



Université Cheick Anta Diop de Dakar

Faculté des Sciences et Techniques

Département de Biologie Végétale

Master en Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Évaluation du potentiel de l'analyse d'images pour estimer la maturité des mangues et détecter les piqures de mouches sur les fruits

Présenté par
Nicéphore AVLESSI

Maitres de stage

Dr Emile FAYE

Dr Nalla MBAYE

Dr Julien SARRON

Dr Jeanne DIATTA

Année académique 2019-2020

Structure d'accueil

Centre pour le Développement de
l'Horticulture (CDH)

Institut Sénégalais de Recherches
Agricoles (ISRA);

Plan



Introduction



Matériels et méthodes



Résultats et discussion



Conclusion et perspectives



Contexte

→ Sénégal



- production de fruits et légumes estimée à 1 450 000 t
- production fruitière à elle seule était estimée à 244 072 t. (MAER, 2018)



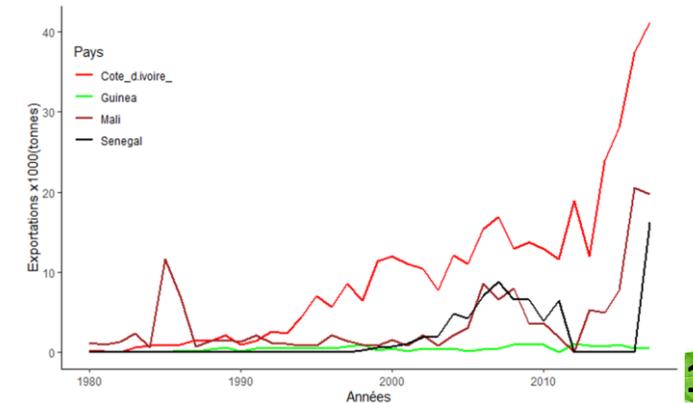
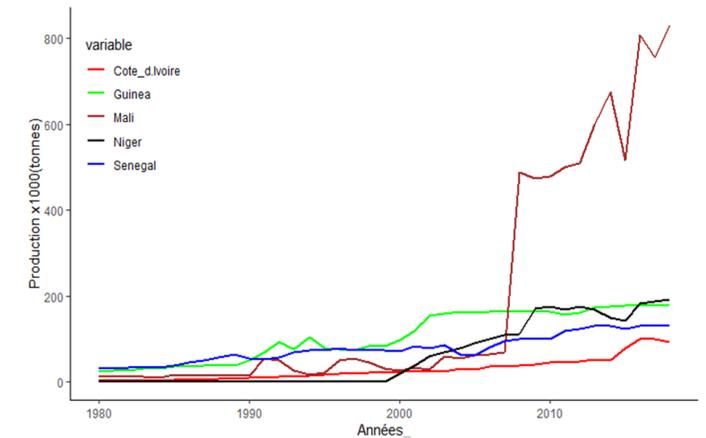
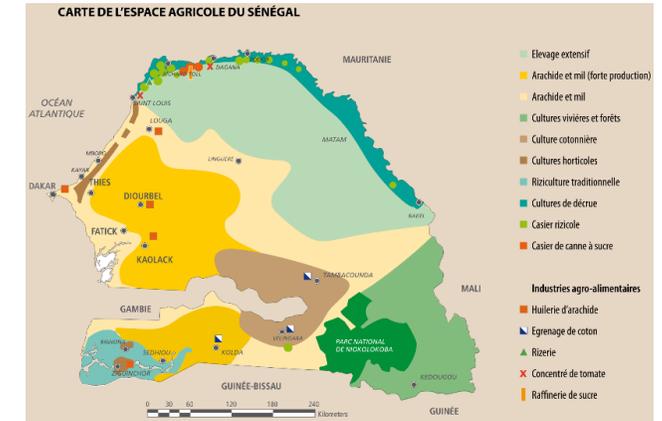
Filière mangue;

- production de mangue  moitié de la production fruitière (53%) (MAER, 2018).



Exportation; de mangues vers des destinations variées

- Europe, Moyen orient, Sous région



Contexte

Important

Qualité commerciale des mangues = **facteur clé pour concurrencer** les autres exportateurs

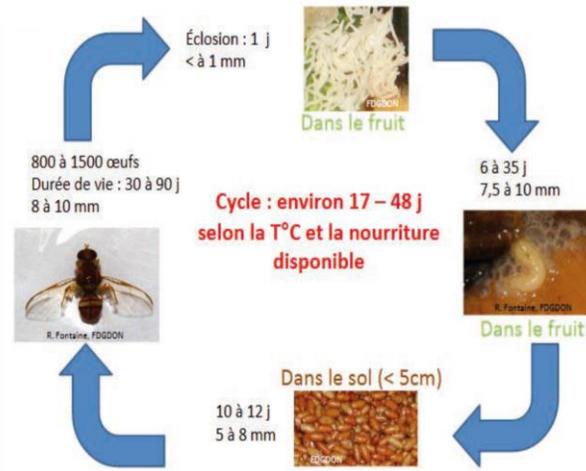
Mangues d'origine Sénégal **moins compétitive**



- **Hétérogénéité du niveau de maturité** des mangues et irrégularité de calibre (ASEPEX, 2016).
- **Difficulté de respect des exigences de qualité sanitaire** liées aux mouches des fruits dont *Bactrocera dorsalis*, esp. très prolifique → perte de production énorme (Ndiaye et al., 2012).



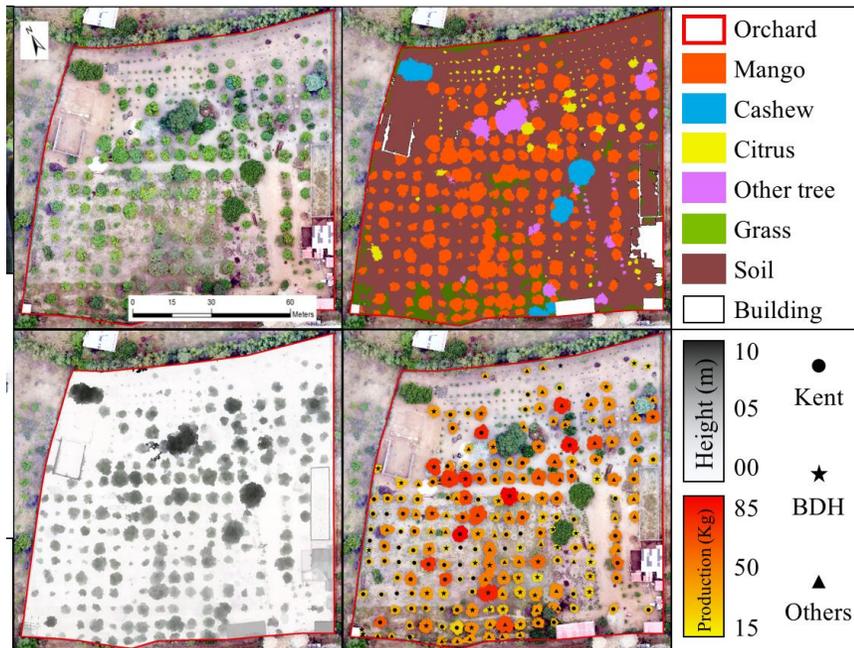
Bactrocera dorsalis



Contexte



- **Estimation** avec facilité et précision du **niveau de maturité** en pré récolte
- **Identification** précoce des **piqûres** de mouches sur fruits pour orienter les prises de décision par les acteurs de la filière.



→ **Agriculture de précision**, analyse d'images photographiques

→ **Nouvelles perspectives** pour recueillir infos précises et pertinentes.



Évaluer le potentiel de l'analyse d'images pour l'**estimation du niveau de maturité** des mangues de manière non destructive et **détecter les piqûres de mouches sur fruits**.

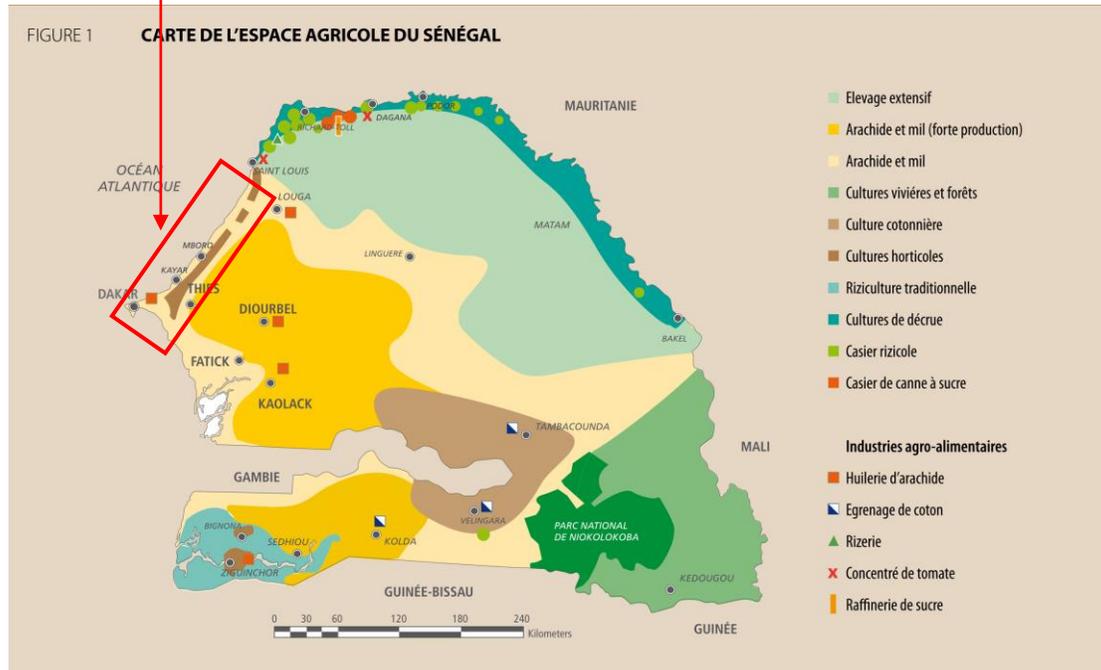
Évaluer les potentialités de l'analyse de photographies numériques de mangues à différents stades pour évaluer leur maturité à l'échelle du fruit

Tester la possibilité de détecter les piqûres de mouches des fruits afin de relier le nombre de piqûres avec les niveaux de maturité

Présentation de la zone d'étude et du site de l'étude

Zone d'étude

Niayes



- Niayes = 50 - 70% de la product° horticoles du pays (Fall et Fall, 2000).
- Microclimat => mangue arrive en product° après les autres de la sous-région (Rey *et al.*, 2006).

Site de l'étude Verger



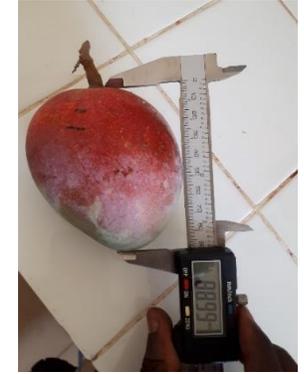
- Superficie ~ 1 ha
- Diverses variétés ('Kent', 'Keitt', 'Boucodiékhal' notée BDH)
- Dominance 'Kent'

Matériels

Matériel biologique



Matériels de laboratoire

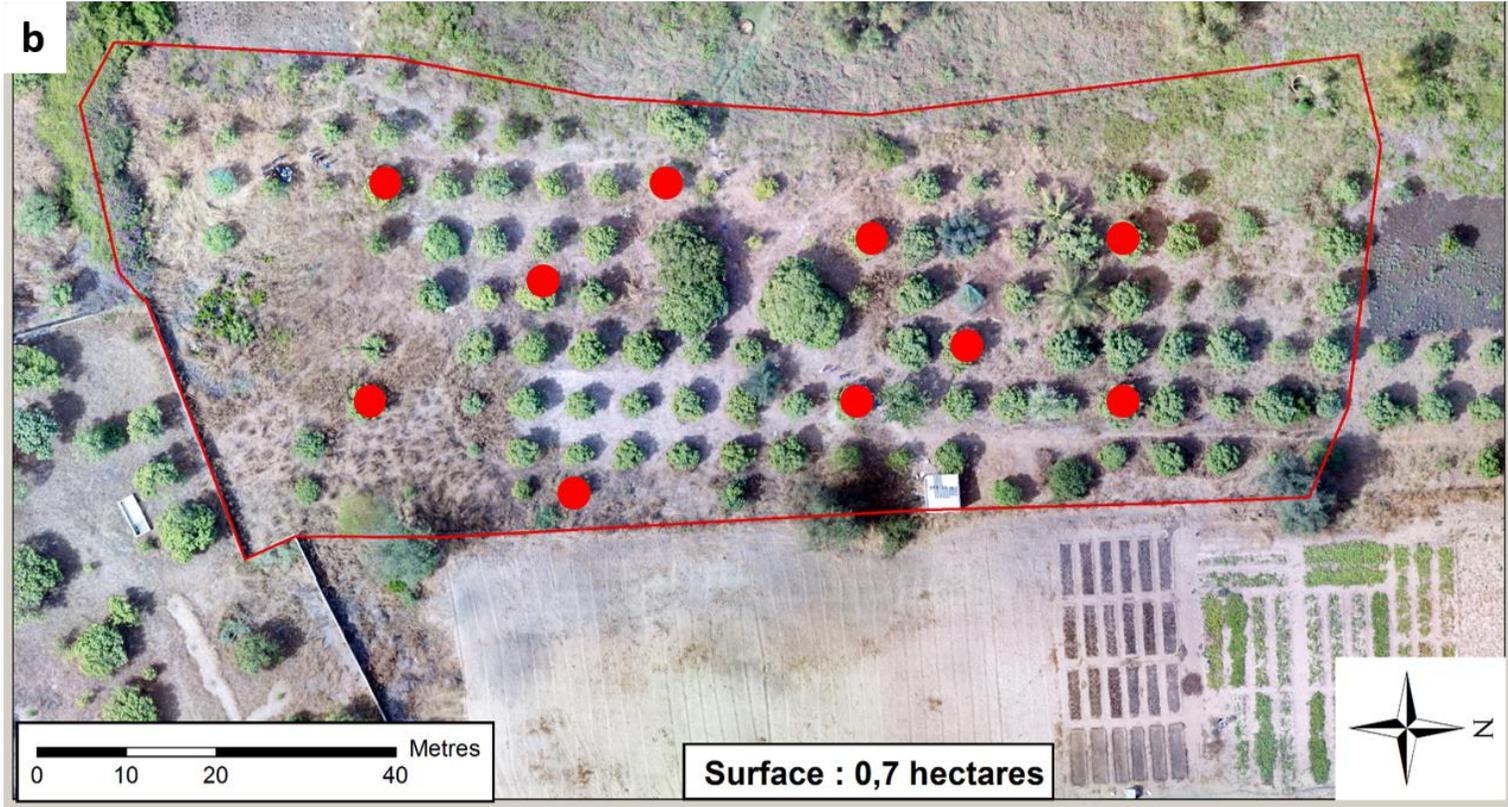


Matériels de terrain



Méthodologie

Echantillonnage des mangues

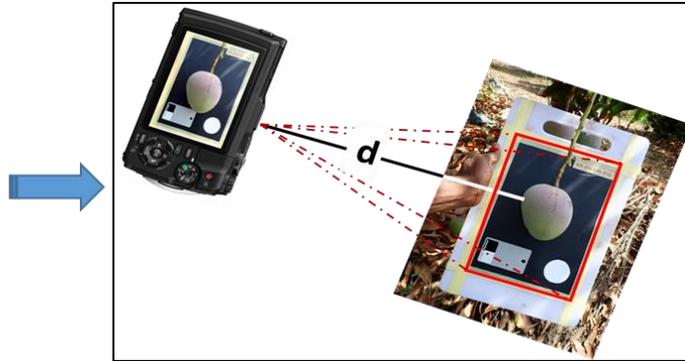


- **5** mangues échantillonnées par arbre x 10 arbres
- **50** mangues échantillonnées par date
- **12** dates d'échantillonnage (Mai-Juillet)
- **Total mangues échantillonnées = 600**

Méthodologie

Acquisition d'images

Au verger

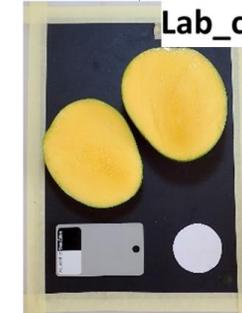


- 2 photos par mangue en verger
- Face a + Face b
- 100 photos en verger par date d'échantillonnage

~6000 Images

Au laboratoire

- 3 photos au laboratoire
- Face a; Face b; Face c
- 150 photos par date d'échantillonnage



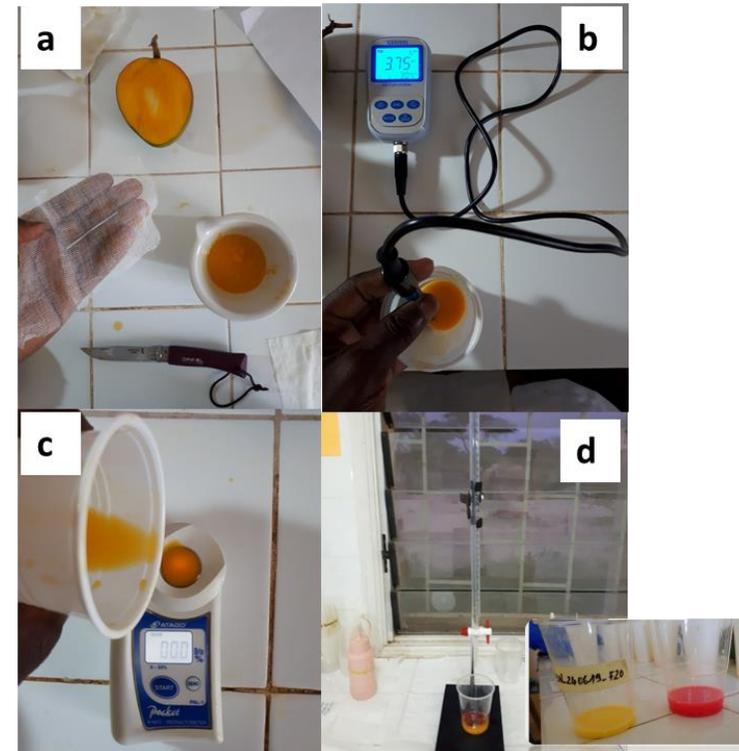
Méthodologie

Mesures morphologiques et physicochimiques des mangues au laboratoire



- Poids (a),
- Largeur (b,c),
- Longueur (d)
- Périmètre de la mangue (e)

- Teneur en sucre soluble (d),
- pH de la mangue,
- Acidité titrable de la mangue (f)



Processus d'analyse des images de mangues



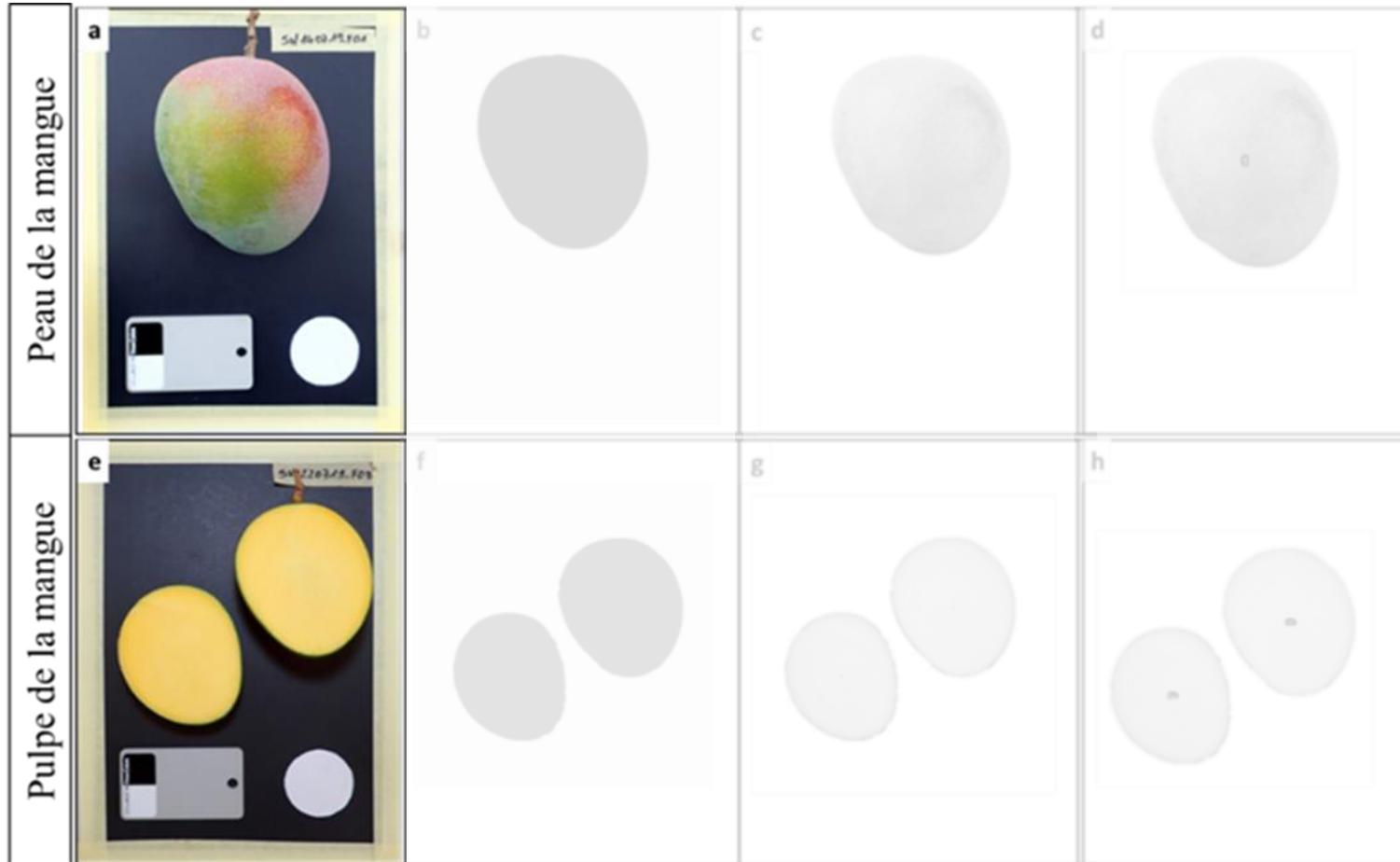
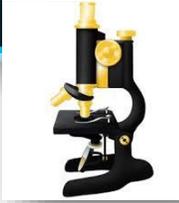
Pré traitement des images

Segmentation

Extraction des caractéristiques



Processus d'analyse des images de mangues



Pré traitement des images

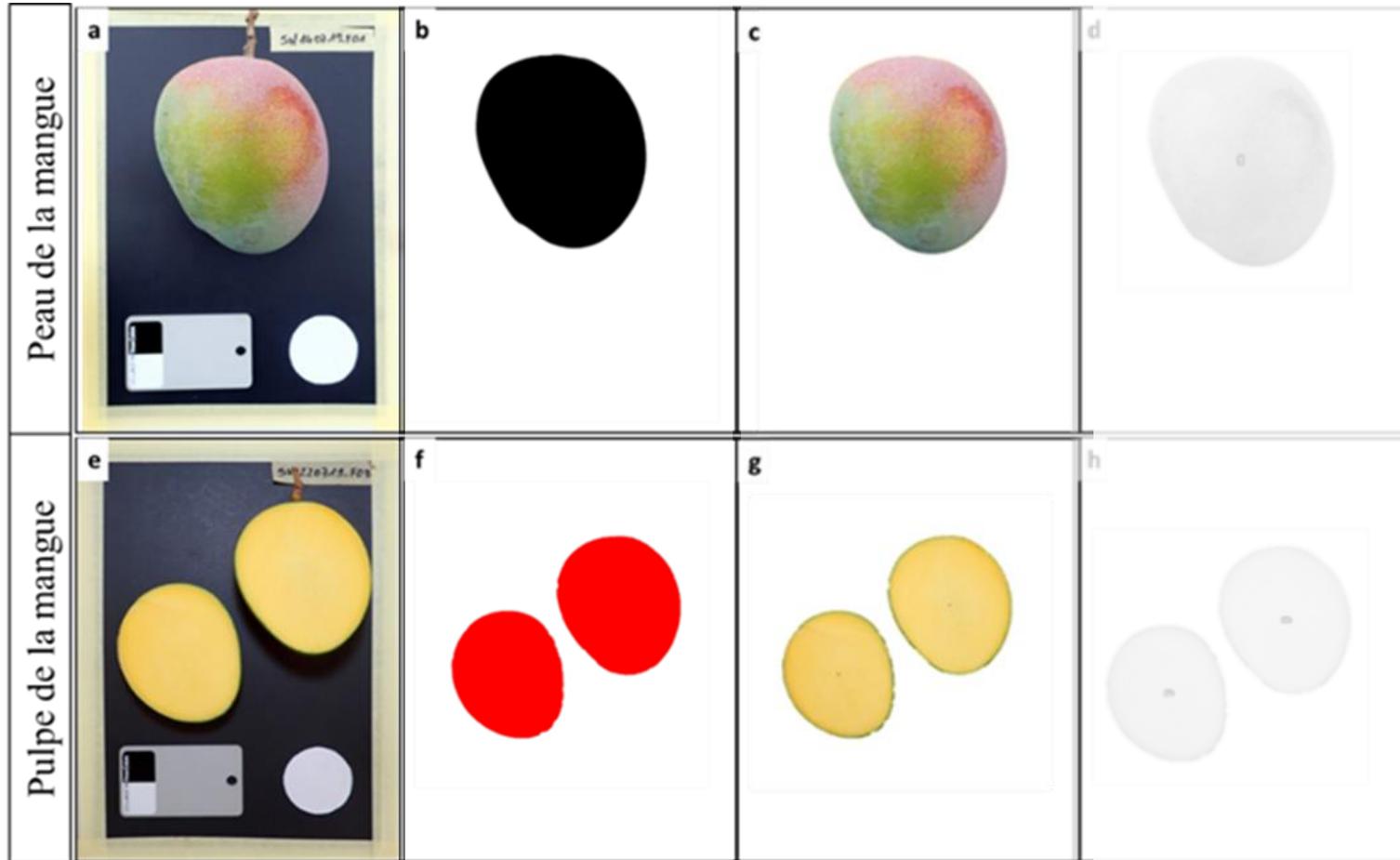
Segmentation

Extraction des caractéristiques

- Réglage de l'échelle de l'image (a,b)
- Réglage de la balance des blancs



Processus d'analyse des images de mangues



Pré traitement des images

Segmentation

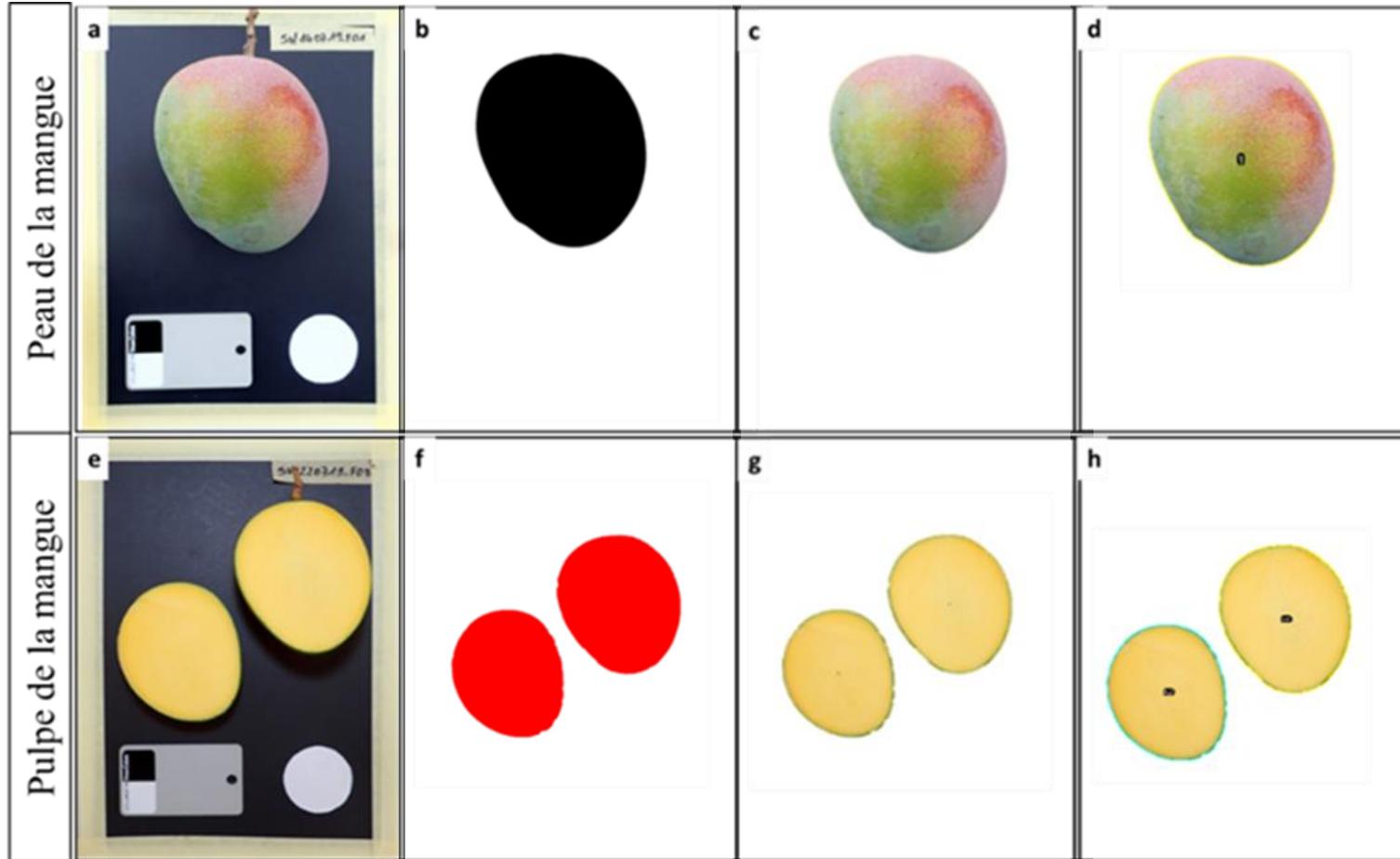
Extraction des caractéristiques

-Reglage de l'échelle de l'image (a,b)
-Réglage de la balance des blancs

-Conversion image RGB en image 8bits et suppression de l'arrière-plan (b, f)
-Nouvelle image avec un arrière-plan uni (c, g)



Processus d'analyse des images de mangues



Pré traitement des images

Segmentation

Extraction des caractéristiques

-Reglage de l'échelle de l'image (a,b)

-Réglage de la balance des blancs

-Conversion image RGB en image 8bits et suppression de l'arrière-plan (b, f)

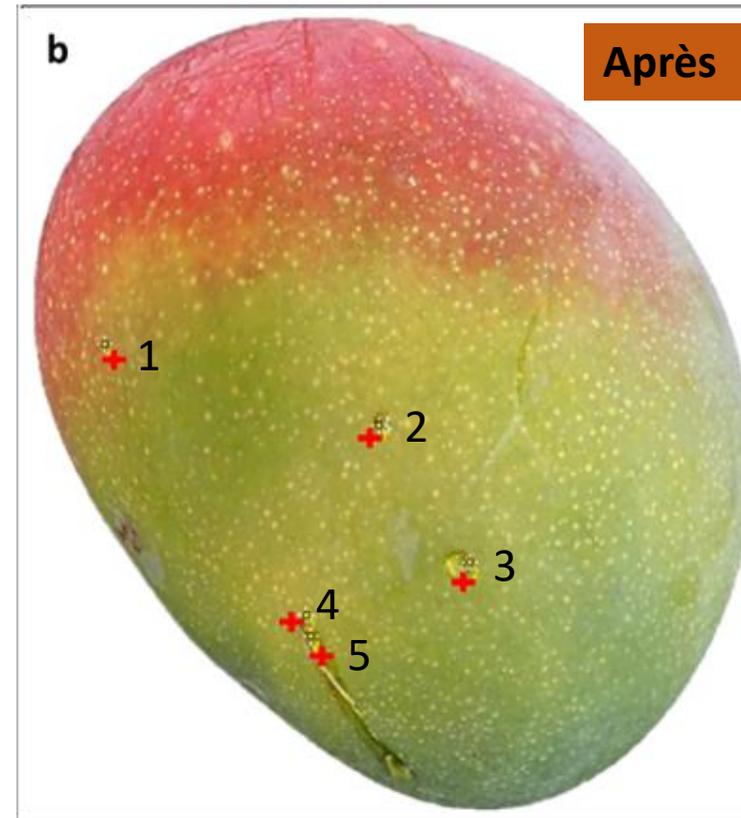
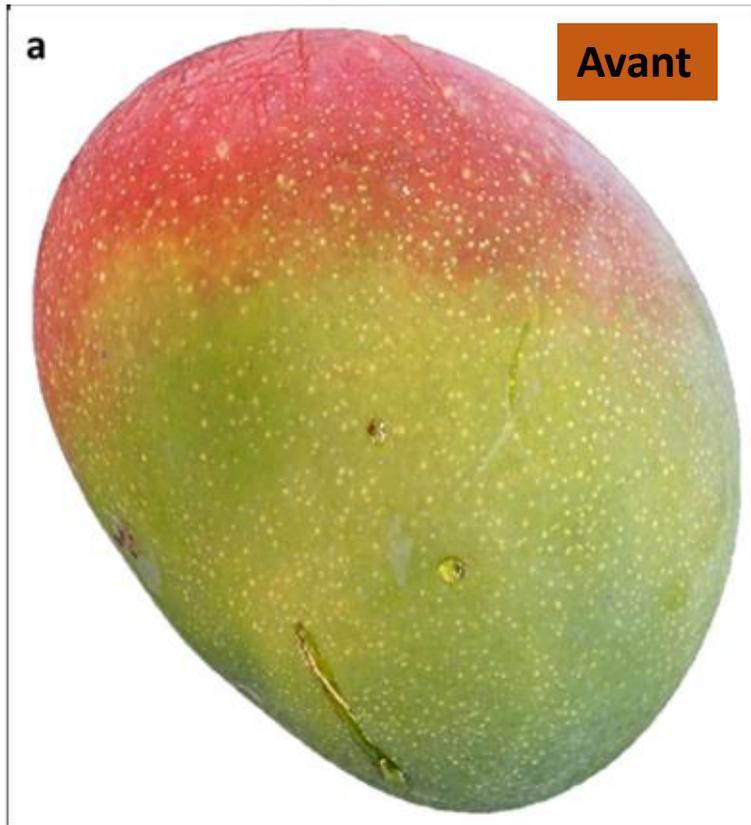
-Nouvelle image avec un arrière-plan uni (c, g)

-Calcul des indices de couleur (RVB, HSB, L*a*b) et de forme (surface, périmètre, longueur, largeur, circularité, la rondeur, l'aspect ratio et la solidité) (d,h)



Méthodologie

Processus de comptage des piqûres de mouches sur les images



Méthodologie

Mise en incubation des mangues

10 mangues incubées / Date d'échantillonnage



Incubation des mangues (a)



Tamisage (b, d)



Extraction des pupes ou larves (e, f) +
comptage de mouches après emergence

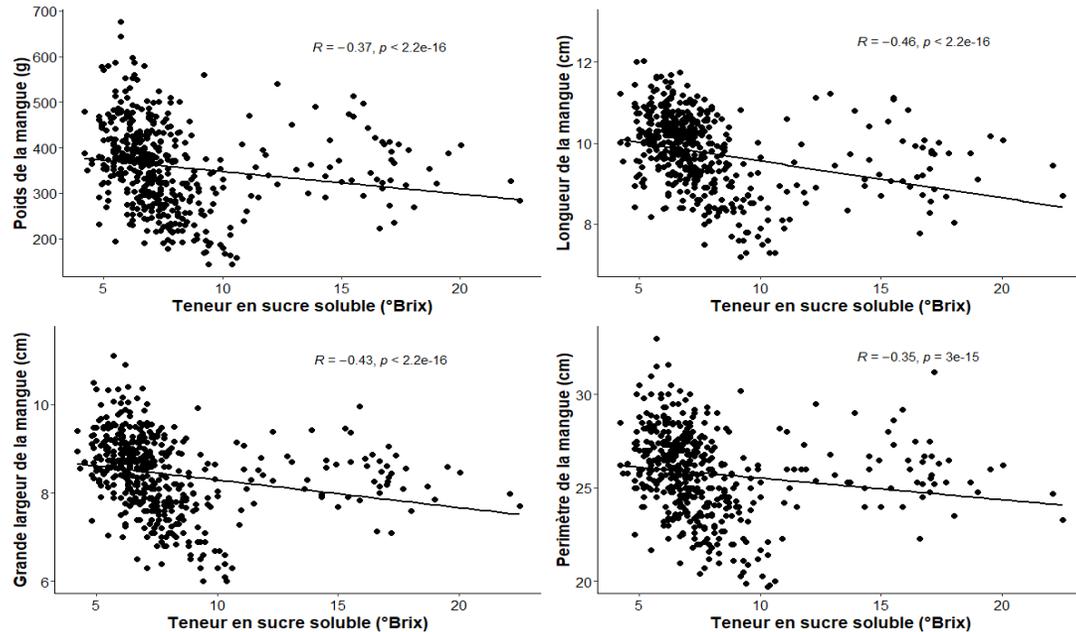


- **Analyse descriptive** des données prises en compte dans l'étude (*calcul des paramètres de position et de dispersion; des tests de normalité de Shapiro et des histogrammes, boîtes à moustaches*).
- Tests de **corrélation de Spearman** et des régressions linéaires → évaluer le type et le degré de relation qui existe entre ces paramètres.
- **Analyses en Composantes Principales (ACP)** → réduire certaines variables trop corrélées entre elles.
- Tests d'**Analyse de la Variance (ANOVA)** suivi des Tests de **comparaison multiple de turkey** (HSD test) → voir l'effet des paramètres morphologiques et physicochimiques sur la maturité de la mangue.
- **Modèles linéaires** → pour estimer les paramètres physicochimiques des mangues à partir des indices de formes et de couleur obtenus par analyse d'images
- **Modèles linéaires généraux** (famille : *quasipoisson*) → pour évaluer la relation entre les paramètres physicochimiques de la mangue et la fréquence de piqûres des mouches des fruits.



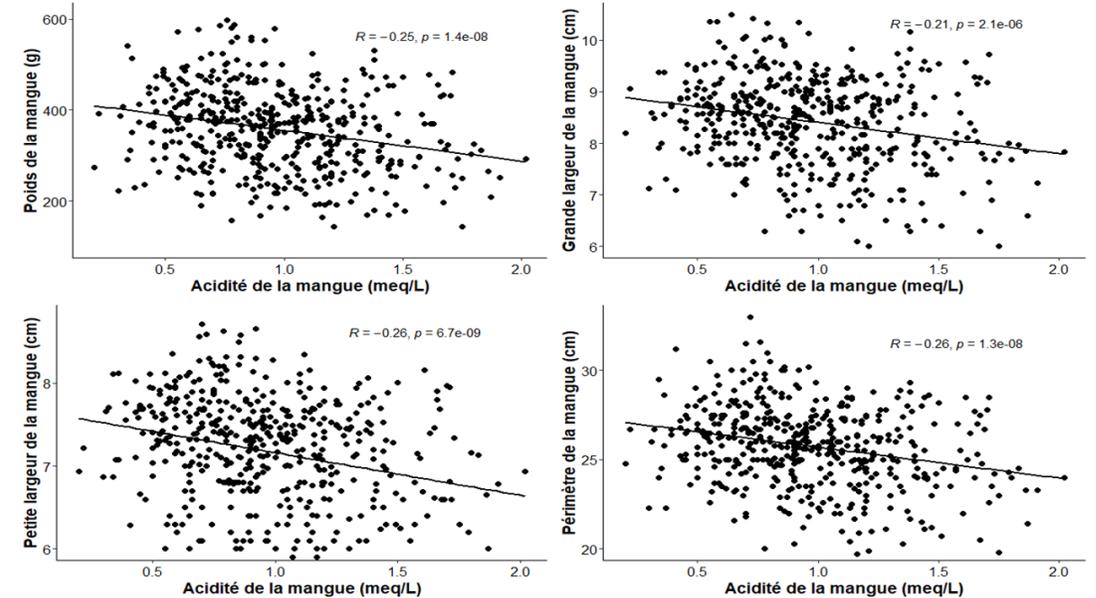
Résultats et discussion

Relation entre paramètres morphologiques et physicochimiques de la mangue



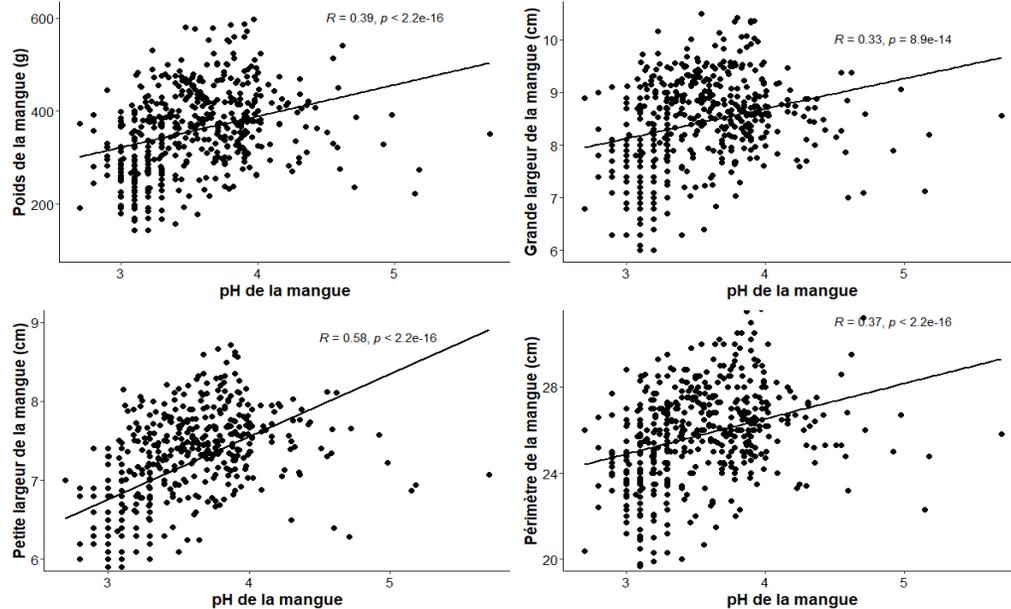
- **Corrélation négative** significative entre **la teneur en sucre soluble (%TSS)** et les paramètres morphologiques ($R < 0,5$; $p\text{-value} < 0,001$).

- **Corrélation négative** significative entre **l'acidité (TA)** et les paramètres morphologiques ($R < 0,5$; $p\text{-value} < 0,001$)



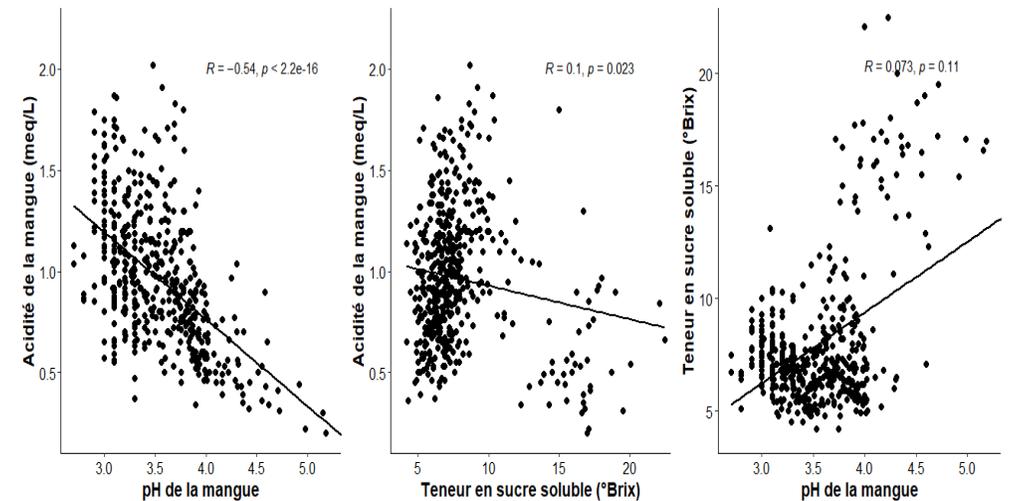
Résultats et discussion

Relation entre paramètres morphologiques et physicochimiques de la mangue



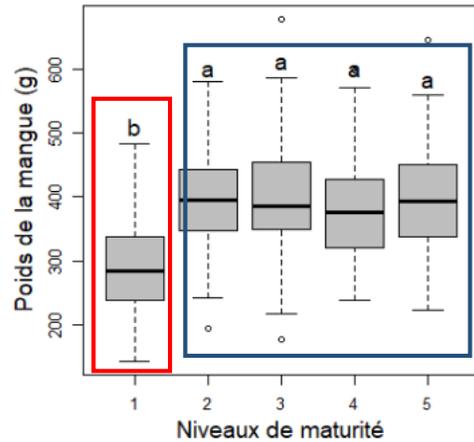
- **Corrélation positive** significative entre **le pH** et les paramètres morphologiques ($R < 0,5$ pour le poids, la grande largeur et le périmètre).

- **Corrélation négative** significative entre **le pH** de la mangue et l'**acidité** de la mangue ($R = -0,54$; $p\text{-value} < 0,001$).
- **Corrélation négative** significative entre l'**acidité** de la mangue et la **%TSS** ($R = 0,1$; $p\text{-value} < 0,05$).
- **Corrélation positive** non significative entre **le pH** de la mangue et l'**acidité** de la mangue ($R = 0,073$; $p\text{-value} = 0,11$).



Résultats et discussion

Effet des paramètres morphologiques sur la maturité

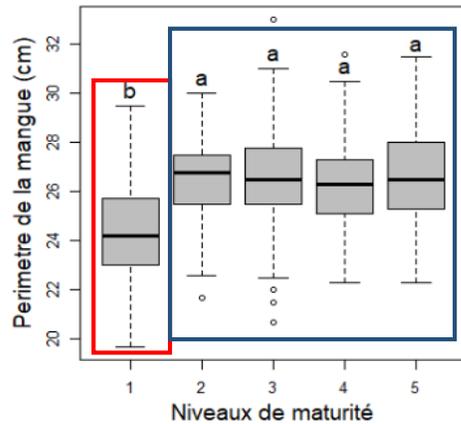
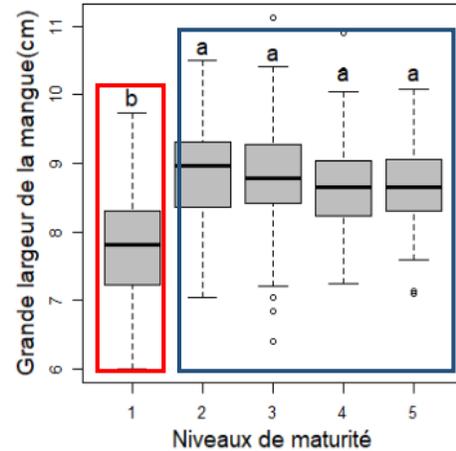
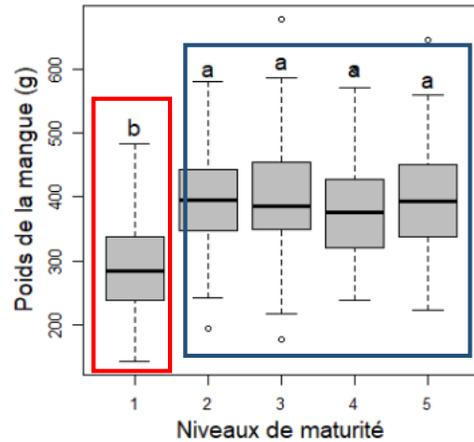


- **Différence significative** entre le **poids moyen** des mangues de niveau de maturité M1 et les mangues de niveaux de maturité M2, M3, M4, M5.
- Pas **différence significative** entre les **poids moyens** des mangues des niveaux de maturité M2, M3, M4 et M5.



Résultats et discussion

Effet des paramètres morphologiques sur la maturité

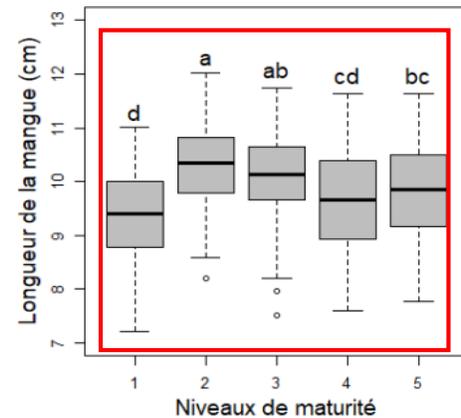
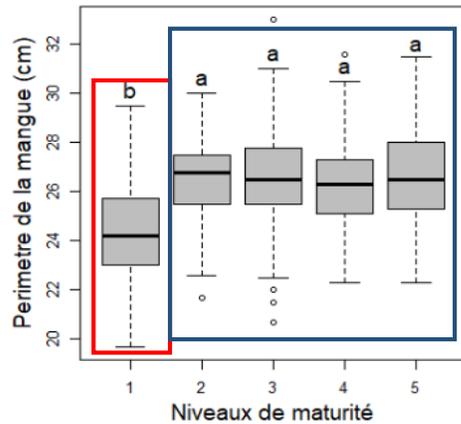
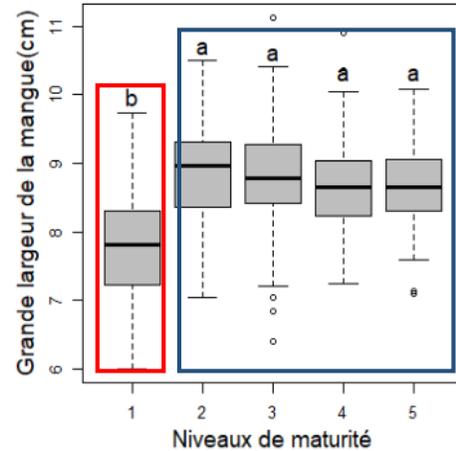
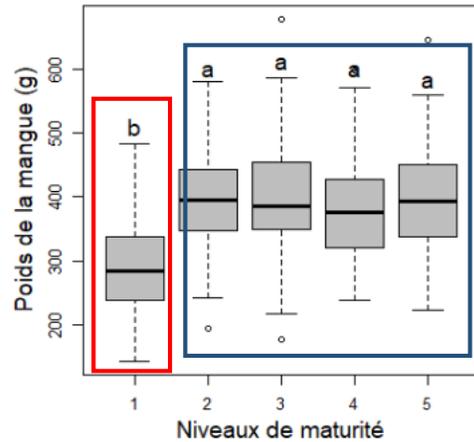


- **Différence significative** entre le **poids moyen** des mangues de niveau de maturité M1 et les mangues de niveaux de maturité M2, M3, M4, M5.
- Pas **différence significative** entre les **poids moyens** des mangues des niveaux de maturité M2, M3, M4 et M5.
- Résultats similaires obtenus avec **périmètre moyen**, **largeur moyenne de la mangue**



Résultats et discussion

Effet des paramètres morphologiques sur la maturité



- **Différence significative** entre le **poids moyen** des mangues de niveau de maturité M1 et les mangues de niveaux de maturité M2, M3, M4, M5.
- Pas **différence significative** entre les **poids moyens** des mangues des niveaux de maturité M2, M3, M4 et M5.
- Résultats similaires obtenus avec **périmètre moyen, largeur moyenne de la mangue**
- **Différence significative** entre les **longueurs moyennes** des mangues des 05 niveaux de maturité

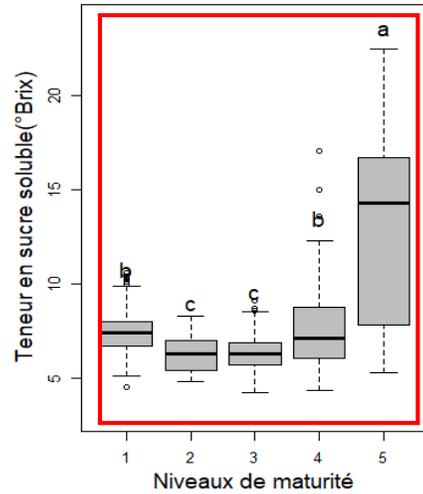


Résultats et discussion

Effet des paramètres physicochimiques sur la maturité

☐ Teneur en sucre soluble (%TSS)

- **Différence significative** ($F = 85.7$; $p\text{-value} < 0,001^{***}$) entre la **%TSS** moyenne des mangues des 05 niveaux de maturité.

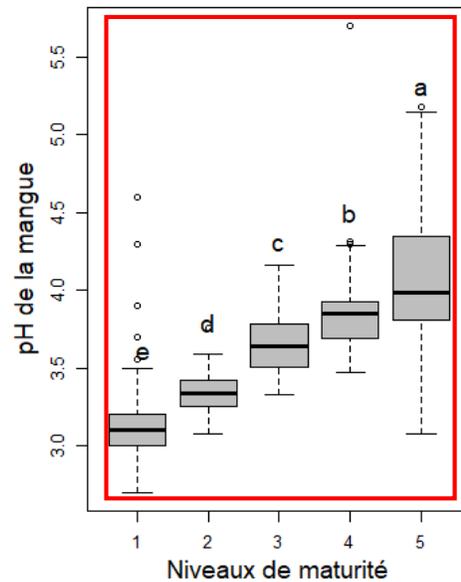
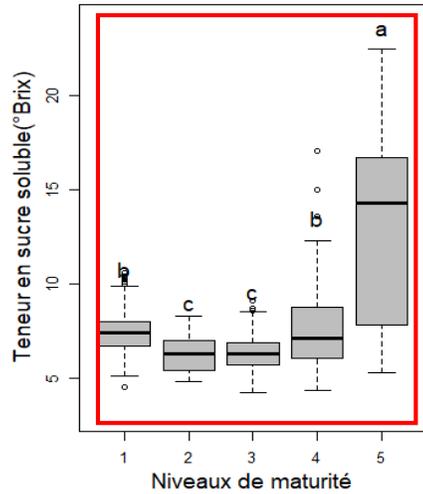


Résultats et discussion

Effet des paramètres physicochimiques sur la maturité

☐ Teneur en sucre soluble (%TSS)

- **Différence significative** ($F = 85.7$; $p\text{-value} < 0,001^{***}$) entre la **%TSS** moyenne des mangues des 05 niveaux de maturité.



☐ pH de la mangue

- **Différence significative** ($F = 977$; $p < 0,001^{***}$) entre les **pH** moyens des mangues des 05 niveaux de maturité
- pH des mangues \nearrow le niveau de maturité.

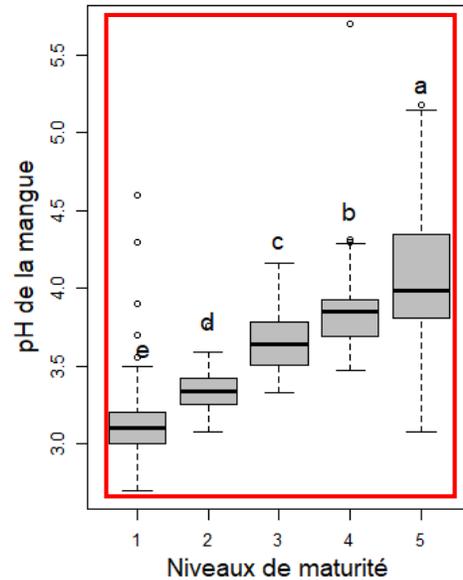
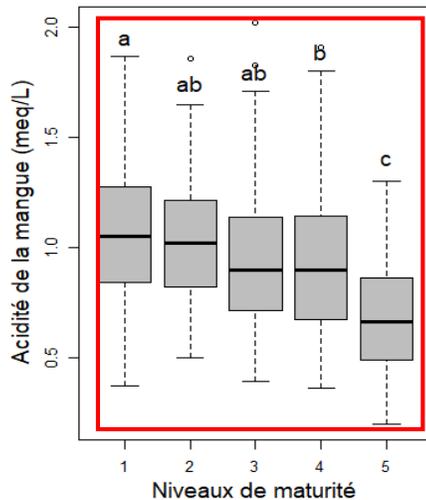
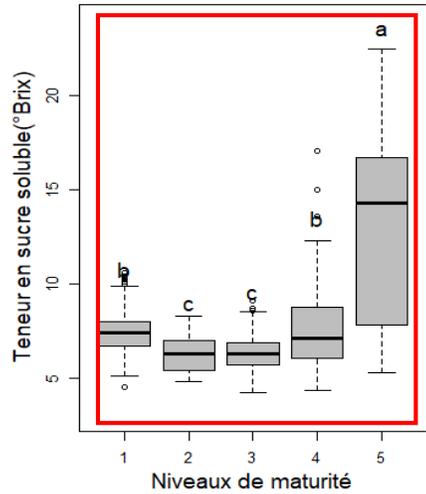


Résultats et discussion

Effet des paramètres physicochimiques sur la maturité

☐ Teneur en sucre soluble (%TSS)

- **Différence significative** ($F = 85.7$; $p\text{-value} < 0,001^{***}$) entre la **%TSS** moyenne des mangues des 05 niveaux de maturité.



☐ pH de la mangue

- **Différence significative** ($F = 977$; $p < 0,001^{***}$) entre les **pH** moyens des mangues des 05 niveaux de maturité
- pH des mangues ↗ le niveau de maturité.

☐ Teneur en acide titrable (%TA)

- **Différence significative** ($F = 62.499$; $p < 0,001^{***}$) entre **TA** moyennes des mangues de différents niveaux de maturité
- **TA** des mangues ↘ avec le niveau de maturité des mangues.

Résultats et discussion

Estimation du TSS, pH, TA en fonction des données d'analyse d'images

□ Modélisations pour l'estimation de la teneur en sucre soluble (%TSS)

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Verger	(Intercept)	4,38	0,89	<0,001 ***
	Surface de la mangue	0,03	9,48E-03	0,001 **
	Périmètre de la mangue	0,02	8,79E-03	0,012 *
	Axe majeur de la mangue	-0,23	0,08	0,003 **
	Axe mineur de la mangue	-0,45	0,1	<0,001 ***
	Couleur Rouge de la peau	7,05E-03	5,97E-04	<0,001 ***
	R²	0,31		
RMSE(%)	12,76			

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Laboratoire	RMSE(%)	12,76		
	(Intercept)	1,85	0,18	<0,001 ***
	Axe majeur de la mangue	-0,04	8,94E-03	<0,001 ***
	Couleur Rouge de la peau	4,09E-03	7,90E-04	<0,001 ***
	R²	0,14		
	RMSE(%)	12,21		



Résultats et discussion

Estimation du TSS, pH, TA en fonction des données d'analyse d'images

□ Modélisations pour l'estimation de la teneur en sucre soluble (%TSS)

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Verger	(Intercept)	4,38	0,89	<0,001 ***
	Surface de la mangue	0,03	9,48E-03	0,001 **
	Périmètre de la mangue	0,02	8,79E-03	0,012 *
	Axe majeur de la mangue	-0,23	0,08	0,003 **
	Axe mineur de la mangue	-0,45	0,1	<0,001 ***
	Couleur Rouge de la peau	7,05E-03	5,97E-04	<0,001 ***
	R²	0,31		
	RMSE(%)	12,76		

Modèle meilleur avec les images de verger

Estimation satisfaisante de %TSS des mangues dans 85% des cas

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Laboratoire	RMSE(%)	12,76		
	(Intercept)	1,85	0,18	<0,001 ***
	Axe majeur de la mangue	-0,04	8,94E-03	<0,001 ***
	Couleur Rouge de la peau	4,09E-03	7,90E-04	<0,001 ***
	R²	0,14		
	RMSE(%)	12,21		



Résultats et discussion

Estimation du TSS, pH, TA en fonction des données d'analyse d'images

□ Modélisations pour l'estimation de la teneur en sucre soluble (%TSS)

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Verger	(Intercept)	4,38	0,89	<0,001 ***
	Surface de la mangue	0,03	9,48E-03	0,001 **
	Périmètre de la mangue	0,02	8,79E-03	0,012 *
	Axe majeur de la mangue	-0,23	0,08	0,003 **
	Axe mineur de la mangue	-0,45	0,1	<0,001 ***
	Couleur Rouge de la peau	7,05E-03	5,97E-04	<0,001 ***
	R²	0,31		
	RMSE(%)	12,76		

Modèle meilleur avec les images de verger

Estimation satisfaisante de %TSS des mangues dans 85% des cas

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Laboratoire	RMSE(%)	12,76		
	(Intercept)	1,85	0,18	<0,001 ***
	Axe majeur de la mangue	-0,04	8,94E-03	<0,001 ***
	Couleur Rouge de la peau	4,09E-03	7,90E-04	<0,001 ***
	R²	0,14		
	RMSE(%)	12,21		

- Estimation de la %TSS avec *proche infrarouge, imagerie hyperspectrale ou de la télédétection* (Nordey et al., 2019; Jha et al., 2006, 2007)
- Indices de formes utilisés pour la classification des mangues en des stades de maturité (Momin et al., 2017; Fmim et al., 2017)



Résultats et discussion

Estimation du TSS, pH, TA en fonction des données d'analyse d'images

☐ Modélisations pour l'estimation du pH

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Verger	(Intercept)	2,85	0,22	<0,001***
	Couleur Rouge de la peau (R)	-0,32	4,00E-02	<0,001***
	Couleur Bleue de la peau (B)	-0,24	3,00E-02	<0,001***
	Couleur RVB de la peau	0,56	0,07	<0,001***
	a*(Vert/Rouge) de la mangue	0,36	0,04	<0,001***
	R²	0,35		
RMSE(%)	9,61			

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Laboratoire	(Intercept)	-0,74	2,15	0,729
	Périmètre de la mangue	0,22	0,1	0,038*
	Axe majeur de la mangue	-0,32	0,15	0,029*
	Axe mineur de la mangue	0,42	0,19	0,033*
	Circularité	5,50	2,57	<0,001***
	Asymétrie	-0,22	0,06	<0,001***
	Luminosité (L*) de la peau	0,03	6,89E-03	<0,001***
	a*(Vert/Rouge) de la mangue	0,01	1,80E-03	<0,001***
	R²	0,44		
	RMSE(%)	8,02		



Résultats et discussion

Estimation du TSS, pH, TA en fonction des données d'analyse d'images

☐ Modélisations pour l'estimation du pH

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Verger	(Intercept)	2,85	0,22	<0,001***
	Couleur Rouge de la peau (R)	-0,32	4,00E-02	<0,001***
	Couleur Bleue de la peau (B)	-0,24	3,00E-02	<0,001***
	Couleur RVB de la peau	0,56	0,07	<0,001***
	a*(Vert/Rouge) de la mangue	0,36	0,04	<0,001***
	R²	0,35		
	RMSE(%)	9,61		

Modèle meilleur avec les images de laboratoire

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Laboratoire	(Intercept)	-0,74	2,15	0,729
	Périmètre de la mangue	0,22	0,1	0,038*
	Axe majeur de la mangue	-0,32	0,15	0,029*
	Axe mineur de la mangue	0,42	0,19	0,033*
	Circularité	5,50	2,57	<0,001***
	Asymétrie	-0,22	0,06	<0,001***
	Luminosité (L*) de la peau	0,03	6,89E-03	<0,001***
	a*(Vert/Rouge) de la mangue	0,01	1,80E-03	<0,001***
	R²	0,44		
	RMSE(%)	8,02		

Estimation du pH de la mangue dans 90% des cas

- Prédiction du pH de la mangue à partir de **spectroscopie** (Assoi *et al.*, 2019);
- Indices de formes utilisés pour la classification des mangues en des stades de maturité (Momin *et al.*, 2017; Fmim *et al.*, 2017)

Résultats et discussion

Estimation du TSS, pH, TA en fonction des données d'analyse d'images

□ Modélisations pour l'estimation de la teneur en acide (TA)

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Verger	(Intercept)	1,48	0,14	<0,001***
	Perimètre	-0,01	3,79E-03	<0,001***
	a*(Vert/Rouge) de la peau	-6,86E-03	1,57E-03	<0,001***
	R²	0,06		
	RMSE(%)	34,21		

- Faible différence entre estimations de la **TA** à partir d'images au laboratoire et au verger

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Laboratoire	(Intercept)	1,63	0,15	<0,001***
	Axe majeur de la mangue	-0,05	-4,47	<0,001***
	R²	0,06		
	RMSE(%)	31,80		



Résultats et discussion

Estimation du TSS, pH, TA en fonction des données d'analyse d'images

□ Modélisations pour l'estimation de la teneur en acide (TA)

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Verger	(Intercept)	1,48	0,14	<0,001***
	Perimètre	-0,01	3,79E-03	<0,001***
	a*(Vert/Rouge) de la peau	-6,86E-03	1,57E-03	<0,001***
	R²	0,06		
	RMSE(%)	34,21		

- Faible différence entre estimations de la **TA** à partir d'images au laboratoire et au verger

Estimation du **TA** de la mangue peu satisfaisante

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Laboratoire	(Intercept)	1,63	0,15	<0,001***
	Axe majeur de la mangue	-0,05	-4,47	<0,001***
	R²	0,06		
	RMSE(%)	31,80		

Résultats et discussion

Estimation du TSS, pH, TA en fonction des données d'analyse d'images

□ Modélisations pour l'estimation de la teneur en acide (TA)

Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Verger	(Intercept)	1,48	0,14	<0,001***
	Perimètre	-0,01	3,79E-03	<0,001***
	a*(Vert/Rouge) de la peau	-6,86E-03	1,57E-03	<0,001***
	R²	0,06		
	RMSE(%)	34,21		

- Faible différence entre estimations de la **TA** à partir d'images au laboratoire et au verger

Estimation du **TA** de la mangue peu satisfaisante

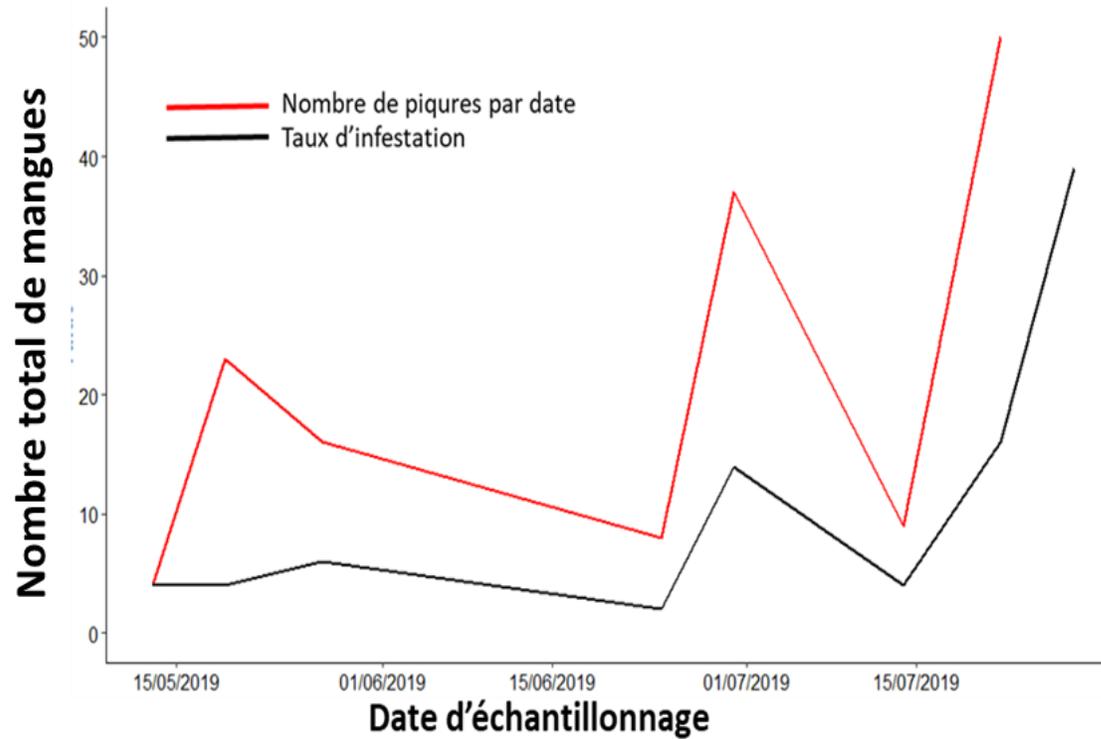
Situation	Variables	Coefficient	Erreur Std.	Pr(> t)
Laboratoire	(Intercept)	1,63	0,15	<0,001***
	Axe majeur de la mangue	-0,05	-4,47	<0,001***
	R²	0,06		
	RMSE(%)	31,80		

- **Acides titrables (AT) + valeur de teinte** de la pulpe des mangues identifiés comme les attributs plus décisifs spécifiant la maturité de la récolte (Kienzle *et al.*, 2012).
- Nordey *et al.*, (2019) ont trouvé des relations faibles ($r^2 < 0,41$, RMSEV=1,1%) entre les **niveaux de maturité des mangues** et l'**acidité titrable** mesurée à la récolte et après la maturation à l'aide la *spectroscopie proche infrarouge*



Résultats et discussion

Évolution dans le temps du niveau d'infestation des mangues par les mouches de fruits

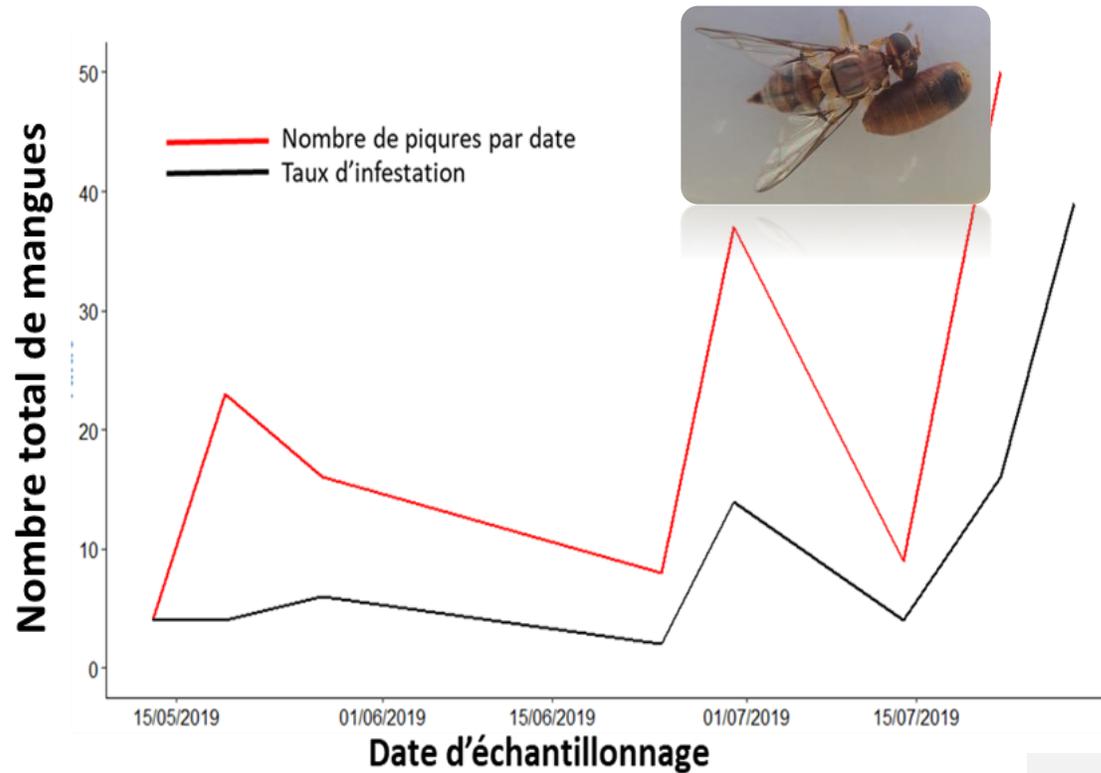


- mai - juin, moins de 5% piqures de mouches sur mangues
- juillet, ~18% des mangues récoltées étaient piquées par des mouches des fruits ← pluies et ou disponibilité en ressources (Konta *et al.*, (2016))
- **Variation niveau d'infestation** perçue à partir **d'analyse d'images** = variation observée par **comptages** de mouches capturées ou des larves (Vayssières *et al.*, 2005; Ndiaye *et al.*, 2015; Konta *et al.*, 2016; Preterre, 2017).



Résultats et discussion

Évolution dans le temps du niveau d'infestation des mangues par les mouches de fruits



- mai - juin, moins de 5% piqûres de mouches sur mangues
- juillet, ~18% des mangues récoltées étaient piquées par des mouches des fruits ← pluies et ou disponibilité en ressources (Konta *et al.*, (2016))
- **Variation niveau d'infestation** perçue à partir **d'analyse d'images** = variation observée par **comptages** de mouches capturées ou des larves (Vayssières *et al.*, 2005; Ndiaye *et al.*, 2015; Konta *et al.*, 2016; Preterre, 2017).
- **100%** des mouches émergées était des *Bactrocera dorsalis*.

- **Espèce prédominante** à partir de la **mi-mai** dans les pièges de détection et parmi les adultes émergeant des mangues infestées (Vayssières *et al.*, 2005)

Résultats et discussion

Relation entre les paramètres physicochimiques et fréquence de piqûres des manges

- **Effet positif significatif** de la **%TSS** sur nombre de piqûres de mouches
- **% TSS** évolue avec niveau de maturité → mouches plus attirées par mangues sucrée.

	Situation	Toutes les dates	Dernier mois	Dernier jour
Teneur en sucre soluble	Pr(> t)	4.97e-14 ***	6.06e-07 ***	0.0402 *
	R ²	0.080	0.092	0.084
pH	Pr(> t)	<2e-16 ***	1.35e-09 ***	0.000163 ***
	R ²	0.095	-0.044	0.214
Acidité titrable	Pr(> t)	0.00277 **	0.00902 **	0.000157 ***
	R ²	0.053	0.140	0.302



Résultats et discussion

Relation entre les paramètres physicochimiques et fréquence de piqûres des mangues

- **Effet positif significatif** de la **%TSS** sur nombre de piqûres de mouches
- **% TSS** évolue avec niveau de maturité → mouches plus attirées par mangues sucrée.

- **Effet significatif positif** du **pH** sur le nombre de piqûres de mouches
- ↗ pH en fonction du niveau de maturité → pourrait fréquence de pique observée sur les mangues.

	Situation	Toutes les dates	Dernier mois	Dernier jour
Teneur en sucre soluble	Pr(> t)	4.97e-14 ***	6.06e-07 ***	0.0402 *
	R ²	0.080	0.092	0.084
pH	Pr(> t)	<2e-16 ***	1.35e-09 ***	0.000163 ***
	R ²	0.095	-0.044	0.214
Acidité titrable	Pr(> t)	0.00277 **	0.00902 **	0.000157 ***
	R ²	0.053	0.140	0.302

Résultats et discussion

Relation entre les paramètres physicochimiques et fréquence de piqûres des mangues

- **Effet positif significatif** de la **%TSS** sur nombre de piqûres de mouches
- **% TSS** évolue avec niveau de maturité → mouches plus attirées par mangues sucrée.

- **Effet significatif positif** du **pH** sur le nombre de piqûres de mouches
- ↗ pH en fonction du niveau de maturité → pourrait fréquence de pique observée sur les mangues.

		Situation	Toutes les dates	Dernier mois	Dernier jour
Teneur en sucre soluble	Pr(> t)		4.97e-14 ***	6.06e-07 ***	0.0402 *
	R ²		0.080	0.092	0.084
pH	Pr(> t)		<2e-16 ***	1.35e-09 ***	0.000163 ***
	R ²		0.095	-0.044	0.214
Acidité titrable	Pr(> t)		0.00277 **	0.00902 **	0.000157 ***
	R ²		0.053	0.140	0.302

- **Effet significatif négatif** de la **TA** sur nombre de piqûres de mouche.
- Mangues moins acides → plus piquées que mangues plus acides.
- ↗ %TSS + ↗ %TA de certaines variétés de mangues = effet négatif sur survie des larves (Hennessey et Schnell, 2001).

Résultats et discussion

Relation entre les paramètres physicochimiques et fréquence de piqûres des mangues

- **Effet positif significatif** de la **%TSS** sur nombre de piqûres de mouches

- **Effet significatif positif** du **pH** sur le nombre de

		Situation	Toutes les dates	Dernier mois	Dernier jour
Teneur en	Pr(> t)		4.97e-14 ***	6.06e-07 ***	0.0402 *
sucre soluble	R ²		0.080	0.092	0.084
pH	Pr(> t)		<2e-16 ***	1.35e-09 ***	0.000163 ***
	R ²		0.095	-0.044	0.214
Acidité	Pr(> t)		0.00277 **	0.00902 **	0.000157 ***
titrable	R ²		0.053	0.140	0.302

- **Effet significatif négatif** de la **TA** sur nombre de piqûres de mouche.

Conclusion et perspectives

- Estimation par analyse d'images la **%TSS**, la **TA**, et le **pH** des mangues qui sont des paramètres corrélés au stade de **maturité des mangues**.
- Comptage des **piqûres de mouches** sur les mangues par analyse d'images et d'estimer le **taux d'infestation** des mangues
- Toutefois, ces études méritent d'être approfondies afin de prendre en compte dans les modèles développés, d'autres paramètres d'estimation du niveau de maturité et de calibrer la reconnaissance des piqûres de mouches sur les images.
- Intégrer ces modèles d'estimation de niveaux de maturité des mangues à une application en cours de développement (PixFruit).



*Merci avec gratitude de nous avoir
suivi et de votre aimable attention*

Ce travail a été fait avec l'accompagnement et l'appui de:





Université Cheick Anta Diop de Dakar

Faculté des Sciences et Techniques

Département de Biologie Végétale

Master en Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en
Phytopharmacie et Protection des Végétaux

**Évaluation du potentiel de l'analyse d'images pour estimer la
maturité des mangues et détecter les piqûres de mouches sur les
fruits**

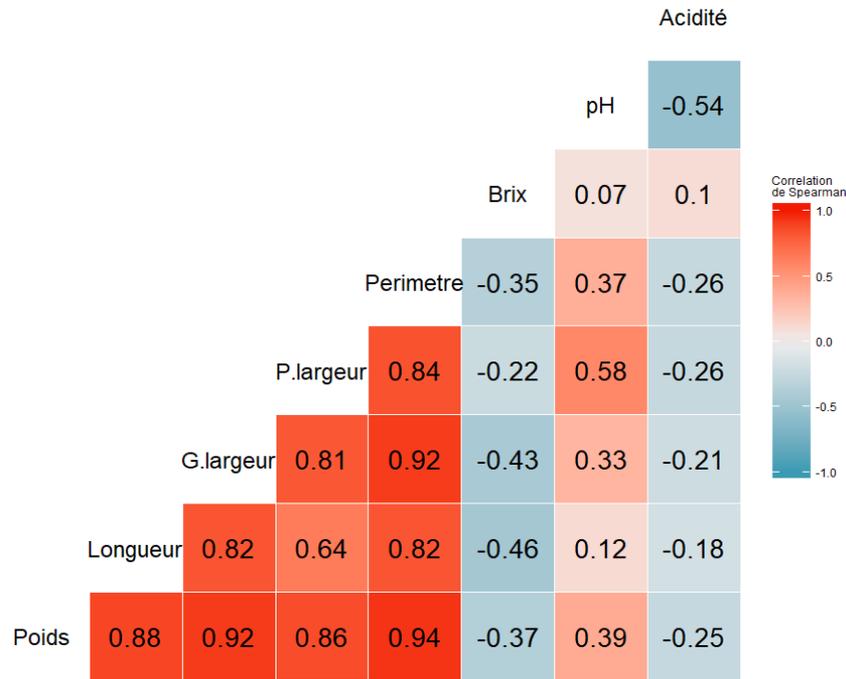
Présenté par
Nicéphore AVLESSI

Maitres de stage

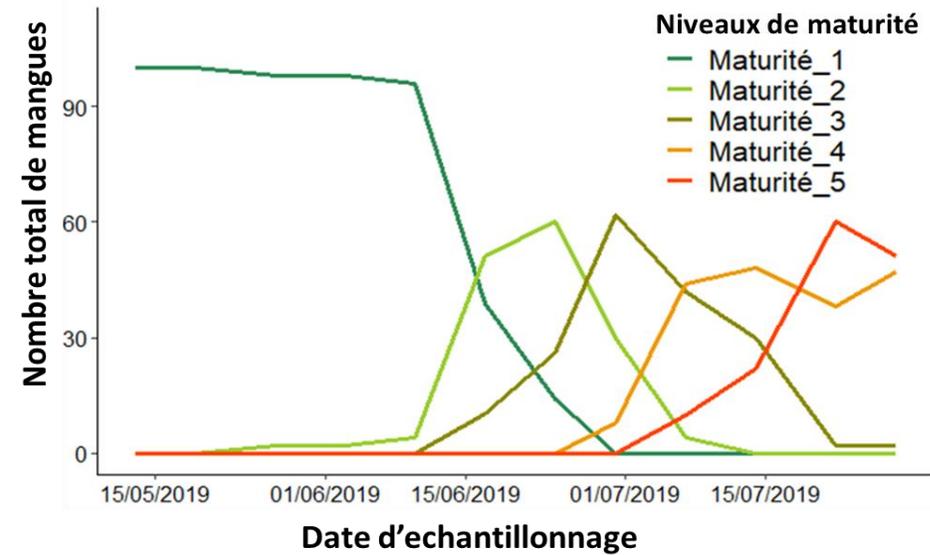
Dr Emile FAYE
Dr Nalla MBAYE
Dr Julien SARRON
Dr Jeanne DIATTA

Structure d'accueil
Centre pour le Développement de
l'Horticulture (CDH)
Institut Sénégalais de Recherches
Agricoles (ISRA);

Année académique 2019-2020



Matrice de corrélation de Spearman entre les paramètres morphologiques et physicochimiques mesurés sur les mangues



Evolution du niveau de maturité des mangues en fonction du temps