

# MÉMOIRE DE STAGE

**Biodiversité, Ecologie, Evolution**

Master d'Écologie de la Conservation  
- Ingénierie écologique (ECIRE)

Finalité Expertise Faune Flore (E2F)

## ETUDE DES POTENTIALITÉS NECTARIFÈRES ET POLLINIFÈRES DE MILIEUX SPONTANÉS DE CORSE : RELATIONS AVEC LE RENDEMENT EN MIEL ET RÔLE DES VARIATIONS CLIMATIQUES

Stagiaire	Mélodie BOURREAU
Année universitaire	2021-2022
Structure d'accueil	Office du Développement Agricole et Rural de Corse
Encadrant	Yin YANG
Date de stage	01/02/2022 - 31/07/2022



# ETUDE DES POTENTIALITÉS NECTARIFÈRES ET POLLINIFÈRES DE MILIEUX SPONTANÉS DE CORSE : RELATIONS AVEC LE RENDEMENT EN MIEL ET RÔLE DES VARIATIONS CLIMATIQUES

Rédigé par **Mélodie BOURREAU**

Relu et corrigé par **Yin YANG, Ange BIANCHINI, Jennifer MEJEAN**

Photo de couverture et éléments graphiques de **Mélodie BOURREAU**

Mémoire écrit dans le cadre du stage de fin d'étude du parcours d'Écologie  
de la Conservation et d'Ingénierie écologique  
finalité **Expertise Faune Flore**  
du Master **Biodiversité, Écologie, Évolution**



**Yin YANG**

Merci pour ton encadrement, ton soutien et ta bienveillance tout au long de ce stage. Je te remercie profondément de m'avoir permis de contribuer à cette étude qui me plaît. Merci de m'avoir fait découvrir la merveilleuse flore de Corse.

**Hugo SANNIER-ALFONSI**

Merci d'avoir partagé avec moi cette expérience unique et de m'avoir fait prendre conscience de l'importance de la sociologie en écologie.

**Jennifer MEJEAN et Sarah STELLA**

Merci pour votre soutien, vos précieux conseils et votre impérissable bonne humeur.

**Marie-José BATTESTI**

Merci pour votre bienveillance et vos conseils avisés.

**Gaël CAUSE, Ileana QUIQUEREZ et Marcu-Alesiu SANTUCCI**

Merci pour toute l'aide que vous m'avez apporté en phytosociologie et pour votre patience.

**Christian KERBIRIOU et Isabelle LE VIOL**

Merci pour vos conseils en matière d'analyses statistiques.

Enfin à **Ange BIANCHINI** et à l'ensemble du **Comité Scientifique et Technique Apicole de Corse**, merci pour leurs commentaires constructifs et pour nous avoir donné la chance de participer à cette étude complexe, mais tellement passionnante.

Merci de m'avoir fait découvrir et aimer profondément la Corse au travers de beaux moments de partage, entre randonnées et dégustations des produits du terroir.

Grâce à ce stage, j'ai pu découvrir une île aux paysages divers et magnifiques, avec une flore variée et unique, peuplée d'habitants chaleureux et généreux. J'ai beaucoup appris et je vous en remercie. Grâce à vous tous, mon cursus en écologie se termine en beauté.

# Office du développement agricole et rural de Corse - ODARC

Dans le cadre de la politique de décentralisation, est créé en 1982, l'Office du Développement Agricole et Rural de Corse (ODARC). L'ODARC est un Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) à statut national. Il est l'organe coordonnateur des politiques de développement agricole et de l'ensemble des actions de développement de l'agriculture menées en Corse.

Les nombreuses missions de l'ODARC sont définies par l'article 65 de la loi du 13 mai 1991 « .../... *L'Office du Développement Agricole et Rural de Corse est chargé, dans le cadre des orientations définies par la Collectivité Territoriale de Corse, de la mise en œuvre d'actions tendant au développement de l'agriculture et à l'équipement du milieu rural* » et par l'article 20 de la loi du 22 janvier 2002 « .../... *Il exerce les compétences anciennement dévolues au Centre national pour l'aménagement des structures des exploitations agricoles...* ». Son champ de compétence est donc large : élaboration des programmes pluriannuels et annuels de développement agricole, création et gestion d'un réseau d'agents de développement agricole, de stations d'expérimentation et de recherche, orientation et contrôle de la politique foncière agricole...

Depuis la loi du 13 mai 1991 portant statut de la Collectivité Territoriale de Corse (CTC), l'ODARC devient un établissement public territorial placé sous la tutelle de la CTC et, depuis 2018, de la CdC (Collectivité de Corse). L'État n'exerce plus qu'un contrôle de légalité. L'ODARC a obtenu le statut d'organisme instructeur ainsi que d'organisme payeur du Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural (FEADER) pour la Corse. Il gère également les crédits alloués par la région (CdC) au développement agricole et rural.

L'ODARC, en collaboration avec de nombreux partenaires (services de l'État, chambres d'agriculture, organisations professionnelles, etc...) contribue au développement agricole et rural de la Corse : modernisation des exploitations agricoles, installation des jeunes agriculteurs, développement des filières de production comme celle de l'apiculture, etc.

Dans le cadre d'une décroissance tendancielle de la production insulaire de miel, dont les raisons objectives sont inconnues, l'ODARC et le Syndicat AOP Miel de Corse - Mele di Corsica ont mis en place un Comité Scientifique et Technique Apicole (CSTA) auquel participent différents partenaires spécialisés dans des domaines en relation avec la problématique rencontrée.

## Activités réalisées au cours du stage

La principale mission de ce stage était de mettre en perspective les potentialités nectarifères, pollinifères et miellatifères de la végétation présente au niveau des emplacements de ruches au regard de la production effective de miel et de pollen observée. Il m'a fallu pour cela effectuer plusieurs tâches :

- Réaliser un travail bibliographique afin de me renseigner sur les études déjà mises en place et faire un point sur les connaissances afin de créer un protocole d'inventaire correct.
- Préparer la phase de terrain : créer des plans d'échantillonnage, contacter les apiculteurs sélectionnés, préparer les fiches de terrain et cartes de milieux autour des ruchers via QGIS
- Phase terrain : inventorier chaque milieu pour chaque rucher, réaliser un herbier pour les espèces non identifiées sur le terrain.
- Phase après le terrain : identifier des espèces en herbier, créer une base de données sur Microsoft Excel, saisir des données de l'inventaire 2022, mettre à jour des cartes sur QGIS, réaliser des analyses statistiques.
- Créer une fiche synthétique individuelle pour chaque apiculteur ayant participé à cette étude

En parallèle à cette mission, j'ai participé à d'autres études :

- J'ai assisté et participé aux entretiens semi-directifs des apiculteurs menés par mon collègue Hugo SANNIER-ALFONSI. Son sujet d'étude, complémentaire au mien, avait pour but de comprendre leur vision de l'apiculture face au changement climatique et d'identifier les actions qu'ils ont mises en place pour tenter d'endiguer la baisse de production.
- J'ai posé des pièges à insectes et réalisé un inventaire dans des champs de clémentiniers pour une étude menée par Sarah BOSTOËN. Celle-ci visait à comprendre l'impact, sur les abeilles, des filets paragrêles posés au-dessus des clémentiniers.
- Dans le cadre d'une étude menée par Ange-Marie PASQUALI, j'ai également réalisé un inventaire sur une prairie pâturée afin de quantifier et de qualifier les espèces fourragères consommées par des brebis.

Ce stage m'a permis, d'une part, d'étoffer mes connaissances en botanique avec l'apprentissage de la flore corse et, d'autre part, de m'ouvrir à des domaines qui m'étaient alors inconnus : l'agro-sociologie et l'apiculture.

## Table des matières

<b>1- INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
1.1- Déclin global de la production de miel : une filière menacée au niveau mondial .....	1
1.2- Ile de beauté : un paysage diversifié pour un miel unique .....	2
1.3- Comprendre l'effondrement de la production de miel en Corse .....	4
1.4- Le CSTA pour comprendre les enjeux de la filière .....	4
<b>2- MATERIEL ET METHODE .....</b>	<b>6</b>
2.1- Sélection des emplacements de rucher et des stations météorologiques .....	6
2.1.1- Choix des emplacements de ruchers dits « mobiles » .....	6
2.1.1- Choix des emplacements de ruchers dits « fixes » .....	6
2.1.2- Création des variables météorologiques sur le long terme sur l'ensemble de la Corse	7
2.2- Protocole et collecte des données botaniques.....	8
2.2.1- Protocole Botanique.....	8
2.2.2- Phase de terrain et pose des outils connectés .....	9
2.2.3- Estimation de la quantité de nectar.....	9
2.2.4- Calculs, tests et modèles statistiques.....	10
<b>3- RESULTATS.....</b>	<b>12</b>
3.1- Résultats des analyses des données météorologiques et mise en relation avec le rendement	12
3.1.1- Évolution des variables climatiques des microrégions en Corse depuis 1999	12
3.1.2- Évolution des rendements de miel en fonction des variables climatiques .....	14
3.1.3- Évolution des poids de ruches des ruchers mobiles en fonction des variables climatiques associées.....	18
3.1.4- Autocorrélation .....	20
3.2- Résultats des analyses des données botaniques et mise en relation avec le rendement	20
3.2.1- Espèces végétales présentes dans l'aire de butinage.....	20
3.2.2- Observation du terrain.....	21
3.2.3- Analyse de la structure du paysage .....	21
3.2.1- Détermination des « associations végétales ».....	22
3.2.2- Comparaison entre ruchers en fonction de la végétation .....	24
3.2.3- Rendement de miel de 2022 en fonction des surfaces d'associations végétales	26
3.2.4- Approche d'une estimation de la quantification de la ressource nectarifère et pollinifère des ruchers .....	26
<b>4- DISCUSSION .....</b>	<b>28</b>
4.1- Variation climatique et impact sur les rendements de miels de « printemps » en Corse	28

4.1- Rendements de miels et associations végétales .....	30
4.2- Limites de l'étude.....	33
4.3- Conclusion et perspectives d'amélioration.....	34
<b>5- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>36</b>
<b>6- TABLE DES ANNEXES .....</b>	<b>41</b>

# 1- INTRODUCTION

## 1.1- Déclin global de la production de miel : une filière menacée au niveau mondial

Les abeilles, qu'elles soient sauvages (bourdons, halictes, andrènes, mégachiles, osmies, xylocoptes, etc.) ou domestiques (*Apis mellifera*), fascinent depuis toujours les Hommes. Les ruches sont exploitées depuis des millénaires (CNRS, 2019). Dans beaucoup de civilisations et de croyances, le miel a eu une place privilégiée. Au fil du temps, les abeilles sont devenues indispensables à l'Homme : cosmétique, additifs alimentaires naturels, nutrition, médecine ... Selon la législation européenne, le miel est défini comme : « *une substance sucrée naturelle produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes, des sécrétions provenant des organes végétaux ou des excréments laissées sur celles-ci par des insectes suceurs, qu'elles butinent, transforment en les combinant avec des matières spécifiques propres, déposent, déshydratent, entreposent et laissent mûrir dans les rayons de la ruche* » (Directive 2001/110/CE, 2002).

De plus, par leur activité pollinisatrice, les abeilles domestiques et sauvages sont des insectes essentiels au bon fonctionnement des écosystèmes naturels et des agrosystèmes. Elles contribuent à la pollinisation de 80 % des espèces de plantes à fleurs, soit un tiers de la production agricole nécessaire à notre alimentation, selon les experts apicoles de l'Organisation des Nations Unies pour le programme « United Nations Environment Programme » (UNEP) (INRAE, 2013 ; UNEP, 2022).

Au sein de l'Union européenne, environ 600 000 apiculteurs élèvent plus de 17 millions de ruches, produisant ainsi environ 250 000 tonnes de miel par an, en plus de la cire d'abeille, du pollen, de la gelée royale et de la propolis. Cela en fait le deuxième plus gros producteur de miel derrière la Chine. L'apiculture est pratiquée dans tous les pays européens et se caractérise par la diversité de ses conditions de production, de ses performances et de ses pratiques (Parlement européen, 2018).

Cependant, depuis une trentaine d'années, la filière apicole, notamment française, est en crise (Franceinfo, 2017). La production nationale de miel a été divisée par deux en 25 ans et est passée de 33 000 tonnes en 1995 à environ 18 000 à 20 000 tonnes en 2020, année qui fut pourtant, globalement très bonne selon l'Union Nationale de l'Apiculture Française (UNAF, 2021).

Les causes de cette baisse sont multiples et complexes et font souvent l'objet de controverses. Néanmoins, la menace est bien réelle : retour des néonicotinoïdes, prolifération du frelon asiatique (*Vespa velutina*) sur l'ensemble du territoire français, réduction des ressources mellifères, maladies et parasites... S'ajoute à cela le bouleversement climatique qui perturbe

fortement le calendrier apicole. En effet, ces dernières années, le climat devient de plus en plus capricieux (épisodes de gel au printemps 2021, canicules et sécheresses à répétition, précipitations ininterrompues ou encore manifestations orageuses plus violentes...), et cela a un impact sur le bon développement des colonies d'abeilles, mais également sur la production de nectar des fleurs. Toute modification de la température ou de l'humidité peut avoir une incidence importante sur la miellée (Actu api, 2018).

Autres conséquences, un phénomène de déclin des colonies d'abeilles a été observé depuis 30 ans dans plusieurs pays d'Europe occidentale, dont la France, ainsi qu'en Amérique du Nord (Cailloce, 2016 ; Maurey, 2017). Le maintien d'un cheptel de colonies d'abeilles domestiques productives est donc devenu l'une des préoccupations majeures dans les exploitations apicoles. Les symptômes de cette perte de colonies sont principalement des mortalités hivernales anormalement élevées, l'affaiblissement de populations au cours de la campagne de production (avril-septembre), des problèmes de ponte et de durée de vie anormalement faibles des reines, et finalement des baisses de production en miel.

La crise de la filière apicole et le sort des abeilles domestiques et sauvages est désormais un enjeu écologique majeur. Devenu un problème public mondial, le déclin des abeilles a ravivé l'intérêt pour l'apiculture. Il a suscité une multiplication de travaux dans le champ des sciences du vivant, dans celui des sciences humaines et sociales, qui avaient jusqu'alors peu investi ce sujet, sans oublier les nombreux ouvrages et manuels réalisés à l'initiative de praticiens divers (Fortier et al., 2020).

### 1.2- Ile de beauté : un paysage diversifié pour un miel unique

L'apiculture est une constante de l'histoire de Corse (Décret 2013/1057, 2013). Dès l'Antiquité, où la cire et le miel ont fait l'objet de commerce tout autour de la Méditerranée, jusqu'à nos jours, l'activité apicole est restée importante sur l'île. L'originalité du miel corse tient à trois facteurs : des ressources mellifères et pollinifères directement issues de la végétation spontanée, une abeille endémique (*Apis mellifera mellifera* écotype Corse) et une conduite apicole adaptée à ces spécificités.

La Corse est une île d'une superficie de 8 722 km<sup>2</sup>, soit la plus petite des trois îles principales méditerranéennes. Située à 170 km de la France continentale, la Corse est une île montagneuse au relief très découpé avec une altitude moyenne de 568 m et un point culminant à 2 710 m d'altitude (Monte Cinto) (Carcelle, 2007). Le territoire est divisé en cantons et microrégions officielles aux climats variés. En effet, les variations très rapides des dénivelés entre le littoral et le sommet des crêtes rocheuses qui dominent l'arrière-pays induisent des contrastes climatiques

marqués qui se traduisent tant au niveau des températures que des précipitations. Grâce à cette diversité de milieux, la Corse offre un potentiel exceptionnel d'espèces pollinifères et nectarifères spontanées indemnes de tout traitement phytosanitaire à l'exception de quelques zones de productions arboricoles et viticoles. La végétation est composée de 9,6 % d'espèces endémiques sur 2 480 espèces de plantes (Jeanmonod & Gamisan, 2013).

L'absence d'activités industrielles importantes et polluantes ainsi que l'absence relative d'exploitations agricoles utilisant massivement engrais et pesticides en font une île relativement préservée. Les vergers d'agrumes, notamment de clémentiniers, spécialité de la Corse, situés principalement en Plaine Orientale, ont également un grand intérêt pour l'abeille. Il n'existe pas en Corse de grandes cultures d'oléagineux type colza et tournesol. Les grandes cultures mellifères continentales et méditerranéennes sont aussi absentes (sainfoin, sarrasin). La châtaigneraie corse, élément marquant du paysage, constitue également une ressource importante pour l'abeille (nectar, miellat et pollen) (Décret 2010/1045, 2010).

La conduite apicole, et notamment le choix des emplacements de ruchers, est directement liée à la connaissance du terroir et de ses spécificités. Elle vise à utiliser au mieux les floraisons successives de la végétation spontanée dans leur diversité et leur rythme de développement, mais également à profiter du décalage altitudinal de ces floraisons dû à leur étagement tout au long de l'année. Pour cela, les apiculteurs corses déplacent leurs ruches de la mer vers la montagne au fil des saisons. Il en résulte deux types de pratiques : certaines exploitations travaillent exclusivement en ruchers sédentaires, d'autres pratiquent des déplacements microrégionaux.

Dès 1979, la filière décide de s'organiser pour lancer les premiers travaux de recherche : caractérisation morphologique de l'abeille écotype corse et constitution d'une palynothèque de référence destinée à la caractérisation des miels de Corse au moyen d'analyses polliniques et organoleptiques. En effet, l'abeille corse, *Apis mellifera mellifera* écotype Corse, se distingue notamment par ses caractères morphologiques : une langue longue et un index cubital élevé pour une abeille noire. Elle est donc parfaitement adaptée aux conditions climatiques et géographiques de l'île et a la faculté de profiter au mieux de la succession des floraisons tout au long de l'année (Battesti, 1990). Ces travaux ont permis d'aboutir à une démarche de valorisation des productions mellifères régionales par l'obtention d'un signe de qualité lié à l'origine géographique : l'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) « Miel de Corse - Mele di Corsica » en 1998 puis l'Appellation d'Origine Protégée (AOP) en 2000. Cette appellation concerne l'ensemble du territoire et présente l'originalité d'inclure – sous la même mention – une production diversifiée comprenant des miels d'origines botaniques complexes allant du plus clair au plus foncé ainsi que du plus doux au plus amer. Les miels de Corse ont été classés en une

gamme variétale (Printemps, Maquis de printemps, Miellats du maquis, Maquis d'été, Châtaigneraie et Maquis d'automne) définis à la fois par l'analyse pollinique et organoleptique, en fonction des saisons et des étages de végétation spécifiques à l'île.

### 1.3- Comprendre l'effondrement de la production de miel en Corse

Selon FranceAgrimer, le rendement de miel par ruche au niveau national a chuté de 67 %, passant de 26,3 kg/ruche en 2015 à 14 kg/ruche en 2021 (France Agrimer, 2017, 2022), avec des

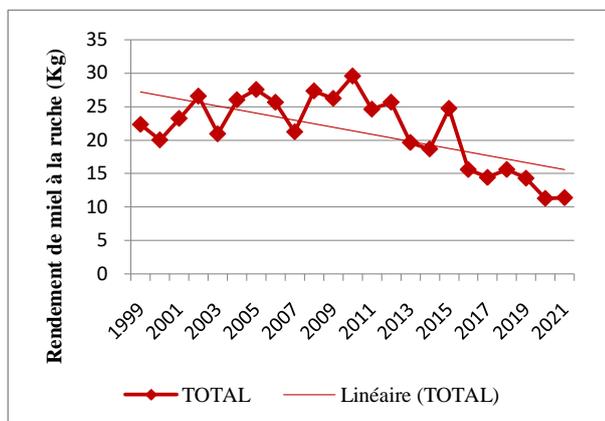


Figure 1 : Evolution du rendement de miel total (kg/ruche) AOP de 1999 à 2021 – Source : Syndicat AOP Miel de Corse - Mele di Corsica

niveaux de rendement qui fluctuent de manière importante. La Corse n'échappe pas à cette tendance.

De 1999 à 2010, le rendement de miel par ruche est resté relativement stable (25 kg/ruche), hormis les années de sécheresse de 2003 et 2007 (Figure 1). Mais, depuis 2010, et ce, malgré l'augmentation constante de ruches (Annexe I), le rendement de miel s'effondre, passant de 15 kg/ruche en 2016 à 11 kg/ruche en 2020 (DRAAF, 2021).

### 1.4- Le CSTA pour comprendre les enjeux de la filière

Pour tenter de déterminer les causes de la baisse de production du miel de Corse, le Syndicat AOP Miel de Corse - Mele di Corsica et l'Office du Développement Agricole et Rurale de Corse (ODARC) ont mis en place un Comité Scientifique et Technique Apicole (CSTA) auquel participent différents partenaires spécialisés dans les domaines en relations avec la problématique rencontrée : l'Office de l'Environnement de la Corse avec le Conservatoire Botanique National de Corse (CBNC) et l'Observatoire Conservatoire des Invertébrés de Corse (OCIC), le Laboratoire de Recherche sur le Développement de l'Elevage (INRAE SELMET-LRDE), l'Institut Technique et Scientifique de l'Apiculture et de la Pollinisation (ITSAP) et l'Université de Corse. Il s'articule autour de trois thèmes :

- 1- Suivi des floraisons, évolution des miellées et disponibilité des ressources nectarifères et pollinifères ;
- 2- Lien entre les productions de miels AOP, les aspects météorologiques et les pratiques apicoles ;

### 3- Coexistence de l'apiculture avec les autres filières agricoles et activités humaines.

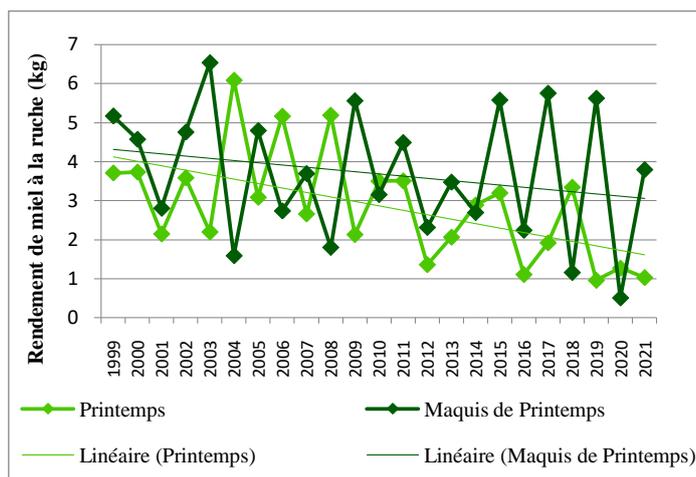


Figure 2 : Evolution des rendements de miel (kg/ruche) de Maquis de printemps et de Printemps de 1999 à 2021 – Source : Syndicat AOP Miel de Corse - Mele di Corsica

Les travaux développés au cours de ce stage s'inscrivent dans les thématiques 1 et 2 des actions du CSTA. Par souci de limite de temps et en fonction de la période de stage, notre étude se concentre sur les miels dits de « printemps », comprenant le miel de Printemps et celui de Maquis de printemps.

En effet, comme le montrent les courbes de la Figure 2, le rendement moyen annuel insulaire du miel de Printemps est en diminution (rendement - 50 %). Depuis 2010, cette miellée s'espace et n'arrive que tous les trois à quatre ans. En 2019 et 2021, jamais le rendement moyen annuel n'a été aussi faible. De 1999 à 2014, le rendement de miel de Maquis de printemps a tendance à diminuer. De 2014 à 2020, les productions de miel deviennent de plus en plus irrégulières, avec des rendements en dents de scie aux variations de plus en plus importantes.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la composition floristique, de mettre en perspective les potentialités végétales (nectarifères, pollinifères et miellatifères) présentes au niveau des emplacements de ruches au regard de la production effective de miel et de pollen observée. Ainsi, le faciès de végétation avec une espèce caractéristique dominante (par exemple à *Erica arborea*) pourra être repéré. Il est important de noter que cette première année d'étude est une phase préparatoire à une possible poursuite des recherches.

Ainsi, la problématique suivante est posée : *Comment expliquer les variations de production des miels de printemps en Corse à travers la dynamique de floraison, les ressources mellifères et les variations climatiques ?*

Cela nous permet d'établir deux hypothèses auxquelles nous répondrons tout au long de cette étude : H1 « L'évolution des variations des paramètres climatiques pourrait en partie expliquer la baisse de rendement de miel de ces dernières années. » et H2 « La composition floristique disposée en mosaïque autour des ruchers expliquerait en partie les différences de rendement entre ces derniers. »

## 2- MATERIEL ET METHODE

### 2.1- Sélection des emplacements de rucher et des stations météorologiques

Trois plans d'échantillonnage bien distincts ont été réalisés afin de récolter une gamme de données météorologiques de temporalités différentes et d'effectuer des inventaires floristiques autour des ruchers. En ce qui concerne les emplacements de ruchers, nous avons repris l'échantillonnage de l'étude précédente portant sur le recensement des pratiques mises en œuvre sur le terrain par les apiculteurs afin de comprendre leur contribution au rendement en miel (Orhant, 2022), qui a permis de collecter 153 emplacements de ruchers provenant de 24 apiculteurs, dont 95 d'entre eux sont des emplacements dédiés à la production de miels de Printemps et de Maquis de printemps.

#### 2.1.1- Choix des emplacements de ruchers dits « mobiles »

Dans un premier temps, 10 emplacements (M1 - M10), (Figure 3) ont été sélectionnés aléatoirement selon les critères de microrégion et l'accord de l'apiculteur. Chaque emplacement a été muni de trois balances connectées et d'une station météorologique (BeeGuard, Labège, France) mise à disposition par le Syndicat AOP Miel de Corse - Mele di Corsica. Ces outils fournissent des données de poids de ruches, mais mesurent également des paramètres météorologiques quotidiens (température, précipitations, humidité, pression atmosphérique, vitesse et orientation du vent). Ils ont été installés durant la période allant du 23 mars au 14 avril en fonction de la disponibilité des apiculteurs. De plus, ils ont l'avantage d'être déplaçables et donc de permettre le suivi des différentes transhumances effectuées par les apiculteurs au cours de la saison apicole.

Les données de variation quotidienne du poids de ruche sont lissées selon la manipulation effectuée sur les ruches au cours du temps par l'apiculteur (pose ou retrait des hausses, pose des chasse-abeilles...). Dans le but d'obtenir une vision la plus juste possible de son évolution par jour, le rendement de la ruche est extrait à minuit, lorsque toutes les abeilles sont à l'intérieur et que l'apiculteur a peu de chance d'effectuer des manipulations. Les paramètres météorologiques sont moyennés par jour (12h).

#### 2.1.1- Choix des emplacements de ruchers dits « fixes »

Dans un second temps, huit emplacements dits « fixes » (F1 - F8, Figure 3) ont été retenus par leur proximité de moins de trois kilomètres d'une station météorologique Météo-France, soit l'aire maximale de butinage des abeilles (Briane, 1991 ; Yédomonhan et al., 2012 ; Piroux,

2014), à  $\pm 100$  m d'altitude en prenant l'hypothèse que les conditions météorologiques sont les mêmes pour un tel dénivelé.

Du fait du manque d'information sur les productions antérieures de ces apiculteurs, les données météorologiques récoltées sur ces emplacements ne pourront pas être traitées dans cette étude. Ces données seront analysées ultérieurement par le CSTA. En revanche, un inventaire floristique a été réalisé et analysé.



Figure 3 : Carte synthétique des 10 ruchers mobiles (M1-M10) et des huit ruchers fixes sélectionnées en fonction des neuf principales microrégions composant la Corse. (QGIS)

### 2.1.2- Création des variables météorologiques sur le long terme sur l'ensemble de la Corse

En parallèle, afin de visualiser l'évolution du climat sur l'ensemble de la Corse et son impact sur les productions globales de miel de l'île, 21 stations météorologiques Météo-France ont été choisies à moins de 500 m d'altitude, soit trois stations par microrégion. Les données météorologiques récupérées via le portail PubliThèque comprend : le cumul des hauteurs de précipitations (mm et 1/10), le nombre de jours de précipitation supérieur à 1 mm, les températures moyennes mensuelles, nombre de jours avec gelée, moyenne des vitesses du vent à 10 m de hauteur du sol et l'humidité relative quotidienne (%).

Afin de réaliser des analyses statistiques, les données des 21 stations climatiques ont été moyennées par microrégion puis sur l'ensemble de l'île.

## 2.2-Protocole et collecte des données botaniques

### 2.2.1- Protocole Botanique

L'aire de butinage d'*Apis mellifera* dépend de la structure de la végétation et varie de 0,5 à 3 km de rayon (Yedomonhan et al., 2012). Afin de recenser un maximum de ruchers, un inventaire floristique sur un rayon de 500 m a été réalisé sur chacun des 18 emplacements de ruchers sélectionnés.

Dans un premier temps, une analyse globale du paysage a été réalisée préalablement via la carte satellite de l'outil QGIS (Version 3.26.1, Hyderabad, Inde) et la carte de végétation fournie par le CBN de Corse afin de repérer des principaux grands groupes de végétation (ex : culture, prairie et pelouse, surface boisée, surface urbanisée, formation arbustive, ripisylve et zone rocheuse) (Annexe II).

Dans un second temps, un inventaire floristique est pratiqué sur le terrain (Annexe III) :

1) Un quadrat de 1 m<sup>2</sup> est placé au milieu d'une zone homogène de végétation en vue de réaliser une liste des espèces observées.

2) La surface du quadrat est doublée, permettant l'ajout des nouvelles espèces observées. Ce principe sera appliqué jusqu'à l'absence d'observation de nouvelles espèces.

3) L'abondance-dominance de Braun-Blanquet de chaque espèce (Tableau 1), la strate à laquelle elle appartient, le recouvrement par rapport à la strate (Tableau 2), la phénologie, la visite de pollinisateurs ont été notés à la fin de chaque inventaire.

Afin d'éviter tous biais observateurs, chaque inventaire a été réalisé par un minimum de deux personnes. Les informations récoltées sur le terrain ont ensuite été digitalisées sur la base de fond de carte réalisée préalablement avec QGIS.

Tableau 1 : Coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet

Coefficient d'abondance dominance	
r	individus très rares et leur recouvrement est négligeable
+	individus rares et recouvrement très faible
1	individus peu ou assez abondants, mais de recouvrement faible < 1/20 de la surface
2	individus abondants ou très abondants, recouvrant 1/20 à 1/4 de la surface
3	nombre d'individus quelconque, recouvrant de 1/4 à 1/2 de la surface
4	nombre d'individus quelconque, recouvrant de 1/2 à 3/4 de la surface
5	nombre d'individus quelconque, recouvrant plus de 3/4 de la surface

Tableau 2 : Types de strates et définition

Strate	Hauteur
<b>Strate herbacée</b> composée d'herbacées (dont notamment herbes et adventices)	Jusqu'à 1 m, 1,50 m de hauteur à maturité
<b>Strate arbustive basse</b> , absence de ligneux hauts	De 0,3 m à 2 m
<b>Strate arbustive haute</b> , présence de ligneux hauts	De 2 à 7 m
<b>Strate arborée</b> ( <i>Forêt claire</i> strate haute dominante avec couvert non fermé ; <i>Forêt dense</i> strate haute dominante avec couvert fermé)	> 8 m

Les espèces ont été déterminées à partir de Flora corsica (Jeanmonod & Gamisans, 2013 ; Gamisans, 2014) Puis, à l'aide de l'expertise du CBN de Corse, un nom et une association phytosociologique correspondante déjà existante a été attribué à chaque habitat, ce qui permet de caractériser le cortège floristique le composant. (Reymann, 2010 ; Gamisan, 2003) Les cartes ont été ainsi remises à jour avec le nom de « l'association végétale » de chaque habitat.

### 2.2.2- Phase de terrain et pose des outils connectés

Afin de prendre en compte l'ensemble des espèces printanières pouvant entrer dans la composition des miels de « printemps », deux sessions de terrain à deux périodes incluses dans la saison du printemps ont été mises en place.

La première session de terrain a été réalisée du 23 mars au 14 avril. Elle nous a permis d'installer les balances et les stations météorologiques connectées en même temps (Figure 4).



Figure 4: Installation de balances et d'une station météorologique. Source : Yin YANG

La deuxième session de terrain a été réalisée du 2 mai au 3 juin. Cette dernière nous a permis de prendre en compte la succession de floraison des différentes espèces entre le début et la fin du printemps et donc d'inventorier l'ensemble du cortège floristique participant à la production des miels de « printemps ».

### 2.2.3- Estimation de la quantité de nectar

De nombreux travaux de recherche ont été développés ces dernières années afin d'estimer la ressource nectarifère mise à la disposition des abeilles (Balayer, 1990 ; Crane, 1991 ; Janssens, 2006 ; Briane, 1993 ; Beguin et Hegg, 2001 ; Piroux, 2014). Nous pouvons supposer que la composition floristique disposée en mosaïque autour des ruchers expliquerait en partie les différences de rendement entre les ruchers.

Ainsi, nous avons tenté d'estimer la qualité et de la quantité moyenne de nectar produit par les espèces printanières et mis à la disposition des abeilles en fonction de l'environnement floristique entourant son rucher. L'approche méthodologique utilisée combine alors les relevés phytosociologiques, les valeurs quantitatives de potentiels mellifères. Elle est basée sur le recouvrement et l'abondance des ressources florales. Un tableau des possibilités apicoles des espèces végétales de la Corse (Conrad, 1976) a été choisi comme référence afin d'estimer approximativement la quantité de nectar produite et de caractériser l'intérêt nectarifère et pollinifère de chaque espèce sur les 500 m de rayon autour du rucher. Celui-ci répartit certaines espèces en classes nectarifères allant de 1 (espèces produisant de 0 à 5 kg/ha) à 6 (espèces

produisant une quantité de nectar supérieur à 500 kg/ha) (Annexe IV) et en classes pollinifères allant de 1 (espèces à intérêt faible) à 4 (espèces à intérêt excellent). À partir de ce tableau de référence, les espèces caractéristiques de la gamme du miel de Printemps et de Maquis de printemps ont été sélectionnées selon les observations du terrain et les caractéristiques melissopalynologiques<sup>1</sup> des miels de Corse en AOP (Battesti, 1990 ; Yang, 2014 ; Décret 2013/1057, 2013).

Le calcul élaboré ci-dessous a été exécuté sur Microsoft Excel (Microsoft, Washington, États-Unis).

$$N = \sum_{rucher} \left( \sum_{habitat} (C \times (R \times S)) \times n \right)$$

- *N* : quantité de nectar produit sur l'ensemble du rucher,
- *C* : pourcentage de la moyenne du coefficient d'abondance-dominance de chaque espèce par strate,
- *R* : pourcentage de recouvrement de chaque strate d'un habitat,
- *S* : surface de l'habitat en hectare,
- *n* : moyenne de quantités de nectars estimées par espèce en kg/ha (Conrad, 1979).

Pour cela, la surface de chaque habitat de chaque rucher a été extraite via l'outil Group Stats de QGIS. Les classes de chaque coefficient d'abondance-dominance ainsi que les classes nectarifères ont été moyennées. Le tout est sommé par habitat pour obtenir la quantité de nectar par milieu puis de nouveau sommé par rucher.

#### 2.2.4- Calculs, tests et modèles statistiques

Plusieurs analyses multivariées ont été appliquées au cours de cette étude afin de comprendre la relation entre le climat, les associations végétales et le rendement de miel :

- Des **Modèles Additifs Généralisés** (*generalized additive model*, GAM) ont été réalisés à partir des données météorologiques Météo-France et des rendements de miel de Corse en AOP disponibles de 1999 à nos jours, mais également des données récoltées à l'aide de balances connectées et de stations météorologiques installées au printemps 2022. Les GAM sont une extension des modèles linéaires généralisés (GLM). À la différence du GLM, qui explique l'espérance d'une variable réponse  $Y_i$  directement par les valeurs que peuvent prendre les variables explicatives  $x_j$ , le GAM explique la variable étudiée par des fonctions de variables explicatives. Celles-ci représentent une manière de traiter la relation non linéaire que peuvent avoir certaines variables avec la variable à expliquer en utilisant le degré de lissage de  $f(x)$ . Celui-ci est contrôlé en utilisant une régression pénalisée qui est déterminée automatiquement selon la méthode d'ajustement

<sup>1</sup> Etude des grains de pollen dans les miels (Yang, 2014)

(généralement le maximum de vraisemblance ou maximum likelihood) (Côté, 2016 ; QCBS, 2022) ;

- Un **Modèle Mixte Linéaire** (*linear mixed model*, LMM) a été effectué sur le poids des ruches munies de balances connectées, soit sur dix ruchers répartis en Corse, en fonction des associations végétales déterminées. Le LMM combine à la fois des variables à effets fixes, variables manipulées dont les propriétés vont être généralisées, et aléatoires dont les propriétés ne sont pas généralisées (Stefaniak, 2018) ;
- Un **test d'autocorrélation** a été appliqué sur les rendements des miels de « printemps » (miel de Printemps et de Maquis de printemps) en vue de comprendre la cyclicité de la production du miel. *« L'autocorrélation (ou l'autocovariance) d'une série fait référence au fait que dans une série temporelle ou spatiale, la mesure d'un phénomène à un instant  $t$  peut être corrélée aux mesures précédentes (au temps  $t-1$ ,  $t-2$ ,  $t-3$ , etc.) ou aux mesures suivantes (à  $t+1$ ,  $t+2$ ,  $t+3$ , ...). Une série autocorrélée est ainsi corrélée à elle-même, avec un décalage (lag) donné. »* (VAUDOR, 2017) ;
- Une **Analyse Factorielle des Correspondances** (AFC) a été réalisée à partir des données d'inventaires floristiques récoltés sur le terrain. Une **Classification Ascendante Hiérarchique** (CAH) selon la méthode de Ward a été appliquée permettant de rassembler certains habitats à partir de la dissimilarité du cortège floristique de ceux-ci et de les visualiser par un arbre binaire de classification, un dendrogramme. La méthode de Ward est la méthode la plus courante. Elle consiste à réunir les deux clusters dont le regroupement fera le moins baisser l'inertie interclasse (Cause, 2009) ;
- Une **Analyse en Composantes Principales** (ACP) a enfin été réalisée sur les données d'associations par ruchers déterminés auparavant. Cette méthode d'analyse permet d'explorer de vastes jeux de données multidimensionnels, reposant sur des variables quantitatives. Elle vise à réduire le nombre de variables appliquées à des individus, pour simplifier les observations tout en conservant un maximum d'informations. Elle permet de visualiser des corrélations entre les variables, et d'identifier des groupes homogènes ou à l'inverse des observations atypiques.

Ces études statistiques ont été menées avec le logiciel RStudio Desktop version 2022.07.1+554 (RStudio, Boston, Etats-Unis)<sup>2</sup> avec différents modules tels que ade4, vegan, dplyr...

---

<sup>2</sup> R package version 4.2.1 (Vienna, Austria, 2022)

### 3- RESULTATS

Grâce aux différents plans d'échantillonnage, protocoles et données extraites présentés précédemment, nous avons à notre disposition trois types de données :

#### Des données météorologiques :

- Le cumul des hauteurs de précipitations (mm et 1/10), le nombre de jours de précipitation supérieur à 1 mm, les températures moyennes mensuelles, le nombre de jours avec gelée, la moyenne des vitesses du vent à 10 m de hauteur du sol, l'humidité relative quotidienne (%) ont été relevés par mois au cours de la période allant de 1999 à 2021 à partir de 21 stations Météo-France situées dans les 7 microrégions de Corse et extraits via la plateforme Internet [publitheque.meteo.fr](http://publitheque.meteo.fr) ;
- La température et la pluviométrie référence à la normale 1976-2005, extraites du site DRIAS (Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnements) ;
- La température, la vitesse et la direction du vent et le cumul des précipitations sur les 10 ruchers mobiles, mesurés par les stations météorologiques mises en place.

#### Des données de rendement et poids de ruches :

- Les rendements de miel annuel de 1999 à 2021, fournis par le Syndicat AOP Miel de Corse - Mele di Corsica ;
- Les poids de 30 ruches placées sur les 10 ruchers mobiles pour l'année 2022.

#### Des données d'inventaires floristiques :

- Une liste d'espèces par milieu sur les 10 ruchers mobiles et les 8 ruchers fixes.

#### 3.1-Résultats des analyses des données météorologiques et mise en relation avec le rendement

Les paramètres climatiques peuvent influencer sur la production de miel. Mais lesquels et de quelle manière ? Afin de vérifier l'hypothèse H1, les analyses suivantes ont été réalisées.

##### 3.1.1- Évolution des variables climatiques des microrégions en Corse depuis 1999

La majorité des microrégions présentent des anomalies importantes de la température moyenne et le nombre de jours de pluie  $\geq 1$  mm. La Figure 5 montre que les températures annuelles moyennes sur l'ensemble de la Corse (Total) présentent des valeurs strictement supérieures à 0 pour l'ensemble de la Corse. La Balagne, la Plaine Orientale et le Pays Bastiais sont les territoires dont les moyennes de température sont les plus élevées par rapport à la normale, contrairement à l'Ouest Corse, dont la majorité des températures annuelles sont

inférieures à la normale. Depuis 2014, les moyennes de température de la Balagne, de la Plaine Orientale, du Pays Bastiais et du Pays Ajaccien s'établissent à environ + 2 °C par rapport à la normale et + 1,5 °C pour l'ensemble de la Corse.



Figure 5 : Rapport à la normale (1976-2005) des températures annuelles moyennes de 1999 à 2021

Sur la période 1999-2021, le nombre de jours de pluie  $\geq 1$  mm présente également des écarts importants par rapport à la normale pour la plupart des microrégions. La Figure 6 révèle que le nombre de jours de pluie est inférieur à 0 pour l'ensemble de la Corse (Total) sauf l'année 2010, 2013 et 2018. Il varie de - 10 jours à - 40 jours de pluie. Pour la Plaine Orientale et Ouest Corse, ce déficit, bien que très important dans les années 2000, semble diminuer mais reste bien inférieur à la normale. Et les autres régions ? Caractérisé par une grande variabilité d'une année sur l'autre, le nombre de jours de pluie ne présente pas de véritable tendance sur l'ensemble de la Corse.

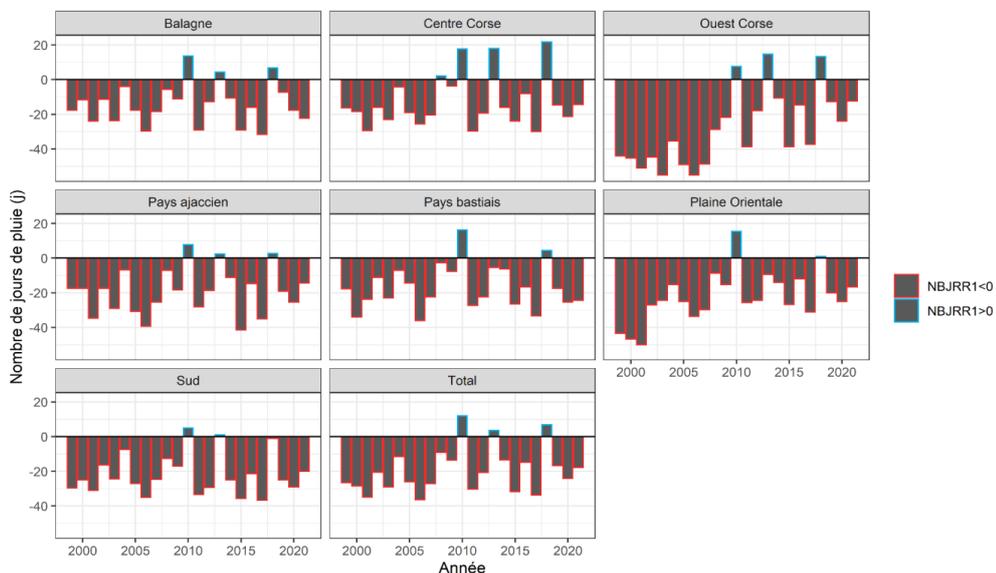


Figure 6 : Rapport à la normal (1976-2005) du nombre de jours de pluie  $\geq 1$  mm de 1999 à 2021

### 3.1.2- Évolution des rendements de miel en fonction des variables climatiques

#### **Miels AOP de l'ensemble de la gamme :**

Le Tableau 3 présente l'influence des variables météorologiques annuelles de Température, Vent, Nombre de jours de pluie, Cumul de pluie, Nombre de jours de gelée et Humidité relative sur le rendement moyen annuel des miels AOP pour la période allant de 1999 à 2021. La non-linéarité des modèles est évaluée à l'aide du degré effectif de liberté (edf). Plus celui-ci est proche de 1, plus le terme est linéaire. *A contrario*, une valeur élevée signifie que la courbe est plus ondulée ou, en d'autres termes, moins linéaire. La colonne F correspond à des statistiques de test utilisées dans un test ANOVA pour tester la signification globale du lissage. Enfin, l'Intercept est la valeur de la probabilité. La déviance montre la qualité d'ajustement d'un modèle statistique. Le modèle explique 48,7 % des variations de rendement de miel. Les variables Température, Vent, Nombre de jours de pluie et Nombre de jours de gelée ont un effet significatif sur le rendement de miel et présentent une relation non-linéaire (edf > 1) tandis que les effets de la variable Humidité relative sont significatifs et présentent une relation linéaire (edf = 1).

Tableau 3 : Résultats sur GAM réalisé sur les miels AOP de l'ensemble de la gamme et les variables météorologiques annuelles sur la période 1999-2021

	<b>Estimation</b>	<b>Erreur standard</b>	<b>p-value</b>
Intercept	21,82	0,46	2E-16 ***
	<b>Edf</b>	<b>F</b>	<b>p-value</b>
Température (°C)	3,2	6,3	0,0001 ***
Vent (m/s)	6,6	4,4	8,38E-05 ***
Nombre jours de pluie	1,48	4,3	0,012 *
Cumul de pluie (mm)	1	0,7	0,4
Nombre jours de gelée	3,84	3,1	0,013 *
Humidité relative (%)	1	12	0,0007 ***
<b>R-carré ajusté</b>		0,425	
<b>Déviance expliquée</b>		48,70 %	

\* faiblement significatif, \*\*moyennement significatif, \*\*\*fortement significatif

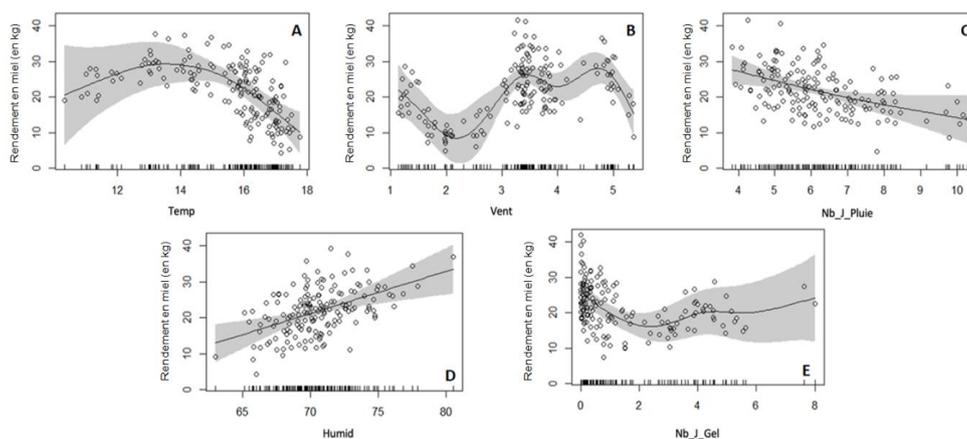


Figure 7: Courbes du GAM réalisé sur les miels AOP de l'ensemble de la gamme sur la période 1999-2021 en fonction de : **A.** la température moyenne annuelle (°C) ; **B.** la moyenne annuelle de la vitesse du vent (m/s) ; **C.** le nombre annuel de jours de pluie  $\geq 1$  mm ; **D.** la moyenne annuelle de taux d'humidité relative (%), **E.** le nombre de jours de gelée annuel.

La moyenne de rendement annuel de miel AOP est à son maximum pour des températures moyennes annuelles situées entre 12,5 et 14,5 °C (Figure 7.A). Cette moyenne de rendement chute en dessous 20 kg/ruche/an à des températures moyennes annuelles supérieures à 16,5 °C. En ce qui concerne la vitesse du vent, la moyenne de rendement de miel décroît pour une vitesse de vent de 1 à 2 m/s avant de croître puis de baisser de nouveau à partir de 5 m/s (Figure 7.B). De même, l'augmentation du nombre de jours de gelée entraîne une baisse de la moyenne de rendement de miel total puis, au-delà de 2 jours de gelée, le rendement croît progressivement (Figure 7.E). Quant au taux d'humidité relative (Figure 7.D), il est positivement corrélé à la moyenne de rendement de miel total tandis que le nombre de jours de pluie (Figure 7.C) est négativement corrélé. Ces rendements semblent se situer au-dessus de 20 kg/ruche/an pour des valeurs supérieures à 70 % d'humidité et inférieures à 7 jours de pluie supérieurs à 1 mm par an.

### Miel de Maquis de printemps

L'analyse du GAM a été appliquée aux rendements de miel de Maquis de printemps et de Printemps avec les variables climatiques de l'année précédente. Par exemple, pour le rendement de miels de Maquis de printemps de mai 2021, l'année  $N_{réel}-1$  désigne la période de mai de l'année 2019 à mai de l'année 2020.

L'analyse (Tableau 4) a permis d'expliquer 25,30 % de la variation du rendement de Maquis de printemps et de démontrer que les variables d'Humidité relative et de Nombre de jours de gelée sont significatifs et linéaires (edf = 1). Le nombre de jours de pluie est proche de la significativité.

Tableau 4 : Résultats sur GAM réalisé sur les moyennes de rendement annuel du miel de Maquis de printemps et les variables météorologiques annuelles à  $N_{réel}-1$  durant la période 1999-2021

	<b>Estimation</b>	<b>Erreur standard</b>	<b>p-value</b>
Intercept	5,2949	0,1889	2E-16 ***
	<b>Edf</b>	<b>F</b>	<b>p-value</b>
Température (°C)	2,192	1,885	0,21
Vent (m/s)	1	0,001	0,98
Nombre jours de pluie	1,075	3,017	0,068 .
Humidité relative (%)	1	14,75	0,0001***
Cumul de pluie (mm)	1	1,43	0,23
Nombre jours de gelée	1	8,122	0,005**
<b>R-carré ajusté</b>		0,216	
<b>Déviante expliquée</b>		25,30 %	

\* faiblement significatif, \*\*moyennement significatif, \*\*\*fortement significatif

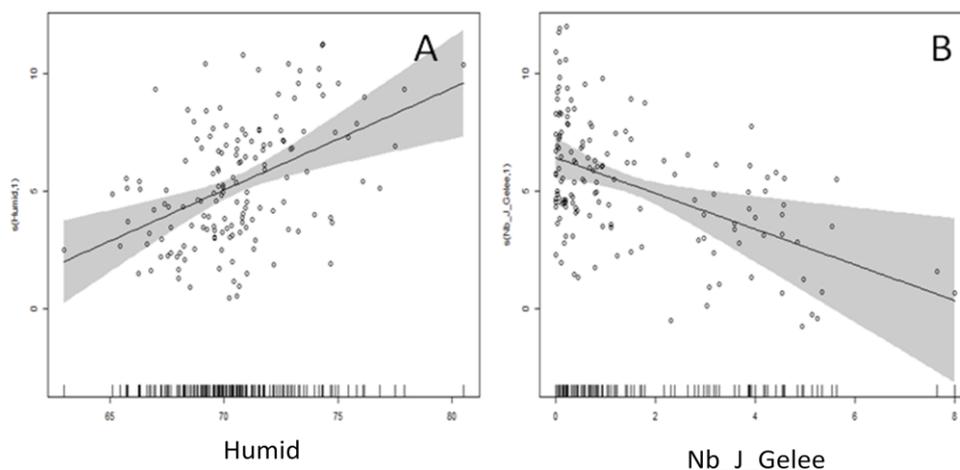


Figure 8 : Courbes du GAM réalisé sur les moyennes de rendement annuel du miel de Maquis de printemps durant la période 1999-2021 en fonction du : **A.** taux d’humidité relative annuel à  $N_{réel-1}$  (%), **B.** nombre de jours de gelée annuel à  $N_{réel-1}$

La Figure 8.A montre que le taux d’humidité relative à  $N_{réel-1}$  est positivement corrélé au rendement de miel de Maquis de printemps. *A contrario*, le nombre de jours de gelée à  $N_{réel-1}$  est quant à lui négativement corrélé aux rendements de miel (Figure 8.B).

Penchons-nous à présent sur l’impact des variations climatiques de l’hiver de l’année en cours sur les rendements de miel de Maquis de printemps. D’après le Tableau 5, les variables de Température, de Nombre de jours de pluie et de Nombre de jours de gelée sont faiblement significatives et présentent une relation linéaire (edf = 1). La part de variation du rendement de miel de Maquis de printemps expliqué par ce modèle est de 11,50 %.

Tableau 5 : Résultats sur GAM réalisé sur les moyennes de rendement annuel du miel de Maquis de printemps et les variables météorologiques annuelles hivernales durant la période 1999-2021

	<b>Estimate</b>	<b>Erreur standard</b>	<b>p-value</b>
Intercept	5,37	0,2	2E-16 ***
	<b>Edf</b>	<b>F</b>	<b>p-value</b>
Température (°C)	1	5,091	0,025*
Vent (m/s)	1	0,16	0,69
Nombre jours de pluie	1	4,36	0,038 *
Humidité relative (%)	1	0,065	0,798
Cumul de pluie (mm)	1	0,004	0,95
Nombre jours de gelée	1	7,695	0,006**
<b>R-carré ajusté</b>		0,0797	
<b>Déviante expliquée</b>		11,50 %	

\* faiblement significatif, \*\*moyennement significatif, \*\*\*fortement significatif

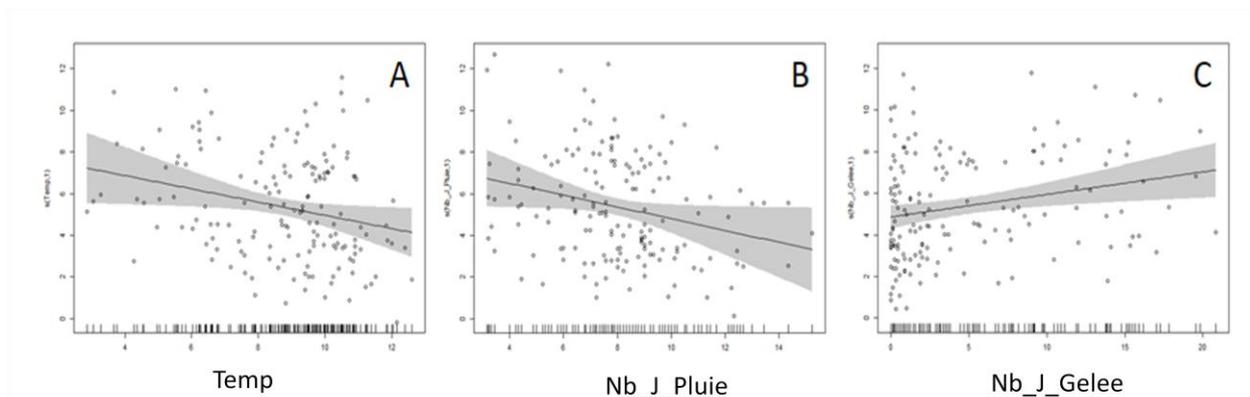


Figure 9 : Courbes du GAM réalisé sur les moyennes de rendement annuel du miel de Maquis de printemps durant la période 1999-2021 en fonction de : **A.** la température moyenne hivernale (°C), **B.** le nombre annuel de jours de pluie > 1 mm en hiver, **C.** le nombre de jours de gelée annuel en hiver

Les Figure 9.A et 9.B montrent que la Température et le Nombre de jours de pluie en hivers sont négativement corrélés à la moyenne de rendement de miel de Maquis de printemps. À l'inverse, le nombre de jours de gelée (Figure 9.C) est positivement corrélé à la moyenne de rendement de miel de Maquis de printemps.

### Miel de Printemps

Enfin, le Tableau 6 montre l'influence des variables climatiques, soit la Température, le Nombre de jours de pluie et le Nombre de jours de gelée à l'année  $N_{réel}$  sur le rendement moyen annuel du miel de Printemps durant la période 1999-2021. La température et le nombre de jours de gelée ont un effet significatif sur le rendement et présentent une relation non-linéaire (edf > 1) tandis que la variable significative Vitesse du vent présente une relation linéaire (edf = 1). De par la déviance, la part de variation du rendement de miel de Printemps expliquée par ce modèle est de 15 %.

Tableau 6 : Résultats sur GAM réalisé sur le rendement moyen annuel du miel de Printemps et les variables météorologiques annuelles à l'année  $N_{réel}$  durant la période 1999-2021

	<b>Estimate</b>	<b>Erreur standard</b>	<b>p-value</b>
Intercept	4,95	0,2	2E-16 ***
	<b>Edf</b>	<b>F</b>	<b>p-value</b>
Température (°C)	2,106	3,583	0,015*
Vent (m/s)	1	4,608	0,033*
Nombre jours de pluie	1	0,052	0,82
Humidité relative (%)	1	0,038	0,845
Cumul de pluie (mm)	1	0,014	0,907
Nombre jours de gelée	2,719	4,219	0,005**
<b>R-carré ajusté</b>		0,0974	
<b>Déviance expliquée</b>		15,00 %	

\* faiblement significatif, \*\*moyennement significatif, \*\*\*fortement significatif

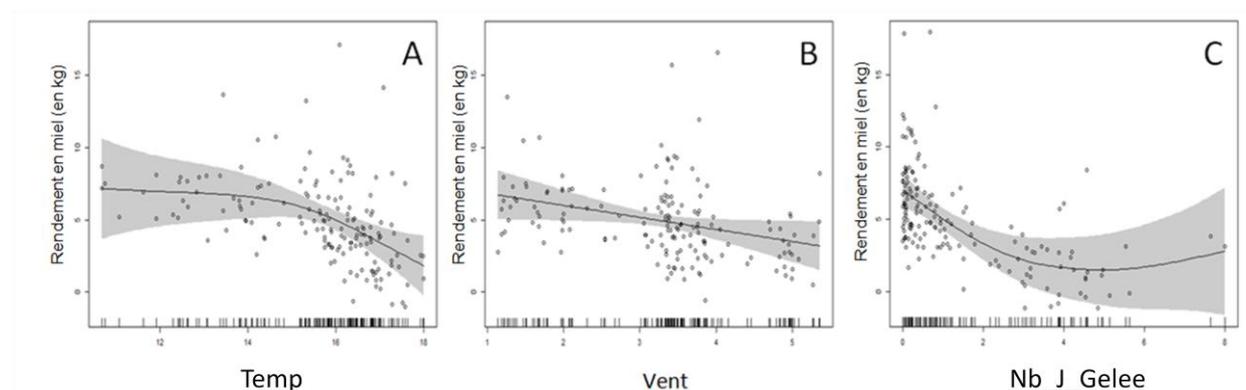


Figure 10 : Courbes du GAM sur le rendement moyen annuel du miel de Printemps durant la période 1999-2021 en fonction de : **A.** Température moyenne à  $N_{réel}$  (°C), **B.** La vitesse du vent à  $N_{réel}$  (m/s), **C.** le nombre de jours de gelée annuel à  $N_{réel}$

La moyenne de rendement de miel de Printemps est maximale pour des températures moyennes annuelles situées entre 10 et 15 °C (Figure 10.A). Puis cette moyenne baisse et passe en dessous de 5 kg/ruche lorsque les températures sont supérieures à 16 °C. L'augmentation du Nombre de jours de gelée (Figure 10.C), quant à lui, entraîne une baisse de la moyenne de rendement de miel de Printemps jusqu'à un minimum de 4 à 5 jours de gelée. Au-delà de cette valeur, le rendement croît progressivement. Mais le peu de données disponibles au-delà de quatre jours de gelée rend cette estimation moins fiable. Enfin, la Figure 10.B montre que la Vitesse du vent est négativement corrélée à la moyenne de rendement de miel de Printemps.

### 3.1.3- Évolution des poids de ruches des ruchers mobiles en fonction des variables climatiques associées

Une analyse du GAM a été réalisée afin d'évaluer la relation entre les variations quotidiennes du poids des 10 ruchers connectés et leurs variables climatiques associées, soit la Température, la Vitesse du vent, l'Amplitude thermique, la Pression atmosphérique et l'Humidité relative (Tableau 7). Les données de pluie étant lacunaires pour certains ruchers, cette variable a donc été retirée du modèle.

Tableau 7 : Résultats du GAM entre variation quotidienne du poids de ruche de 10 ruchers connectés et leurs variables climatiques

	<b>Estimate</b>	<b>Erreur standard</b>	<b>p-value</b>
Intercept	0,226	0,021	2E-16 ***
	<b>Edf</b>	<b>F</b>	<b>p-value</b>
Température (°C)	4,9	7,2	2E-16 ***
Vent (m/s)	1	21,2	5E-06 ***
Amplitude thermique (°C)	1	4,3	0,038 *
Pression atmosphérique (hPa)	1	2,8	0,094
Humidité relative (%)	3,9	3,9	0,002 **
<b>R-carré ajusté</b>		0,141	
<b>Déviante expliquée</b>		15,70 %	

\* faiblement significatif, \*\*moyennement significatif, \*\*\*fortement significatif

D'après le Tableau 7, l'effet de la température, du vent, de l'amplitude thermique et de l'humidité relative sur la variation quotidienne du poids de ruche est significatif. Les valeurs des degrés de liberté des variables de Température (edf = 4,9) et d'Humidité relative (edf = 3,9) étant supérieures à 1, elles présentent des relations non linéaires. 15,7 % de la variation du rendement est expliquée par ce modèle.

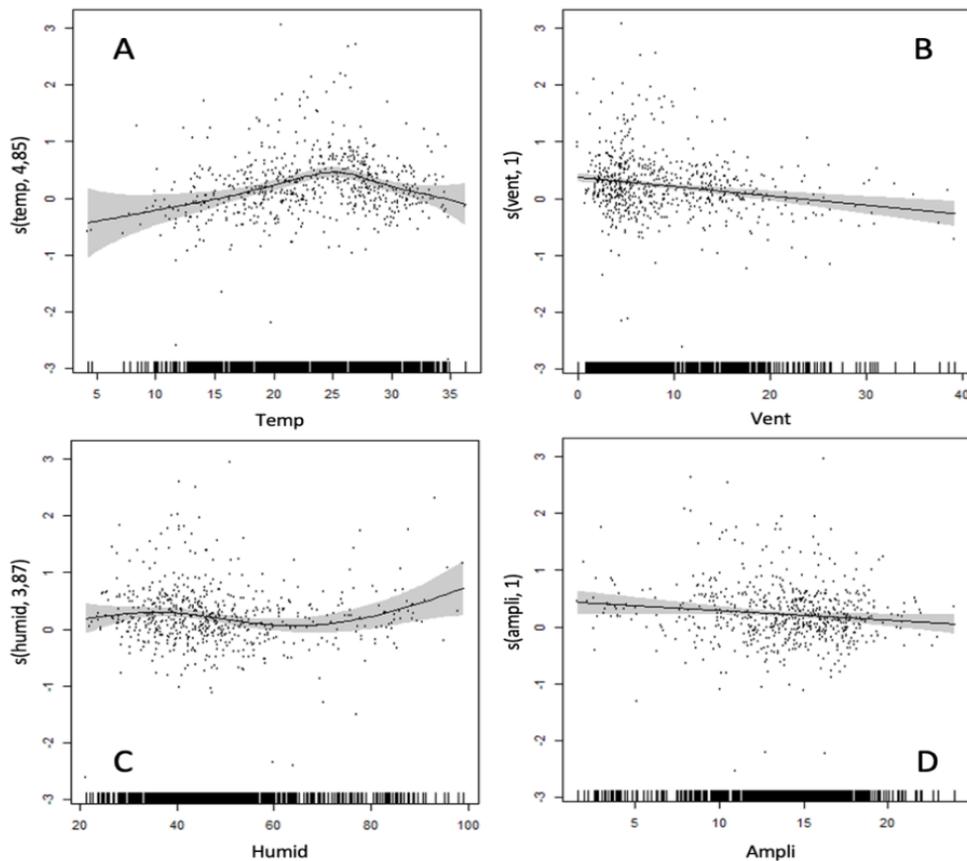


Figure 11 : Courbes du GAM du poids des ruches de 10 ruchers mobiles en fonction de : A. la température (°C) ; B. la vitesse du vent (m/s) ; C. le taux d'humidité relative (%) ; D. l'amplitude thermique jour/nuit (°C).

Les Figure 11.B et 11.D montrent que le vent et l'amplitude thermique sont négativement corrélés à variation quotidienne du poids des ruches. Cette différence est négative avec une vitesse de vent supérieure à 24 m/s. La Figure 11.A révèle que la variation quotidienne du poids des ruches est positive entre 15 et 34 °C avec un optimum à 25 °C. La tendance de la régression de l'humidité relative (Figure 11.C) est positive ; elle semble augmenter jusqu'à 40 % avant de décroître jusqu'à 65 % puis d'augmenter à nouveau.

Ce résultat montre donc qu'au printemps 2022, le poids des ruches augmente lorsque le vent et l'amplitude thermique sont faibles, avec une température comprise entre 15 et 25 °C et une humidité relative comprise entre 20 et 40 % ou entre 65 et 100 %. En revanche, il décroît lorsque les températures sont comprises entre 25 et 34 °C, l'humidité entre 40 % et 65 % et que la vitesse du vent ainsi que l'amplitude thermique sont élevées.

### 3.1.4- Autocorrélation

Quelques apiculteurs nous ont fait part d'une certaine cyclicité des bonnes années de rendement : le miel de Printemps est produit tous les deux ans tandis que les récoltes de miels de Maquis de printemps sont plus incertaines. Afin de vérifier ces hypothèses, une autocorrélation a été réalisée, indépendamment des paramètres météorologiques, sur les séries de données *ad hoc* des différentes miellées.

Le diagramme d'autocorrélation réalisé sur les rendements respectifs des miels de Maquis de printemps (Figure 12) et de Printemps (Figure 13) montre une autocorrélation positive forte pour un délai de deux ans et, dans une moindre mesure, pour un délai de quatre ans en ce qui concerne plus particulièrement le rendement de miel de Printemps. Cela signifie qu'il existe bien une cyclicité des bonnes années de rendement de miel de Maquis de printemps et de Printemps, laquelle présente une périodicité de deux ans.

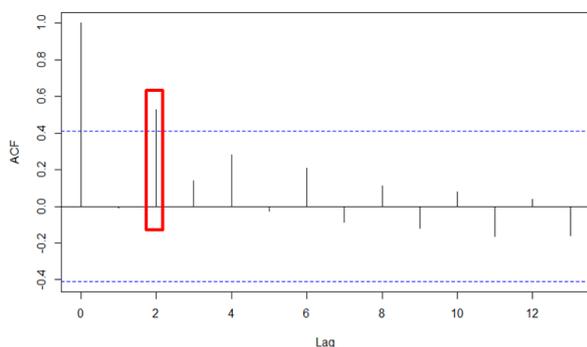


Figure 12: Autocorrélation sur le rendement de miel de Maquis de printemps

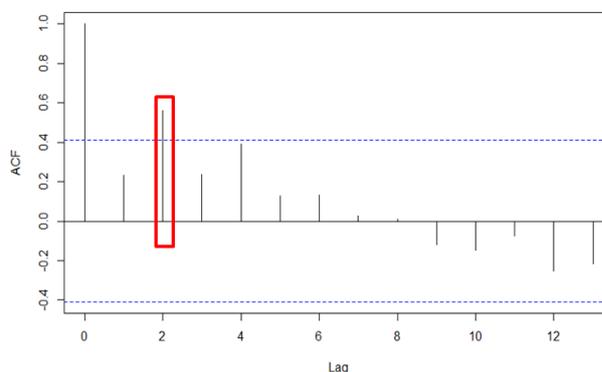


Figure 13: Autocorrélation sur le rendement de miel de Printemps

## 3.2- Résultats des analyses des données botaniques et mise en relation avec le rendement

### 3.2.1- Espèces végétales présentes dans l'aire de butinage

Sur l'ensemble des deux sessions de terrain, un total de 441 espèces a été inventorié (Figure 14). La majorité d'entre elles sont communes (209 espèces) voire très communes (136 espèces) (Jeanmonod & Gamisans, 2013). Parmi les inventaires, nous retrouvons 56 espèces peu fréquemment ou disséminées, comme *Gladiolus italicus*, et quatre espèces très localisées, comme *Cardamine graeca* ou *Origanum vulgare* subsp. *vulgare*. Onze espèces sont plus rarement observées telles que la poacée *Stipa neesiana* voire très rarement aperçues (16 espèces) comme *Melilotus officinalis* ou encore *Salvia pratensis*.

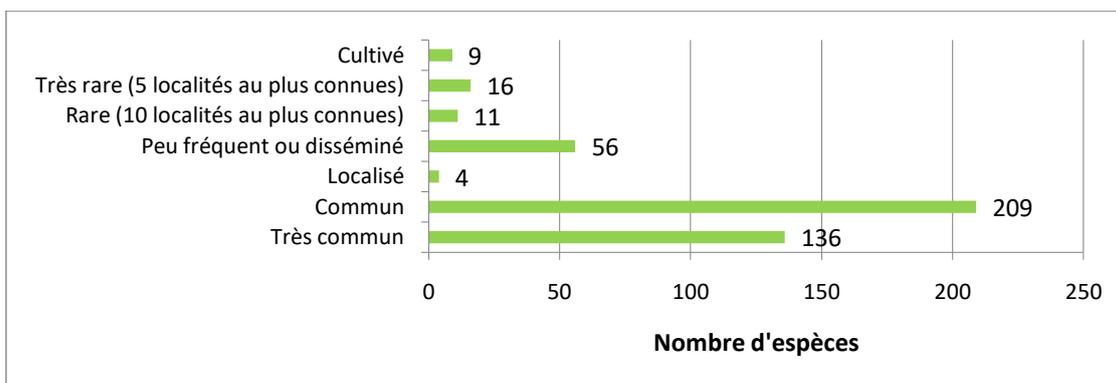


Figure 14 : Distribution des espèces inventoriées selon leurs fréquences d'observation lors des 2 sessions de terrain

### 3.2.2- Observation du terrain

Lors des deux sessions de terrain, nous avons observé des végétaux globalement en stress hydrique, que ce soit l'arbousier, la bruyère, le romarin, ou le ciste (Figure 15 et 15 et Figure 17). Les bruyères arborescentes, d'habitude blanches de fleurs, en ont pour la plupart très peu et, surtout, celles-ci sont concentrées sur les pointes. Le déficit de pluie de ces



Figure 15 et Figure 16  
Maquis sec, Brando et  
bruyère sèche, Cagnano lors  
de la 1<sup>ère</sup> session de terrain,  
le 30-03 et 01-04 2022  
(photo : Yin YANG)



deux dernières années et les hautes températures que la Corse subit depuis la mi-avril 2022, ont asséché de grandes parties du maquis, notamment les cistes. Cet hiver, peu de neige est tombée sur les sommets et les précipitations étaient insuffisantes. Le niveau des cours d'eau était déjà bien bas au début de cette année 2022. De mi-mai à début juin, nous avons majoritairement réalisé de la nécro-botanique sur les herbacées. La majorité des apiculteurs s'inquiétaient de cette situation dès le début de la saison de récolte 2022 des miels de « printemps ».



Figure 17 : Cistaie en stress hydrique,  
Palasca, lors de la 2<sup>ème</sup> session de  
terrain le 02-06-2022 (photo : Yin  
YANG)

De plus, certains apiculteurs nous ont rapportés qu'un vent omniprésent soufflait, notamment l'après-midi, et asséchait les gouttes de nectar. Ceci expliquerait probablement la présence de peu d'abeilles sur des plantes normalement attractives et l'observation de nombreux bourdons.

### 3.2.3- Analyse de la structure du paysage

Afin d'identifier des différentes associations présentes autour des ruchers, l'analyse de la structure paysagère est nécessaire. Ainsi, au total, 284 milieux ont été inventoriés sur 18 ruchers. La répartition des grands types de milieu autour des ruchers s'organise en mosaïque (Figure 18). La majorité des ruchers possèdent une part de maquis bas, formation arbustive méditerranéenne

comprise entre 30 cm et 2 m, allant de 4 % pour le rucher F8 à 91 % pour le rucher M6. Seuls les ruchers F2 et M7 n'en possèdent pas. De même, le maquis haut, formation arbustive méditerranéenne comprise entre 2 et 7 m, est présent sur tous les ruchers hormis F2 et M5. Sa surface de recouvrement peut varier entre 1 % sur les ruchers F3, F8, M6 et 72 % sur le rucher M7. Il est remarquable de noter que les plantes les plus abondantes dans le maquis haut et le maquis bas sont mellifères et attractives pour les abeilles qui produisent le miel Maquis de printemps comme *Erica arborea*, *Calicotome spinosa*, *Lavandula stoechas*, *Myrtus communis* ou encore *Rosmarinus officinalis*. Les forêts sont, entre autres, supports à la production de miellat. Les surfaces boisées varient entre 1 % pour le rucher F5 à 81 % pour le rucher F2. Les zones ouvertes, pelouses et prairies, offrent également une diversité floristique nécessaire au développement des colonies d'abeilles à la sortie de l'hiver. Peuplées de plantes annuelles comme les trèfles et autres légumineuses ou géophytes comme l'asphodèle, les zones ouvertes favorisent la production du miel de Printemps. Leurs surfaces de recouvrement varient de 3 % sur le rucher M6 à 36 % sur le rucher M3. Les ripisylves et zones humides ont également leur importance dans l'approvisionnement de l'eau nécessaire à la colonie, d'où leur présence systématique pour chacun des ruchers.

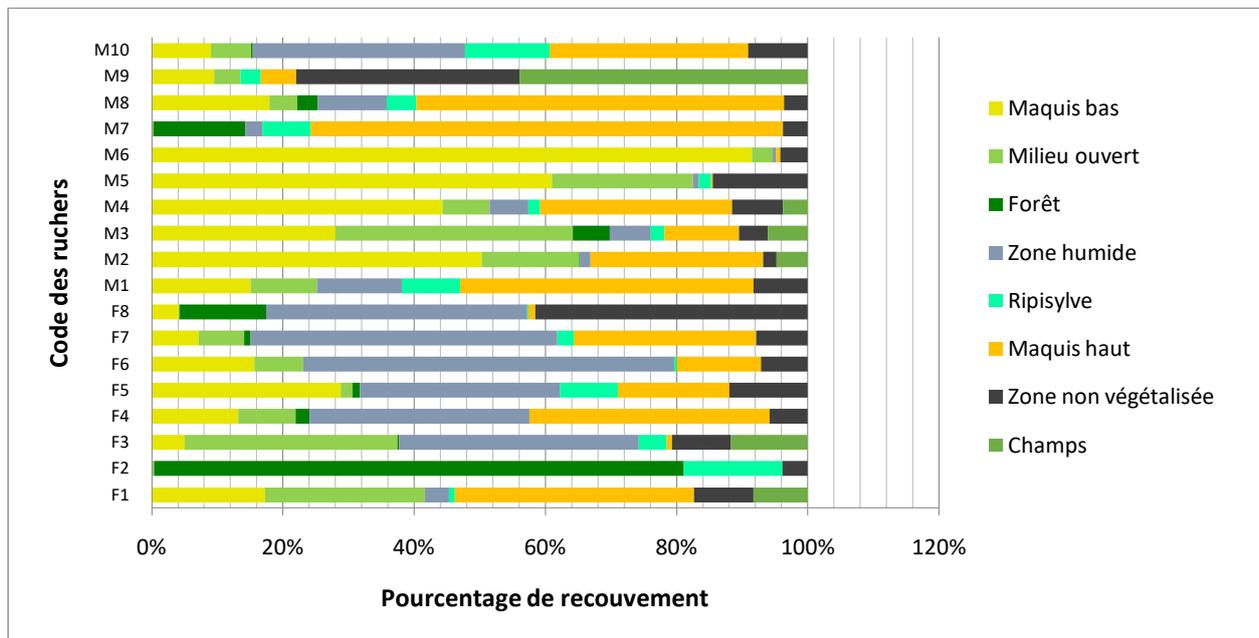


Figure 18 : Distribution du recouvrement de chaque milieu (%) en fonction des 10 ruchers mobiles (M1-M10) et des 8 ruchers fixes (F1-F8) inventoriés en 2022

### 3.2.1- Détermination des « associations végétales »

Basé sur l'analyse de la structure paysagère, une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) avec la méthode de Ward a été réalisée par grands types de milieux afin de regrouper des habitats aux cortèges floristiques similaires et de leur attribuer une association phytosociologique

si possible. Au total, 87 associations ont été déterminées : 11 d'entre elles appartiennent aux zones forestières, 37 aux zones de maquis, 18 aux prairies et pelouses, 3 aux zones humides, 3 aux zones ripicoles, 3 aux zones cultivées et enfin, 12 aux zones non végétalisées (surfaces d'eaux douces ou d'eaux salées, routes...). Voici l'exemple des zones à maquis

Le groupe « Maquis » par exemple, est composé de 146 milieux répertoriés sur l'ensemble des ruchers. Ceux-ci sont hiérarchisés en 12 groupes formés par la similarité des cortèges floristiques. Par exemple, le milieu M9\_B13 est caractérisé par une forte présence de *Myrtus communis* en state arbustive haute ou encore les milieux M5\_B3, M10\_B2 et 10\_B22 qui sont majoritairement composés d'*Arbutus unedo* et *Erica arborea*.

Chacun de ces groupes formés par grands types de milieux ont été discutés et vérifiés par le CBN de Corse. Puis, pour chacun d'entre eux, dans la strate végétale dominante, les espèces caractéristiques aux coefficients d'abondance-dominance les plus élevés ont été mis en exergue. Ainsi, dans l'exemple du « Maquis », nous avons pu distinguer les formations à dominance d'arbousier et bruyère arborescente, comme le Maquis bas à bruyère arborescente ou Maquis bas à arbousier et bruyère arborescente, les formations à dominance de ciste comme Maquis bas à Cistaie et asphodèle, Maquis bas à Cistaie et roncier, ou simplement le Maquis bas à Cistaie, les formations à dominance de chêne comme le Maquis haut à chêne vert, le Maquis haut à chêne vert et arbousier, Maquis haut à chêne verte et genévrier ou encore Maquis bas à Olivier et chêne vert...

Dans notre exemple, le Maquis haut à arbousier et bruyère arborescente a pour association *Erico-Arbutetum phillyreetosum latifoliae*, le Maquis bas Cistaie pour association *Erico-Arbutetum phillyreetosum latifoliae* et sous-association *cistesum salviifolii*, le Maquis haut à chêne vert et arbousier a pour association *Pulicario odora-Arbutetum unedonis* et sous-association *phillyreetosum latifoliae*...

Ainsi, des cartes représentant la répartition des « associations végétales » ont été réalisées (Annexe VII). Elles rentreront dans la composition d'une fiche synthétique individuelle qui sera remise aux apiculteurs ayant accepté de participer à notre étude, d'une part, et permettront d'avoir une meilleure vision de la composition de la mosaïque de milieux entourant les ruchers, d'autre part (Annexe X).

### 3.2.2- Comparaison entre ruchers en fonction de la végétation

À partir des associations végétales déterminées précédemment, un second classement a été effectué afin d'éviter un sur-paramétrage du modèle mixte linéaire. Les surfaces des différentes associations ont été sommées pour former six grandes catégories : zones forestières, zones non végétalisées, zones ripicoles, zones ouvertes, maquis à bruyère et autres maquis.

Il est maintenant intéressant de comparer les ruchers selon leur mosaïque de milieux. Une analyse en composantes principales (ACP) est donc réalisée sur les 18 ruchers inventoriés.

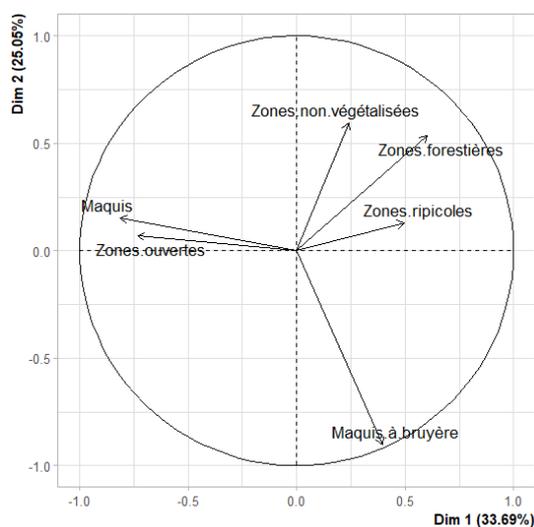


Figure 19 : Cercle de corrélation des grandes catégories de milieux

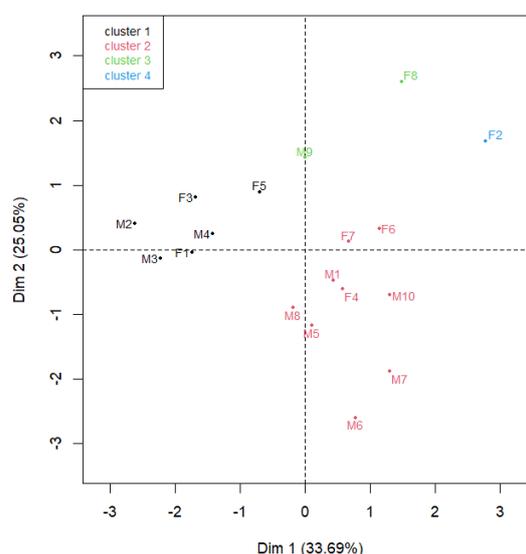


Figure 20: Projection des ruchers sur le plan factoriel constitué par les deux premiers axes

Tableau 8 : Tableau des corrélations de l'ensemble des variables testées par l'ACP ;

Milieux	Dimension 1		Dimension 2		Dimension 3	
	Corrélation	p-value	Corrélation	p-value	Corrélation	p-value
Zones forestières	6,022E-01	8,182E-03 ***	5,350E-01	2,214E-02 ***	-	-
Zones ripicoles	4,968E-01	3,598E-02 ***	-	-	6,412E-01	4,133E-03 ***
Zones ouvertes	-7,335E-01	5,320E-04 ***	-	-	-	-
Autres maquis	-8,128E-01	4,141E-05 ***	-	-	-	-
Zones non-végétalisées	-	-	5,959E-01	9,112E-03 ***	-6,928E-01	1,437E-03 ***
Maquis à bruyère	-	-	-9,039E-01	2,703E-07 ***	-	-

\* faiblement significatif, \*\*moyennement significatif, \*\*\*fortement significatif

Le cercle des corrélations (Figure 19), le plan factoriel (Figure 20), le tableau des corrélations (Tableau 7) ainsi que le dendrogramme (Figure 21), mettent en évidence des regroupements, des oppositions et des tendances directionnelles.

L'axe 1 exprime 33,69 % de la variance et oppose les variables Autres maquis et Zones ouvertes aux variables Zones ripicoles et, dans une moindre mesure, Zones forestières, vérifiées par le Tableau 8. Les variables Autres maquis et Zones ouvertes sont étroitement liées et évoluent significativement dans le même sens. Quant à l'axe 2, qui exprime 25,05 % de la variance, il oppose les variables Maquis à bruyère au variable Zones non-végétalisées et Zones forestières. Enfin, l'axe 3, non représenté ici, oppose les variables Zones ripicoles et Zones non végétalisées.

L'analyse en composantes principales permet de déterminer de la façon suivante, la typologie des ruchers inventoriés en fonction des milieux qui les composent. Si nous projetons la Figure 19

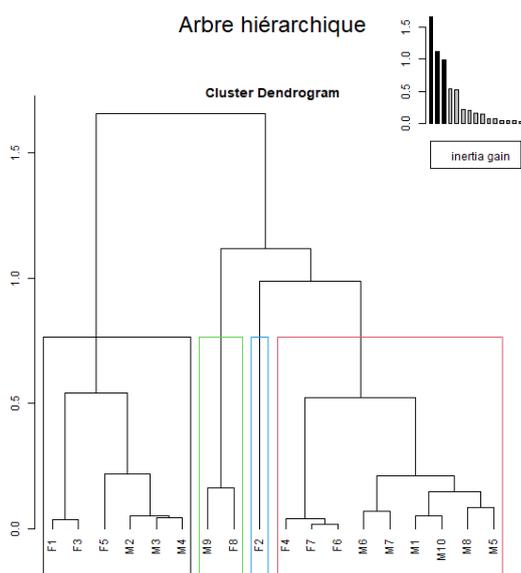


Figure 21 : Dendrogramme de la distribution des ruchers en fonction de leur composition en milieux

sur la Figure 20, on peut observer que le groupe 1 en noir regroupe des ruchers composés de grandes Zones ouvertes et de maquis autres que celui à bruyère. Le groupe 2 en rouge représente les ruchers comprenant une majorité de Maquis à bruyère. Le groupe 3 en vert est constitué des milieux à dominance de zones urbanisées, pour ce qui est de M9, ou d'eau douce, comme c'est le cas de F8. Le rucher F2, constituant le groupe 4 en bleu, est, quant à lui, isolé de par sa dominance en Forêts. Les ruchers les plus intéressants pour produire le miel Maquis de printemps sont ceux regroupés dans la catégorie rouge. Les ruchers composant la catégorie noire sont, quant à eux, plus adaptés à la production de miel de Printemps. Le rucher F2 est plutôt adapté à la production de miel de miellat

de chêne. Enfin, les ruchers M9 et F8 sont désavantagés dans une surface de 500 m de rayon autour du rucher du fait de la présence de grandes surfaces non-végétalisées comme l'eau douce ou les zones urbaines.

Grâce à ces analyses, des ruchers ont été classés selon leur aptitude potentielle à produire soit le miel de Printemps, soit le miel de Maquis de printemps, grâce aux associations végétales qui les composent. Théoriquement, une estimation de la production de nectar confirmerait les ruchers mis en exergue dans cette analyse.

### 3.2.3- Rendement de miel de 2022 en fonction des surfaces d'associations végétales

Un modèle mixte linéaire (LMM) a été réalisé afin de représenter la relation entre les variabilités du poids de la ruche en 2022 et la surface de recouvrement des grandes catégories d'associations végétales.

Le Tableau 9 représente l'influence des associations végétales sur le poids des ruches des 10 ruchers munis de balances connectées durant la période printanière de 2022. D'après le  $R^2$ , 16,91 % des variations du poids des ruches sont expliquées par ce modèle.

Tableau 9 : Résultats du LMM du poids des 3 ruches moyennées par rucher en fonction des associations végétales déterminées

	Poids ruches	
	Estimation	p-value
Intercept	25,67 ± 5.81	0,000145 ***
Zone ouverte (ha)	-0,68 ± 0,45	0,14
Maquis à bruyère (ha)	-0,23 ± 0,099	0,027 *
<b>R<sup>2</sup></b>		0.1691
<b>R<sub>ajusté</sub><sup>2</sup></b>		0.1075
<b>P-value</b>		0.08206

\* faiblement significatif, \*\*moyennement significatif, \*\*\*fortement significatif

L'analyse montre que le Maquis à bruyère a un effet significatif négatif sur la variable considérée (-0,23 ± 0,099). Ceci peut s'expliquer par le printemps très sec de cette année 2022. Comme constaté précédemment, la bruyère arborescente n'a pratiquement pas fleuri. Ainsi, ces surfaces ne peuvent donc pas fournir le nectar nécessaire au bon développement des ruches à la sortie de l'hiver et jouent donc un rôle négatif sur leurs poids. Les zones ouvertes, quant à elles n'ont pas d'effet significatif. Les espèces annuelles et géophytes constituant les zones ouvertes ont fleuri tardivement et rapidement, ne fournissant pas assez de nectar pour les abeilles.

### 3.2.4- Approche d'une estimation de la quantification de la ressource nectarifère et pollinifère des ruchers

L'estimation de la quantité de nectar produit sur les 500 m de l'ensemble des 18 ruchers est représentée sur le diagramme Figure 22. Il varie entre 151 kg pour le rucher M2 et 8 749 kg pour le rucher M6. Cette grande différence de rendement de nectar entre les colonies peut s'expliquer par la surface recouverte par les espèces à fort intérêt nectarifère comme *Erica arborea*, *Rosmarinus officinalis* ou les genêts pendant la période printanière. Par exemple, le rucher M6 est recouvert de près de 91 % de maquis bas à bruyère, ce qui expliquerait que l'estimation de la production de nectar soit si haute (8 749 kg). *A contrario*, le rucher M2 semblerait produire une

faible quantité de nectar (151 kg). Il est certes recouvert à 50 % de maquis bas, mais dominé principalement par les cistes à faible intérêt nectarifère mais à fort intérêt pollinifère.

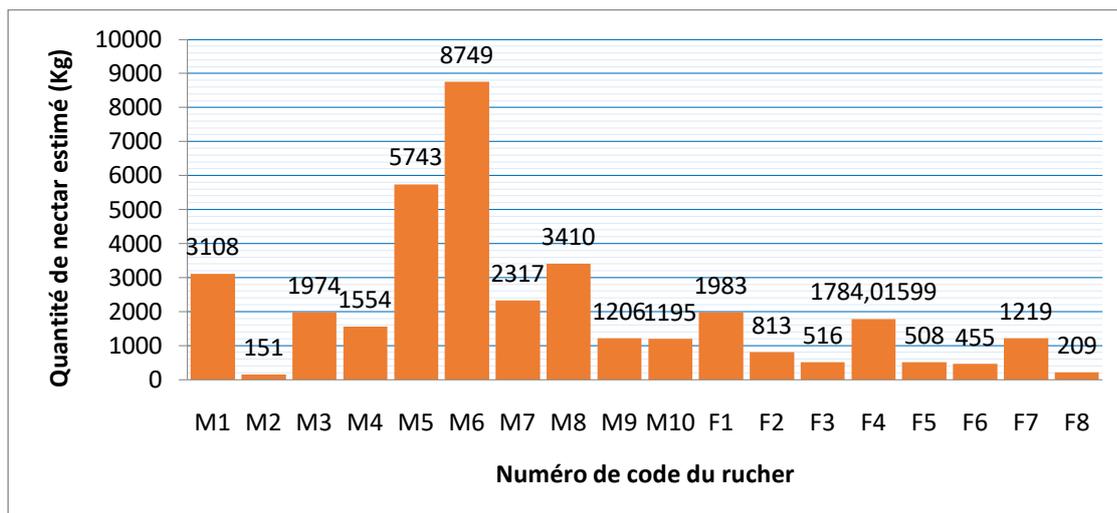


Figure 22 : Diagramme en barre de la quantité de nectar estimée par rucher



Figure 23: Diagramme en barre des pourcentages de recouvrement à l'hectare des classes d'intérêt pollinifère par rucher

La Figure 23 représente le pourcentage de recouvrement à l'hectare des 4 classes d'intérêt pollinifère selon les 10 ruchers mobiles (M1-M10) et des 8 ruchers fixes (F1-F8). Elle montre que la plupart des ruchers, soit F2, F3, F4, F5, F7, F8, M2, M4 et M10, sont recouverts par une majorité des espèces végétales ayant un intérêt pollinifère moyen, comme les cistes ou les chênes. Leur surface varie de 3,1 ha pour le rucher F3 à 27,8 ha pour le rucher F4. Le rucher M9 possède, quant à lui, 15,5 ha d'espèces à faible intérêt pollinifère, notamment *Citrus × limon* et *Citrus reticulata* qui sont cultivés tout autour du rucher. Enfin, des ruchers comme F6, M1, M5, M6, M7 ou encore M8 ont un bon potentiel pollinifère car entourés par une majorité d'espèces à fort intérêt pollinifère, comme *Erica arborera*, *Erica scoparia* ou bien *Echium vulgare*.

## 4- DISCUSSION

L'objectif principal de ce stage était d'évaluer la composition floristique et de mettre en perspective les potentialités végétales (nectarifères, pollinifères) présentes au niveau des emplacements de ruches au regard de la production effective de miel observée. Le facteur météorologique comme facteurs impactant les rendements de miels de « printemps » a été abordé.

Il est également important de préciser que la partie Discussion se base sur les résultats d'une seule année d'étude. Aucune interprétation ne doit alors être comprise comme une conclusion. Ainsi, de nombreuses propositions et perspectives d'amélioration jalonnent cette partie et serviront de pistes aux prochaines années d'analyse.

### 4.1-Variation climatique et impact sur les rendements de miels de « printemps » en Corse

De 1999 à 2021, les moyennes de température sont supérieures à la normale, de l'ordre de + 1,5 °C à + 2 °C dans la majorité des microrégions. Seul l'Ouest Corse semble épargné, mais ceci peut s'expliquer par le fait que les stations météorologiques présentes sur ce territoire sont situées à des altitudes un peu plus hautes que celles des autres régions. Pour le cumul de précipitations, aucune tendance ne se dégage. Néanmoins, l'augmentation de l'intensité, de la fréquence et de l'amplitude des pluies extrêmes en Corse expliquerait l'aggravation des situations de sécheresse, de leur intensité et de leur durée (Orsini, 2022). Cette sécheresse impacte aussi bien les cours d'eau que les sols et les végétaux. Là encore, certaines microrégions sont davantage touchées par ce phénomène, comme la Plaine Orientale, le Pays Bastiais ou encore la Balagne, tandis que d'autres microrégions paraissent être moins impactées, comme l'Ouest Corse. Le changement climatique est bien présent et constaté sur l'ensemble de l'île.

Les changements climatiques peuvent avoir des effets tant directs qu'indirects sur le rendement des miels de « printemps ».

Cette étude a montré que le nombre de jours de pluie influence négativement les rendements de miel de la gamme AOP. En effet, d'après Le Conte & Navajas (2008) lorsque les fleurs, par exemple d'acacia sont lavées par la **pluie**, elles ne sont plus attractives pour les abeilles qui trouvent un nectar trop dilué. *A contrario*, un climat trop sec limitera la production de nectar des fleurs et sa récolte par les abeilles : les fleurs ne produisent pas de nectar lorsque les conditions climatiques sont trop sèches (Conte & Navajas, 2008). Il a été également démontré que l'augmentation du nombre de jours de pluie en hiver tendrait à diminuer le rendement de miel de Maquis de printemps. Nous n'avons à ce jour aucun élément de réponse à notre disposition.

L'**humidité relative** est néanmoins le facteur influençant positivement le rendement de miel de la gamme AOP et le poids des ruches en 2022. Plus encore, l'humidité relative de l'année précédente influence le rendement de miel de Maquis de printemps. À l'instar de la température, les variations de l'humidité atmosphérique peuvent modifier l'accessibilité et l'attractivité de la plante pour les insectes (Shuel, 1964). Source de protéines, le pollen est par ailleurs indispensable au bon fonctionnement des colonies d'abeilles et donc a un impact indirect sur la production de miel. Or, les carences alimentaires dues au climat trop sec qui limite la production et la qualité nutritive du pollen et nectar sont par ailleurs très discutées (Le Conte & Navajas, 2008).

L'action du **vent** semble également assez déterminante. D'après les résultats, il est corrélé négativement au rendement de miel de Printemps et au poids des ruches en 2022. Selon Louveaux & Person (1984), un vent dépassant 30 km/h, soit 8 m/s, réduit considérablement l'activité des abeilles. Or, les résultats mettent en avant un impact négatif en dessous de ce seuil. Nous pouvons ainsi proposer de revoir ce seuil à la baisse. Il est intéressant de noter que dans les régions exposées fréquemment à des vents forts, les populations locales d'abeilles adaptent leur comportement en volant assez près du sol pour en réduire les effets (Louveaux & Person, 1984). Il serait alors intéressant de voir si l'abeille d'écotype corse adopte ce comportement sur les ruchers les plus venteux.

Les variations du rendement de miel de Maquis de printemps sont corrélées négativement au nombre de jours de **gel** de l'année précédente, de même que le nombre de jours de gel et le rendement de miel de Printemps de l'année en cours. Les coups de froid printaniers inhibent l'activité de vol et conduisent par conséquent à une interruption de l'approvisionnement en pollen. Le faible approvisionnement en pollen influence le développement du couvain et des nourrices (Dustmann & Ohe, 1988). Le gel a également un impact dommageable sur les fleurs printanières, voire sur l'entièreté de la plante, en entraînant un stress. Parallèlement, en hivers, le froid peut jouer une action bénéfique sur les colonies en provoquant l'interruption du cycle de développement du couvain. Cette période permet une action plus efficace des traitements contre les pathogènes et parasites appliqués par les apiculteurs. Ceci pourrait expliquer que l'augmentation du nombre de jours de gel, de 9 à 20 jours, à, quant à lui, une influence positive sur le rendement de miel de la gamme AOP.

Enfin, les résultats ont mis en évidence que la **température** influençait à la fois les rendements de l'ensemble de la gamme de miels AOP, du miel de Maquis de printemps, du miel de Printemps et le poids de ruches en 2022. Il semblerait que la température joue le rôle de facteur limitant passé un certain optimum, autour 15 °C d'après les résultats. D'une part, de

fortes chaleurs, comme des températures basses lors de la période printanière, auraient tendance à inhiber l'activité de vol (Cooper & Schaffer, 1985). D'autre part, la fleur et le nectar, qui sont l'interface avec l'abeille, sont les éléments les plus affectés par l'augmentation de la température au printemps. Celle-ci provoque une réduction de la période de floraison, un décalage phénologique avec une diminution du nombre de fleurs et de leur durée de floraison et, ce faisant, ce phénomène entraîne inévitablement une réduction de la quantité de nectar disponible pour les abeilles. En toute logique, ces effets sont amplifiés par la sécheresse. Ce phénomène a été observé directement lors des deux sessions de terrain menées en 2022 et a été révélé par le GAM réalisé sur le rendement de miel de 2022 en fonction des surfaces d'associations végétales.

De plus, si les températures sont trop élevées, les plantes ont tendance à réduire leurs activités photosynthétiques, impactant directement la sécrétion future de nectar. Enfin, lorsque la température augmente, l'eau contenue dans le nectar a tendance à s'évaporer, ce qui fait que la concentration en sucre tend à augmenter, ainsi que sa viscosité. Ce phénomène influence grandement la capacité de l'abeille à prélever du nectar. Il serait intéressant d'évaluer, dans les prochaines années et en complément à cette étude, les variations de quantité et la qualité de nectar de quelques espèces phares en fonction des différents paramètres climatologiques pour mieux comprendre ce mécanisme sur la flore corse.

Facteur intéressant mais non étudié dans cette étude par manque de données, l'influence de la luminosité sur les abeilles. D'après Louveaux & Person (1984), l'obscurcissement du ciel à l'approche par exemple de la pluie ou d'un orage provoque des rentrées massives d'abeilles à la ruche. Or, ces dernières années, la Corse subit de plus en plus d'épisodes de vent de poussière venant du Sahara qui réduisent considérablement la luminosité (Mandard, 2021) et donc pourraient avoir un impact sur les productions de miel.

L'autocorrélation a confirmé les observations des apiculteurs et a montré une cyclicité de deux ans pour les bonnes années de récolte de miel de Printemps et de Maquis de printemps. En revanche, cette étude ne nous permet pas de déterminer la cause de celle-ci. Est-ce lié à une cyclicité des variations climatologiques ? A d'autres paramètres influençant le rendement de miel ? Cette irrégularité des rendements, est-ce un équilibre qui reflète déjà le changement climatique ou qui sera à l'avenir fragilisé par ce changement ? Il serait intéressant, dans le cas d'une poursuite de cette étude, de tenter de répondre à ces questions.

#### 4.1-Rendements de miels et associations végétales

Sur les 18 ruchers, nous avons inventorié un panel de milieux divers et variés allant des ripisylves et milieux humides, aux maquis à bruyère et arbousiers en passant par les forêts de

chênes verts et chênes lièges. Sur le terrain, nous avons pu constater les dégâts causés par les deux années successives de sécheresse : maquis sec, bruyère peu fleurie, peu d'abeilles sur les fleurs d'habitude attractives. À partir de ces inventaires, 87 associations végétales ont été déterminées et les cartes réalisées rentreront dans la composition des fiches individuelles qui seront remises aux apiculteurs participants (Annexe X).

Ces cartes d'associations ainsi que la prospection sur le terrain ont permis de mieux comprendre d'une part, les interactions entre les abeilles et le milieu, et d'autre part, entre le milieu et le changement climatique :

La plupart des ruchers ont une surface plus ou moins importante de forêt. Souvent, elles sont issues de la recolonisation de zones anciennement cultivées, notamment sur des terrasses. La dynamique de végétation entraîne la disparition du maquis, une fermeture des milieux et une évolution de ceux-ci en forêts. Ce phénomène provoque un changement dans les ressources disponibles. En effet, le maquis généralement dominé par la bruyère et l'arbousier est progressivement remplacé par les chênes qui sont propices au développement d'insectes piqueurs-suceurs producteurs de miellats. On peut donc en déduire, que si aucune action d'ouverture de milieux par patch n'est effectuée, les ruchers produisant actuellement du miel de Maquis de printemps auront de plus en plus tendance, fin printemps, à produire du miellat. De plus, avec la hausse des températures, certaines espèces auront tendance à disparaître comme le châtaignier et le hêtre impactant d'autres types de miellées, comme par exemple, la production du miel de châtaignier.

La majorité des ruchers inventoriés possède également une surface plus ou moins grande de maquis bas ou haut, notamment le maquis à bruyères et arbousier. Le GAM réalisé sur le rendement de miel de 2022 en fonction des surfaces d'associations végétales a permis de souligner que, lors d'années de sécheresse, comme en 2022, le maquis à bruyère, déterminé ci-dessus comme point fort d'un rucher pour produire du Maquis de printemps, peut impacter négativement le poids de la ruche. De grandes surfaces non fleuries peuvent être défavorables au développement de la colonie à la sortie de l'hiver et, de ce fait, avoir une incidence négative sur la production des miels de « printemps ». Cependant, chaque espèce réagit différemment face aux stress hydrique. Par exemple, les genêts et les calicotomes ont bien fleuri malgré la sécheresse printanière de 2022. Peut-être serait-il judicieux de diversifier les différents stades de succession végétale en réalisant des ouvertures de milieux en petit patch des milieux par exemple, donc diversifier les espèces au sein des communautés végétales et ainsi multiplier les ressources floristiques pour différentes situations climatologiques. D'après Decourtye et al.

(2019), une gestion de la structure, composition et vitalité de la végétation favoriserait la production de fleurs.

Quant à la résilience des milieux entourant les ruchers, cela dépend de stratégies adoptées par les différentes espèces qui les composent face aux événements extrêmes. Par exemple, lors d'une période de sécheresse estivale, *Rosmarinus officinalis* applique un contrôle stomatique et perdent massivement leurs feuilles pour faire face avec les conditions extrêmes de déficit hydrique, probablement comme un mécanisme pour réduire la quantité de surface foliaire transpirante. À l'inverse, *Lavandula stoechas* a une efficacité d'utilisation de l'eau plus faible et est capable de maintenir la biomasse verte pendant une période plus longue, mais elle est moins résiliente à moyen terme (Lloret et al., 2016). Un maquis à *Rosmarinus officinalis* est par conséquent, sur le long terme, plus résilient qu'un maquis *Lavandula stoechas*. Cependant, aucune étude n'a pour l'instant été réalisée sur les principales composantes de miel de « printemps » à savoir des espèces comme *Erica arborea* ou *Asphodelus ramosus*. Cela pourrait constituer une nouvelle piste de recherche.

À l'aide de nos inventaires floristiques et le tableau de Conrad (1979), nous avons pu réaliser une estimation de la quantification de la ressource nectarifère. Néanmoins, cette méthode de prédiction de la production potentielle de nectar d'un rucher à partir de son environnement est très approximative. D'une part, ce calcul est juste si toutes les conditions (climatiques, édaphiques, apicoles...) sont réunies, or c'est rarement le cas. D'autre part, comme vu précédemment, la production de nectar d'une espèce dépend elle-même des conditions climatiques et édaphiques, mais également de la période de floraison, de l'heure du jour, de l'âge et de la maturité de la plante, de la position des fleurs sur celle-ci (Janssens et al., 2006). En outre, selon l'espèce végétale, la quantité de pollen offerte par fleur peut présenter des variations gigantesques (Louveaux, 1958). De plus, n'oublions pas qu'une abeille peut aller rechercher la ressource au-delà du rayon de 500 m établi. La ressource en nectar et pollen est donc bien plus élevée que ce que le calcul a révélé.

Les apiculteurs posent généralement, selon les contraintes techniques (main d'œuvre lors de la transhumance, contenu du camion), le même nombre de ruches sur un rucher d'une année sur l'autre. Or, en cas de conditions défavorables, notamment de sécheresse, les résultats ont montré que les ressources deviennent plus restreintes. Y a-t-il de ce fait une compétition inter-ruche ? Si oui, cela a-t-il un impact sur le rendement de miel ? Comment quantifier le nombre de ruches sur un rucher en fonction des ressources disponibles ? A quelle distance doivent se trouver les ruchers entre eux ? Il a été démontré que la compétition existe bien entre les colonies d'abeilles domestiques : une trop forte concentration de colonies d'abeilles en un même lieu se traduit par

une diminution de 44 % de la quantité de nectar collectée par les butineuses de ces colonies (INRAE, 2018). Une autre étude, portant plus particulièrement sur les garrigues à romarin, a montré que l'augmentation des phénomènes de dépérissement de la végétation méditerranéenne, en lien avec l'augmentation des sécheresses estivales, entraînait une diminution des floraisons et une chute de la quantité et diversité des pollinisateurs, occasionnant des problèmes de compétition entre abeilles domestiques et sauvages, et des baisses de production de miel (Cailleret et al., 2021). Il serait également pertinent de se poser alors la question : en cas de conditions défavorables et de manque de ressources, existe-t-il également une compétition intra-rucher ? Là encore, une étude complémentaire à celle-ci peut être mise en place pour répondre à ces questions.

#### 4.2-Limites de l'étude

Les limites de cette étude sont nombreuses :

Dans la gamme miel de Printemps, on distingue le miel à dominance asphodèle et le miel à dominance clémentinier. Or, les champs de clémentiniers sont sous le contrôle de la main de l'homme, notamment l'arrosage, alors que les prairies à asphodèles subissent pleinement les conditions météorologiques auxquelles elles sont soumises. À ce stade d'étude, nous n'avons pas pu différencier le rendement des deux catégories de miels de Printemps. Il serait intéressant, dans les prochaines études, d'étudier les impacts de variation climatique sur le rendement de deux miels de Printemps afin de mieux comprendre la chute de production de miel.

Le sujet de cette étude est complexe et multifactoriel. Certains facteurs agissant sur le rendement de miel pourraient être explorés comme l'évolution des paysages et l'impact de la fermeture des milieux par la forêt, l'impact du gyrobroyage des champs sur les miels de Printemps à asphodèles... Il aurait été intéressant, par exemple, de se pencher sur le décalage de floraison des espèces inventoriées et le mettre en lien avec des données de récolte des miels de « printemps ». Mais aucune étude phénologique n'a été réalisée sur le long terme en Corse et les données de récolte sont lacunaires.

Nos analyses ont montré qu'une part importante des variations des rendements de miel est expliquée par les modèles type GAM (entre 48,7 % et 11 %). Cela nous laisse supposé que d'autres facteurs non inclus dans les modèles interviennent sur les variations de rendements. (Annexe IX)

### 4.3-Conclusion et perspectives d'amélioration

La chute du rendement de miel de Corse est un problème majeur pour les apiculteurs car elle représente une perte économique et un risque de disparition d'un savoir-faire. Sur le long terme, la filière du Miel de Corse AOP risque de devoir se modifier profondément. Mieux comprendre et expliquer cette chute permettrait de les accompagner dans cette transition pour une meilleure résilience face à la variabilité des productions.

Cette première année d'étude aura permis de poser des bases méthodologiques efficaces et d'apporter les premiers éléments de réponse aux interrogations des apiculteurs. Elle a permis de mettre en évidence une augmentation globale de + 1,5 °C à + 2 °C des températures ces dix dernières années. Les variations des paramètres climatiques, telles que la température, le vent, la pluviométrie, l'humidité relative et le nombre de jours de gel, ont un impact réel sur les rendements des miels de « printemps ». Une cyclicité de deux ans des bonnes années de rendement de miel de Printemps et de Maquis de printemps a été confirmée. Les ressources potentielles de nectar et pollen estimées varient selon les ruchers et leurs cortèges floristiques compris dans les mosaïques de milieux les entourant. Certains ruchers ont un fort potentiel de production de Maquis de printemps dû à leur recouvrement important en maquis, notamment le maquis à bruyère. D'autres ruchers sont ressortis comme plus apte à produire un miel de Printemps de par la présence de zone ouverte et verger de clémentiniers sur de grande surface.

Cependant, certaines questions nécessitent toutefois un approfondissement des investigations. Ainsi, la quantité de nectar produite par les espèces principales a-t-elle diminué avec la sécheresse de ces dernières années ? Lors de cette première année de recherche, nous nous sommes focalisés sur les miels de Printemps et de Maquis de printemps. Mais qu'en est-il des autres miels de la gamme ? D'autres paramètres peuvent également expliquer la baisse de rendement et n'ont pas été pris en compte dans cette étude : le changement de méthode de conduite de cheptel au fur et à mesure du temps et des changements climatiques, l'état de la végétation au fur et à mesure du temps, l'état des colonies d'une année à l'autre, la quantité de nectar et de pollen réellement produite par le cortège floristique. Cette étude devrait être prolongée pour consolider les résultats obtenus, élargir les travaux aux autres miels de la gamme et améliorer la méthodologie employée, ceci afin d'apporter des réponses fiables aux apiculteurs.

À terme, les changements climatiques nécessiteront sans doute une adaptation des pratiques apicoles qu'il faudra soutenir à l'aide des moyens à notre disposition : la formation, l'appui technique, les outils technologiques, etc. Les apiculteurs pourraient, par exemple, s'équiper de balances connectées, lesquelles, combinées à l'observation des milieux, à

l'expérience acquise, permettraient de mieux détecter les miellées devenues courtes et imprévisibles. De plus, les apiculteurs sont considérés comme des agriculteurs sans propriétés foncières. Le système de la PAC n'est pas adapté pour qu'ils reçoivent des aides venant de l'État. Or les pertes de production et mortalité accrue de cheptels de ces dernières années fragilisent les exploitations et les jeunes entrepreneurs. Cette étude pourrait potentiellement appuyer le discours des apiculteurs auprès des pouvoirs publics qui pourraient proposer des aides afin maintenir les exploitations et, par la même occasion, les abeilles sur le territoire, maintien d'un service de pollinisation, et amorcer une transition technique du fait du changement de pratiques imposées par le changement climatique.

## 5- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Actu api. (2018, janvier) *Pratiques apicoles et climat* (N° 73). <https://www.cari.be/medias/actuapi/actu-api-73.pdf>
- AMANDIER L., DUREAU R., JOFFRE LM., JOFFRE R., LAURENT JL. (1982). *Éléments pour un zonage agro-sylvo-pastoral de la corse* (forêt méditerranéenne, t. IV, n°1). [http://www.foret-mediterraneenne.org/upload/biblio/FORET\\_MED\\_1982\\_1\\_13.pdf](http://www.foret-mediterraneenne.org/upload/biblio/FORET_MED_1982_1_13.pdf)
- ADJLANE, N., DOUMANDJI, S.-E. & ; HADDAD, N. (2012, juillet). Situation de l'apiculture en Algérie : facteurs menaçant la survie des colonies d'abeilles locales *Apis mellifera intermissa*. *Cahiers Agricultures*, 21(4), 235-241. <https://doi.org/10.1684/agr.2012.0566>
- BATTESTI, MJ. (1990). *Contribution à la méliissopalynologie méditerranéenne : les miels corses* (Thèse). Université Aix-Marseille 3.
- BALAYER, M. (1990). Evaluation des potentialités mellifères en Roussillon. *Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques*, 137(2-3), 157-171. <https://doi.org/10.1080/01811797.1990.10824876>
- BRIANE G. (1991) Cartographie des ressources mellifères dans les Pyrénées Centrales, Bulletin Technique Apicole n°18, p 163 à 170.
- CAILLERET, M., AUDOUARD, M., LOPEZ, J.-M., ESTEVE, R. & VENNETIER, M. (2021). Peut-on gérer les romarins pour améliorer leur santé et leur floraison. *Forêt Méditerranéenne*, 42 (1), 3-12. <https://hal.inrae.fr/hal-03570683/document>
- CAILLOCE, L. (2016, 28 juin). *Pourquoi les abeilles disparaissent*. CNRS Le journal. <https://lejournel.cnrs.fr/articles/pourquoi-les-abeilles-disparaissent>
- CAUSE, G. (2009, 16 décembre). *Analyse des données phytosociologiques - Session interne* [Diapositives]. Conservatoire Botanique National du Bassin parisien.
- CBNC, Conservatoire Botanique National de Corse. (2019). *Présentation méthodologique de la carte de végétations et séries de végétation de la Corse*.
- CEREMA. (2021, mars). *Analyse des effets du changement climatique en Corse - Approche globale et indicateurs pertinents*. Rapport d'étude du Cerema. [https://www.cerema.fr/system/files/documents/2021/06/analyse\\_des\\_effets\\_du\\_changement\\_climatique\\_en\\_corse\\_vfinale.pdf](https://www.cerema.fr/system/files/documents/2021/06/analyse_des_effets_du_changement_climatique_en_corse_vfinale.pdf)
- CERATI, E. (2020, 4 septembre). *Le miel : un peu d'histoire*. Miel factory. <https://www.miel-factory.com/blogs/blog/miel-histoire>
- CONRAD, M. (1979). *Essai sur les possibilités apicole des espèces végétales de Corse : Vol. N°630* Extrait du Bulletin de la Société des Science Historiques et Naturelles de la corse.
- CÔTÉ, S. (2016, août). *Modèles additifs généralisés dans la modélisation de l'impact du kilométrage et de l'exposition au risque en assurance automobile* (Mémoire). UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL. <https://archipel.uqam.ca/9003/1/M14563.pdf>

- CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique, (2019, 21 janvier), *Des abeilles et des hommes*. CNRS Le journal. <https://lejournalejournal.cnrs.fr/articles/des-abeilles-et-des-hommes>
- CRANE E. (1991) *Bees and Beekeeping: Science, Practice and World Resources* Heinemann Newnes, Oxford.
- DECOURTYE, A., ALAUX, C., LE CONTE, Y., & HENRY, M., (2019). Toward the protection of bees and pollination under global change: present and future perspectives in a challenging applied science. *Current opinion in insect science*, 35, 123-131.
- Décret n° 2010-1045 du 31 août 2010 relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Miel de Corse - Mele di Corsica », Texte n° 45, JORF n°0204 du 3 septembre 2010
- Décret n°2013-1057 du 22 novembre 2013 relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Miel de Corse - Mele di Corsica », Texte n°48, JORF du 24 novembre 2013 Bulletin officiel du Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwitw5fegIr6AhWF4oUKHZvsDmoQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Finfo.agriculture.gouv.fr%2Fgedei%2Fsite%2Fbo-agri%2Fdocument\\_administratif-479c7a85-b9e2-4a9c-abe4-3a15e7cf091d%2Ftelechargement&usq=AOvVaw3Nd3ZHTAJCXL8CcXAI3NP1](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwitw5fegIr6AhWF4oUKHZvsDmoQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Finfo.agriculture.gouv.fr%2Fgedei%2Fsite%2Fbo-agri%2Fdocument_administratif-479c7a85-b9e2-4a9c-abe4-3a15e7cf091d%2Ftelechargement&usq=AOvVaw3Nd3ZHTAJCXL8CcXAI3NP1)
- Directive n° L 010 du 20 décembre 2001 relative au miel (J.O. 12 janvier 2002, p. 0047 - 0052). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=celex%3A32001L0110>
- DRAAF, *Chiffres clés de l'agriculture corse 2021*. (2021, décembre). Direction Régionale de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF). [https://draaf.corse.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/chiffres-cles\\_2021\\_PAO\\_DEF\\_cle4f3e1f.pdf](https://draaf.corse.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/chiffres-cles_2021_PAO_DEF_cle4f3e1f.pdf)
- DRIAS, Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnements, *Les futurs du climat - Découverte*. Ministère de la transition écologique. Consulté le juin 2022, à l'adresse <http://www.drias-climat.fr/decouverte>
- DUSTMANN, J. H. & OHE, W. V. D. (1989). Influence Des Coups De Froid Sur Le Développement Printanier Des Colonies D'abeilles (*Apis Mellifica* L.). *Apidologie*, 19(3), 245-254. [https://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/1988/03/Apidologie\\_0044-8435\\_1988\\_19\\_3\\_ART0004.pdf](https://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/1988/03/Apidologie_0044-8435_1988_19_3_ART0004.pdf)
- FLORES, J. M., GIL-LEBRERO, S., GAMIZ, V., RODRIGUEZ, M. I., ORTIZ, M. A., & QUILES, F. J. (2019). Effect of the climate change on honey bee colonies in a temperate Mediterranean zone assessed through remote hive weight monitoring system in conjunction with exhaustive colonies assessment. *Science of The Total Environment*, 653, 1111-1119. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.004>
- FONTAINE, C. (s. d.). *Le déclin des insectes pollinisateurs*. Muséum national d'Histoire naturelle. Consulté le juin 2022, à l'adresse <https://www.mnhn.fr/fr/le-declin-des-insectes-pollinisateurs>
- FORTIER, A., DUPRE, L., & ALPHANDERY, P. (2020, décembre). *Les mondes apicoles entre agriculture et environnement* (N° 206, p. 8-26). Études rurales. <https://doi.org/10.4000/etudesrurales.23382>

- France Agrimer, (2017, mai). *Observatoire De La Production De Miel Et Gelee Royale..*  
<https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/52468/document/SYN-MIEL-Observatoire%20miel%20et%20GR%202016.pdf?version=7>
- France Agrimer, (2022, juillet). *Observatoire de la production de miel et gelée royale (données 2021).*  
<https://www.franceagrimer.fr/content/download/69152/document/SYN-API-Observatoire Miel et Gel%C3%A9e Royale 2021.pdf>
- Franceinfo. (2017, 19 octobre). *Miel : une production française en crise.*  
[https://www.francetvinfo.fr/sante/alimentation/miel-une-production-francaise-en-crise\\_2427439.html](https://www.francetvinfo.fr/sante/alimentation/miel-une-production-francaise-en-crise_2427439.html)
- FREDERIC, M. (2022). *Le Miel, une autre histoire de l'humanité.* ALBIN MICHEL.
- GAMISANS, J. (1995). Les études de végétation en Corse. *Ecologia mediterranea*, 21(1), 221-230.  
<https://doi.org/10.3406/ecmed.1995.1770>
- GAMISANS, J. (2003). *La végétation de la Corse.* Edisud.
- GAMISANS, J. (2014). *Flore des maquis de Corse et des végétations associées - Guide photographique.* ALBIANA.
- GOUT J., 2008. *250 réponses aux questions d'un ami des abeilles,* Le gerfaut
- INAO, Institut national de l'origine et de la qualité, (2013). Cahier des charges de l'appellation d'origine « Miel de Corse – Mele di Corsica ». Bulletin officiel du Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt 11.
- INRAE, Institut national de la recherche agronomique, (2013). À quoi servent les abeilles ?. INRAE Institutionnel. Consulté le 9 juillet 2022, à l'adresse <https://www.inrae.fr/actualites/quoi-servent-abeilles>
- INRAE, Institut national de la recherche agronomique, (2018, 18 septembre). Concurrence alimentaire entre abeilles sauvages et domestiques. <https://www.inrae.fr/actualites/concurrence-alimentaire-entre-abeilles-sauvages-domestiques>
- JANSSENS, X., BRUNEAU, T., & LEBRUN, P. (2006a). Prédiction des potentialités de production de miel à l'échelle d'un rucher au moyen d'un système d'information géographique. *Apidologie*, 37(3), 351-365. <https://doi.org/10.1051/apido:2006006>
- JEANMONOD, D., & GAMISANS, J. (2013). *Flora Corsica.* La Soc. Botanique du Centre-Ouest.
- LEFEBVRE, D., AUPINEL, P., LE CUN, S., & PIERRE, J. (2002, septembre). *Elevage, comportement de butinage et utilisation du bourdon terrestre (Bombus terrestris) pour la pollinisation* (29(1)). Bulletin Technique Apicole. [https://www.researchgate.net/profile/Diane-Lefebvre/publication/233721596\\_Elevage\\_comportement\\_de\\_butinage\\_et\\_utilisation\\_du\\_bourdon\\_terrestre\\_Bombus\\_terrestris\\_pour\\_la\\_pollinisation/links/0fcfd50ac9a5dd9e9b000000/Elevage-comportement-de-butinage-et-utilisation-du-bourdon-terrestre-Bombus-terrestris-pour-la-pollinisation.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Diane-Lefebvre/publication/233721596_Elevage_comportement_de_butinage_et_utilisation_du_bourdon_terrestre_Bombus_terrestris_pour_la_pollinisation/links/0fcfd50ac9a5dd9e9b000000/Elevage-comportement-de-butinage-et-utilisation-du-bourdon-terrestre-Bombus-terrestris-pour-la-pollinisation.pdf)

- LE CONTE, Y.; NAVAJAS, M. . (2008). Changements climatiques : impact sur les populations d'abeilles et leurs maladies. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 27(2), Article p485-497. [https://www.researchgate.net/profile/Yves-Le-Conte/publication/242095990\\_Changements\\_climatiques\\_impact\\_sur\\_les\\_populations\\_d%27abeilles\\_et\\_leurs\\_maladies/links/54833d830cf25dbd59eb0c1c/Changements-climatiques-impact-sur-les-populations-dabeilles-et-leurs-maladies.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Yves-Le-Conte/publication/242095990_Changements_climatiques_impact_sur_les_populations_d%27abeilles_et_leurs_maladies/links/54833d830cf25dbd59eb0c1c/Changements-climatiques-impact-sur-les-populations-dabeilles-et-leurs-maladies.pdf)
- LLORET, F., ENRIQUE, G., PEREZ-RAMOS, I. M., MARAÑÓN, T., SAURA-MAS, S., DIAZ-DELGADO, R. & VILLAR, R. (2016). Climatic events inducing die-off in Mediterranean shrublands : are species' responses related to their functional traits. *Oecologia*, 180, 961-973. <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3550-4>
- LOUVEAUX J. (1958). *Recherches sur la récolte du pollen par les abeilles (Apis mellifica L)* (Annales des Abeilles III p113). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00890106/document>
- MANDARD, S. (2021, 4 mars). *Quand les poussières de sable du Sahara arrivent en France, ce n'est pas sans conséquences sur la santé*. Le Monde.fr. Consulté le 13 août 2022, à l'adresse [https://www.lemonde.fr/planete/article/2021/03/03/quand-les-poussieres-de-sable-du-sahara-recouvrent-la-france-d-un-voile-de-pollution\\_6071868\\_3244.html](https://www.lemonde.fr/planete/article/2021/03/03/quand-les-poussieres-de-sable-du-sahara-recouvrent-la-france-d-un-voile-de-pollution_6071868_3244.html)
- MAUREY, H. (2017, mars). *Comment lutter efficacement contre le déclin des abeilles ?* (Rapport d'information n° 474 (2016–2017)). Sénat. [http://www.senat.fr/rap/r16-474/r16-474\\_mono.html](http://www.senat.fr/rap/r16-474/r16-474_mono.html)
- Météo-France, (2022, 27 juin). *De nouvelles normales pour qualifier le climat en France | Météo-France*. <https://meteofrance.com/actualites-et-dossiers/actualites/climat/de-nouvelles-normales-pour-qualifier-le-climat-en-france#:~:text=R%C3%A9f%C3%A9rences%20climatiques%2C%20les%20%22%20normal%20es%20%22,sur%20la%20p%C3%A9riode%201991%2D2020>
- Ministre de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche et de la ministre de l'économie, de l'industrie et de l'emploi, Décret n° 2010-1045 du 31 août 2010 relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Miel de Corse - Mele di Corsica », Texte n° 45, JORF n°0204 du 3 septembre 2010. [Décret n° 2010-1045 du 31 août 2010 relatif à l'appellation d'origine contrôlée « Miel de Corse - Mele di Corsica » - Légifrance \(legifrance.gouv.fr\)](https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decree/2010/08/31/2010-1045)
- ORHANT, L. (2022). *Les facteurs liés à la chute de la production de Miel de Corse AOP : le cas des pratiques apicoles* (Mémoire de stage). Ecole Supérieure d'Agricultures - Angers Loire.
- ORSINI, A. (2022, avril). *Les eaux douces de Corse*. Editions 8Studioscamaroni.
- Parlement européen, (2018, 1 mars) *Le marché du miel dans l'Union européenne, Actualité, Parlement européen*. <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/economy/20180222STO98435/le-marche-du-miel-dans-l-union-europeenne-infographie>
- PESSON, P. & ; LOUVEAUX, J. (1984, 1 avril). Pollinisation et productions vegetales (QUAE). QUAE.
- PIROUX, M. (2014a). *Ressources pollinifères et mellifères de l'Abeille domestique, Apis mellifera, en paysage rural du nord-ouest de la France* (Thèse). Sciences agricoles. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II. [https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01135137/file/PIROUX\\_2014CLF22501.pdf](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01135137/file/PIROUX_2014CLF22501.pdf)

- QCBS, Centre de la Science et de la Biodiversité du Québec. *Atelier 8 : Modèles additifs généralisés*. Consulté le 19 juillet 2022, à l'adresse <https://r.qcbs.ca/workshop08/pres-fr/workshop08-pres-fr.html#18>
- REYMANN, J., PANAIOTIS, C., BIORET, F., DELBOSC, P., GAMISANS, J., PIOLI, A., GAUBERVILLE, G., PIAZZA, C., O'DEYE-GUIZIEN, K., & HUGOT, L. (2016). *Prodrome des végétations de corse : Vol. Série 3, volume 4*. Société française de phytosociologie.
- REYMANN, J. (2010). *Inventaire et cartographie des habitats prairiaux de l'étage mésoméditerranéen en corse* (Rapport de Stage). Conservatoire botanique national de Corse.
- SCHWEITZER, P., NOMBRE, I. & ; BOUSSIM, J. I. (2013). Honey Production for Assessing the Impact of Climatic Changes on Vegetation. *TROPICULTURA*, 31(2), 98-102. <http://www.tropicultura.org/text/v31n2/98.pdf>
- STEFANIAK, N. (2018, 4 septembre). *Formation SFP 2018 : les modèles linéaires mixtes*. CNRS. [http://regnault.perso.math.cnrs.fr/R\\_tuto/Intro\\_modeles\\_lineaires\\_mixtes.html#:%7E:text=2.1.2.-,D%C3%A9finition,%C3%A0%20l'origine%20du%20nom](http://regnault.perso.math.cnrs.fr/R_tuto/Intro_modeles_lineaires_mixtes.html#:%7E:text=2.1.2.-,D%C3%A9finition,%C3%A0%20l'origine%20du%20nom).
- SHUEL, R. W. (1964). L'influence Des Facteurs Externes Sur La Production Du Nectar. *Les Annales de l'Abeille, INRA Editions*, 7 (1), 5-12. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00890185/document>
- UNAF, Union nationale de l'apiculture française. *Plus que jamais, l'abeille a besoin d'être protégée ! Agissons maintenant !* Consulté le 6 juillet 2022, à l'adresse. <https://www.unaf-apiculture.info/actualites/plus-que-jamais-l-abeille-a-besoin-d-etre-protgee-agissons-maintenant.html>
- Une histoire vieille comme la Corse. (2015, 16 juillet). Miel de Corse - Mele di Corsica. Consulté le 9 juillet 2022, à l'adresse <https://mieldecorse.com/2015/06/03/une-histoire-vieille-comme-la-corse/>
- UNEP, United Nations Environment Programme. (2022, 18 mai). *Pourquoi les abeilles sont cruciales pour les personnes et pour la planète*. <https://www.unep.org/fr/actualites-et-recits/recit/pourquoi-les-abeilles-sont-cruciales-pour-les-personnes-et-pour-la>
- VAUDOR, L. (2017, 23 mai). *Autocorrélation de séries temporelles ou spatiales*. R-atique. <http://perso.ens-lyon.fr/lise.vaudor/autocorrelation-de-series-temporelles-ou-spatiales/#:%7E:text=D%C3%A9finition,3%2C%20>.
- YANG, Y. (2014, décembre). *Qualification des miels de Corse par une approche multifactorielle : diversité pollinique & variabilité chimique* (Thèse). Université Pascal Paoli. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01258188>
- YEDOMONHAN, H., ADOMOU, A. C., AKOEGNINOU, A., & FOUCAULT, B. D. (2012). Diversité spatiotemporelle des ressources florales autour d'un rucher en zone de végétation de transition soudano-guinéenne au Bénin. *Acta Botanica Gallica*, 159(1), 97-108. <https://doi.org/10.1080/12538078.2012.671654>

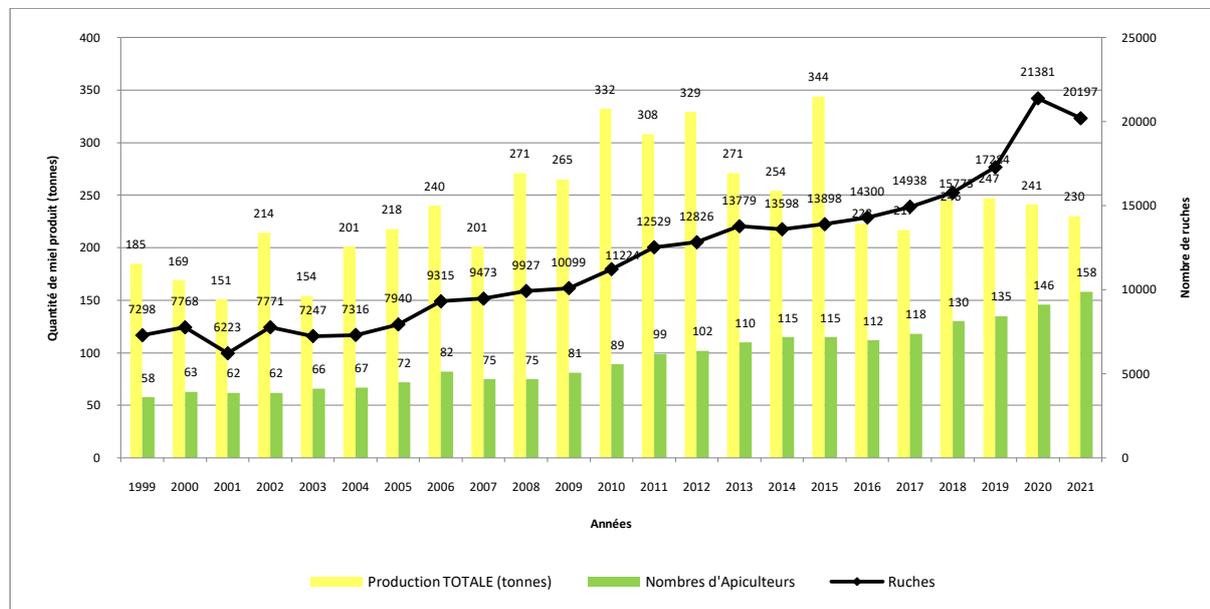
## 6- TABLE DES ANNEXES

<b>ANNEXE I</b>	Évolution de la filière AOP Miel de Corse - Mele di Corsica
<b>ANNEXE II</b>	Exemple d'une représentation cartographique de la distribution de la mosaïque de milieux identifiée autour d'un rucher
<b>ANNEXE III</b>	Fiche d'inventaire utilisée sur le terrain
<b>ANNEXE IV</b>	Tableau de Conrad (1976) pour les espèces caractéristiques des miels de « printemps » sélectionnées
<b>ANNEXE V</b>	Tableau de la répartition des surfaces en hectare des différentes « associations » végétales
<b>ANNEXE VI</b>	Tableau d'attribution des noms d'association phytosociologique et sous-association possible pour chaque nom d'habitats déterminé
<b>ANNEXE VII</b>	Exemple d'une carte des associations végétales déterminées et inventoriées présentes dans les 500 m autour du rucher
<b>ANNEXE VIII</b>	Dendrogramme hiérarchisant les grands types de milieux en fonction des dissimilitudes
<b>ANNEXE IX</b>	Carte mentale des différents facteurs pouvant provoquer une baisse de production de miel en corse
<b>ANNEXE X</b>	Exemple d'une fiche synthétique individuel sur les ressources d'un rucher

## ANNEXE I

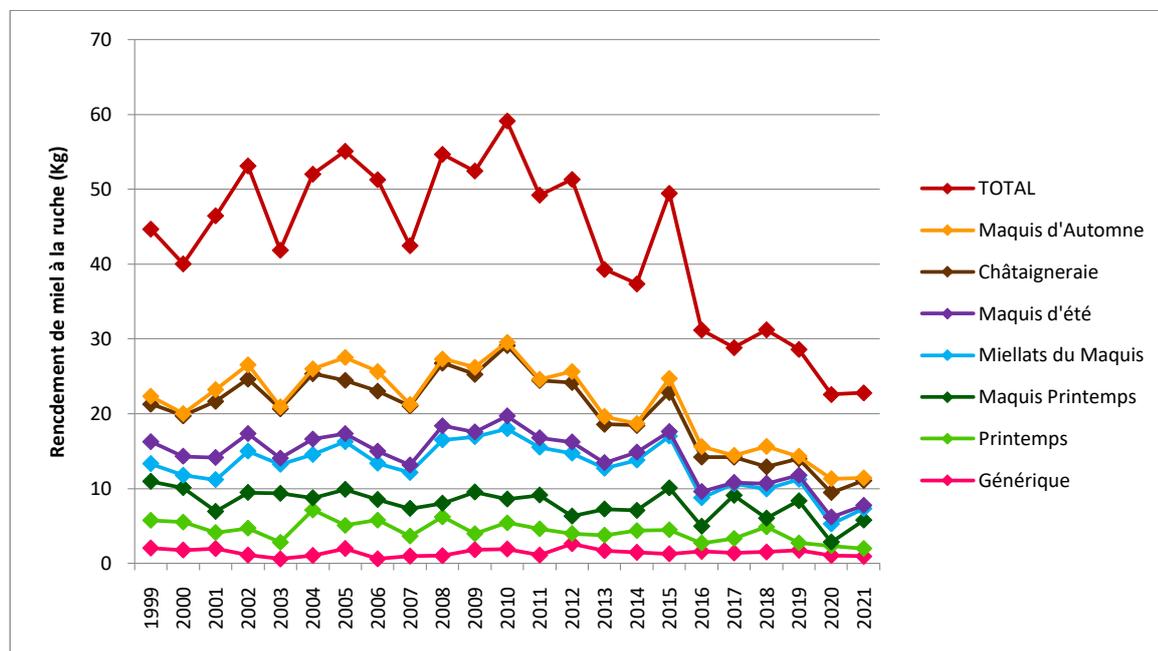
### Évolution de la filière AOP Miel de Corse - Mele di Corsica

Évolution de la production totale des miels de la gamme, du nombre de ruches ainsi que du nombre d'apiculteurs de 1999 à 2021.



Digramme de l'évolution du nombre de ruches, du nombre d'apiculteurs et de la production totale en AOP de 1999 à 2021 – source Syndicat AOP Miel de Corse - Mele di Corsica

Évolution des quantités des différents types de miel de la gamme AOP Miel de Corse - Mele di Corsica

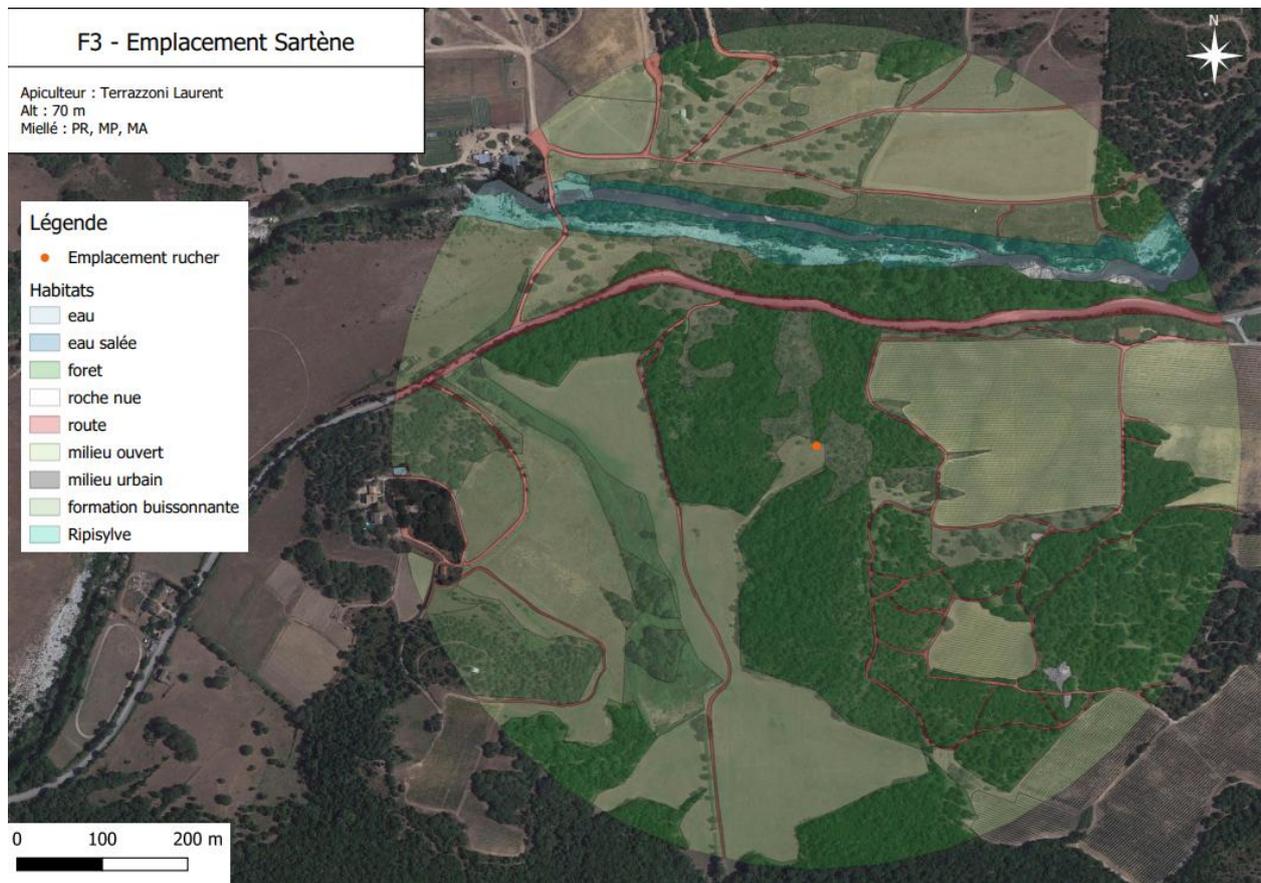


Evolution du rendement de chaque miel de la gamme AOP de 1999 à 2021 – source Syndicat AOP Miel de Corse - Mele di Corsica

## ANNEXE II

### Exemple d'une représentation cartographique de la distribution de la mosaïque de milieux identifiée autour d'un rucher

Un travail préliminaire a été réalisé afin d'identifier, 500 m autour des 18 ruchers soumis à l'inventaire floristique, les principaux grands milieux. Pour cela, des différents milieux ont été identifiés via une carte satellite sur QGIS et délimités. Cela a permis de faciliter l'inventaire botanique. Puis, après la première session de terrain, certains milieux ont été rectifiés par le biais de nos tracés GPS.



*Cartographie des différents milieux identifiés et vérifiés après la première session de terrain entourant le rucher F3*



## ANNEXE IV

### Tableau de Conrad pour les espèces caractéristiques des miels de « printemps » sélectionnées

Tableau des espèces printanières sélectionnées et extraites à partir tableau de M. CONRAD (1979). Ces espèces, déterminées par analyses melissopalynologiques, réalisé dans le cadre de la construction du cahier des charges de l'appellation d'origine « Miel de Corse – Mele di Corsica (Décret 2013/1057, 2013), constituent des ressources floristiques principales à l'élaboration des miels de Maquis de printemps et de Printemps

Noms latins	Cl. Nectar	Miellat	Cl. Pollien				
<i>Acer monspessulanum</i>	6	0	1	<i>Prunus subp Cerasus</i>	2	0	0
<i>Allium roseum</i>	3	0	0	<i>Quercus ilex</i>	0	1	2
<i>Allium schoenoprasum</i>	3	0	0	<i>Quercus pubescens</i>	0	1	2
<i>Allium subhirsutum</i>	3	0	0	<i>Quercus suber</i>	0	1	2
<i>Allium tricoccum</i>	3	0	0	<i>Romarinus officinalis</i>	4	0	2
<i>Asphodelus cerasiferus</i>	5	0	0	<i>Salix sp</i>	3	1	1
<i>Asphodelus ramosus</i>	5	0	0	<i>Trifolium campestre</i>	4	0	0
<i>Bellis perennis</i>	2	0	2	<i>Trifolium pratense</i>	4	0	0
<i>Brassica sp</i>	3	0	0	<i>Trifolium repens</i>	4	0	0
<i>Calycotome spinosa</i>	3	0	0	<i>Viburnum tinus</i>	2	0	0
<i>Calicotome villosa</i>	3	0	0	<i>Vicia altissima</i>	4	0	0
<i>Carduus cephalanthus</i>	5	0	0	<i>Vicia benghalensis</i>	4	0	0
<i>Carduus pycnocephalus</i>	5	0	0	<i>Vicia bithynica</i>	4	0	0
<i>Cistus creticus</i>	0	0	2	<i>Vicia hirsuta</i>	4	0	0
<i>Cistus monspeliensis</i>	0	0	2	<i>Vicia lutea subsp. lutea</i>	4	0	0
<i>Cistus salviifolius</i>	0	0	2	<i>Vicia sativa subsp. sativa</i>	4	0	0
<i>Citrus × limon</i>	3	0	1	<i>Vicia serratifolia</i>	4	0	0
<i>Citrus reticulata</i>	3	0	1	<i>Vicia sp.</i>	4	0	0
<i>Cratagus monogyna</i>	2	0	0	<i>Vicia tenuifolia subsp. tenuifolia</i>	4	0	0
<i>Cytisus scoparius</i>	4	0	3	<i>Vicia tetrasperma</i>	4	0	0
<i>Cytisus villosus</i>	4	0	3	<i>Vicia villosa subsp. varia</i>	4	0	0
<i>Echium vulgare</i>	6	0	3	<i>Correspondances des classes nectarifères de M. Conrad (1979)</i>			
<i>Erica arborera</i>	5	0	3				
<i>Erica scoparia L.</i>	5	0	3				
<i>Lamium amplexicaule</i>	1	0	0				
<i>Lamium purpureum</i>	1	0	0				
<i>Lavandula stoechas</i>	3	0	0				
<i>Lotus conimbricensis</i>	3	0	0				
<i>Lotus corniculatus</i>	3	0	0				
<i>Lotus edulis</i>	3	0	0				
<i>Lotus ornithopodioides</i>	3	0	0				
<i>Lotus parviflorus</i>	3	0	0				
<i>Lotus tenuis</i>	3	0	0				
<i>Medicago arabica</i>	4	0	0				
<i>Medicago lupulina</i>	4	0	0				
<i>Medicago polymorpha</i>	4	0	0				
<i>Medicago praecox</i>	4	0	0				
<i>Medicago sativa</i>	4	0	0				
<i>Prunus spinosa</i>	2	0	0				

Classe Nectarifère	Production (kg/ha)
1	0 - 5
2	26 - 50
3	51 - 100
4	101 - 200
5	201 - 500
6	> 500

*Correspondances des classes pollinifère de M. Conrad (1979)*

cl..Pollenifères	de....kg/ha
1	Intérêt faible
2	Intérêt moyen
3	Intérêt fort
4	Intérêt excellent

## ANNEXE V

### Tableau de la répartition des surfaces en hectare des différentes associations végétales

Tableau des répartitions des surfaces (ha) en fonction des noms des associations végétales selon les 8 ruchers fixes (F1-F8) et les 10 ruchers mobiles (M1-M10)

Code des Ruchers	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Alluvions colmatés en arrière des ripisylves à Aulne glutineux	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,84	-	-
Aulnaie	1,86	13,9	0,68	-	6,88	-	-	0,18	6,11	-	-	-	1,47	-	5,76	0,29	-	9,46
Champs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23	-
Champs de Clémentiniers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,6	-
Champs d'Olivier	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,72	4,78	-	-	-	-	-	-	-
Châtaigneraie claire	-	-	-	-	-	6,22	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59	-	-	-
Chênaie à Chêne vert	-	-	-	23,4	3,92	-	30,1	-	-	-	-	-	-	-	-	4,02	-	-
Chênaie à Chêne vert et Chêne-liège	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chênaie claire à Chêne-liège	-	43,4	-	-	-	2,75	-	-	4,18	-	-	-	0,74	0,37	-	-	-	0,65
Chênaie claire à Chêne vert	-	23,7	15,3	-	4,9	3,61	-	39,5	-	2,62	0,75	11,1	-	0,53	5,51	3,17	-	3,52
Forêt de Frêne à fleurs et de Chêne vert	-	-	-	-	-	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forêt d'Eucalyptus	3,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frênaie	-	-	-	-	-	31,7	2,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Friche à Psoralée bitumineuse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-
Fruticée basse sur sols maigres	-	-	-	1,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fruticées naines sur sols dégradés	-	-	-	1,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Haie de Chêne vert	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,27	1,14	-	-	-	-	-	-	-
Maquis à Genévrier oxycèdre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,55	-	-	-	-	-	-	-
Maquis bas à Olivier	-	-	-	0,1	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis bas à Bruyère arborescente	18,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis bas à Ciste à feuilles de sauge et Genêt de Corse	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis bas à Lavande papillon	-	-	-	0,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis bas à Myrte commun	1,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,72	0,52	-	-	-	-	-	-
Maquis bas à Pistachier lentisque	-	-	-	-	1,32	-	-	-	-	1,42	-	-	-	-	-	-	-	-

Code_api	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Maquis bas à Romarin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,35	3,11	-	-	-	-
Maquis bas à Santoline corse	-	-	-	1,33	-	-	5,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis bas à Arbousier et Bruyère arborescente	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	43,9	-	-	-	-	-
Maquis bas à Asphodèle ramifié et Lavande papillon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,9	-	-	-
Maquis bas à Genêt de Salzmann	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,45	-	-	-	-	-	-	-
Maquis bas à Immortelle d'Italie	7,31	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-
Maquis bas à Olivier et Chêne vert	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis bas à Cistes	10,3	0,1	0,08	0,32	1,22	-	0,32	-	10,3	18,8	21,1	35	-	-	-	14,4	4,46	0,51
Maquis bas à Cistes et Asphodèle ramifié	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,79	-	-	-	-	-	-	-
Maquis bas de Fougère aigle et Ronces	-	-	-	-	-	3,6	-	-	-	-	-	-	2,79	-	-	-	-	1,11
Maquis bas à Cistes et Roncier	-	-	-	3,38	-	-	3,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis haut à Chêne vert et Genévrier oxycèdre	-	-	-	-	19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis haut à Mimosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	-	-	-
Maquis haut à Arbousier et Bruyère arborescente	-	7,67	0,22	38,2	0,42	24,5	26,6	2,84	35,7	-	8,29	12,8	4,58	70,9	52,1	38,9	-	45,6
Maquis haut à Bruyère arborescente	-	-	-	-	4,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis haut à Chêne vert	-	-	-	-	8,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,82	-
Maquis haut à Frêne à fleurs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,84	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis haut à Genêt d'Espagne et Calicotome velu	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis haut à Myrte commun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,45	-
Maquis haut à Olivier	-	-	10,1	-	-	-	-	-	-	30,2	8,94	0	-	-	-	1,76	-	4,33
Maquis haut clair à Chêne vert	-	-	-	1,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis haut clair à Olivier	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51	-	-	-	-	-	-	-	-
Maquis haut à Chêne vert	-	-	2,94	-	14,6	-	-	-	-	1,6	-	5,38	-	-	-	4,83	3,48	-
Maquis hygrophyle	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62	-	-	-	-	-	-	1,35	-	-
Maquis ouvert à Pin maritime	-	-	-	-	0,55	-	2,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mur végétale nitrophile	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelouse basse hygrophile	-	-	0,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Code_api	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Pelouse humide	-	-	1,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelouse mésoxérophile sur substrats siliceux	-	-	1,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelouse nitrophile	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-	-	0,23	-	-	-	-	-	-	-
Pelouse nitrophile vernale à tardive siliceuse, sol peu épais	-	-	-	1,31	-	-	-	-	-	-	-	1,52	-	-	-	-	-	-
Pelouse nitrophile vernale à tardive siliceuse, sol peu épais sous oliveraie	6,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelouse sèche siliceuse à sol profond - Communité thyrrhèniennes	-	-	11,1	-	-	-	-	-	5,01	-	7,42	2,82	11	-	0,08	-	3,37	-
Pelouse sèche siliceuse desséché fin printemps	9,04	0,23	11	-	-	-	-	-	-	11,6	9,35	-	-	-	-	3,23	-	-
Pelouse sur sol compacté humide	-	-	-	-	1,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelouse temporairement humide	0,01	-	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelouse xérophile à Asphodèle ramifié	10,4	-	3,49	-	-	-	-	-	2,03	-	0,3	-	-	-	-	-	-	1,11
Peupleraie noire	-	-	1,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,45	-
Pineraie	0,75	-	-	-	-	-	-	-	6,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prairie (indéterminée)	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	0,08	-
Prairie hygrophile	-	-	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prairie pâturée	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,98	-	-	-	-	-	-
Roncier	0,03	-	0,73	0,35	-	-	0,13	-	0,32	-	1,21	-	-	0,58	-	-	0,64	-
Vignes	-	-	9,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,64	-
Zone humide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,91	-	-	-	-
Zone humide à Canne de Provence	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zone non végétalisée	7,05	3,58	6,54	5,53	10,3	5,6	7,12	35,7	7,77	1,69	2,24	6,06	11,3	1,78	2,97	4,43	27	11,9

## ANNEXE VI

### Tableau d'attribution des noms d'association phytosociologique et sous-association possible pour chaque nom d'habitats déterminé

Tableau d'attribution des noms d'associations phytosociologique et sous-association existante en fonction des noms d'associations végétales déterminés

Noms d'habitats	Association possible	Sous-association possible
Alluvions colmatés en arrière des ripisylves à Aulne glutineux	<i>Buxo sempervirentis-Quercetum ilicis</i>	-
Aulnaie	<i>Alnion glutinosae</i>	-
Chataigneraie claire	<i>Digitalo luteae-Castanetum sativae</i>	-
Chênaie à Chêne vert	<i>Galio scabri-Quercetum ilicis</i>	<i>quercetosum pubescentis</i>
Chênaie à Chêne vert et Chêne-liège	<i>Galio scabri-Quercetum suberis</i>	<i>quercetosum suberis</i>
Chênaie claire à Chêne-liège	<i>Galio scabri-Quercetum ilicis</i>	<i>quercetosum pubescentis</i>
Chênaie claire à Chêne vert	<i>Galio scabri-Quercetum suberis</i>	<i>quercetosum suberis</i>
Forêt de Frêne à fleurs et de Chêne vert	<i>Helichryso italici-Cistetum cretici</i>	-
Forêt d'Eucalyptus	<i>Erico-Arbutetum</i>	<i>cistesum salviifolii</i>
Frênaie	<i>Alnion glutinosae</i>	-
Fruticée basse sur sols maigres	<i>Helichryso italici-Genistetum salzmannii</i>	<i>helichrysetosum italici</i>
Maquis à Genévrier oxycèdre	<i>Junipero oxycedri-Quercetum ilicis</i>	-
Maquis bas à Olivier et Chêne vert	<i>Cyclamino repandi-Oleetum sylvestris</i>	-
Maquis bas à Arbousier et Bruyère arborescente	<i>Erico-Arbutetum phillyreetosum latifoliae</i>	-
Maquis bas à Bruyère arborescente	<i>Erico-Arbutetum</i>	<i>cistesum salviifolii</i>
Maquis bas à Immortelle d'Italie	<i>Helichryso italici-Cistetum cretici</i>	-
Maquis bas à Lavande papillon	<i>Helichryso italici-Cistetum cretici</i>	-
Maquis bas à Pistachier lentisque	<i>Pistacio lentisci-Calicotometum villosae</i>	<i>phillyreetosum angustifoliae</i>
Maquis bas à Romarin	<i>Erico-Arbutetum</i>	<i>cistesum salviifolii</i>
Maquis bas à Santoline corse	<i>Helichryso italici-Genistetum salzmannii</i>	-
Maquis bas à Cistes	<i>Erico-Arbutetum</i>	<i>cistesum salviifolii</i>
Maquis bas à Cistes et Asphodèle ramifié	<i>Helichryso italici-Cistetum cretici</i>	-
Maquis bas à Olivier	<i>Stachydi-genistetum corsicae</i>	-
Maquis haut à Arbousier et Bruyère arborescente	<i>Erico-Arbutetum phillyreetosum latifoliae</i>	-
Maquis haut à Myrte commun	<i>Myrto communis-Oleetum sylvestris</i>	-
Maquis haut à Olivier	<i>Cyclamino repandi-Oleetum sylvestris</i>	-
Maquis ouvert à Pin maritime	<i>Pulicario odora-Arbutetum unedonis</i>	<i>pinetosum hamiltonii</i>
Mur végétale nitrophile	<i>Adianto capilli-veneris-Parietarium judaicae</i>	-
Pelouse nitrophile vernale à tardive silicieuse, sol peu épais sous oliveraie	<i>Hordeion murini</i>	-
Pelouse sèche silicieuse à sol profond - Commmauté thyrrhèniennes	<i>Echio lycopsis-Galactitetum tomentosae</i>	-
Pelouse sèche silicieuse desséché fin printemps	<i>Tuberario guttatae-Plantaginetum bellardii</i>	-
Pelouse sur sol compacté humide	<i>Trifolio fragiferi-Cynodontion dactylonis</i>	-
Peupleraie noire	<i>Populion albae</i>	-
Pineraie	<i>Pulicario odora-Arbutetum unedonis</i>	<i>pinetosum hamiltonii</i>
Roncier	<i>Pruno rubion</i>	-
Zone humide à Canne de Provence	<i>Arundo donacis-Convolvuletum sepii</i>	-

## ANNEXE VII

### Exemple d'une carte des associations végétales déterminées et inventoriées présentes dans les 500 m autour du rucher

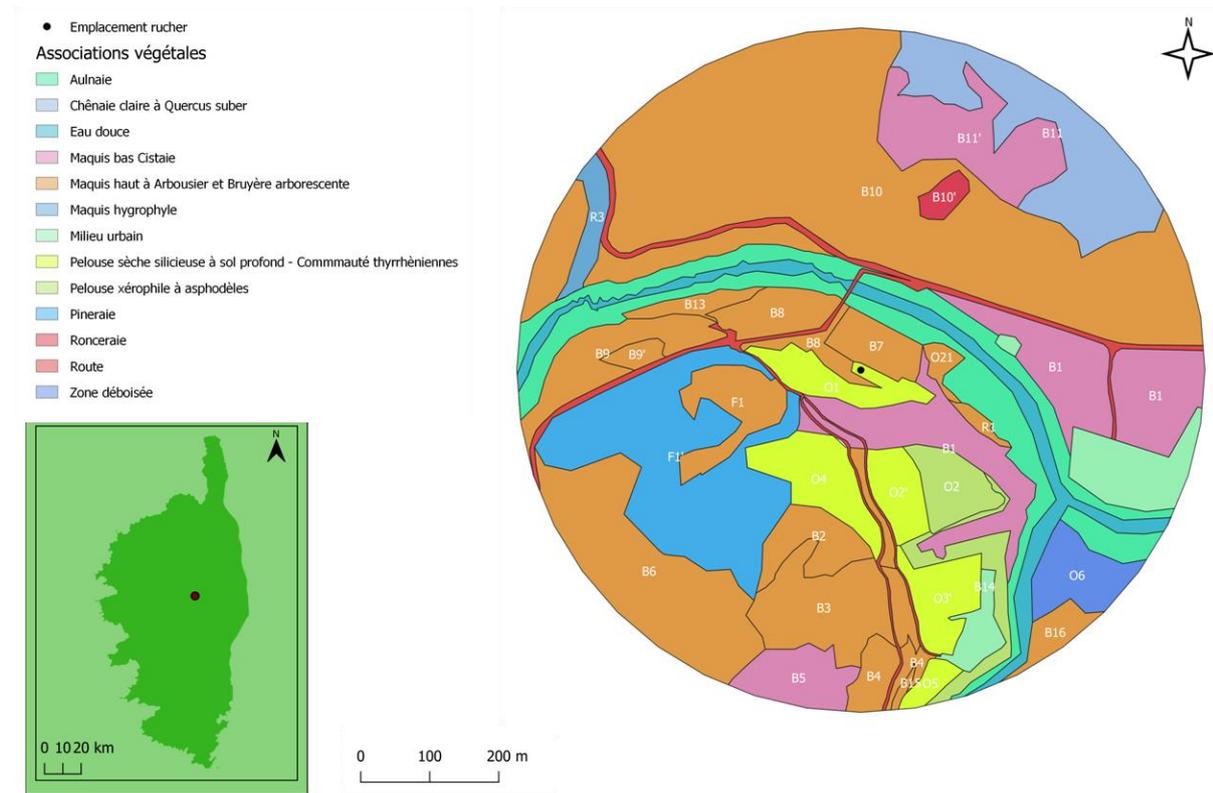
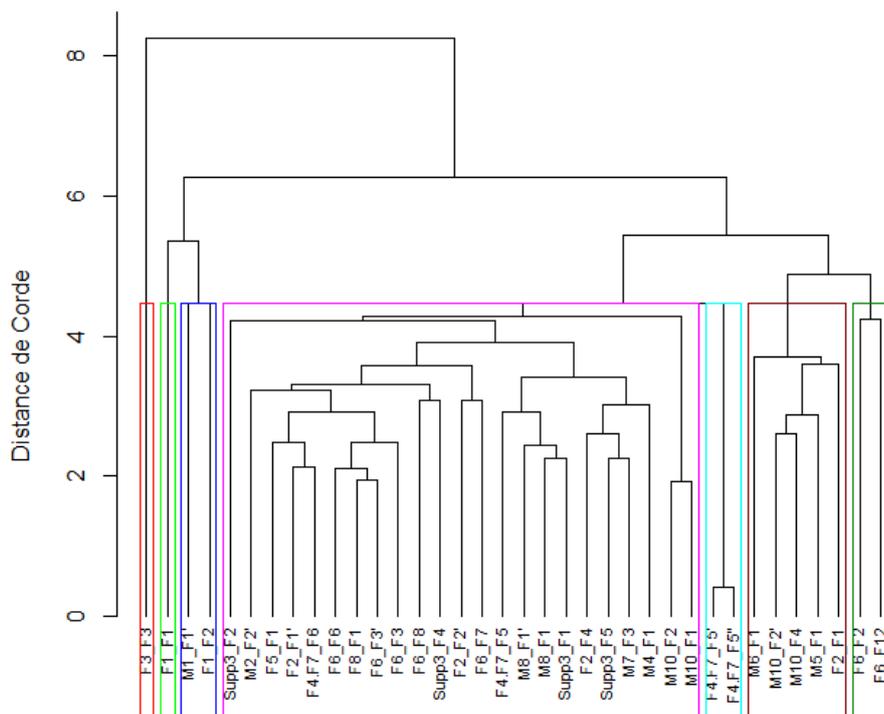


Figure 24 : Exemple de carte des associations végétales déterminées et inventoriées présentes dans les 500 m autour du rucher (ici M1)-source QGIS

## ANNEXE VIII

### Dendrogramme hiérarchisant les grands types de milieux en fonction des dissimilitudes

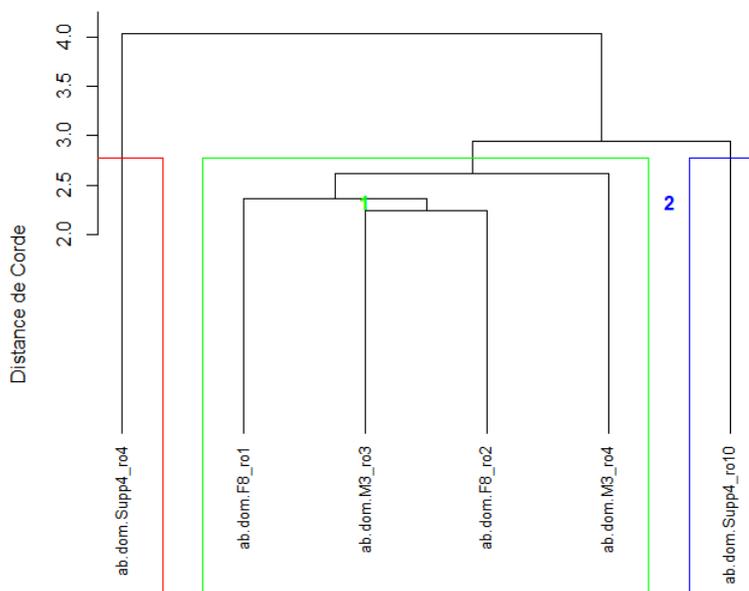
#### Dendrogramme réorganisé (abd-dom, distance de Corde, Ward)



36 relevés  
7 groupes

*Dendrogramme hiérarchisant les milieux inventoriés appartenant à la grande catégorie « Forêt »*

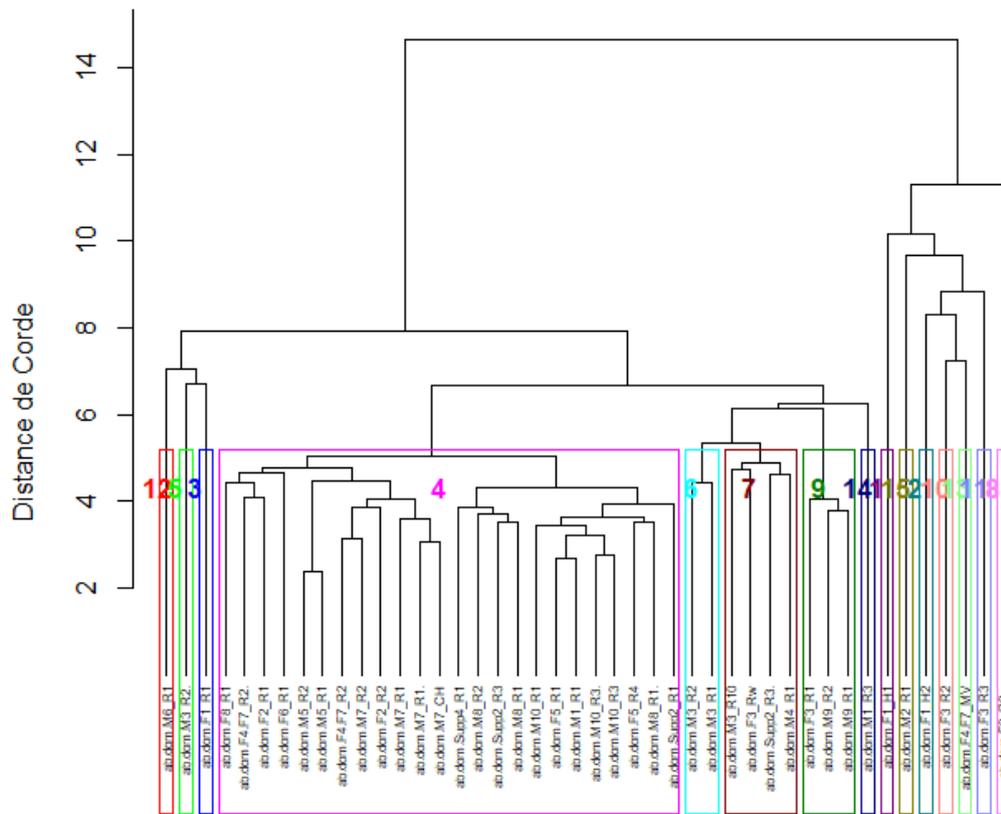
#### Dendrogramme réorganisé (abd-dom, distance de Corde, Ward)



6 relevés  
3 groupes

*Dendrogramme hiérarchisant les milieux inventoriés appartenant à la grande catégorie « Milieux rocheux »*

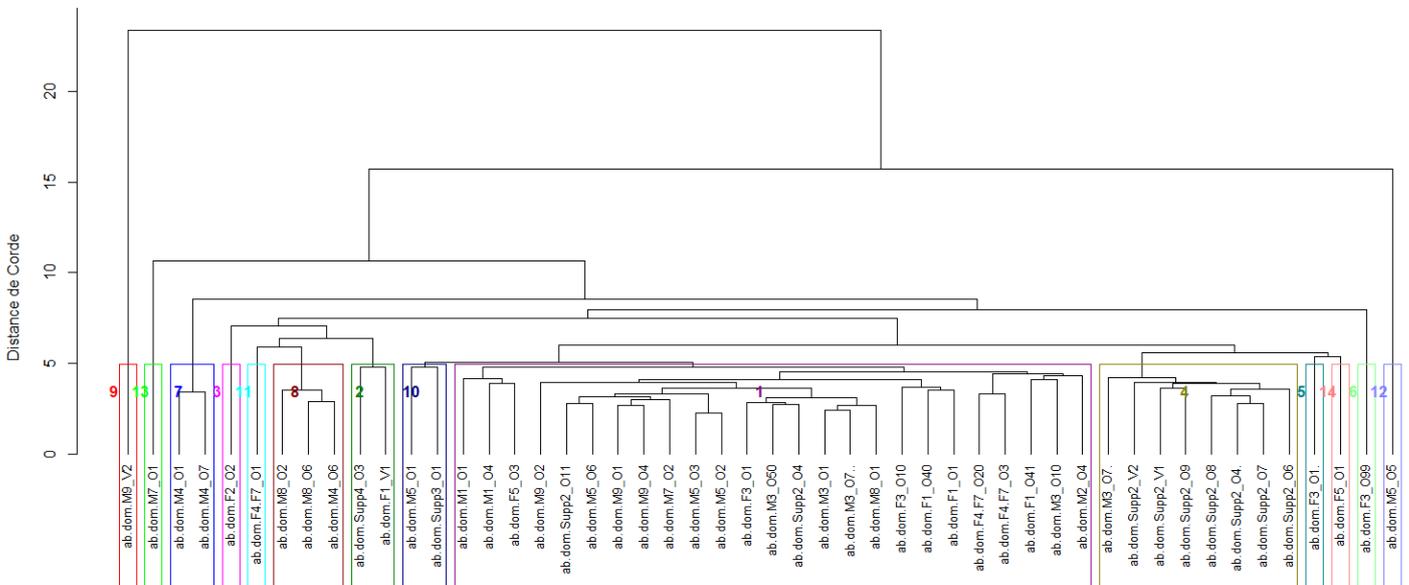
## Dendrogramme réorganisé (abd-dom, distance de Corde, Ward)



44 relevés  
15 groupes

*Dendrogramme hiérarchisant les milieux inventoriés appartenant à la grande catégorie «Ripisylves »*

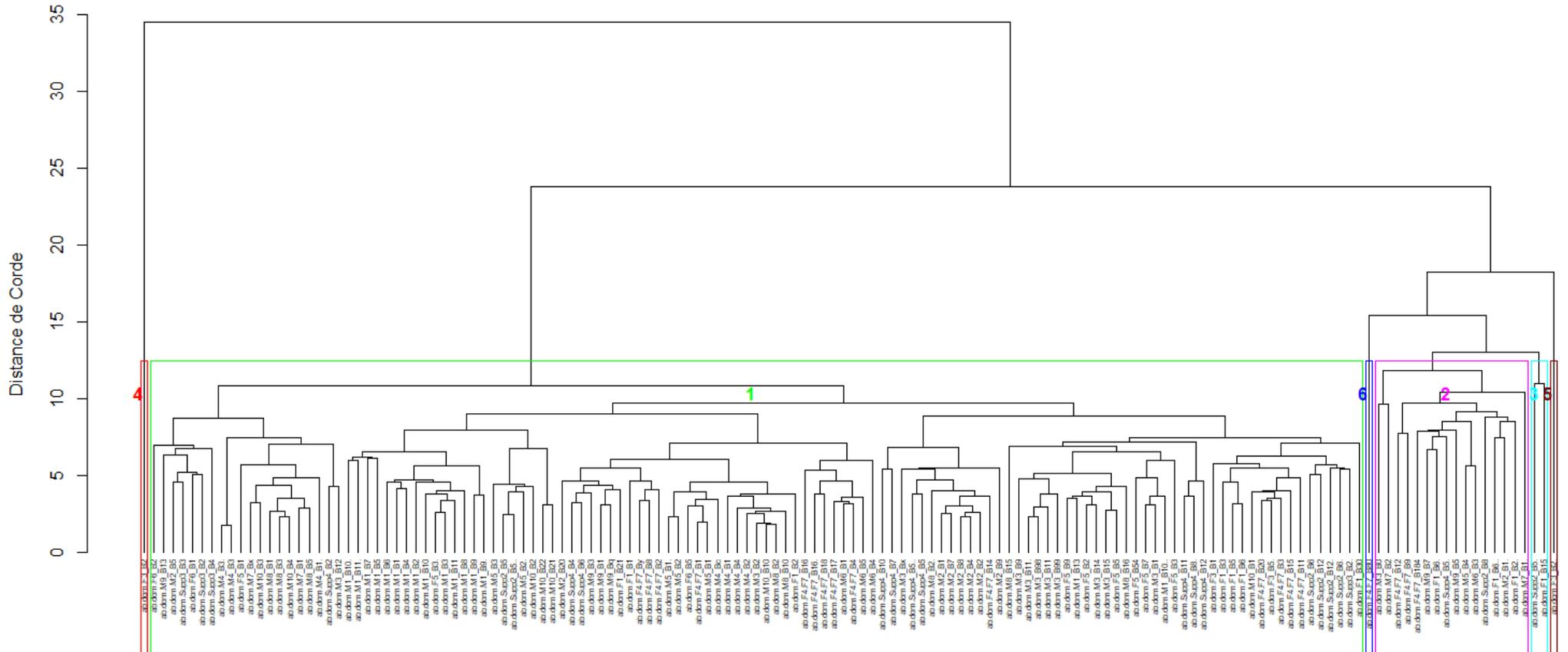
## Dendrogramme réorganisé (abd-dom, distance de Corde, Ward)



50 relevés  
14 groupes

*Dendrogramme hiérarchisant les milieux inventoriés appartenant à la grande catégorie «Zones ouvertes »*

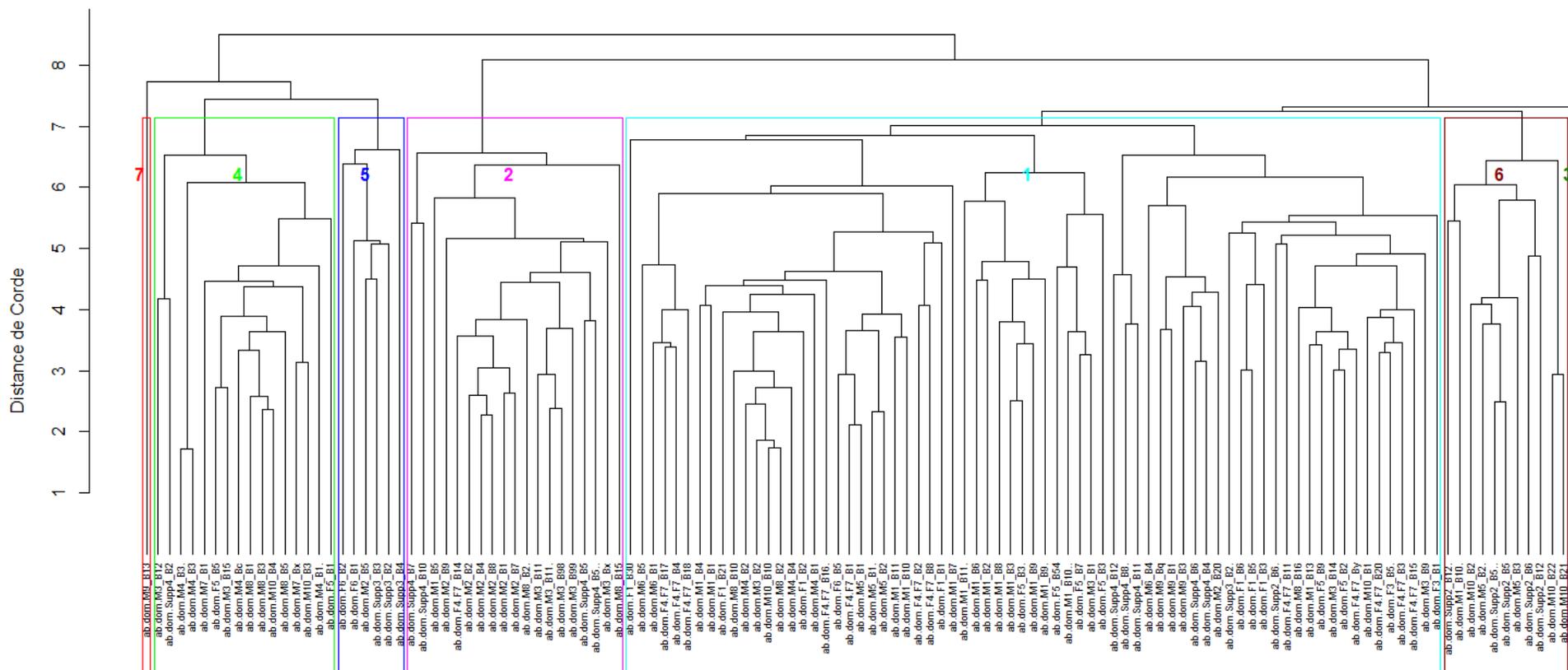
## Dendrogramme réorganisé (abd-dom, distance de Corde, Ward)



146 relevés  
6 groupes

*Dendrogramme hiérarchisant les milieux inventoriés appartenant à la grande catégorie «Zones Buissonnantes »*

### Dendrogramme réorganisé (abd-dom, distance de Corde, Ward)

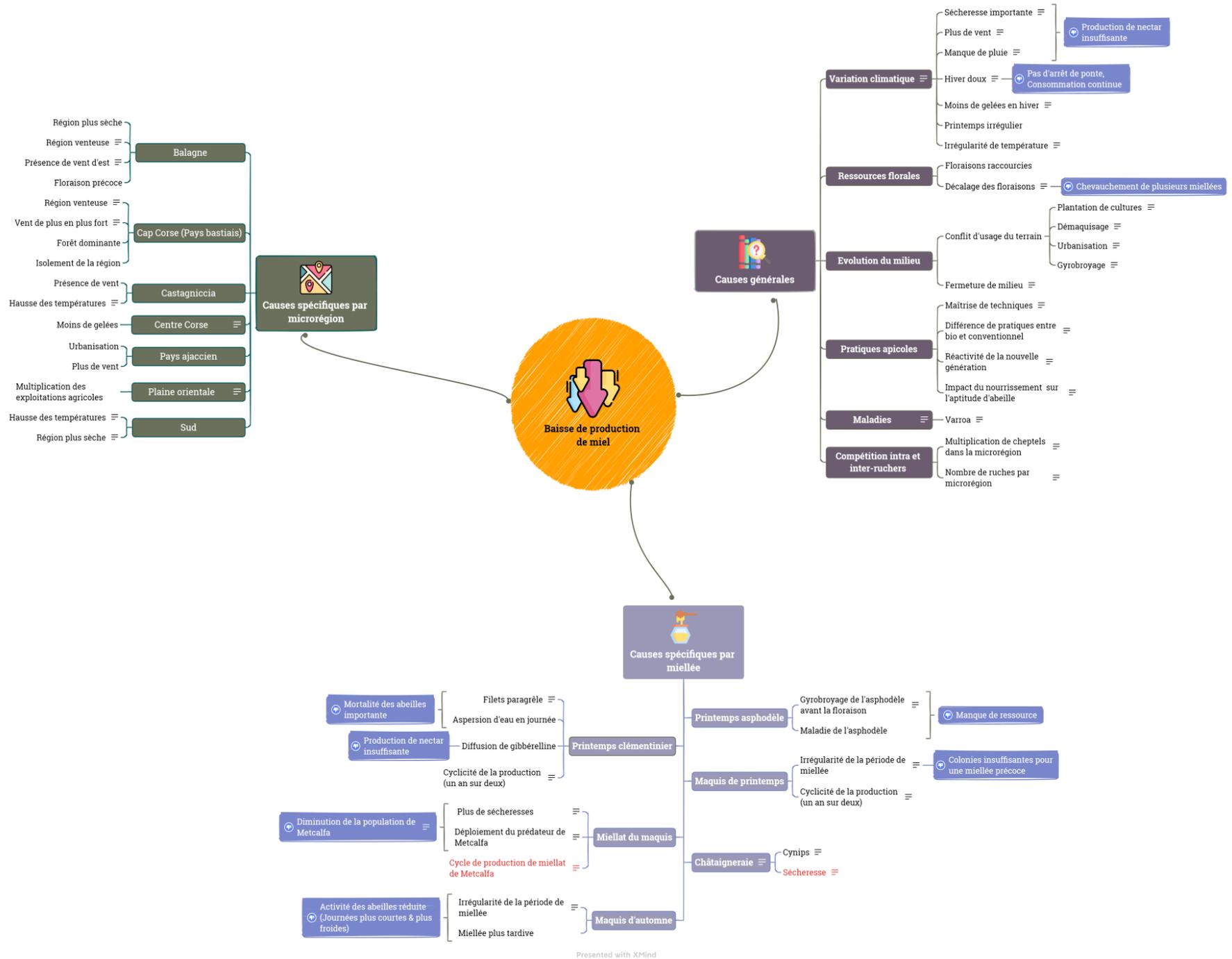


125 relevés  
7 groupes

*Dendrogramme hiérarchisant les milieux inventoriés appartenant à la classe 1 grande catégorie « Zones Buissonnantes » ci-dessus*

## ANNEXE IX

### Carte mentale des différents facteurs pouvant provoquer une baisse de production de miel en Corse selon les apiculteurs



Presented with XMind

## ANNEXE X

### Exemple d'une fiche synthétique individuel sur les ressources d'un rucher

A chaque apiculteur ayant participé à notre étude leur sera remis une fiche synthétisant l'étude de ressources nectarifère et pollinifères réalisées lors de ce stage.

CULLETTIVITÀ DI CORSICA  
COLLECTIVITÀ DE CORSE

Uffiziu di u Sviluppu  
Agricolu è Rurali di Corsica  
Office du Développement  
Agricole et Rural de Corse

Projet de recherche du  
Comité Scientifique et Technique Apicole

MIEL DE CORSE  
AOP  
MELE  
DI CORSICA

### Fiche synthétique

**Objectiver les potentialités des ressources nectarifères,  
pollinifères et miellatifères d'emplacements de ruches  
choisis par les apiculteurs**

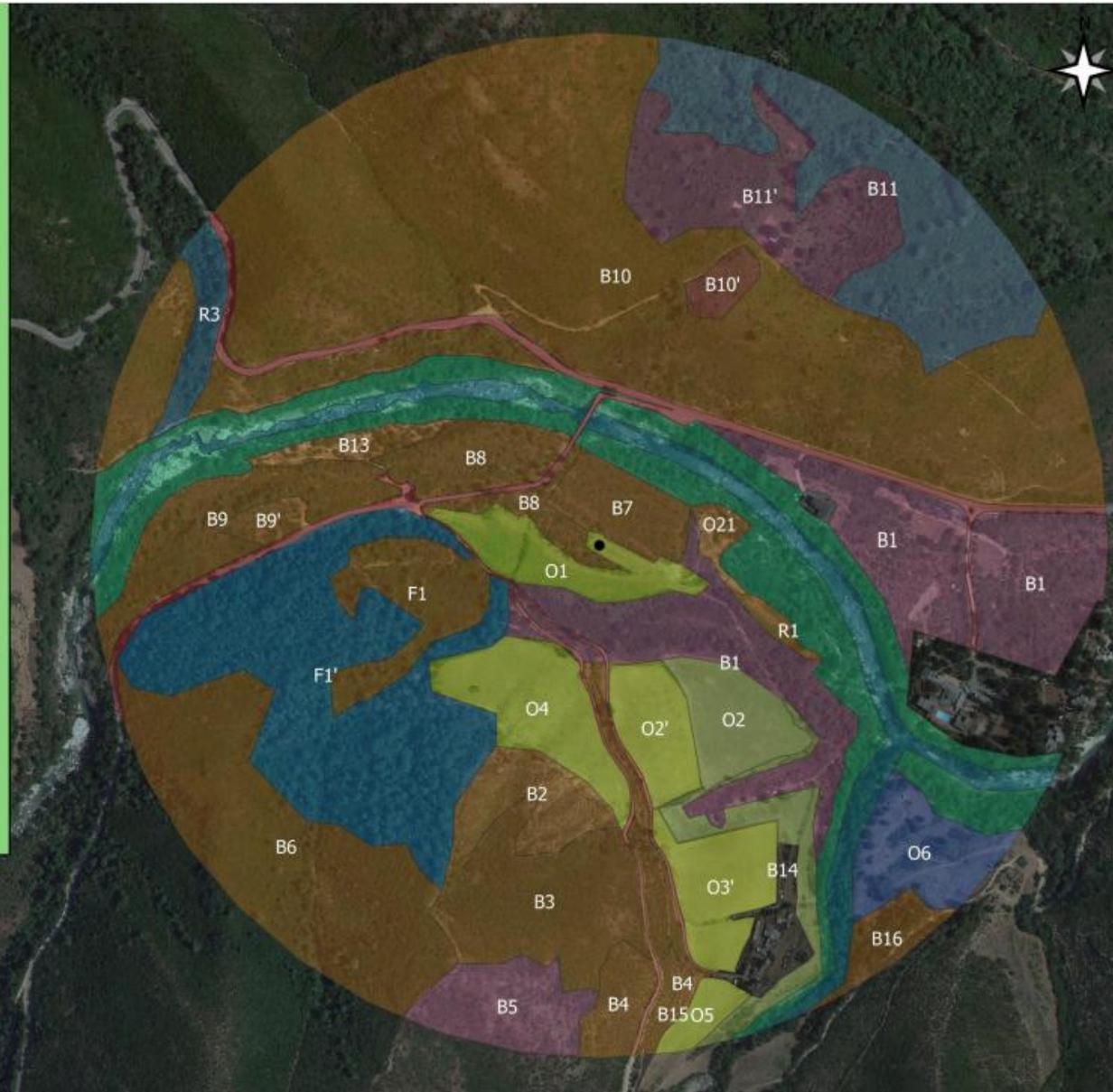
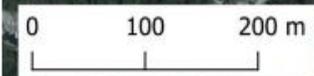
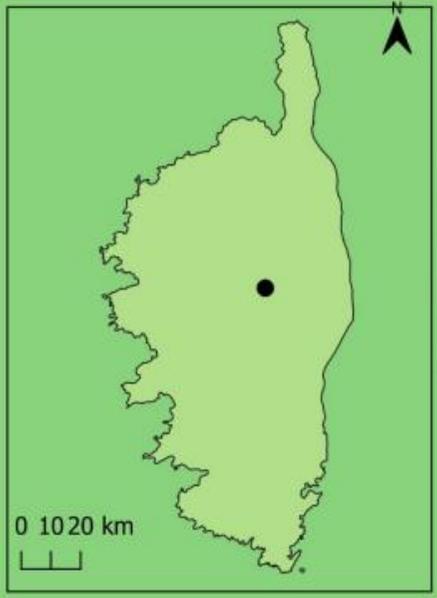
*Mélodie Bourreau, Hugo Sannier-Alfonsi et Yin Yang - 2022*



# Noceta

Apiculteur : \*\*\*\*\*  
Altitude : 248 m  
Coordonnée GPS : \*\*\*\*\* ; \*\*\*\*\*  
Miellée : Maquis de Printemps

Surface inventoriée : 78,2053 ha  
Inventaire 2022 : BOURREAU  
Mélodie, SANNIER-ALFONSI Hugo,  
YANG Yin



Source : ODARC - Mélodie Bourreau, Hugo Sannier-Alfonsi et Yin Yang - 2022

1

**Zones forestières**

- Chênaie claire à **chêne liège** (B11)
- Pineraie** (F1')

**Zones buissonnantes**

- Maquis bas **cistaie** (B1, B5 & B11')
- Maquis haut à **arbousier** et **bruyère arborescente** (B2, B3, B4, B6, B7, B8, B9, B9', B10, B13, B15, B16, F1, O20, O21)
- Maquis hygrophyle (R3)
- Roncier** (B10')

**Zones ouvertes**

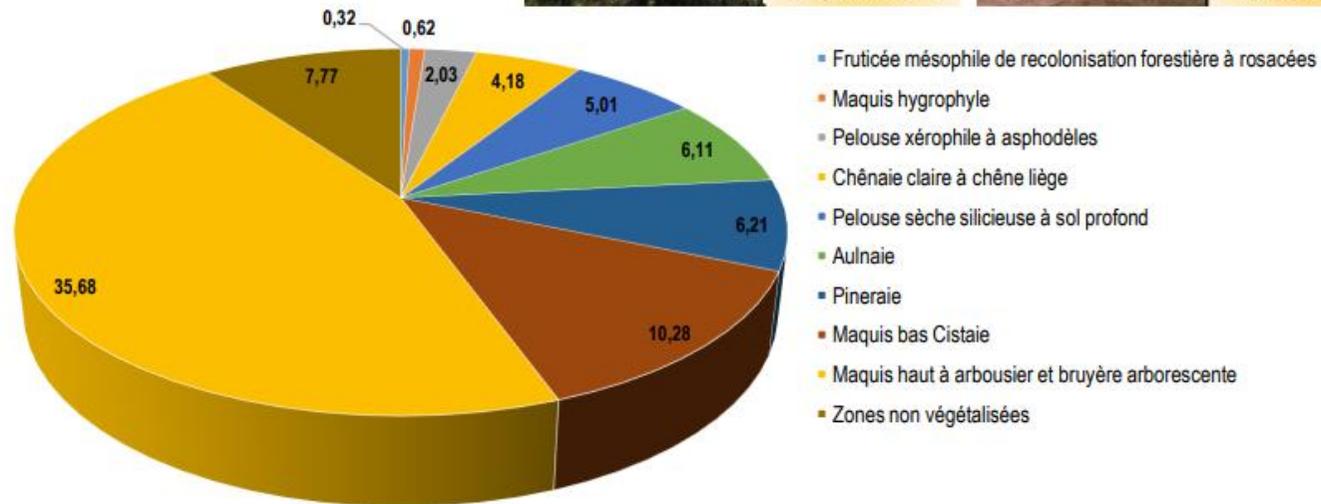
- Pelouse sèche silicieuse à sol profond - Commmauté thyrrhèniennes (O1, O2', O3', O4, O5)
- Pelouse xérophile à **asphodèles** (O2, B14)

**Zones ripicoles**

- Aulnaie** (R1)

**Zones non végétalisées**

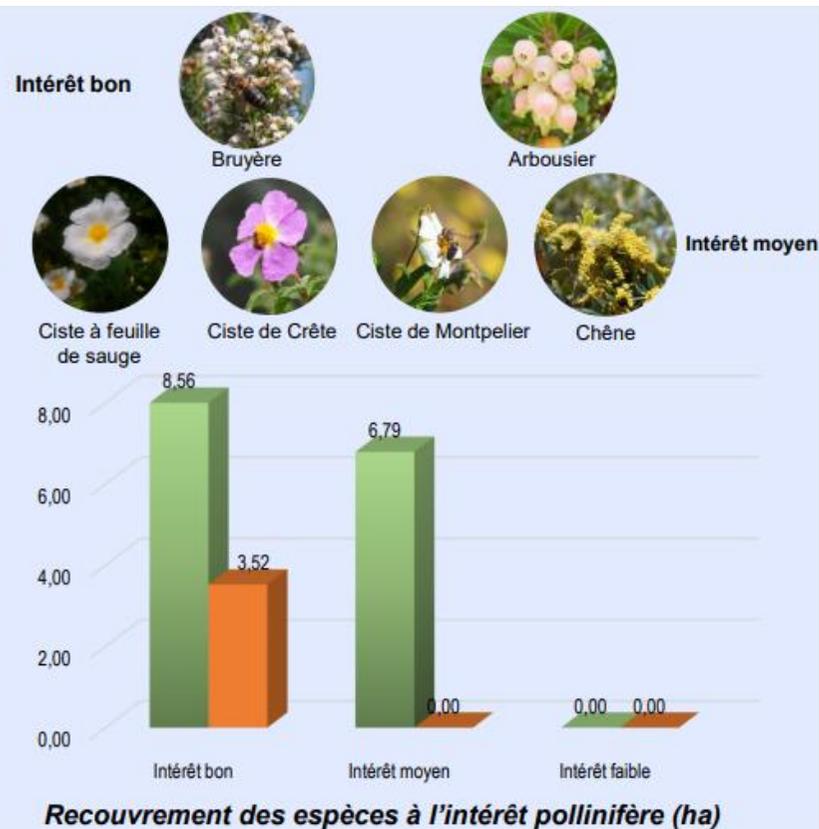
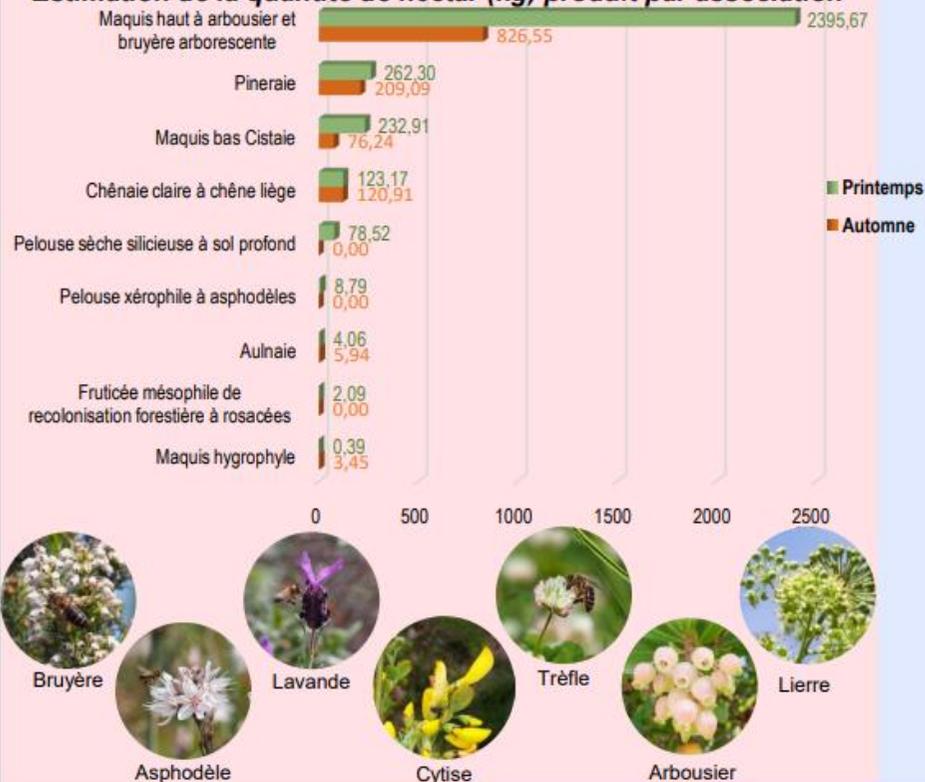
- Eau douce
- Milieu urbain
- Route
- Zone déboisée



Recouvrement à l'hectar des associations végétales identifiées

Source : ODARC - Mélodie Bourreau, Hugo Sannier-Alfonsi et Yin Yanq - 2022

### Estimation de la quantité de nectar (kg) produit par association



Recouvrement des espèces à l'intérêt pollinifère (ha)

### Classement des plantes en fonction de leur intérêt pour les abeilles

Classes nectarifères		Classes pollinifères	
1	0 à 25 kg par ha (ronce, chèvrefeuille...)	1	Intérêt faible (érable, saule...)
2	26 à 50 kg (fruitiers, vioerne...)	2	Intérêt moyen (chêne, châtaignier, ciste...)
3	51 à 100 kg (lavande, agrume, inule, saule...)	3	Intérêt bon (arbousier, bruyère...)
4	101 à 200 kg (romarin, trèfle...)	4	Intérêt excellent
5	201 à 500 kg (arbousier, asphodèle, bruyère, lierre...)		
6	plus de 500 kg		

Référence : Conrad M., Essai sur les possibilités apicoles des espèces végétales de la Corse. R.F.A, 1980.

L'estimation de pouvoir nectarifère et pollenifère sur les 500 m au tour du rucher est basé sur l'étude de Mme Conrad et nos observations sur le terrain, ce qui nous a permis d'évaluer l'attractivité d'un site mellifère.

Cependant, la sécrétion de nectar par les plantes mellifères est très variable en fonction des espèces, mais également des conditions pédologiques et météorologiques. Toute modification climatique peut avoir une incidence importante sur la phénologie des plantes et la vie des pollinisateurs.

Source : ODARC - Mélodie Bourreau, Hugo Sannier-Alfonsi et Yin Yanq - 2022

3



## ETUDE DES POTENTIALITÉS NECTARIFÈRES ET POLLINIFÈRES DE MILIEUX SPONTANÉS DE CORSE : RELATIONS AVEC LE RENDEMENT EN MIEL ET RÔLE DES VARIATIONS CLIMATIQUES

**Résumé :** Depuis une dizaine d'années, une décroissance tendancielle de la production des miels de « printemps » corses est observée. Pour tenter de déterminer les causes de cette baisse de production, le Syndicat AOP Miel de Corse - Mele di Corsica et l'ODARC ont mis en place un Comité Scientifique et Technique Apicole (CSTA). 18 ruchers ont été sélectionnés, sur lesquels ont été inventoriés sur un rayon de 500 m, pendant 2 sessions de terrain, 284 milieux composés d'un total de 441 espèces. Des données de rendement et météorologiques ont été extraites. À l'issue de la première année d'analyse, nous avons pu observer les tendances suivantes :

1. Un changement climatique, notamment une augmentation des températures, est bel et bien observé sur l'île.
2. Les variations climatiques ont une influence sur le rendement des miels de « printemps » et les paramètres météorologiques diffèrent en fonction du miel de Maquis de printemps ou du miel de Printemps
3. La composition floristique autour des ruchers et son état ont une influence sur le rendement des miels de printemps. Il est également possible d'avoir une estimation de la quantité de nectar fournie par le cortège floristique autour du rucher.

**Abstract :** Over the past ten years or so, there has been a downward trend in the production of Corsican « spring » honeys. To try to determine the causes of this drop in production, the Syndicat AOP Miel de Corse - Mele di Corsica and ODARC have set up a Scientific and Technical Beekeeping Committee (CSTA). 18 apiaries were selected, on which were inventoried, over a 500 m radius, during 2 field sessions, 337 environments composed of a total of 441 species. Performance and weather data were extracted. After the first year of analysis, we observed the following trends:

1. Climate change, including an increase in temperatures, is indeed observed on the island.
2. Climatic variations have an influence on the yield of « spring » honeys and the meteorological parameters differ depending on spring maquis honey or spring honey
3. The floristic composition around the apiaries and its condition influences the yield of spring honeys. It is also possible to have an estimate of the amount of nectar provided by the floristic procession around the apiary.