

# DIAGNOSPIR

IMPACT DE LA PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS ET DE  
L'APPAREIL DE MESURE UTILISÉ SUR DES MODÈLES DE  
DIAGNOSTIC FOLIAIRE DU PALMIER À HUILE PAR  
SPECTROMÉTRIE PROCHE INFRAROUGE

Valentin Avit



Contexte

I Projet Diagnospir en général

Sources de variations envisagées

II "Comment bien mesurer ?" et Diagnospir

Différents protocoles de mesure

III Données produites au cours de Diagnospir apportant des éléments de réponse

Etude des résultats

IV Résultats et mise en lien avec "Bien mesurer"

Conclusion

V Contextualiser "Bien mesurer" dans le projet global

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

**Thématique générale de Diagnospir**

Contexte

Sources de variations envisagées

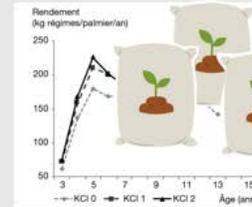
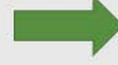
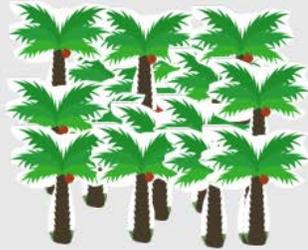
Différents protocoles de mesure

Etude des résultats

Conclusion

## Thématique générale de Diagnospir

Le pilotage de la fertilisation des exploitation de palmier à huile classique : le diagnostic foliaire



Contexte

Sources de variations envisagées

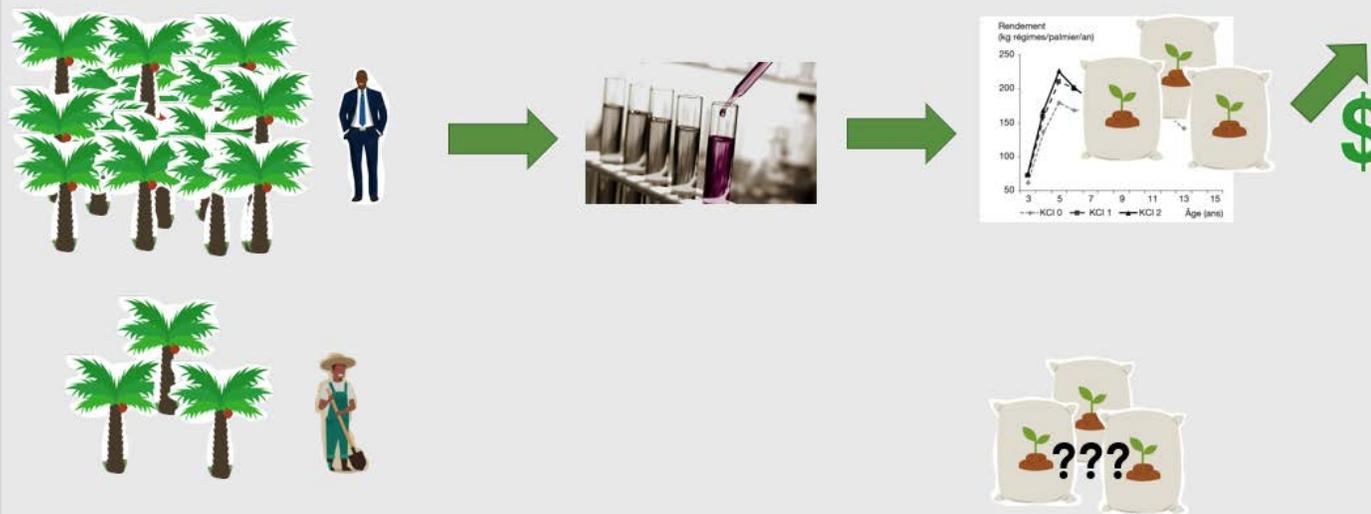
Différents protocoles de mesure

Etude des résultats

Conclusion

## Thématique générale de Diagnospir

Le pilotage de la fertilisation des exploitation de palmier à huile classique : le diagnostic foliaire



Cette méthodologie a des limites : nécessite un savoir-faire important (laboratoires souvent à l'étranger), coût par mesure non-négligeable.

-> Peu accessible pour les petites exploitations familiales.

La différence de maîtrise de la fertilisation est identifiée comme un facteur majeur du fossé de production entre grosses et petites exploitations.

Contexte

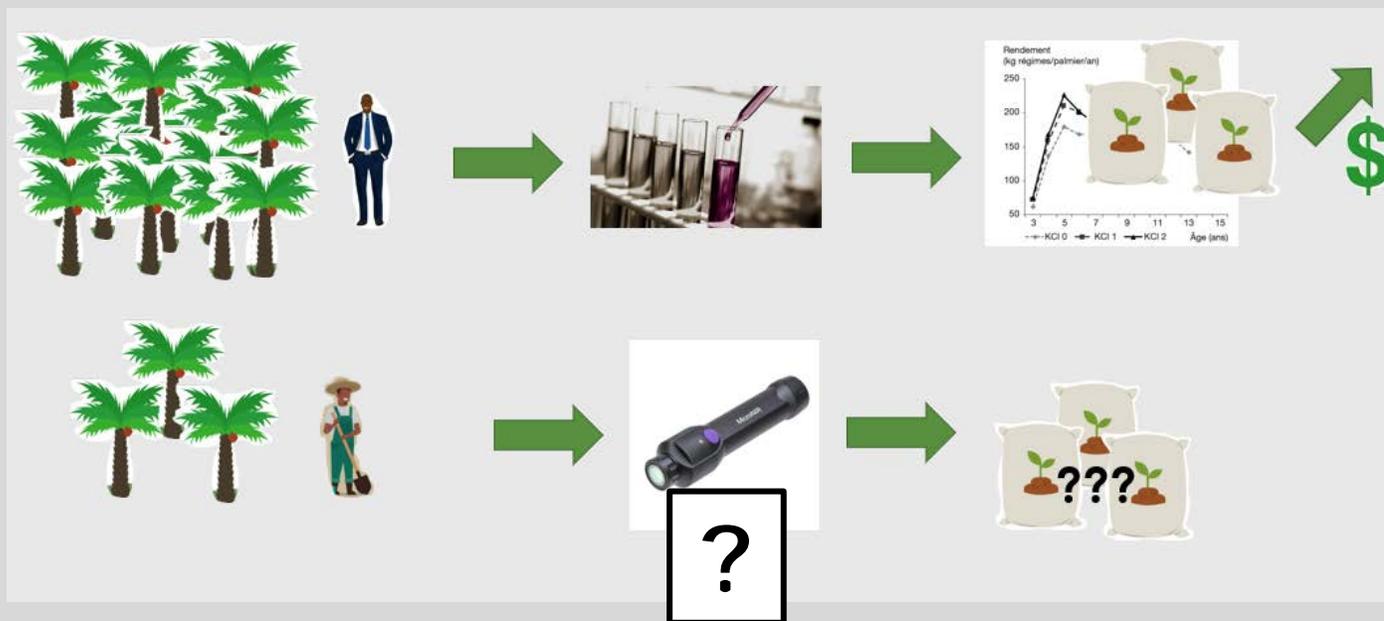
Sources de variations envisagées

Différents protocoles de mesure

Etude des résultats

Conclusion

## Thématique générale de Diagnospir



La SPIR pourrait-elle constituer une alternative viable ? Une façon d'acquérir davantage de mesures, à un coût par mesure plus léger, rendant le pilotage plus accessible ?

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

Sous-problématiques liées à la mesure

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

### Sous-problématiques liées à la mesure

La façon de mesurer n'est pas la problématique centrale du projet.

Pourtant, les résultats en dépendent, et les conclusions d'une étude peuvent fortement varier en fonction du protocole de mesure utilisé.

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

Sous-problématiques liées à la mesure

Nous discuterons de 3 grandes problématiques autour de la qualité de la mesure.

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

Sous-problématiques liées à la mesure

Nous discuterons de 3 grandes problématiques autour de la qualité de la mesure.

Hétérogénéité de la matrice  
mesurée

Humidité de la matrice  
mesurée

Choix de l'appareil de  
mesure

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

Sous-problématiques liées à la mesure

Nous discuterons de 3 grandes problématiques autour de la qualité de la mesure.

Hétérogénéité de la matrice  
mesurée

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

Sous-problématiques liées à la mesure

Nous discuterons de 3 grandes problématiques autour de la qualité de la mesure.

Hétérogénéité de la matrice  
mesurée



La mesure porte sur les palmes  
du palmier à huile. Mais où  
l'effectuer ?

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

Sous-problématiques liées à la mesure

Nous discuterons de 3 grandes problématiques autour de la qualité de la mesure.

Humidité de la matrice  
mesurée

Contexte

Sources de variations envisagées

Différents protocoles de mesure

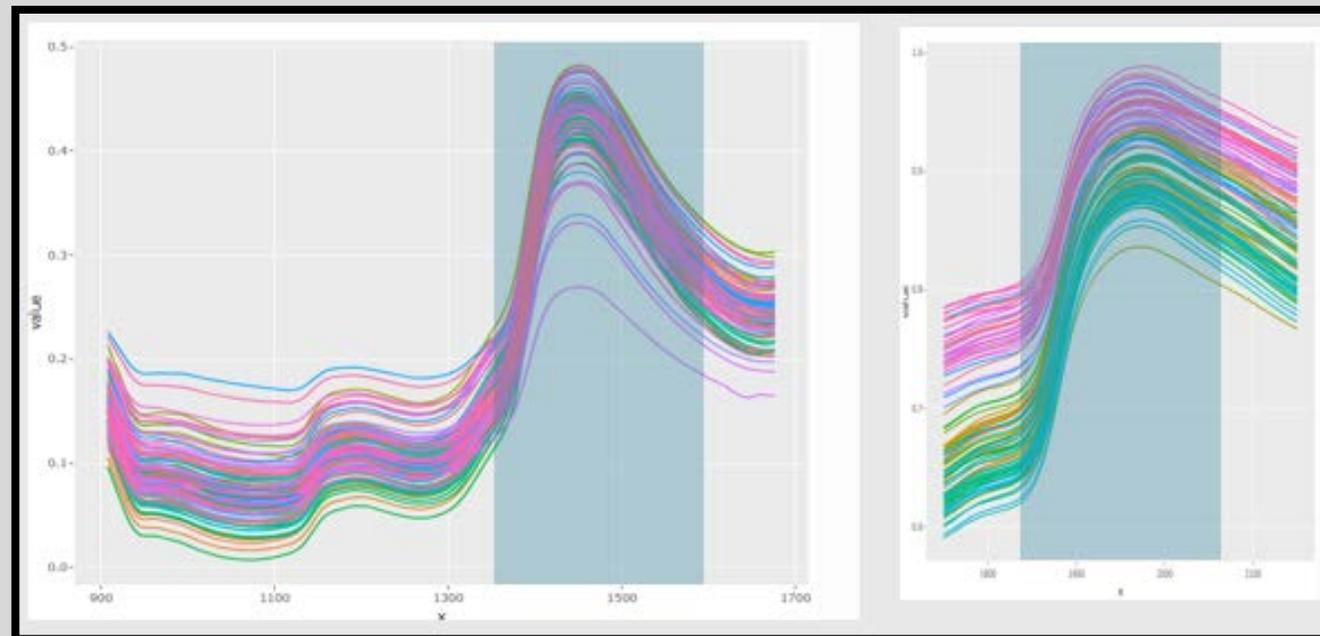
Etude des résultats

Conclusion

Sous-problématiques liées à la mesure

Nous discuterons de 3 grandes problématiques autour de la qualité de la mesure.

Humidité de la matrice mesurée



Le spectre de l'eau est très visible dans l'infrarouge (et peut couvrir les bandes d'absorptions d'autres liaisons).

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

Sous-problématiques liées à la mesure

Nous discuterons de 3 grandes problématiques autour de la qualité de la mesure.

Choix de l'appareil de  
mesure

Contexte

Sources de variations envisagées

Différents protocoles de mesure

Etude des résultats

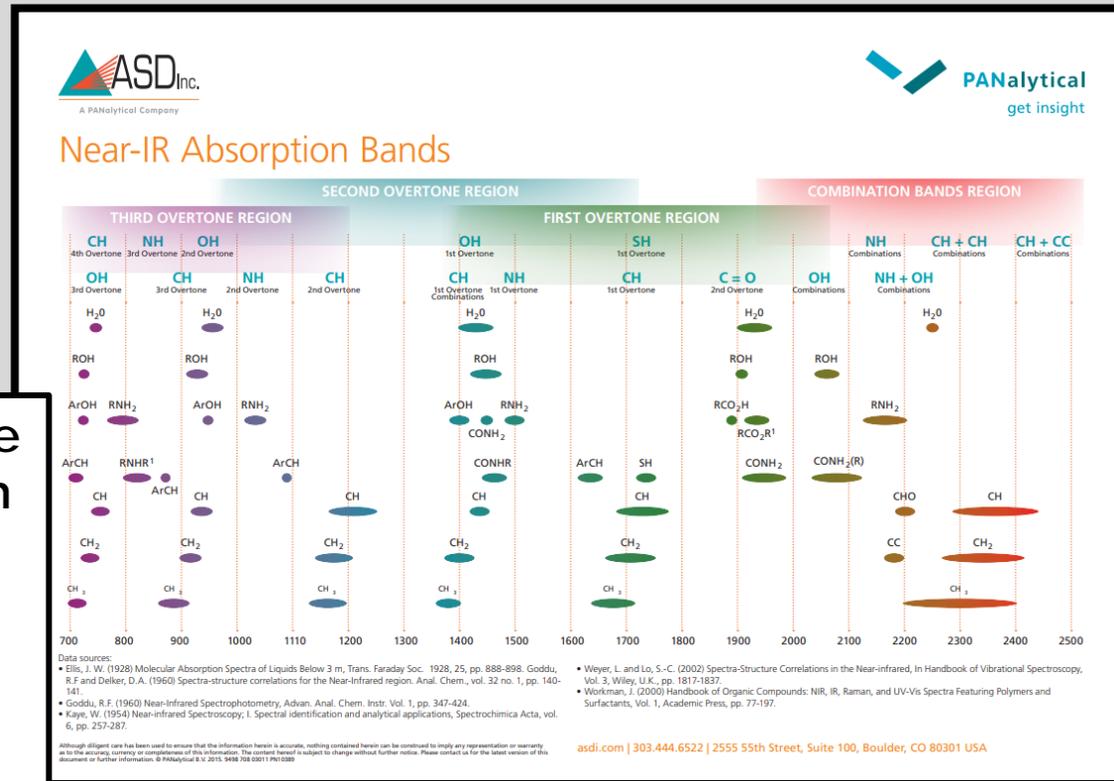
Conclusion

Sous-problématiques liées à la mesure

Nous discuterons de 3 grandes problématiques autour de la qualité de la mesure.

Choix de l'appareil de mesure

La gamme spectrale impacte quelles liaisons chimiques un appareil pourra mesurer ou non.  
Cette gamme est en lien direct avec le prix et la portativité de l'appareil.



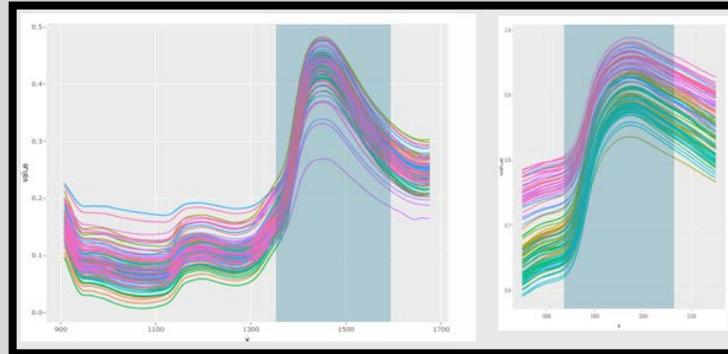
Sous-problématiques liées à la mesure

Nous discuterons de 3 grandes problématiques autour de la qualité de la mesure.

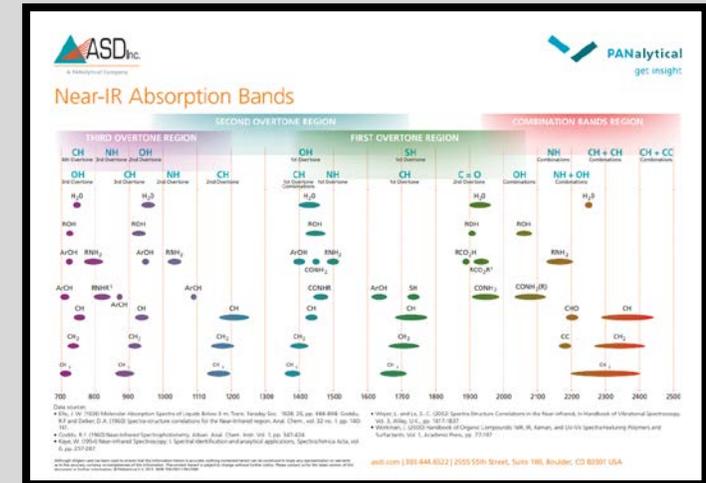
Hétérogénéité de la matrice mesurée



Humidité de la matrice mesurée



Choix de l'appareil de mesure

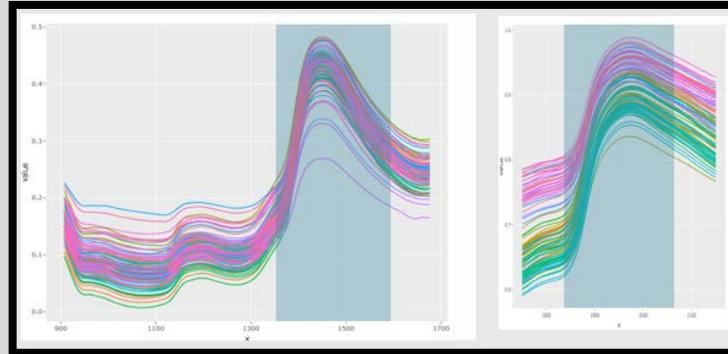


Comment répondre à ces problématiques ?

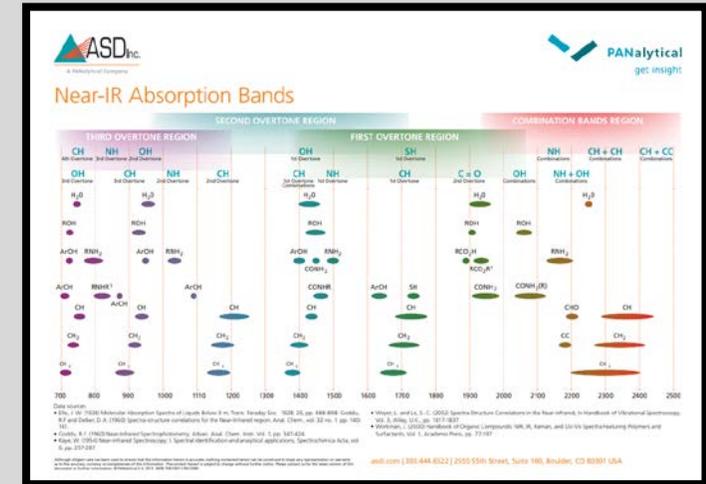
Hétérogénéité de la matrice mesurée



Humidité de la matrice mesurée



Choix de l'appareil de mesure



Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

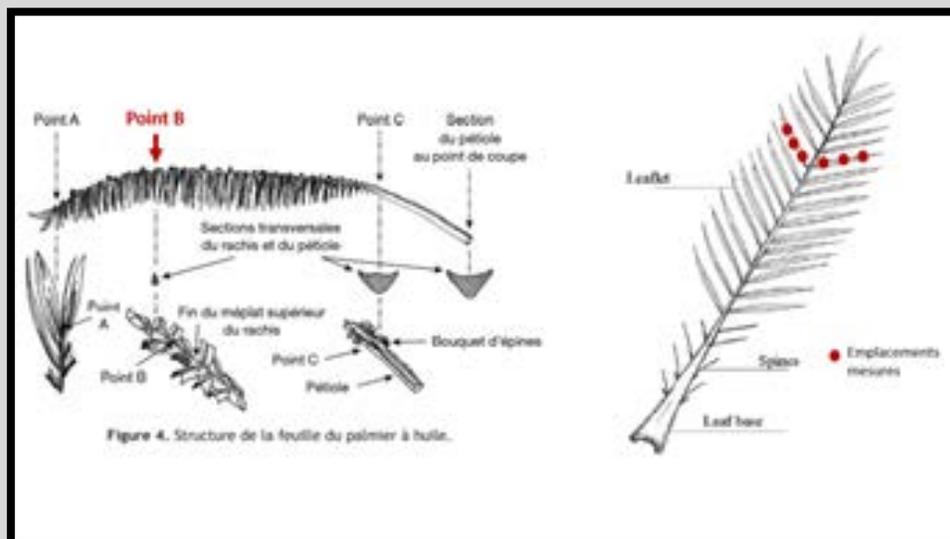
Comment répondre à ces problématiques ?

Hétérogénéité de la matrice  
mesurée

Comment répondre à ces problématiques ?

Hétérogénéité de la matrice mesurée

problématique qui n'est pas spécifique à la SPIR

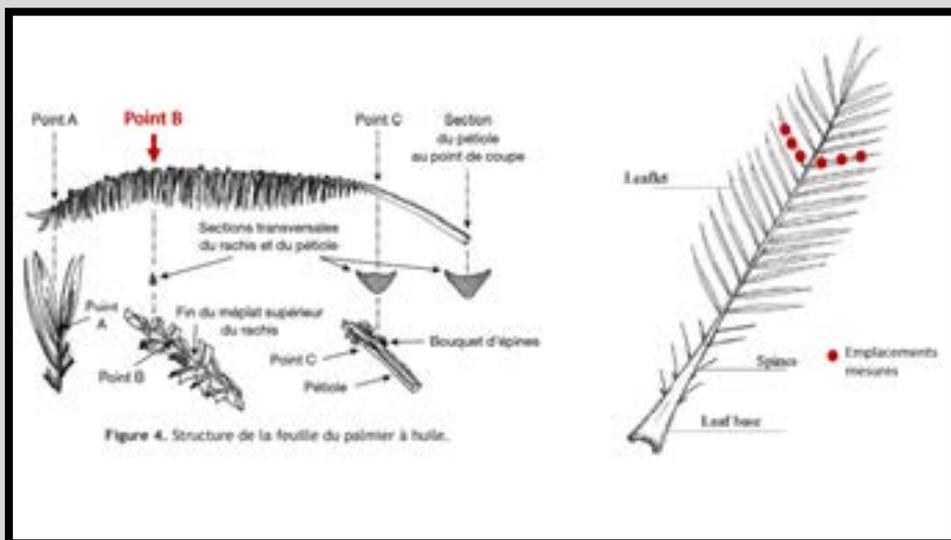


Elements de réponses de la méthodologie  
Classique du diagnostic foliaire

Comment répondre à ces problématiques ?

Hétérogénéité de la matrice mesurée

problématique qui n'est pas spécifique à la SPIR



Elements de réponses de la méthodologie Classique du diagnostic foliaire

En suivant l'exemple du DF, on peut donc standardiser la mesure, et l'appliquer au tier central de la foliole au niveau du point B de la palme 17.

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

Comment répondre à ces problématiques ?

Hétérogénéité de la matrice  
mesurée

problématique qui n'est pas spécifique à la SPIR



Cependant, cette zone de la foliole demeure  
relativement hétérogène.

Comment répondre à ces problématiques ?

Hétérogénéité de la matrice mesurée

problématique qui n'est pas spécifique à la SPIR



Cependant, cette zone de la foliole demeure relativement hétérogène.

Changer la forme du produit

Homogénéiser la matrice mesurée pourrait limiter la perturbation ?

	Produits mesurés
Folioles Fraîches Entières	X
Folioles Hachées	X
Poudres sèches	X



Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

Comment répondre à ces problématiques ?

Humidité de la matrice  
mesurée

Contexte

Sources de variations envisagées

Différents protocoles de mesure

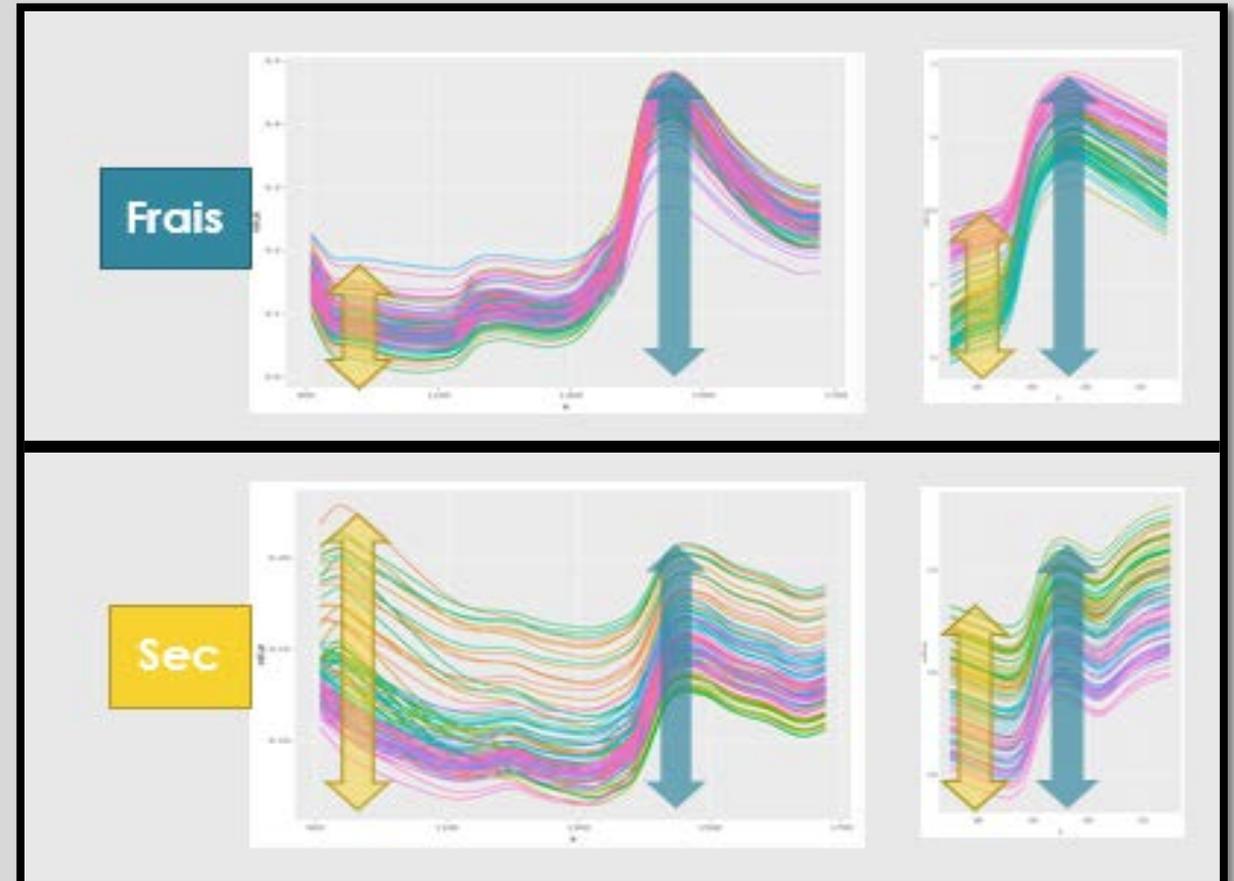
Etude des résultats

Conclusion

Comment répondre à ces problématiques ?

Humidité de la matrice mesurée

Changer la forme du produit permet également d'étudier cette question



Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

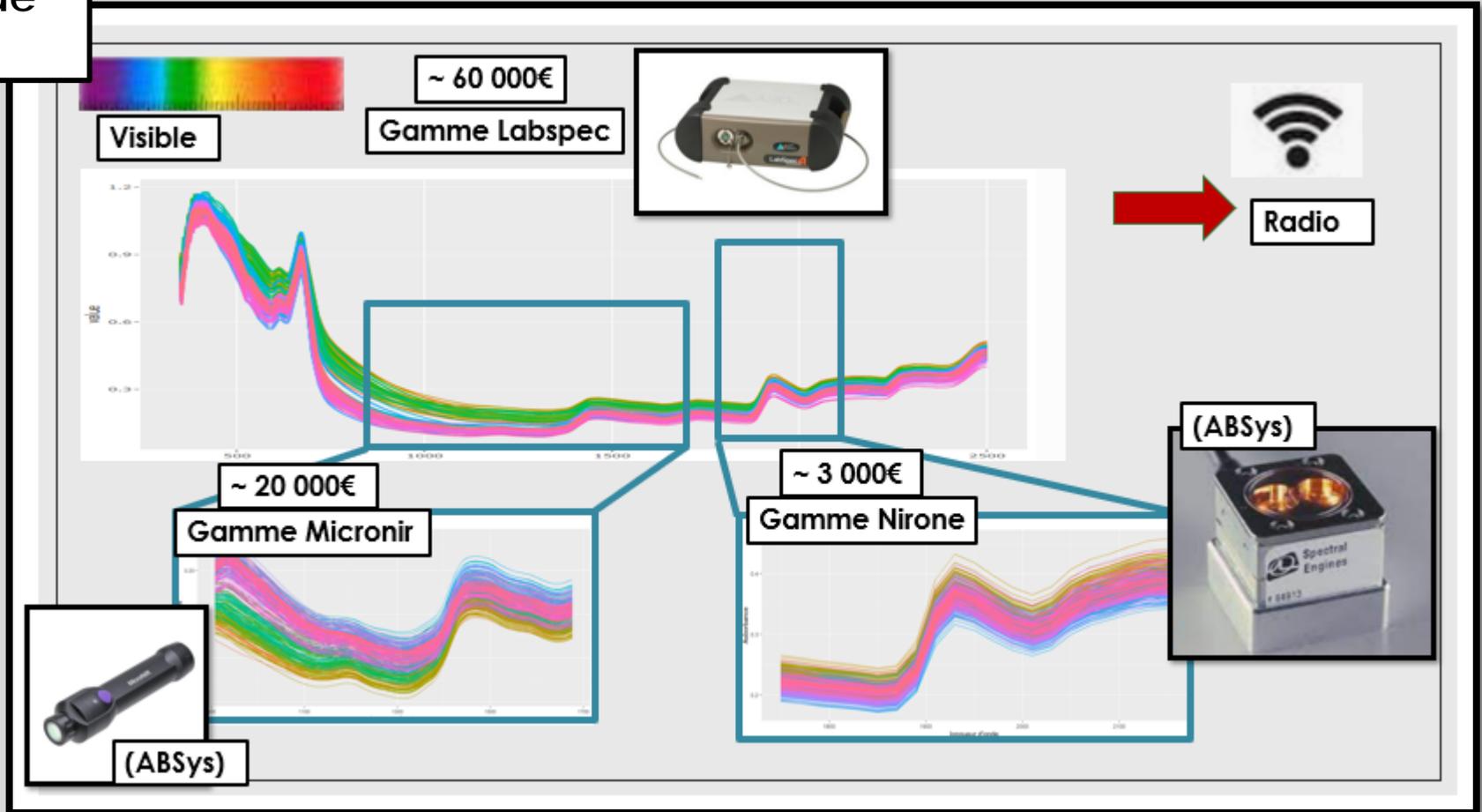
Comment répondre à ces problématiques ?

Choix de l'appareil de  
mesure

Comment répondre à ces problématiques ?

Choix de l'appareil de mesure

Des mesures sur 3 appareils différents seront présentées ici

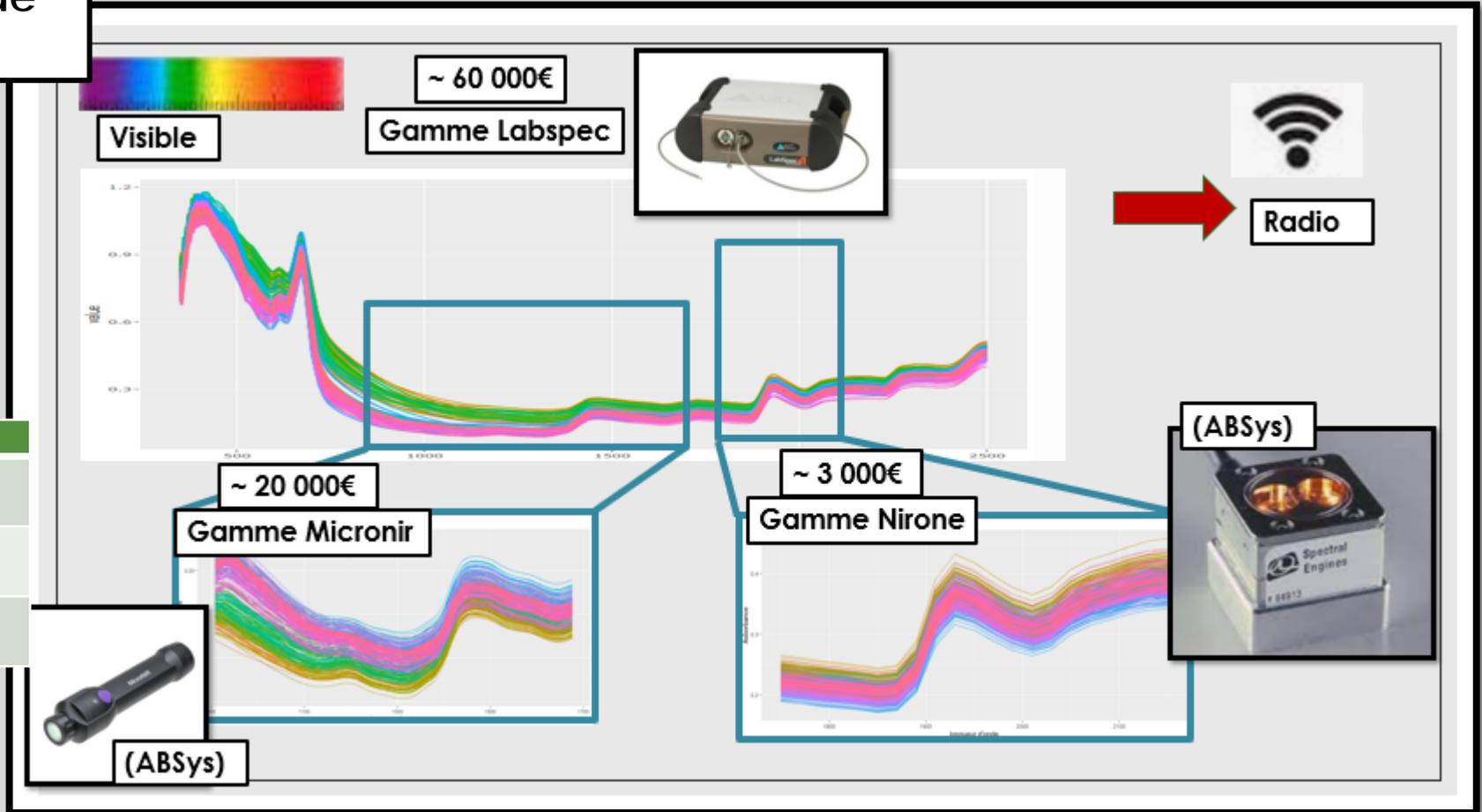


Comment répondre à ces problématiques ?

Choix de l'appareil de mesure

Des mesures sur 3 appareils différents seront présentées ici

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

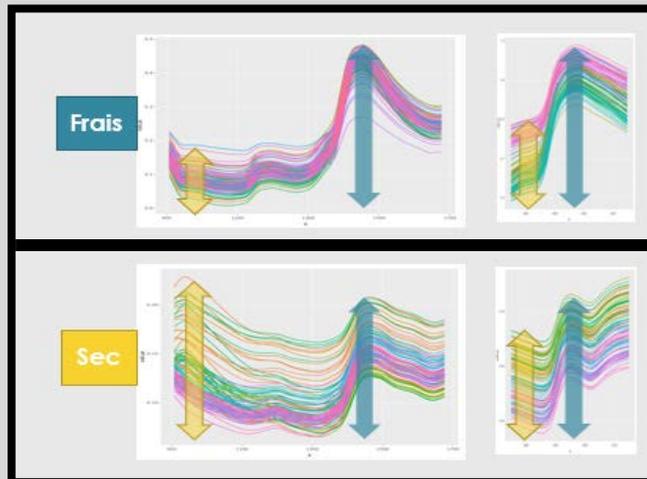


Comment répondre à ces problématiques ?

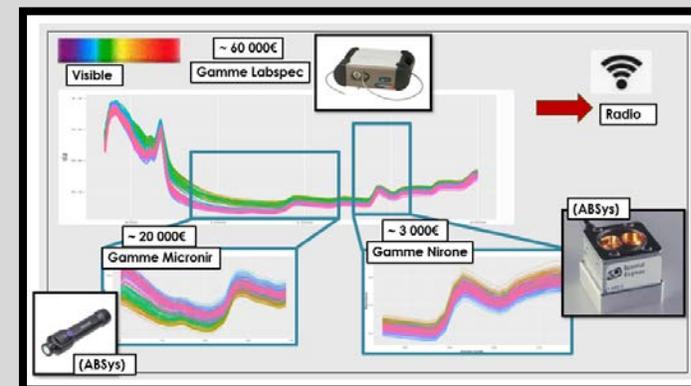
Hétérogénéité de la matrice mesurée



Humidité de la matrice mesurée



Choix de l'appareil de mesure



	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

Contexte

Sources de variations  
envisagées

Différents protocoles  
de mesure

Etude des  
résultats

Conclusion

Présentation des résultats

**Présentation des résultats**

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraiches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

Contexte

Sources de variations envisagées

Différents protocoles de mesure

Etude des résultats

Conclusion

## Présentation des résultats

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

Mesure de référence pour N, P, K, Mg

Modèles de regression PLS après prétraitements

Présentation des résultats

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

~ 100 spectres moyennés par combinaison matrice-spectromètre mesurée

2/3 Crossvalidation (à 10 groups, 10 répétitions)

1/3 Validation

Mesure de référence pour N, P, K, Mg

Modèles de regression PLS après prétraitements

RMSEP

Permet de comparer et de tirer nos conclusions

Graphiques de regression OP

Etude plus détaillée de la répartition des erreurs

## Présentation des résultats

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

~ 100 spectres moyennés par combinaison matrice-spectromètre mesurée

2/3 Crossvalidation  
(à 10 groupes, 10 répétitions)

1/3 Validation

Mesure de référence pour N, P, K, Mg

Modèles de regression PLS après prétraitements

RMSEP

Permet de comparer et de tirer nos conclusions

Graphiques de regression OP

Etude plus détaillée de la répartition des erreurs

Contexte

Sources de variations envisagées

Différents protocoles de mesure

Etude des résultats

Conclusion

## Comparaison entre matrices

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraiches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

Comparaison entre matrices

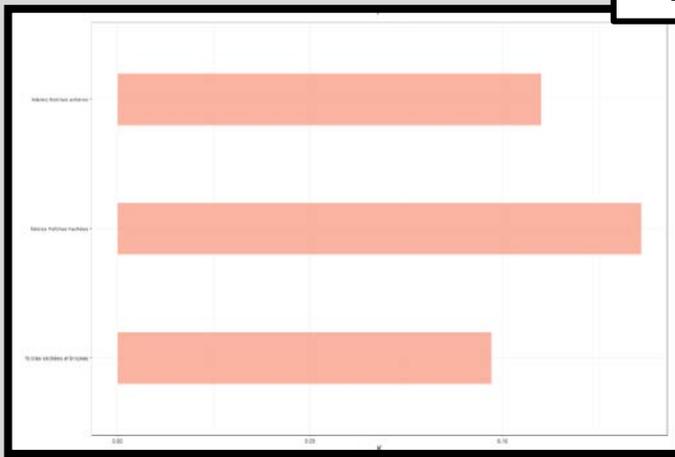
N



P

RMSEP

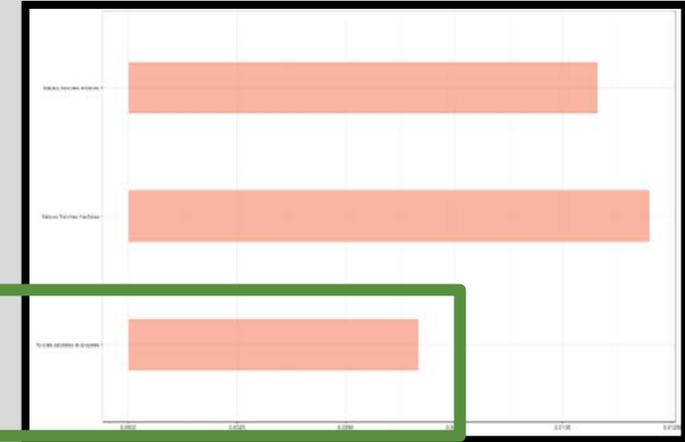
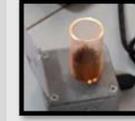
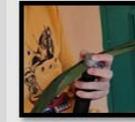
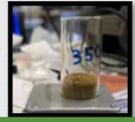
K



Mg

Comparaison entre matrices

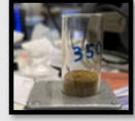
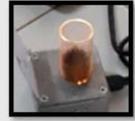
N



P

RMSEP

K



Mg

Contexte

Sources de variations envisagées

Différents protocoles de mesure

Etude des résultats

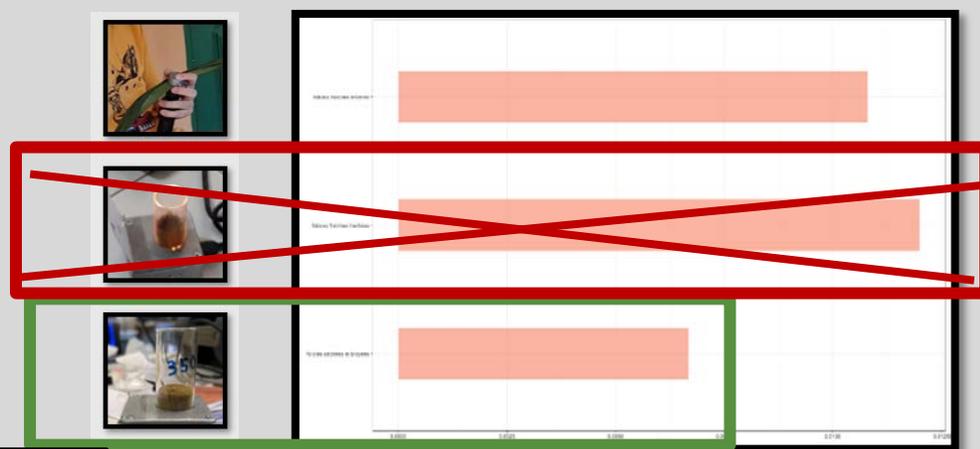
Conclusion

### Comparaison entre matrices

N



P

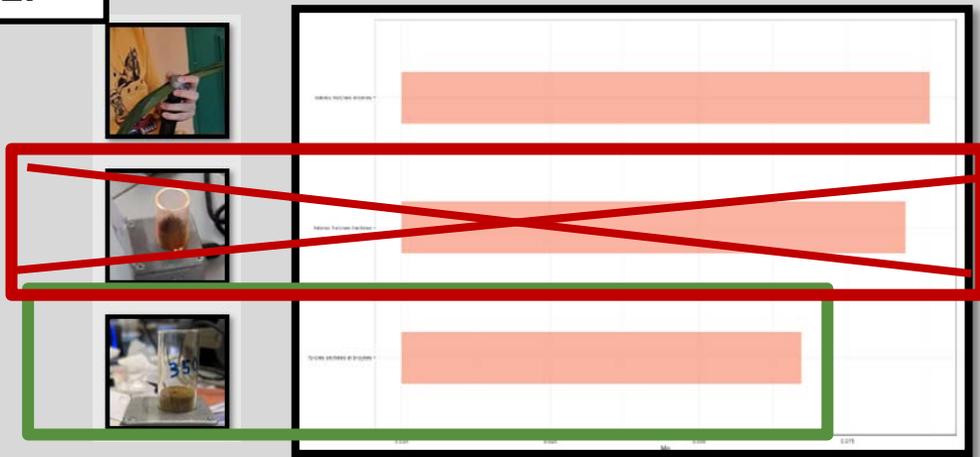


RMSEP

K



Mg



Contexte

Sources de variations envisagées

Différents protocoles de mesure

Etude des résultats

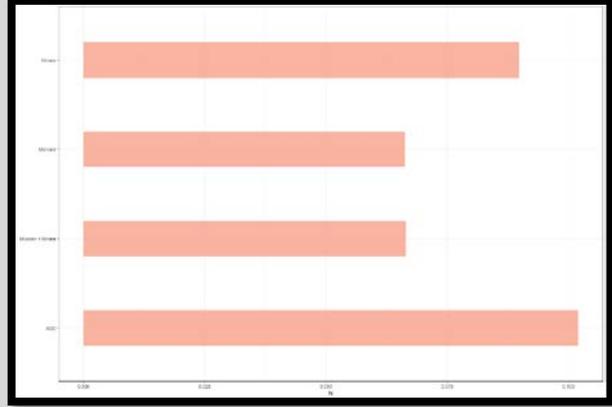
Conclusion

## Comparaison entre spectromètres

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

Comparaison entre spectromètres

N



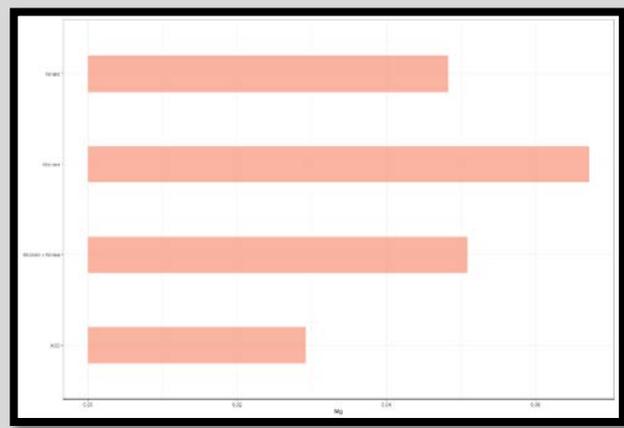
P



K



Mg



RMSEP

Contexte

Sources de variations envisagées

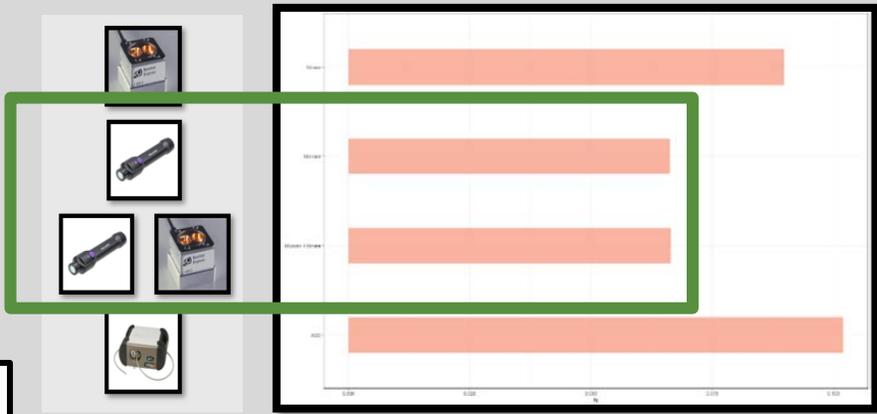
Différents protocoles de mesure

Etude des résultats

Conclusion

### Comparaison entre spectromètres

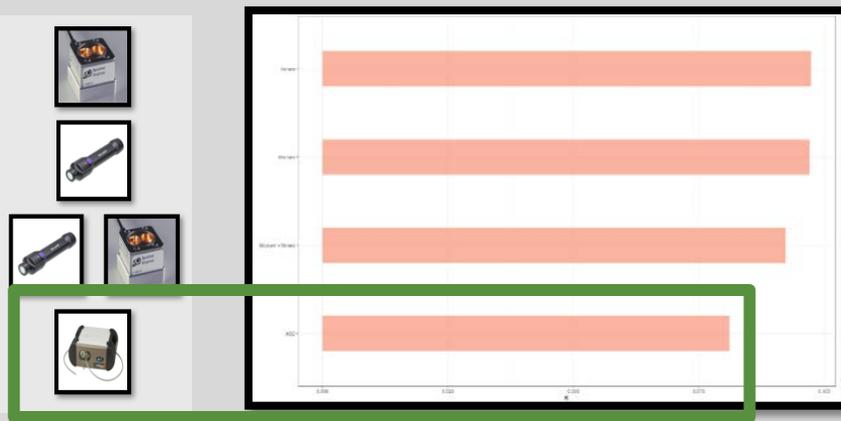
N



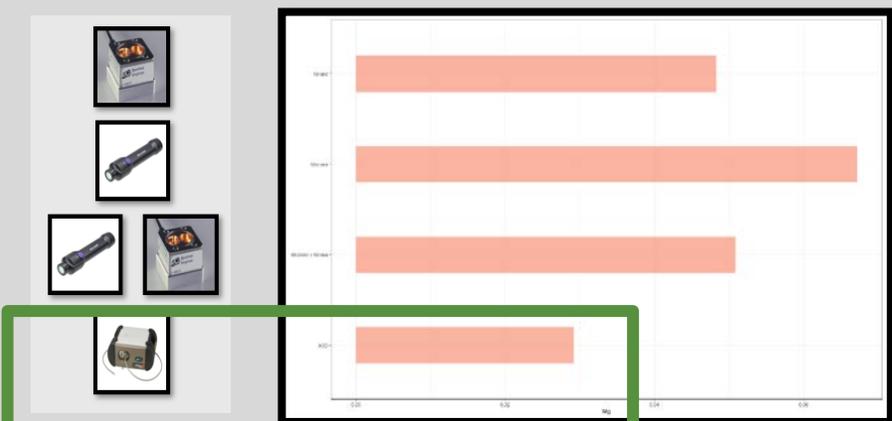
P



K



Mg



RMSEP

Mais qu'est-ce que bien mesurer ?

Parmi toutes les mesures effectuées, celles avec les RMSEP les plus réduits étaient avec le spectromètre ASD sur poudres.

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

Mais qu'est-ce que bien mesurer ?

Parmi toutes les mesures effectuées, celles avec les RMSEP les plus réduits étaient avec le spectromètre ASD sur poudres.

Cependant ces résultats sont à remettre dans un contexte :

- Le spectromètre ASD est le plus cher et le plus encombrant des appareils évalués.
- La procédure de séchage et de broyage des échantillons nécessite du temps et des instruments spécialisés.

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

Mais qu'est-ce que bien mesurer ?

Parmi toutes les mesures effectuées, celles avec les RMSEP les plus réduits étaient avec le spectromètre ASD sur poudres.

Cependant ces résultats sont à remettre dans un contexte :

- Le spectromètre ASD est le plus cher et le plus encombrant des appareils évalués.
- La procédure de séchage et de broyage des échantillons nécessite du temps et des instruments spécialisés.

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

- L'objectif du projet est avant-tout de proposer une alternative "bas coûts", portable et rapide aux mesures en laboratoire.

Mais qu'est-ce que bien mesurer ?

Aussi, dans le cadre de Diagnospir, même s'il ne s'agit pourtant pas de l'alternative avec les RMSEP les plus réduits, c'est le protocole avec le plus petit spectromètre sur feuilles fraîches qui est actuellement le plus envisagé pour la poursuite du projet.

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

- L'objectif du projet est avant-tout de proposer une alternative "bas coûts", portable et rapide aux mesures en laboratoire.

Mais qu'est-ce que bien mesurer ?

Aussi, dans le cadre de Diagnospir, même s'il ne s'agit pourtant pas de l'alternative avec les RMSEP les plus réduits, c'est le protocole avec le plus petit spectromètre sur feuilles fraîches qui est actuellement le plus envisagé pour la poursuite du projet.

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

Il s'agirait de fournir une alternative avec des erreurs plus marquées que les analyses de références, mais plus facilement disponible pour ceux pour qui l'option de l'analyse en laboratoire n'est actuellement pas envisageable.

Pour les usagers actuels des laboratoires, l'outil semble moins intéressant, dû à la dégradation de la précision par rapport à la référence.

- L'objectif du projet est avant-tout de proposer une alternative "bas coûts", portable et rapide aux mesures en laboratoire.

# Contexte

# Sources de variations envisagées

# Différents protocoles de mesure

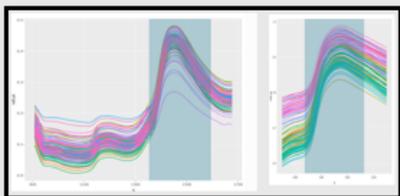
# Etude des résultats

# Conclusion

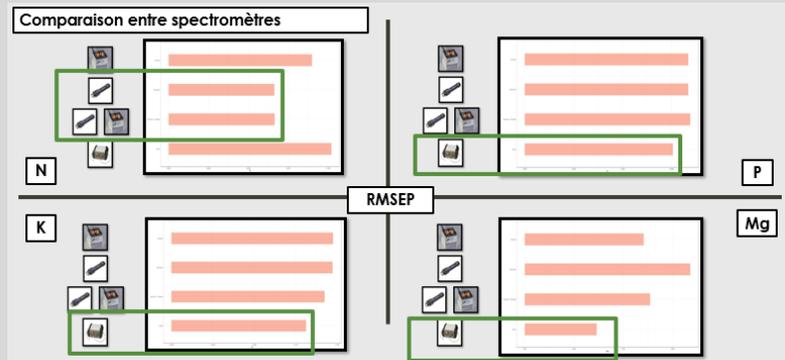
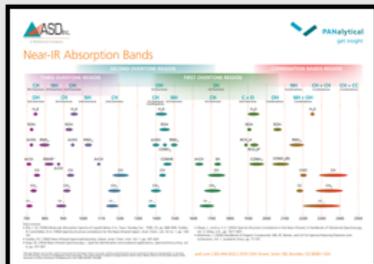
## Hétérogénéité de la matrice mesurée



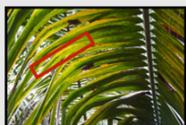
## Humidité de la matrice mesurée



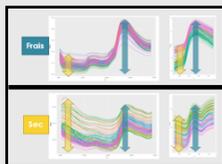
## Choix de l'appareil de mesure



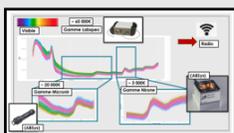
## Hétérogénéité de la matrice mesurée



## Humidité de la matrice mesurée



## Choix de l'appareil de mesure



	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

## Comparaison entre matrices



	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

# Contexte

# Sources de variations envisagées

# Différents protocoles de mesure

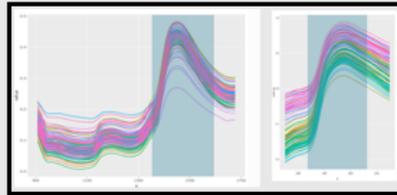
# Etude des résultats

# Conclusion

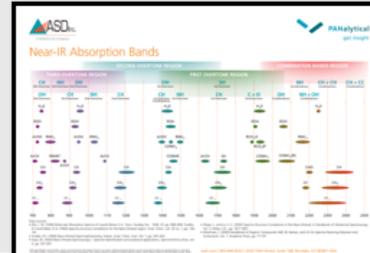
## Hétérogénéité de la matrice mesurée



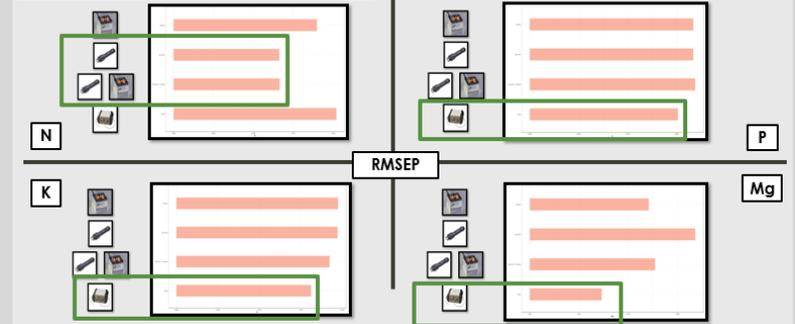
## Humidité de la matrice mesurée



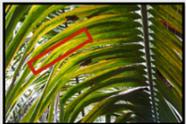
## Choix de l'appareil de mesure



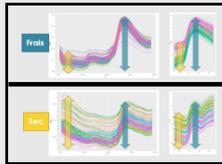
### Comparaison entre spectromètres



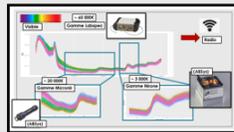
## Hétérogénéité de la matrice mesurée



## Humidité de la matrice mesurée



## Choix de l'appareil de mesure



Merci pour votre attention

### Comparaison entre matrices



	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X

	Micronir	Nirone	ASD
Folioles Fraîches Entières	X	X	
Folioles Hachées	X	X	
Poudres sèches	X	X	X