

Facteurs agronomiques et moléculaires influençant la sensibilité des bananes (*Musa acuminata*, AAA, cv 'Grande-Naine') aux pourritures de la couronne

Gembloux Agro-Bio Tech, 17 décembre 2009

Ludivine Lassois



La production mondiale de bananes



Régime

1^{ère} main

2^{ème} main

3^{ème} main

8^{ème} main



Main



Bouquet



Doigt = Fruit



La production mondiale de bananes



- 120 pays sur 5 continents
- 4^{ème} produit agricole après le riz, le blé et le maïs
- 1^{er} rang de la production fruitière
- Systèmes cultureux diversifiés et objectifs contrastés



90% pour la consommation
domestique et marchés
locaux



10% pour l'exportation

Le commerce international de la banane



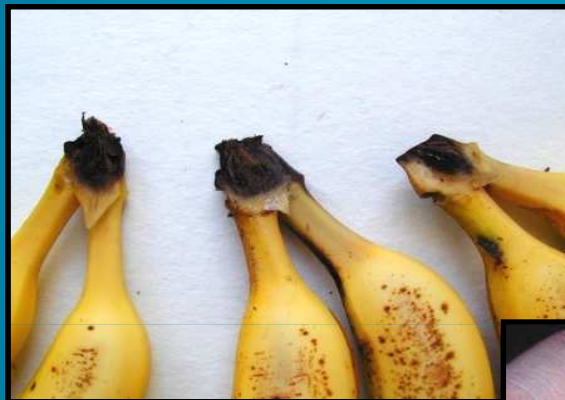
- Fin du 19^{ème} siècle
- Croissance continue depuis lors
- 4^{ème} produit d'exportation mondiale/1^{er} fruit
- 97% = Cavendish
- Pertes enregistrées:
 - Accidents de maturation
 - Maladies de post-récolte
 - Anthracnose
 - Pourritures de la couronne

Les pourritures de couronne

- Pertes enregistrées: 86%
- Complexe parasitaire
 - Champignons (*Colletotrichum musae*)
 - Sporulent en bananeraie



Les pourritures de couronne



← Symptômes internes

Symptômes externes →



Les pourritures de couronne

- Infection au champ non exclue
- Principalement au moment de la récolte et de la découpe des bouquets
 - Couteaux contaminés



Les pourritures de couronne

– Bains de lavage contaminés



– Environnement contaminé



Les pourritures de couronne

– Etudes antérieures relatives aux PDC

- Etiologie de la maladie et plus spécifiquement sur l'identification des organismes impliqués et leur étude individuelle
- Les méthodes de lutte post-récolte
 - Principalement la lutte chimique

Ces études n'ont aboutit ni à une bonne compréhension des conditions favorables au développement de la maladie, ni à un contrôle adéquat en toute situation



Le potentiel de qualité du fruit à la récolte



- Variations géographiques et saisonnières observées dans l'incidence de la maladie

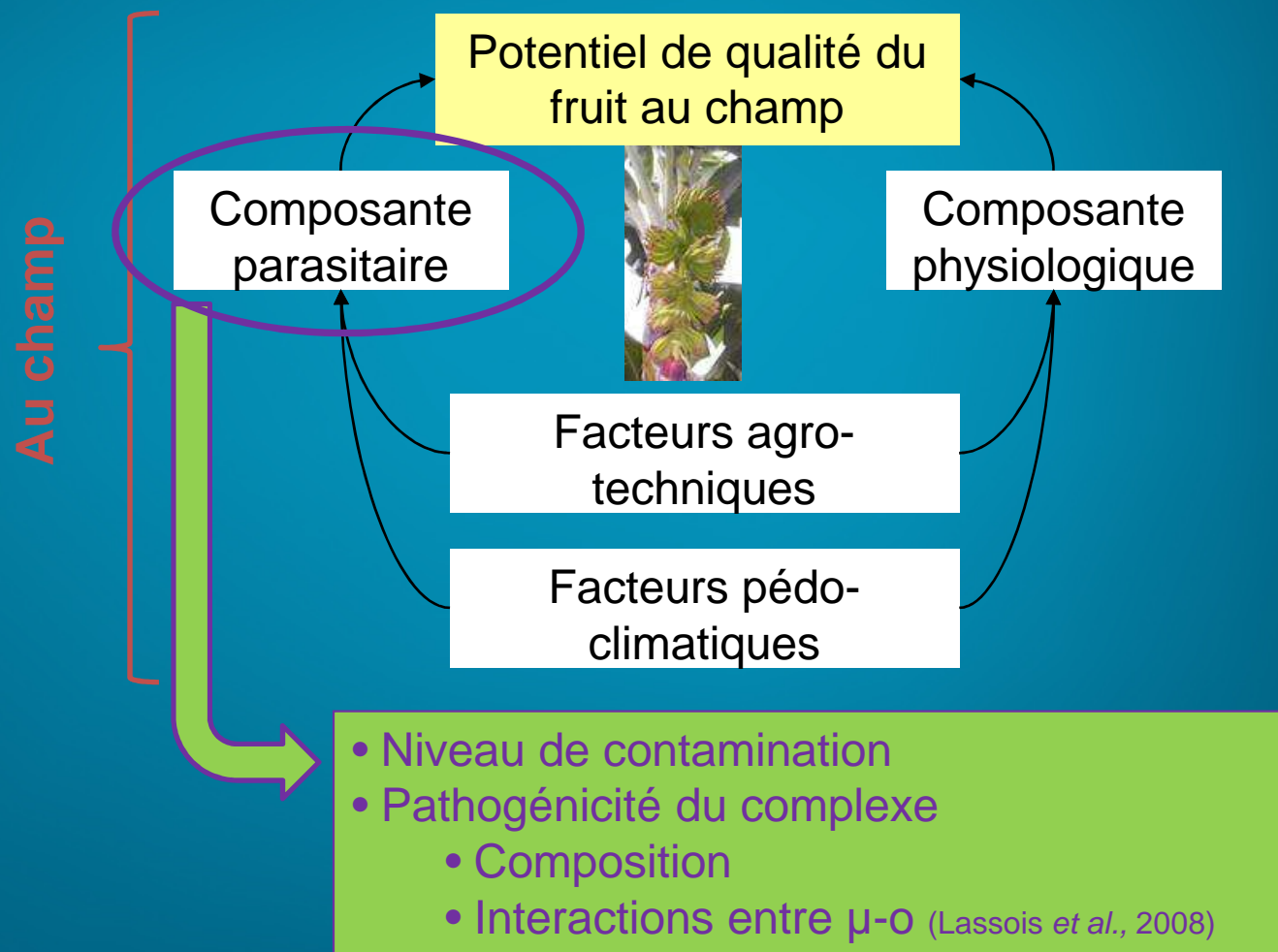
Considérer la physiologie du fruit à la récolte ainsi que l'ensemble des interactions au sein du complexe parasitaire



Approche originale de la maladie

Considérer le potentiel de qualité du fruit à la récolte comme un facteur clé dans le développement post-récolte des pourritures de la couronne

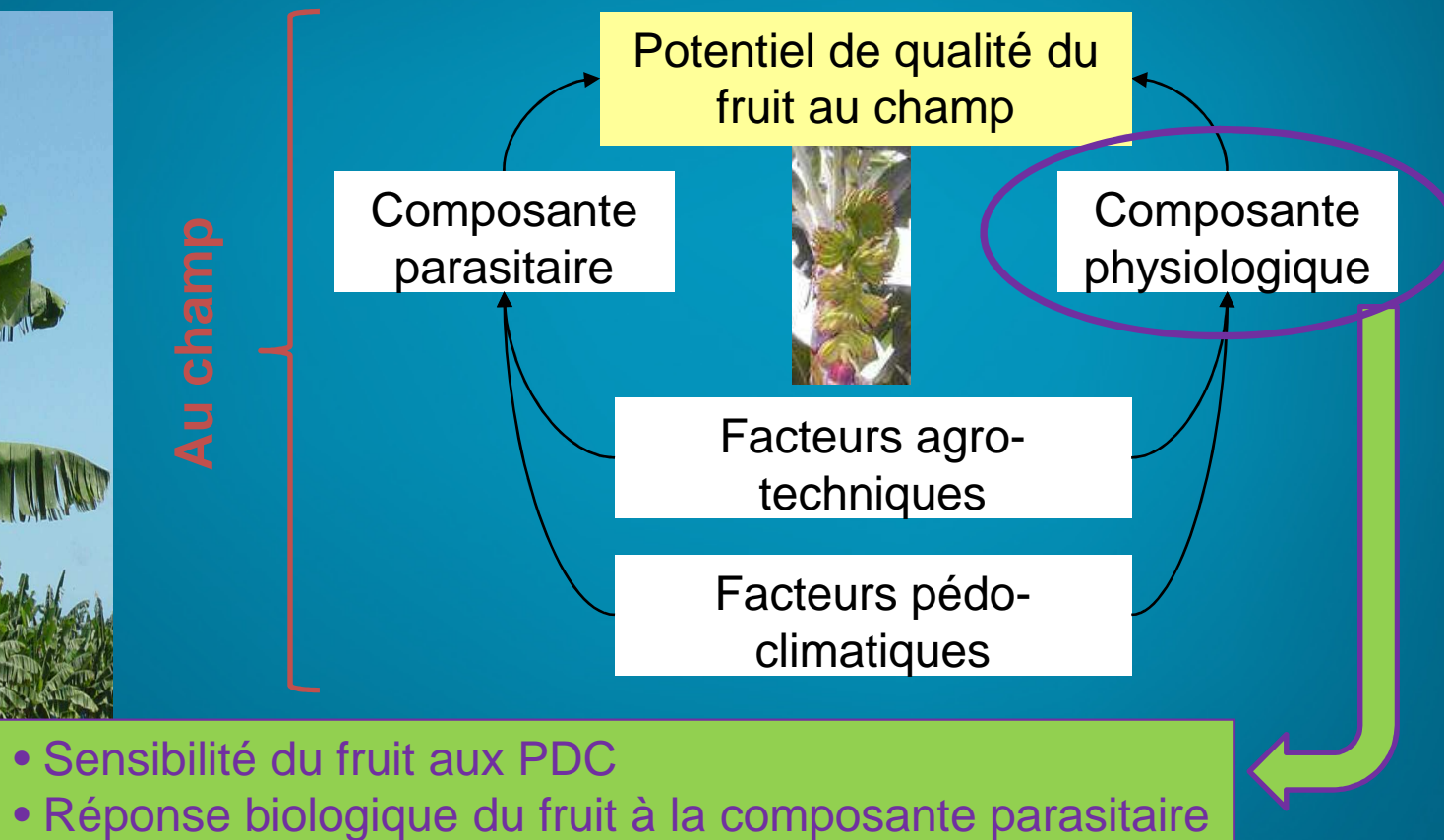
Le potentiel de qualité du fruit à la récolte



Le potentiel de qualité du fruit à la récolte



Au champ



Le potentiel de qualité du fruit à la récolte

Développement post-récolte des pourritures de la couronne

Facteurs post-récolte

Récolte

Potentiel de qualité du fruit au champ

Composante parasitaire

Composante physiologique

Facteurs agro-techniques

Facteurs pédo-climatiques

Au champ



Composante physiologique

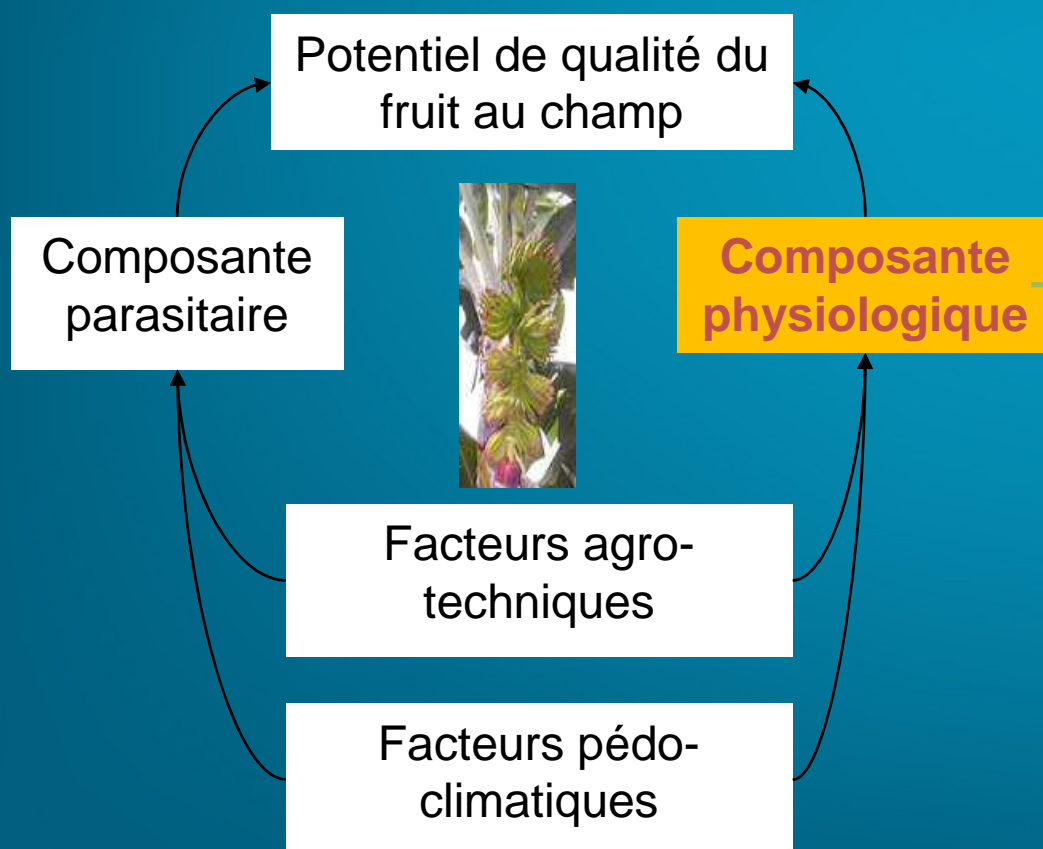
Sensibilité du fruit aux pourritures de la couronne



- Quelle est l'influence de la composante physiologique du fruit à la récolte sur le développement post-récolte des PDC?
- Quels sont les facteurs pré-récolte influençant la sensibilité des fruits?
- Quels sont les déterminants génétiques sous-jacents aux réactions de sensibilité?



Objectifs



Recherches proposées

Evaluation de l'importance de la composante physiologique du fruit à la récolte sur le développement des PDC

Evaluation de l'influence de paramètres pré-récolte sur le développement des PDC

Etude des déterminants génétiques de la sensibilité des fruits aux PDC

Evaluation de la sensibilité des fruits



- S'affranchir de l'impact de la composante parasitaire sur le développement des PDC
 - La sensibilité du fruit est évaluée sur base de la taille des lésions observées après une inoculation contrôlée

Evaluation de la sensibilité des fruits



- Régimes récoltés à 900°C.jour (*Musa* AAA, Cavendish, 'Grande-Naine')
- Prélèvement de la mains 2
- Mains séparées en bouquets de 4 fruits
- Désinfection des couronnes
- Inoculation des couronnes avec 50μl:
 - *C. musae* à 10^4 conidies/ml
 - Complexe parasitaire (*C. musae* 10^3 conidies/ml, *Fusarium moniliforme* 10^4 conidies/ml, *Cephalosporium* sp. 10^4 conidies/ml)
- Simulation du programme d'exportation

Evaluation de la sensibilité des fruits

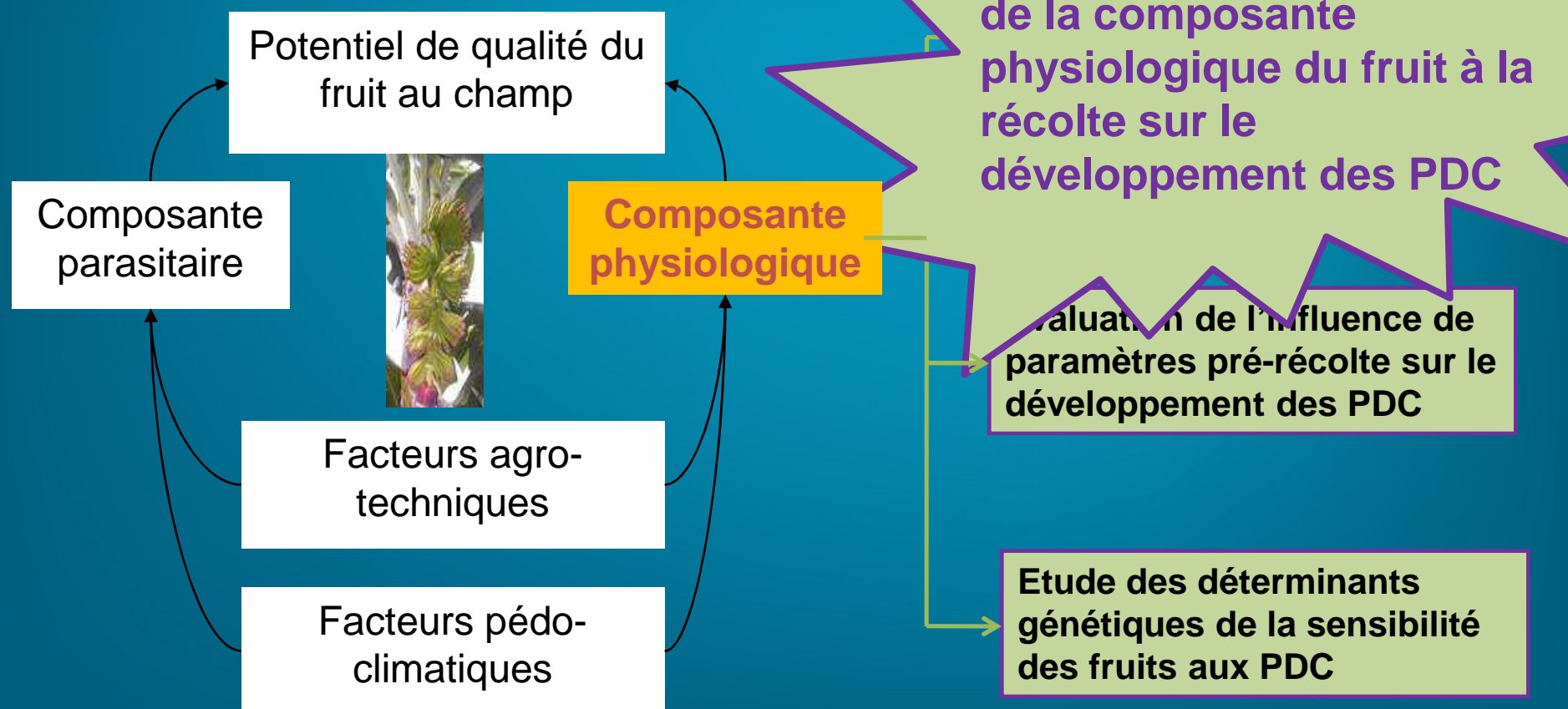


- Evaluation de la surface interne de nécrose (mm^2)



- Réalisation des analyses statistiques adéquates en collaboration avec le SSIMA de Gembloux Agro-Bio Tech

Objectifs





I.

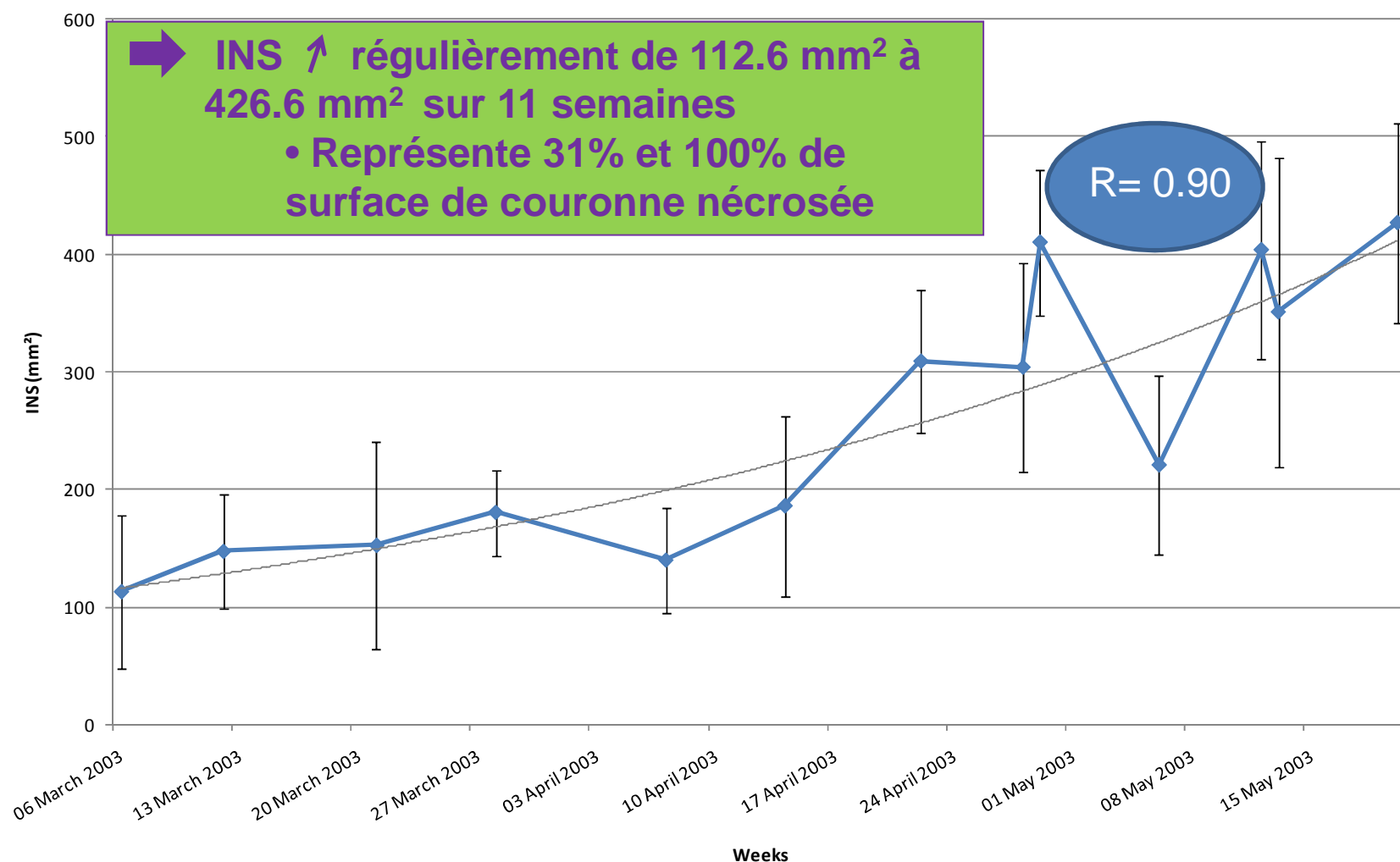
Etude de l'influence de la composante physiologique du fruit à la récolte sur le développement des PDC

Observation de variations temporelles



- Méthode:
 - 5 bouquets de 4 fruits (issus de la 2^{ème} ou 3^{ème} mains de 5 régimes différents homogènes)/jour d'expérimentation
 - 13 récoltes effectuées sur 11 semaines de mars à juin 2003 en Guadeloupe
 - Inoculation avec complexe parasitaire

Observation de variations temporelles



Observation de variations temporelles



- Conclusions:
 - Variations temporelles de l'incidence de la maladie avaient été reportées dans des cas de contaminations naturelles
- ➡ 1^{re} démonstration dans des cas d'inoculations contrôlées

Observation de variations temporelles



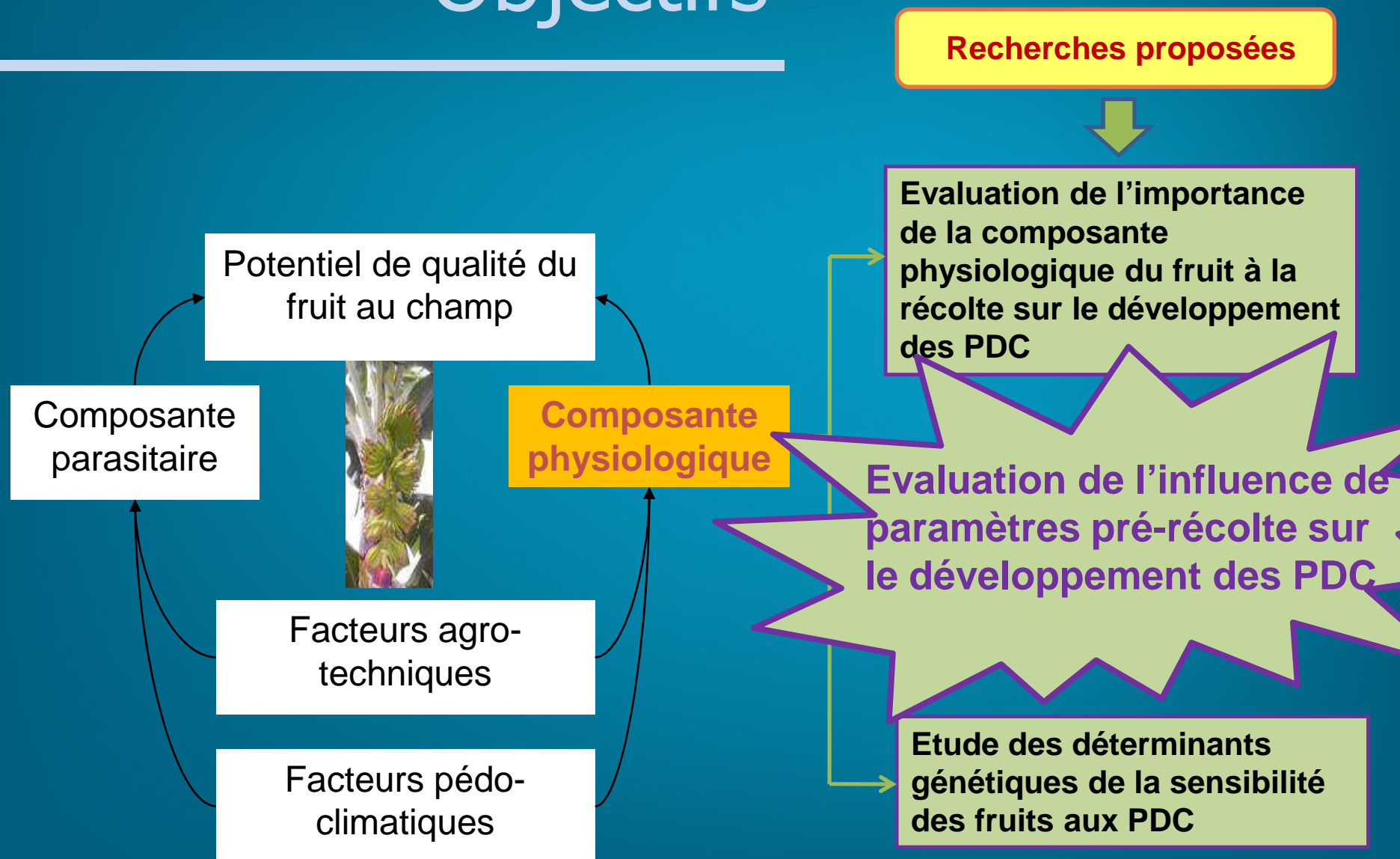
- Conclusions:

Démonstration de l'importance de la composante physiologique du fruit sur le développement des PDC

- La CPh détermine la sensibilité du fruit au complexe parasitaire
- La CPh est très variable (grandes fluctuations sur une courte période)

**Conditions climatiques?
Facteurs pré-récolte impliqués non connus**

Objectifs





II.

Etude de l'influence de facteurs pré-récolte sur la sensibilité des fruits

Influence des facteurs pré-récolte



- L'identification simultanée de paramètres pré-récolte pouvant influencer la sensibilité des fruits n'a pas permis de dégager d'informations pertinentes (résultats non présentés)



Les relations plante-environnement déterminant la sensibilité des fruits sont très complexes



**Identification de 2 facteurs
pré-récolte en particulier**

Influence des facteurs pré-récolte



1ère main

2ème main

3ème main

8ème main

Régime

1. Le niveau d'insertion de
la main sur le régime

Influence des facteurs pré-récolte



1. Le niveau d'insertion de
la main sur le régime

2. Le rapport source-puits



Nombre de feuilles-Nombre de mains

Effet de la position de la main sur le régime



- Méthode:

Année	2005
Pays	Cameroun
Période de récolte	10 semaines entre mars et mai
Modalité de récolte	1 régime par semaine
Evaluation	Sur 3 bouquets de chacune des 8 premières mains de chaque régimes

Effet de la position de la main sur le régime



• Résultats:

Source	DL	Surface de nécrose interne	
		<i>F</i>	<i>P</i>
Main	7	17.85	<0.001
Régime	9	6.95	<0.001
Main x Régime	63	1.17	0.218

Effet de la position de la main sur le régime



• Résultats:

Source	DL	Surface de nécrose interne	
		F	P
Main	7	17.85	<0.001
Régime	9	6.95	<0.001
Main x Régime	63	1.17	0.218

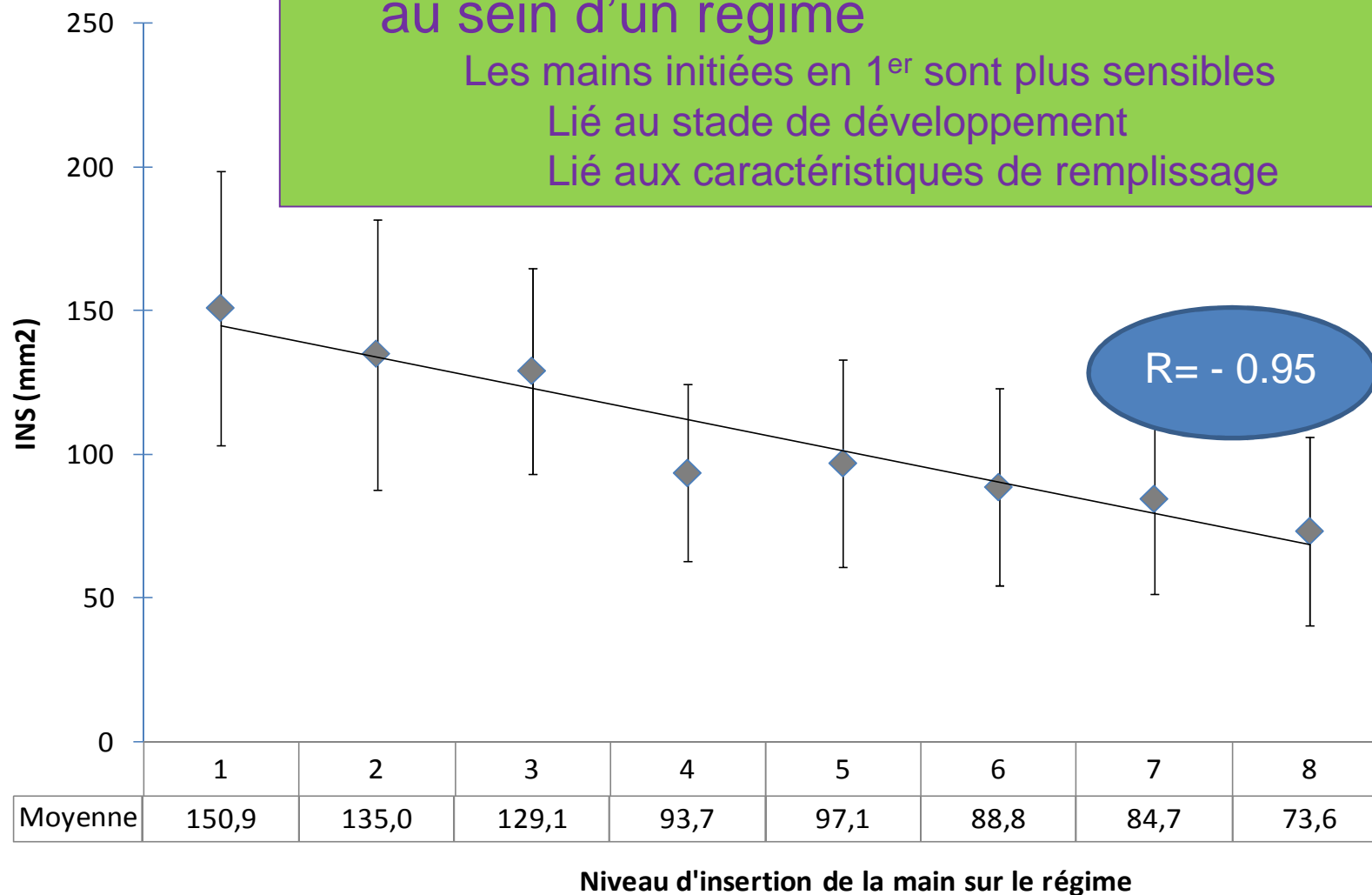
Effet de la position de la main sur le régime

➔ Gradient de sensibilité des fruits aux PDC au sein d'un régime

Les mains initiées en 1^{er} sont plus sensibles

Lié au stade de développement

Lié aux caractéristiques de remplissage



Effet de la position de la main sur le régime



- Conclusions:
 - Montre l'importance de standardiser la méthode d'échantillonnage pour l'évaluation de la sensibilité des fruits

Effet du rapport source-puits



- Méthode:
 - Modification du So-pu au stade « doigts horizontaux » par ablation de feuilles et de mains:
 - 12F/2M
 - 12F/8M
 - 5F/2M
 - 5F/8M

Effet du rapport source-puits

- Méthode:

Année	2006 (9 semaines successives de février à avril) 2007 (4 semaines successives de mai à juin)
Pays	Cameroun
Modalités de récolte	5 régimes/semaine (13)/modalité de traitement (4)
Modalités de traitement	12F/2M 12F/8M 5F/2M 5F/8M
Evaluation de la sensibilité	Sur 3 bouquets de chaque 2ème main récoltée
Caractéristiques supplémentaires mesurées	Longueur des fruits (cm) Grade des fruits (mm)



Effet du rapport source-puits

- Résultats:

Traitements	INS (mm ²)	Grade (mm)	Longueur (cm)
12F/2M	130.2±65.4 ^a	37.9 ± 0.3 ^c	22.0 ± 0.2 ^e
5F/2M	146.4±60.2 ^a	36.8 ± 0.3 ^c	21.3 ± 0.2 ^e
12F/8M	227.4±66.7 ^b	33.3 ± 0.2 ^d	19.5 ± 0.2 ^f
5F/8M	248.4±72.0 ^b	32.0 ± 0.2 ^d	18.6 ± 0.2 ^f

Effet de l'ablation des mains



Effet du rapport source-puits



- Conclusions:
 - Une modification du So-Pu ratio influence:
 - Les caractéristiques morphologiques (déjà démontré)
 - La sensibilité des fruits aux PDC
 - Liée aux caractéristiques de remplissage
 - » Influence la réponse de la plante aux pathogènes
 - Méthode de lutte intégrée

Effet du rapport source-puits



- Conclusions:
 - Impact de la suppression des mains > Impact de la suppression des feuilles
 - Effet de la défoliation dépendant:
 - Du moment de la défoliation
 - De l'intensité de la défoliation
 - De la manière dont celle-ci est effectuée
 - Phénomènes de compensation:
 - En provenance des autres parties photosynthétiques de la plante
 - Augmentation de la capacité photosynthétique des feuilles restantes

Influence des facteurs pré-récolte



- Conclusions:

- Le rapport So-Pu et le niveau d'insertion de la main sur le régime sont deux facteurs pré-récolte influençant la sensibilité des fruits aux PDC



Le stade de développement du fruit
Les caractéristiques de remplissage du fruit



Relation étroite et dépendante des conditions agro-techniques et pédo-climatiques de la zone de production

Influence des facteurs pré-récolte

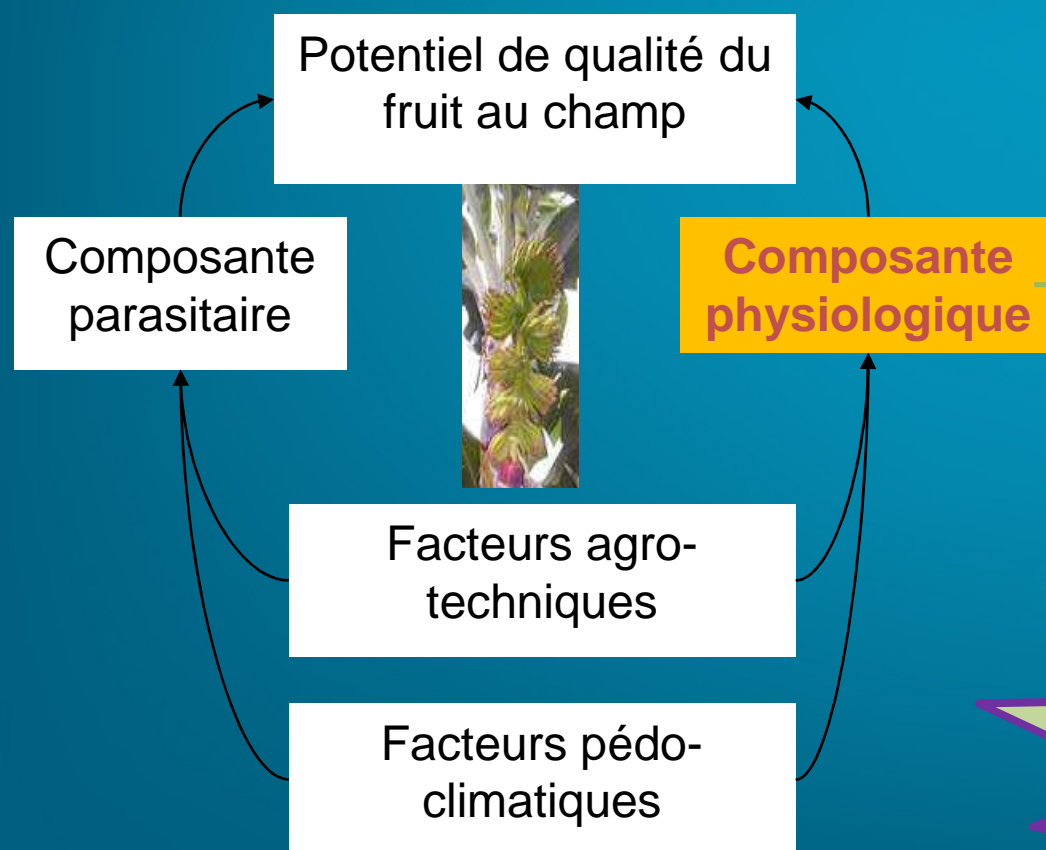


- Conclusions:
 - Le développement des PDC résulte de la balance nutritionnelle durant la phase de croissance du bananier
 - Cette balance:
 - Est la conséquence de toutes les relations plante-environnement
 - Peut affecter les relations plante-pathogènes de deux manières:
 - » Influence la capacité de la plante à établir les mécanismes de défense
 - » Suite à une altération de la biodisponibilité des nutriments nécessaires au développement du pathogène



Les réponses biologiques des fruits à un stress sont contrôlées et régulées par l'expression de certains gènes associés à des voies métaboliques particulières

Objectifs

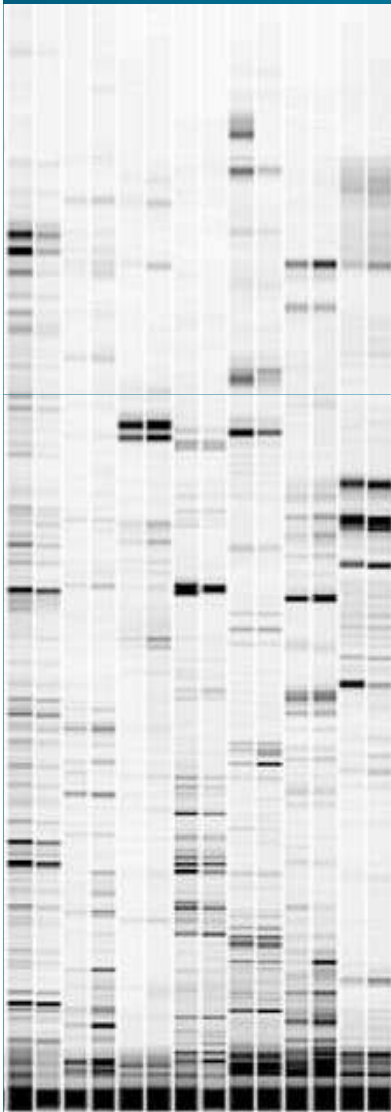


Recherches proposées

Evaluation de l'importance de la composante physiologique du fruit à la récolte sur le développement des PDC

Evaluation de l'influence de paramètres pré-récolte sur le développement des PDC

Etude des déterminants génétiques de la sensibilité des fruits aux PDC



III.

Identification des gènes
potentiellement impliqués
dans les variations de
sensibilité des fruits aux
PDC

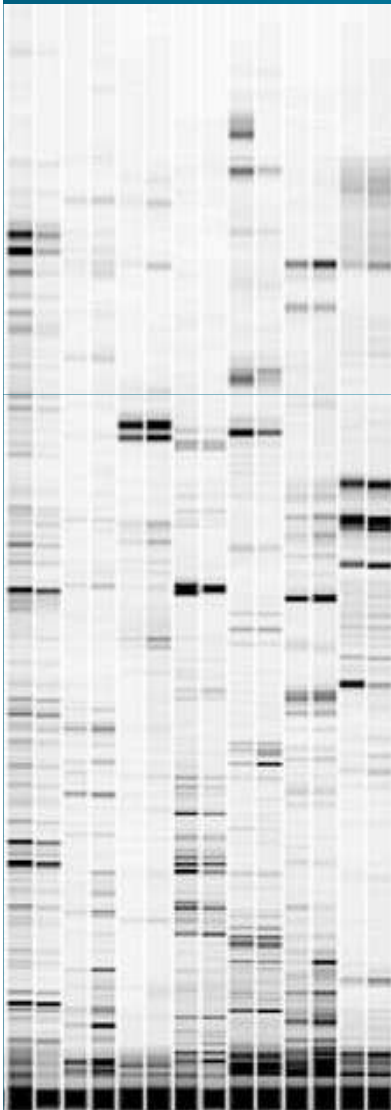
Introduction

Étude des gènes différemment
exprimés entre des couronnes S+ et
des couronnes S-



cDNA-AFLP

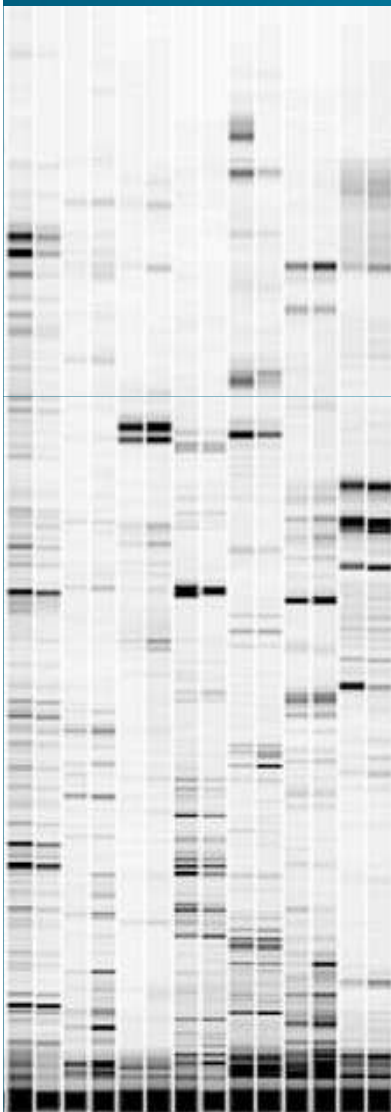
Introduction



1. Mise au point des techniques:
 - D'échantillonnage
 - D'analyses

2. Identification des gènes potentiellement impliqués

Mise au point: techniques d'analyses



- Difficulté (1): Obtention d'ARN
 - de qualité
 - en quantité suffisante
 - utilisables pour des analyses moléculaires
 - Instabilité des ARN (Rnase)
 - Fruit (Rnase, polysaccharides et polyphénols)
 - Echec des méthodes traditionnelles

Mise au point: techniques d'analyses

- Difficulté (1): Obtention d'ARN
 - Echec des méthodes traditionnelles



Comparaison de 7 techniques d'extraction- 3 types de tissus- 2 stades de maturité



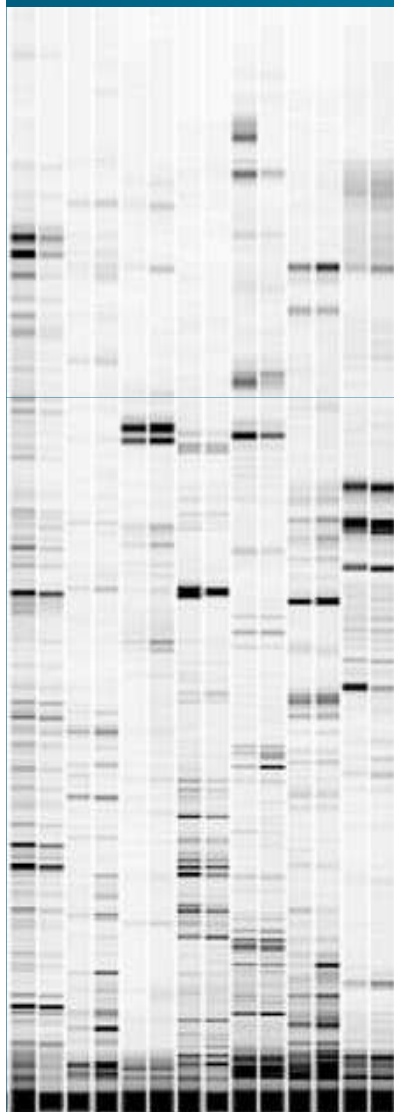
Identification d'une technique: Wan et Wilkins (1994) modifié par Mbéguié-A-Mbéguié, *et al.* (2008) et adaptée à nos conditions de travail



Le rendement est fonction

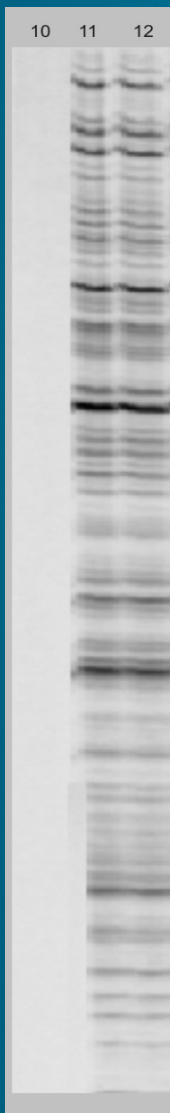
Du type de tissus (Pulpe > Peau > Couronne)

Du stade de maturité (Immature > Mature)




Mise au point: techniques d'analyses

- Difficulté (2): Conserver les échantillons collectés sans modifier la qualité et le profil d'expression des ARNm (ultra-basse t°)

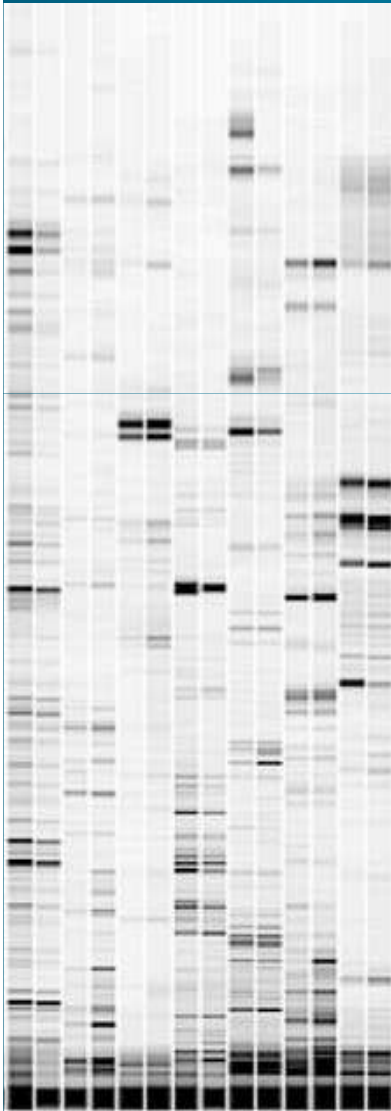


Comparaison de 4 techniques de conservation des échantillons *In situ* (21jours):

- Lyophilisation des échantillons

- 
- Rendement, qualité et intégrité de l'extraction = tissus frais
 - Conservation à T° ambiante
 - Préservation du profil d'expression (originalité de l'étude)
 - Broyage facile: pas d'N liquide
 - Facilement transportable
 - Quantité d'ARN obtenu en 1 extraction: x 10-12

Mise au point: techniques d'échantillonnage

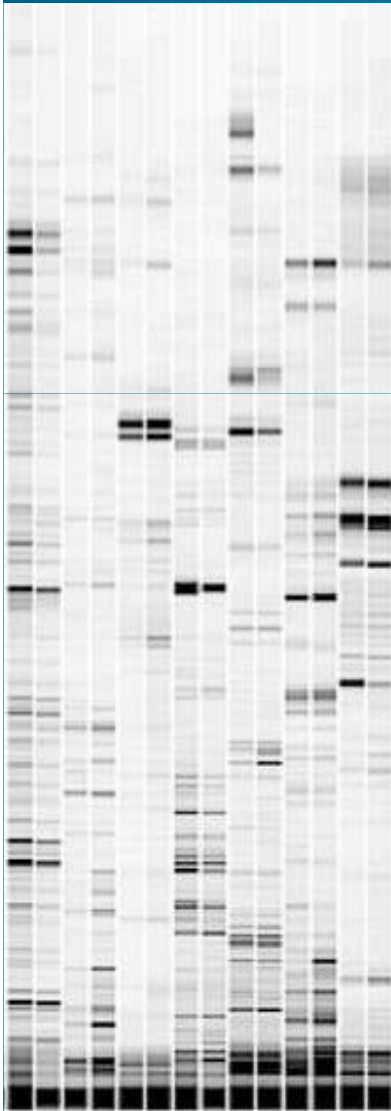


- Difficulté (3):
 - Analyser l'expression des gènes (S+ et S-) à la récolte (J) alors que le niveau de sensibilité des fruit ne peut être évalué qu'après apparition des symptômes (j+10-13).
 - Difficulté de sélectionner à priori les régimes qui serviront aux analyses moléculaires pour comparer S+ et S-



Utilisation de la modification des rapports source-puits pour prévoir les niveaux de sensibilité

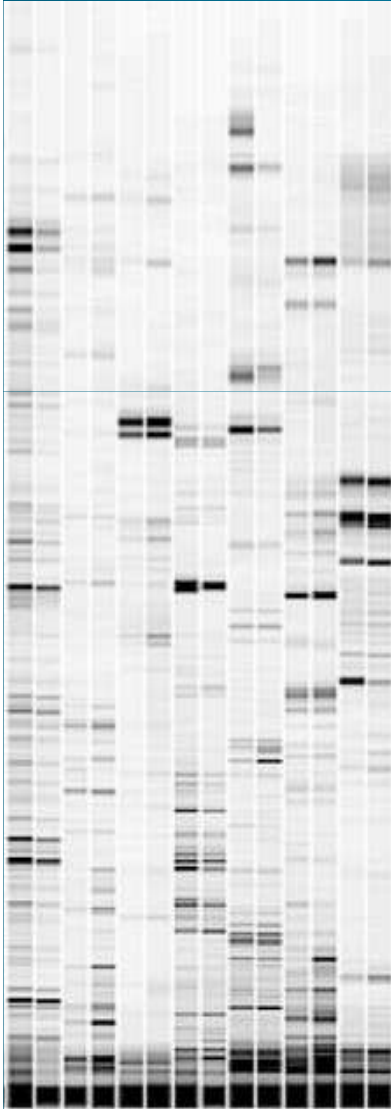
Introduction



1. Mise au point des techniques:
 - D'échantillonnage
 - D'analyses

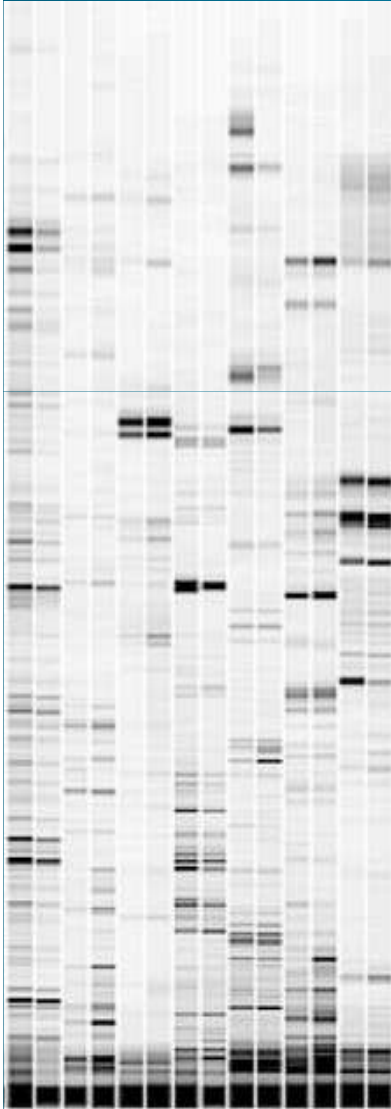
2. Identification des gènes potentiellement impliqués dans les réactions de sensibilité des couronnes au PDC

Analyse de l'expression différentielle



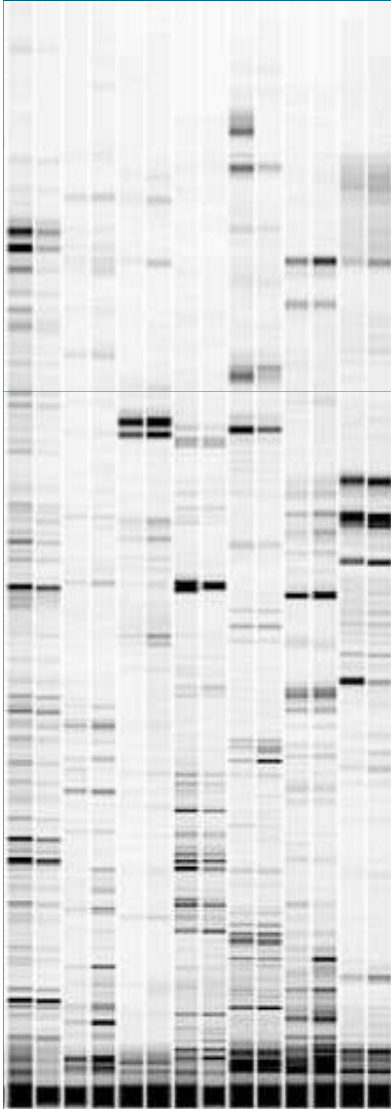
- Etudier l'expression différentielle de gènes par comparaison de profil d'ARNm
 - Issus de couronnes présentant 1 faible niveau de sensibilité (S-) et une autre présentant un niveau élevé de sensibilité (S+)
 - A deux moments différents:
 - A la récolte (*R*) (avant inoculation du pathogène)
 - 13 jours après récolte (Après apparition des symptômes) (*Sy*)

Analyse de l'expression différentielle

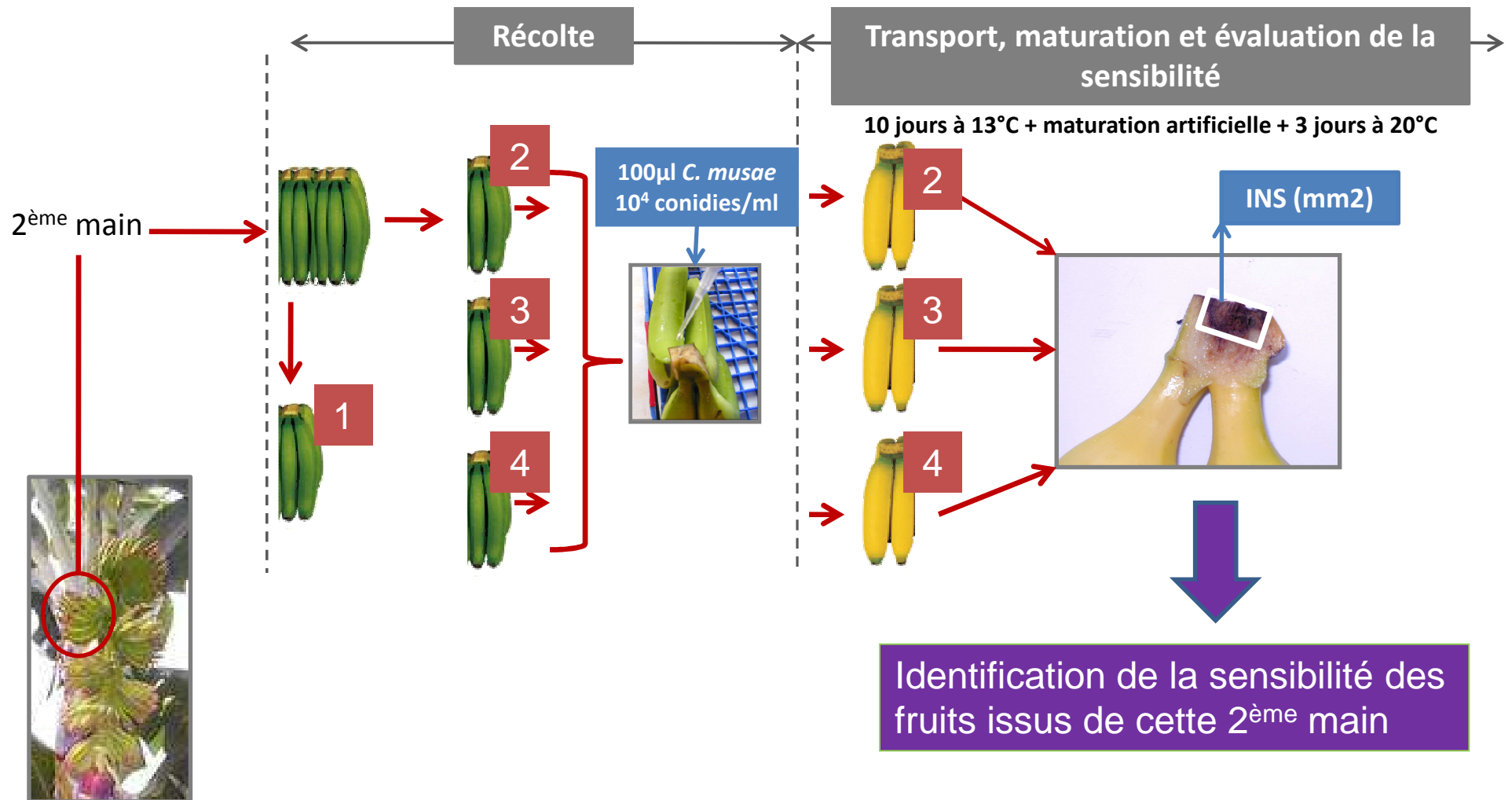


- Etudier l'expression différentielle de gènes par comparaison de profil d'ARNm
 - Issus de couronnes présentant 1 faible niveau de sensibilité (S-) et une autre présentant un niveau élevé de sensibilité (S+)
 - A deux moments différents:
 - A la récolte (*R*) (avant inoculation du pathogène)
 - 13 jours après récolte (Après apparition des symptômes) (*Sy*)

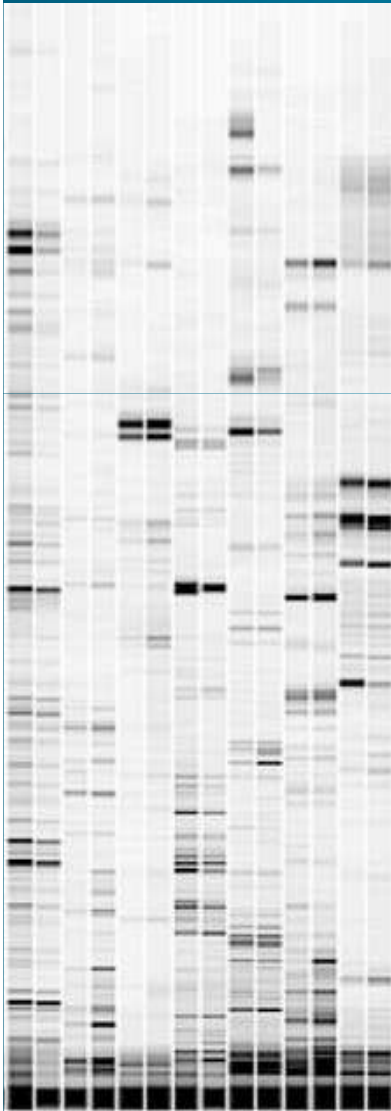
Analyse de l'expression différentielle



- Etudier l'expression différentielle de gènes par comparaison de profil d'ARNm
 1. Evaluer la sensibilité des fruits



Analyse de l'expression différentielle



- Etudier l'expression différentielle de gènes par comparaison de profil d'ARNm

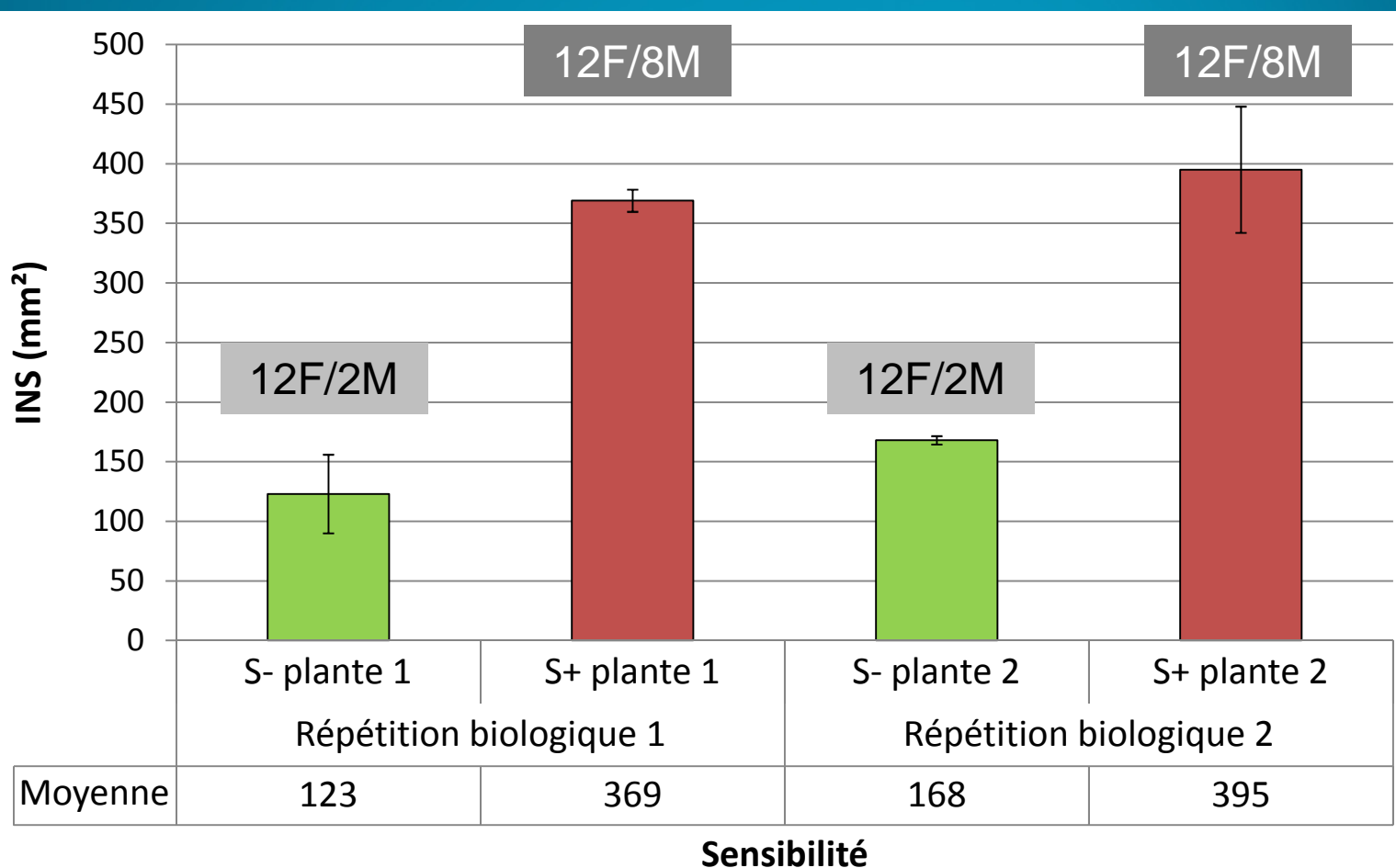
1. Evaluer la sensibilité des fruits



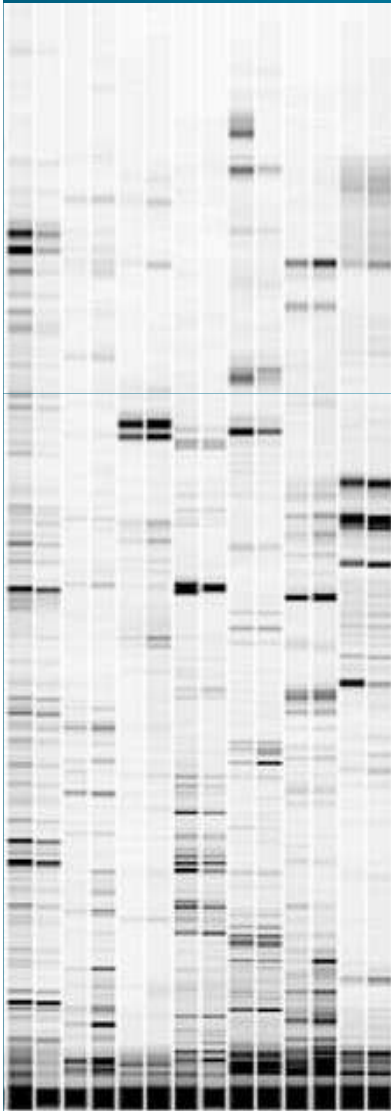
Sélection de bananiers S+ et S- pour les analyses moléculaires

Analyse de l'expression différentielle

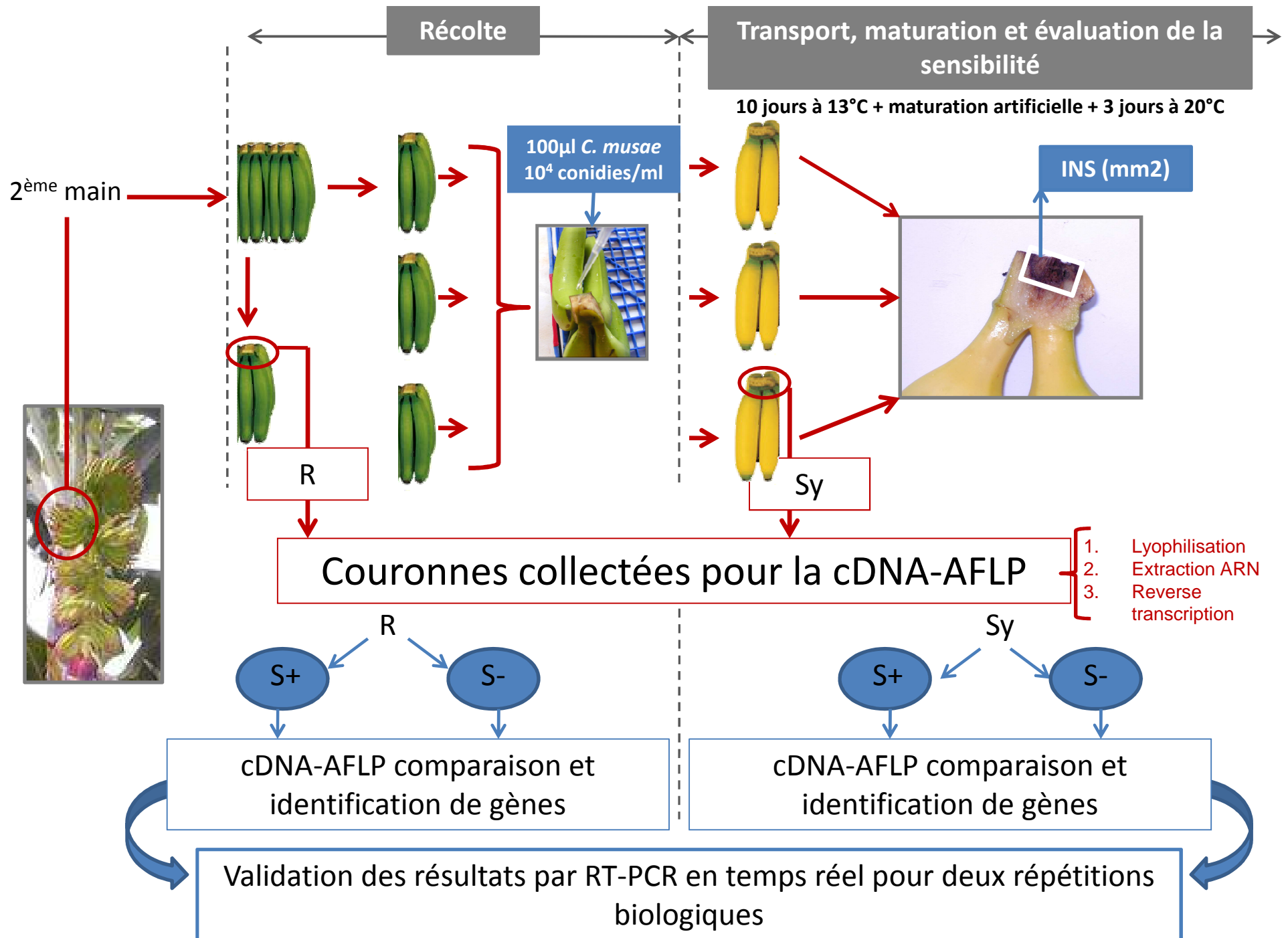
- Résultats: Evaluation de la sensibilité



Analyse de l'expression différentielle

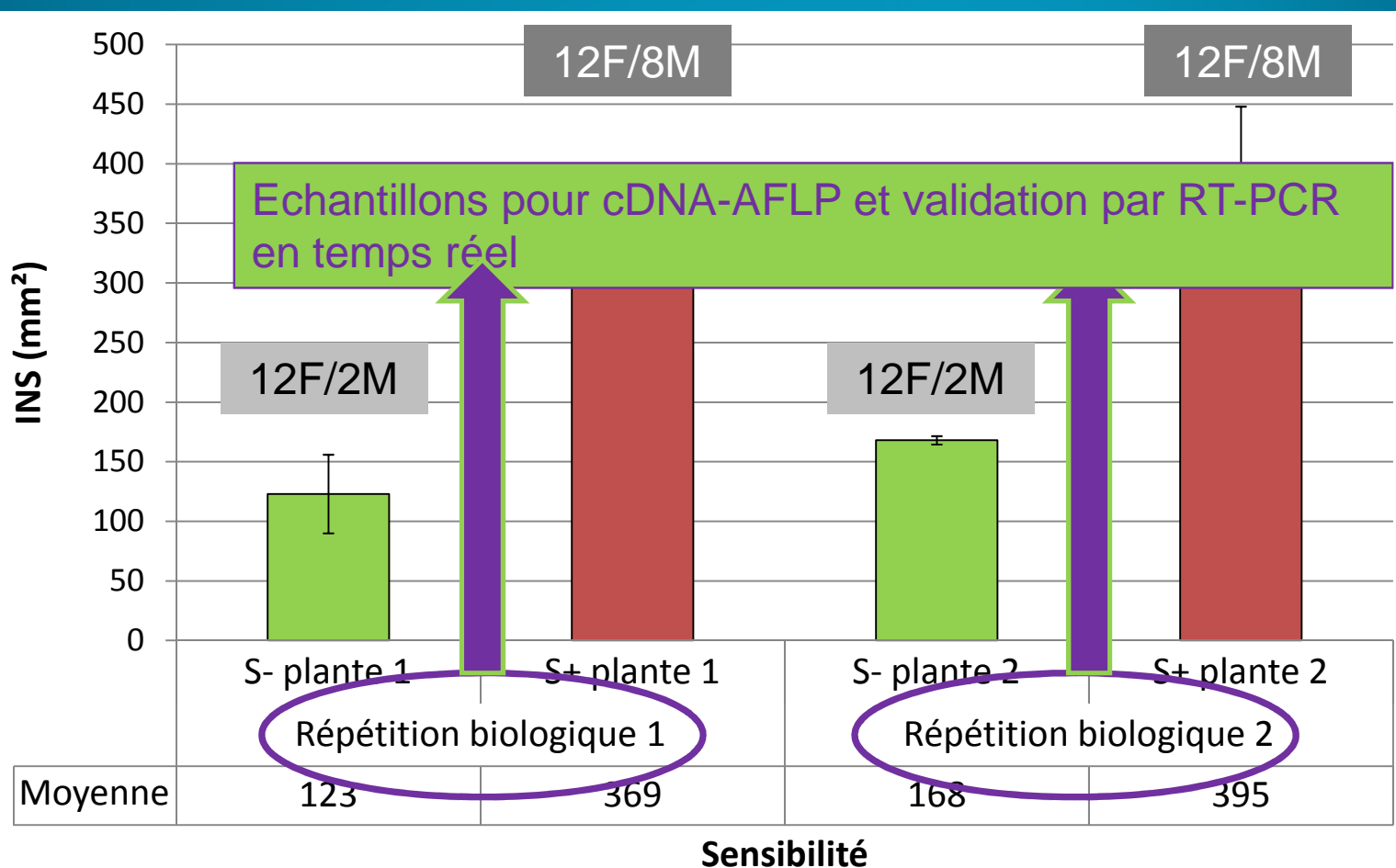


- Etudier l'expression différentielle de gènes par comparaison de profil d'ARNm
 1. Evaluer la sensibilité des fruits
 2. Identifier les déterminants génétiques impliqués dans les variations de sensibilité observées (comparaison des profils d'expression entre S- et S+)
 - à la récolte (R)
 - 13 jours après inoculation (Sy)



Analyse de l'expression différentielle

- Résultats: Evaluation de la sensibilité

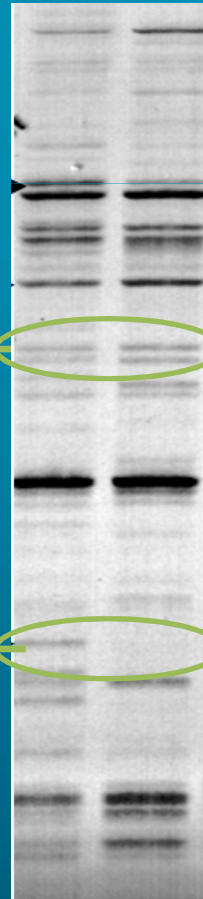


Analyse de l'expression différentielle

Eco RI+cc/Mse I+ag

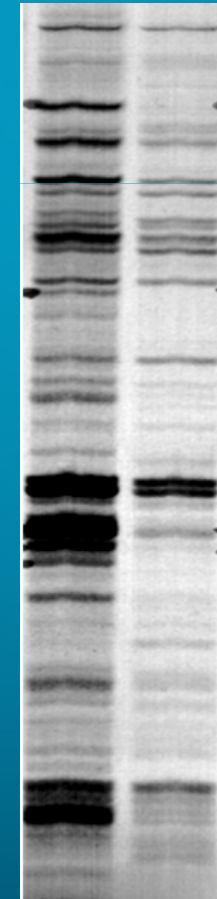
R

S- S+



Sy

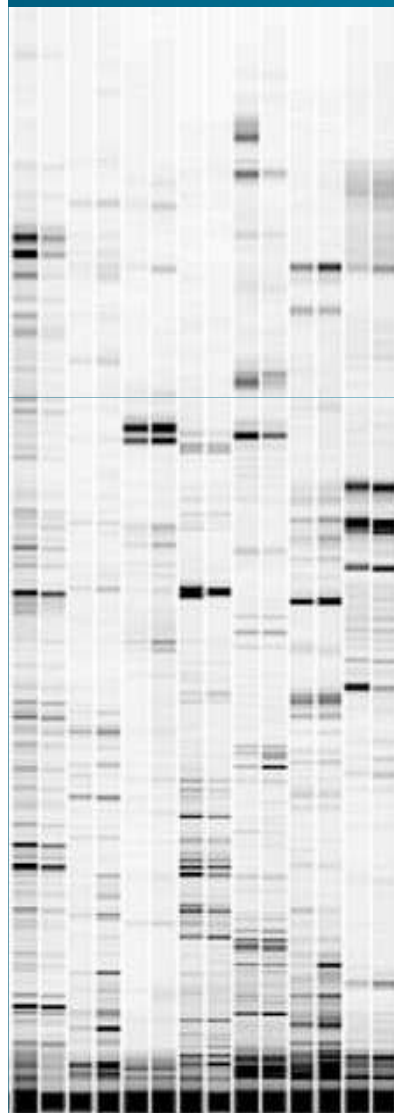
S- S+



Expression identique

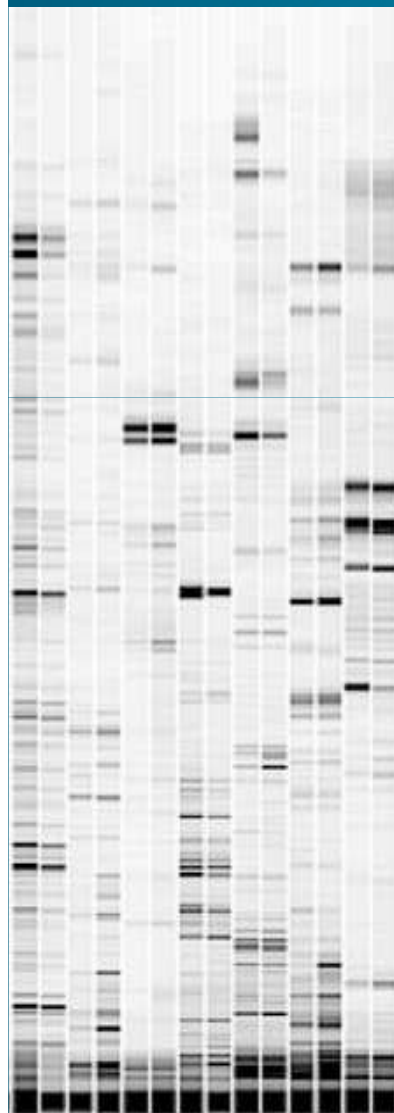
Surexpression

Analyse de l'expression différentielle



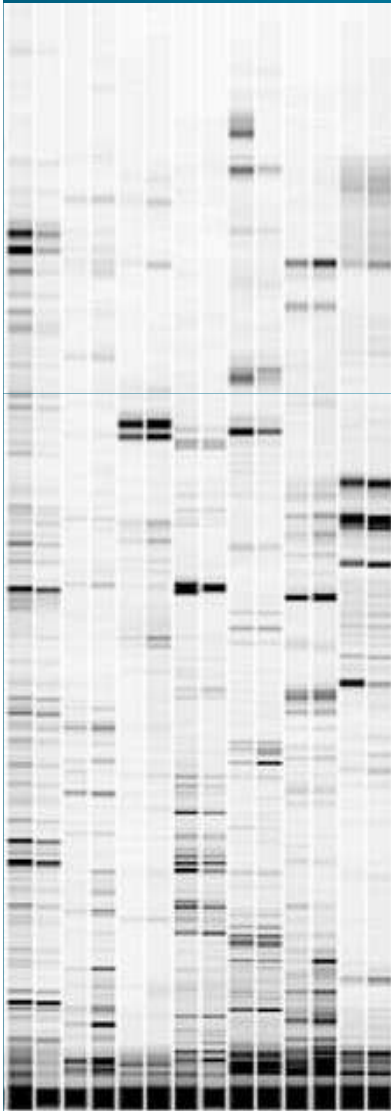
Profil d'expression (R)	Nombre
Fragments issus du profil cDNA dans S ⁻ et S ⁺	822 et 683
Fragments différemment exprimés	157
Surexprimés chez S ⁻	62
Réprimés chez S ⁻	95
Fragments sélectionnés et excisés	32
Fragments réamplifiés, clonés et séquencés avec succès	16
Fragments présentant des similitudes significatives non redondantes avec les bases de données	15
Fragments sélectionnés pour la validation par RT-PCR en temps réel	7
Confirmation de l'expression obtenue par cDNA-AFLP via RT-PCR en temps réel/ Répétition biologique 1	7
Confirmation de l'expression obtenue par cDNA-AFLP via RT-PCR en temps réel/ Répétition biologique 2	6

Analyse de l'expression différentielle



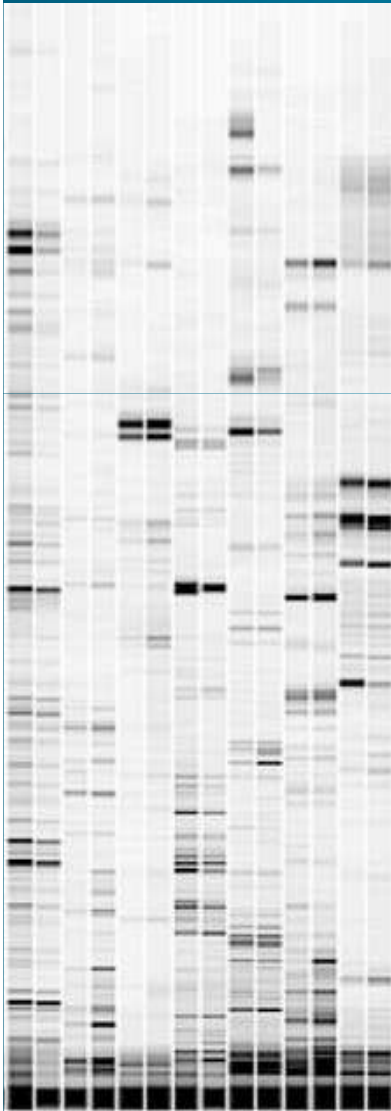
Profil d'expression (Sy)	Nombre
Fragments issus du profil cDNA dans S ⁻ et S ⁺	811 and 845
Fragments différemment exprimés	286
Surexprimés chez S ⁻	166
Réprimés chez S ⁻	120
Fragments sélectionnés et excisés	99
Fragments réamplifiés, clonés et séquencés avec succès	62
Fragments présentant des similitudes significatives non redondantes avec les bases de données	31
Fragments sélectionnés pour la validation par RT-PCR en temps réel	21
Confirmation de l'expression obtenue par cDNA-AFLP via RT-PCR en temps réel/ Répétition biologique 1	17
Confirmation de l'expression obtenue par cDNA-AFLP via RT-PCR en temps réel/ Répétition biologique 2	5

Analyse de l'expression différentielle



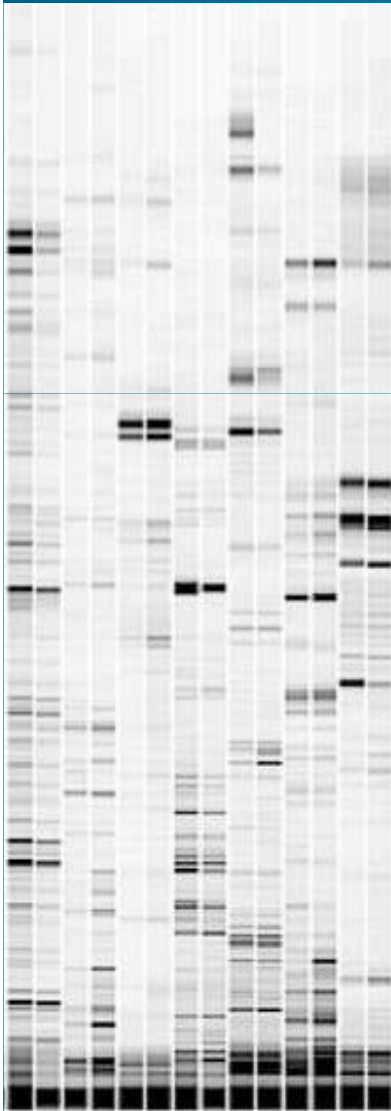
- Nécessité de la validation des résultats de cDNA-AFLP par une technique indépendante
 - Confirmation de l'expression pour 86% des fragments
 - Une bande peut contenir plusieurs fragments de même taille
 - Clonage
 - Surévaluation de l'expression

Analyse de l'expression différentielle



- Importance de la deuxième répétition biologique avant de conclure sur l'implication d'un gène dans un processus particulier
 - Confirmation dans 46% des cas

Analyse de l'expression différentielle



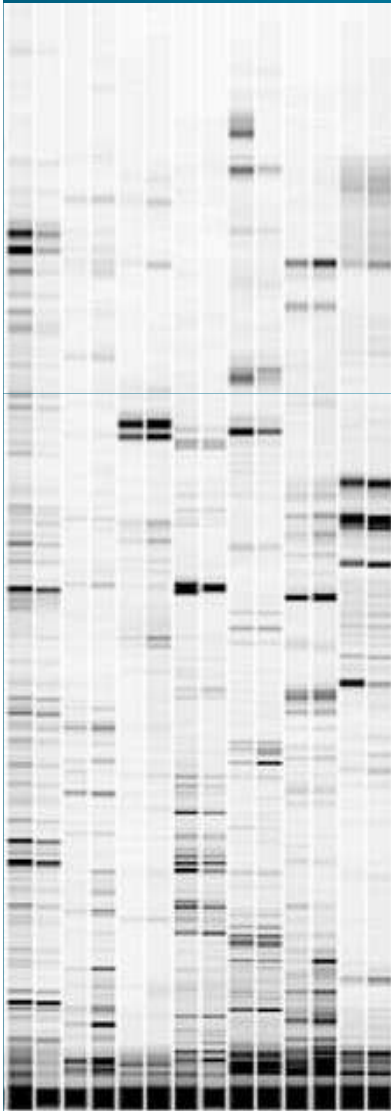
- Inconvénients de la cDNA-AFLP
 - Importante fraction de cDNA ne pouvant être analysés
 - Absence des sites de restriction
 - Sélection subjective des cDNA
 - Technique lourde et consommatrice de temps
 - Sélections aux différentes étapes
 - Seuls les fragments présentant des homologues avec les bases de données ont pu être identifiés (60%)

Analyse de l'expression différentielle

- Inconvénients de la cDNA-AFLP
 - Importante fraction de cDNA ne pouvant être analysés



Garder à l'esprit que des gènes intéressants impliqués dans la réponse du fruit aux PDC restent à découvrir




Le niveau de régulation est défini chez les S-:

« + » signifie une surexpression chez les plantes S- comparée aux S+

« - » signifie une sous-expression chez les plantes S- comparée aux S+

- ± 1 : moins de deux fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 2 : de 2 à 5 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 3 : de 5 à 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 4 : plus de 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-

Annotation	Isolément	Niveau de régulation	
		R	Sy
Protein Kinase		+ 2	+ 4
Dual specificity phosphatase		- 4	+ 4
Ubiquitin ligase		- 2	+ 3
Ubiquitin carboxyl-terminal hydrolase		-1; +1	+2
Serine carboxypeptidase		+2	+3
Glicolipid-transfer protein			
Glicolipid-transfer protein			
Cellulose synthase			
CAF1			
Dopamine- β -hydroxylase			
Hypothetical protein			

- Impliqué dans la phosphorylation/déphosphorylation des protéines
- Sont déclenchées par de nombreux stimuli et cible une large gamme d'effet en aval

Régulation de nombreux processus

Les mécanismes de défense: Bien connu mais complexe

Le niveau de régulation est défini chez les S-:

« + » signifie une surexpression chez les plantes S- comparée aux S+

« - » signifie une sous-expression chez les plantes S- comparée aux S+

- ± 1 : moins de deux fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 2 : de 2 à 5 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 3 : de 5 à 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 4 : plus de 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-

Annotation	Niveau de régulation	Niveau de régulation	
		R	Sy
Protein Kinase		+ 2	+ 4
Dual specificity phosphatase		- 4	+ 4
Ubiquitin ligase		- 2	+ 3
Ubiquitin carboxyl-terminal hydrolase	Sy	-1; +1	+2
Serine carboxypeptidase	Sy	+2	+3
Glicolipid-t			
Glicolipid-t			
Cellulose sy			
CAF1			
Dopamine-			
Hypothetic			

Proteolytic pathway

Régule le niveau des protéines

- Suppression des protéines anormales, non-fonctionnelles ou de durée d'action limitée
- Recyclage des protéines (relarguage des acides aminés)
- Régulation de processus biologiques



Y compris ceux impliqués dans la réponse des plantes aux pathogènes

Le niveau de régulation est défini chez les S-:

« + » signifie une surexpression chez les plantes S- comparée aux S+

« - » signifie une sous-expression chez les plantes S- comparée aux S+

- ± 1 : moins de deux fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 2 : de 2 à 5 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 3 : de 5 à 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 4 : plus de 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-

Annotation	Isolement	Niveau de régulation	
		R	Sy
Protein Kinase	R	+ 2	+ 4
Dual specificity phosphatase	Appartient aux protéines de transfert des lipides		
Ubiquitin ligase			
Ubiquitin carboxyl-terminal hydrolase	Sy	-1; +1	+2
Serine carboxypeptidase	PR-14	+2	+3
Glicolipid-transfer protein		- 1	+ 3
Glicolipid-transfer protein		- 1	+ 3
Cellulose synthase		-2	-2
CAF1	-	-1; +1	+2
Dopamine- β -hydroxylase	R	+ 1	+ 4
Hypothetical protein	R	- 4	- 4

Le niveau de régulation est défini chez les S-:

« + » signifie une surexpression chez les plantes S- comparée aux S+

« - » signifie une sous-expression chez les plantes S- comparée aux S+

- ± 1 : moins de deux fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 2 : de 2 à 5 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 3 : de 5 à 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 4 : plus de 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-

Annotation	Isolement	Niveau de régulation	
		R	Sy
Protein Kinase	R	+ 2	+ 4
Dual specificity phosphatase	R	- 4	+ 4
Ubiquitin ligase	R	- 2	+ 3
Ubiquitin carboxyl terminal hydrolase	Sy	- 1; + 1	+ 2
Serine carboxylase	Sy	- 1	+ 2
Glicolipid transfer protein	Sy	- 1	+ 3
Cellulose synthase	Sy	- 2	- 2
CAF1	Sy	- 1; + 1	+ 2
Dopamine- β -hydroxylase	R	+ 1	+ 4
Hypothetical protein	R	- 4	- 4

Sous-exprimé chez les S-

- Résultat surprenant (composant des parois cellulaires)
- Activation de la synthèse de lignine?

Le niveau de régulation est défini chez les S-:

« + » signifie une surexpression chez les plantes S- comparée aux S+

« - » signifie une sous-expression chez les plantes S- comparée aux S+

- ± 1 : moins de deux fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 2 : de 2 à 5 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 3 : de 5 à 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 4 : plus de 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-

Annotation	Isolement	Niveau de régulation	
		R	Sy
Protein Kinase	R	+ 2	+ 4
Dual specificity phosphatase	R	- 4	- 4
<ul style="list-style-type: none"> • Une sur-expression de ce gène est associée à un niveau de sensibilité faible 'Sy'. • Suggéré comme étant impliqué dans la régulation de la croissance et les réponses de défense des plantes • Les fonctions biochimiques et physiologiques ne sont pas établies • La sur-expression constitutive de nombreux gènes PR (PR1, PR2, PR6, ...) est associée à une sur-expression du gène CAF1 			
Glicolipid-transfer protein	Sy	- 1	+ 3
Cellulose synthase	Sy	-2	-2
CAF1	Sy	-1; +1	+2
Dopamine- β -hydroxylase	R	+ 1	+ 4
Hypothetical protein	R	- 4	- 4

Le niveau de régulation est défini chez les S-:

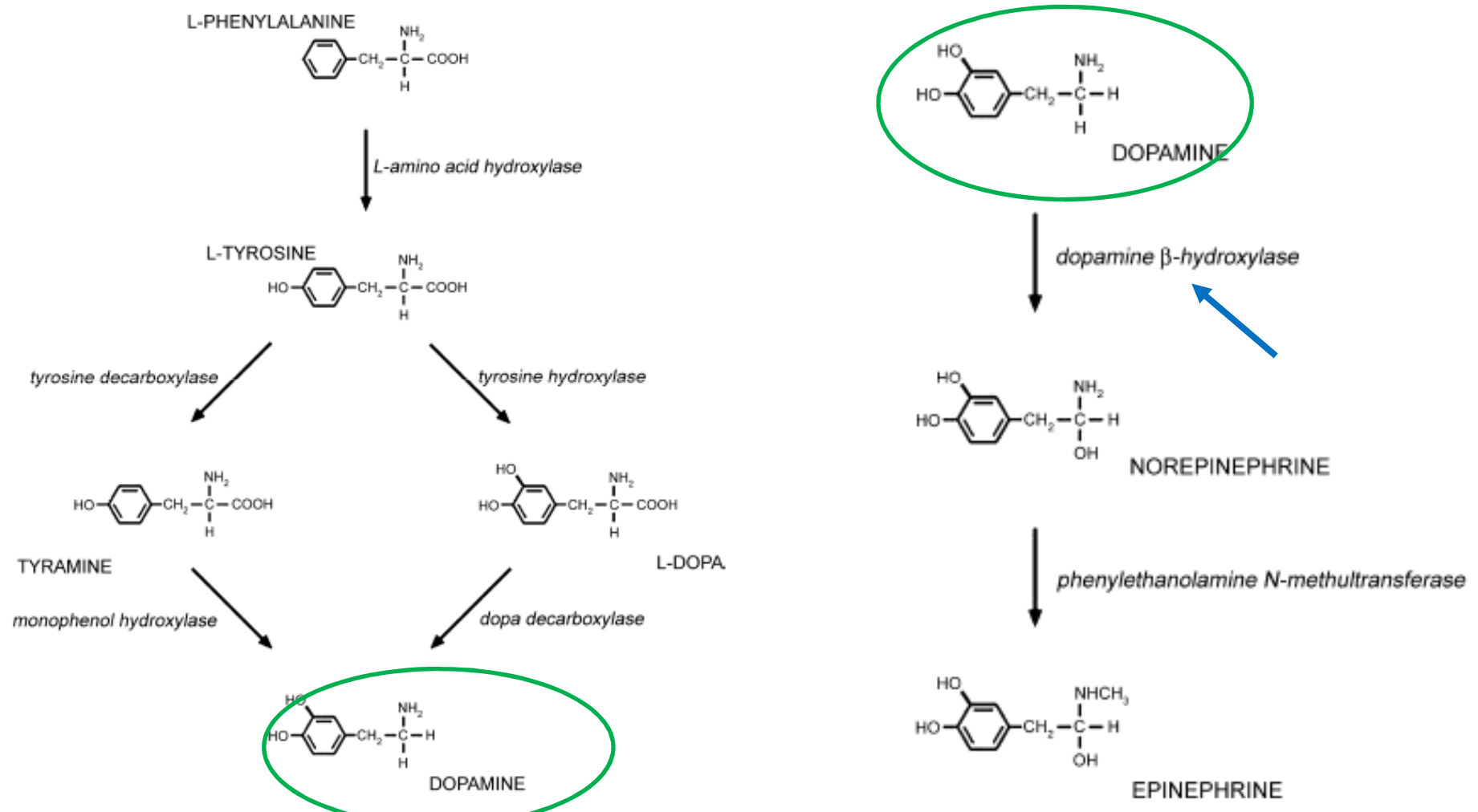
« + » signifie une surexpression chez les plantes S- comparée aux S+

« - » signifie une sous-expression chez les plantes S- comparée aux S+

- ± 1 : moins de deux fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 2 : de 2 à 5 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 3 : de 5 à 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-
- ± 4 : plus de 10 fois sur- ou sous-exprimé chez S-

Annotation	Isolement	Niveau de régulation	
		R	Sy
Protein Kinase	R	+ 2	+ 4
Dual specificity phosphatase	R	- 4	+ 4
Ubiquitin ligase	R	- 2	+ 3
Ubiquitin carboxyl-terminal hydrolase	Sy	-1; +1	+2
Serine carboxypeptidase	Sy	+2	+3
Glicolipid-transfer protein	R	- 1	+ 3
Glicolipid-transfer protein	Sy	- 1	+ 3
Cellulose synthase	Appartient à la voie de synthèse des catécholamines		-2
CAF1	Sy	-1; +1	+2
Dopamine- β -hydroxylase	R	+ 1	+ 4
Hypothetical protein	R	- 4	- 4

Voie de synthèse des catécholamines chez les plantes



A. Kulma, J. Szopa/Plant Science 172 (2007) 433–440

Dopamine- β -hydroxylase

- Catécholamines, leurs dérivés et précurseurs
 - Leurs fonctions sont variées et complexes
 - Influencent de nombreux aspects de la physiologie chez les plantes
 - Etat oxydatif
 - Régulation de la croissance et du développement
 - Régulation du métabolisme des sucres
 - Floraison
 - Composés actifs dans la réponse des plantes aux stress
 - Mécanismes?
 - ...

Dopamine- β -hydroxylase

- Cavendish reconnues pour leur taux élevé de catécholamines et en particulier la dopamine (100 μ g/g FW) (7 μ g/g FW chez la PDT- 2^{ème} de la liste) (Kulma and Szopa, 2007)



Les catécholamines jouent-elles un rôle important dans la physiologie de la banane?



Les catécholamines et leurs produits d'oxydation ont déjà été suggérés comme étant impliqués dans les mécanismes de défense de la banane

Conclusions

- Voie de transduction du signal et protéolyse



Non surprenant

- Protéine de transfert des glycolipides



Appartient aux PR14

- CAF1, Cellulose synthase and Dopamine hydroxylase



Pistes de recherche intéressantes mais des approfondissements sont nécessaires

Conclusions

La défense des plantes dépend de nombreux paramètres et modes d'action.
Il n'est donc pas facile de déterminer quels composés sont à la fois nécessaires et suffisants pour fournir une protection



Les résultats de cette études suggèrent quelques hypothèses mais des recherches complémentaires sont nécessaires



Conclusions et perspectives

Conclusions



- Première approche
- Voies de recherche ont été ouvertes et doivent être approfondies tant sur le plan physiologique que génétique

Conclusions



- Importance de la Cph
 - Variations temporelles
 - Guadeloupe: jsq 4x de la taille des lésions sur 11 semaines
 - Cameroun
- Mise en évidence de facteurs pré-récolte:
 - Rapport So-Pu
 - Pratiques culturelles
 - Niveau d'insertion sur le régime
 - Echantillonnage

Conclusions

- Mise en évidence de facteurs pré-récolte:



la balance nutritionnelle

- S'établit durant la phase de croissance
- Varie d'un bananier à l'autre; d'une main à l'autre
- Résulte de l'ensemble des interactions physiologiques entre la plante et son environnement (macro > micro)
- Affecte les relations hôte-pathogène de deux façons:
 - Capacité de la plante à établir les mécanismes de défense
 - Altération de la biodisponibilité des nutriments nécessaires au développement des pathogènes



Conclusions et perspectives



Une meilleure compréhension des conditions favorables au développement de la maladie devrait aider à une meilleure gestion de son contrôle

Conclusions et perspectives



- Technique:
 - Proposition d'une méthodologie (récolte – analyses moléculaires) pour étudier l'expression différentielle des gènes chez des plantes récalcitrantes
 - Lyophilisation (méthode innovante)
 - Nécessité de valider les résultats
 - Une méthode indépendante
 - Pour deux répétitions biologiques

Conclusions et perspectives



- Certains gènes mis en évidence
 - Limites de la cDNA-AFLP
 - Gènes potentiellement intéressants n'ont pas été identifiés
 - Vérifier leur implication dans la sensibilité
 - Tests dans d'autres conditions de sensibilité. Non liées au rapport So-Pu

Conclusions



- Certains gènes mis en évidence
 - Voie de transmission du signal et protéolyse: mécanismes généraux de réponse à l'environnement
 - CAF1, GLTP, Cellulose synthase:
 - Impliqués dans les mécanismes de défense des plantes mais leurs rôles restent à définir
 - Dopamine- β -hydroxalase
 - Voie des catecholamines
 - Etudes complémentaires nécessaires

Merci de votre attention

