

Mémoire de Fin d'Etudes

Master 2 Mention Biologie Végétale (BV)

Parcours : Plant Health Protection

Année universitaire | 2023-2024

**Mise en place de bonnes pratiques de conservation de la
biodiversité cultivée de PPAM et participation à un projet de
caractérisation de la collection de menthes**

Par : Héroïse TEBOUL




Soutenu à Angers le : 11/09/2024

Maître de stage : Marie FOURAGE

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

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

Signature :



Remerciements

Ce stage de six mois au Conservatoire National des Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales et m'a permis d'affiner mes connaissances, appliquées et scientifiques, relatives à la diversité végétale. Les divers travaux sur le terrain, le projet CaraColl ainsi que mon enthousiasme pour la bibliographie et les ouvrages relatifs au genre *Mentha* et à la diversité de PPAM m'ont beaucoup réjouie au cours de cette période. La cohésion intra-équipe, pour répondre aux besoins de la structure associative, a été une expérience très enrichissante.

Tout mes remerciements vont à ses représentant, Madame la directrice Agnès Le Men et Monsieur le président François Letourneux, ainsi qu'à l'ensemble des membres de ses équipes, côtoyés quotidiennement et amicalement.

La passion, la bienveillance et la rigueur de ma maître de stage Marie Fourage m'ont particulièrement marqué et les enseignements transmis continueront de s'exprimer dans mon parcours futur. Je la remercie donc spécifiquement pour son accompagnement et sa confiance dévouée à la réalisation des différentes missions du stage.

Je remercie grandement mon Tuteur, Monsieur Didier Peltier, pour ses remarques scientifiques et son attention pour le déroulement de mes travaux.

A l'issue de cette mise en situation, dans le contexte d'études universitaire, mon ambition pour poursuivre dans une voie associée au passionnant domaine des plantes est renforcée.

Table des matières

Remerciements	.....
Glossaire	.....
Liste des abréviations	.....
Introduction	.....1
1. Contextualisation	.....1
Partie I : Enjeux liés à la conservation des plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales	.....1
A) Aspects généraux sur la biodiversité cultivée de PAM et sa filière	.....1
B) Le Conservatoire National des Plantes à Parfum, Médicinales, Aromatiques et Industrielles (CNPMAI)	.....5
Partie II : Conservation, Caractérisation et Gestion des Ressources Génétiques Appliquées aux PPAM	.....9
A) Concepts associés aux ressources génétiques	.....9
B) Standardisation des procédures de conservation	.....11
Partie III : Focus sur le modèle d'étude (Genre <i>Mentha</i>)	.....15
A) Généralités sur les menthes	.....17
B) Diversité, Reproduction et Plasticité au sein du Genre <i>Mentha</i>	.....19
2. Présentation du sujet de stage	.....21
Matériel et méthodes	.....23
1. Stratégies de conservation des ressources génétiques	.....23
A) Bonnes pratiques et procédures	.....23
B) Entretien et renouvellement de collections génétiques	.....25
C) Gestion de la santé des plantes	.....27
2. Le Projet CARACOL	.....29
A) La collection nationale de menthes	.....31
B) Méthodes de caractérisations	.....31
a. Relevés caractères morphologiques (1/3)	.....33
b. Protocoles des analyses physicochimiques (2/3)	.....37
c. Prélèvements pour analyses génétiques (3/3)	.....39
C) Analyses statistiques via R studio	.....39
Résultats - Projet CARACOLL	.....41
Discussion	.....49
Conclusion	.....53
Bibliographie	.....55
Sitographie	.....60
ANNEXES	.....

Liste des Annexes

ANNEXE I. Détails des modalités et types d'évaluation pour les différents critères utilisés pour la caractérisation morphologique de la collection de menthes.

ANNEXE II. Fréquences et proportions des individus par classe taxonomique (espèce ou hybride) annotés (n = 220).

ANNEXE III : Décomptes et fréquences pour six variables catégorielles.

ANNEXE IV : Exemples de fiche d'identité – Livrable CaraColl.

Liste des Illustrations

Figure 1. Modes de transformation et finalités commerciales au sein de la filière des PPAM..... - 2 -

Figure 2. Importations, exportations (HE) et surfaces de production en BIO - 4 -

Figure 3. Répartition régionale à l'échelle de la France des cultures de PPAM..... - 4 -

Figure 4. Relations entre espèces et hybrides basées sur des données chromosomiques..... - 18 -

Tableau 1. Renouvellement d'accessions et bonnes pratiques AuthentiPPAM - 24 -

Figure 5. Diversité taxonomique présente dans la collection de menthes - 30 -

Figure 6. Critères de notations et modalités associées. - 32 -

Figure 7. Positions des principaux compartiments manipulés lors des vapo-distillations. - 36 -

Figure 8. Série complète de 6 distillations. - 36 -

Figure 9. Protocole – Caractérisation génétique - 38 -

Figure 10. Nombre d'individus par catégories taxonomiques..... - 40 -

Figure 11. Nombre de tiges et richesse spécifique..... - 40 -

Tableau 2. Variables continues relatives à la description des tiges. - 42 -

Figure 12. Nombre d'individus par espèces et hybrides selon la vigueur. - 42 -

Figure 13. Ratio longueur sur largeur, formes des feuilles et richesse spécifique . - 42 -

Figure 14. Longueur et largeur des feuilles de différents groupes de menthes. - 44 -

Figure 15. Répartition des individus selon six critères morphologiques..... - 46 -

Figure 16. Mise en rapport de deux individus avec les moyennes pour leur groupe taxonomique respectif et l'ensemble de la collection. - 48 -

Glossaire

Auxiliaires : Insectes sensibles à un panel de traits floraux et prodiguant des services écosystémiques (Noël, G., & Francis, F., 2020).

Bioagresseur : Regroupe les organismes à caractère phytopathogène dont le spectre d'action est soit spécifique, soit généraliste. Ce terme peut s'appliquer à des bactéries, des champignons, des insectes, des nématodes, des plantes et des virus.

Brassage génétique : Le brassage génétique, opérant lors de la division méiotique, comprend le brassage intrachromosomique (crossing-over) suivi du brassage interchromosomique. Ces processus de recombinaison conduisent à la formation des gamètes avec des combinaisons alléliques et chromosomiques uniques.

Cals : Amas cellulaire indifférencié, maintenu vivant dans un milieu nutritif synthétique.

Chromosomes : Structure condensée des chromatides, représentatif de l'arrangement des séquences d'ADN lors de l'étape de métaphase mitotique.

Croisements naturels : Au sein d'une population non contrôlée, le phénomène de pollinisation croisée chez les plantes conduit à un mélange génétique aléatoire. D'un point de vue évolutif, il peut être source d'adaptations aux conditions environnementales changeantes.

Diversité : Représente la part existante de variabilité génétique (diversité de gènes et d'allèles au sein d'une population ou d'une espèce), phénotypique (variations observables dans les traits des organismes) et écosystémique (habitats, groupes d'espèces en interaction, processus écologiques) dans les populations d'organismes vivants.

Forme de la base des feuilles : De quatre types chez les menthes, la base des limbes peut être arrondie (forme de demi-cercle), cunéiforme (forme de coin, proche d'une base aigüe mais l'élargissement n'allant pas jusqu'au sommet de la feuille), tronquée (forme plane à horizontale) ou subcordée (forme caractéristique du haut d'un cœur).



Gamètes : Dans le règne végétal, les cellules germinales correspondent aux ovules et au pollen contenus dans les pistils et sur les étamines (chez les Angiospermes).

Mode de reproduction : Selon le mode de propagation à l'œuvre (autofécondation ou autogamie, fécondation croisée ou allogamie, multiplication végétative) chez une espèce donnée, la structure génétique des individus sera différenciée (homogénéité et stabilité relative des traits, maintien de l'hétérozygotie et de la variabilité, clones).

Organismes de quarantaine : Micro- ou macro- organismes référencé et susceptible d'induire un effet envahissant et/ou pathogène lors de son introduction sur un territoire étranger de celui dont il est originaire.

Phylogénétique : Etude des relations biologiques entre des unités taxonomiques (espèces, populations, individus ou gènes).

Phytotron : Chambre de culture intérieure (isolée) dont les paramètres sont hautement contrôlés (expérimentation, recherche).

Simples : Appellation donnée au Moyen Âge à un ensemble de plantes médicinales connues pour leurs vertus thérapeutiques. Certaines de ces magnifiques hampes florales ont été représentées par Jean Cocteau pour orner les murs de la chapelle Saint-Blaise-des-Simples à Milly-la-Forêt (Ex. l'arnica, la renoncule, la colchique, l'aconit, la jusquiame, la digitale, la valériane, la guimauve, la gentiane, la menthe).

Transgénèse : Processus artificiel de modification génétique et source de nouvelles combinaisons génique (diversité).

Variété : Il existe des variétés hybrides, composites, synthétiques, et fixées avec des avantages et des limites. Elles offrent des alternatives aux lignées et aux populations.

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

AuthentiPPAM : Authentique Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales

CaraColl : Caractérisation de Collection

CNPMAI : Conservatoire National des Plantes à Parfum, Médicinales, Aromatiques et Industrielles

CRIEPAM : Centre Régionalisé Interprofessionnel d'Expérimentation en Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales

EN : Entre-Nœud

GEVES : Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés Et des Semences

HE : Huile Essentielle

ISIPCA : Institut Supérieur International du Parfum, de la Cosmétique et de l'Aromatique Alimentaire.

ITEIPMAI : Institut TEchnique Interprofessionnel des Plantes Médicinales, Aromatiques et Industrielles

ONIPPAM : Office National Interprofessionnel des Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales

PAM ou PPAM : Plantes à Parfum, Médicinales, Aromatiques

PPE : Passeport Phytosanitaire Européen

PV : Pseudo-Verticilles

RG : Ressources Génétiques

SRAL : Service Régional de l'Alimentation

Introduction

1. Contextualisation

Mots clés : Genre *Mentha*, caractérisation, conservation, génétique, diversité, traçabilité.

Partie I : Enjeux liés à la conservation des plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales

Les ressources naturelles ont toujours été essentielles pour fournir des services répondant aux besoins humains. Au fil du temps, les usages développés par les différentes cultures et sociétés se sont complexifiés. La surexploitation des ressources, pour l'obtention de matières premières et les procédés de fabrications actuels, menacent une considérable part de la diversité biologique à travers les écosystèmes (IUCN, 2020 ; Rawat, U et al, 2015 ; UNEP-WCMC (Comps), 2020). Parmi les espèces végétales de PPAM, nous pouvons citer *Equisetum hyemale* qui est menacée à travers la disparition de son milieu naturel, ou l'ail des ours *Allium ursinum* qui commence à subir une pression de cueillette. La Convention sur la Diversité Biologique (CDB), établie en 1992, a servi de levier pour pallier le manque d'initiatives, dans les programmes locaux et nationaux, de conservation et d'intégration de la biodiversité (Chandra, A., et Idrisova, A., 2011). Concilier, à différentes échelles, les actions des acteurs politiques, économiques et législatif est un travail continu pour les structures engagées dans des démarches de conservation. La conservation et l'utilisation des ressources biologiques se sont développées via le renforcement des capacités scientifiques, techniques et institutionnelles des pays.

Aspects généraux sur la biodiversité cultivée de PAM et sa filière

L'utilisation des plantes médicinales, dans la médecine officielle et traditionnelle, des plantes à parfums et des plantes aromatiques, pour leur arôme et leur saveur, est historique. Elles suivent une demande croissante à la fois dans les secteurs de l'industrie agroalimentaire, cosmétique, pharmaceutique ainsi que parmi les consommateurs modernes (Giannenas, I. et al., 2020). Au sein de cette filière, l'importance économique des espèces varie largement suivant le produit fini et le pays considéré. Elle couvre une diversité taxonomique très étendue, dont les usages et les propriétés sont multiples. Cette diversité botanique place la filière des PPAM à l'interface de nombreux domaines et disciplines (Cheminal, A. et al., 2020 ; Hawkins, B., 2008 ; Sasikumar, B., 2005 ; Tangpao, T. et al., 2022).

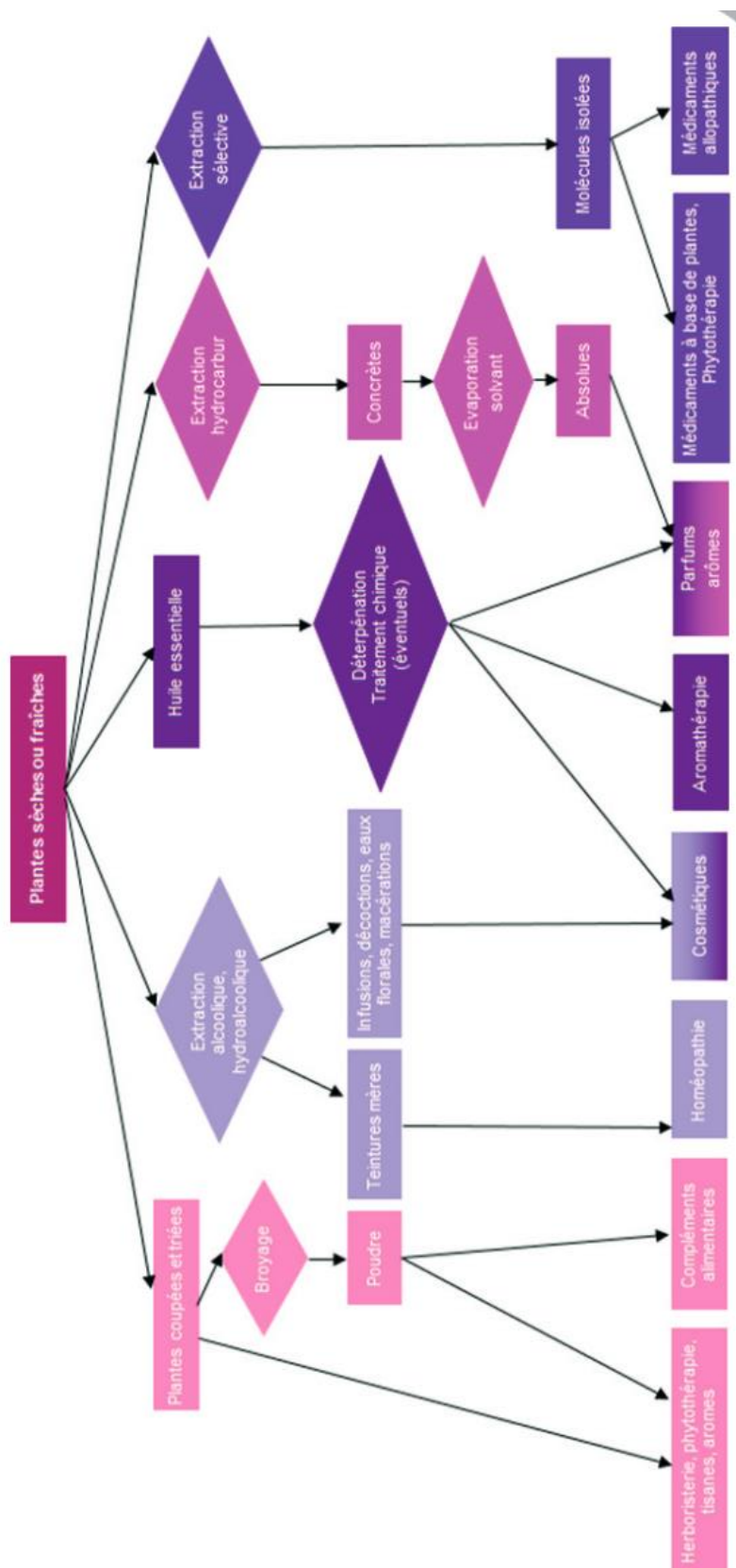


Figure 1. Spectre des modes de transformation et finalités commerciales possibles au sein de la filière des PPAM, à partir de plantes sèches ou fraîches ([France Agrimer, 2022](#)).

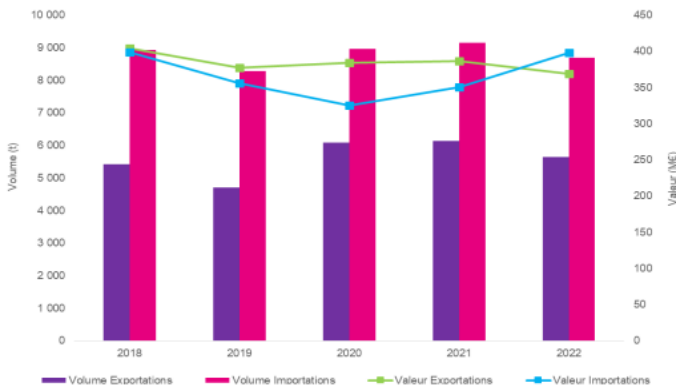
Parmi eux, l'ethnobotanique, les pharmacopées actuelles, la transformation des aliments (additifs alimentaires), la physiologie végétale, les connaissances et les dérivés plus ou moins créatifs associés aux plantes sauvages peuvent être représentés. D'origine géographique diverses, les espèces de PAM peuvent avoir été domestiquées ou s'être adaptées aux conditions écologiques d'une région données.

Suivant les types d'usages, des prélèvements à potentielle visée commerciale, avec un impact variable, peuvent s'opérer *in natura*. La pression écologique s'exerçant sur la flore sauvage s'explique notamment par le cout réduit de la collecte par rapport à celui de la mise en culture ([Barata, A. M. et al., 2016](#)). Intégré par plusieurs pays dans le Programme coopératif européen pour les ressources phytogénétiques (ECPGR), un groupe est spécialisé sur les plantes médicinales et aromatiques. Ils peuvent par exemple engager des projets d'inventaires, de suivis populationnels, ainsi que définir la liste d'espèces prioritaire et leurs caractéristiques spécifiques, créant ainsi des modèles de description systématique et standardisé pour chaque espèces ([ECPGR, Medicinal and Aromatic Plants Working Group](#)). Face à l'exploitation et la dégradation des habitats, la réduction du nombre de plantes médicinales entraîne une perte de diversité génétique ([Canter, P. H. et al., 2005](#)).

Collectés ou produits, le matériel végétal peut s'employer sous différentes formes (en frais, en sec, en surgelé et sous forme d'extraits). L'itinéraire suivi, de son obtention jusqu'à par exemple, l'extraction de principes actifs et leur diffusion, est plus ou moins complexe (récolte, stockage, séchage, surgélation, extraction, transformation, conservation) (**Figure 1**). Chaque forme de traitement du matériel présente des défis, en termes d'optimisation des pratiques, afin de garantir la qualité et l'efficacité des produits finaux ([Kiani, S. et al., 2016](#) ; [Wang, H. et al., 2023](#)). La compétitivité repose sur la combinaison de plusieurs performances, permettant ainsi de gagner en valeur économique. La maîtrise des facteurs de variation affectant la teneur en principe actif, par exemple, ou améliorer la tolérance aux stress biotique et abiotiques, sont des voies d'innovation. L'optimisation des pratiques culturales et les programmes de sélection variétale permettent la recherche de pistes d'amélioration des systèmes de production ([Carron, C. –A. et al., 2023](#)).

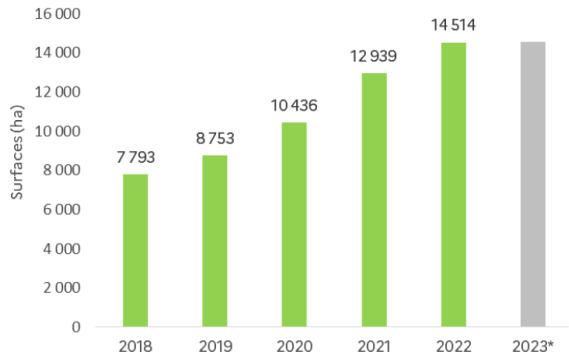
L'approvisionnement par importation de PPAM, sous forme de plants, est en hausse depuis une décennie en France. En termes d'huiles essentielles, le pays est le deuxième importateur et exportateur mondial. La production française de PPAM en agriculture biologique (BIO) connaît une croissance

Importations et exportations françaises d'huiles essentielles entre 2017 et 2020



Source : FranceAgriMer d'après les données de Trade Data Monitor

Évolution des surfaces de PPAM bio en France de 2018 à 2023



* Données provisoires
Source : FranceAgriMer d'après les données de l'ASP - déclarations PAC

Figure 2. Evolution des importations et exportations d'huiles essentielles et des surfaces de production de PPAM BIO en France (France Agrimer, 2023).

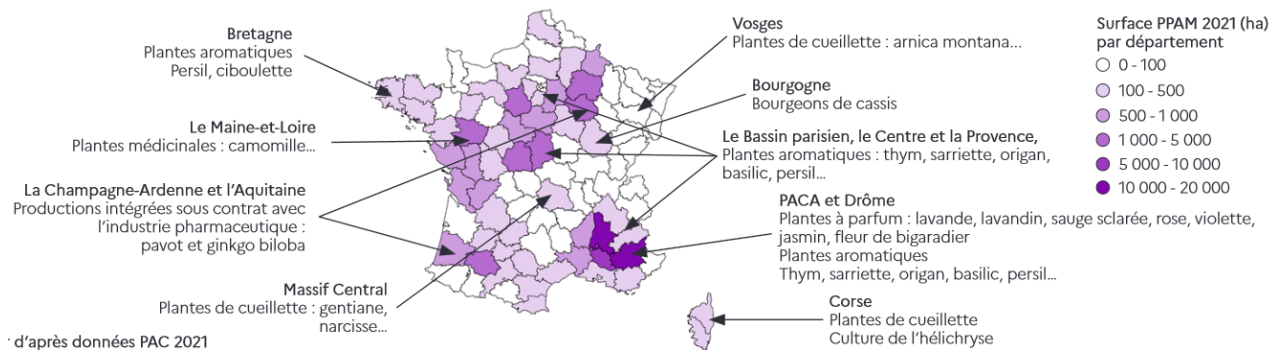


Figure 3. Répartition régionale à l'échelle de la France des principales cultures de PPAM et de la proportion territoriale associées (France Agrimer, 2022).

continue depuis plusieurs années et montre une forte dynamique de conversion (**Figure 2**). Selon les régions et les types de cultures, la surfaces moyennes des exploitations varient considérablement (**Figure 3**). A titre indicatif, les lavandes et les lavandins ainsi que les régions PACA, Auvergne-Rhône-Alpes et Occitanie ont une prépondérance sur le marché ([Agence Bio, 2019](#) ; [France Agrimer, 2023](#)). Il existe des institutions dont le rôle est central pour la sauvegarde et la promotion de la biodiversité des PPAM en France.

A) Le Conservatoire National des Plantes à Parfum, Aromatiques, Médicinales et Industrielles (CNPMAI)

Le Conservatoire National des Plantes à Parfum, Aromatiques, Médicinales et Industrielles (CNPMAI) est une association (Loi 1901) à but non lucratif qui se situe au sein du Parc Naturel Régional du Gâtinais français, à Milly-la-Fôret (sud-est Essonne). Sa création, en juin 1987, a suivi la relocalisation des activités de l'Institut Technique Interprofessionnel des Plantes Médicinales, Aromatiques et Industrielles (ITEPMAI), à Chemillé (Maine-et-Loire). L'origine de l'ITEPMAI*, anciennement dénommé par Centre National d'Expérimentation, remonte à 1953 avec l'essor des activités de production (séchage, mondage, distillation) dans la région de Milly-la-Forêt. Ces organismes sont réunis par la filière PAM* (Plante à Parfum, Aromatiques et Médicinales), avec notamment l'ONIPPAM* (ex. études analytiques de la situation du marché), le CRIEPAM* et la Chambre d'Agriculture de la Drôme. Elle présente un développement notable dans la région des Pays de la Loire ([Lola Carquin, 2023](#)). Depuis le début du XIXe siècle, la région de Milly-la-Fôret œuvre pour la culture des plantes médicinales et la sauvegarde du patrimoine de connaissances, associé aux Simples*. Ces dernières étaient très estimées dès le XIIe siècle et sont toujours cultivées à la Chapelle Saint Blaise des Simples, autre lieu emblématique. Historiquement utilisée, La menthes de Milly-la-Forêt, est la plus célèbre de la région avec son taux de menthol particulièrement élevé et son parfum prononcé.

Trois secteurs principaux définissent le CNPMAI et ses démarches vis-à-vis de la diversité de PPAM* dont il dispose. Le premier se concentre sur le tourisme, la dispense de formation ainsi que l'élaboration d'outils de sensibilisation associés à des rappels réglementaires ([Schilling, M. et Pasquier B., 2013](#)). Un second secteur, destiné à la production biologique et à la vente de semences et de plants, constitue une source financière pour maintenir l'autonomie de la structure et permet de proposer un catalogue de PPAM aux différents acteurs externes (Budget : 500 000/an, 50% subventions publiques

et 50% autofinancement ; Personnel : effectif d'environ six).

D'accès facilité pour les deux précédents, le secteur « Ressources génétiques ou RG* » entretient et conserve de manière standardisée (Guide AuthentiPPAM*) une *quinzaine* de genres de PPAM (*Allium*, *Angelica*, *Arnica*, *Chamaemelum*, *Pelargonium*, *Helicrysum*, *Hyssopus*, *Lavandula*, *Levisticum*, *Melissa*, *Mentha*, *Ocimum*, *Origanum*, *Rosmarinus*, *Salvia*, *Tanacetum*, *Thymus*, *Valeriana*). Ils sont chacun représentés par une diversité inter et intra spécifique, plus ou moins étendue (espèces, sous-espèce, cultivar, variété), sous la forme de plants et/ou de semences. Dans ce contexte, on parle de conservation *ex-situ** (hors de leur habitat naturel), en contraste avec la conservation *in-situ** (dans leur habitat naturel), mais dont la complémentarité des approches est largement reconnue et adaptée selon l'espèce ciblée (Hawkes, J. G. et al., 2012). Une grande collection avec près de 1000 taxons de PPAM, visitable par le public mais moins réglementée par les normes AuthentiPPAM, rassemble une impressionnante diversité de plantes utiles, classées selon leurs propriétés, leurs aires de répartition, leurs utilisations ou par leur statut de « plante menacée ». Témoignant de certains usages modernes et antiques, la grande collection du CNPMAI demande des modalités d'entretien spécifiques, selon les types biologiques et les exigences potentielles des espèces, pour le bon développement des plantes.

Le développement de collections et leur conservation implique des sources fiables en matériel végétal (prospections de terrain, échanges avec des jardins botaniques, conservatoires et universités à l'international via des « *index seminum* ») et une gestion solide des ressources génétiques (accessions) (Gómez-Campo, C., 2016 ; Heywood, V., 2009). Disposer des connaissances techniques et spécifiques associées à un large panel de végétaux ainsi que d'un sens aigu de l'organisation, permet de maximiser la traçabilité des ressources biologiques.

Dans cette logique, le CNPMAI est missionné sur un volet recherche de la filière. Son expertise, dans le suivi régulier et la connaissance du contenu des collections, peut être mobilisé pour identifier des candidats potentiels à l'intégration de programmes de sélection variétale (Synthèse de Projet - Carosel 2022-24). L'un des objectifs du projet Carosel, en plus de l'aspect descriptif, était l'identification de caractères physicochimiques d'intérêt parmi des lots d'accession de camomilles (genre *Chamaemelum*) à fleurs simple. Des individus clonaux, provenant de la population de fleurs doubles déjà sélectionnée par le CNPMAI, ont été utilisés comme témoins.

Marqué au sein du secteur ressources génétiques de la structure, les responsables renouvellent les accessions conservées, suivent puis caractérisent celles qui représentent de plus larges intérêts.

Partie II : Conservation, Caractérisation et Gestion des Ressources Génétiques Appliquées aux PPAM

Sur ses plans économique, sanitaire et écologique, la sécurité alimentaire implique une certaine résilience des systèmes agricoles. Elle est soutenue par une disponibilité et une utilisation durable des ressources génétiques (Begna, T., 2021). L'industrie et l'agriculture nécessitent des approvisionnements réguliers, en une diversité de denrées et de variétés, pour des productions rentables. La compréhension des mécanismes associés à l'expression de caractères désirables chez les plantes, permet de saisir des opportunités sur le marché. Des risques liés au changement climatique, des contraintes techniques, biochimiques ainsi que la sensibilité à certains bioagresseurs* peuvent être contournés (Acquaah, G., 2009).

A) Concepts associés aux ressources génétiques

Au sein des plantes actuellement cultivées, une grande diversité* taxonomique a été domestiquée. L'influence humaine, plus ou moins indirecte, s'est d'abord exercée sur les espèces sauvages, à l'échelle de certains traits morphologiques et pour permettre différents usages. Au cours du temps, des différenciations notables se sont inscrites dans le patrimoine génétique des individus, contribuant ainsi à des différences phénotypiques et à un éloignement phylogénétique (Harlan, J. R., et Wet, J. M., 1971 ; Stalker, H. T., et al. 2021). La proximité génétique peut être structurée en niveaux de pools génétiques, définissant des utilisations possibles et les limites qui créent les distinctions.

Pour une espèce biologique* ou une culture donnée, le premier groupe inclut aussi ses plus proches parents sauvages et dont les hybrides produits sont fertiles. Dans le second pool, une tendance à la stérilité des descendants, issus du croisement possible entre d'autres espèces et la culture, est observé. Les espèces de ce pool peuvent correspondre à des ressources génétiques intéressantes afin de conférer certains traits à l'espèce cultivée. Enfin, suffisamment éloignés pour empêcher les croisements naturels*, le reste de la biodiversité végétale correspond au pool tertiaire. Mise à part *via* les outils de transgénèse*, les lois biologiques contraignent la création de diversité, ou mélange génétique des gamètes*. Le brassage génétique* à l'intérieur des chromosomes*, ou recombinaison, est une des principales sources de

variabilité génétique (Ramanatha Rao, V. et Hodgkin, T., 2002 ; Salgotra, R. K., et Chauhan, B. S., 2023).

Le phénomène de recombinaison aléatoire, qui contribue à la création *de novo* de diversité, opère lorsqu'une fécondation a lieu. Les individus naissant, uniques sur le plan génétique, ont leur propre génotype et peuvent être nommés accessions (Martín, C. et al., 2013).

Le mode de reproduction* peut être un moteur ou un frein à l'élaboration de diversité génétique. La structure génétique des individus est par conséquent impactée et celle des descendants peut être en partie anticipée. Chez les espèces allogames, par rapport aux espèces autogames, la recombinaison s'effectue à partir de patrimoines génétiques parentaux provenant d'individus distincts. Un haut taux d'hétérozygotie, représentatif d'une diversité allélique élevée, décrit plutôt des espèces allogames tandis que l'autofécondation favorise le maintien d'une certaine homogénéité dans la descendance. Une tendance à l'homozygotie limite la variabilité en termes de gènes et d'allèles mais peut s'avérer utile pour préserver des caractères d'intérêt. En plus des implications adaptatives, conduisant ou non à des avantages sélectifs, ces mécanismes sont à considérer avant de définir un programme de conservation ou de sélection.

La reproduction végétative, est un type de propagation permettant de produire des lignées clonales, des individus avec des traits phénotypiques et génétiques sans variations significatives par rapport aux pieds mères. Les espèces autogames tendent également vers une certaine uniformité génétique générations après générations. Il s'agit d'un mode de reproduction (dit « true to type ») susceptible de conduire à une dépression de la diversité génétique au sein des populations. Cependant, il peut permettre une certaine stabilité des traits et une certaine qualité de production. La compréhension de l'héritabilité des caractères et de l'effet de l'environnement sur l'expression des traits permet d'optimiser la gestion des ressources génétiques.

B) Standardisation des procédures de conservation

De nombreux facteurs peuvent influencer le développement des plantes (Lv, G. et al., 2024). La standardisation des procédures, associée à la compréhension des mécanismes biologiques, permettent de préserver le patrimoine génétique et la traçabilité d'une diversité d'espèces. La valorisation de ces ressources implique des provenances fiables, une caractérisation rigoureuse, une évaluation du matériel ainsi que de bonnes conditions de conservation.

Différents types de collections et modes de conservation existent, chacun ayant ses propres avantages et défis.

Tandis qu'une collection de base (core-collection) veille à la préservation d'un maximum de diversité avec un nombre réduit d'échantillons, une collection active représente des lots d'accessions conservés pour des traits particuliers et plutôt utilisés pour la propagation et la sélection. Potentiellement regroupées au sein d'une collection nationale, d'accès plus ou moins restreints en fonction de leur valeur stratégique, ces collections contiennent un plus ou moins grand nombre de collections génériques. Ces dernières sont relativement représentatives d'un genre, de par la diversité d'espèces, sous-espèces, variétés et cultivars qu'elles contiennent. L'exactitude taxonomique est nécessaire pour garantir une identification correcte des individus et adopter les mesures de conservation en conséquence. Pour définir les taxons qui subissent diverses pressions et obtiennent le statut d'espèce menacée, figurant sur des listes rouges régionales ou nationales, l'expertise taxonomique est un allié de la conservation (Dubois A., 2003 ; Ely, C. V. et al., 2017 ; Engel, M. S. et al., 2021).

Pour régir la diffusion de plants ou de semences des exigences réglementaires, en termes de traçabilité et de contrôle, s'appliquent sur certains végétaux. Le passeport phytosanitaire européen (PPE), nouvellement réglementé depuis 2019, constitue une barrière à l'entrée d'organismes de quarantaine* et de problématiques phytosanitaires sur un territoire. Entre conservatoires ou autres structures (Universités, centres de recherche, jardins botaniques, ect.), les envois de lots de semences avec un PPE et un identifiant unique assurent une certaine conformité du matériel.

Parmi les stratégies de conservation, les deux grandes approches sont la conservation *in-situ* et *ex-situ* (Heywood, V. H., et Dulloo, M. E., 2005 ; Heywood, V., 2009). Tandis que la conservation *in-situ* permet aux plantes de continuer à évoluer et à s'adapter à leur environnement naturel, la conservation *ex-situ* se déroule en dehors de l'habitat naturel des espèces. Cette dernière inclut plusieurs méthodes, tel que les banques de gènes (Genbank) au sein desquelles les germoplasmes (graines, tissus, embryons, plants) sont stockées à long terme. Nous pouvons citer le Centre de Ressources Biologiques (CRB) Carotte et autre Apiacées légumières, de l'Unité Mixte de Recherche (UMR) IRHS d'Angers qui œuvre pour la conservation d'une diversité végétale (collecte, stockage, régénération, description ou caractérisation, documentation, distribution) tout en facilitant leur accès pour la recherche scientifique (IRHS, 2011).

D'autres méthodes de conservation *ex-situ* incluent les *field genebanks*, adaptés aux plantes vivantes telles que les espèces pérennes ou celles qui ne peuvent être conservées sous forme de graines. La cryopréservation, *via* un maintien du matériel génétique à très basse température, offre une solution à plutôt long terme. Enfin, le stockage *in-vitro* s'applique à des tissus végétaux en conditions contrôlées de laboratoire. La survie et la disponibilité du matériel pour la propagation des espèces est ainsi assurée (Hawkes, J. G. et al., 2012).

Au sein des collections, on rencontre des espèces patrimoniales, pour leur origine locale et/ou sauvages (sources de variations génétiques), ainsi que des variétés optimisées et destinées au développement agricole. Les marqueurs génétiques*, avec des niveaux résolutions plus ou moins élevés, sont de puissants outils pour détecter des variations de séquence ADN, tel que des patterns typiques de certains caractères. Pour la création de nouvelles variétés, avec un choix critique des parents et un suivi de la descendance, la sélection assistée par marqueur est une voie moderne d'amélioration végétale.

Pour assurer une utilisation durable des ressources génétiques, ces différentes approches sont complémentaires, avec des avantages et des limites. Selon la biologie de l'espèce certains systèmes de conservation seront préférentiellement adaptés. L'exposition aux pressions extérieures ou environnementales étant plus ou moins strictes (ex. milieu naturel, conditions contrôlées en serres ou phytotron*, conservation de cals* en laboratoire), la résilience des individus est stimulée de manière différenciée. Enfin, les coûts en termes d'infrastructure, de moyens techniques et d'investissement humain, varient selon les besoins de suivis et d'entretien.

Partie III : Focus sur le modèle d'étude (Genre *Mentha*)

De nombreux secteurs ont recourt à l'utilisation de menthes sous ses diverses formes : feuilles séchées entières ou coupées, huiles essentielles, arômes alimentaires, pharmaceutiques, parapharmaceutiques, d'hygiène ou à caractère récréatif (ex : sirops, liqueurs, industrie du tabac ect.). Cette pluralité d'usages montre son ancrage dans notre société et suggère une persistance de son intérêt économique dans le temps.

Classé avec les genres *Thymus*, *Salvia*, *Lavendula*, *Origanum* et plus de deux cents autres dans la famille des Lamiacées (environ 260 genres et 7000 espèces), la variabilité au sein du genre *Mentha* inclut 18 espèces et 11 hybrides associés à des dénominations (Tison et Foucault, 2014 ; Lawrence, B. M., 2006). Cette clarté taxonomique a suivi l'investigation des plus de 3000 noms publiés depuis 1753.

A) Généralités sur les menthes

Le genre *Mentha* regroupe plusieurs dizaines d'espèces, sous-espèces, hybrides, variétés et cultivars. Ce sont des plantes herbacées vivaces, excepté pour *M. micrantha*, avec des propriétés aromatiques et médicinales et présentant une large distribution mondiale (Europe, Asie, Australie, Japon et Maroc) (Twill, 2002). On les retrouve particulièrement en zone humide, amphibie ou aquatique. Selon les espèces une hauteur maximale d'environ 1,2 m peut être atteinte. Elles ont une grande capacité à se multiplier par l'utilisation de rhizomes souterrains, leur conférant un caractère presque « envahissant ».

Niveau morphologie, les limbes des feuilles présentent des niveaux de dentelures, de nervation et de pilosité variant selon les taxons. La phyllotaxie est de type opposé décussée. Les tiges peuvent être de couleurs diverses, du vert au rouge très sombre, et leur pilosité différenciellement apparente. Les tiges florifères présentent des inflorescences pseudo-verticillées ou des paires de glomérules axillaires avec des couleurs variant du blanc au violet. Les pseudo-verticilles (ou faux verticilles multiflores, Tison et Foucault, 2014) sont des regroupements successifs de grappes de fleurs (bilabiées chez les Lamiacées) le long de la tige. La symétrie des paires de grappes de fleur étant plutôt bilatérale que radiale, on parle de pseudo-verticille.

Cette organisation des inflorescences contribue à une apparence florale dense plutôt attrayante pour les pollinisateurs. Une grande variabilité dans l'expression de ces caractères morphologiques (polymorphisme), non exhaustifs, fait écho à la diversité taxonomique au sein du genre.

Les cellules glandulaires sécrétoires ou trichomes glandulaires sont essentiels à la production et au stockage des huiles essentielles. Des méthodes d'étiquetage immunologique ont montré que certaines enzymes impliquées dans les voies de biosynthèse des monoterpènes étaient spécifiquement présentes dans ces cellules pendant la période de production d'huile essentielles (Turner, G. et al, 1999). Des précurseurs à la biosynthèse de composés volatils d'intérêts peuvent être des cibles moléculaires faisant l'objet de recherche en ingénierie génétique (Lange, B. M., et al., 2000). De nombreuses huiles essentielles, provenant principalement des familles des Lamiacées, Myrtacées, Astéracées, Rutacées, Apiacées et Lauracées, possèdent un fort potentiel insecticide (Khater, H. F., et al., 2012). La composition chimique des huiles essentielles chez le genre *Mentha*, avec ses différentes proportions en menthone, menthol, linalol, acétate de linalyle, menthofurane, limonène et l-carvone, peuvent montrer, sur certains ravageurs,

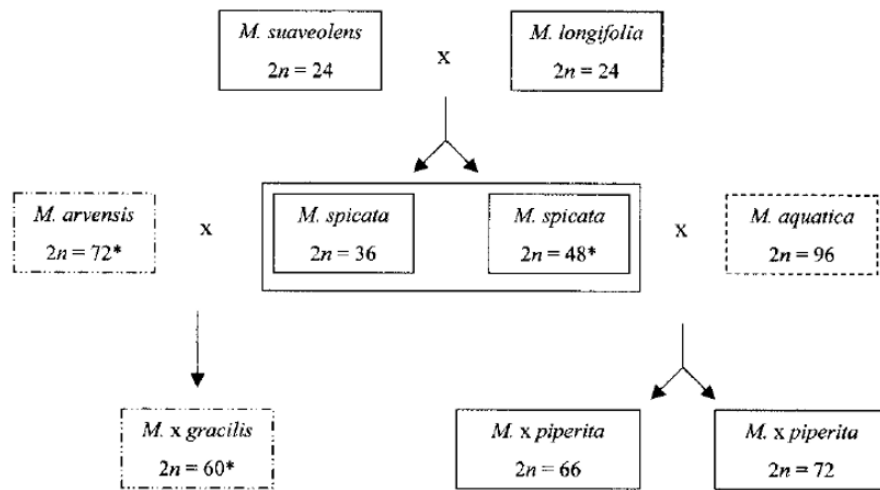


Figure 4. Illustration de relations entre espèces et hybrides basées sur des données chromosomiques (Harley et Brighton, 1977 ; Gobert, V. et al., 2002).

des activités répulsives et adulticides efficaces (Mishra, B. B., et al., 2000). La diversité taxonomique au sein du genre est transposable d'un point de vue composition chimique (Sutour, S., 2010).

B) Diversité, Reproduction et Plasticité au sein du Genre *Mentha*

Avec leur large distribution mondiale et leur introduction fréquente, les menthes ont une riche histoire culturelle et scientifique. Ses différents caractères morphologiques, cytologiques, caryotypiques, et chimiques ont permis de définir les espèces au sein du genre *Mentha* (Lawrence, B. M., 2006). Un haut niveau de polymorphisme et de diversité dans la composition des huiles essentielles a souligné des difficultés pour caractériser l'ensemble du genre. Les apports de la phylogénétique* permettent des positionnements inter- et intra- spécifiques, relatifs à la proximité génétique et donc au degré de parenté entre les espèces (Gobert, V. et al., 2002 ; Heylen, O. C. et al., 2021). Une certaine complexité botanique et génétique couvre le découpage systématique au sein du genre *Mentha*.

L'allogamie est favorisée par la structure des fleurs, facilitant la pollinisation croisée par les insectes, et des mécanismes d'incompatibilités génétiques régulent la reproduction. Un certain degré d'autogamie selon les espèces et les conditions environnementales peut être observé. Des hybridations interspécifiques ont fréquemment opéré dans la nature et nombre d'entre-elles ont donné des hybrides polyploïdes et allopolyploïdes* (Figure 4, Gobert, V. et al., 2002). En permettant la création de nouvelles espèces, ces phénomènes sont des sources de nouvelles combinaisons de traits et donc de diversité génétique. Les hybrides les mieux connus sont *M. spicata* (la menthe verte, issue du croisement entre *M. suaveolens* et *M. longifolia*) et *M. x piperita* (la menthe poivrée, issue du croisement entre *M. spicata* et *M. aquatica*). Généralement stériles, ces hybrides possèdent un système rhizomique vigoureux leur permettant de se répandre. Des cultivars et des variétés parmi les hybrides ont été introduits et distribués à travers le monde. Chez les menthes poivrées et au sein de la variété *M. x piperita* var. *vulgaris*, le cultivar 'Mitcham Milly' est par exemple cultivée mondialement pour la qualité de ses huiles.

La variabilité ou la stabilité des traits chez les plantes est influencée par l'interaction entre les facteurs génétiques et les conditions environnementales. Chez *M. spicata*, le caractère glabre ou avec pilosité (trichomes sécrétoires) est respectivement observé chez *M. spicata* subsp. *glabrata* et *M. spicata* subsp. *spicata* (Gobert, V. et al., 2002). Parmi les menthes, certains génotypes peuvent

montrer des caractéristiques différentes en fonctions des influences de l'environnement. Ce phénomène est appelé plasticité (Bradshaw, A. D., 1965).

2. Présentation du sujet de stage

Dans le cadre de ce stage au Conservatoire National des Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales (CNPMAI), deux axes principaux ont été suivis : la mise en place de bonnes pratiques de conservation de la biodiversité cultivée de PPAM et la participation à un projet de caractérisation de la collection de menthes sous forme de plants.

L'enjeu d'amélioration de la compréhension des ressources phyto-génétiques a été illustré par le projet de caractérisation de la collection de menthes (CaraColl). Trois volets analytiques encadrent ce projet. L'étude de la diversité phénotypique a consisté en l'établissement d'un protocole de notations morphologiques appliqué à l'ensemble des accessions de menthes (+ de 193 clones/cultivars). L'analyse de ces données visait à décrire la collection pour un certain nombre de critères qualitatif et/ou quantitatif. Sur la base de ces résultats et des photographies obtenues, la constitution d'un livrable avec des fiches d'identité par accession a été initiée.

Pour l'acquisition de profils physicochimiques, des vapo-distillations permettant l'extraction d'huiles essentielles ont été menées sur un sous-ensemble d'accessions. Adressés à ITEPMAI, plateforme technique et de recherche angevine liée à la filière PPAM, ces extraits ont suivi l'envoi conditionné d'échantillons de feuilles destinés à la caractérisation génétique de la collection.

En addition du genre *Mentha*, l'entretien et le renouvellement périodique de diverses collections génériques du CNPMAI faisaient également partie intégrante du stage. Différents modes opératoires, de type horticole, permettant la conservation la diversité génétique ont été appliqués.

En parallèle de ces missions principales, la structure associative a été découverte de manière transversale. La participation à différentes missions et tâches a permis d'offrir une vue d'ensemble enrichissante vis-à-vis de son secteur production (semences et plants) et de la sensibilisation d'un public (ex : participation au Marché de l'Herboriste 2024). Cette proximité avec le domaine des PPAM a été l'opportunité de se former à sa grande diversité botanique.

De la multiplication du matériel végétal, à sa caractérisation en collaboration avec les partenaires et jusqu'à la valorisation des données recueillies, un spectre d'aspects lié à la conservation de la biodiversité cultivée et à la recherche appliquée en phyto-génétique a été considéré.

Matériel et méthodes

1. Stratégies de conservation des ressources génétiques au CNPMAI

Le CNPMAI s'étend sur une superficie de quatre hectares, et possède un bâtiment spécialisé (avec une salle technique, un laboratoire, un séchoir, une chambre froide), une grande serre verre et cinq tunnels (290 m² et 950 m² respectivement). Des salles pédagogiques, une boutique, une pépinière de vente et un espace muséographique sont aussi présents dans la partie touristique. Le seul bi-tunnel du Conservatoire est alloué aux ressources génétiques, sur une surface de 323 m², et dispose d'un système d'arrosage combinant aspersion, goutte-à-goutte et arrosage manuel. Onze rangs en pleine terre (1m en moyenne de large sur 40 m) sont dédiés à la conservation de collections clonales (*core-collection*).

Les RG sous forme de semences sont stockées à -18°C en congélateurs. Des programmes de renouvellement adaptés aux spécificités biologiques des semences seront réalisés par le secteur RG du CNPMAI ([ENSCONET, 2009](#)). Ces derniers n'ont pas été approfondis au cours du stage.

Le site du conservatoire, précurseur dans son domaine, possède un héritage culturel conventionnel, mais applique des pratiques raisonnées depuis 2000. Les opérations d'entretien en termes d'amendement sont de type organique et l'utilisation de produit phytosanitaire est généralement contournée.

A) Bonnes pratiques et procédures

Au sein du réseau PPAM et depuis 2019, le projet « AuthentiPPAM » promeut la concertation de ses acteurs pour standardiser des procédures au sein de la filière. Ce référentiel continu de recevoir des mises à jour. Pour un grand nombre d'espèces, ce projet vise à harmoniser la gestion des ressources biologiques sous forme de plant et de semences. La conservation, la diffusion, l'authenticité et la traçabilité du matériel seront ainsi assurées sur le long terme.

Ces démarches impliquent l'ITEPMAI, le CRIEPPAM et la Chambre d'Agriculture de la Drôme en tant que partenaires du CNPMAI, pilote du projet. Une nomenclature commune régit l'appellation des ressources végétales indépendamment des différents niveaux de stockage (lots de semences, serres, plein champs) et au sein des bases de données. Ces dernières ont subi des réarrangements afin de normer le stockage et l'entrée d'informations. Un étiquetage spécifique aux ressources génétiques permet un suivi rigoureux des accessions au sein des différentes structures et lors des envois.

Tableau 1. Renouveaulement d'accessions et participation à la mise en place des bonnes pratiques AuthentiPPAM. (* : « Informations sur populations sous forme de semences sont stockées sur différents supports, dont la compilation n'a pas encore été finalisée »)

Genres	Nombre d'accessions par collection	Méthode de renouvellement et autres opérations
<i>Chamaemelum</i> (Camomille)	111	Division, désherbage
<i>Helicrysum</i> (Immortelle)	137	Taille
<i>Hyssopus</i> (Hysope)	28	Désherbage
<i>Lavandula</i> (Lavande et lavandin)	1557*	Marcottage, désherbage
<i>Levisticum</i> (Livèche)	28	Division
<i>Melissa</i> (Mélisse)	7	N/A
<i>Mentha</i> (Menthe)	410	<u>Projet CaraColl</u>
<i>Origanum</i> (Origan)	856	Division, taille
<i>Pelargonium</i> (Pelargonium)	31	Bouturage, taille
<i>Rosmarinus</i> (Romarin)	222	Désherbage
<i>Salvia</i> (Sauge)	258	Marcottage, désherbage
<i>Thymus</i> (Thym)	620	Division, désherbage
<i>Valeriana</i> (Valériane)	100	Division

Les accessions nouvellement intégrées au sein des RG peuvent détenir initialement un identifiant (ID) unique à leur structure d'origine. Cet ID est gardé et un ID commun aux membres du réseau lui est attribué. Ainsi, une mélisse reçue de l'ITEPMAI, appelée 8-21, sera renommée MLSOF-PC-88-003+1. Pour ce faire, le système d'attribution suivant est utilisé : code espèce - code accession - année acquisition - n°population/accession + n°individu/clone.

ABC - XX - YY - 000 + 0 (EPPO Global Database)

Le code accession peut être SV (Semences-variété), SP (Semences-population), PC (Plants-clone) et PP (Plants-population). Notre individu précédemment cité MLSOF-PC-88-003+1 est donc : MéLiSsa Officinalis – Plan Clone – 1988 – n°accession 3 – clone n°1.

Le renouvellement de matériel implique d'enregistrer cet ID (ex. clones) afin de distinguer les individus entre eux (d'où le n° de clone) et suivre l'état d'une collection. Un nombre de représentants minimum est fixé (4, donc +1 à +4) en fonction d'un genre et leur renouvellement devient obligatoire après un certain seuil de temps (entre 3 et 12 ans, selon le genre et le type de culture, en pot ou en pleine terre). Une collection vieillissante est un risque de perte d'accession et donc de ressources génétiques.

Au cours du stage, l'utilisation des fichiers de données pour la mise en place de protocoles de suivis (fichier Listing des individus par collections, fichier Inventaire), le contrôle de la traçabilité (étiquetage, vérification) et le renouvellement des collections vieillissantes (pratiques horticoles) a été essentiel. Les priorités étaient définies selon un calendrier scindant les manœuvres selon la collection générique considérée et les interventions saisonnières nécessaires.

B) Entretien et renouvellement de collections génétiques

Entre mars et juin, différentes procédures de conservation *ex-situ* ont été appliquées (**Tableau 1**).

Le renouvellement de collections vieillissantes a concerné les genres *Salvia* et *Lavandula*. La méthode appliquée consistait en un marcottage aérien, avec l'installation de deux à trois godets par pieds, afin d'établir un contact entre le terreau apporté et les tissus. A partir des nœuds présents sur les tiges, un enracinement est attendu au sein des godets. Les clones nouvellement produits, de dimension réduite par rapport au pied mère, complèteront ou remplaceront les représentants de la collection. D'autres renouvellements ont

été effectués en perspective de conserver un seuil minimum de 4 individus par accessions (*Levisticum*, *Pelargonium*, *Origanum*, *Thymus*, *Valeriana*).

La division de touffe, pour les plantes à caractère vivace, permet d'acquérir plusieurs fragments végétatifs et cette méthode de multiplication pourra être réemployée sur les pieds développés.

Les opérations de tailles visaient au maintien d'un port compact ou à l'ablation de parties contaminées (ex. Oidium chez le genre *Mentha*) ou envahies (ex. Pucerons chez le genre *Helicrysum*). Dans ces conditions, une stimulation de la ramification et le départ de tiges depuis la base du pied sont attendues. La reconnaissance des adventices et leur retrait permettait de limiter la compétition avec les plantes d'intérêt. Ce désherbage favorise le développement des collections via une allocation des ressources plus ciblée.

Une valorisation d'accessions spécifiques a été effectuée pour certains genres. Après un projet de recherche (Carosel, pour *Chamaemelum*) ou un renouvellement (ex : *Pelargonium*), des lots d'accession peuvent être multipliés puis mis en vente. Cet adressage constitue une des connexions entre les secteurs production et conservation.

Chaque individu reçoit un intérêt particulier afin d'assurer la préservation de chaque accession. Un patrimoine génétiques perdu entraine celle d'une part financière, cette dernière étant plus ou moins importante selon la valeur économique de l'accession.

C) Gestion de la santé des plantes

La pression exercée par les bioagresseurs au CNPMAI parvient à être maîtrisée grâce à l'utilisation de différentes méthodes. Intentionnellement ou non, la lutte biologique par conservation est à l'œuvre sur le site technique.

Certains facteurs peuvent participer au recrutement d'auxiliaires* via la gestion des habitats (Fiedler, A. K., et al. 2008) :

- Présence d'espaces boisés, enrichis en essences diversifiées.
- Toutes les surfaces non cultivées font l'objet d'une gestion différenciée.

La diversité taxonomique et fonctionnelle, potentiellement distincte entre zones (ex. friches ; *Orphis sp*) n'a pas été décrite à l'aide de relevés floristiques ou entomologiques, méthodologies relevant plutôt d'un processus de recherche lié à l'écologie des communautés et d'un suivi taxonomique.

- Aux abords des tunnels et au sein des collections des espèces végétales déterminées et plutôt attractives (ex. *Malva sylvestris*, *Echium vulgare*, *Daucus carotta*, *Hedera helix*, *Rosa gallica*, *Bellis perennis*) visent à renforcer l'effet supposé bénéfique de la grande diversité déjà présente.

Parmi les cas récurrents de bioagresseurs ciblant préférentiellement certaines espèces ou certaines zones conditionnées (ex. serres chauffées), des pucerons, des ascomycètes à l'origine d'un feutrage blanc (*Oïdium*, maladie cryptogamique) et des acariens sont surveillés.

La lutte directe est généralement mécanique (ex. taille). Pour contraindre la dispersion des pucerons, l'aspersion des zones contaminées (fréquences 1 à 3 fois par semaine selon la fragilité de la collection ciblée, par exemple *Helichrysum* est très surveillée) avec du savon noir (au dosage indiqué par le fabricant, ou plus généralement environ 15 grammes pour un litre d'eau v/v) est réalisé. Une vigilance particulière encadre le sujet de la santé des plantes au CNPMAI et le besoin d'initier des démarches en lien avec la Protection Biologique Intégrée (PBI)* est soulevé.

Ces méthodes de lutte n'ont pas été caractérisées, c'est-à-dire que les effets et leur potentielle significativité n'ont pas été étudiés, mais ils sont d'usage au sein de la structure et apportent des solutions satisfaisantes. Pour vérifier l'absence de risque sanitaire et d'organisme de quarantaine sur des plantes hôtes données, des contrôles dans le cadre du passeport phytosanitaire et de la traçabilité sont opérés par La Fredon, délégataire du Service Régional de l'alimentation (SRAL).

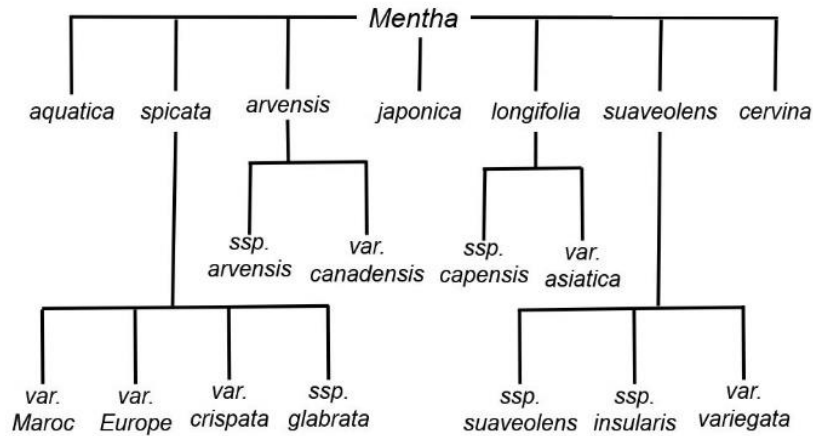
2. Le Projet CARACOL

Pour éviter la perte à court ou moyen termes de ressources phylogénétiques (espèces cultivées ou d'espèces apparentées sauvages), gérées *in situ* ou conservées *ex situ*, des projets sont défendus. Pour encourager ces actions, des fonds de soutien du Ministère chargé de l'agriculture peuvent être alloués aux dépositaires. De rigueur au sein des conventions, des restitutions peuvent conditionner l'accord financier.

Coordonné par le CNPMAI, le projet CaracColl a perçu un financement suite à un appel à candidature en 2022. Ce concours financier avait pour objet le « soutien aux ressources maintenues *in situ* et aux collections ». Les partenaires sont : BioPlant, Giffard, un producteur (Hérault) et l'ITEPMAI. Un livrable caractérisant la collection de menthes, avec une fiche d'identité par accession, sera constitué d'ici 2025 (aspects phénotypiques, phytochimiques et génétiques).

Une harmonisation de la collection, avec le renouvellement et la mise à jour des données associées, suivra l'analyse des résultats acquis *via* ce projet.

Les espèces et leurs sous-espèces et variétés



Les hybrides et leurs variétés

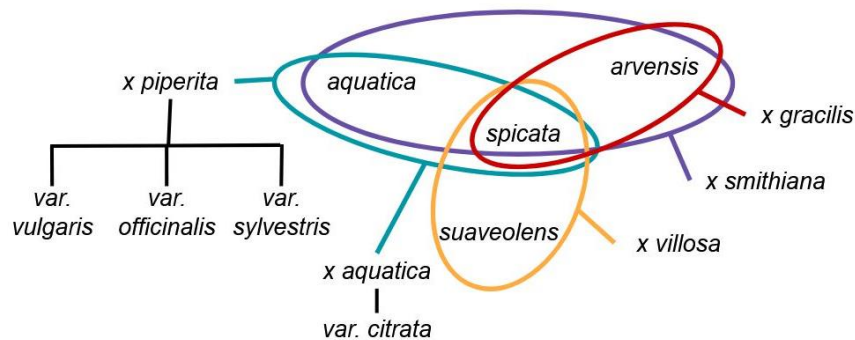


Figure 5. Aperçu non exhaustif de la diversité taxonomique présente dans la collection de menthes, avec mentions de quelques relations de parenté. En haut, des espèces sont indiquées avec certaines sous-espèces ou variétés associées. En bas, les principaux hybrides et variétés associées apparaissent dans la continuité des ellipses bleue, jaune et rouge.

A) La collection nationale de menthes au CNPMAI

Conservée au sein de l'aile Nord d'un bi-tunnel (serre, conditions semi-contrôlées), la collection génétique de menthes se déploie sur une tablette de 6 x 57 plants en pots de 3L. Un total de 339 individus, issus de la propagation clonale de 184 accessions, est réparti entre 25 espèces et sous-espèces (**Figure 5**). Ces effectifs ont été considérés avec du recul car des contaminations (22) et des identifications incertaines (80) ont été mises en évidence après un premier travail de mise au propre de la collection en 2022. Des variations en termes de date d'implantation, ou âge des plants, et de nombre de clones présents par accession ont été relevées.

Dans le cadre du projet CaracColl, 14 nouvelles accessions ont intégré la collection entre le 12/03/2024 et le 28/03/2024. Un anonymat pour les provenances privées est retenu dans la suite du rapport.

La gestion technique de cette collection repose sur un arrosage par goutte-à-goutte (*hebdomadaire ou bi-hebdomadaire*), une taille des inflorescences et des rhizomes vigoureux pour éviter les contaminations ainsi qu'une multiplication par division ou bouturage (semis occasionnels pour les fertiles).

La croissance des plants a été stimulée par l'ajout d'engrais (CAAHMRO, Biostimulant nutritionnel UAB, Nutribio, 4-3-6) afin d'assurer une quantité de matière végétale suffisante pour les distillations (caractérisation physico-chimique). Dans un type de terreau (Substrat PROLINE BP2 Greenfibre 094 UAB) et dans des contenants de 3L, les menthes se développaient séparément. Ce dispositif limitait efficacement les cas de confusion en empêchant l'envahissement de certaines accessions par les plus compétitives.

B) Méthodes de caractérisations

Les trois volets analytiques ont été différenciellement couverts par le stage. Les relevés de caractères morphologiques végétatifs et floraux ainsi que la réalisation de vapo-distillations pour l'extraction d'huiles essentielles (en synchronisation avec l'avancée de la floraison) ont été réalisés. Les données recueillies concernent la part phénotypique du projet (critères morphologiques et rendements). Bien que les résultats relevant de la caractérisation physico-chimique et génétique soient disponibles ultérieurement, certains aspects méthodologiques sont détaillés.

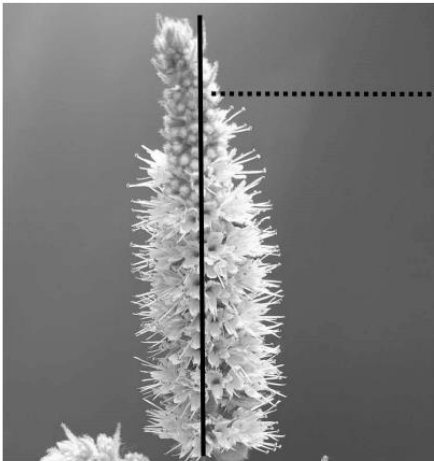
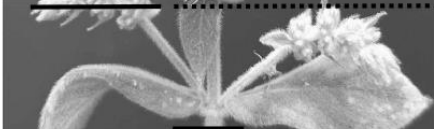
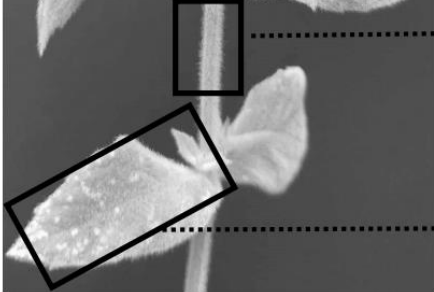


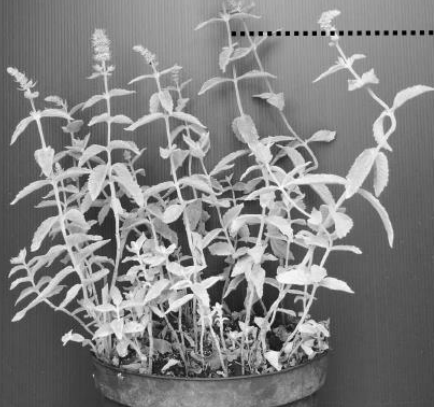
	Variables	Notation	Fonction	
	INFLORESCENCE MATURE			
	Couleur	Note de 1 à 5	Attraction des pollinisateurs	
	Taille	Mesures de trois inflorescences		
	Nb. de pseudo-verticilles (PV)	Dénombrement		
	Position de l'inflorescence	Glomérules axiaux ou épi terminal		
	Longueur de l'inflorescence	Note de 1 à 3		
	Compaction des PV	Note de 1 à 3		
	INFLORESCENCE JEUNE			
	Pilosité	Note de 1 à 5	Compétition pour la lumière ; attraction des pollinisateurs	
Taille	Mesures de trois inflorescences			
	TIGE			
	Couleur	Note de 1 à 5		
	Pilosité	Note de 1 à 5		
	Taille	Mesures des trois plus hautes		
	FEUILLE			
	Couleur	Note de 1 à 5	Surface d'interception de la lumière	
	Pilosité	Note de 1 à 5		
	Nervation	Note de 1 à 5		
	Der elure	Note de 1 à 5		
	Ration l/L	Moyenne de trois ratios		
	Base limbe	Arrondie, cunéiforme, tronquée ou subcordée	Teneur en eau des feuilles	
	Forme feuille	Ovale, obovale, lancéolée ou oblancéolée		
	Rapport MF/MS	Mesure sur un échantillon		
	ASPECTS GENERAUX			
	Note de vigueur	Note de 1 à 5	Potentiel de colonisation	
	Nombre de stolon ou tige	Dénombrement		
	SANTÉ DES PLANTES			
	Oïdium	Note de 1 à 5		
	Puceron	Note de 1 à 5		
	Dépigmentation	Note de 1 à 5		
	Brunissement	Note de 1 à 5		

Figure 6. Vue d'ensemble des critères de notations et des modalités associées relevés sur les individus de la collection de menthes. (Détails supplémentaires, Annexe I).

a. Relevés caractères morphologiques (1/3)

L'ensemble des accessions de la collection de menthes a été annoté. Scindé en trois temps, les feuilles, les tiges, des aspects de vigueur et les cas de symptômes (du 08/05/24 au 05/06/24) puis les inflorescences (du 25/06/24 au 26/08/2024) ont été observés pour différents critères. L'individu annoté par accession était défini, lorsqu'ils validaient l'identification attribuée (observations morphologiques), sur la base des clones les mieux portant. La floraison s'est déclenchée différenciellement selon les espèces. Le premier individu par accession présentant des inflorescences faisait l'objet de notations et de photographies à destination du livrable.

Le choix des critères a été guidé par la convergence des décisions entre des personnes référentes au sein du conservatoire (Agnès Le Men, actuelle directrice et Bernard Pasquier, précédent directeur) et d'autres partenaires pour la portée appliquée du projet (acteurs privés), ciblant les producteurs. Celui des modalités a reposé sur la diversité observable au sein de la collection. Un dispositif d'échantillonnage et quelques critères supplémentaires ont été joint à cette démarche de notation morphologique. La grille de notation établie a permis d'inventorier la diversité taxonomique de la collection dans une base de données.

Différents types de variables ont été utilisés lors des vingt notations. Pour les catégories notées de 1 à 5 ou de 1 à 3, les valeurs augmentent avec l'intensité d'expression du critère. Des mesures, des dénombrements et des classements basés sur des références ont été effectués. Étudiées conjointement chez un ensemble d'espèces, les relations entre ces variables donnent un aperçu de la diversité morphologique chez le genre *Mentha*.

Sept critères ont été retenus pour la description des feuilles, trois pour les tiges, huit pour les inflorescences puis trois autres apportent des informations générales vis-à-vis de la vigueur des plants et de leur état sanitaire au moment de la notation (**Figure 6 et Annexe I**).

Vingt variables quantitatives avec deux à cinq catégories :

Pour les feuilles et les tiges

- La couleur des feuilles et des tiges était soit une teinte blanchâtre, verte électrique, verte foncée, verte avec des nuances de rouge ou rouge.
- La pilosité des feuilles et des tiges était soit glabre*, légèrement apparente ou rêche, duveteuse, abondante ou très couvrante à blanche.

- La nervation des feuilles pouvait être non visible, apparentes, avec les nervures tertiaires marquées, cerné à gaufré ou très gaufrés.
- La dentelure en bordure des feuilles pouvait être faiblement visible, apparente, dessinée voire marquée, profonde ou très dentée.
- Arrondie, cunéiforme, tronquée ou subcordée, pour la base des feuilles*.
- La forme globale de la feuille pouvait être ovale ou lancéolée.

Pour les inflorescences

- La couleur des inflorescences couvrait un gradient colorimétrique depuis le blanc, en passant par le rose ou mauve très pale, le rose ou mauve pale, le mauve et jusqu'au violet.
- La pilosité des inflorescences pouvait être absente, faible, moyenne, abondante ou très abondante. Ce caractère s'observait préférentiellement sur les jeunes épis.
- Les inflorescences étaient positionnées soit à l'aisselle des tiges (glomérules) ou en terminaison d'un axe (épi terminal ou cyme).
- La structure des épis terminaux pouvait présenter plusieurs combinaisons en termes de longueur et de compaction des pseudo-vercilles* (PV). La répétition des PV le long de l'axe peut se faire sur une longueur plus ou moins étendue (épi court, épi moyen ou épi allongé) et plus ou moins espacés (PV compacts, intermédiaire, PV aérés).

Pour les aspects généraux

- Une note de vigueur était donnée selon si la plante était chétive, plutôt clairsemée, de vigueur intermédiaire, plutôt épanouie ou très robuste et compacte.
- A titre indicatif, l'étendue de symptômes ou d'altération macroscopique pour l'oïdium, les pucerons, un flétrissement des extrémités, un brunissement des feuilles à la base et une dépigmentation diffuse a été recensée. Les plants pouvaient être en être exempts, présenter les premiers symptômes d'apparition, présenter des foyers symptomatiques, une infection en expansion ou présenter un niveau d'infestation sévère.

Deux variables discrètes résultant de dénombrements :

- Le nombre entre-nœuds (EN), inter-nœuds ou mérithalles, présent sur la tige la plus haute a été relevé pour chaque individu annoté. Cela permet d'approximer le nombre de phytomères (constitué d'un segment de tige, d'un nœud sous-jacent et d'un embranchement) sur une tige feuillée.
- Le nombre de tiges aériennes (stolons compris), émergeant de bourgeons adventifs des rhizomes, a été relevé pour chaque individu annoté. La stratégie de propagation des menthes étant principalement par voie végétative, le

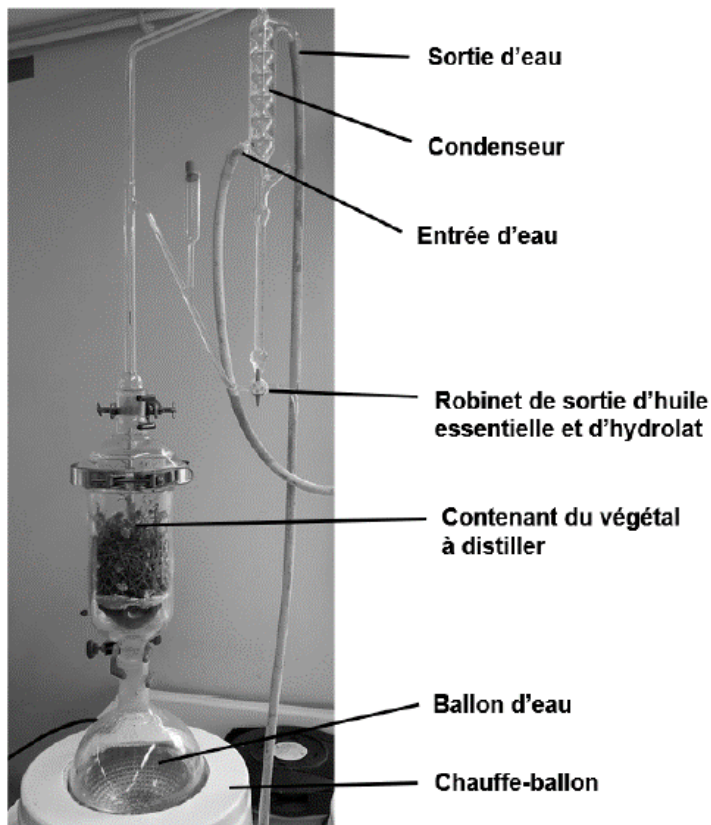


Figure 7. Visuel et positions des principaux compartiments manipulés lors des vapo-distillations (Photo Marie Fourage).



Figure 8. Montage d'une série complète de 6 distillations. Les menthes étaient soumises au passage de la vapeur d'eau pendant deux heures. (Photo Marie Fourage – Projet Carosel).

nombre de tiges aériennes peut traduire sa compétitivité pour les ressources (ex. captation de la lumière) et son potentiel à coloniser des espaces (établir des colonies plus ou moins denses).

- Le nombre de pseudo-vercilles au sein d'un épi terminal développé et fleuri par individu a été approximé par comptage.

Trois variables continues :

- Une hauteur moyenne des trois plus hautes tiges a été mesurée par individu. Cela a permis d'exprimer une part du potentiel de l'accession pour s'ériger, sachant que l'âge entre les plants était variable.
- La moyenne des longueurs de trois entre-nœuds (zone apicale, intermédiaire, zone basale) a obtenu pour la plus haute tige.
- Une moyenne de deux ratios (trois de mesures de longueur et de largeur de trois feuilles) par individu a été calculé. Les feuilles faisant l'objet de mesures étaient plutôt entre un stade d'expansion et un stade de maturité (ces stades étant encadrés par un stade de jeune feuille et un stade de sénescence). Des feuilles distinctes ont été sélectionnées lors des trois passages.
- En cours de floraison, les mesures de trois longueurs d'inflorescences différentes (épi terminaux développé et fleuri) ont été regroupé pour calculer une moyenne. Pareillement, trois inflorescences jeunes ont été traitées sous cette approche.

b. Protocoles des analyses physicochimiques (2/3)

Les données issues de projets antérieurs (Schilling, M. & Pasquier B., 2013) ainsi que ceux en perspectives (bilans olfactifs, prestation ISIPCA*) ont orienté la sélection des accessions à caractériser d'un point de vue physicochimique.

Des vapo-distillation par entraînement à la vapeur, permettant notamment l'extraction des composés organiques volatils, ont été conduites pour isoler des extraits d'huile essentielles. Ils seront analysés par un chromatographe en phase gazeuse (GC-FID - 2014A series de chez Shimadzu, équipée d' une colonne DB-5 30m, 0.25mm, 0.25u de chez Agilent)

Le dispositif de vapo-distillation est constitué d'un générateur de chaleur, dont la vapeur d'eau produite est dirigée vers le matériel végétal qui surmonte le réservoir d'eau. Les composés volatils sont entraînés sous forme de vapeur jusqu'au condensateur où le refroidissement permet de former l'hydrolat et l'huile essentielle. Pour la réalisation des distillations, 6 sont réalisables en série (**Figure 7 et 8**), 2 fois par jour.

En raison des différents volumes de matière fraîche disponibles, un solvant organique (Xylène) était ajouté au volume d'huile essentielles pendant

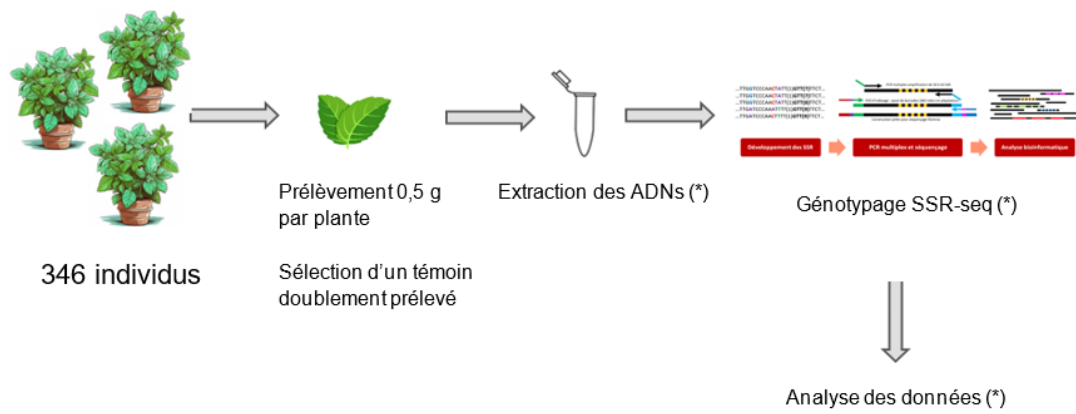


Figure 9. Etapes successives depuis le prélèvement des échantillons à l'acquisition de données génotypiques. (Figure ITEPMAI). (*) : Manœuvres effectuées par ce partenaire.

l'extraction. Utilisé pour capturer cette phase hydrophobe, le xylène permettait d'augmenter le volume final d'huiles essentielles. Des précautions étaient prises en raison de sa toxicité et volatilité. Différentes teneurs en huiles essentielles ont été obtenues.

c. Prélèvements pour analyses génétiques (3/3)

Des échantillons de feuilles, en priorité jeunes, tendres et visiblement indemnes de maladies, ont été prélevés sur une même tige pour chaque plante d'intérêt (346). De l'éthanol servait à désinfecter l'ustensile de prélèvement après chaque coupe d'environ 500 mg de feuilles (pesées effectuées). Placés avec du silicagel, les échantillons ont été envoyés dans des sachets kraft distincts, précisément annotés (code AuthentIPAM, numéro d'échantillon), et hermétiquement conditionné pour l'expédition.

Pour environ 201 échantillons de menthes et via un génotypage SSR-seq (microsatellite sequencing), consistant en l'analyse de marqueurs microsatellites (SSR, Simple Sequence Repeats) au moyen du séquençage à haut débit, la diversité génétique de la collection de menthe sera étudiée (**Figure 9**). Cette méthode est combinée à l'amplification par PCR des loci SSR ciblés avec des amorces spécifiques. Le séquençage des produits PCR permettra d'identifier les variations alléliques dans les répétitions des motifs SSR.

L'approche SSR-seq, analysant de manière ciblée simultanément plusieurs loci SSR) permet de détecter avec précision les variations génétiques entre échantillons (polymorphismes). Les identifications fournies permettront de classer les échantillons et être utiles pour étudier relations phylogénétiques au sein du genre *Mentha*.

C) Analyses statistiques via R studio

Les données associées aux caractères morphologiques des feuilles et des tiges d'un total de 220 individus ont été obtenues. Pour structurer l'analyse statistique, la démarche suivante a été suivie : analyses univariées des variables quantitatives et des variables qualitatives puis analyses bivariées.

Les hypothèses de normalité et d'homogénéité des variances ont été vérifiées pour chacune des variables puis les tests appropriés ont été choisis.

Les données n'étant généralement pas distribuées normalement des test non paramétriques (test de Kruskal-Wallis pour la comparaison de médianes, alternative à l'ANOVA qui compare des moyennes) suivi de tests de Dunn (comparaisons multiples ou post-hoc) étaient effectués.

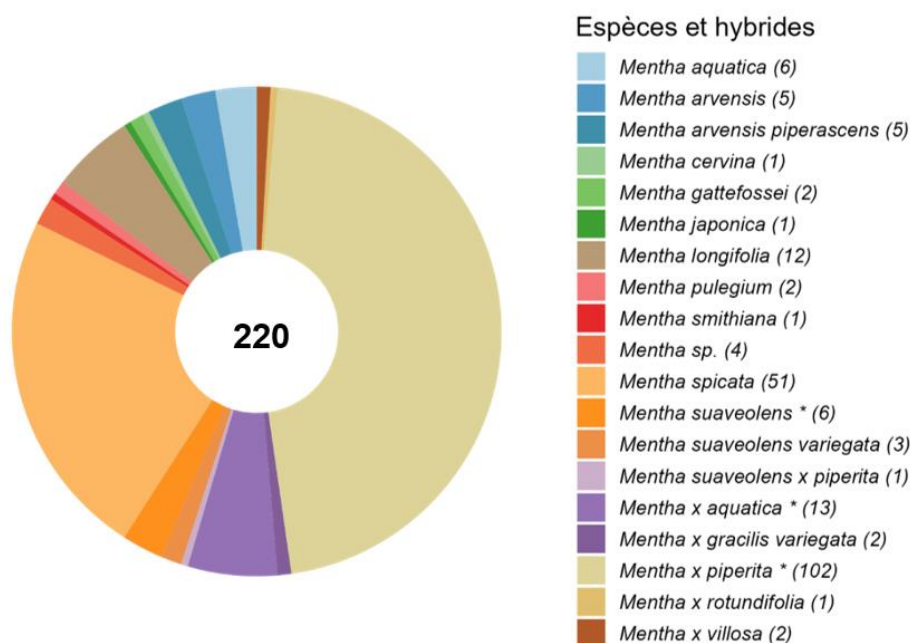


Figure 10. Nombre d'individus par catégories taxonomiques et avec des notations morphologiques. Les astérisques de la légende indiquent des distinctions en termes de sous-espèces ou de variété au sein de la catégorie : Un individu de *Mentha suaveolens* est identifié comme appartenant à la sous-espèce *Mentha suaveolens* ssp. *insularis*. Les hybrides *Mentha x aquatica* sont de la variété 'citrata'. Parmi les 102 hybrides *Mentha x piperita*, 17 sont des variétés 'officinalis', 15 sont des variétés 'sylvestris' et 6 des variétés 'vulgaris' (Annexe II : Fréquences et proportions).

A

Moy.	Méd.	SD	Var.	Min.	Max.	Q1	Q3	n
27,14	23	19,23	369,79	1	85	13	34,75	220

B

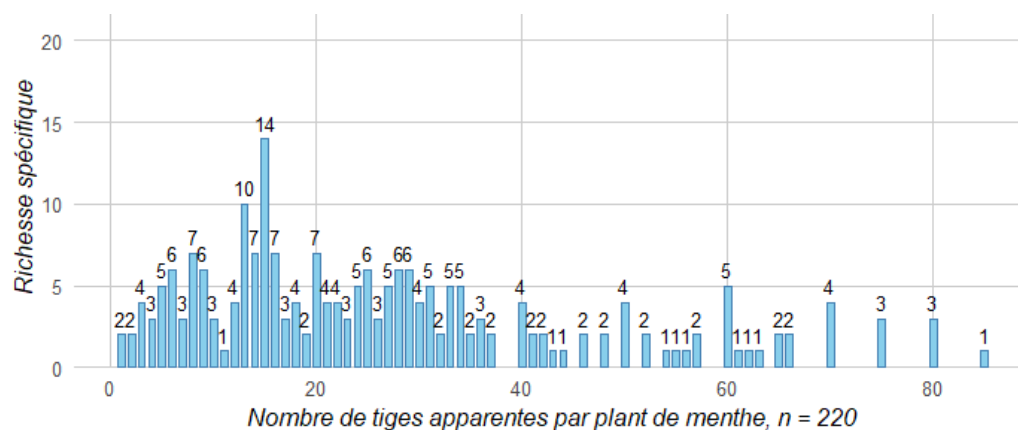


Figure 11. Statistiques descriptives (A) et richesse spécifique en fonction du nombre de tiges par plant (B).

Les principaux packages R Studio utilisés sont : « devtools », « ggplot2 », « dplyr », « tidyr », « scales », « tidyverse », « ggplot2 », « tidyr », « dplyr », « dunn.test » et « scales ».

Résultats - Projet CARACOLL

L'objectif est de présenter les caractéristiques des différents groupes taxonomiques ainsi que leur diversité via le volet « caractérisation morphologique » du projet CaraColl.

Pour une vue d'ensemble, la **Figure 10** dresse la répartition par classe taxonomique des 220 individus mobilisés pour l'étude des caractères morphologiques. Parmi les 19 catégories, la majorité des échantillons correspond à des menthes poivrée (*Mentha x piperita*) et des menthes vertes (*Mentha spicata*) avec respectivement 102 individus (46,4 %) et 51 individus (23,2%). Les autres espèces ou hybrides sont moins représentées avec six d'entre eux ne montrant qu'une unique occurrence. Ces six groupes représentent 2,8 % des individus (*Mentha cervina*, *Mentha japonica*, *Mentha smithiana*, *Mentha suaveolens ssp. insularis*, *Mentha suaveolens x piperita*, *Mentha x rotundifolia*).

La distribution des catégories de menthes est significativement différente de celle d'une distribution uniforme ($df = 22$, $Chi^2 = 580,6$, $p\text{-value} < 2.2e-16$). Certaines sont sur-représentées ou sous-représentées. Des zooms sur quelques groupes taxonomiques sont présentés.

La collection de menthes est hétérogène, avec une grande variabilité dans le nombre de tiges apparentes (écart-type : 19,23 ; variance : 369,79, **Figure 11**). En moyenne, les menthes possédaient environ 27 tiges mais seulement 50 % des plants avaient entre 13 et 34 tiges ($Q1 : 13$ et $Q3 : 34,75$). Cette large dispersion décrit une composante de l'état de la collection et pourrait refléter une part de sa diversité taxonomique.

Trois variables continues illustrent d'autres caractéristiques des tiges de menthes (**Tableau 2**). Dans les conditions de conservation et à une période donnée, leur taille moyenne était de 30,55 cm avec une médiane autour de 29 cm. Cette différence suggère une tendance vers des tailles plus grandes (asymétrie positive : 0,92). Une certaine dispersion des hauteurs de tige est concentrée autour de la moyenne (écart-type : 10,98 cm, variance : 120,59) mais des valeurs extrêmes, avec plus de valeurs atypiques que lors d'une distribution normale (KW $p\text{-value} < 0,05$), sont fréquentes (aplatissement : 4,31).

Tableau 2. Variables continues relatives à la description des tiges.

Variable	Moyenne	Médiane	Écart_type	Variance	Asymétrie	Aplatissement
Taille Moyenne des Tiges	30.55	29.17	10.98	120.59	0.92	4.31
Taille des Entre-noeuds	2.20	2.07	0.80	0.64	1.09	4.63
Nombre d'Entre-noeuds	15.50	15.00	3.62	13.07	0.40	3.01

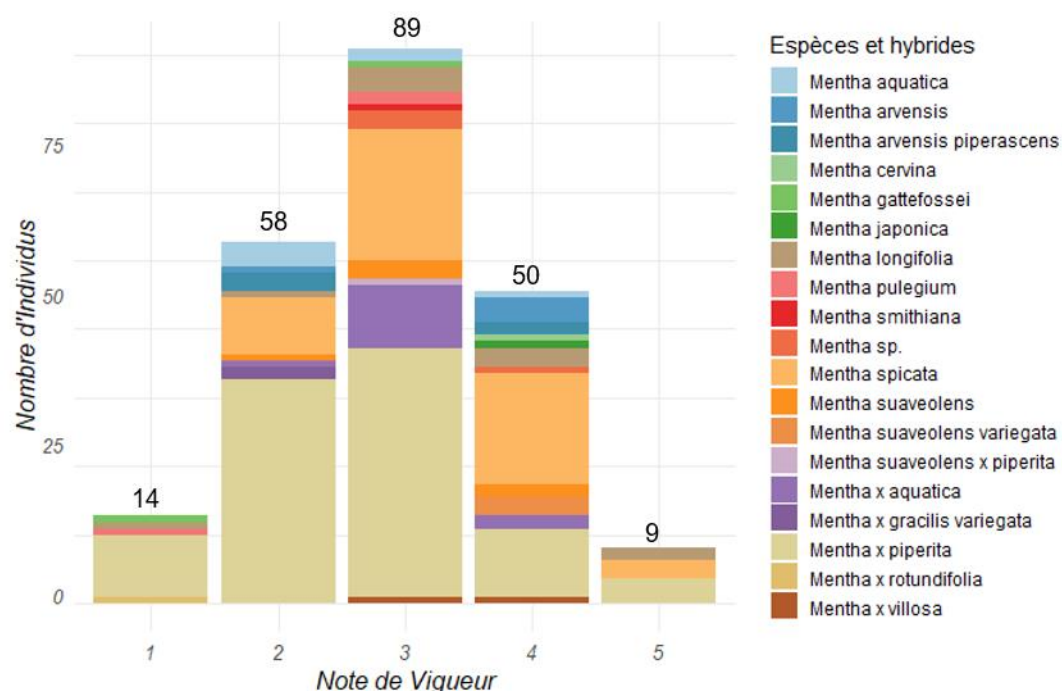


Figure 12. Répartition du nombre d'individus par espèces et hybrides de menthes selon une note de vigueur (de 1 à 5).

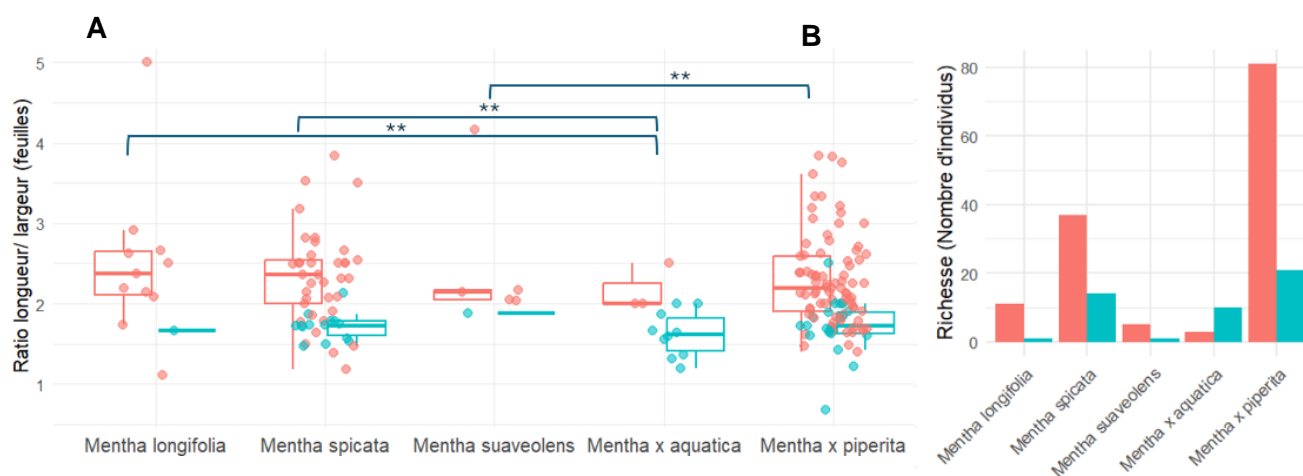


Figure 13. Ratio longueur sur largeur et formes des feuilles observées (lancéolées en rouge ou ovales en bleu) pour quelques espèces et hybrides de menthes (A) et richesse spécifique en fonction de la forme des feuilles (B). Les seuils de significativité sont calculés par rapport au ratio longueur sur largeur (p-value < 0,001 : ***, p-value < 0,01 : **, p-value < 0,1 : *).

La taille des entre-nœuds, représentant une moyenne de mesures à trois niveaux de la plus haute tige, est en moyenne de 2,20 cm avec une tendance à être légèrement plus grande (médiane : 2,07, asymétrie positive : 1,09, aplatissement : 4,63 ; KW p -value < 0,05). La dispersion des tailles d'entre-nœuds est peu élevée (écart-type : 0,8, variance : 0,64).

Le nombre d'entre-nœuds moyen et sa médiane sont d'environ 15. La distribution est plutôt symétrique autour de cette valeur et plutôt modérée (asymétrie : 0,40 ; variance : 13,07, écart-type : 3,62, aplatissement : 3,01 ; KW p -value < 0,05).

A titre indicatif, l'observation des menthes a conduit à l'attribution d'une note de vigueur par plante (**Figure 12**). L'effectif par espèce et par note de vigueur donne une seconde vue d'ensemble de la variabilité au sein de la collection. *Mentha x piperita* (Note 1 : 10 ; Note 2 : 36 ; Note 3 : 40 ; Note 4 : 11 ; Note 5 : 4) et *Mentha spicata* (Note 2 : 9 ; Note 3 : 21 ; Note 4 : 18 ; Note 5 : 3) sont inévitablement plus représentées pour chacune des notes avec d'autres espèces et hybrides dans quelques cas une présence notable.

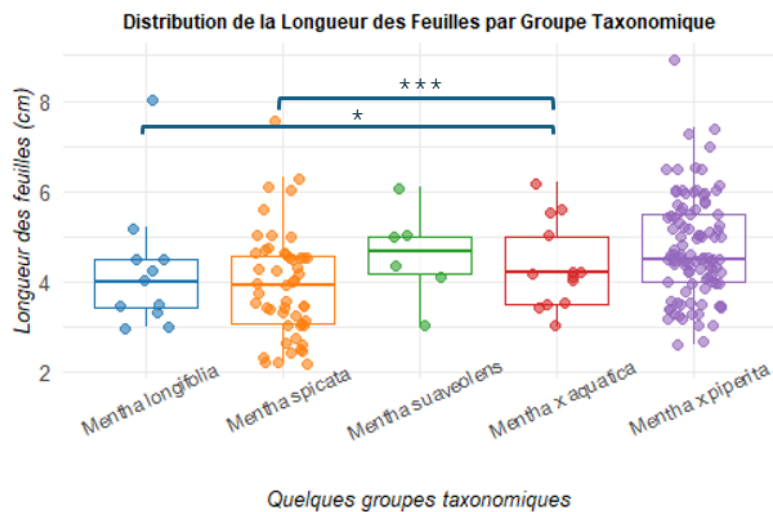
Les quatre groupes majoritaires sont conservés pour présenter la suite des critères morphologiques.

La forme des feuilles variant entre les différentes espèces ou groupes de menthes, différentes variables représentent les aspects des feuilles. Un ratio longueur sur largeur permet une capture des variations pour la proportion des feuilles tandis qu'indépendamment elles rendent compte de la taille absolue. Des différences marquées de ratio longueur/largeur des feuilles sont observées entre *Mentha longifolia* et *Mentha x aquatica* (p -value = 0,02), entre *Mentha spicata* et *Mentha x aquatica* (p -value = 0,04) et entre *Mentha suaveolens* et *Mentha x piperita* (p -value = 0,02) (**Figure 13**). Les petits ratios correspondent plutôt à des feuilles ovales tandis que les plus grand à des feuilles lancéolées.

Les résultats du calcul de l'indice de Shannon pour la forme des feuilles (lancéolées ou ovées) montrent que *Mentha longifolia* (0,29) présente la plus faible diversité morphologique des formes de feuilles, avec une forme lancéolée dominante, *Mentha spicata* (0,59) affiche la plus grande diversité, *Mentha suaveolens* (0,45) puis *Mentha x aquatica* (0,54), et *Mentha x piperita* (0,51) ont montré une variabilité modérée.

Les tests de Kruskal-Wallis vis-à-vis de la richesse en individus pour ces groupes taxonomiques, pour la forme lancéolée et pour la forme ovée, n'indiquent qu'il n'y a pas de différence significative (p -value > 0,05).

A



B

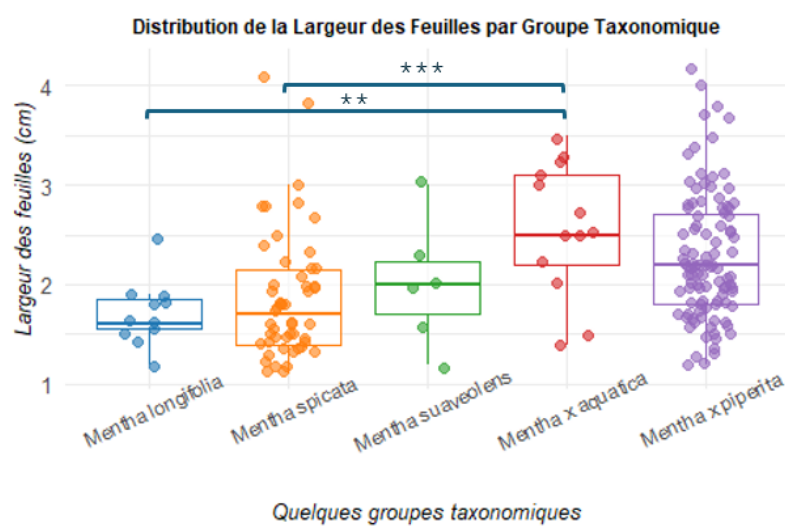


Figure 14. Longueur (A) et largeur (B) des feuilles chez différents groupes taxonomiques de menthes. Les seuils de significativité sont : p-value < 0,001 : ***, p-value < 0,01 : **, p-value < 0,1 : *.

Certaines divergences significatives ressortent pour la longueur et la largeur des feuilles avec les tests de Dunn (**Figure 13**). Pour ces deux types de mesure, *Mentha longifolia* se distingue de *Mentha x aquatica* et *Mentha spicata*, présente des différences marquées par rapport à *Mentha x aquatica*. La taille et/ou la forme des feuilles peut donc varier de manière notable entre ces espèces, ce qui peut également être observé pour d'autres caractéristiques morphologiques, bien que les évaluations soient, de manière générale plutôt concentrées autour des notes moyennes (**Figure 15**).

Un bilan graphique présente la répartition des individus des quatre groupes en fonction des notations morphologiques attribuées (**Figure 15**). Chez *Mentha x piperita*, par exemple, des pics pour des notes spécifiques sont observés. La dentelure des feuilles de type « Régulière » (note 3) est très commune chez ce groupe avec 50 individus représentés. Une concentration des observations pour la nervation des feuilles est également plus élevée à cette position, pour le type « cernées » (note 3), avec 61 individus. Pour ces deux derniers critères, un faible nombre d'individus (ex. *Mentha cervina*) présentaient le premier échelon de la notation. Aucun des groupes présentés ici n'étaient concerné. Par ailleurs, les observations de *Mentha longifolia* témoignent d'une couleur plutôt vert clair de leurs feuilles. La pilosité des feuilles et des tiges chez *Mentha x piperita*, d'après les observations aux notes de 1 à 3, apparaît modérément exprimée. Cette tendance est retrouvée pour le groupe *Mentha spicata*.

Concernant la couleur des tiges chez ces deux groupes, les hauts échelons (couleurs « rouge » et « rouge foncé ») concernent 65 menthes poivrées (soit 63,7 %) et 26 menthes vertes (soit 52 %).

Pour une vue plus appliquée, des comparaisons entre les résultats d'une accession donnée et les moyennes du taxon et de la collection peuvent être effectuées (Ex. Livrable - **Annexe IV**). En se concentrant sur deux échantillons spécifiques de la collection (**Figure 16**), on observe les traits morphologiques qui leur sont propres ainsi que leur divergence par rapport au reste de la diversité inter-spécifique et intra-spécifique

Parmi les menthes poivrées appartenant à la variété *officinalis*, l'une des accessions est un cultivar 'Ancienne Milly' (numéro d'accession MENPI-PC-95-001+1). La menthe verte présentée détient l'identifiant 'Spanish' (MENSP-PC-24-001+2).

Le cultivar 'Ancienne Milly' affiche un ratio longueur/largeur de feuille plutôt confondu par rapport à celui de la moyenne du taxon (2,13 versus 2,2). En revanche, le ratio de la menthe 'Spanish' est assez inférieur à la moyenne

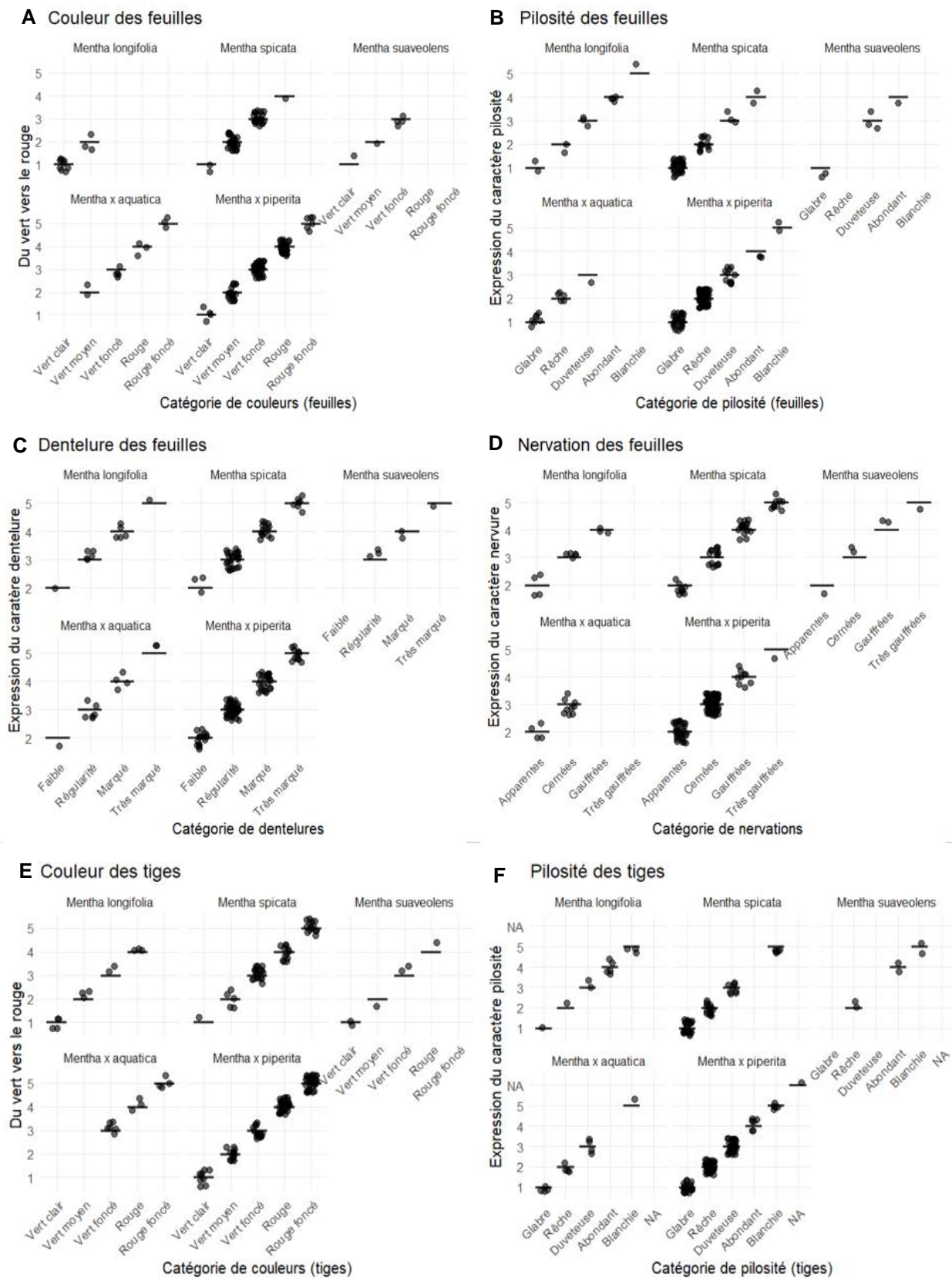


Figure 15. Six critères morphologiques pour les feuilles (A à D) et les tiges (E et F). Visualisation générale de la répartition des individus de différents groupes taxonomiques selon les modalités représentées par le groupe. (**Annexe III**)

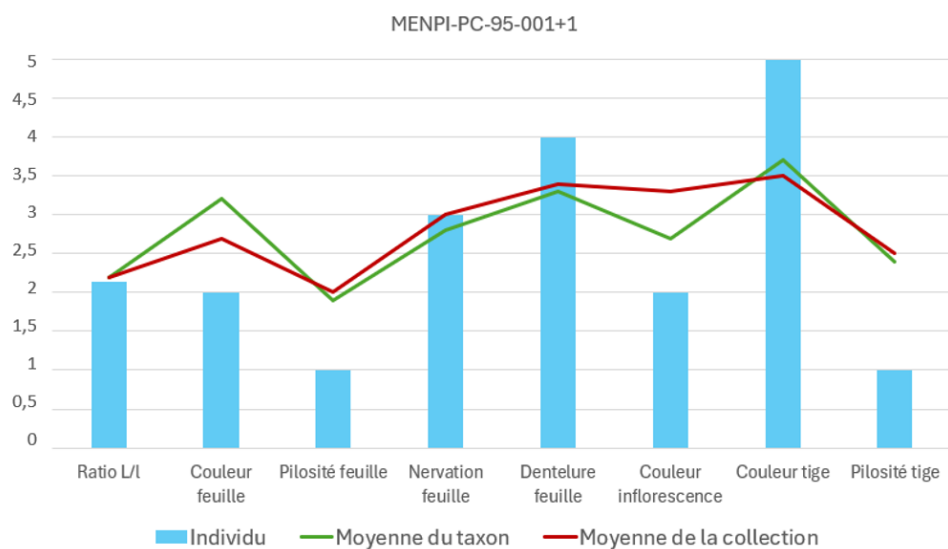
du taxon (1,85, versus 2,1) et de la collection à 2,2. Cela indique que les feuilles de cette *Mentha spicata* sont proportionnellement plus larges. La couleur des feuilles de l'«Ancienne Milly» est dite vert électrique tandis que celle de la «Spanish» est d'un vert plus prononcé. Le degré de pilosité des feuilles de la collection est en moyenne plutôt faible mais certains groupes de menthes présentaient une expression remarquable de ce trait (ex. *Mentha x villosa* ou *Mentha suaveolens* ssp. *suaveolens*). La tendance générale est retrouvée chez ces menthes avec des niveaux de pilosité dit légèrement apparent ou rêche.

Une nervation plus prononcée par rapport à la moyenne du taxon (3,5) et de la collection (note 3), avec une valeur de 4, est retrouvée chez les feuilles gaufrées de la menthe «Spanish». Les feuilles de l'«Ancienne Milly» ne se distinguent pas de la moyenne générale, elles sont décrites comme étant cernées (note 3). Par rapport aux moyennes intra- et inter-spécifiques, les menthes «Spanish» et l'«Ancienne Milly» dépassent la note intermédiaire avec des dents très marquées (notes 5 et 4).

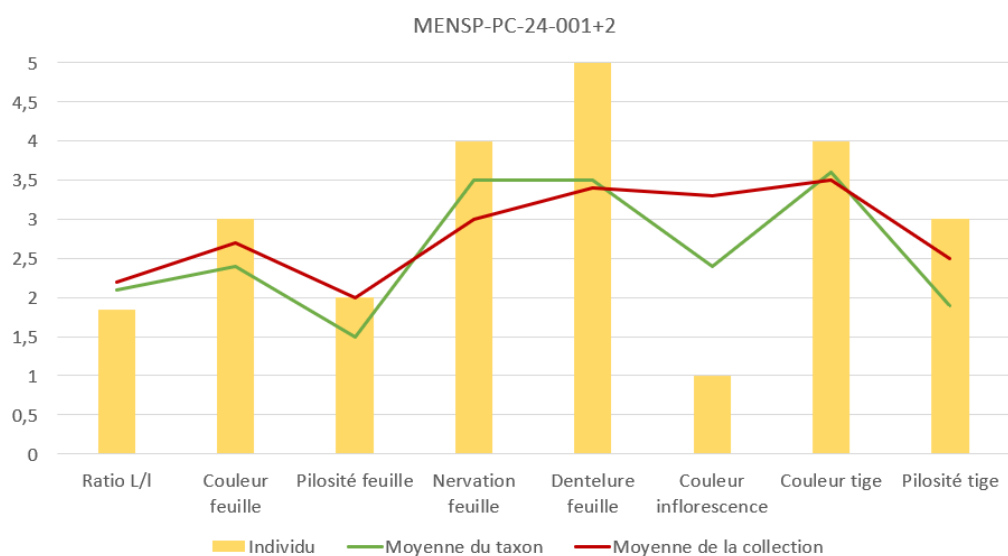
La menthe verte «Spanish» présente une hauteur moyenne de tige de 63 cm, valeur largement au-dessus de la moyenne du taxon (29,8 cm) et de la collection (30,6 cm). En comparaison, la tige de «Ancienne Milly» mesure 35 cm, ce qui est légèrement au-dessus de la moyenne de son taxon (33,06 cm). Chez les groupes taxonomiques *Mentha x piperita* et *Mentha spicata*, les moyennes pour le trait couleur de tige sont respectivement de 3,7 et 3,6 puis de 2,4 et 1,9 pour le trait pilosité, en moyenne fixée à 2,5 pour l'ensemble de la collection. Des divergences sont observées par rapport aux deux menthes sub-mentionnées. La couleur des tiges pour «Ancienne Milly» est rouge foncé (note 5) et celle de «Spanish» d'une teinte moins pourpre (note 4). Inversement par rapport aux moyennes des observations, la pilosité des tiges chez «Spanish» est plutôt duveteuse (note 3) tandis que celle de la menthe «Ancienne Milly» est glabre (note 1).

Les inflorescences des deux accessions diffèrent également des tendances moyennes. Chez la menthe «Ancienne Milly» leurs tailles étaient en moyenne de 6,8 cm et de 5,5 cm pour la «Spanish». La différence est plus marquée pour la menthe poivrée qui est assez au-dessus de la moyenne du taxon (4,2 cm) et de la collection de (4,7 cm). La couleur des inflorescences était de manière générale peu teintée ou rose-mauve clair (3,3) Pour la menthe «Ancienne Milly» cela reste proche (note 2) mais la «Spanish» fait partie des inflorescences de couleur blanches (note 1). Cette dernière possède-t-elle des traits phénotypiques et génétiques proches de ceux de la menthe poivrée de variété *officinalis* appelée «Blanche de Milly» ?

A



B



C

	Notation	Individu	Moy. du taxon	Moy.de la collection
MENPI-PC-95-001+1	Taille tige	35	33,06	3
	Taille inflorescence	6,8	4,2	4,7
MENSP-PC-24-001+2	Taille tige	63	29,8	30,6
	Taille inflorescence	5,5	5,4	4,7

Figure 16. Mise en rapport de deux individus (MENPI-PC-95-001+1 : *Mentha x piperita* var. *officinalis* 'Ancienne Milly' (A) et MENSP-PC-24-001+2 : *Mentha spicata* 'Spanish' (B)) avec la moyenne des observations pour leur groupe taxonomique respectif et pour l'ensemble de la collection. Les données concernant la taille des tiges et des inflorescences sont présentées dans le Tableau C.

Discussion

L'objectif de l'analyse était de décrire la diversité morphologique de la collection de menthe présente au CNPMAI sur la base des données recueillies. Conduire une analyse statistique dans un contexte de caractérisation est important pour identifier les différences et les similitudes entre les espèces. Cela permet d'améliorer la compréhension de leur répartition qui peut être influencée par leur diversité génétique et à certains paramètres physiologiques et écologiques.

Méthodologie. Les analyses statistiques auraient pu être réalisées sur un sous-ensemble d'individus en vue de minimiser l'influence de la répartition des espèces botaniques et des hybrides sur la diversité morphologique observée. En conservant les données associées à un sous-ensemble d'individus pour conduire l'analyse des caractères morphologiques des feuilles et des tiges (ex. minimum 10 individus par espèce ou hybride), le jeu de données aurait été constitué de 80,9 % (*Mentha x piperita*, *Mentha spicata*, *Mentha x aquatica*, *Mentha longifolia*) des 220 individus décrits par la **Figure 10**.

Les fréquences entre les quatre catégories de menthes étant significativement différentes ($p\text{-value de } X^2 < 2.2e-16$), avec sur-représentation des *Mentha x piperita* et *Mentha spicata* toujours observée, des tests non-paramétriques auraient également été utilisés.

Définir un plan expérimental conçu pour permettre une interprétation mathématique de données complexes est très intéressant, d'un point de vue également génétique, lorsque les aspects d'une diversité biologique est interrogé.

Quelques biais analytiques peuvent être soulevés mais la taille de la collection étant conséquente et hétérogène, ces biais pouvaient difficilement être contournés. Pour accroître la robustesse d'un tel jeu de données, la sélection d'un sous-ensemble d'individus avec plusieurs répliques biologiques (clones) et des notations avec un seuil minimal de répétitions par individus (répliques techniques) est une possibilité.

Pour des comparaisons et des interprétations physiologiques sans réserve, telles que pour dresser un portrait de la vigueur de plantes, considérer l'ancienneté des plants et étudier les variations comportementales sous différentes pressions biotiques et abiotiques peut être une voie d'amélioration du protocole.

Diversité morphologique. Les feuilles et les fleurs de menthes possèdent des intérêts économiques assez spécifiques en fonction du type de produit final. Étant donné l'effectif d'accessions de menthes nécessitant des notations et les différences de temporalité pour l'arrivée en floraison, seulement les données associées à la morphologie des feuilles et des tiges étaient complètes pour analyse. De plus, des cas d'oïdium se sont révélés problématiques au cours du suivi.

Certains critères étaient susceptibles d'être fortement influencés par les conditions de conservation des accessions mais des typologies individuelles ou par groupes taxonomiques ont pu se révéler cohérente avec les connaissances existantes (Lawrence, 2006 ; Heylen et al., 2021). La grande diversité morphologique au sein du genre *Mentha* se manifeste clairement au sein de la collection. Des différences inattendues observées peuvent témoigner de leur plasticité phénotypique face aux facteurs environnementaux non contrôlés (Bradshaw, 1965).

Les variations dans la forme des feuilles, la taille des tiges, et la pilosité montrent des distinctions significatives entre les espèces et hybrides notamment entre *Mentha x piperita* et *Mentha spicata*.

Approfondir une telle étude avec des comparaisons entre individus, avec différents niveaux de parentés et après validation taxonomique *via* un génotypage (projet CaraColl), permettra de mettre de nouveau en évidence la coexistence de nombreux polymorphismes au sein du genre *Mentha* (Väli, Ü. et al., Sool, J., 2008 ; Rodrigues, L. et al., 2013 ; Shelepova, O. V., et al., 2017). Les individus porteurs de ces traits étant soigneusement conservés, la demande pour accéder à ces ressources génétiques, qui seront prochainement caractérisées, pourrait augmenter.

Conservation des ressources. Une concrète mise à jour de la collection de menthes, avec des descriptions morphologiques, physicochimiques et l'identification d'empreintes génétiques par accession est l'une des élégantes perspectives du projet. Pour assurer la conservation de ces ressources végétales, dont les patrimoines génétiques sont uniques (variation génétique substantielle dans les traits d'intérêt même au sein de lignées clonales, Kukreja, A. K., et al., 1992) et bien que certains taxons soient connus comme stériles (ex. *Mentha x piperita* ou semences peu viables) le suivi méthodique et l'entretien des collections génériques (Ex. genre *Mentha*) est indispensable. En effet, la taille des inflorescences et la surveillance des tiges stolonifères vigoureuses permettent de contraindre les risques de contaminations.

La création de nouveaux cultivars avec des caractéristiques physiologiques améliorées vise à répondre à la forte demande mondiale pour l'huile essentielle de menthe (Prasad, P. et al., 2024).

Conclusion

La collection générique de menthes, intégrée aux collections nationales du CNPMAI, offre un accès intéressant à un panel de ressources génétiques. Ce type de collection ex-situ permet une protection de la biodiversité mais, étant en dehors de leur environnement naturel, une perte de diversité adaptative est possible, peut limiter la représentativité génétique de la collection par rapport à une population sauvage. Sur le long terme, la gestion de collection implique des coûts indéniables en termes d'infrastructure et de main d'œuvre.

La collection est constituée d'espèces patrimoniales, locales ou sauvages, ainsi que de variétés optimisées pour l'agriculture. Pour détecter des variations génétiques en lien avec des traits spécifiques, les marqueurs génétiques sont des outils d'intérêt. Une sélection de parents précisément caractérisés, dans un objectif de création variétale, peut impliquer un suivi de la descendance ainsi que des pratiques de conservation adaptées et définies.

L'histoire évolutive associée à la biodiversité actuelle de menthes témoigne de leur prédisposition (Lawrence, 2006) à se croiser naturellement et l'élan scientifique rayonnant à différentes échelles pour une meilleure compréhension de ce genre font de cette entité taxonomique un passionnant sujet. La collection étudiée, d'un point de vue principalement morphologique, propose une large représentation du genre *Mentha*.

Bibliographie

- Acquaah, G. (2009). *Principles of plant genetics and breeding*. John Wiley & Sons.
- Bradshaw, A. D. (1965). Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in genetics*, 13, 115-155.
- Dubois A. 2003. The relationships between taxonomy and conservation biology in the century of extinctions. *Comptes Rendus Biologies* 326: 9–21
- Canter, P. H., Thomas, H., & Ernst, E. (2005). Bringing medicinal plants into cultivation: opportunities and challenges for biotechnology. *TRENDS in Biotechnology*, 23(4), 180-185.
- Carron, C. –A., Simonnet, X. & Sutter L. (2023). Rapport annuel: Plantes médicinales et aromatiques. *Agroscope Transfer*, 540, 2024, 1-51.
- Barata, A. M., Rocha, F., Lopes, V., & Carvalho, A. M. (2016). Conservation and sustainable uses of medicinal and aromatic plants genetic resources on the worldwide for human welfare. *Industrial Crops and Products*, 88, 8-11.
- Begna, T., (2021). Role and economic importance of crop genetic diversity in food security. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 7(1), 164-169.
- Chandra, A., & Idrisova, A. (2011). Convention on Biological Diversity: a review of national challenges and opportunities for implementation. *Biodiversity and Conservation*, 20, 3295-3316.
- Cheminal, A., Kokkoris, I. P., Strid, A., & Dimopoulos, P. (2020). Medicinal and aromatic Lamiaceae plants in Greece: Linking diversity and distribution patterns with ecosystem services. *Forests*, 11(6), 661.
- Ely, C. V., de Loreto Bordignon, S. A., Trevisan, R., & Boldrini, I. I. (2017). Implications of poor taxonomy in conservation. *Journal for Nature Conservation*, 36, 10-13.
- Engel, M. S., Ceríaco, L. M., Daniel, G. M., Dellapé, P. M., Löbl, I., Marinov, M., & Zacharie, C. K. (2021). The taxonomic impediment: a shortage of taxonomists, not the lack of technical approaches. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 193(2), 381-387
- ENSCONET (2009), Protocoles de conservation & recommandations. *Royal Botanic Gardens*, Kew. ISBN: 978-84-692-6449-2
- Fiedler, A. K., Landis, D. A., & Wratten, S. D. (2008). Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biological control*, 45(2), 254-271.
- Giannenas, I., Sidiropoulou, E., Bonos, E., Christaki, E., & Florou-Paneri, P. (2020). The history of herbs, medicinal and aromatic plants, and their extracts: Past, current situation and future perspectives. In *Feed additives* (pp. 1-18). Academic Press.
- Gobert, T. V., Moja, S., Calson, M., et al. Hybridization in the section *Mentha* (Lamiaceae) inferred from AFLP markers. *American Journal of Botany*, 2002, vol. 89, no 12, p. 2017-2023.
- Gómez-Campo, C. (2016). 18 Collection, Preservation, and Distribution of Wild Genetic Resources. *Biology and breeding of crucifers*, 361.
- Harlan, J. R., & de Wet, J. M. (1971). Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, 20(4), 509-517.

- Harley, R. M., & Brighton C. A. (1977). Chromosome numbers in the genus *Mentha* L. *Botanical Journal of the Linnean Society* 74: 71–96.
- Hawkes, J. G., Maxted, N., & Ford-Lloyd, B. V. (2012). The ex situ conservation of plant genetic resources. *Springer Science & Business Media*.
- Hawkins, B. (2008). *Plants for life: Medicinal plant conservation and botanic gardens*. Botanic Gardens Conservation International.
- Heylen, O. C., Debortoli, N., Marescaux, J., & Olofsson, J. K. (2021). A revised phylogeny of the *Mentha spicata* clade reveals cryptic species. *Plants*, 10(4), 819.
- Heywood, V. H., & Iriondo, J. M. (2003). Plant conservation: old problems, new perspectives. *Biological conservation*, 113(3), 321-335.
- Heywood, V. (2009). Botanic gardens and genetic conservation. *Sibbaldia : The International Journal of Botanic Garden Horticulture*, (7), 5-18.
- Heywood, V. H., & Dulloo, M. E. (2005). In situ conservation of wild plant species: a critical global review of good practices.
- Hochkirch, A. (2013). Hybridization and the origin of species. *Journal of evolutionary biology*, 26(2), 247-251.
- IUCN, S. (2020). The IUCN red list of threatened species.
- Khater, H. F. (2012). Prospects of botanical biopesticides in insect pest management. *Pharmacologia*, 3(12), 641-656.
- Kiani, S., Minaei, S., & Ghasemi-Varnamkhasti, M. (2016). Application of electronic nose systems for assessing quality of medicinal and aromatic plant products: A review. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(1), 1-9.
- Kukreja, A. K., Dhawan, O. P., Ahuja, P. S., Sharma, S., & Mathur, A. K. (1992). Genetic improvement of mints: On the qualitative traits of essential oil of in-vitro derived clones of Japanese mint (*Mentha arvensis* var. *piperascens* Holmes). *Journal of Essential Oil Research*, 4(6), 623-629.
- Lange, B. M., Wildung, M. R., Stauber, E. J., Sanchez, C., Pouchnik, D., & Croteau, R. (2000). Probing essential oil biosynthesis and secretion by functional evaluation of expressed sequence tags from mint glandular trichomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(6), 2934-2939.
- Lawrence, B. M. (2006). *Mint: the genus Mentha*. CRC press.
- Lola Carquin. Étude de la structuration de la filière des PPAM en région Pays de la Loire dans un contexte de relocalisation des productions face aux enjeux du changement climatique (2023). *Sciences du Vivant* [q-bio]. (dumas-04245589)
- Lv, G., Li, Z., Zhao, Z., Liu, H., Li, L., & Li, M. (2024). The factors affecting the development of medicinal plants from a value chain perspective. *Planta*, 259(5), 108.
- Mishra, B. B., Tripathi, S. P., & Tripathi, C. P. M. (2012). Response of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) to potential insecticide derived from essential oil of *Mentha arvensis* leaves. *Biological agriculture & horticulture*, 28(1), 34-40.
- Noël, G., & Francis, F. (2020, February). Bandes fleuries, quels impacts sur les communautés d'auxiliaires de culture?. In *Soirées de l'Agriculture 2020*.
- Prasad, P., Gupta, A., Singh, V., & Kumar, B. (2024). Impact of induced mutation-derived genetic variability, genotype and varieties for quantitative and qualitative traits in *Mentha* species. *International Journal of Radiation Biology*, 100(2), 151-160.

- Senula, A., González, I., Acosta, A., Keller, E. J., & González-Benito, M. E. (2013). Genetic identity of three mint accessions stored by different conservation procedures: field collection, in vitro and cryopreservation. *Genetic resources and crop evolution*, 60, 243-249.
- Ramanatha Rao, V., & Hodgkin, T. (2002). Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant cell, tissue and organ culture*, 68, 1-19.
- Rawat, U., & Agarwal, N. K. (2015). Biodiversity: Concept, threats and conservation. *Environment Conservation Journal*, 16(3), 19-28.
- Rodrigues, L., Póvoa, O., Van den Berg, C.C., et al., Genetic diversity in *Mentha cervina* based on morphological traits, essential oils profile and ISSRs markers, *Biochem. Syst. Ecol.*, 2013, vol. 51, pp. 50–59. doi 10.1016/j.bse.2013.08.014
- Salgotra, R. K., & Chauhan, B. S. (2023). Genetic diversity, conservation, and utilization of plant genetic resources. *Genes*, 14(1), 174.
- Sasikumar, B. (2005). Genetic resources of Curcuma: diversity, characterization and utilization. *Plant Genetic Resources*, 3(2), 230-251.
- Schilling, M. & Pasquier B. (2013). Plantes protégées de France métropolitaine - Aspects réglementaires synthétisés. *Conservatoire National des Plantes à Parfum, Médicinales, Aromatiques et Industrielles*.
- Shelepova, O. V., Semenova, M. V., Enina, O. L., & Schanzer, I. A. (2017). Genetic, phenotypic, and phytochemical polymorphism in Eastern European populations of *Mentha arvensis* L. *Russian Journal of Genetics*, 53, 59-66.
- Stalker, H. T., Warburton, M. L., & Harlan, J. R. (2021). *Harlan's crops and man: people, plants and their domestication* (Vol. 186). John Wiley & Sons.
- Sutour, S. (2010). *Etude de la composition chimique d'huiles essentielles et d'extraits de menthe de Corse et de Kumquats* (Doctoral dissertation, Université de Corse).
- Tangpao, T., Charoimek, N., Teerakitchotikan, P., Leksawasdi, N., Jantanasakulwong, K., Rachtanapun, P & Sommano, S. R. (2022). Volatile organic compounds from basil essential oils: plant taxonomy, biological activities, and their applications in tropical fruit productions. *Horticulturae*, 8(2), 144.
- Tison J.-M., De Foucault B. (2014), Flora Gallica – Flore de France, *Ed. Biotope (Mèze)*, 1196p
- Towill, L. E. (2002). Cryopreservation of *Mentha* (mint). In *Cryopreservation of plant germplasm II* (pp. 151-163). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Turner, G., Gershenzon, J., Nielson, E. E., Froehlich, J. E., & Croteau, R. (1999). Limonene synthase, the enzyme responsible for monoterpene biosynthesis in peppermint, is localized to leucoplasts of oil gland secretory cells. *Plant physiology*, 120(3), 879-886.
- Wang, H., Chen, Y., Wang, L., Liu, Q., Yang, S., & Wang, C. (2023). Advancing herbal medicine: enhancing product quality and safety through robust quality control practices. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1265178.

Sitographie

2020. The Checklist of CITES Species Website. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland. Compiled by UNEP-WCMC, Cambridge, UK. (le 10.06.2024).
<http://checklist.cites.org/>

Driaaf, 2019 - LE PASSEPORT PHYTOSANITAIRE (le 16.07.24)
https://driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Le_nouveau_format_du_passeport_phytosanitaire_europeen_a_partir_du_14_decembre_2019_cle861e11.pdf

ECPGR, 2015. Medicinal and Aromatic Plants Working Group (le 19.06.24)
<http://www.ecpgr.cgiar.org/working-groups/medicinal-and-aromatic-plants/>

Agence Bio, 2019. L'agriculture Bio dans l'Union Européenne (le 19.06.24)
https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2020/03/Carnet_UE-2019.pdf

France Agrimer - Panorama 2022 - Marché des PPAM - Edition Décembre 2023 (le 19.06.24)
https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/72509/document/Panorama_PPAM_2022.pdf?version=3

France Agrimer – Fiche filière PPAM 2022 (le 19.06.24)
<https://www.franceagrimer.fr/content/download/68228/document/FICHE%20FILIERE%20PPAM%202022.pdf>

France Agrimer 2023 – Conjoncture Plantes à Parfum, aromatiques et médicinales (le 19.06.24)
https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/71448/document/Note_conjoncture_PPAM_Juin_2023.pdf?version=2#:~:text=Au%20niveau%20de%20la%20culture,en%20ce%20d%C3%A9but%20d'ann%C3%A9e.

ITEPMAI – Synthèse de Projet : Carosel 2022-2024. (le 11.04.24)
<https://www.iteipmai.fr/images/stories/NosProjets/CAROSSEL/SYNTHESE%20CAROSSEL.pdf>

IRHS, 2011 – CRB Carotte Apiacées Légumières (le 16.07.24)
<https://irhs.angers-nantes.hub.inrae.fr/recherche/qualite-et-resistance-aux-bioagresseurs-des-especes-legumieres/thematiques/crb-carotte-apiacees-legumieres>

ANNEXES

ANNEXE I. Détails des modalités et types d'évaluation pour les différents critères utilisés pour la caractérisation morphologique de la collection de menthes.


Types de notation		1	2	3	4	5
Tige	<i>Couleur</i>	Vert Argenté	Vert Nucléaire	Vert Foncé	Rouge	Rouge Foncé
	<i>Pilosité</i>	Glabre	Rêche	Duveteuse	Abondant	Blanchie
	<i>Taille</i>	Mesures				
Feuille	<i>Couleur</i>	Vert Argenté	Vert Nucléaire	Vert Foncé	Vert Rouge	Rouge Foncé
	<i>Pilosité</i>	Glabre	Rêche	Duveteuse	Abondant	Blanchie
	<i>Nervation</i>	Pas de nervure	Légèrement apparentes	Légères dépressions / Cernée	Gaufrée	Très gaufrée
	<i>Dentelure</i>	Absent	Faiblement marquée	Contours dessinés / Régularité	Marquée à très marquée	Très marquée à recourbement
	<i>Ratio l/L</i>	Mesures				
	<i>Base limbe</i>	Arrondie		Cunéiforme	Tronquée	Sabordée
	<i>Forme feuille</i>	Ovale ou ovée		Obovale	Lancéolée	Oblancéolée
Global	<i>Vigueur</i>	Chétif	Aspect clairsemé	Intermédiaire	Epanouie	Très robuste et compact
	<i>Nb stolon</i>	Dénombrement				
Inflorescence	<i>Couleur</i>	Blanc	Rose pale	Rose clair	Rose	Rose/ Violet
	<i>Pilosité des jeunes inflorescences</i>	Glabre	Rêche/ faiblement	Duveteuse	Abondant	Très abondant
	<i>Taille 1</i>	Mesures de 3 jeunes inflorescences				
	<i>Taille 2</i>	Mesures de 3 inflorescences fleuries				
	<i>Nombre de PV</i>	Dénombrement				
	<i>Position/type</i>	Glomérule axiaux			Epi terminal	
	<i>Longueur de l'inflorescence</i>	Allongée		Intermédiaire	Courte	
	<i>Compaction des PV</i>	Aérée		Intermédiaire	Dense	
Santé des plantes	<i>Oïdium</i>	Individu sain	Premiers symptômes	Foyers symptomatiques localisés	En expansion	Infection sévère
	<i>Puceron</i>	Individu sain	Premiers symptômes	Foyers symptomatiques localisés	En expansion	Infection sévère
	<i>Dépigmentation</i>	Individu sain	Premiers symptômes	Foyers symptomatiques localisés	En expansion	Infection sévère
	<i>Brunissement</i>	Individu sain	Premiers symptômes	Foyers symptomatiques localisés	En expansion	Infection sévère

ANNEXE III : Décomptes et fréquences du nombre d'individus par espèces ou hybrides (*Mentha longifolia*, *Mentha spicata*, *Mentha x aquatica* et *Mentha x piperita*) pour six variables catégorielles (f_dent : dentelure des feuilles, f_pilo : pilosité des feuilles, f_col : couleurs des feuilles, f_nerv : nervation des feuilles, tige_pilo : pilosité des tiges et tige_col : couleur et tiges).

Espèces ou hybrides		Variables	Notations	Richesse	Fréquence
Mentha	longifolia	f_dent	2	1	0.08
Mentha	longifolia	f_dent	3	5	0.42
Mentha	longifolia	f_dent	4	5	0.42
Mentha	longifolia	f_dent	5	1	0.08
Mentha	longifolia	f_nerv	2	4	0.33
Mentha	longifolia	f_nerv	3	5	0.42
Mentha	longifolia	f_nerv	4	3	0.25
Mentha	longifolia	f_pilo	1	1	0.08
Mentha	longifolia	f_pilo	2	1	0.08
Mentha	longifolia	f_pilo	3	2	0.17
Mentha	longifolia	f_pilo	4	5	0.42
Mentha	longifolia	f_pilo	5	3	0.25
Mentha	longifolia	tige_col	1	4	0.33
Mentha	longifolia	tige_col	2	3	0.25
Mentha	longifolia	tige_col	3	2	0.17
Mentha	longifolia	tige_col	4	3	0.25
Mentha	longifolia	tige_pilo	1	1	0.08
Mentha	longifolia	tige_pilo	2	1	0.08
Mentha	longifolia	tige_pilo	3	2	0.17
Mentha	longifolia	tige_pilo	4	5	0.42
Mentha	longifolia	tige_pilo	5	3	0.25
Mentha	spicata	f_dent	2	3	0.06
Mentha	spicata	f_dent	3	26	0.51
Mentha	spicata	f_dent	4	15	0.29
Mentha	spicata	f_dent	5	7	0.14
Mentha	spicata	f_nerv	2	9	0.18
Mentha	spicata	f_nerv	3	15	0.29
Mentha	spicata	f_nerv	4	18	0.35
Mentha	spicata	f_nerv	5	9	0.18
Mentha	spicata	f_pilo	1	24	0.47
Mentha	spicata	f_pilo	2	14	0.28
Mentha	spicata	f_pilo	3	8	0.16
Mentha	spicata	f_pilo	5	5	0.10
Mentha	spicata	tige_col	1	1	0.02
Mentha	spicata	tige_col	2	5	0.10
Mentha	spicata	tige_col	3	19	0.37
Mentha	spicata	tige_col	4	12	0.24
Mentha	spicata	tige_col	5	14	0.28
Mentha	spicata	tige_pilo	1	24	0.47
Mentha	spicata	tige_pilo	2	14	0.28
Mentha	spicata	tige_pilo	3	8	0.16
Mentha	spicata	tige_pilo	5	5	0.10
Mentha	suaveolens	f_dent	3	3	0.50
Mentha	suaveolens	f_dent	4	2	0.33
Mentha	suaveolens	f_dent	5	1	0.17
Mentha	suaveolens	f_nerv	2	1	0.17
Mentha	suaveolens	f_nerv	3	2	0.33
Mentha	suaveolens	f_nerv	4	2	0.33
Mentha	suaveolens	f_nerv	5	1	0.17

Mentha	suaveolens	f_pilo	2	2	0.33
Mentha	suaveolens	f_pilo	4	2	0.33
Mentha	suaveolens	f_pilo	5	2	0.33
Mentha	suaveolens	tige_col	1	2	0.33
Mentha	suaveolens	tige_col	2	1	0.17
Mentha	suaveolens	tige_col	3	2	0.33
Mentha	suaveolens	tige_col	4	1	0.17
Mentha	suaveolens	tige_pilo	2	2	0.33
Mentha	suaveolens	tige_pilo	4	2	0.33
Mentha	suaveolens	tige_pilo	5	2	0.33
Mentha	x aquatica	f_dent	2	1	0.08
Mentha	x aquatica	f_dent	3	6	0.46
Mentha	x aquatica	f_dent	4	4	0.31
Mentha	x aquatica	f_dent	5	2	0.15
Mentha	x aquatica	f_nerv	2	4	0.31
Mentha	x aquatica	f_nerv	3	9	0.69
Mentha	x aquatica	f_pilo	1	4	0.31
Mentha	x aquatica	f_pilo	2	4	0.31
Mentha	x aquatica	f_pilo	3	4	0.31
Mentha	x aquatica	f_pilo	5	1	0.08
Mentha	x aquatica	tige_col	3	6	0.46
Mentha	x aquatica	tige_col	4	3	0.23
Mentha	x aquatica	tige_col	5	4	0.31
Mentha	x aquatica	tige_pilo	1	4	0.31
Mentha	x aquatica	tige_pilo	2	4	0.31
Mentha	x aquatica	tige_pilo	3	4	0.31
Mentha	x aquatica	tige_pilo	5	1	0.08
Mentha	x piperita	f_dent	2	16	0.16
Mentha	x piperita	f_dent	3	50	0.49
Mentha	x piperita	f_dent	4	24	0.24
Mentha	x piperita	f_dent	5	12	0.12
Mentha	x piperita	f_nerv	2	31	0.30
Mentha	x piperita	f_nerv	3	61	0.60
Mentha	x piperita	f_nerv	4	9	0.09
Mentha	x piperita	f_nerv	5	1	0.01
Mentha	x piperita	f_pilo	1	20	0.20
Mentha	x piperita	f_pilo	2	39	0.38
Mentha	x piperita	f_pilo	3	31	0.30
Mentha	x piperita	f_pilo	4	6	0.06
Mentha	x piperita	f_pilo	5	5	0.05
Mentha	x piperita	f_pilo	NA	1	0.01
Mentha	x piperita	tige_col	1	9	0.09
Mentha	x piperita	tige_col	2	12	0.12
Mentha	x piperita	tige_col	3	16	0.16
Mentha	x piperita	tige_col	4	32	0.31
Mentha	x piperita	tige_col	5	33	0.32
Mentha	x piperita	tige_pilo	1	20	0.20
Mentha	x piperita	tige_pilo	2	39	0.38
Mentha	x piperita	tige_pilo	3	31	0.30
Mentha	x piperita	tige_pilo	4	6	0.06
Mentha	x piperita	tige_pilo	5	5	0.05
Mentha	x piperita	tige_pilo	NA	1	0.01

ANNEXE IV : Exemples de fiche d'identité – Livrable CaraColl.



Nom latin : *Mentha x piperita* var. *officinalis*

Nom vernaculaire : Menthe poivrée

N° Authentippam : MENPI-PC-95-001+1


Identifiants de l'individu : CNPMAI "Ancienne Milly" 126 ; 13-men-126

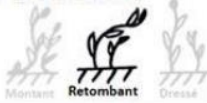
Utilisation : Aromatique et médicinale



Origine et date : Origine inconnue, sélection interne. Date d'entrée en collection : 1995

Identité

Phénotype



FEUILLES	Forme et taille	Forme des limbes | Lancéolée ; Base des limbes | Tronquée ; 2,22 * ¹
	Couleur	2 | Vert / Electrique
	Pilosité	1 | Glabre ou presque
	Nervation	3 | Nervures tertiaires marquées
FLEURS	Dentelure	4 | Dentelure marquée à profonde
	Forme et taille	E ; 6,30 cm * ²
	Couleur	4
	Taille	33,17 * ³
TIGES	Couleur	5 | Rouge / Foncé
	Pilosité	1 | Glabre
	Port Vigueur Ramification	3 | Vigueur intermédiaire ; Note de ramification | 1 
	Nombre de stolons	30



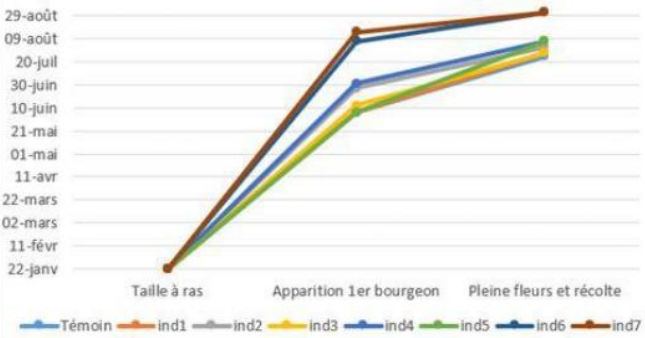
*¹ : moyenne du ratio (longueur/largeur) de deux feuilles (trois *in fine*)

*² : moyenne de la taille de trois inflorescences

*³ : moyenne de la taille des trois plus hautes tiges

Stade de récolte

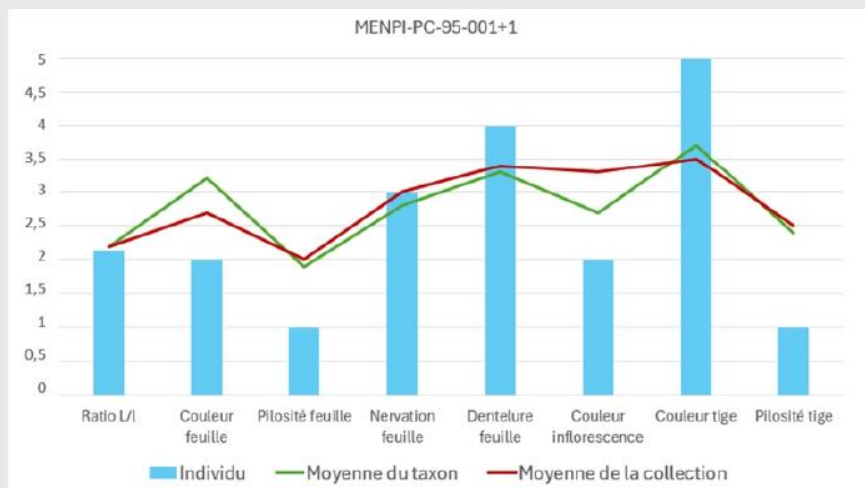
Date début de floraison	15/07/2024
Date pleine floraison—récolte	31/07/2024



Données fictives.

IV

Comparaison phénotypique

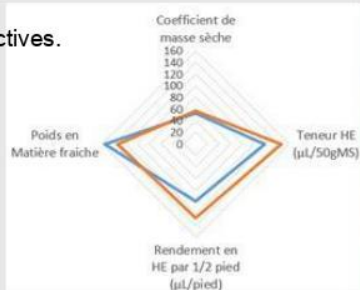


MENPI-PC-95-001 par rapport aux moyennes des observations pour le groupe *Mentha x piperita* et l'ensemble de la collection.

Rendement et production

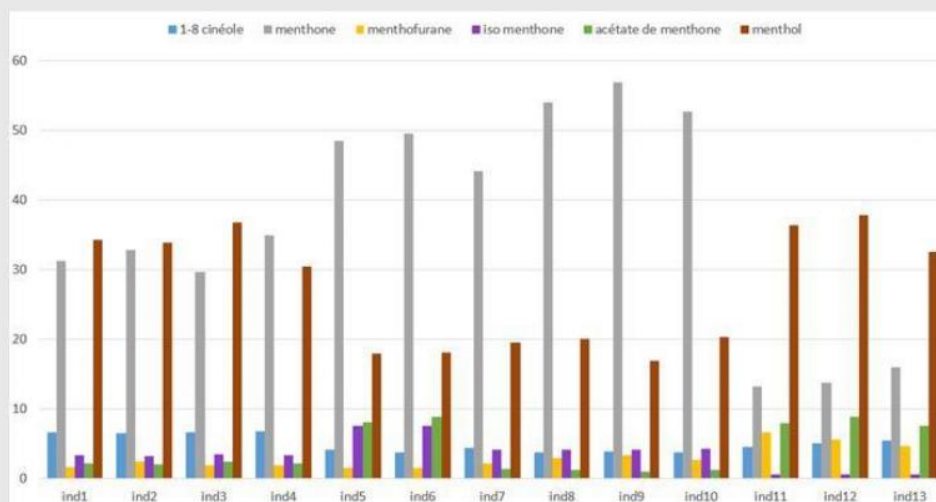
Données fictives.

	Individu	Moyenne collection
Coefficient de masse sèche	52	56
Teneur HE (µL/50gMS)	118	147
Rendement en HE par 1/2 pied (µL/pied)	98	126.5
Poids en Matière fraîche	156	134



Phytochimie et génétique

Données fictives.





Nom latin : *Mentha spicata*

Nom vernaculaire : Menthe douce

N° Authentippam : MENS-PC-24-001+2

Identifiants de l'individu : 'Spanish' ; /

Identité

Utilisation : Aromatique et médicinale

Origine et date : Origine France, don de Eyraud Production, France. Date d'entrée en collection : 2024

Phénotype

Feuilles	Forme	Forme des limbes | Lancéolée
	Dimensions	1,84 * ¹
	Couleur	3 | Vert / Foncé
	Pilosité	2 | Pilosité faible / Feuilles rêches
	Nervation	4 | Feuilles très cernées à gaufrées
	Dentelure	5 | Bords fortement dentés voir recourbés
Tiges	Taille	63,00 * ²
	Couleur	4 | Rouge
	Pilosité	3 | Duveteuse
Aspect général	Vigueur et Ramification	5 | Forte vigueur / Plantes robustes et compacts ; Note de ramification à 5
	Nb stolons	25



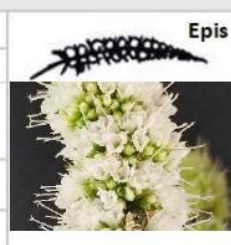
*¹ : moyenne du ratio (longueur/largeur) de deux feuilles (trois in fine)

*² : moyenne de la taille des trois plus hautes tiges

Récolte et floraison



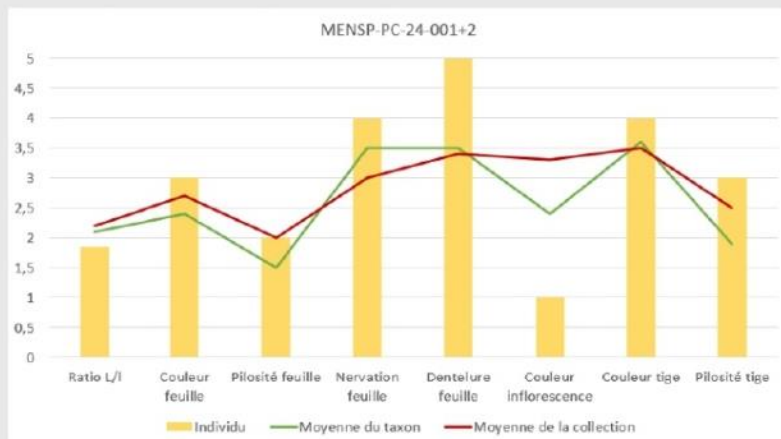
Forme	E
Taille	5,50 *
Couleur pétales ; sépalés	1 ; 1
Date début de floraison	
Date pleine floraison—récolte	



Epis

* : moyenne de la taille de trois inflorescences

Comparaison phénotypique

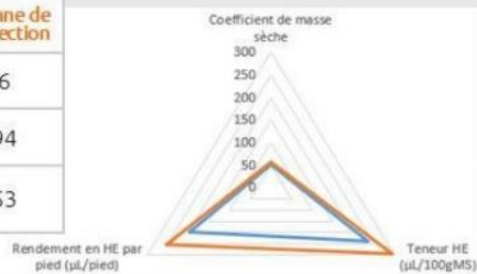


MENSP-PC-24-001 par rapport aux moyennes des observations pour le groupe *Mentha spicata* et l'ensemble de la collection.

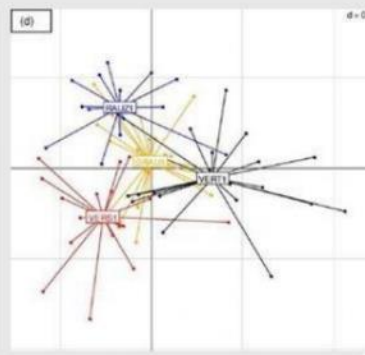
Rendement

	Individu	Moyenne de la collection
Coefficient de masse sèche	52	56
Teneur HE (µL/100gMS)	236	294
Rendement en HE par pied (µL/pied)	196	253




Données fictives.





Phytochimie et génétique



Données fictives.

  	Diplôme: Master Mention : Biologie Végétale (BV) Parcours : Plant Health Protection	
Auteur(s) : Héloïse Teboul Date de naissance* : 29.11.1999	Organisme d'accueil : Conservatoire National des Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales	
Nb pages : 89 Annexe(s) : 4	Adresse : Route de Nemours 91490 Milly-la-Forêt	
Année de soutenance : 2024	Maître de stage : Marie Fourage	
Titre anglais : Implementation of best practices for the conservation of cultivated biodiversity of aromatic and medicinal plants (PPAM) and participation in a project to characterize the mint collection.		
<p>Abstract (1600 caractères maximum) :</p> <p>Harmonization and characterization of plant genetic collections allow for the methodical preservation of accessions while enriching the associated data. The CaraColl project ('Collection Characterization') aims to determine the morphological, physicochemical, and genetic typologies of the mint collection preserved at the CNPMAI. This collection consists of 220 individuals distributed across 19 taxonomic categories with a strong representation of <i>Mentha x piperita</i> (46.4%) and <i>Mentha spicata</i> (23.2%).</p> <p>This internship primarily focuses on the morphological aspect with particular attention given to producing a deliverable that details the results for each accession. The exploration of phenotypic and genetic diversity aims to enhance conservation strategies for these resources to ultimately preserve and valorize this diversity. Ratings and statistical analyses have been carried out to describe the distribution of morphological traits within the different taxonomic categories.</p> <p>This highly heterogeneous collection reveals significant variability in morphological traits, both inter- and intra-specifically. This diversity is manifested through differences in expression regarding the size, color, or pubescence of vegetative and floral organs. New databases will present the phenotypic findings from the entire collection. Studying this variability is essential for identifying distinctive morphological specifics among the various species and hybrids of mint.</p>		
Key Words: Mentha genus, characterization, conservation, genetics, diversity, traceability		

* *Elément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires*

 		Diplôme: Master Mention : Biologie Végétale (BV) Parcours : Plant Health Protection
Auteur(s) : Héloïse Teboul Date de naissance* : 29.11.1999		Organisme d'accueil : Conservatoire National des Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales Adresse : Route de Nemours 91490 Milly-la-Forêt Maître de stage : Marie Fourage
Nb pages : 89 Annexe(s) : 4		
Année de soutenance : 2024		
Titre français : Mise en place de bonnes pratiques de conservation de la biodiversité cultivée de PPAM et participation à un projet de caractérisation de la collection de menthes.		
<p>Résumé (1600 caractères maximum) :</p> <p>L'harmonisation et la caractérisation des collections génétiques végétales permettent de conserver méthodiquement les accessions tout en enrichissant les données associées. Le projet CaraColl (« Caractérisation de Collection ») vise à déterminer les typologies morphologiques, physicochimiques et génétiques de la collection de menthes conservées au CNPMAI. Cette collection comprend 220 individus répartis en 19 catégories taxonomiques, avec une forte représentation de <i>Mentha x piperita</i> (46,4 %) et <i>Mentha spicata</i> (23,2 %).</p> <p>Ce stage couvre principalement le volet morphologique, avec une attention particulière portée à la production d'un livrable détaillant les résultats par accession.</p> <p>L'exploration de la diversité phénotypique et génétique vise à améliorer les stratégies de conservation de ces ressources pour finalement préserver et valoriser cette diversité. Des notations et analyses statistiques ont été effectuées pour décrire la répartition des caractères morphologiques au sein des différentes catégories taxonomiques.</p> <p>Cette collection très hétérogène révèle une importante variabilité des traits morphologiques, aussi bien au niveau inter- qu'intra-spécifique. Cette diversité se manifeste par des différences d'expression en termes de taille, de couleur, ou de pilosité des organes végétatifs et floraux. De nouvelles bases de données restituent les révélés phénotypiques effectués sur l'ensemble de la collection. L'étude de cette variabilité est essentielle pour identifier les spécificités morphologiques distinctives entre les diverses espèces et hybrides de menthes.</p>		
Mots-clés : Genre <i>Mentha</i> , caractérisation, conservation, génétique, diversité, traçabilité.		

** Elément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires*