



INRAE



PROPOSITION DE STAGE 2022-2023

Le GIS Fruits souhaite soutenir des stages étudiants de 6 mois, niveau Master 2 sur le thème des fruits et offre pour cela de financer des bourses de stages réalisés dans des labos INRAE. Le sujet proposé doit :

- i) s'inscrire dans les axes thématiques du GIS,
- ii) être construit en partenariat entre au moins 3 membres du GIS*,
- iii) le stagiaire doit être encadré par un maître de stage INRAE.

* Les trois partenaires proposant le stage ne doivent pas appartenir à la même unité.

>Axes thématiques du GIS : <http://www.gis-fruits.org/Le-GIS-Fruits/Axes-thematiques>

>Partenaires du GIS : <http://www.gis-fruits.org/Le-GIS-Fruits/Membres-fondateurs>

Organismes partenaires : (1) INRAE (2) Institut Agro (3) Végepolys valley (4) UA (5) IFO

Dont l'école membre du GIS le cas échéant : Institut Agro

Lieux du stage : INRAE

Durée : 6 mois

Dates : 02/01/2022 – 30/06/2022

Niveau : Stage de fin d'études BAC + 5 (Option Ingénieur, ou Master 2)

Profil du stage : Recherche appliquée

INTITULE DU STAGE : Application de l'analyse d'image à la caractérisation des motifs de coloration chez les pommes à chair rouge.

Contexte et problématique : Le développement de variétés de fruits à chair rouge représente un nouvel enjeu de la sélection. Chez le pommier, la coloration rouge résulte de l'accumulation d'anthocyanes¹. En plus de l'attrait visuel lié à la couleur rouge, des études épidémiologiques suggèrent les potentiels bénéfiques d'une consommation régulière de ce type de molécules au fort pouvoir anti-oxydant². La couleur rouge dans la chair des fruits n'est pas uniforme. Certains gènes sont identifiés (MdMYB10³ + MdMYB110a⁴) mais ils n'expliquent pas à eux seuls les variations de coloration de la chair⁵. Ces variations s'expriment par une diversité importante d'intensité (clarté et saturation) et de distribution (motifs de coloration) de la couleur au sein du fruit rendant l'évaluation de ce caractère complexe et subjective. Cette variabilité phénotypique, due à des facteurs génétiques et environnementaux⁶, reste peu décrite dans la littérature. Son évaluation s'avère toutefois primordiale dans l'étude de ce caractère en vue de l'amélioration variétale.

Dans ce contexte, ce stage contribuera à renforcer le déploiement des méthodes de phénotypage appliquées aux pommes à chair rouge. En effet, l'évaluation de l'intensité de coloration de la chair à l'aide de méthodes d'imagerie visible est déjà établie et utilisée en routine dans l'équipe (figure 1). Cependant, il n'existe pas encore de descripteurs permettant d'apprécier les différences de distribution spatiale de coloration à l'échelle du fruit. Nous chercherons à établir des descripteurs rendant compte de la variabilité des motifs de coloration des pommes à chair rouge à l'aide de l'analyse d'image (segmentation classique RGB, classification via apprentissage profond) appliquée à des photographies de sections de pommes

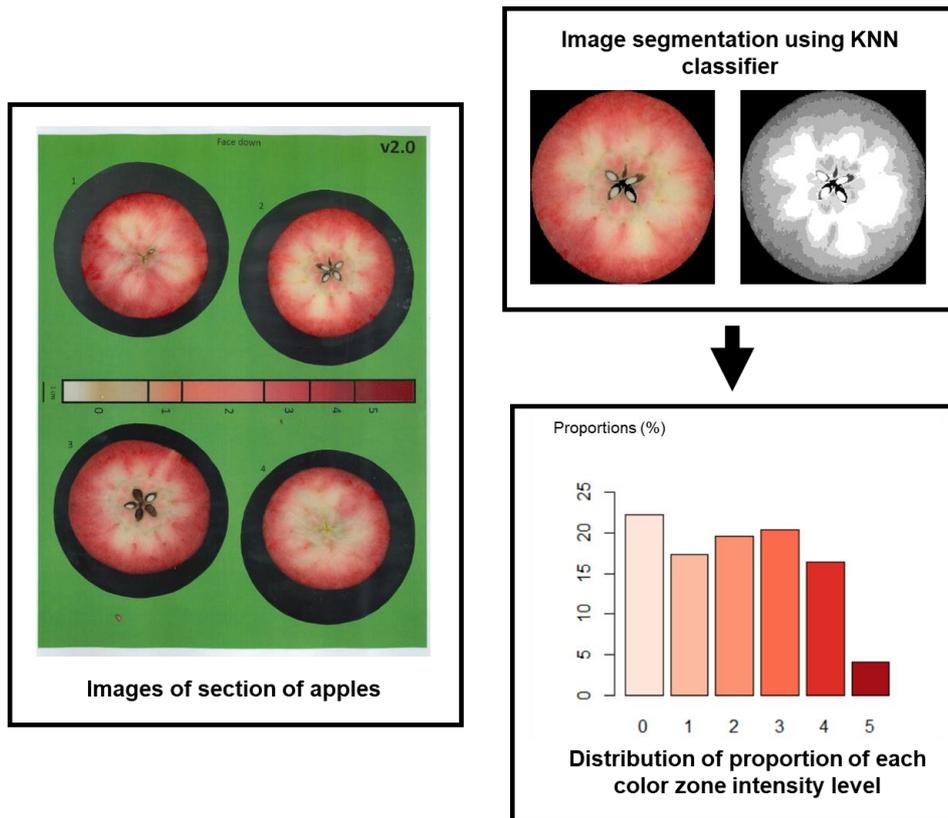


Figure 1 : Pipeline d'analyse et de traitement d'images de sections de pommes



Figure 2 : Diversité des motifs de coloration des pommes à chair rouge

Certains fruits à chair rouge souffrent de brunissement en conservation. Cette altération de la chair résulterait de phénomènes oxydatifs générées par une sénescence accrue via une synthèse importante d'éthylène^{7,8}. Il n'existe aujourd'hui aucune méthode non-destructive capable de prédire la présence de ce type de brunissement. Or les experts reconnaissent relativement bien une pomme brunie au son qu'elle

produit lorsqu'on la manipule. Lors de ce stage, une approche innovante basée sur la signature acoustique des fruits est envisagée. Elle visera à déterminer s'il existe des différences acoustiques entre les fruits pouvant être corrélées à l'occurrence du brunissement.

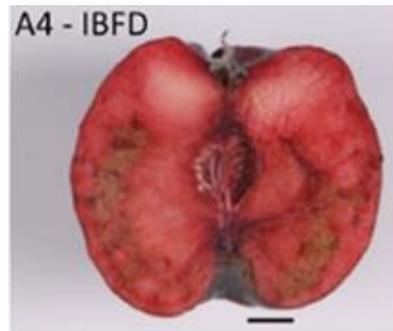


Figure 3 : Exemple de pommes à chair rouge souffrant de brunissement (Espley et al., 2019)

Objectifs généraux du stage / Résultats attendus :

Pour répondre aux problématiques de ce stage, un protocole d'analyse d'image sera élaboré afin d'extraire de manière automatisée les motifs de coloration à partir d'image de sections de pomme. Des descripteurs de la distribution de la couleur seront déterminés sur un sous-ensemble du jeu de données. Ces descripteurs seront ensuite testés à l'échelle du jeu de données en tentant d'évaluer leur capacité à caractériser la distribution de la couleur de la chair des fruits. Ils permettront alors d'établir une classification des motifs de coloration. Enfin, des méthodes d'apprentissage seront envisagées dans le but de déterminer un plus grand nombre de descripteurs et/ou de prédire l'appartenance des motifs de coloration à une ou plusieurs classes préétablies.

A partir de données acoustiques de fruits en conservation, une analyse sera menée dans le but d'identifier une potentielle corrélation entre ces signaux et l'apparition du brunissement chez les pommes à chair rouge. L'étude de spectrogramme de pommes couplée à l'utilisation de méthodes d'analyse et de traitement de signal appropriées devraient permettre d'appréhender les différences acoustiques selon la présence ou non de tissus bruns. L'utilisation de méthodes d'apprentissage sera explorée afin de prédire l'apparition et la sévérité du brunissement à partir du jeu de données annoté. Cette approche expérimentale vise à développer une méthode innovante et non-destructive de détection du brunissement en conservation chez les pommes à chair rouge.

Publications de l'équipe d'accueil et/ou relative au sujet (et/ou au projet dans lequel s'insère le stage) :

1. Allan, A. C., Hellens, R. P. & Laing, W. A. MYB transcription factors that colour our fruit. Trends Plant Sci. 13, 99–102 (2008).
2. Ceci, A. T. et al. Metabolomic Characterization of Commercial, Old, and Red-Fleshed Apple Varieties. Metabolites 11, 378 (2021).
3. Chagné, D. et al. Mapping a candidate gene (MdMYB10) for red flesh and foliage colour in apple. BMC Genomics 8, 212 (2007).
4. Chagné, D. et al. An Ancient Duplication of Apple MYB Transcription Factors Is Responsible for Novel Red Fruit-Flesh Phenotypes. Plant Physiol. 161, 225–239 (2013).
5. van Nocker, S. et al. Genetic diversity of red-fleshed apples (Malus). Euphytica 185, 281–293 (2012).
6. Wang, N. & Chen, X. Genetics and Genomics of Fruit Color Development in Apple. in The Apple Genome (ed. Korban, S. S.) 271–295 (Springer International Publishing, 2021). doi:10.1007/978-3-030-74682-7_13.
7. Espley, R. V. et al. Red to Brown: An Elevated Anthocyanic Response in Apple Drives Ethylene to Advance Maturity and Fruit Flesh Browning. Front. Plant Sci. 10, (2019).
8. Kumar, S. et al. Extreme-phenotype GWAS unravels a complex nexus between apple (Malus domestica) red-flesh colour and internal flesh browning. Fruit Res. 2, 1–14 (2022).

ACTIVITES DOMINANTES CONFIEES AU STAGIAIRE :

- Analyse et traitement d'image
- Analyse et traitement de signaux acoustiques
- Annotation d'image à l'aide d'Illastik - ImageJ
- Programmation en Python

PROFIL REQUIS :

- Dernière année de Formation Supérieure BAC + 5
- Connaissances : imagerie, informatique
- Compétences opérationnelles : programmation, analyse et traitement d'image
- Langues : français et/ou anglais
- Permis de conduire (le cas échéant) : non nécessaire

INDEMNISATION (SUR BUDGET INRAE-GIS FRUITS) :

Selon la réglementation en vigueur pour 2023 (environ 600 €/mois)

AVANTAGES PROPOSES (le cas échéant) :

- logement : aucun
- restauration : accès cantine
- déplacements : aucun

CONTACT MAITRE DE STAGE INRAE :

(1) Maître de stage INRAE (obligatoire)

Nom et fonction du responsable à contacter : Anne-Laure Fanciullino – Chargée de recherche

Adresse : 42 rue Georges MOREL, 49070 Beaucouzé

Tél. : 02 41 22 57 73

Site web (équipe et/ou projet) : https://www6.angers-nantes.inrae.fr/irhs_eng/IRHS/VALorization-of-Epigenetic-Marks-in-plAnts

Mail : anne-laure.fanciullino@inrae.fr