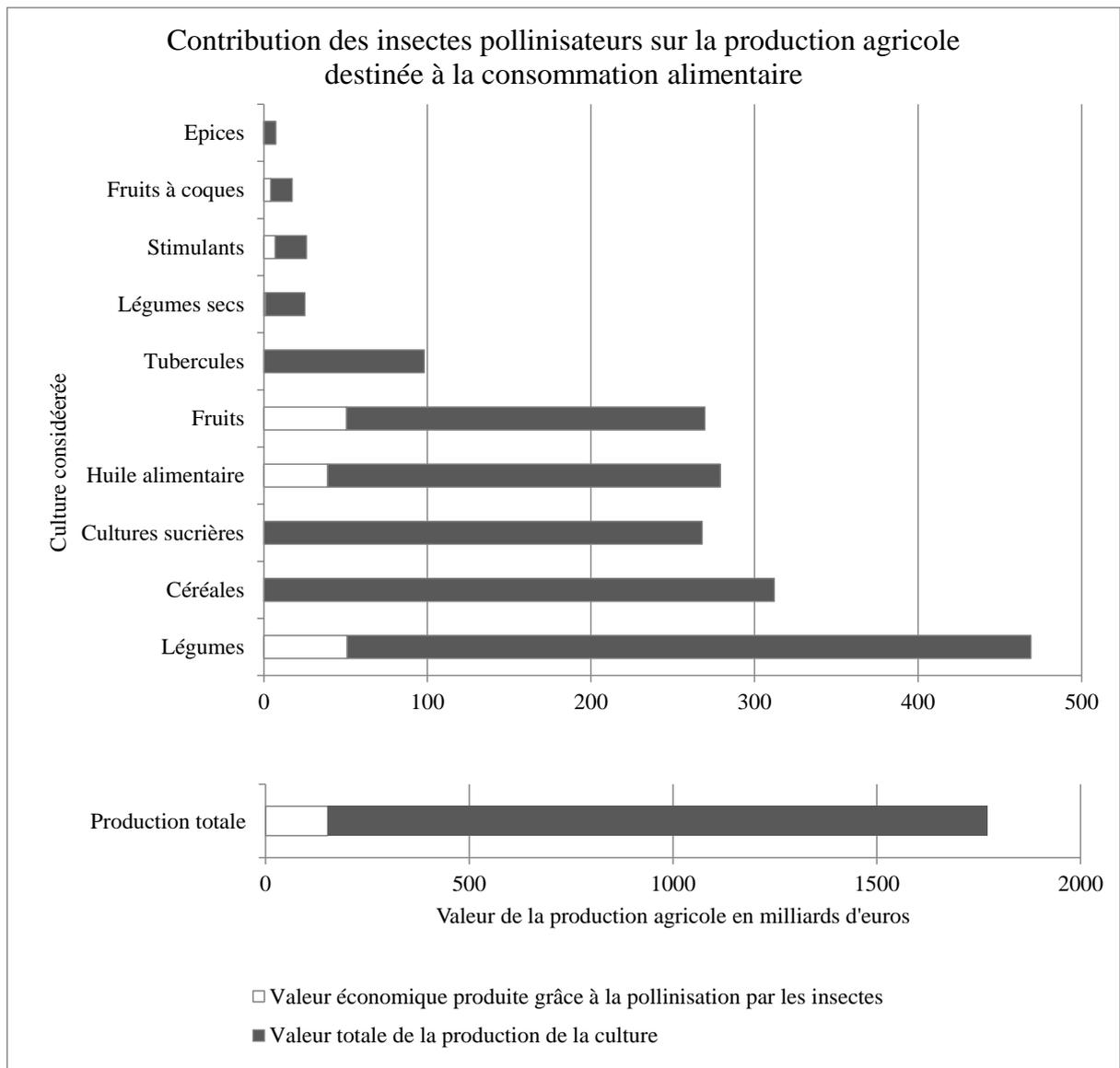
Les pesticides systémiques sont présents tout au long du développement de la plante contaminant les produits que les abeilles butinent. Ces produits sont ensuite ramenés à la ruche pour l'alimentation des larves et des autres abeilles, résultant en une contamination globale de la ruche augmentant alors le taux de mortalité. Les pesticides systémiques perturbent le système de repérage des abeilles dans l'espace ce qui les empêchent de revenir à la ruche. Etant donné que les abeilles sont des insectes sociaux, elles ne peuvent vivre seules et périssent loin de leur ruche.

Les boucles « boules de neige » sont tellement puissantes qu'elles perturbent l'équilibre naturel fragile acquit par les abeilles.

### **Annexe 9- Les différentes sous-méthodes de l'évaluation de la pollinisation manuelle**

La première sous méthode se base sur le nombre de fleurs à polliniser afin d'aboutir à la même quantité de fruits produits que par la pollinisation naturelle et une estimation de cinq secondes pour polliniser une fleur. La deuxième sous méthode suppose que polliniser une fleur prend deux fois plus de temps que de récolter le fruit obtenu. De la sorte, afin d'obtenir 50 % de fruits d'une culture, il est nécessaire de polliniser toutes les fleurs. De ce fait le coût de main d'œuvre pour obtenir un fruit est quatre fois plus cher que le coût de cueillette. La troisième sous méthode consiste à s'appuyer sur les coûts de main d'œuvre disponibles pour la pollinisation manuelle. Les résultats varient considérablement entre US \$161.2 millions, US \$433.8 millions et US \$77 millions selon la sous-méthode 1,2 ou 3 choisie.

## Annexe 10- Contribution des insectes pollinisateurs sur la production agricole destinée à la consommation alimentaire



## **Annexe 11- Compte rendu d'entretien Mme Van Dyck**

Mme Van Dyck est Development & Registration Manager chez Bayer Crop Science

### **Pourquoi est-ce que le gaucho n'est pas répertorié comme une substance vendue en Belgique étant donné qu'il est utilisé selon le site Fytoweb ?**

FYtoweb montre toutes les homologations sur le marché belge (valable pour une période de dix ans). Cela signifie que la substance peut-être vendue en Belgique, toutefois cela ne veut pas forcément dire qu'elle est utilisée par les agriculteurs.

### **Quelle était la formulation du Gaucho bannit en France ? Cette substance est-elle la même que celle commercialisée en Belgique ?**

C'est la même substance, l'imidaclopride qui est utilisée. Il y a peut-être quelques différences de concentrations/ l'ajout d'autres substances.

Si la substance est utilisée par les agriculteurs tel que recommandée elle ne présente pas de risques pour les abeilles. En plus, en Belgique les surfaces de cultures traitées au Gaucho sont limitées.

Il y a une différence entre les propriétés du produit et de son exposition. Par exemple, le fait qu'une substance soit toxique pour les organismes aquatiques est une propriété, l'utilisation de cette substance dans un bâtiment est l'exposition. Donc si c'est exemple devient réel, l'utilisation de cette substance dans les conditions recommandées ne posent pas de problèmes.

Système REACH nouveau répertoire pour les produits chimiques, il y a différentes phrases de risques en effet. Pour les abeilles il y a notamment le SPE8- ne pas utiliser le produit pendant la floraison

J'ai également reçu de la part de Mme Van Dyck une brochure concernant les risques des pesticides pour les abeilles.

## **Annexe 12- Compte rendu d'entretien Mr.Bruneau**

Mr.Bruneau - President of the Honey group of COPA – COGECA et responsable de l'association CARI asbl

### **Entretien téléphonique Mr.Bruneau**

**Combien d'apiculteurs y-a-t-il en Belgique ? 9500**

### **En Belgique combien de % de culture nécessite la pollinisation, une idée ?**

Ce chiffre n'a jamais été évalué mais on peut considérer que l'arboriculture fruitière constitue 80% de ces cultures. Le colza constituant les 20% restant. Attention ces chiffres ne sont qu'une vague estimation.

### **Quelles mesures préconisez-vous par rapport au syndrome d'effondrement des abeilles ?**

Il y a une série de facteurs impliqués dans ce phénomène, et ils semblent interagir et créer un effet de synergie. Il est certain que les nouvelles générations de pesticides (les systémiques) sont une grande nouveauté pour les apiculteurs.

Peut-être que les abeilles sont plus sensibilisées et meurent plus rapidement à cause des pathogènes/maladies habituelles.

La mortalité normale est de 3 à 5% et cela peut grimper à 8-15% en fonction de l'agressivité du Varroa et de la variation climatique. Plus il fait chaud plus le Varroa se développe.

### **Pensez-vous qu'il faut également interdire le Gaucho/ Cruiser en Belgique ?**

La situation en Belgique n'est pas la même qu'en France. Le colza traité n'est pas vendu en Belgique et le maïs traité est peu utilisé.

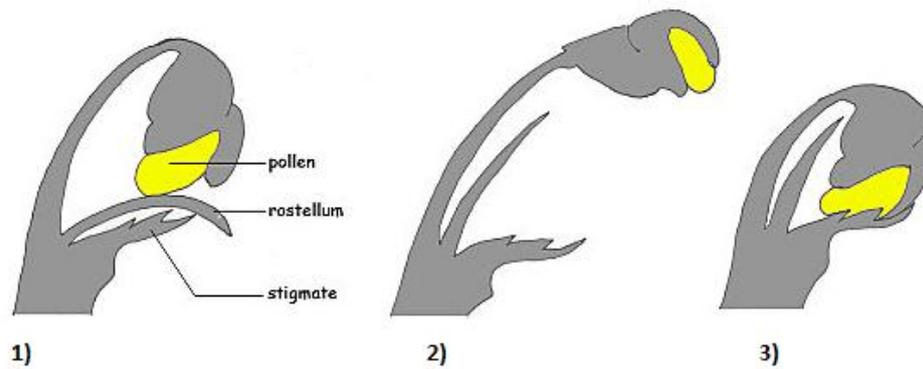
### **ALARM, STEP, COLOSS, European Pollinator Initiative, pourquoi la Belgique n'a pas encore mis en place un groupe de recherche qui lui est propre ?**

Les stratégies en France, au Royaume-Uni et aux US c'est du « vent », ces pays-là sont remplis de sociétés pharmaceutiques très puissantes.

Depuis ce problème, la cellule de Programme de réduction de pesticides est plus à l'écoute des scientifiques, peut-être que cela aboutira à un projet plus concret.

Il semblerait également que la cellule environnement veuille mettre en place une politique plus globale face au problème de disparition des abeilles. Cette nouvelle politique intégrerait plusieurs secteurs à savoir la santé, l'environnement, et l'agriculture. Cette information est à confirmer.

### Annexe 13- Etape de la pollinisation manuelle de la vanille



Source du schéma : (Agathe, 2007)

Première étape : déchirer le labellum pour avoir accès aux organes reproductifs

Deuxième étape : relever le rostellum pour pouvoir faire le contact entre les deux organes reproductifs

Troisième étape : presser sur l'anthere afin d'assurer le contact avec le stigma