

Livrables et Clôture du Projet



Miel Omic

Samedi 24 juin 2023

Conservatoire Botanique National de Mascarin



Projet
Endémic

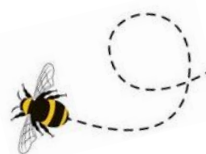


Introduction



Objectifs principaux

- ➔ Développement de la Recherche et de l'Innovation dans la filière apicole réunionnaise,
- ➔ Caractérisation des propriétés physico-chimiques des miels (Codex Alimentarius)
- ➔ Détermination des propriétés biologiques et contribution de l'empreinte moléculaire des miels
- ➔ Capitalisation des connaissances pour la valorisation économique des miels réunionnais (ex. contribution à la démarche de l'AOP).



Déroulé du projet



Durée 30 mois



Budget 1,2 M€



Partenaires du projet

APICOLES



SCIENTIFIQUES



CONSULTATIFS





I. Approche Territoriale



Contexte

Apiculture Réunionnaise



© CIRAD Antoine Franck

➔ Abeille : *Apis Mellifera unicolor*

➔ 700 Apiculteurs : Professionnels et Loisirs

➔ 22 000 ruches

➔ Production: 248 T de miels/an

➔ Plusieurs miels médaillés courant 2022



Miels “Monofloraux”



Baies Roses
Schinus terebinthifolius
(Exotique)



Letchis
Litchi Chinensis
(Exotique)

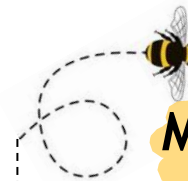


Fleur Jaune*
Hypericum Lanceolatum
(Endémique)



Tan Rouge*
Weinmannia tinctoria
(Endémique)

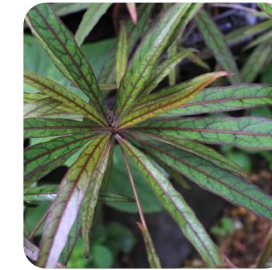
* À confirmer par analyse pollinique 2023



Miels “Polyfloraux”



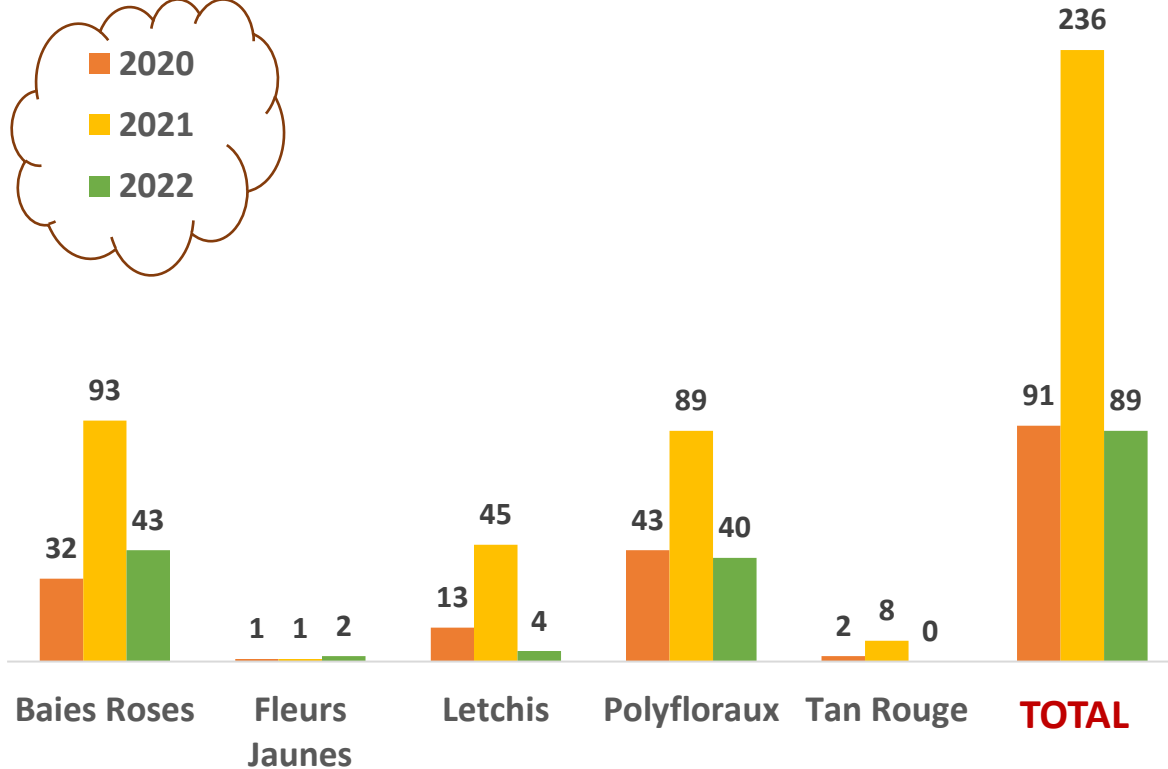
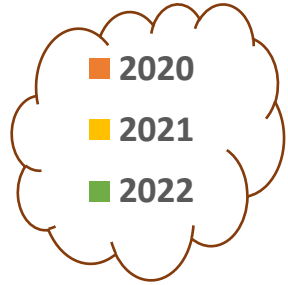
Forêt
Altitude > 1000 m



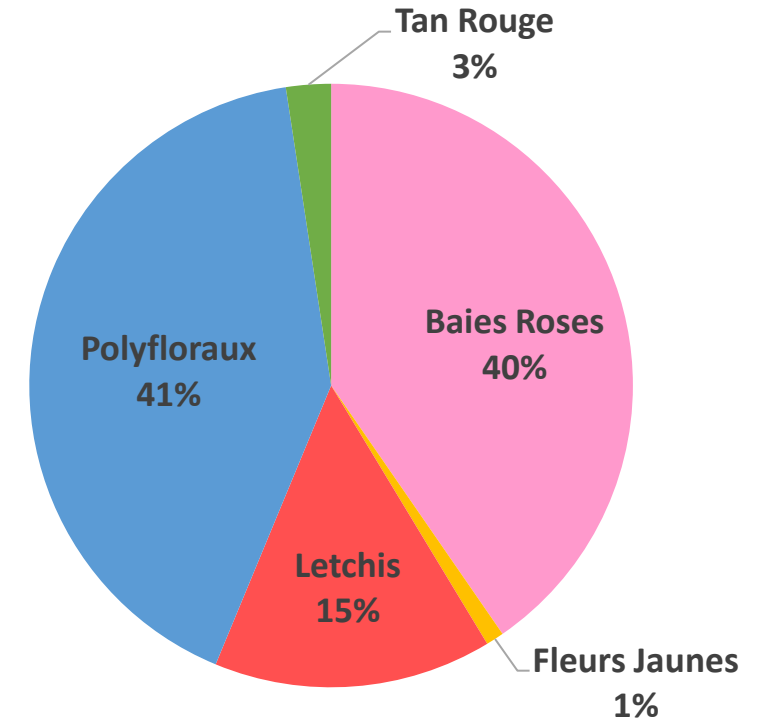
Toutes Fleurs
Altitude < 1000 m

Échantillons réceptionnés pour le projet

Panel de miels



Répartition des miels en % 2020-2022

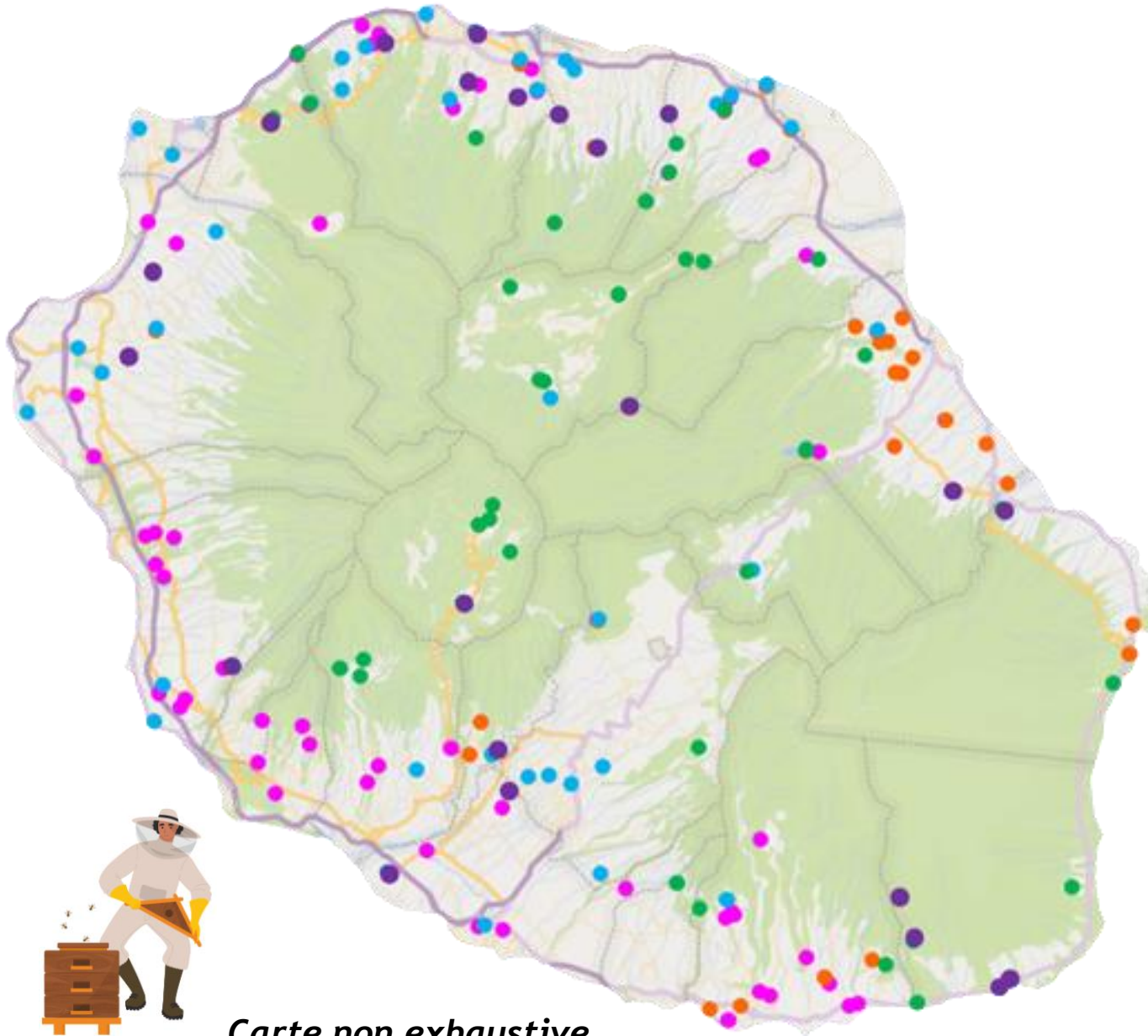


➔ Soit un total de **416 miels** réunionnais répartis en **5 catégories**

➔ Achat de **10 miels étrangers** (Métropole, Madagascar, Espagne, Seychelles, NZ & Brésil) à titre de comparaison

➔ **100 apiculteurs** volontaires...*Grand merci à ceux-là !*

Carte GPS des miels réceptionnés



Carte non exhaustive



● Baies Roses
Schinus terebinthifolius



● Letchis
Litchi Chinensis



● Forêt
Altitude > 1000 m



● Toutes Fleurs
Altitude < 1000 m



- **Autres***
Fleurs Jaune (Hypericum Lanceolatum)
Tan Rouge (Weinmannia tinctoria)
Mahot,
Ambaville,
Café,
Etc...

CONFIDENTIAL
DATA

“Monofloraux”

“Polyfloraux”



II. Analyses

Physico-chimie

1. Paramètres Physico-Chimiques
2. Carbohydrates
3. Minéraux
4. Profils chimiques
5. Phytochimie
6. Tests Microbiologiques
7. Tests Biologiques

Métabolomique

Biologie

Composition d'un miel

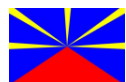


1-5% **Autres** (minéraux, enzymes, polyphénols, ..)

15-20% **Eau**

75-80% **Carbohydrates** (« sucres »)

Panel de miels



168 Baies roses
62 Letchis
4 Fleurs Jaunes

172 Polyfloraux
10 Tan rouge

Analyses

Analyses Physico-chimiques



% Humidité
pH & acidité libre
HMF
Conductimétrie
Colorimétrie
Carbohydrates
Minéraux

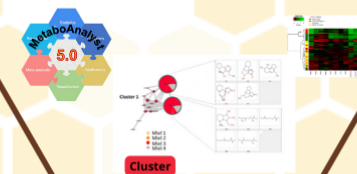


Analyses Biologiques



Polyphénols
Antioxydants
Cicatrisation

Analyses Métabolomiques



Empreinte moléculaire (le terroir)



II. Analyses

Physico-chimie

1. Paramètres Physico-Chimiques
2. Carbohydrates
3. Minéraux
4. Profils chimiques
5. Phytochimie
6. Tests Microbiologiques
7. Tests Biologiques

Metabolomique

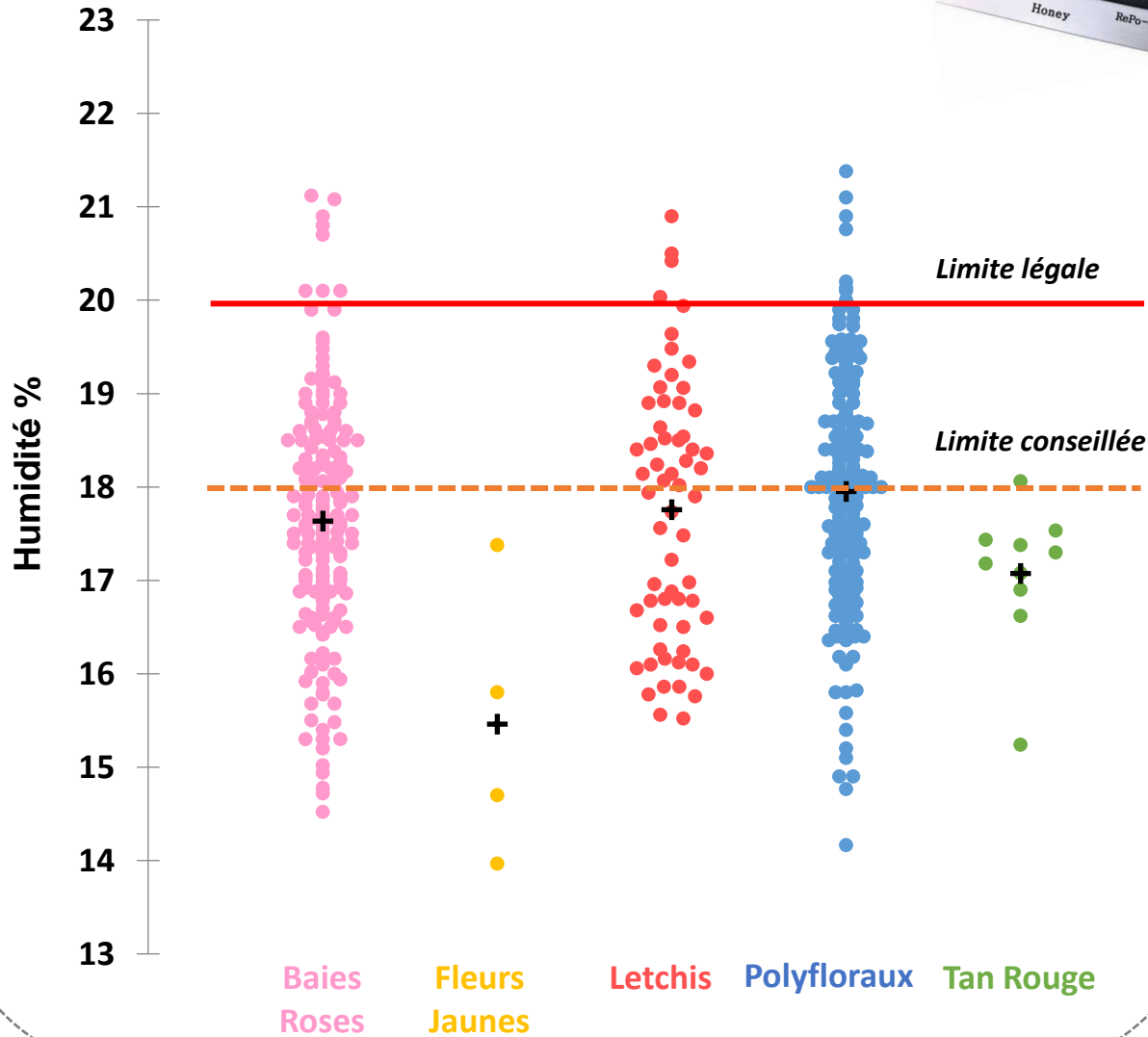
Biologie



Humidité : Teneur en eau (%)



Scattergrams



1. Paramètres Physico-Chimiques

Panel de miels

168 Baies roses 172 Polyfloraux
 62 Letchis 10 Tan rouge
 4 Fleurs Jaunes



- ➔ Cadre réglementaire¹
- ➔ Humidité **conditionne la conservation**
- ➔ Miel **trop humide** favorise la **fermentation**
- ➔ Miel **trop sec** libère **moins d'arômes**
- ➔ Critère de **qualité & de stabilité**
- ➔ **95 % des échantillons** respectent cette norme

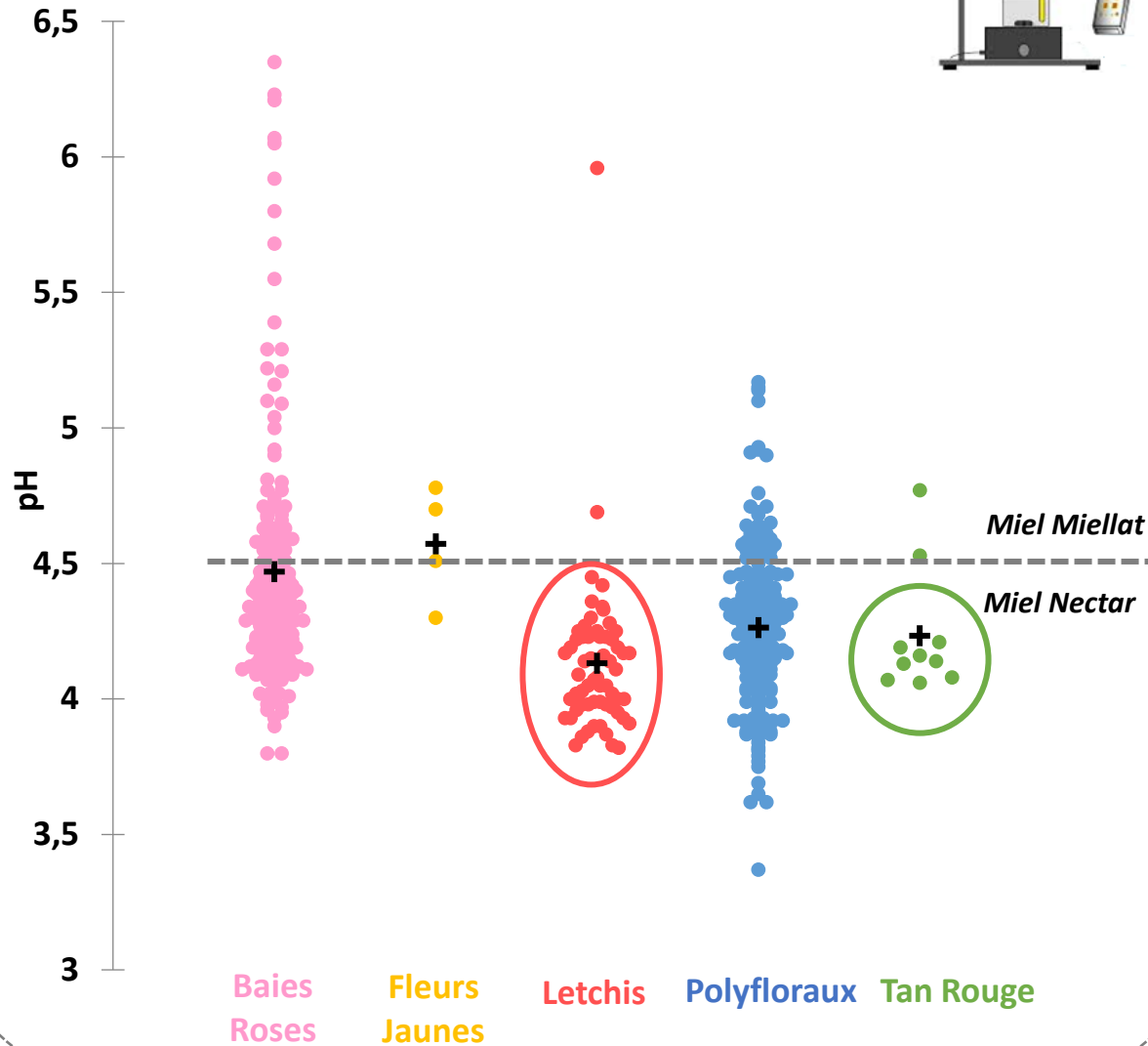
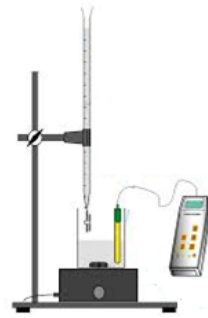
Référence :

1. Codex Alimentarius. Norme pour le miel. CXS 12-1981. 7 (2019).



pH-métrie

Scattergrams



1. Paramètres Physico-Chimiques

Panel de miels 

168 Baies roses	172 Polyfloraux
62 Letchis	10 Tan rouge
4 Fleurs Jaunes	

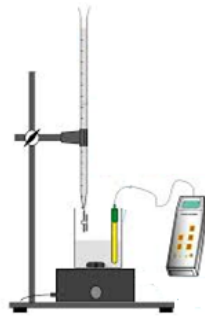
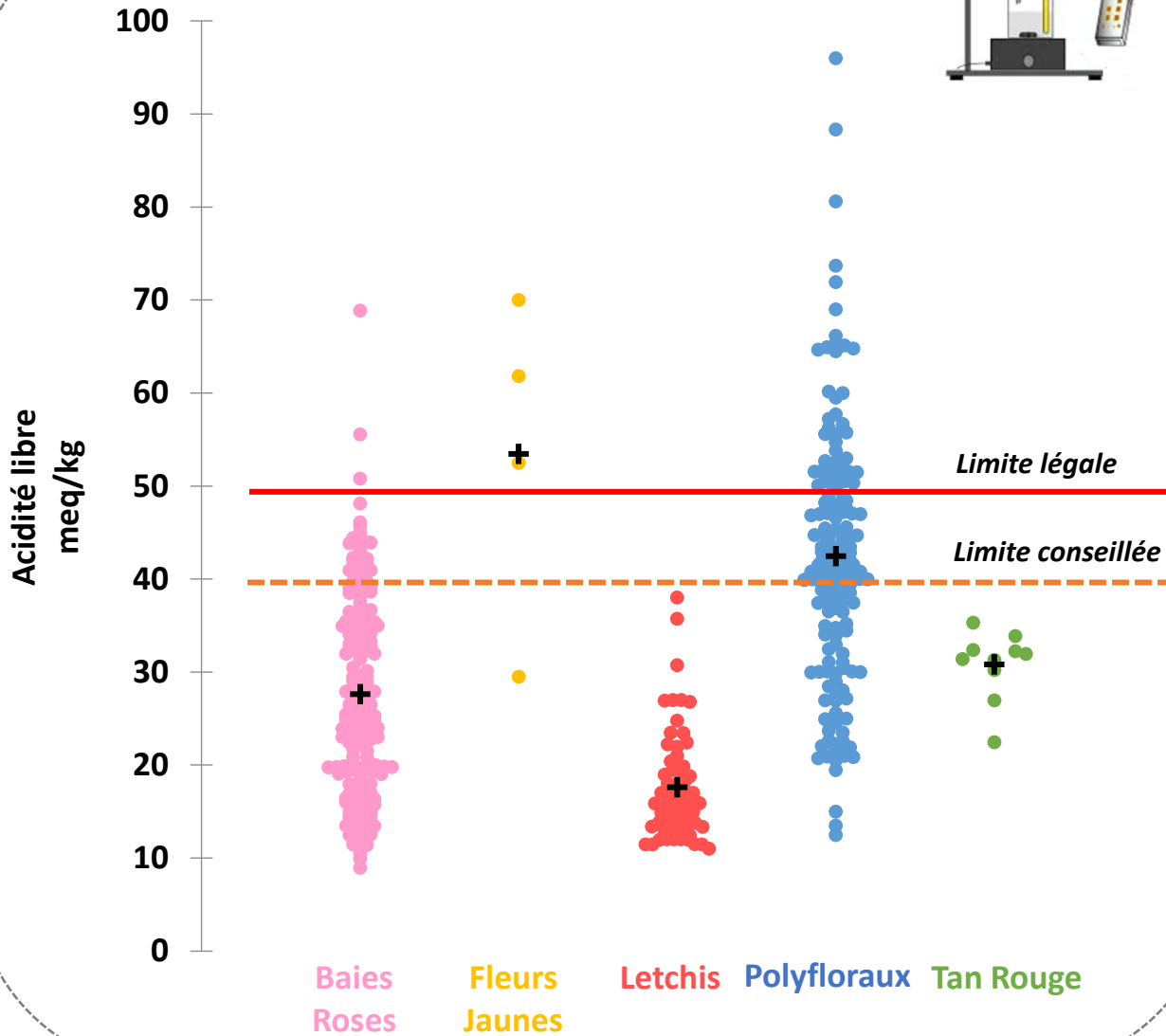


- ➔ pH dépend de l'origine géographique et florale
- ➔ Influence sur la texture et la stabilité
- ➔ Miels Letchis et Tan Rouge : Nectar
- ➔ 78 % des échantillons possèdent un pH < 4,5



Acidité libre

Scattergrams



1. Paramètres Physico-Chimiques

Panel de miels

168 Baies roses 172 Polyfloraux
 62 Letchis 10 Tan rouge
 4 Fleurs Jaunes



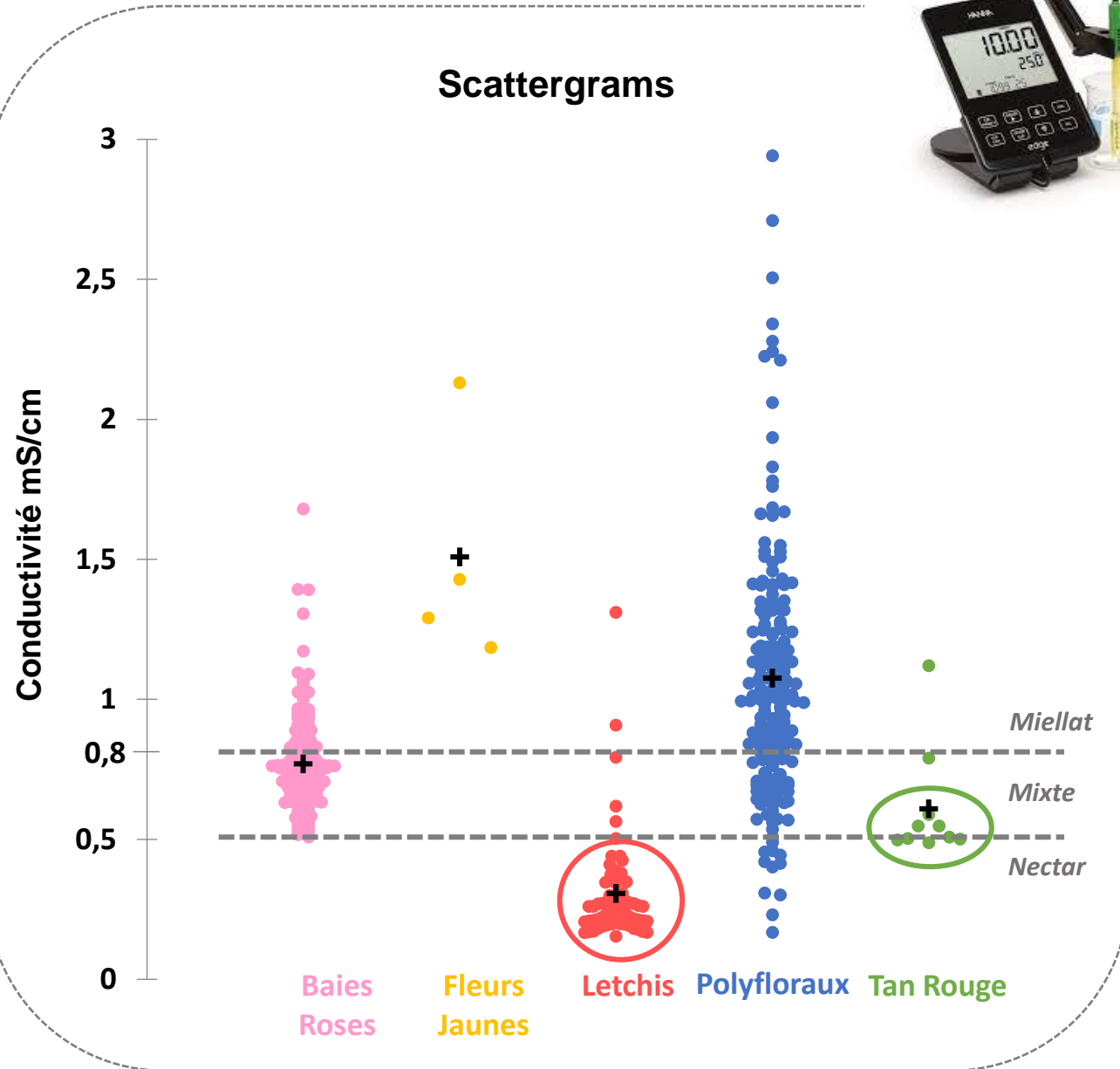
- ➔ Cadre réglementaire¹
- ➔ Indicateur de fermentation
- ➔ Influence sur la **texture** et la **stabilité**
- ➔ > 50 meq/kg = miel fragile pour la conservation
- ➔ Oxydation du **glucose en acide gluconique**
- ➔ **88 % des échantillons** respectent cette norme

Référence :

1. Codex Alimentarius. Norme pour le miel. CXS 12-1981. 7 (2019).



Conductivité



1. Paramètres Physico-Chimiques

Panel de miels 

168 Baies roses 172 Polyfloraux
 62 Letchis 10 Tan rouge
 4 Fleurs Jaunes

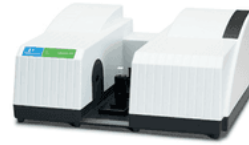
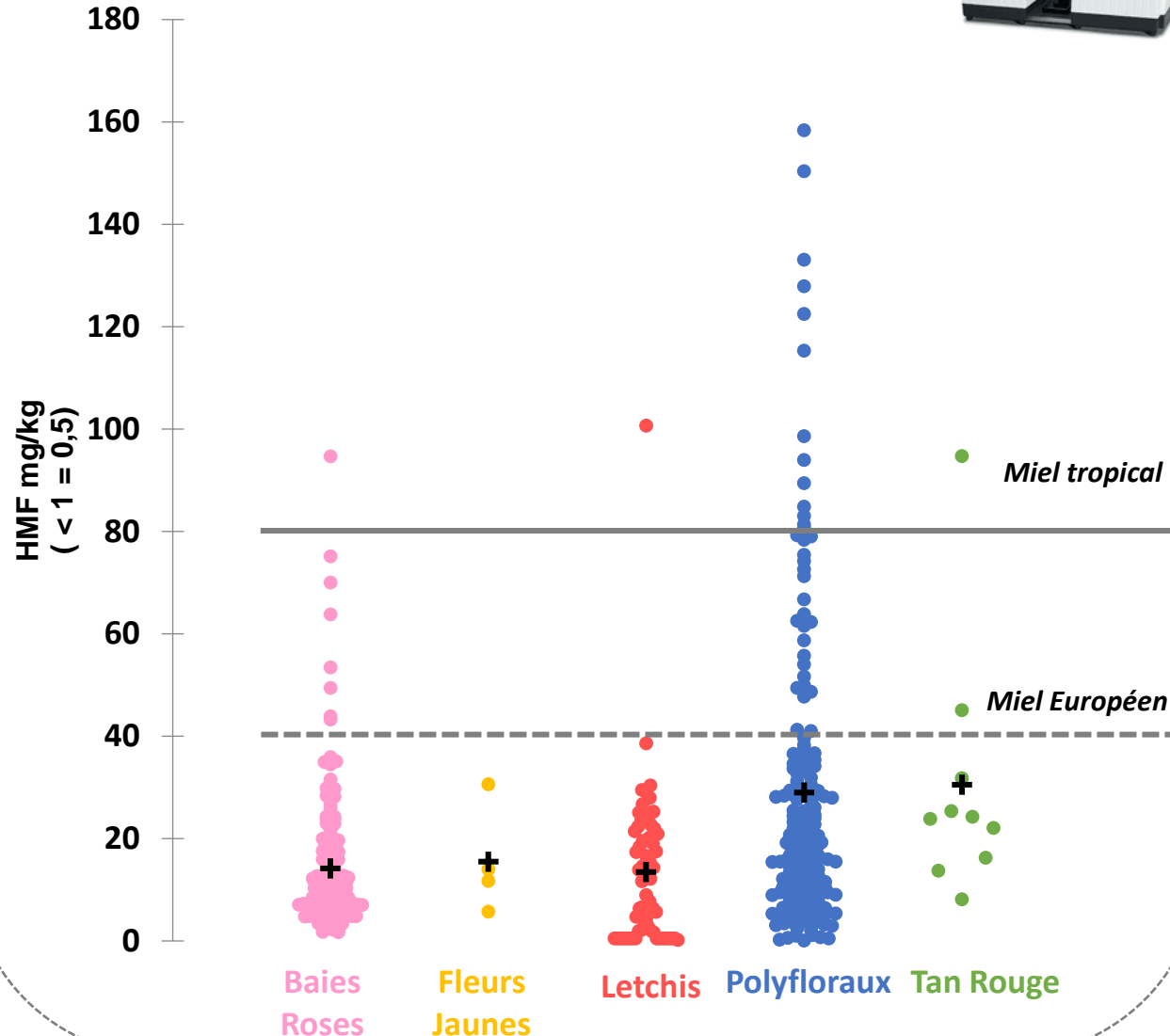


- ➔ Mesure indirecte de la **minéralisation** des miels
- ➔ Lié directement à l'origine géographique (sol)
- ➔ **Polyfloraux & Fleurs Jaunes** riches en minéraux
- ➔ **Letchis** pauvres en minéraux : miels de nectar
- ➔ **Baies Roses** : miels Mixte
- ➔ Nectar : **16%** / Mixte : **39%** / Miellat : **45%**



Hydroxyméthylfurfural (HMF)

Scattergrams



1. Paramètres Physico-Chimiques

Panel de miels



168 Baies roses
62 Letchis
4 Fleurs Jaunes

172 Polyfloraux
10 Tan rouge

- ➔ Cadre réglementaire¹
- ➔ Quasi inexistant dans la ruche
- ➔ HMF issu de la dégradation du C1OC(O)C(O)C(O)C1O
- ➔ Paramètre lié aux pratiques des apiculteurs
- ➔ Quantité de HMF dépend :
 - âge + conservation + chauffage + acidité
- ➔ Par an : + 10 mg/Kg
- ➔ 96 % des échantillons respectent cette norme

Référence :

1. Codex Alimentarius. Norme pour le miel. CXS 12-1981. 7 (2019).



II. Analyses

Physico-chimie

1. Paramètres Physico-Chimiques
- 2. Carbohydrates**
3. Minéraux
4. Profils chimiques
5. Phytochimie
6. Tests Microbiologiques
7. Tests Biologiques

Metabolomique

Biologie



Introduction

Terminologie

- Hydrates de carbones
- Oligosaccharides
- « Sucres »
- Nommés par erreur « glucides »

Pourquoi les analyser ?

- Cadre réglementaire¹
- Adultération²
- Type de cristallisation³
- Origine géographique et botanique⁴⁻⁵⁻⁶

Technique

Chromatographie ionique (HPAE-PAD)



Références :

1. Codex Alimentarius. Norme pour le miel. CXS 12-1981. 7 (2019).
2. Pita-Calvo, C., Guerra-Rodríguez, M. E. & Vázquez, M. Analytical methods used in the quality control of honey. J. Agric. Food Chem. 65, 690–703 (2017).
3. Alghamdi, B. A. et al. Analysis of sugar composition and pesticides using HPLC and GC–MS techniques in honey samples collected from Saudi Arabian markets. Saudi J. Biol. Sci. 27, 3720–3726 (2020).
4. Lobreau-Callen, D., Clément, M. C. & Marmion, V. Les miels. Tech. l'ingénieur (2000).
5. Bentabol Manzanares, A., García, Z. H., Galdón, B. R., Rodríguez, E. R. & Romero, C. D. Differentiation of blossom and honeydew honeys using multivariate analysis on the physicochemical parameters and sugar composition. Food Chem. 126, 664–672 (2011).
6. Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O. & Fett, R. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. Food Chem. 196, 309–323 (2016).



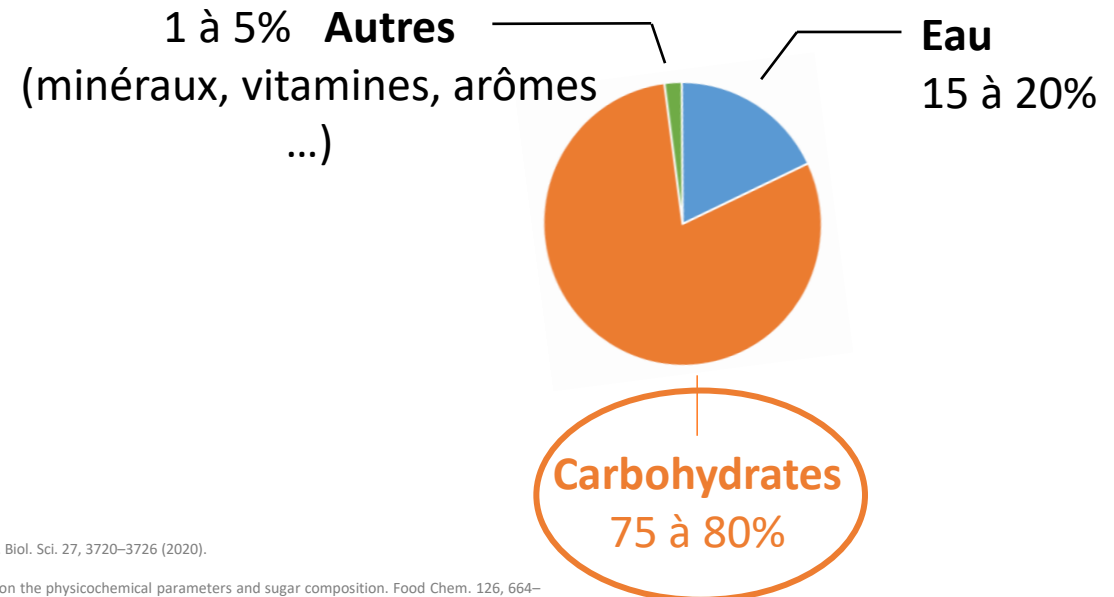
2. Carbohydrates

Panel de miels

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 168 Baies roses | 172 Polyfloraux |
| 62 Letchis | 10 Tan rouge |
| 4 Fleurs Jaunes | |



Composition moyenne d'un miel





Composition moyenne des miels



2. Carbohydrates


Carbohydrates	Quantité (g/100g miel)
Fructose Glucose	38,1 ± 2,6 31,7 ± 2,8
Turanose + Palatinose Kojibiose Maltose Isomaltose Nigerose	de 2,4 à 0,6 Présents dans tous les miels
Erlose Melezitose Panose 1-kestose Raffinose Trehalose Sucrose Gentiobiose	de 0,6 à < 0,1 Présents dans certains miels uniquement

Miels internationaux
Fructose : 35 - 40
Glucose : 30 - 35

Panel de miels 

168 Baies roses 172 Polyfloraux
62 Letchis 10 Tan rouge
4 Fleurs Jaunes



(g/100g miel)		Miels internationaux
Carbohydrates totaux	77,8 ± 4,5	75 - 80

- ✓ 100% des miels respectent la norme du Fructose + Glucose
- ✓ 99,8% des miels respectent la norme du Sucrose
- ✓ **Aucun** signe d'adultération volontaire détecté

Quels résultats par miellées





Cristallisation



2. Carbohydrates



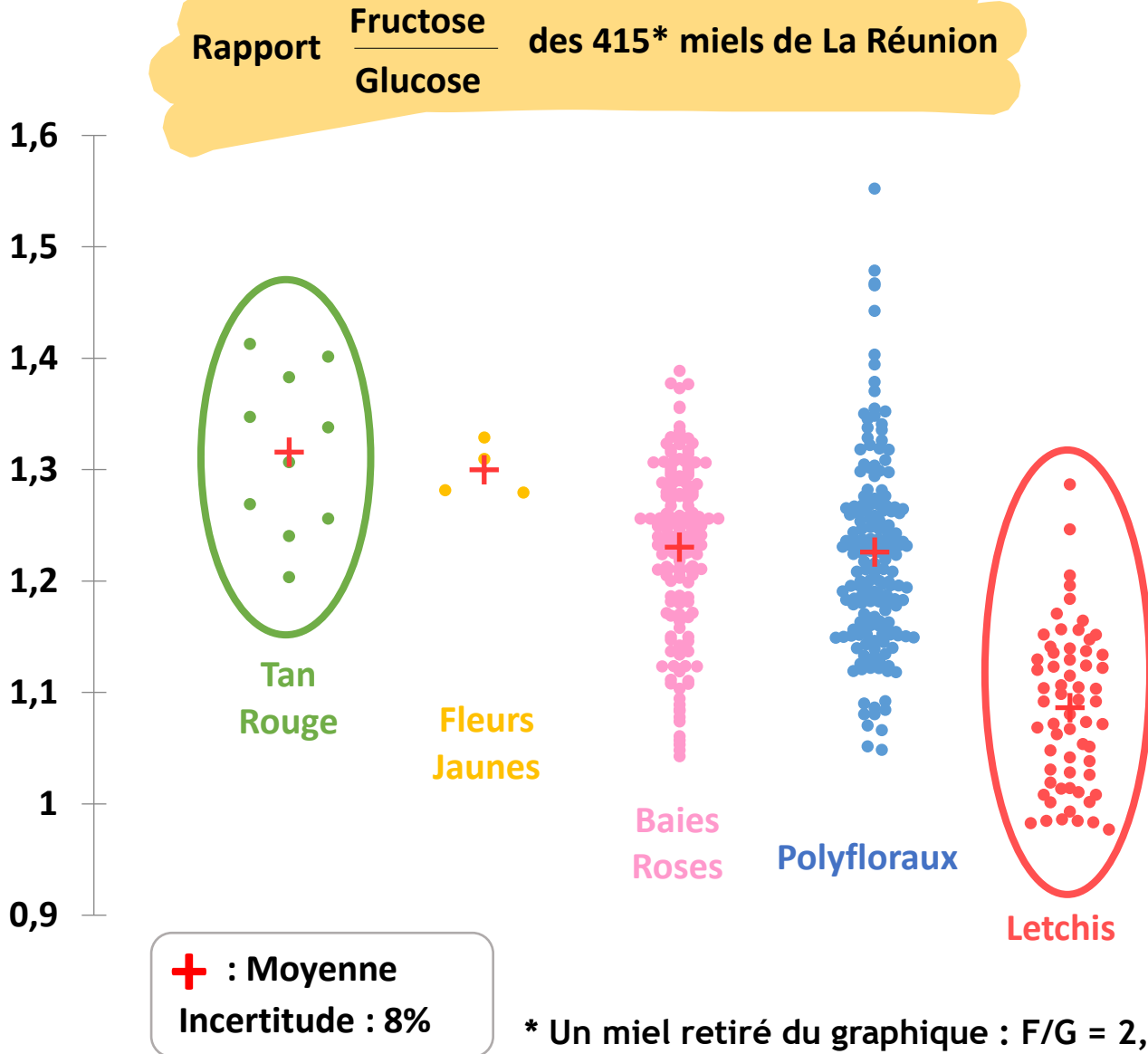
Rare



Lente



Rapide



Panel de miels

168 Baies roses 172 Polyfloraux
 62 Letchis 10 Tan rouge
 4 Fleurs Jaunes

➔ Cristallisation + lente des Tan Rouge, mais nombre d'échantillons trop faible pour conclure

➔ Cristallisation rapide des Letchis





II. Analyses

Physico-chimie

1. Paramètres Physico-Chimiques
2. Carbohydrates
- 3. Minéraux**
4. Profils chimiques
5. Phytochimie
6. Tests Microbiologiques
7. Tests Biologiques

Metabolomique

Biologie



Ions



Pourquoi les analyser ?

- **Origine** géographique et botanique du miel¹
- Marqueurs de la **pollution** environnementale²
- Quantité de **minéraux**³

COMPOSITION MOYENNE en mg/l :

CATIONS	
Sodium	1172 Potassium 66
Calcium	103 Magnésium 10
ANIONS	
Bicarbonates	2989 Sulfates 138
Chlorures	235 Fluorures 6

Minéralisation totale, extrait sec à 180°C : 3325 mg/l ; pH : 6,8
 DÉCRET D'INTERÊT PUBLIC 23.1.1861
 Conserver cette bouteille à l'abri du soleil dans un endroit propre, frais et sec.



3. Minéraux

Panel de miels



- 168 Baies roses
- 62 Letchis
- 4 Fleurs Jaunes
- 172 Polyfloraux
- 10 Tan rouge



Technique

Chromatographie ionique (HPAE-PAD)



Références :

1. B. Pasquini et al. 2014
2. P. Fermo et al. 2013
3. P. M. Da Silva et al. 2016

MielOmic étudie 11 ions :

CATIONS

- Calcium
- Sodium
- Magnésium
- Potassium
- Ammonium
- Lithium

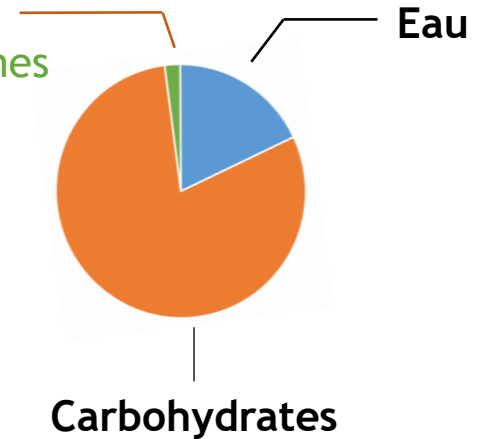
ANIONS

- Chlorure
- Nitrate
- Nitrite
- Phosphate
- Bromure



Composition moyenne d'un miel

1 à 5% Autres (< 1% ions, vitamines, arômes ...)





Composition moyenne des 416 miels

CATIONS

Ion	Quantité (mg/kg miel)
Somme	1 716 ± 848
Potassium	1526 ± 787
Calcium	71 ± 52
Sodium	58 ± 66
Magnésium	38 ± 29
Ammonium	22 ± 30
Lithium	< 0,8



3. Minéraux

Panel de miels 

168 Baies roses 172 Polyfloraux
 62 Letchis 10 Tan rouge
 4 Fleurs Jaunes



- ➔ Le potassium est le minéral **le plus abondant** du miel
- ➔ Importante **variabilité** de la composition
- ➔ **!/!** aux fausses joies : la teneur des minéraux dans le miel est peu élevée...

Quels résultats par miellées



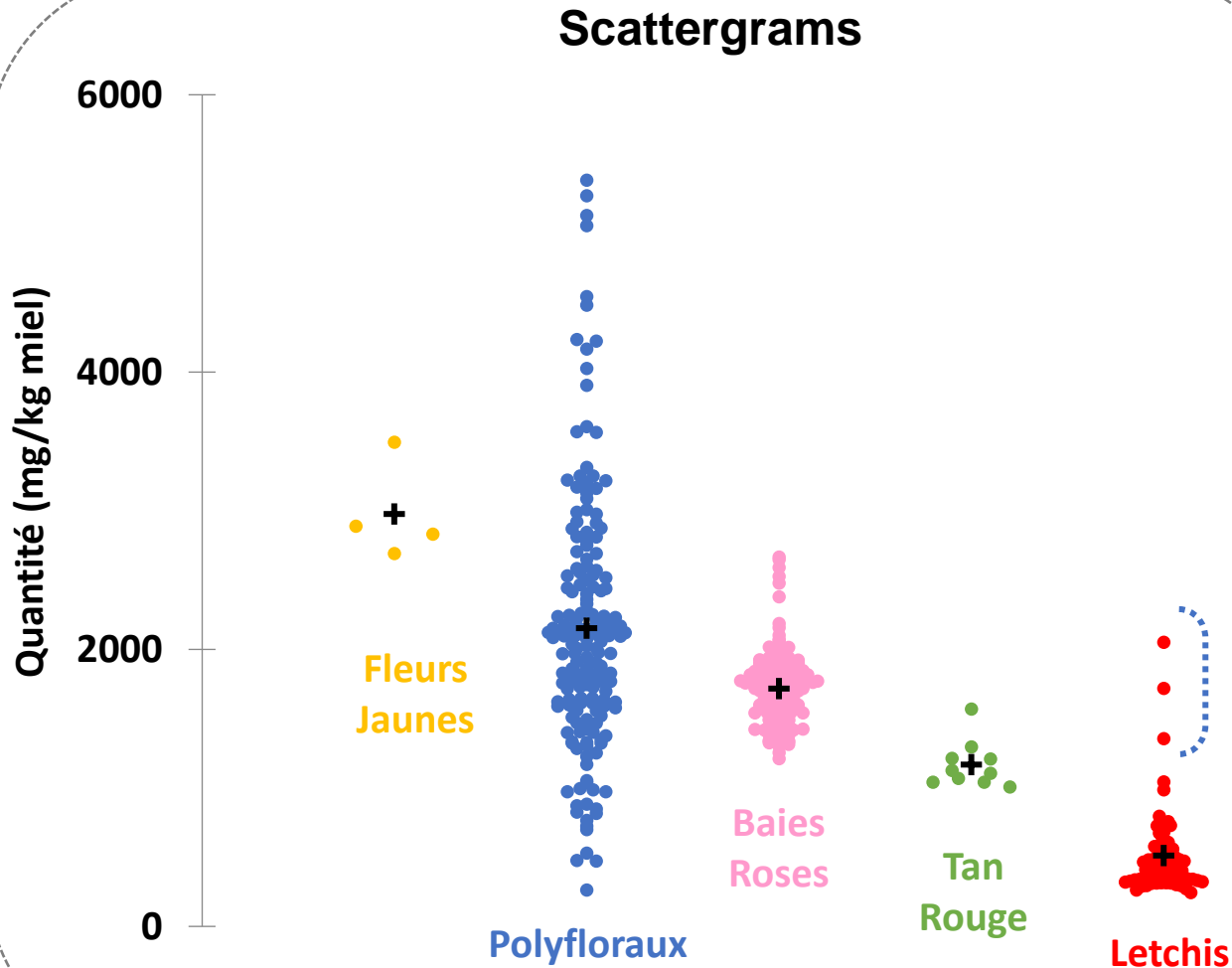
Quelle miellée est la plus riche en cations ?



3. Minéraux

Panel de miels 




168 Baies roses 148 Polyfloraux
62 Letchis 10 Tan rouge
4 Fleurs Jaunes



- ➔ **Fleurs Jaunes** est la miellée la plus riche en minéraux mais 4 échantillons seulement
- ➔ Importante **variabilité** des polyfloraux, à l'inverse des monofloraux
- ➔ **Letchis** contient moins de minéraux



Des marqueurs de la pollution ?

Ion	Quantité moyenne (mg/kg miel)		
	 Réunion 426 miels	 Italie** 14 miels	 Balkans** 27 miels
			Slovénie Kosovo Macédoine Croatie Albanie Serbie
Total	536 ± 408	404 ± 288	676 ± 592
Chlorure	314 ± 287	160 ± 112	192 ± 192
Phosphate	209 ± 162	233 ± 203	461 ± 477
Nitrate	10 ± 7	11 ± 9	19 ± 39
Nitrite	Rares traces	0	Rares traces
Bromure	Rares traces*	Rares traces	2 ± 5

ANIONS

* Et un miel à 25 mg/kg.

** Données issues d'une étude italienne.



3. Minéraux

Panel de miels 

168 Baies roses 172 Polyfloraux
 62 Letchis 10 Tan rouge
 4 Fleurs Jaunes



Les valeurs du **Chlorure** sont les plus élevées à La Réunion : Probablement du aux **embruns marins**



Les autres valeurs sont **cohérentes** ou même **inférieures** à d'autres pays du monde.



II. Analyses

1. Paramètres Physico-Chimiques
2. Carbohydrates
3. Minéraux
- 4. Profils chimiques**
5. Phytochimie
6. Tests Microbiologiques
7. Tests Biologiques

Physico-chimie

Métabolomique

Biologie



Analyses des arômes de 83 miels



Pourquoi les analyser ?

- **Les substances volatiles** : principaux facteurs responsables des arômes qui, avec d'autres facteurs tels que le goût, contribuent à la flaveur.
- Obtenir un profil aromatique ou « **empreinte moléculaire** » afin de déterminer son origine florale.



4. Profils chimiques

Panel de miels 

- | | |
|-----------------|----------------|
| 25 Baies roses | 35 Polyfloraux |
| 15 Letchis | 5 Tan rouge |
| 3 Fleurs Jaunes | |



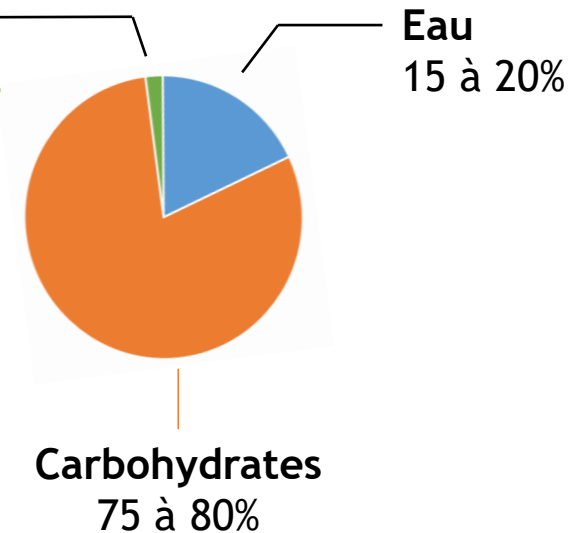
Technique

Chromatographie Gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS)



Composition moyenne d'un miel

1 à 5% **Autres**
(minéraux, vitamines,
Arômes ...)

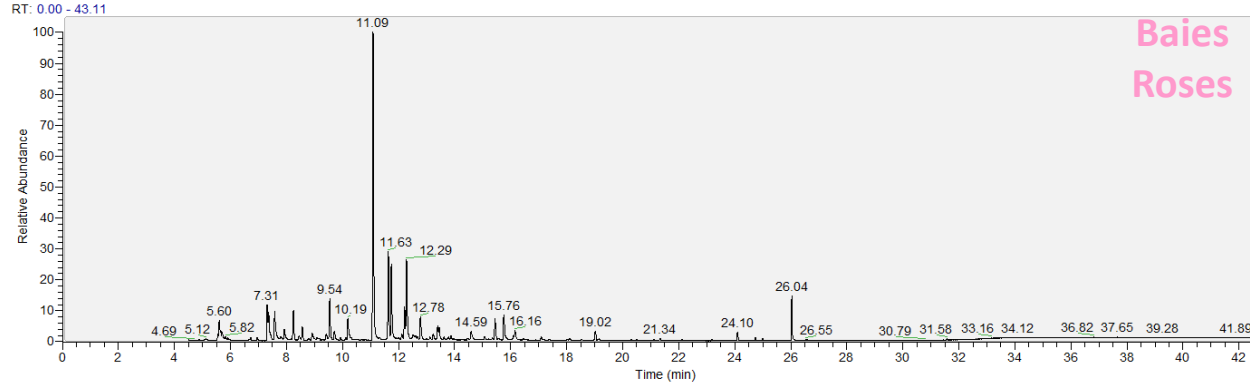




Profils aromatiques volatils par GC-MS



4. Profils chimiques



Panel de miels



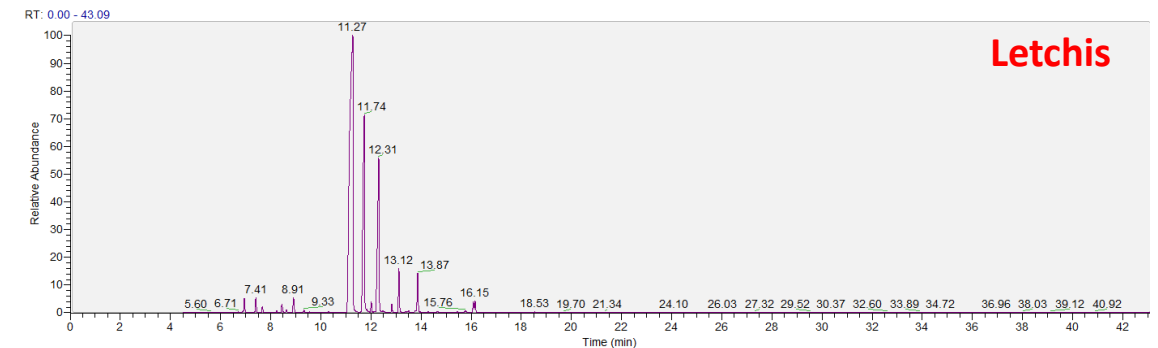
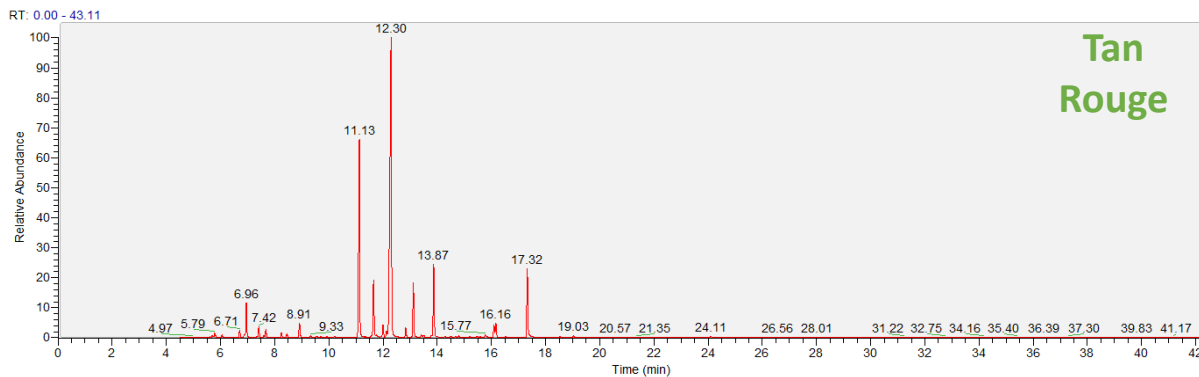
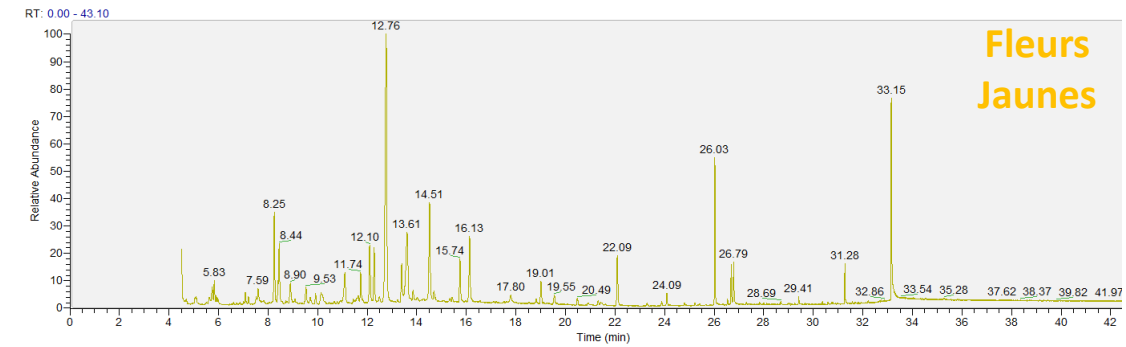
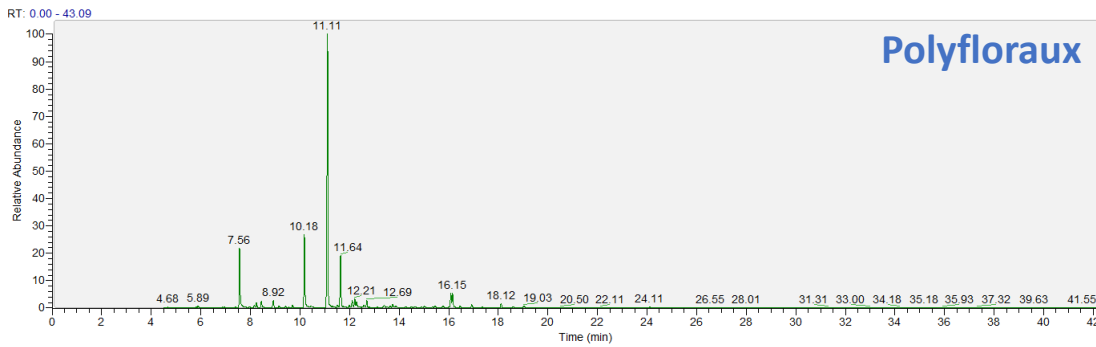
25 Baies roses

35 Polyfloraux

15 Letchis

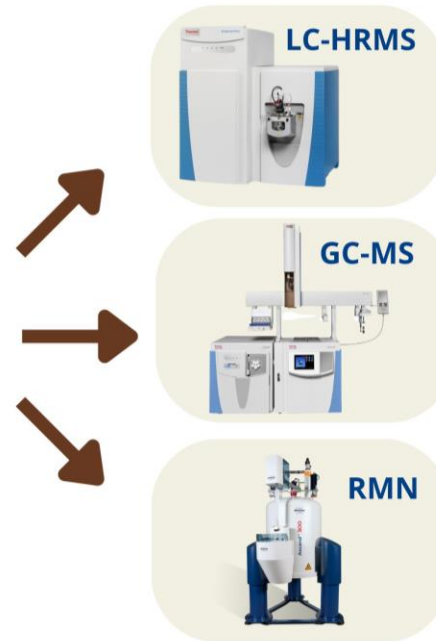
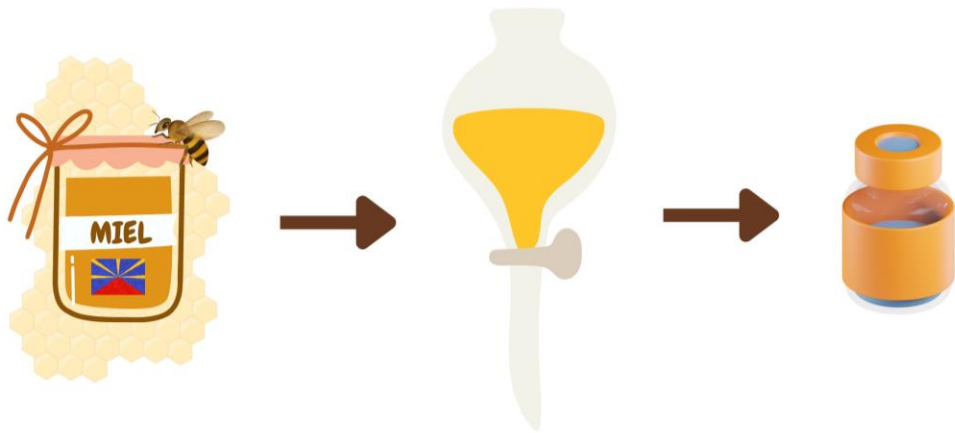
5 Tan rouge

3 Fleurs Jaunes



Empreinte moléculaire (le terroir)

- ➔ Carte d'identité de chaque miel
- ➔ Application des réseaux moléculaires
- ➔ Protocole



- ➔ Données en cours de traitement
- ➔ Publication scientifique



4. Profils chimiques

Panel de miels 

168 Baies roses 172 Polyfloraux
62 Letchis 10 Tan rouge
4 Fleurs Jaunes

Métabolomique

MetaboAnalyst 5.0

Datsicin

Oc1ccc(O)c(O)c1OC2C(O)C(O)C(O)C(O)C2O

Heatmap and Cluster Dendrogram



II. Analyses

1. Paramètres Physico-Chimiques
2. Carbohydrates
3. Minéraux
4. Profils chimiques
- 5. Phytochimie**
6. Tests Microbiologiques
7. Tests Biologiques

Physico-chimie

Métabolomique

Biologie

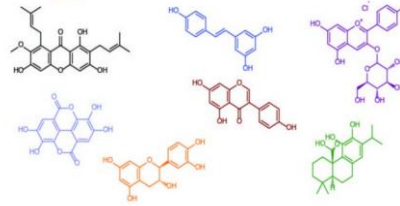


Introduction

Phytochimie

• 416 miels

Polyphenols



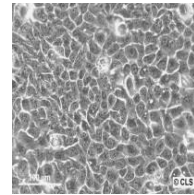
Microbiologie

• 50 miels → 30 miels → 10 miels



In Vitro

• 10 miels



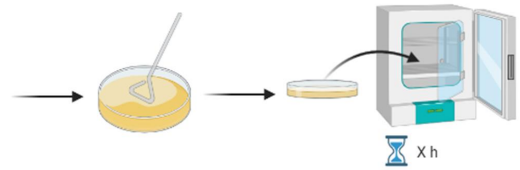
Ex Vivo

• 5 miels



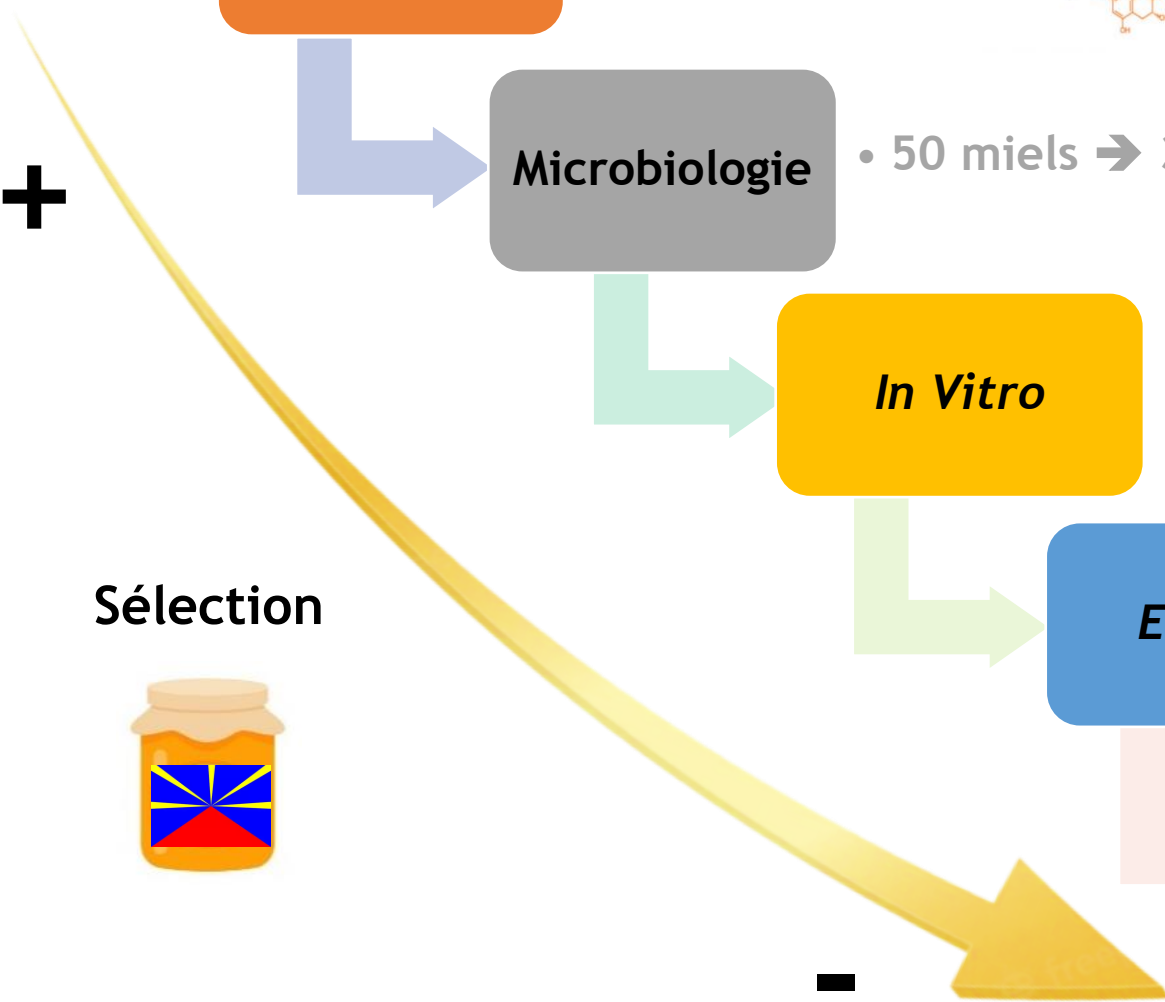
In Vivo

• 3 miels



+

Sélection





Introduction

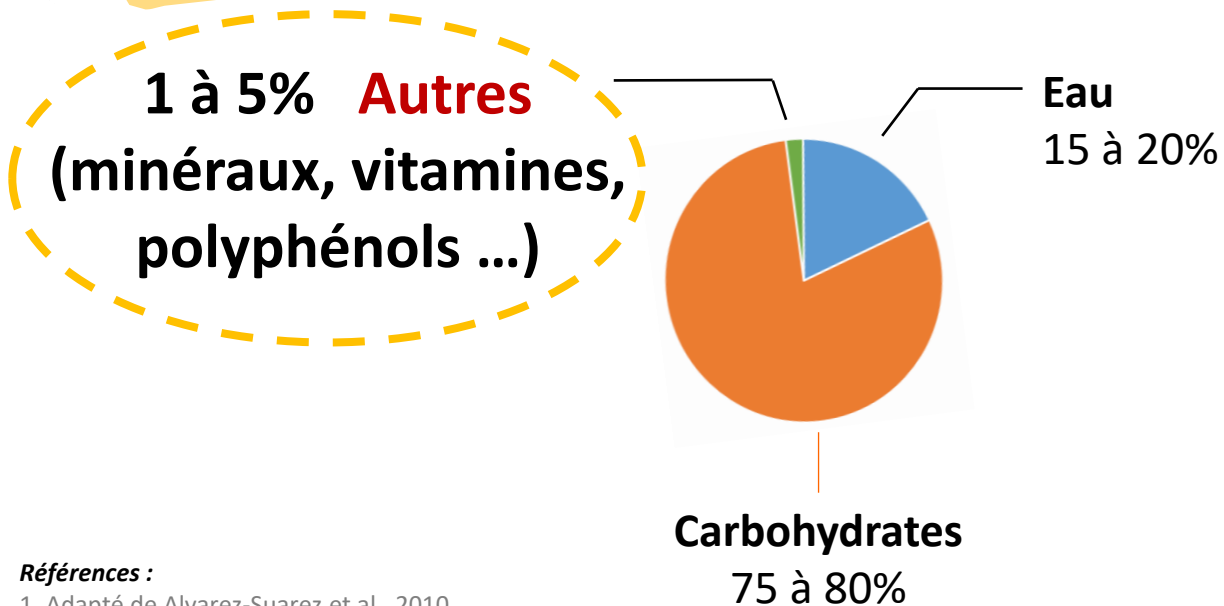


Pourquoi les analyser ?

- Contribution "santé" ¹ : potentiel antioxydant , anti-inflammatoire, cicatrisant, etc...
- Molécules naturellement présentes : **polyphénols**
- Meilleure valorisation nos miels



Composition moyenne d'un miel



Références :

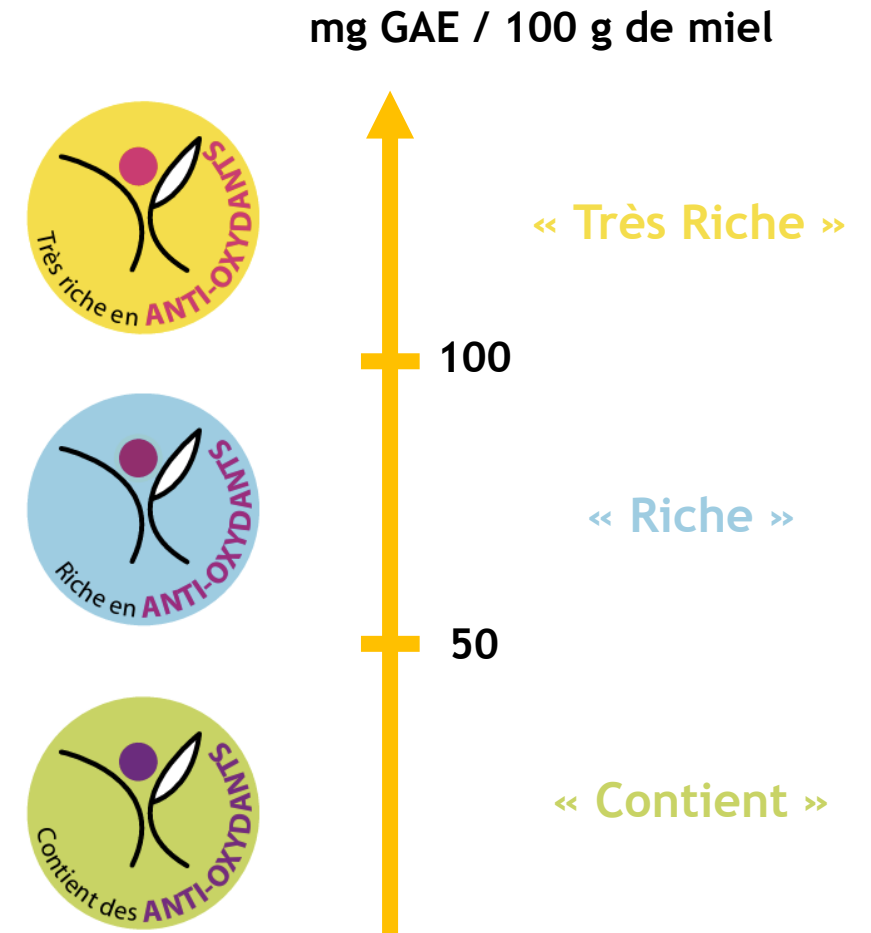
1. Adapté de Alvarez-Suarez et al., 2010
2. C. Massaux, Les polyphenols . Analytical methods used in the quality control of honey. J. Abeilles & C^e. 3, 160 (2014).



5. Phytochimie



Comment interpréter ?²



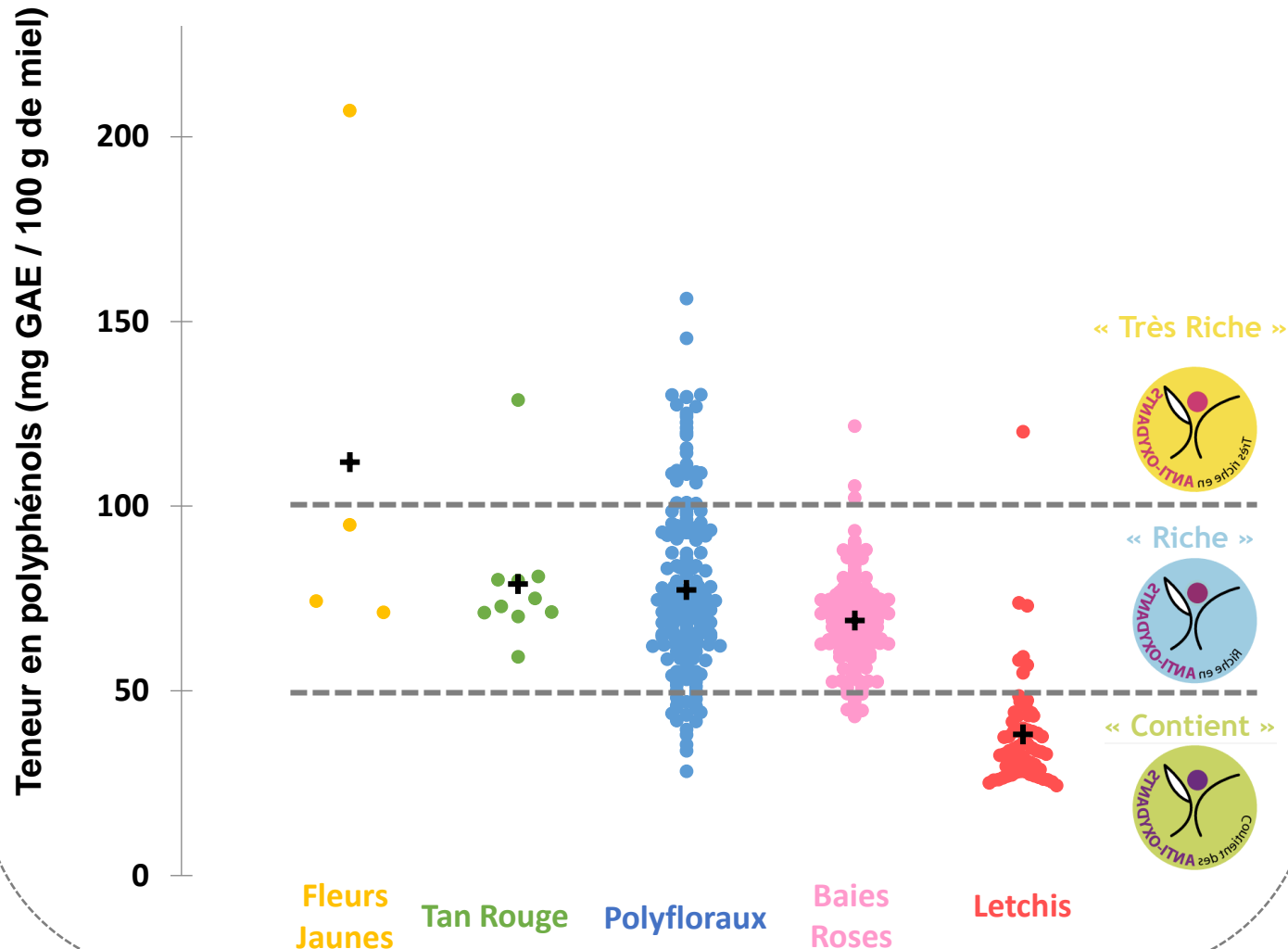


Teneur en polyphénols



5. Phytochimie

Scattergrams






Panel de miels

168 Baies roses 172 Polyfloraux
 62 Letchis 10 Tan rouge
 4 Fleurs Jaunes

Teneur en polyphénols (mg GAE/100g miel)

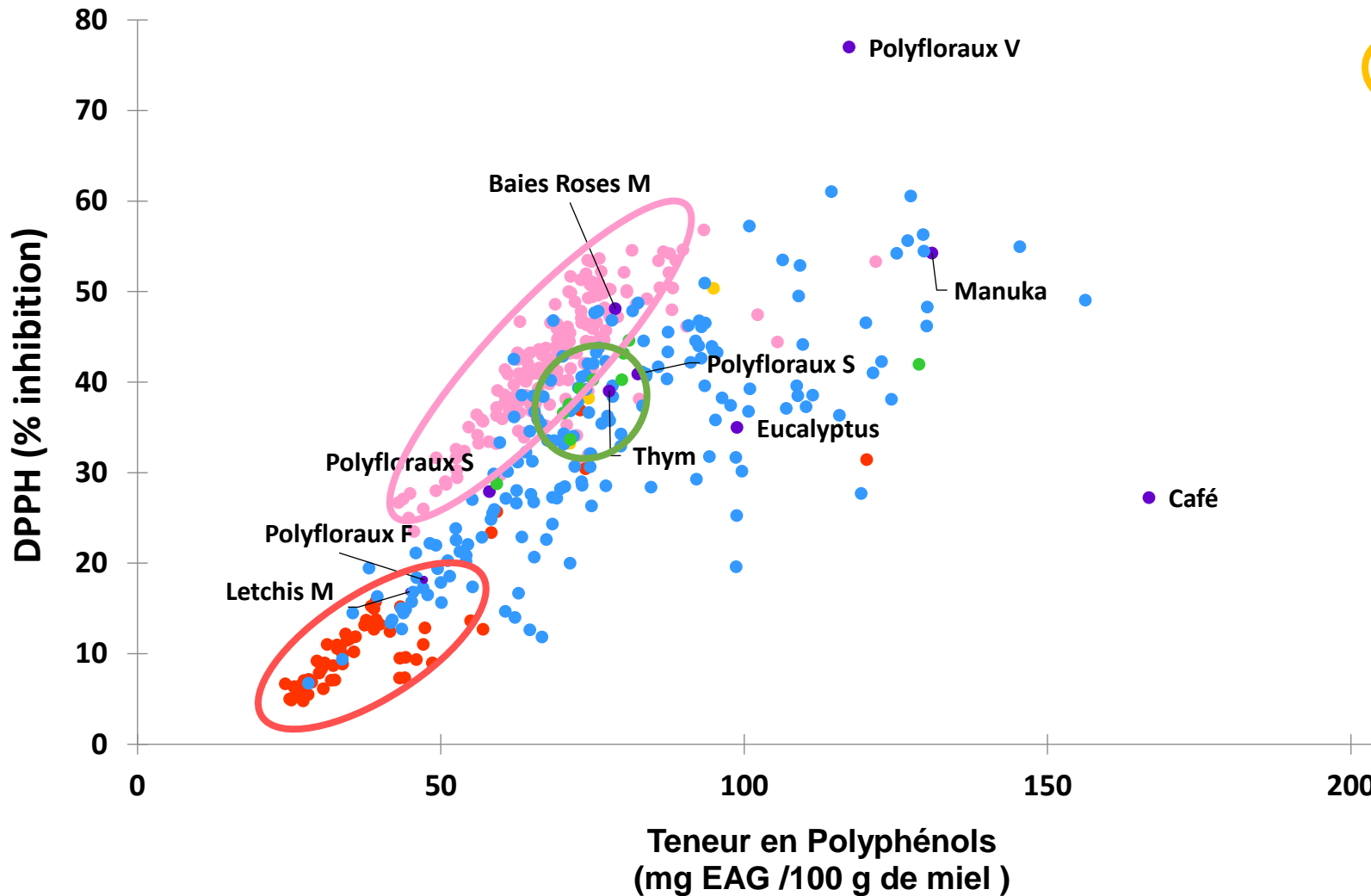


 > 101	34
 51-100	299
 0 - 50	83

- ➔ **Letchis** : moins de polyphénols
- ➔ **72 %** des miels sont **riches** en Polyphénols
- ➔ **8 %** des miels sont **très riches** en Polyphénols
- ➔ **Qualité et richesse des ressources mellifères**



Corrélation entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante



5. Phytochimie

Panel de miels



168 Baies roses 172 Polyfloraux
 62 Letchis 10 Tan rouge
 4 Fleurs Jaunes 10 Commerciaux



- ➔ 3 groupes bien distincts
- ➔ Polyfloraux : grande variabilité
- ➔ Fleurs Jaunes : non représentatif
- ➔ Reproductibilité ?
- ➔ Sélection de 50 miels pour les tests microbiologiques





II. Analyses

1. Paramètres Physico-Chimiques
2. Carbohydrates
3. Minéraux
4. Profils chimiques
5. Phytochimie
- 6. Tests Microbiologiques**
7. Tests Biologiques

Physico-chimie

Métabolomique

Biologie



Contrôle qualité des 50 miels



6. Tests Microbiologiques



Pourquoi ?

- Sélectionner **les miels présentant la charge bactérienne initiale la plus faible** pour les tests *In Vitro*

Panel de miels



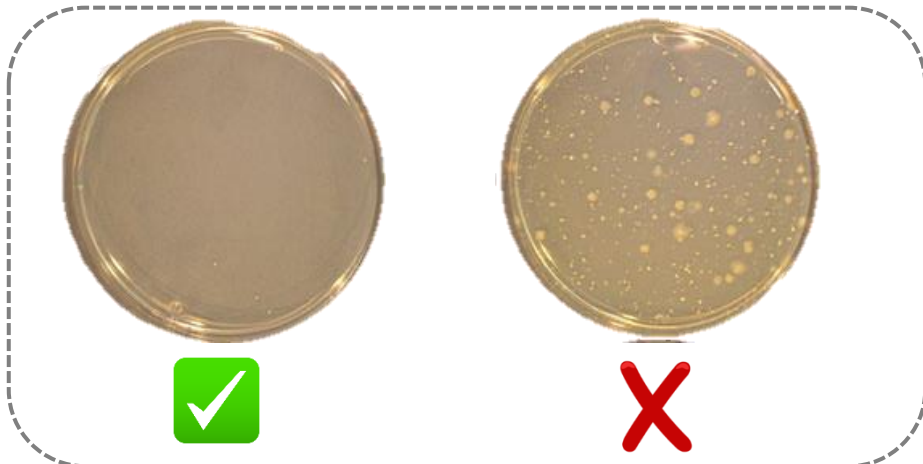
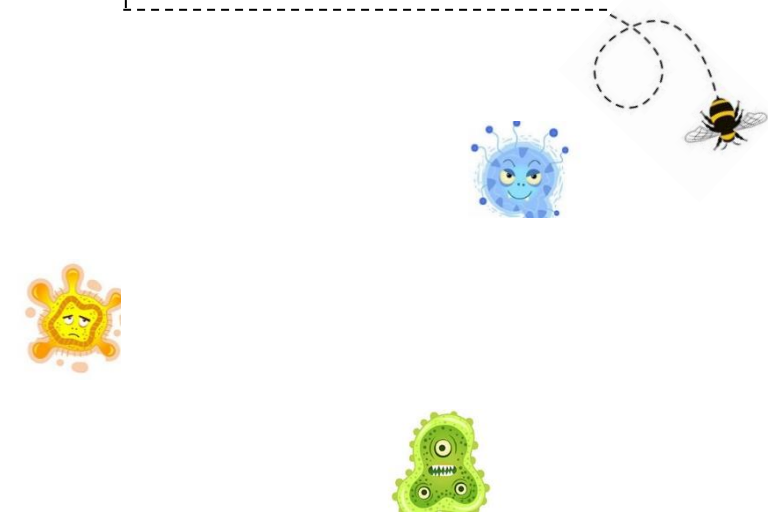
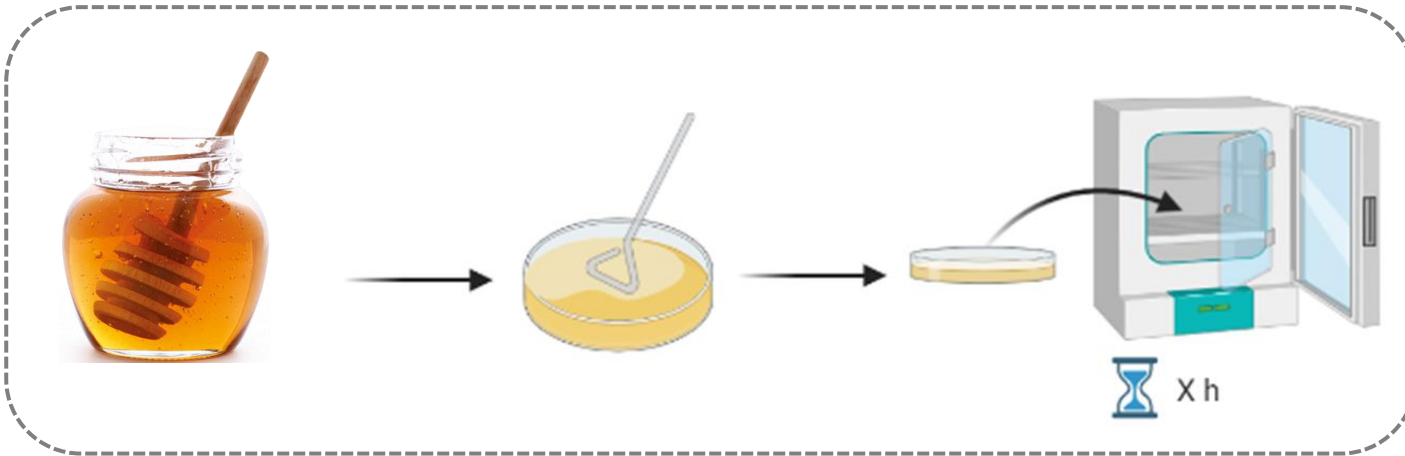
19 Baies roses

21 Polyfloraux

6 Letchis

2 Tan rouge

2 Fleurs Jaunes



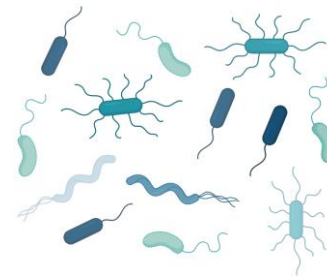
30



après contrôle qualité microbiologique



Antibiogramme sur les 30 miels



6. Tests Microbiologiques



Détermination du potentiel antibactérien

Panel de miels



- 12 Baies roses
- 4 Letchis
- 1 Fleurs Jaunes
- 12 Polyfloraux
- 1 Tan rouge



Staphylococcus aureus



Pseudomonas aeruginosa



Escherichia coli



Candida albicans

Bactéries omniprésentes au niveau des plaies

Opportunistes, également retrouvées au niveau des plaies



Détermination CMI & CMB

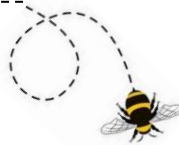
CMI = Concentration Minimum qui **STOPPE** la croissance des bactéries

CMB = Concentration Minimale qui **TUE** les bactéries

Activité antibactérienne plus intéressante
Rapport CMB/CMI



10 sélectionnés





II. Analyses

1. Paramètres Physico-Chimiques
2. Carbohydrates
3. Minéraux
4. Profils chimiques
5. Phytochimie
6. Tests Microbiologiques
7. Tests Biologiques

Physico-chimie

Métabolomique

Biologie



Test In Vitro



7. Tests Biologiques

➔ Test *In vitro* sur **10** miels sélectionnés dans le but d'évaluer :

Panel de miels 

4 Baies roses	4 Polyfloraux
1 Letchis	1 Fleurs Jaunes



Cytotoxicité des miels

Activité anti-inflammatoire des miels

Potentiel cicatrisant des miels

1

2

3



Est-ce que les miels sont **toxiques** pour les cellules ?

Est-ce que les miels présentent une activité **anti-inflammatoire** ?

Est-ce que les miels ont un potentiel **cicatrisant** ?

NON, à une concentration déterminée

OUI



Modèle de rats





Test *In vivo*



7. Tests Biologiques



Demande de DAP : Amélioration du processus de cicatrisation par l'usage de miels de production régionale en application locale sur un modèle de plaies cutanées appliqué chez le rat Wistar



Protocole expérimental

Panel de miels

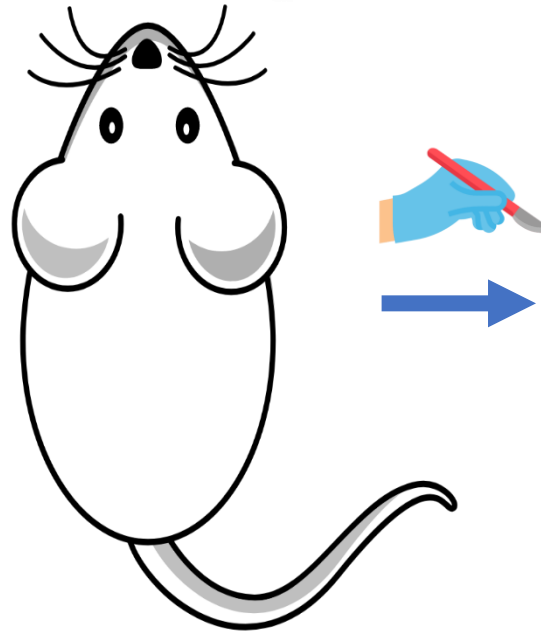


Baies roses

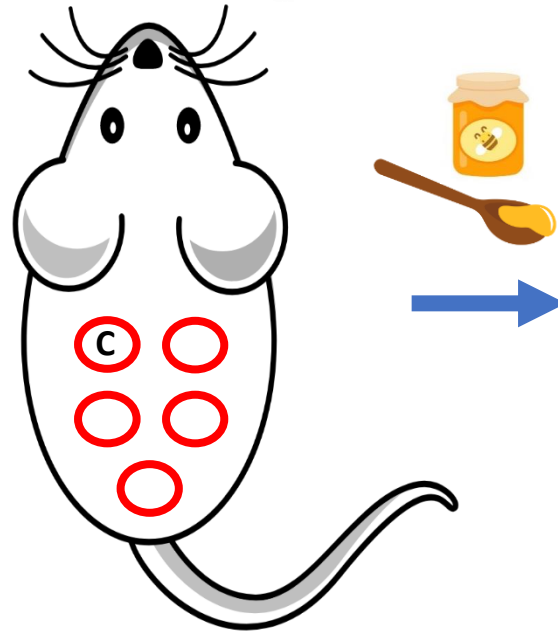
Polyfloraux

Fleurs Jaunes

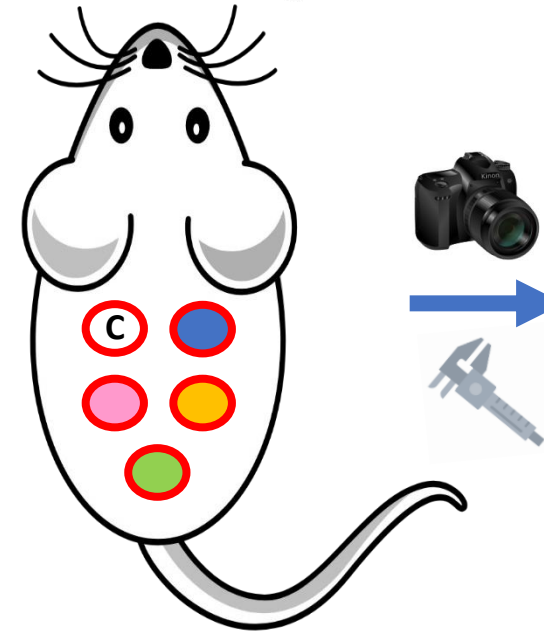
Lune de miel



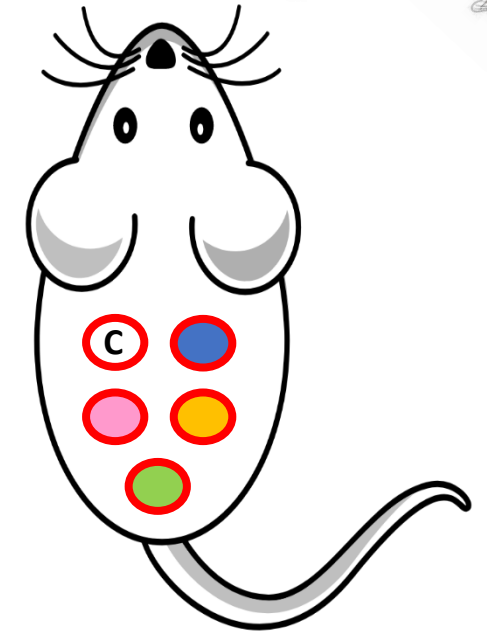
6 Rats Wistar



5 Plaies cutanées sur le dos (6 mm)



Application des miels sur les plaies



Suivi photographique + mesure J0 à J12 afin d'observer le processus de cicatrisation



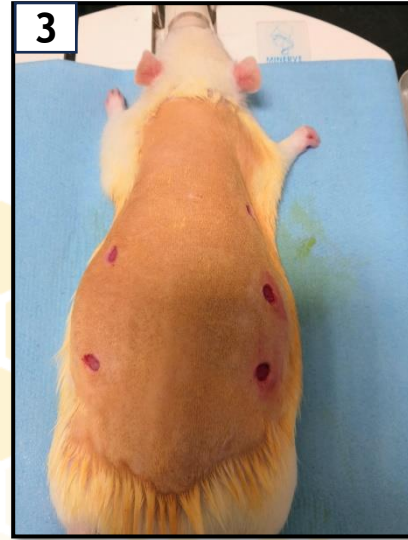
 **Test In vivo : Jour de l'opération J0**



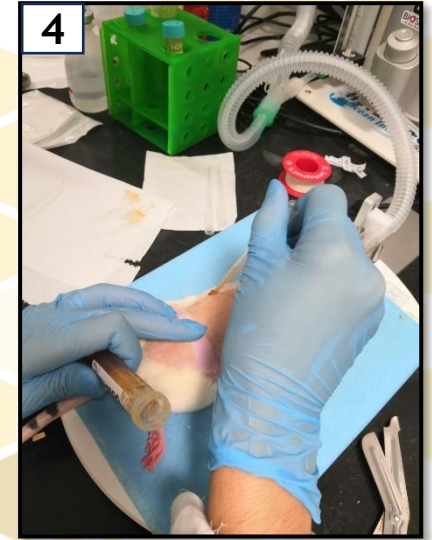
Tonte avant chirurgie



Nettoyage de la zone opératoire



5 plaies Biopsie punch



Application du miel sur la plaie



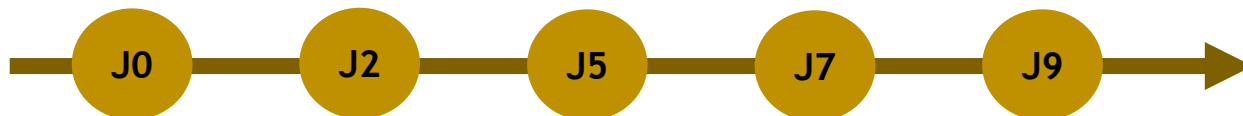
Pansement avant réveil



Au réveil

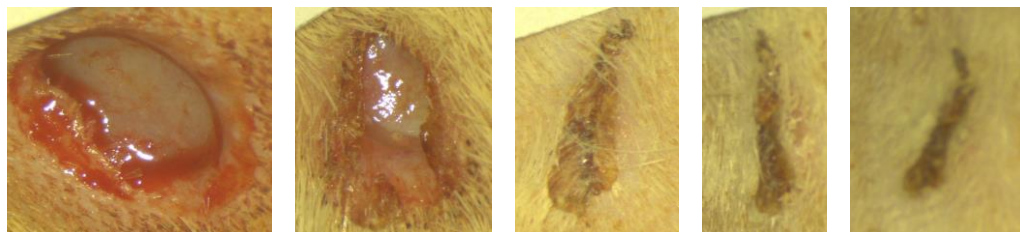


« Petit coucou »

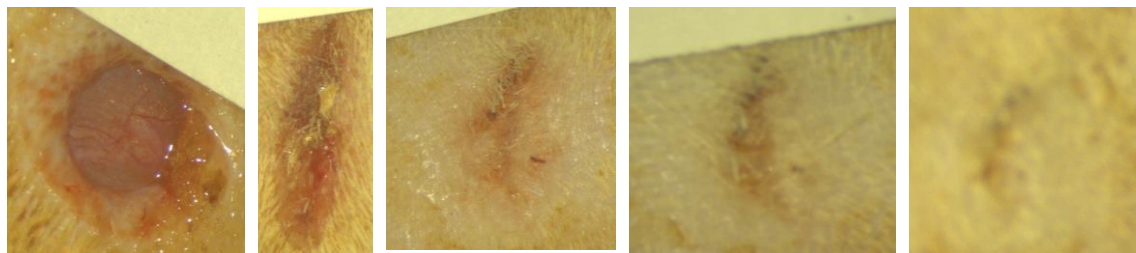


7. Tests Biologiques

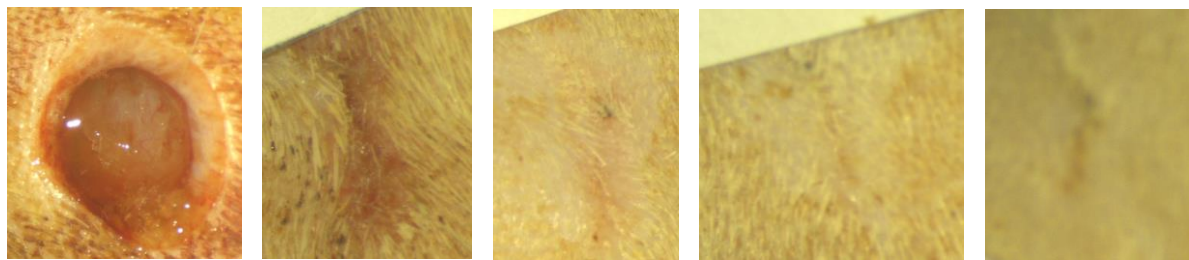
CTRL



Forêt



Baies roses



Fleurs Jaunes

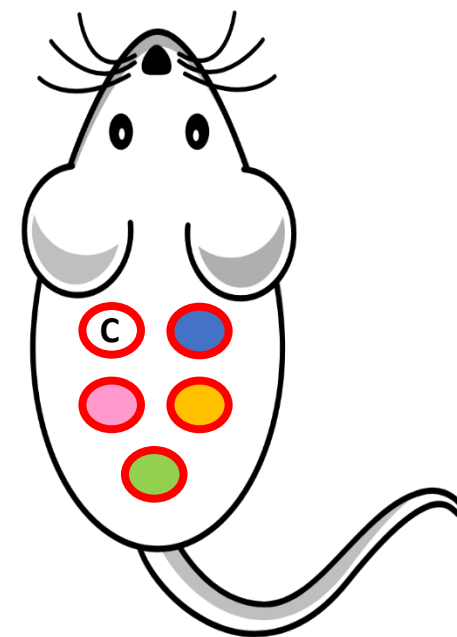


Lune de miel

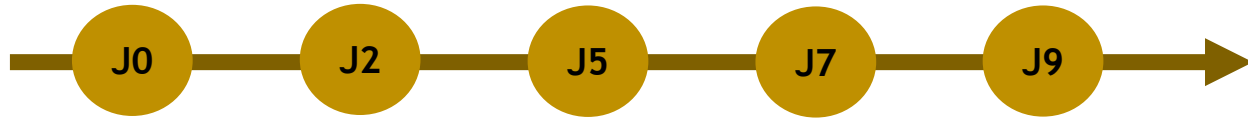


Panel de miels 

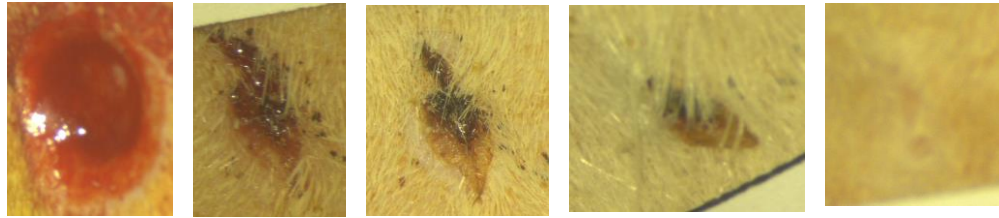
- Baies roses ● Polyfloraux
- Fleurs Jaunes ● Lune de miel



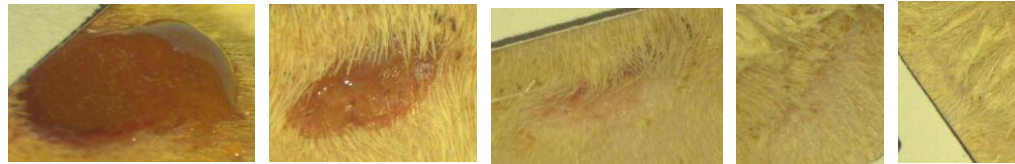
RAT N° 1



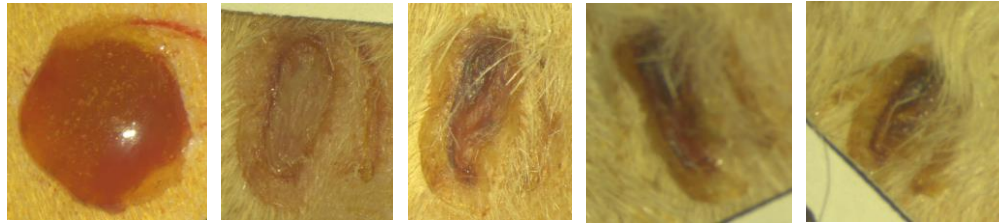
CTRL



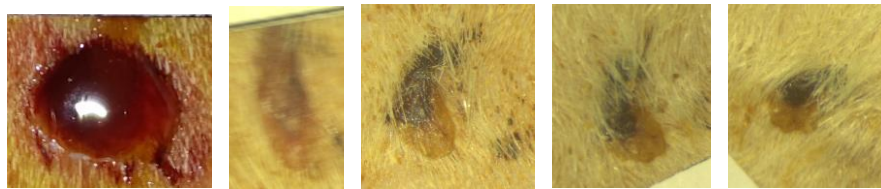
Forêt



Baies roses



Fleurs Jaunes



Lune de miel



7. Tests Biologiques

Panel de miels

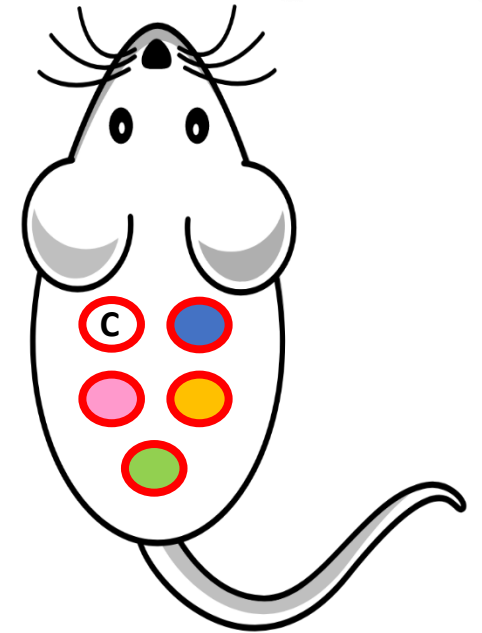


Baies roses

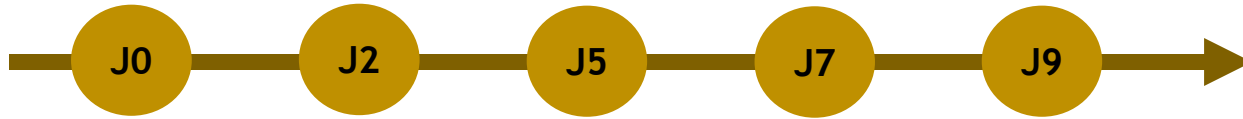
Polyfloraux

Fleurs Jaunes

Lune de miel



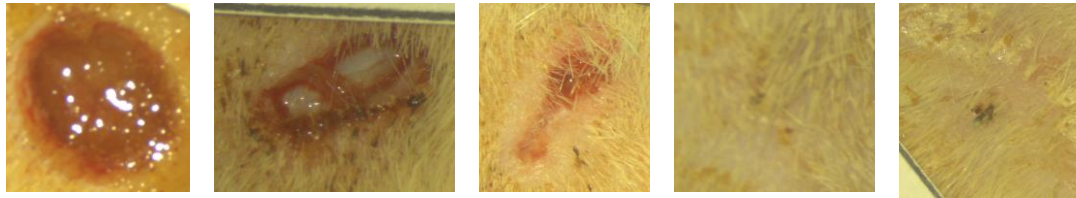
RAT N° 2



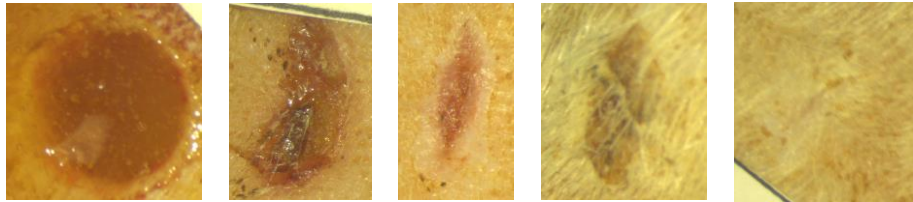
CTRL



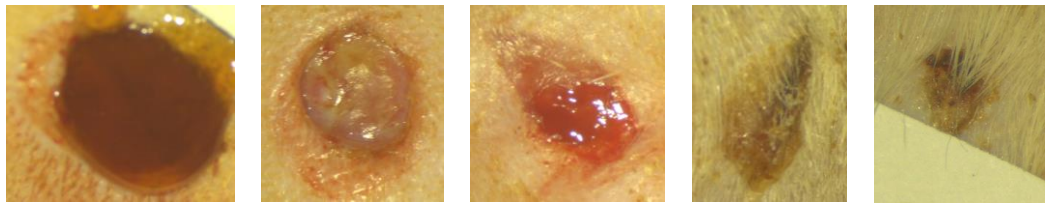
Forêt



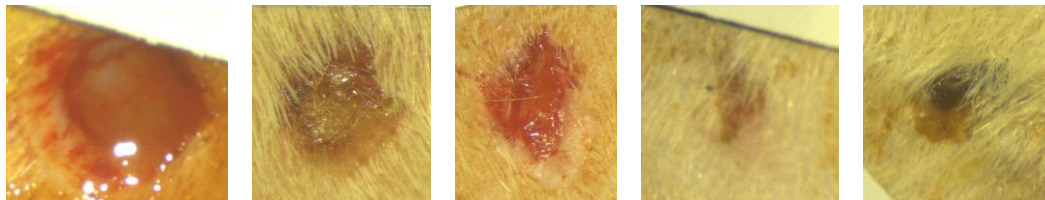
Baies roses



Fleurs Jaunes



Lune de miel



7. Tests Biologiques

Panel de miels

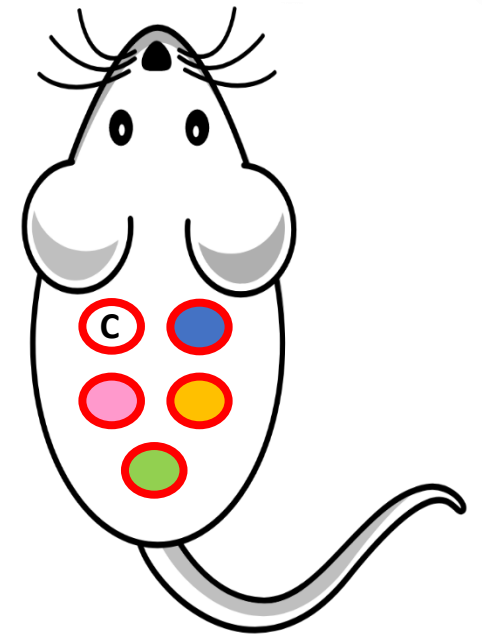


Baies roses

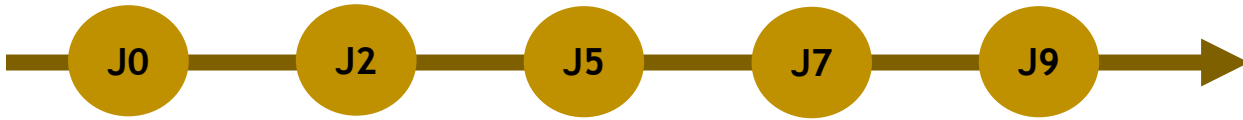
Polyfloraux

Fleurs Jaunes

Lune de miel

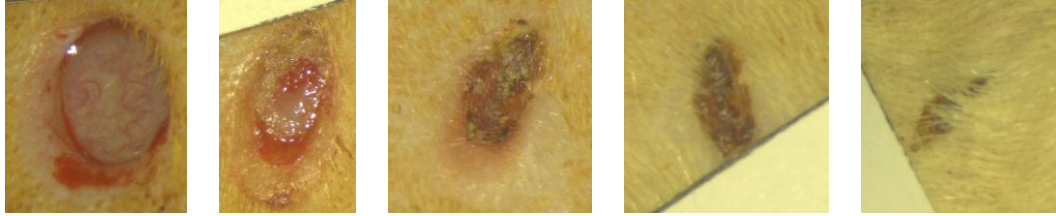


RAT N° 3

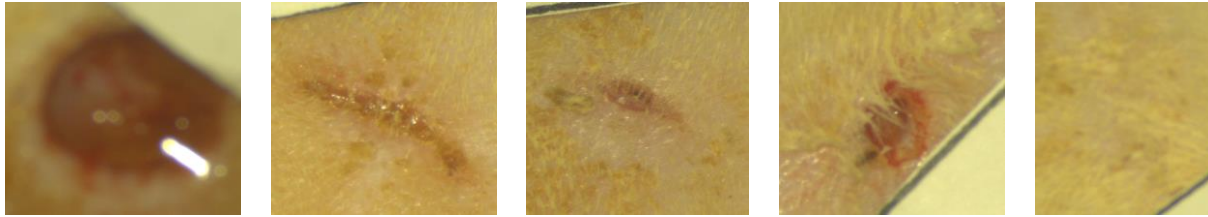


7. Tests Biologiques

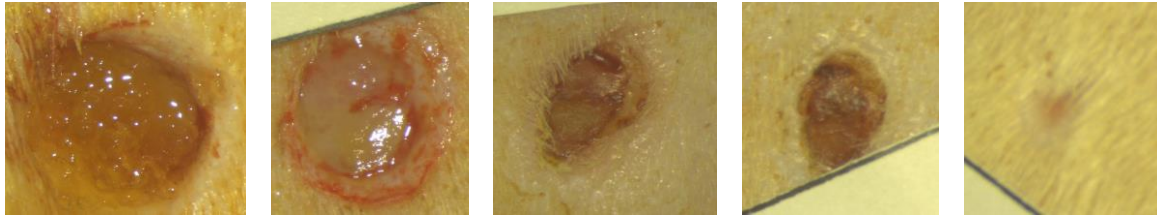
CTRL



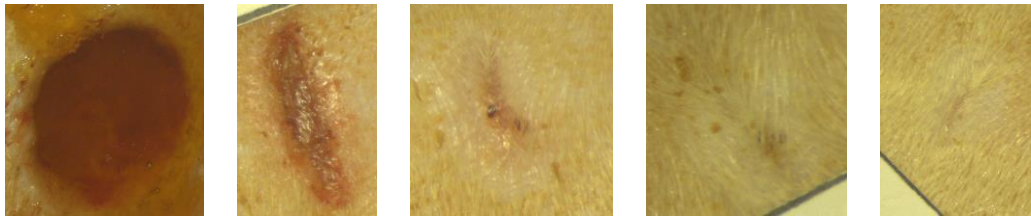
Forêt



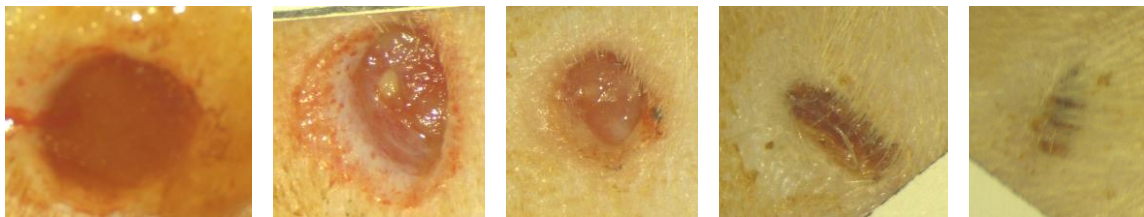
Baies roses



Fleurs Jaunes



Lune de miel



Panel de miels

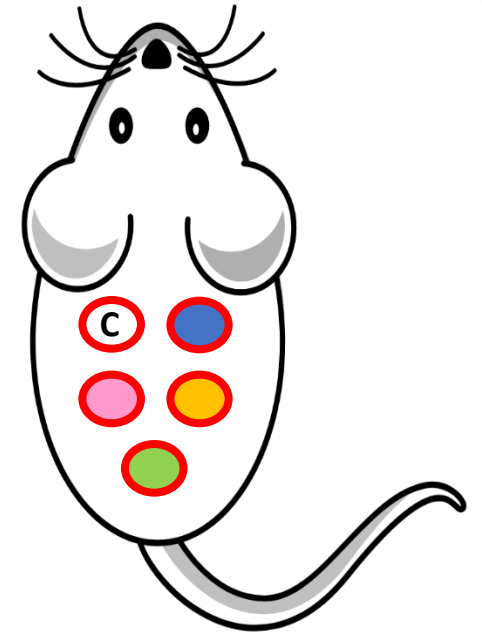


Baies roses

Polyfloraux

Fleurs Jaunes

Lune de miel

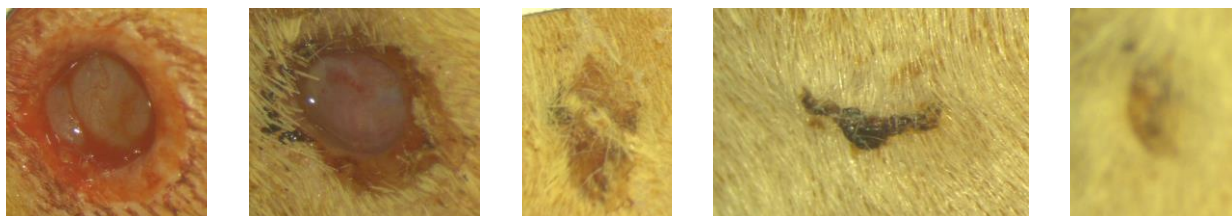


RAT N°4



7. Tests Biologiques

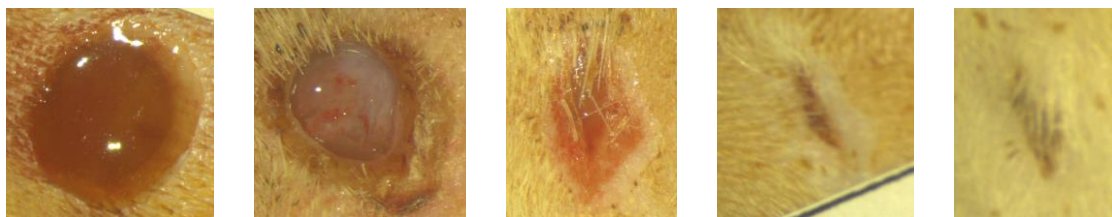
CTRL



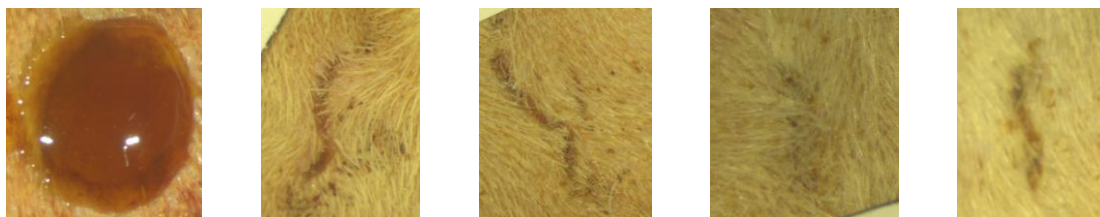
Forêt



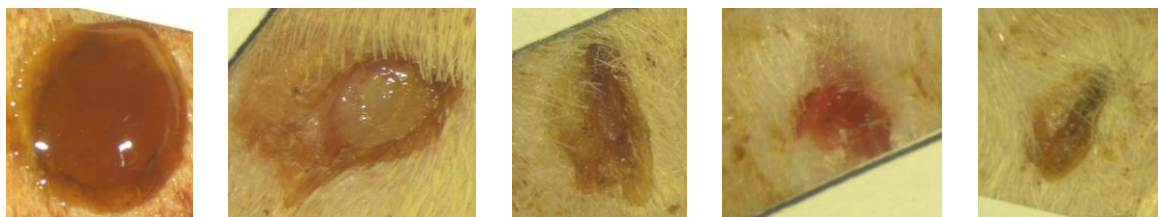
Baies roses



Fleurs Jaunes

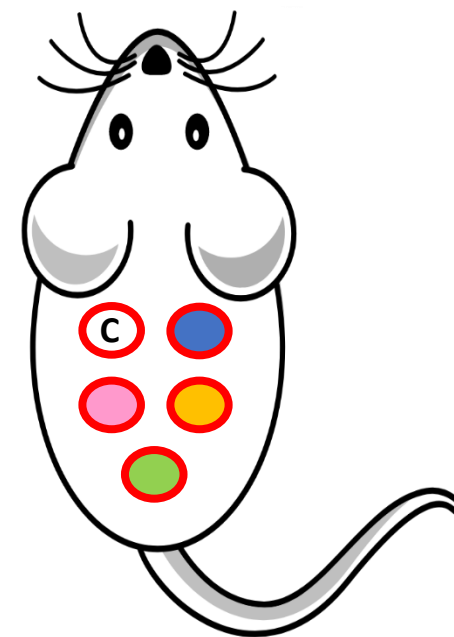
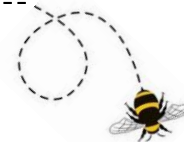


Lune de miel

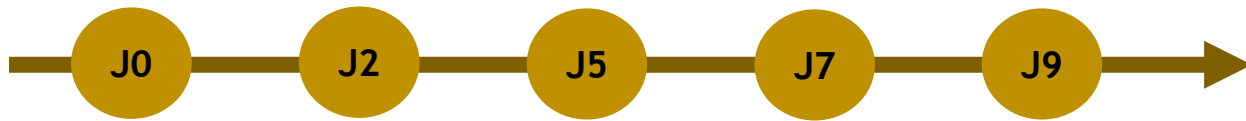


Panel de miels 

- Baies roses
- Polyfloraux
- Fleurs Jaunes
- Lune de miel

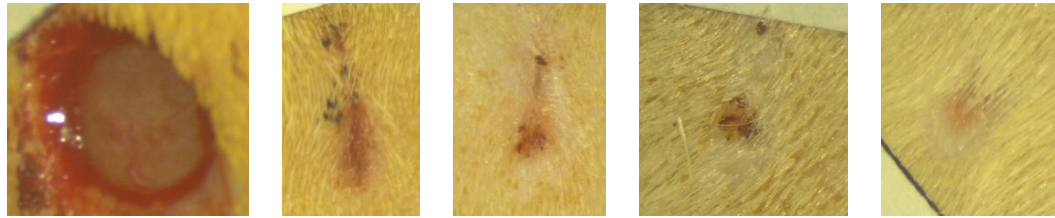


RAT N° 5

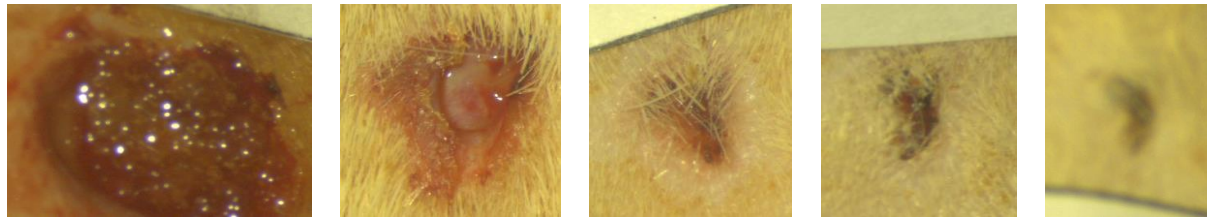


7. Tests Biologiques

CTRL



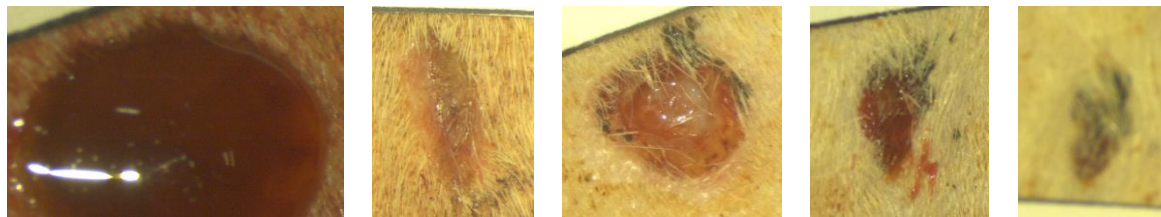
Forêt



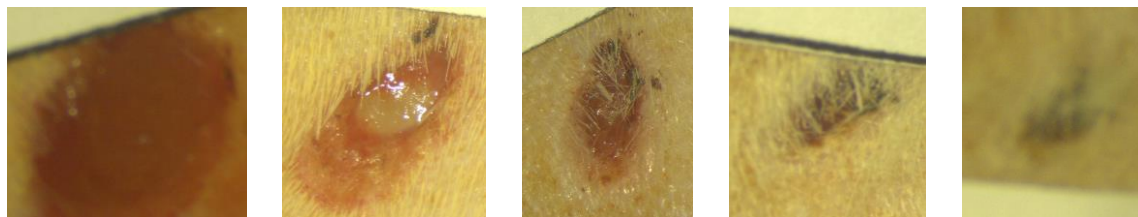
Baies roses



Fleurs Jaunes

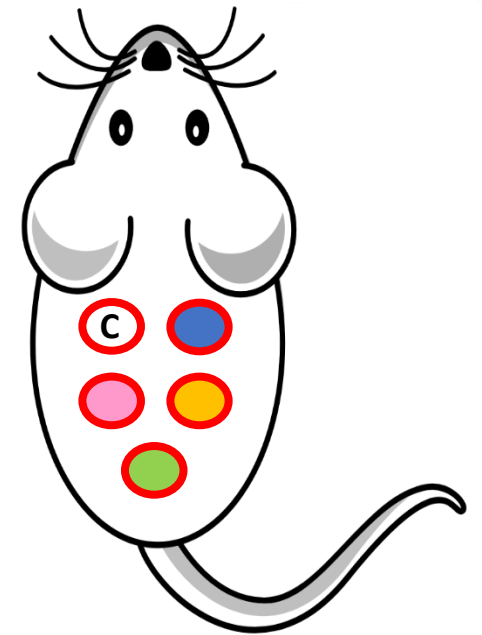


Lune de miel



Panel de miels 

- Baies roses
- Polyfloraux
- Fleurs Jaunes
- Lune de miel



RAT N°6



III. Valorisation

- 1. Communications**
- 2. Stagiaires**
- 3. Rapports d'analyse**



Congrès « Journées Vétérinaires Apicoles » à Nantes 2021

Caractérisations physico-chimiques des miels de La Réunion

Arnaud GILLIS*, Jennyfer YONG-SANG*, Marie-Astrid DUTOIT*, Jimmy CHANE-MING*
*Unité Analytique, GIP CYROI, 2 rue Maxime Rivière 97490 Sainte Clotilde, La Réunion. j.chaneming@cyroi.fr

Introduction

- Le projet MielOmic a pour vocation de valoriser la filière apicole en caractérisant les miels **Monofloraux** et **Polyfloraux**, produits issus de la biodiversité végétale et du patrimoine naturel de La Réunion.
- La Réunion possède une diversité de plantes mellifères produisant 4 types de miellées bien distinctes :

Composition générale d'un miel :

Le miel est généralement composé de :
 • Hydrates de carbone (glucose, fructose, maltose, ...)
 • Eau
 • Autres (acide gluconique, minéraux, enzymes, protéines...)

Réglementation :

Le Codex Alimentarius conditionne les seuls réglementaires des caractéristiques physico-chimiques à titre facultatif pour les échanges commerciaux.

En s'appuyant sur les méthodes internationales, notre équipe a mesuré les différents paramètres physico-chimiques : % Humidité, Conductivité, pH et Acidité libre ainsi que le taux d'HMF.

Humidité :

La mesure de l'indice de réfraction d'un miel permet de déterminer le % en humidité. Le teneur en eau moyenne se situe entre 17% et 20%. Ce paramètre joue un rôle primordial dans la cristallisation et la conservation du miel.

Conductivité :

La mesure de la conductivité électrique d'un miel permet de déterminer sa qualité ainsi que ses caractéristiques de composition. La conductivité est d'autant plus élevée que le miel est riche en matières minérales, car ce sont des substances ionisables. La conductivité permet ainsi de caractériser l'origine botanique du miel selon les valeurs suivantes :

Dosage de l'hydroxyméthylfurfural (HMF) :

L'hydroxyméthylfurfural est un composé chimique issu de la dégradation du fructose. Il apparaît après quelques mois de vieillissement. La teneur en HMF d'un miel augmente naturellement d'environ 5 à 10 mg/kg par an. Elle est un critère de qualité de conditionnement, car la teneur en HMF augmente également lorsque le miel est exposé à des fortes températures. D'après le Codex Alimentarius, la teneur en HMF ne doit pas dépasser 40 mg/kg de miel. Dans le cas des miels tropicaux, une teneur de 80 mg/kg est tolérée.

pH et Acidité libre :

Le pH et l'acidité libre vont influencer la stabilité du miel et ses conditions de conservation. La plupart des miels ont un pH relativement bas (acide). Le pH influence fortement la vitesse de dégradation des sucres et des enzymes. Les miels les plus acides sont ceux qui se dégraderont le plus rapidement.

Type de miel	pH	Nombre d'échantillons
Miel de Nectars	[3,3 - 4,5]	80
Miel de Miellets	[4,6 - 5,5]	30

L'acidité libre augmente avec le temps sous l'action de la dégradation du glucose en acide gluconique, et augmente régulièrement avec le vieillissement. Le Codex Alimentarius impose la valeur maximale de l'acidité libre du miel à 40 milliequivalents d'acide par kilogramme de miel, sauf pour les miels destinés à l'indulgence, qui ne doivent pas dépasser 50 milliequivalents.

Conclusion :

Ce travail a permis d'étudier certains paramètres physico-chimiques de miels provenant des différentes miellées de La Réunion. Les résultats de cette étude indiquent que les échantillons sont de bonne qualité chimique, et répondent en grande majorité aux normes imposées par le Codex Alimentarius.

Dosages des hydrates de carbone par chromatographie ionique (HPAE-PAD) des miels de La Réunion

Marie-Astrid DUTOIT*, Jennyfer YONG-SANG*, Arnaud GILLIS*, Jimmy CHANE-MING*
*Unité Analytique, GIP CYROI, 2, rue Maxime Rivière, 97490 Sainte Clotilde, île de la Réunion. j.chaneming@cyroi.fr

INTRODUCTION

- Le projet MielOmic a pour mission d'étaler en détails la composition chimique des miels de la Réunion, dans l'objectif de valoriser la filière apicole. Cette composition exacte n'a encore jamais été décrite.
- Par définition, le miel est composé à 80% d'hydrates de carbone (HC), 18% d'eau et 2% de molécules autres (acides aminés, minéraux...). Cette proportion d'HC est constituée d'une majorité de fructose (40%), de glucose (35%) et d'un ensemble de « mineurs » (5-15%).
- L'île de la Réunion possède une diversité de plantes mellifères très riche produisant 2 miellées bien distinctes : **Baies Roses** et **Letchis** ; et des plus petites : **Forêt**, **Toutes Fleurs**, **Tan Rouge**...
- Cette diversité d'hydrates de carbone dans les miels informe sur l'origine géographique et botanique du miel, l'adulthood, la distinction entre miel de nectar et miellet, ainsi que le respect des seuils légaux.
- La quantification est réalisée avec une méthode par chromatographie ionique à détection ampérométrique pulvé (HPAE-PAD), développée pour le projet.

MATÉRIEL & MÉTHODE

RÉSULTATS

Composition moyenne d'un miel de la Réunion (n=91) (g/100g de miel ± RSD)

Fructose	39,9 ± 6%	Hydrates de carbone majoritaires
Glucose	35,7 ± 6%	
Turanose (+ Palatinose)	2,2 ± 20%	Hydrates de carbone mineurs systématiquement présents
Kojibiose	2,0 ± 30%	
Maltose	1,2 ± 28%	
Isomaltose	0,9 ± 50%	
Nigerose	0,6 ± 34%	Hydrates de carbone mineurs présents dans certains échantillons
Eriose	0,5 ± 13%	
Mélicérose	0,2 ± 52%	
Pancose	0,2 ± 48%	
Raffinose	0,1 ± 108%	
Tréhalose	0,1 ± 57%	
Sucrose	0,10 - 0,20	
1-Kestose	0,05 - 0,10	
Sentiobiose	0,03 - 0,05	
Somme moyenne des hydrates de carbone totaux	81,8 ± 4%	
Somme moyenne des hydrates de carbone mineurs	8,2 ± 30%	

Seuils réglementaires respectés (Codex Alimentarius)
 Sucrose < 5 g/100g
 Fructose + Glucose > 45 g/100g

INTERPRÉTATION

Le calcul du rapport Fructose / Glucose permet de déterminer le type de cristallisation d'un échantillon. La cristallisation du miel est un phénomène naturel qui n'altère en rien ses qualités.

Quantité d'hydrates de carbone mineurs dans chaque échantillon par ordre croissant

Les miels de Letchis se distinguent par des teneurs plus faibles, à l'inverse des Baies Roses. Les miels de Baies Roses sont scindés en deux groupes, ce qui suggère deux types de composition du miel de la même miellée. Sont-ils vraiment tous des Baies Roses ? Une analyse plus poussée ou moléculaire pourrait confirmer ou non leur origine florale.

CONCLUSION

- Une méthode de dosage des hydrates de carbone dans le miel a été développée par HPAE-PAD.
- La composition moyenne en hydrates de carbone d'un miel de la Réunion est décrite pour la première fois. Tous les échantillons respectent les seuils réglementaires.
- 88 miels sur 91 présentent une cristallisation de type « lente ».
- Les miels de Letchis se distinguent par leur faible teneur en hydrates de carbone mineurs et leur faible rapport Fructose / Glucose.
- Ces résultats complètent la description physico-chimique de ce panel de miels, autre réalisation du projet MielOmic.






Temps forts




1. Communications




Congrès Qualireg : Présentation orale 2022







Carbohydrates Characterization of Honeys from Réunion Island by Ion-exchange Chromatography

Analytical Unit :
 Dr. Jimmy CHANE-MING
 Dr. Jennyfer YONG-SANG
 Marie-Astrid DUTOIT
 Arnaud GILLIS





Financially supported by European Regional Development Fund
POE FEDER 2014-2020



« Caractérisation des carbohydrates des miels de la Réunion par la méthode CI » par Marie-Astrid Dutoit



Temps forts



1. Communications



Congrès 47th APIMONDIA (Istanbul - TURQUIE) : 2 posters présentés



« Physico-chemical and biochemical properties of honeys from Reunion Island » par Jennyfer Yong-Sang

« Carbohydrates characterization of honeys from Reunion Island by Ion Chromatography » par Marie-Astrid Dutoit



Temps forts



1. Communications



Foire Bras Panon 2022 & 2023



- Présentations de l'avancement du projet par Dr Jimmy Chane-Ming
- Participations de l'Unité Analytique pour le stand de l'ADA Réunion
- Jury de dégustation pour le concours de miel 2023



Fête de la Science CYROI (2022) & INSPE (2023)

« Le miel et les abeilles »

5 ateliers proposés

Merci aux apiculteurs : Louis A., Jean-Yann L-K, Dominick C. & Serge J.

Vidéo (Réalisé par le GDS, Merci !)



fête de la science 30 **La vie des abeilles** **MielOmic**

Jennifer YONG-SANG*, Marie-Astrid DUTOIT**, Arnaud GILLIS* & Jimmy CHANE-MING*

* Unité Analytique, GIP CYROI, 2 rue Maxime Rivière 97490 Sainte-Clotilde, La Réunion. Lchane@cyroi.fr

L'abeille
L'abeille est apparue sur Terre, il y a environ 300 millions d'années, en même temps que les plantes à fleurs. Elle fait partie des insectes pollinisateurs primordiaux à la survie des hommes et au développement de notre système biologique. On dénombre plus de 30 000 espèces dans le monde, mais l'Apis Mellifera (l'abeille, la plus connue, est un insecte domestiqué de la famille des Hyménoptères au même titre que les fourmis, guêpes, bourdons, etc., qui comptent plus de 10 000 espèces). C'est l'abeille la plus utilisée pour la production de miel, elle est originaire d'Europe et d'Afrique. L'abeille est végétarienne et butineuse, elle vole de fleur en fleur à la recherche de nourriture telle que le nectar, le pollen, la propolis et le miel. Elle s'occupe uniquement pour se alimenter, elle ne pond le miel qu'une seule fois car elle perd un dard et meurt. Elle vit à l'intérieur d'une ruche au sein d'une colonie organisée de la façon suivante : une reine, des ouvrières ainsi que des mâles. Une colonie compte en pleine saison jusqu'à 80 000 individus.

Anatomie externe de l'abeille
Antennes, Dard, Mandibules, Pattes, Abdomen

Les castes de la ruche
La Reine, Les Ouvrières, Les mâles ou faux bourdons

Cycle de vie : de l'œuf à l'abeille
L'abeille passe par 4 grands stades de développement : de l'œuf, la larve, la nymphe et l'imago (adulte). La reine pond dans chaque alvéole un œuf fécondé dans une cellule à une ouvrière en future reine et un œuf non fécondé dans une cellule à un faux bourdon.

Composition d'une ruche
Toit, Nourriture, Caches, Habitus, Corps de ruche, Plancher d'entrée

L'abeille ouvrière exerce jusqu'à 7 métiers
L'abeille ouvrière possède plusieurs activités au cours de sa vie selon son âge. Elle représente 95% de la colonie au sein de la ruche. Un les compte par dizaines de milliers, jusqu'à 80 000 en pleine période d'activité. Elle gère environ 80 mg, soit 30 km/h, pendant 30 les chaque jour dans un rayon de 3 km autour de sa ruche.

De la fleur au miel : les étapes de fabrication
Les abeilles ouvrières butinent les fleurs. Les abeilles ouvrières produisent le miel dans la ruche. Le miel est stocké dans des rayons par condensation. Le miel est filtré afin d'obtenir les rayons prêts à manger.

La composition générale d'un miel
L'amiel est globalement composé de : 17% d'eau, 80% de sucres (glucose, fructose, maltose, sucrose...), Eau, Autres sucres (dextrose, mélicose, inuline, etc.).

Les autres produits de la ruche
Il existe 4 autres produits de la ruche fabriqués par les abeilles : Pollen, Propolis, Gelée royale, Cire.

QUALITROPIC, GDS, GIP CYROI, MielOmic, INSPE, etc.





Bilan encadrement de stagiaires



2. Stagiaires

Stagiaires	Niveau	Unité	Encadrants	Rémunération	Date
Luan GIVRAN	BTS (2 ^{ème} année)	UA	Jennyfer	non	Janvier-Mars 2021
Juliette JACQUELIN	M2 Biochimie	Bio'R	Laura & Céline	oui	Février-Juillet 2021
Jehan HANSROD	L2 Chimie	UA	Jennyfer & Arnaud	non	Mai-Juillet 2021
Maria GOSSARD	ENSCMu (1 ^{ère} année)	UA	Jennyfer & Arnaud	non	Juillet-Août 2021
Laina SIRKIA	Escom (4 ^{ème} année)	UA	Jennyfer	non	Août-Septembre 2021
Laurine HOARAU	BTS (2 ^{ème} année)	UA	Arnaud & Jennyfer	non	Janvier-Mars 2022
Léa ROTTIER	M2 Chimie	UA	Marie-Astrid & Jennyfer	oui	Février-Juillet 2022
Karishma SHERIFF	M2 Chimie	Bio'R	Laura & équipe	oui	Janvier-Juillet 2022
Cloé SAUTRON	L2 Chimie	UA	Arnaud & Jennyfer	non	Mai-juin 2022
Cheng-Long STEFAN	4 ^{ème} année de Pharmacie	UA/ICMR	Jennyfer & SIMON	oui	Mai-Juillet 2022
Alexandra YOU-SEEN	INSA (4 ^{ème} année)	UA	Fanny & Jennyfer	oui	Avril-Août 2022



Soit **11 stagiaires** qui ont participé au projet « MielOmic » entre 2021 et 2022 dont **8 étudiantes réunionnaises**



Rapport d'analyse rendu aux apiculteurs



3. Rapport d'analyse

CYROI
Recherche Santé Bio-innovation

2, Rue Maxime Rivière 97490 Sainte-Clotilde
Tél : 0262 93 88 47
email : j.chaneming@cyroi.fr

Projet MielOmic

Miel N° 0001/20
Réceptionné le : 23/01/2020

Rapport d'analyse final

Informations transmises par l'apiculteur :

LUSPOT William / Domaine du café grillé
10 allée Cèdres Pierrefonds
97410 St Pierre

Numéro de Lot : Pur Monofloral Bourbon Rond N°1
Type de miel renseigné : Café
Date de récolte : 23/09/2019

Observations : Présence de VARROA < 2%. Aucun traitement chimique. Parfum fleur de café. 24 à 72h pendant la floraison café bourbon rond. Aucune nourriture.

Analyses Physico-Chimiques

Mesuré par Réfractométrie à 25°C		
Humidité	19,2 % ± 0,2	Seuil conseillé ≤ 18% Norme légale ≤ 20%
Brix	79,1 °B ± 0,1	Hydrates de Carbone totaux pour 100 g de Miel
Pouvoir Rotatoire	-0,90 ± 0,04	Valeur "négative" : Miel de Nectar Valeur "positive" : Miel de Miellat

Le % d'humidité est un indicateur permettant d'évaluer la conservation du miel dans le temps.
Plus un miel est humide, moins il se conservera dans le temps.

Mesuré par pH-métrie à 25°C		
pH initial	4,1 ± 0,1	3,3 ≤ pH ≤ 4,5 : Miel de Nectar 4,6 ≤ pH ≤ 5,5 : Miel de Miellat
Acidité Libre	20,9 meq/kg ± 0,1	≤ 40 meq/kg : Normes Européennes ≤ 50 meq/kg : Normes Internationales

Une très faible acidité se traduit par une meilleure conservation dans le temps.

Mesuré par Conductimétrie à 25°C		
Conductimétrie	0,42 mS/cm ± 0,01	> 0,8 mS/cm : Miel de Miellat 0,5-0,8 mS/cm : Miel Mixte < 0,5 mS/cm : Miel de Nectar

La conductimétrie permet d'évaluer le taux de minéraux dans le miel.

Mesuré par Spectrophotomètre UV à 25°C		
HMF Hydroxyméthylfurfural	24,40 mg/kg ± 0,07	≤ 40 mg/kg : Norme Légale pour Miel Européens ≤ 80 mg/kg : Norme Légale pour Miels Tropicaux
Couleur du miel	88 mm ± 1	Les classes de couleur sont exprimées en mm Pfund : 86-114 : Ambré

Le taux de HMF permet d'évaluer la qualité du miel.
Un miel qui possède une valeur supérieure à 80 mg/kg indique une dénaturation du miel.
La couleur du miel varie du blanc à l'ambri foncé selon une Classification USDA.

Le Projet MielOmic est financé par l'Europe, l'État et la Région Réunion grâce au PO FEDER 2014-2021.

1/3

Analyses des Hydrates de Carbone

Mesuré par Chromatographie Ionique à 40°C	
• Monosaccharides (g/100g de miel)	
Fructose	38,0 ± 1,9
Glucose	34,0 ± 1,7
Fructose/Glucose	1,12

La somme (Fructose + Glucose) doit être ≥ 45 g/100g de miel.
Le rapport Fructose/Glucose (sans unité) est un indicateur de la cristallisation du miel dans le temps.
0,90-1,05 : Cristallisation rapide (1 mois) / 1,06-1,45 : Cristallisation lente (1 à 12 mois) / 1,46-1,70 : Cristallisation rare (+12 mois)

Mesuré par Chromatographie Ionique à 30°C			
• Disaccharides (g/100g de miel)		• Trisaccharides (g/100g de miel)	
Tréhalose	< 0,03	Mélezitose	0,18 ± 0,01
Sucrose	< 0,10	Raffinose	0,57 ± 0,05
Isomaltose	0,92 ± 0,07	1-Kestose	< 0,05
Kojibiose	2,21 ± 0,18	Eriose	< 0,03
Gentiobiose	0,25 ± 0,02	Panose	0,15 ± 0,01
Turanose (+ Palatinose)	2,18 ± 0,17		
Nigérose	0,62 ± 0,05		
Maltose	1,26 ± 0,10		

Rq : Les teneurs en Di/Trisaccharides sont des indicateurs renseignant sur l'origine géographique et botanique d'un miel.
Le sucrose doit être ≤ 5g/100g de miel.

Analyses des ions

Mesuré par Chromatographie Ionique			
• Cations (mg/kg de miel)		• Anions (mg/kg de miel)	
Lithium : Li ²⁺	< 0,8	Chlorure : Cl ⁻	148,2 ± 22,2
Sodium : Na ⁺	58,7 ± 11,7	Nitrite : NO ₂ ⁻	< 2,0
Ammonium : NH ₄ ⁺	10,0 - 20,0	Bromure : Br ⁻	< 2,0
Potassium : K ⁺	339,1 ± 67,8	Nitrate : NO ₃ ⁻	20,0 ± 3,0
Magnésium : Mg ²⁺	19,0 ± 3,8	Phosphate : PO ₄ ³⁻	96,1 ± 14,4
Calcium : Ca ²⁺	43,1 ± 8,6		

Rq : Les teneurs en ions sont des indicateurs renseignant sur l'origine géographique et botanique d'un miel.

Activités Biologiques

Mesuré par Spectrophotomètre à 25°C		
Teneur en polyphénols (mg GAE / 100 g de miel)	43,61 ± 3,31	≤ 50 mg GAE/100 g de miel : "Contient" des polyphénols ≤ 100 mg GAE/100 g de miel : "Riche" en polyphénols > 100 mg GAE/100 g de miel : "Très riche" en polyphénols
Activité Antioxydante (% Inhibition)	12,74 ± 1,25	< 50 % d'inhibition : Activité antioxydante "Faible" ≥ 50 % d'inhibition : Activité antioxydante "Forte"

Rq : GAE = équivalent Acide Gallique.
Les polyphénols sont des molécules possédant des propriétés biologiques bénéfiques.
L'activité antioxydante contribue à la réduction du stress oxydatif cellulaire.

2/3

Informations

Les critères de qualité du miel sont décrits dans la directive européenne (2001/110/CE) ainsi que dans le Codex Alimentarius de 2019. Tous nos protocoles physico-chimiques proviennent de Bogdanov et al. (1997). Les normes légales sont données à titre indicatif. Les dosages des Hydrates de carbone et des ions ont été développés par nos soins en utilisant la Chromatographie Ionique, quatre méthodes distinctes ont été utilisées : une méthode pour le dosage des Monosaccharides, une pour les Di/Trisaccharides, une pour les Cations et une pour les Anions. Les dosages des activités biologiques ont été développés par spectrophotométrie en utilisant le protocole Folin-Ciocalteu pour la teneur en polyphénols et le protocole DPPH pour %inhibition. Les résultats sont représentatifs de l'échantillon transmis au laboratoire. La mise en pot est de la responsabilité de l'apiculteur.

Interprétations

L'échantillon analysé répond aux normes et aux critères de qualité conseillés, cependant le taux d'humidité reste élevé.

L'échantillon analysé contient des polyphénols présentant une activité antioxydante faible.

L'Unité Analytique remercie tous les partenaires directs et indirects qui contribuent au projet.
Visa :

Le Projet MielOmic est financé par l'Europe, l'État et la Région Réunion grâce au PO FEDER 2014-2021.

CONFIDENTIAL DATA

3/3

➡ 416 Rapports d'analyses finaux rendus à 100 apiculteurs courant avril 2023

➡ Coût > 1 000 € / miel pour l'ensemble des analyses...Gratuit pour les apiculteurs participants au projet



IV. Conclusion & Perspectives



Conclusions



- ➔ Cadre réglementaire, plus de **82 %** des échantillons de miel réceptionnés respectent les normes du Codex Alimentarius (% humidité, acidité libre et HMF) ➔ **un savoir-faire apicole réunionnais de qualité...** Capitalisation des données dans le cadre de **la démarche AOP.**
- ➔ Plus de 80% des miels réunionnais sont **riches en polyphénols** ➔ Espèces nectarifères riches en composés d'intérêt ➔ **effets bénéfiques sur la santé....**
- ➔ Profils aromatiques riches en composés volatils et très distincts selon les types de miel
- ➔ **Aucun** signe d'adultération volontaire détecté
- ➔ Mise en place d'outils statistiques pour la création de modèles de prédictions pour les miellées Baies Roses et Letchi
- ➔ Évaluation du potentiel de cicatrisation sur modèle animal : **les miels semblent accélérer le processus de cicatrisation**
- ➔ **Clôture administrative du projet MielOmic le 30 Juin 2023**





Perspectives

- ➔ Analyses polliniques sur l'ensemble des miels réceptionnés
- ➔ Traitement de données métabolomiques
- ➔ Analyses histologiques & histochimiques sur les plaies
- ➔ Rédaction de publications scientifiques
- ➔ Conception d'un nouveau projet pour approfondir les résultats de MielOmic



Remerciements

- ➔ Apiculteurs volontaires !
- ➔ Partenaires financiers
- ➔ Partenaires du projet
- ➔ Aux collègues du CYROI ayant participé au projet



A beekeeper wearing a protective suit and a straw hat is working with several wooden beehives in a lush green field. A vibrant rainbow is visible in the sky above the hives. The scene is bathed in a warm, golden light, suggesting either sunrise or sunset. The beekeeper is holding a wooden frame, likely a honeycomb, and appears to be inspecting it. The hives are arranged in rows, and some have colorful bands (red, yellow, blue) around them. The background shows a dense forest of trees and ferns under a cloudy sky.

MERCI

Des questions ?