



Compréhension des mécanismes de formation des défauts de flaveur de fractions de féverole obtenues par turbo-séparation

Médaille d'Argent-Dufrenoy 2025

Mercredi 24 septembre 2025

Sophie VILLERS (Section 8) et Hervé THIS (Réfèrent)

Présenté par Adeline KAROLKOWSKI

Thèse soutenue le 27 septembre 2023

Sous la direction de Christian SALLES et Loïc BRIAND

I. Féverole et défauts de flaveur

II. Objectifs de thèse

III. Axes principaux

- Composés volatils – notes olfactives et aromatiques désagréables
- Composés non-volatils – amertume

IV. Conclusions et perspectives

I. Féverole et défauts de flaveur

II. Objectifs de thèse

III. Axes principaux

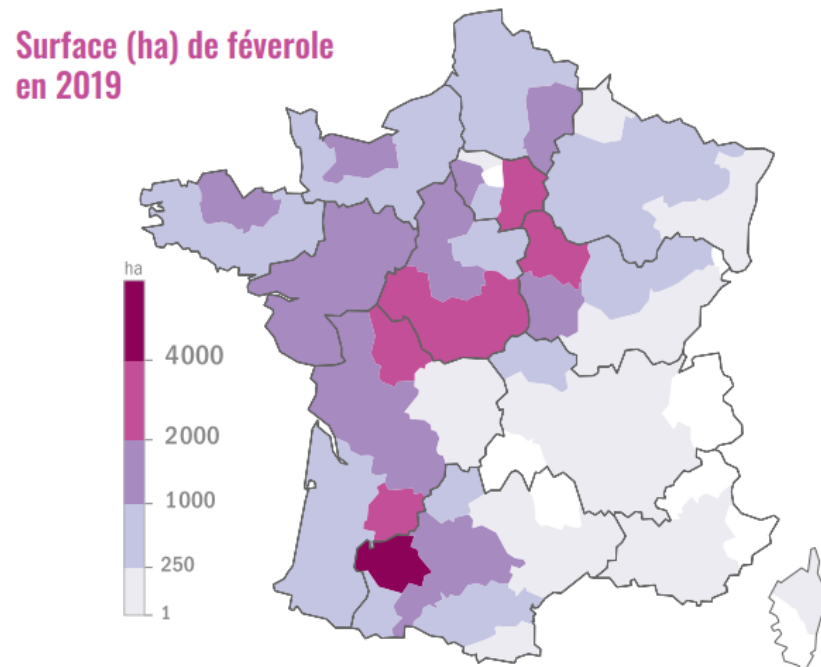
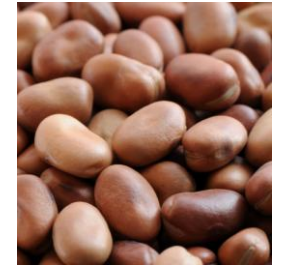
- Composés volatils – notes olfactives et aromatiques désagréables
- Composés non-volatils – amertume

IV. Conclusions et perspectives

I. FEVEROLE ET DEFAUTS DE FLAVEUR

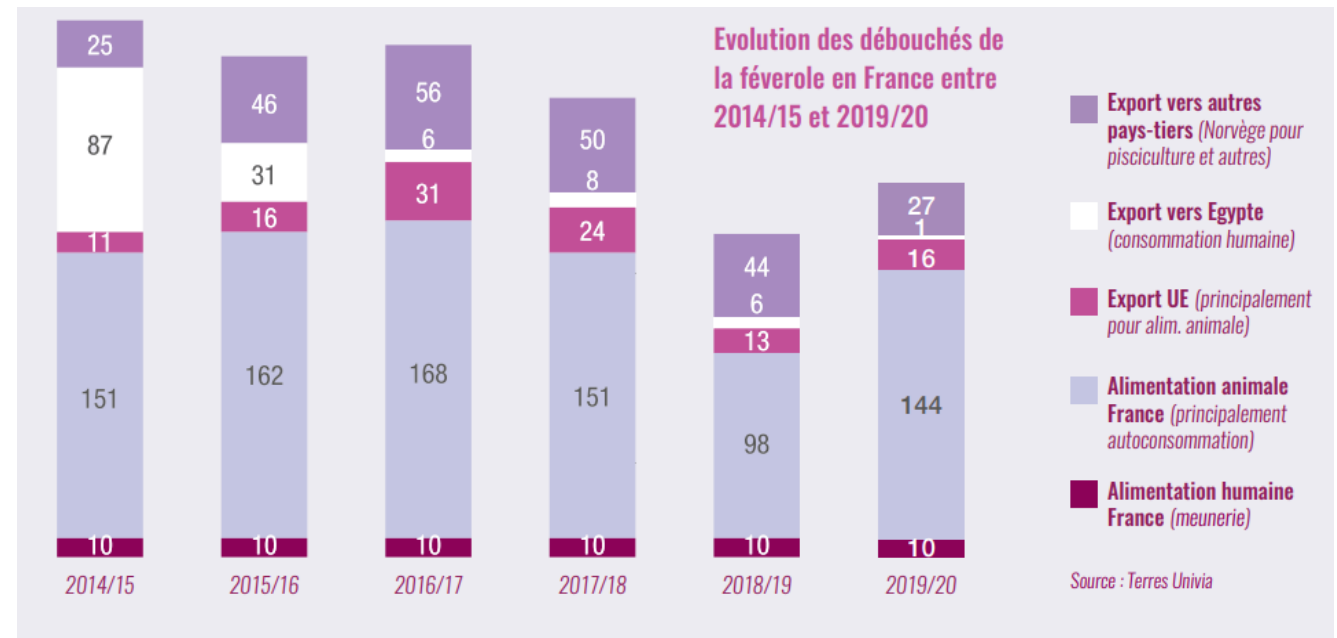
La féverole, une légumineuse d'intérêt

- Fève de petite taille (*Vicia faba* L. *minor*)
- Intérêts agro-environnementaux, nutritionnels, de santé, fonctionnels et sensoriels



Source : Terres Univia d'après FranceAgriMer.

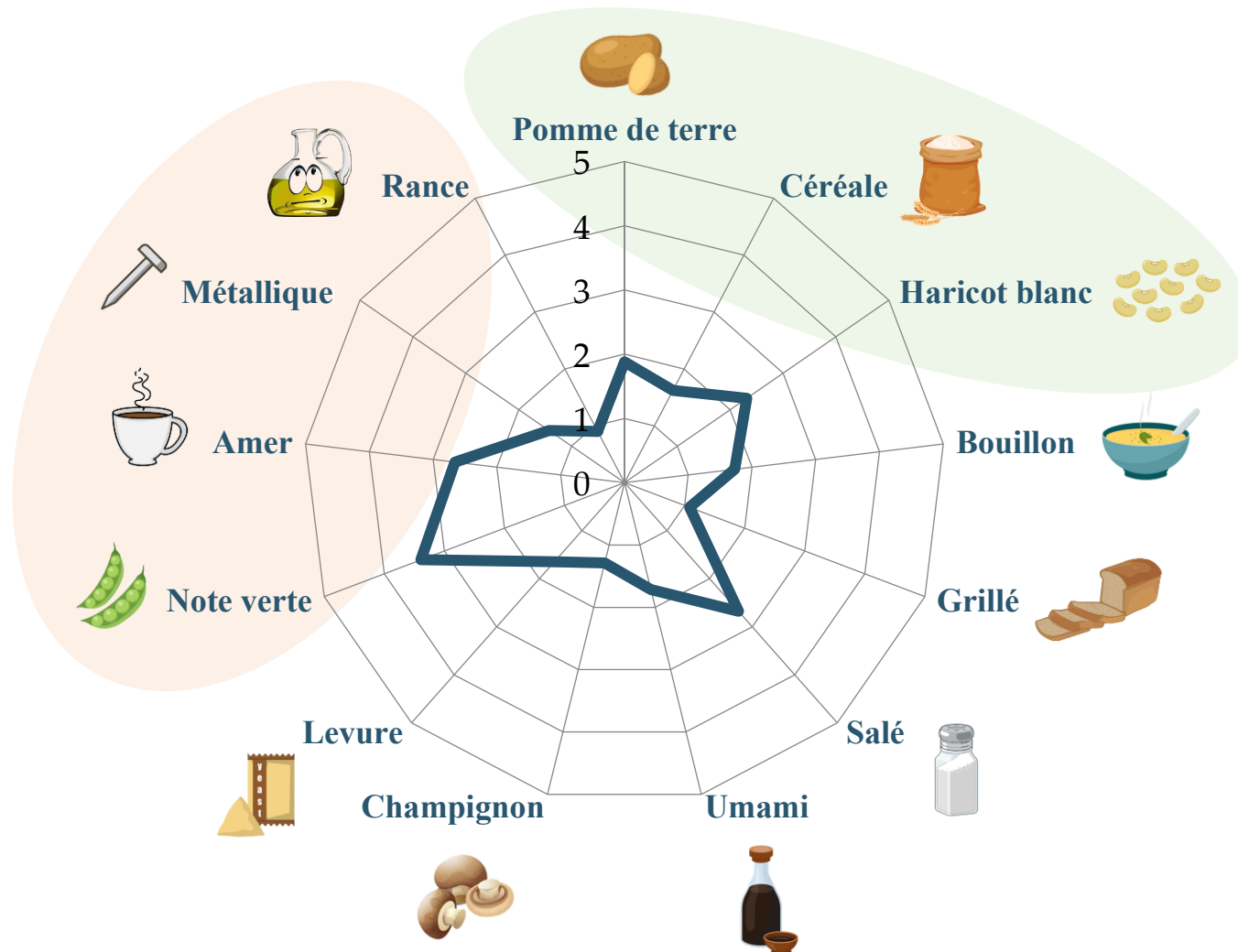
France : 5^e producteur mondial (6 %)



Les débouchés de la féverole en France (2014-2020)

I. FEVEROLE ET DEFAUTS DE FLAVEUR

Flaveur et défauts de flaveur de la féverole



↗ Appréciation :

- Arôme pomme de terre
- Arôme haricot blanc
- Arôme céréale



↘ Appréciation :

- Arôme note verte
- Arôme métallique
- Arôme rance
- Saveur amère



I. Féverole et défauts de flaveur

II. Objectifs de thèse

III. Axes principaux

- Composés volatils – notes olfactives et aromatiques désagréables
- Composés non-volatils – amertume

IV. Conclusions et perspectives

II. OBJECTIFS

Compréhension des mécanismes de formation des défauts de flaveur de fractions de féverole obtenues par turbo-séparation

- Objectifs :

1. Identifier les molécules impliquées dans les défauts de flaveur de la féverole et leur mécanisme de formation

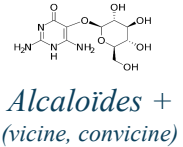
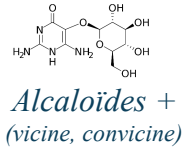


2. Proposer des stratégies permettant d'améliorer la flaveur de la féverole



II. OBJECTIFS

Cultivars et fractions étudiés



**3 cultivars
(1, 2 et 3)**

*Décorticage
Broyage*

Farine (F)

40 % amidon
30 % protéines

Air

*Turbo-
séparation
(sous N₂)*

Air
Fraction fine (P)

60 % protéines

Fraction lourde (S)

60 % amidon
20 % protéines

I. Féverole et défauts de flaveur

II. Objectifs de thèse

III. Axes principaux

- Composés volatils – notes olfactives et aromatiques désagréables
- Composés non-volatils – amertume

IV. Conclusions et perspectives

Défauts de flaveur (off-flavours) des légumineuses

Molécules volatiles



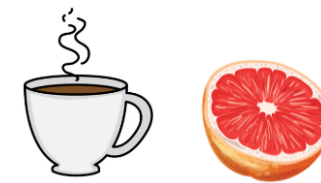
**Notes olfactives et aromatiques
désagréables (off-notes)**



Molécules non-volatiles



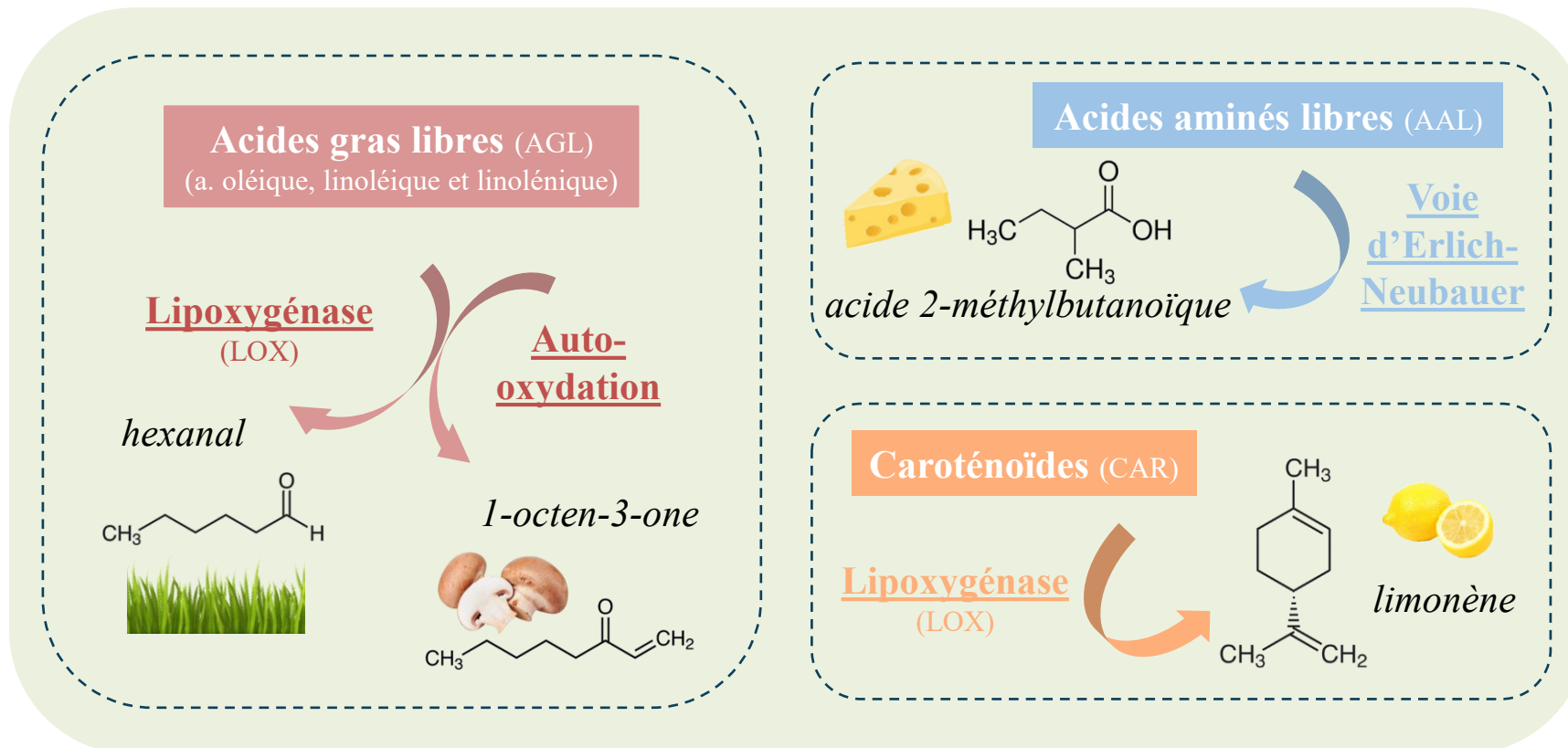
**Saveur amère
(off-taste)**



III. AXES PRINCIPAUX

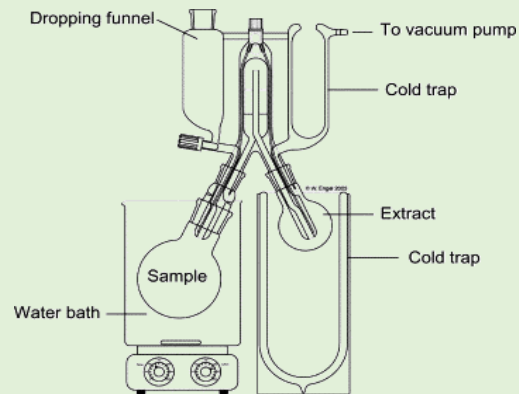
Molécules volatiles dans les légumineuses

- Molécules de défense générées lors de stress biotique et abiotique dans les plantes (Vincenti et al., 2019)
- Etudes sur le pois et le soja majoritairement



Molécules volatiles – Analyse du contenu volatil

Extraction SAFE (Solvent-Assisted Flavour Evaporation)



- Solvant : H_2O à 30°C (sous-vide)

$$V_{\text{distillat}} = 100 \text{ mL}$$

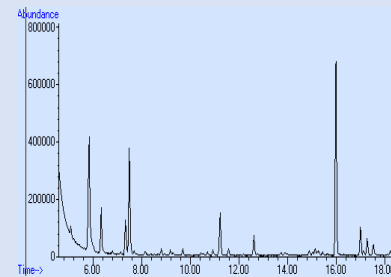


- Extraction CH_2Cl_2 + Concentration



$$V_{\text{extrait}} = 320 \mu\text{L}$$

GC-MS (Chromatographie Gazeuse-Spectrométrie de Masse)



- Séparation (GC)
- Identification (MS)

III. AXES PRINCIPAUX

Molécules volatiles – Résultats GC-MS

- 147 molécules volatiles dont 108 identifiées pour la 1^{ère} fois dans la féverole (1/3 issu oxydation AGL)

F : farine

S : fraction amidon

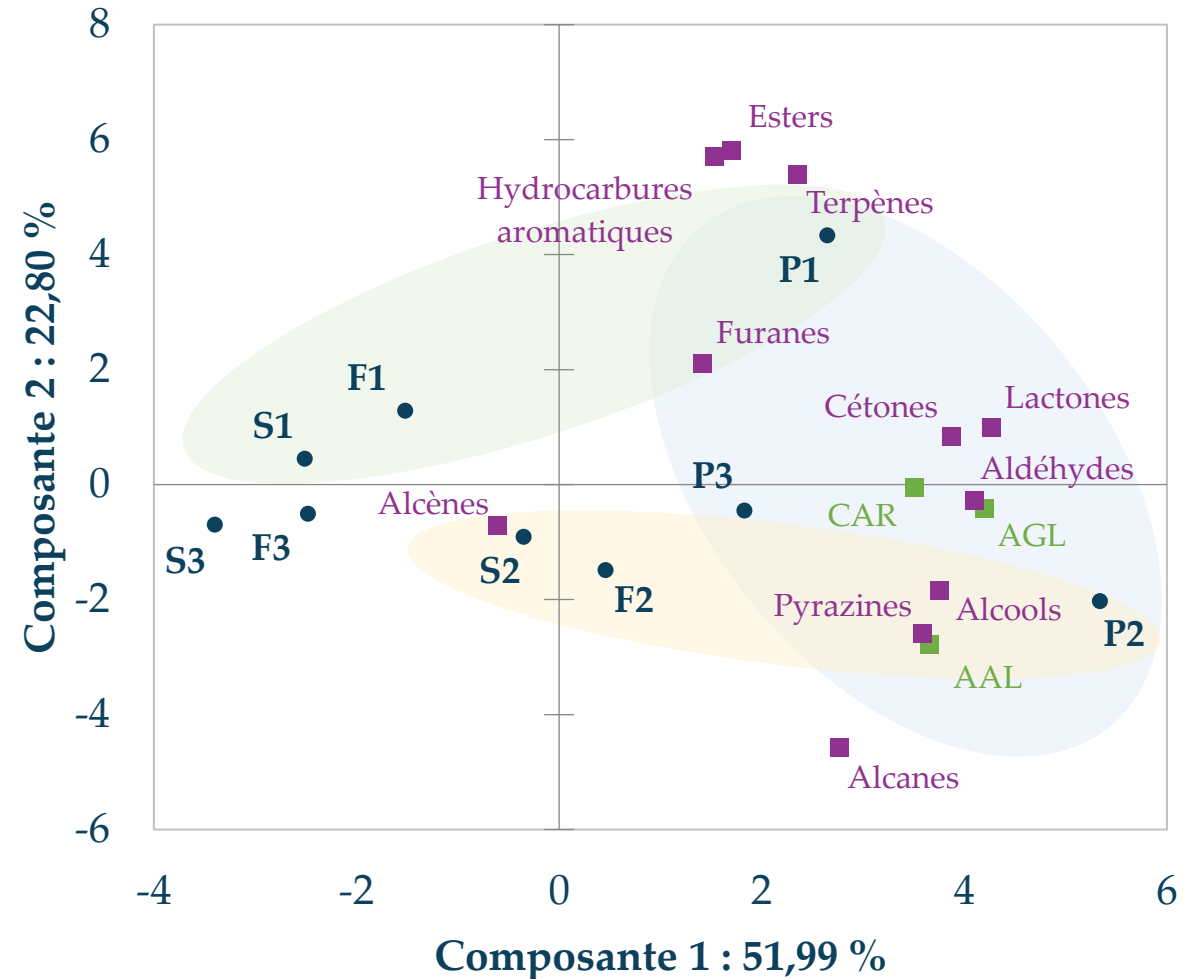
P : fraction protéines

- Fractions P : **AGL**, **AAL** et **CAR** = **facteur procédé**

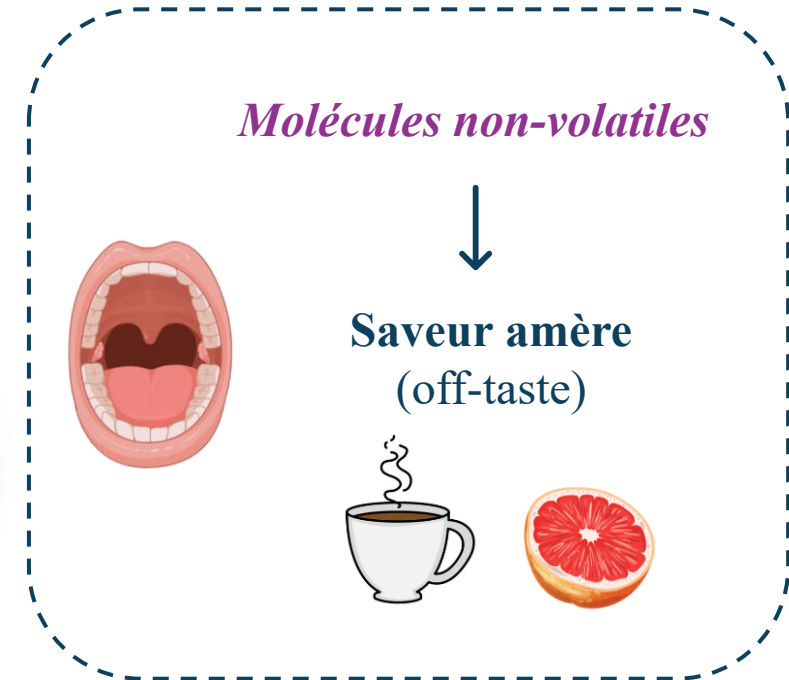
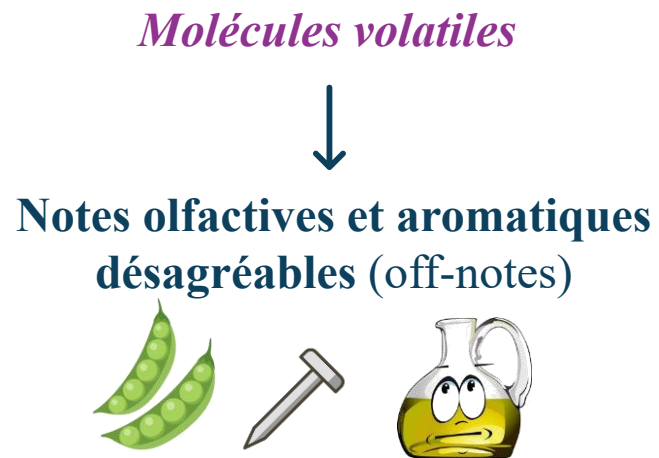
- $P2 > P1 > P3$ = **facteur cultivar**

- Cultivar 1 (S1, F1, P1) : **terpènes** et **hydrocarbures aromatiques** → absorption possible au champ = **facteur conditions de culture**

- Cultivar 2 (S2, F2, P2) : **AAL** marquée
→ Hypothèse 1 : métabolisme endogène = **facteur cultivar**
→ Hypothèse 2 : contamination des graines = **facteur conditions de culture**



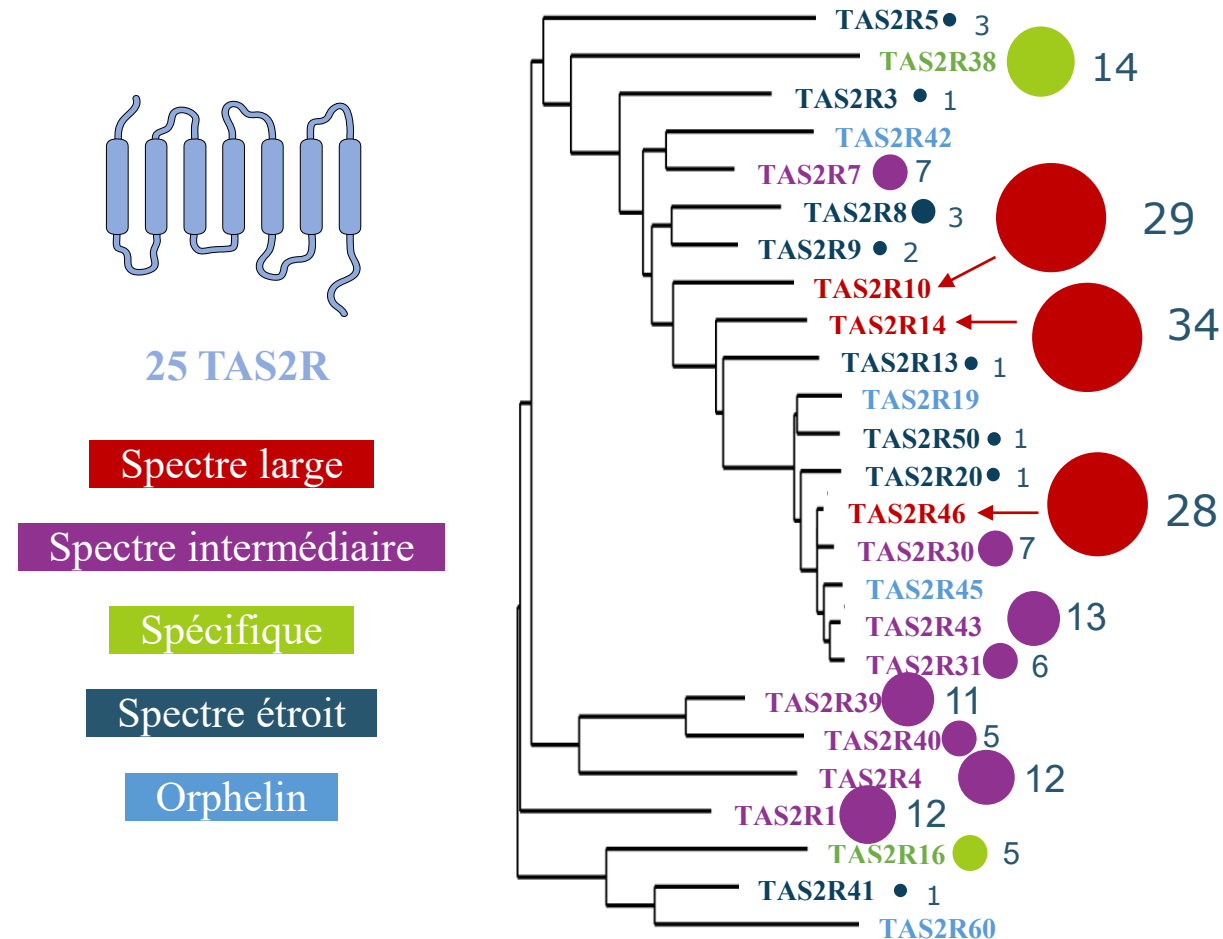
Défauts de flaveur (off-flavours) des légumineuses



III. AXES PRINCIPAUX

Molécules non-volatiles responsables de l'amertume des légumineuses (1)

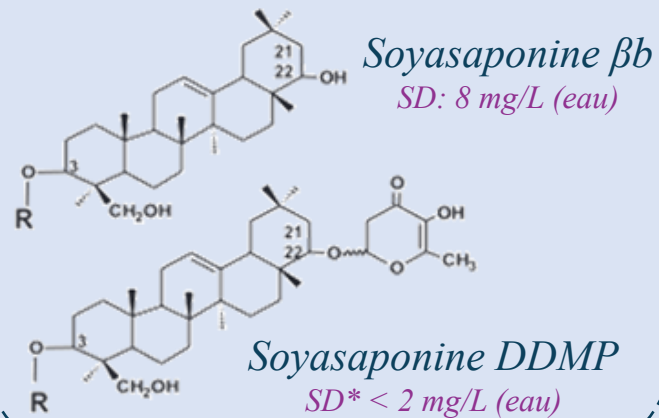
- Environ 25 récepteurs à l'amertume, appelés TAS2R



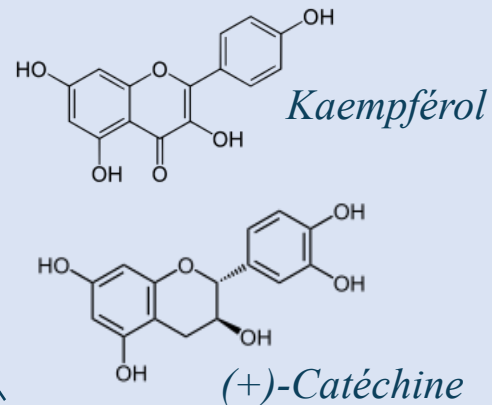
III. AXES PRINCIPAUX

Molécules non-volatiles responsables de l'amertume des légumineuses (2)

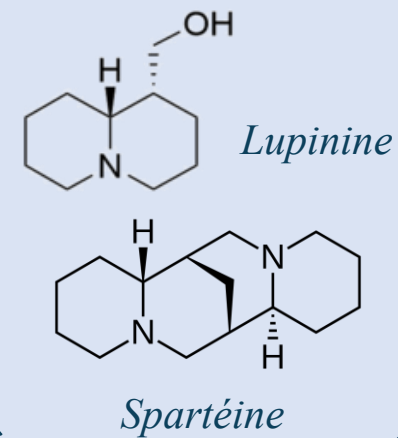
Saponines (Soja, pois)



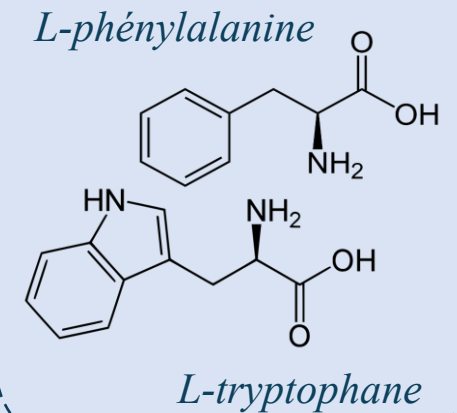
Composés phénoliques (soja, pois, lupin)



Alcaloïdes (lupin)



Peptides / AAL (soja, pois)

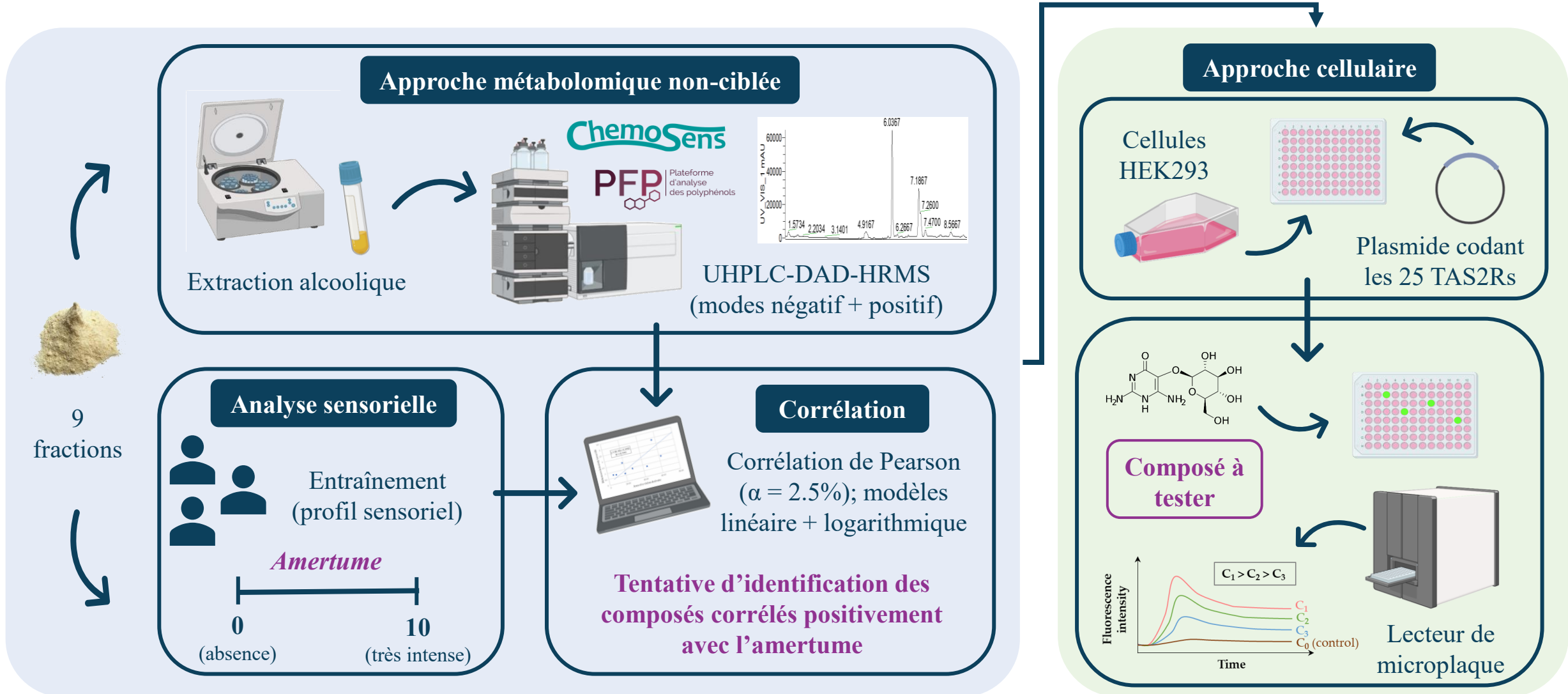


SD : seuil de détection ; R : a. glucuronique-galactose-rhamnose ; * ratio βb/DDMP = 1/4.

- Également des molécules de défense générées lors de stress biotique et abiotique dans les plantes

III. AXES PRINCIPAUX

Molécules amères – Analyse du contenu non-volatil et mesure d'activation des TAS2R

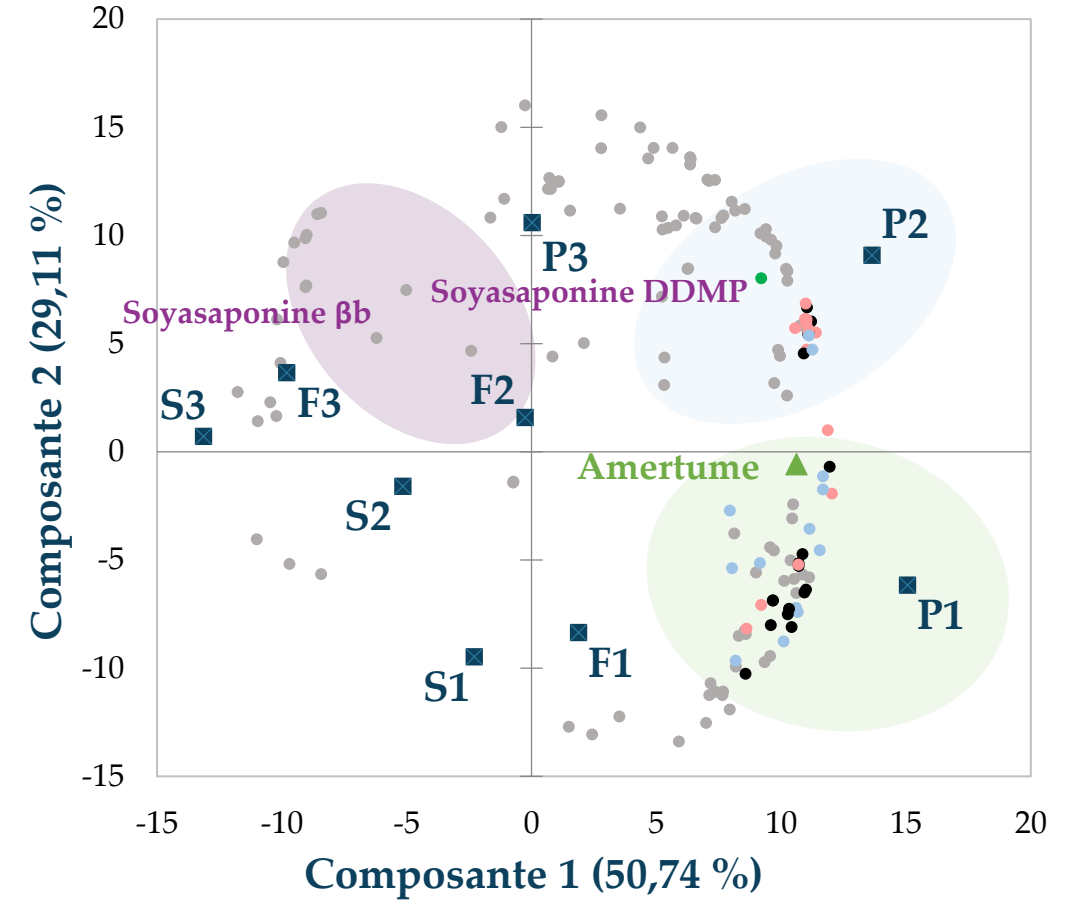


III. AXES PRINCIPAUX

Molécules amères – Résultats UHPLC-DAD-HRMS (mode positif)

- **31 composés** corrélés positivement avec l'amertume sur les 155 métabolites détectés
- **Alcaloïdes** et **acides aminés** → métabolites de défense
- Fraction P2 : dérivés de **L-tyrosine**
- Fraction P1 : **vicine**, **L-arginine** et **L-DOPA** + leurs dérivés
- Absence de corrélation entre les **soyasaponines DDMP + β b** et l'amertume

F : farine
S : fraction amidon
P : fraction protéines

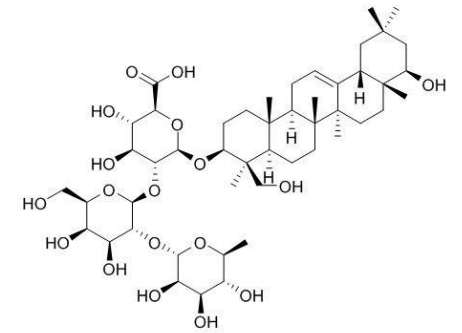
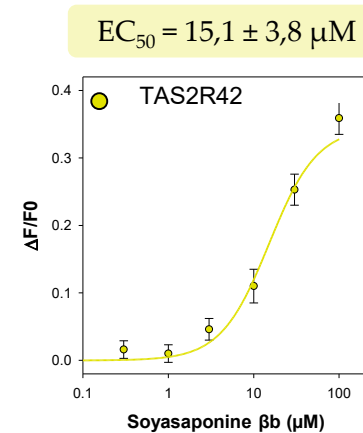
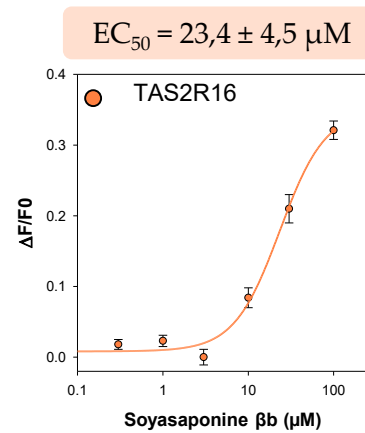
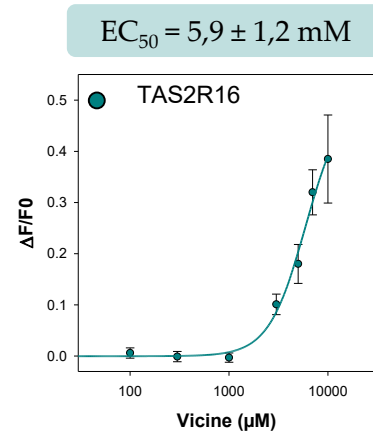
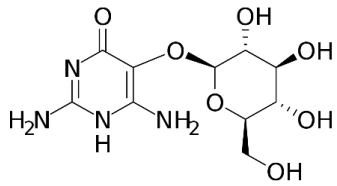


Corrélation de Pearson ($\alpha = 2,5\%$) : ● Modèle linéaire - ● modèle logarithmique - ● Modèles linéaire + logarithmique ; ● Données mal répliquées (adduit, stacking)

III. AXES PRINCIPAUX

Molécules amères – Résultats activation TAS2R

- **Vicine** : activation **TAS2R16** (100 à 10 000 μ M)
- **Soyasaponine β b** : activation de **11 TAS2R** (0,5 à 100 μ M) incluant **TAS2R16** et **TAS2R42** $\rightarrow$ **1^{er} agoniste identifié** !



I. Féverole et défauts de flaveur

II. Objectifs de thèse

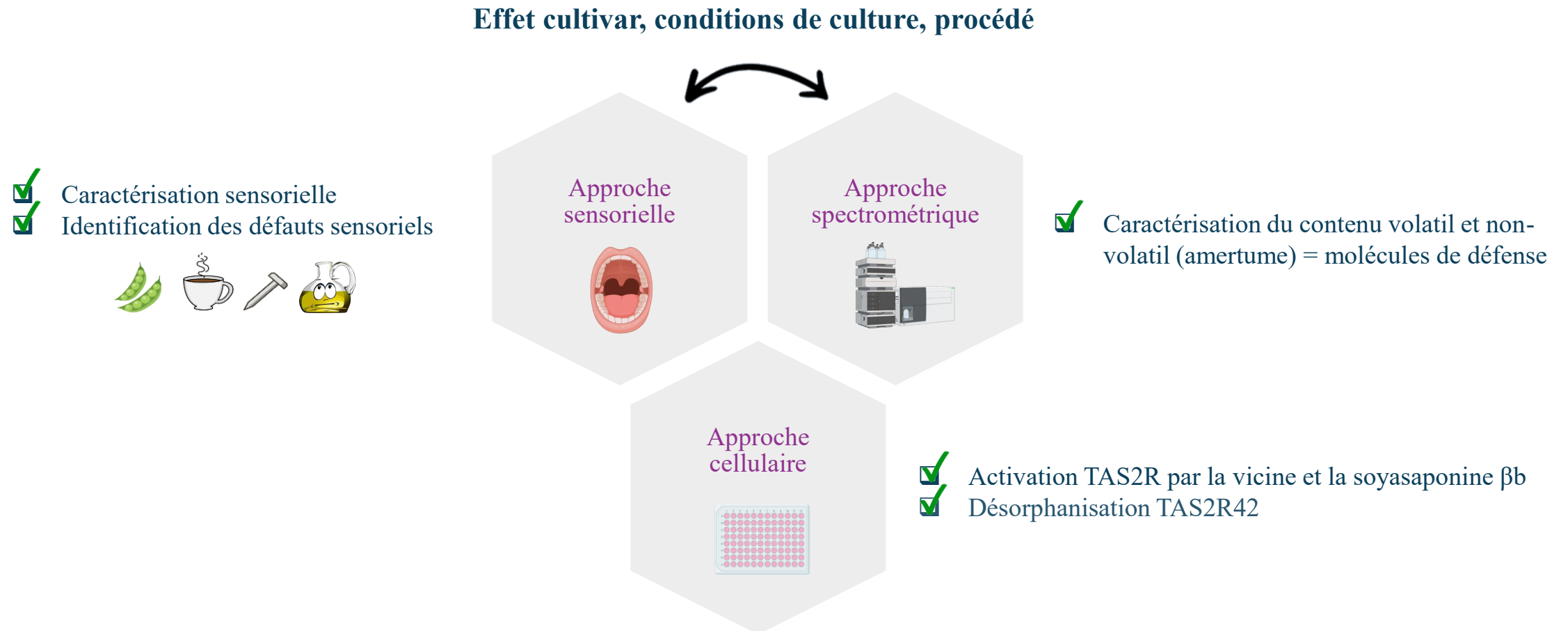
III. Axes principaux

- Composés volatils – notes olfactives et aromatiques désagréables
- Composés non-volatils – amertume

IV. Conclusions et perspectives

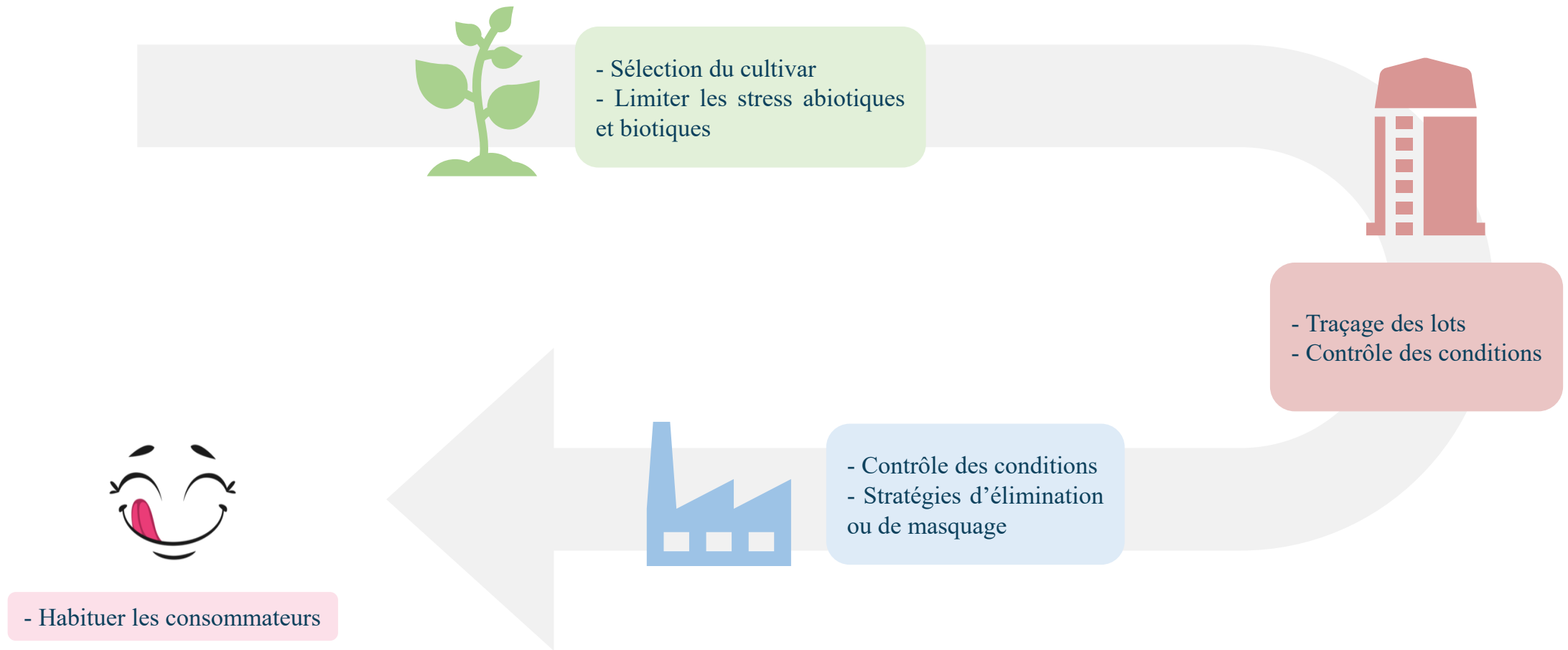
IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Objectif 1 : Identifier les molécules impliquées dans les défauts de flaveur de fractions de féverole et leur mécanisme de formation associé



IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Objectif 2 : Proposer des stratégies permettant d'améliorer la flaveur de ces fractions



Articles/Revues :

1. **Karolkowski A.** et al. Volatile Compounds in pulses: A Review. *Foods*, 2021, 12, 3140.
2. **Karolkowski A.** et al. Heat Treatment, Cultivar and Formulation Modify the Sensory Properties and Consumer Acceptability of Gels Containing Faba Bean (*Vicia faba* L. *minor*) Protein Concentrates. *Foods*, 2022, 11, 3018.
3. **Karolkowski, A.** et al. Origins of volatile compounds and identification of odour-active compounds in air-classified fractions of faba bean (*Vicia faba* L. *minor*). *Food Research International*, 2023, 163, 112260.
4. **Karolkowski A.** et al. Les molécules responsables des mauvais « goûts » des légumineuses. *Revue IAA* (Industries Agro-Alimentaires), Janvier-Février 2023, 83, ISSN 279-5850.
5. **Karolkowski A.** et al. Non-Volatile Compounds Involved in Bitterness and Astringency of Pulses: A Review. *Molecules*, 2023, 28, 3298.
6. **Karolkowski A.** et al. Activation of bitter taste receptors by saponins and alkaloids identified in faba beans (*Vicia faba* L. *minor*). *Food Chemistry*, 2023, 426, 136548.
7. **Karolkowski A.** et al. Faba bean (*Vicia faba* L. *minor*) bitterness: an untargeted metabolomic approach to highlight the impact of the non-volatile fraction. *Metabolites*, 2023, 13 (8), 964.
8. **Karolkowski A.** et al. Combining sensory profiling and metabolomic approach to better understand the origins of bitter perception in faba bean (*Vicia faba* L. *minor*) fractions. *Science Talks*, 2024, 11, 100379.

Présentations orales :

1. **Karolkowski A.** Vers une meilleure compréhension des mécanismes de formation des off-notes dans les légumineuses – appliquée au cas de la féverole. *Webinaire Vitagora & Terres Univia* « Protéines végétales : comment relever le challenge organoleptique ? (Partie 2) », 2023.
2. **Karolkowski A.** et al. Combining sensory profiling and metabolomic approach to better understand the origins of bitter perception in faba bean (*Vicia faba* L. *minor*) fractions. *Pangborn Sensory Science Symposium*, 2023, Nantes (France). **Bourse ECR (early career researchers)**
3. **Karolkowski A.** et al. Volatile and non-volatile compounds involved in off-flavours of faba beans (*Vicia faba* L. *minor*). *17th International Weurman Flavour Research Symposium*, 2024, Wageningen (Pays-Bas).

Posters :

1. **Karolkowski A.** et al. Volatile and Odour-Active Compounds of Air-Classified Faba Bean Fractions. *FCT (Food Chemistry & Technology Conference)*, 2022, Rome (Italie).
2. **Karolkowski A.** et al. Detection of bitterness in faba beans (*Vicia faba* L. *minor*) is mediated by the activation of bitter taste receptors (TAS2Rs). *ECRO XXXIII Meeting (European Chemoreception Research Organization)*, 2023, Nijmegen (Pays-Bas).



Merci pour votre attention !

Contact :
adeline.karolkowski@inrae.fr