



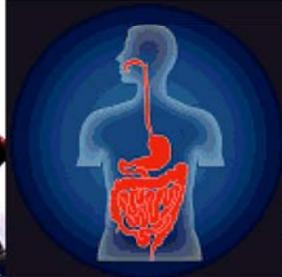
Méthodes d'étude de la qualité des fruits : quelques considérations pratiques et des avancées récentes

Catherine Renard
UMR408 SQPOV

Journées Doctoriales « Agronomie et environnement »
ISA Chott Mariem 23-24 avril 2013



Institut National de la Recherche Agronomique
Membre fondateur



© fotolia.com

Plan

- Quelques mots de présentation
- Echantillonnage
 - Pourquoi cette problématique
 - Interfruit
 - Intrafruit
- Méthodes rapides
 - Proche infra-rouge
 - Moyen infra-rouge
- Conclusion

UMR408 Sécurité et Qualité des Produits d'Origine Végétale

- Unité Mixte de Recherche:
 - INRA et Université d'Avignon
 - 60 personnes (chercheurs et EC, ingénieurs et techniciens, doctorants et post-docs)
- Disciplines:
 - Chimie, biochimie alimentaire, microbiologie
 - *Métabolites secondaires, Bacillus cereus*
 - *Physiologie, procédés, chimie analytique*
- Notre objet de recherche
 - Fruits et légumes, et leurs dérivés

Quels buts?

- Contribuer à une alimentation durable
 - « L'approche alimentation durable y est traitée du point de vue de la préservation du potentiel en micro-constituants d'intérêt nutritionnel. »
- Contribuer à reconcevoir les procédés pour les F&L transformés
 - pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle
 - en respectant la sécurité de ces produits
 - par des traitements calculés au plus juste
 - en visant une valorisation totale

Quelles déclinaisons scientifiques

- Innovation dans la transformation: amélioration des qualités nutritionnelle et sensorielle, praticité, procédés sobres et durables
 - Pour les F&L, un rôle clé des microconstituants (vitamines, caroténoïdes) et des fibres dans la qualité nutritionnelle
 - Devenir des microconstituants (quantitatif et qualitatif) dans les procédés et la digestion
- Cette amélioration demande souvent une diminution de l'intensité des traitements thermiques
 - Quelles conséquences en termes de risque microbiologique?
 - Focus sur les risques dûs aux bactéries sporulées (résistance traitement thermique)
- Utilisation maximale de la biomasse (co-produits ?)

UMR 408

Fruits & Légumes, produits végétaux

Transformation

Extraction
Hémisynthèse

Procédés
technologiques

Molécules

Aliments

Digestion

Propriétés

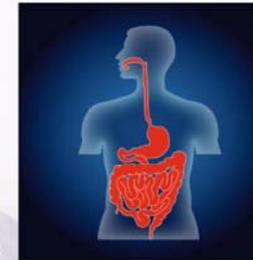
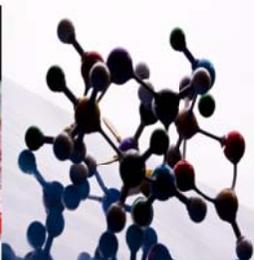
Pigments
Arômes

Antioxydants

Bénéfices
nutritionnels

Qualités
organoleptiques

Sécurité
microbiologique



UMR 408

Microorganismes

Diversité

Fruits & Légumes, produits végétaux

Transformation

Extraction
Hémisynthèse

Procédés
technologiques

Survie
Adaptation

Molécules

Aliments

Microorganismes

Digestion

Propriétés

Risque

Pigments
Arômes

Antioxydants

Bénéfices
nutritionnels

Qualités
organoleptiques

Sécurité
microbiologique



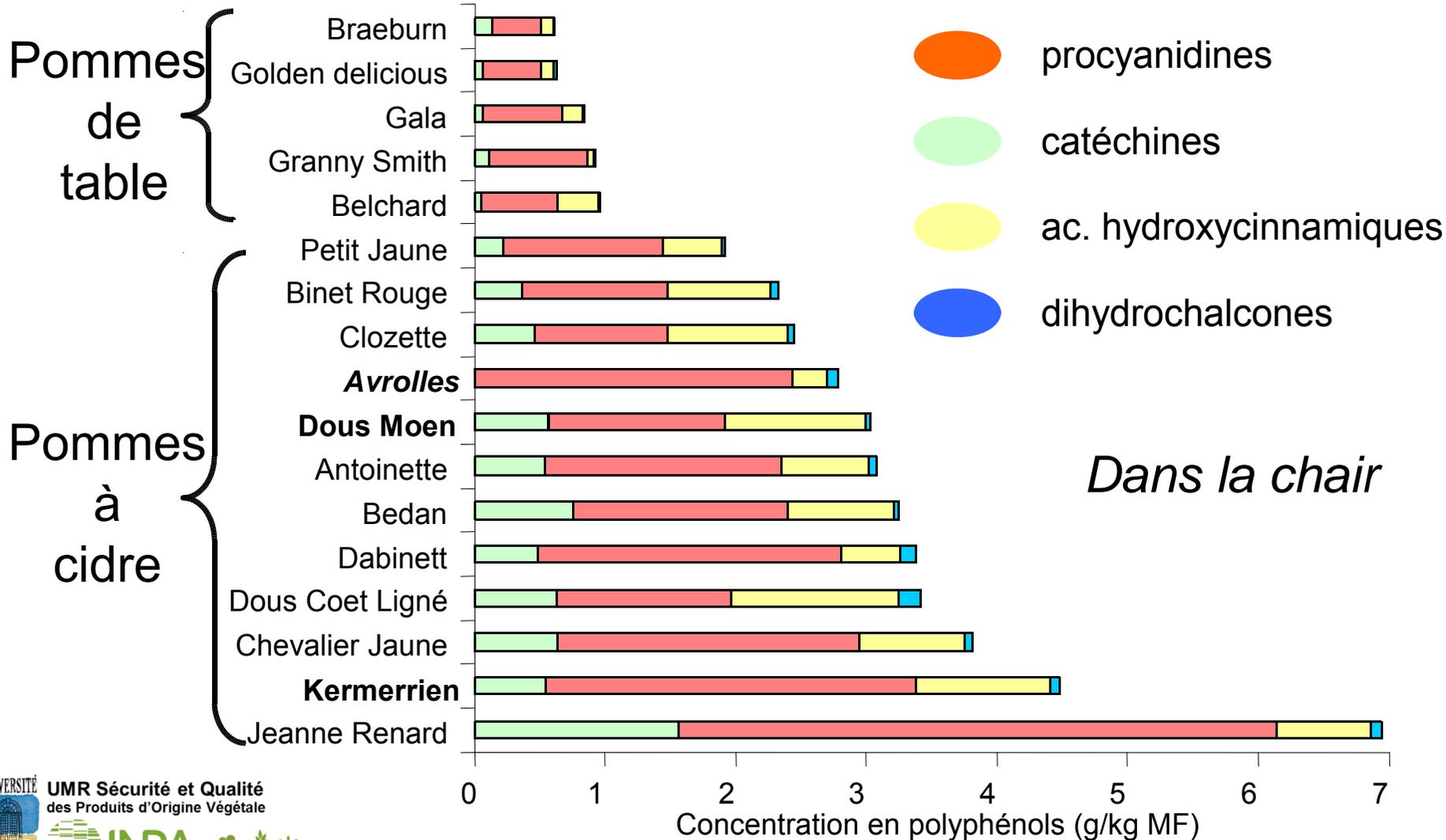
Caractériser la qualité des fruits

- La qualité... les qualités
 - Composition
 - Macro: sucres, acides, parois
 - Micro: arômes, polyphénols, caroténoïdes, vit C et B9...
 - Caractères physiques
 - Texture, couleur
 - Aptitude à la conservation
 - Respiration, éthylène
- Des importances différentes selon les acteurs
 - producteur,
 - metteur en marché, transformateur,
 - consommateur

Chaque fruit est un individu singulier

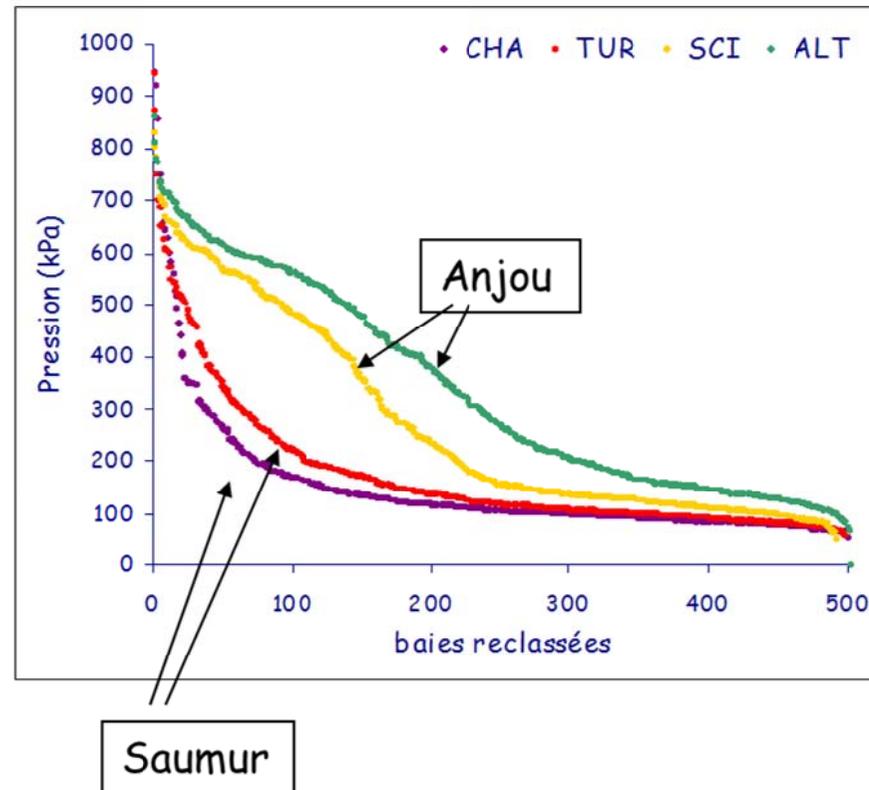
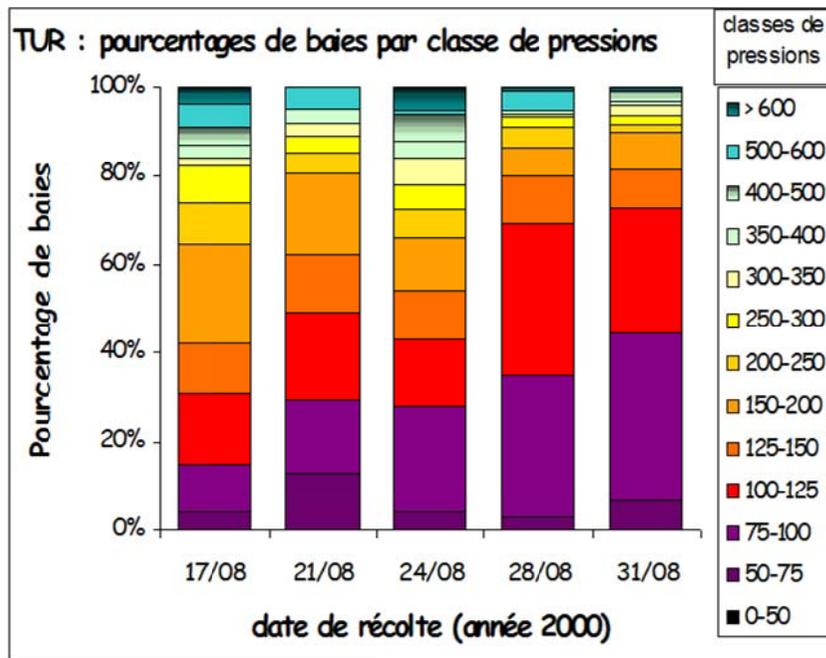
- Variation de la composition
 - Espèce et variété
 - Année et mode de culture
 - Précipitation, températures, ensoleillement
 - Alimentation: fertilisation, charge, position
 - Stress biotiques et abiotiques
 - Dans le fruit lui-même
 - Maturité (pré et post-récolte)
 - Tissus et position
- Comment avoir l'image la fidèle possible?
 - Rendre compte de la moyenne et de la variabilité
 - Des solutions différentes selon les questions

Certains microconstituants varient de plus de 1 à 10 avec la variété



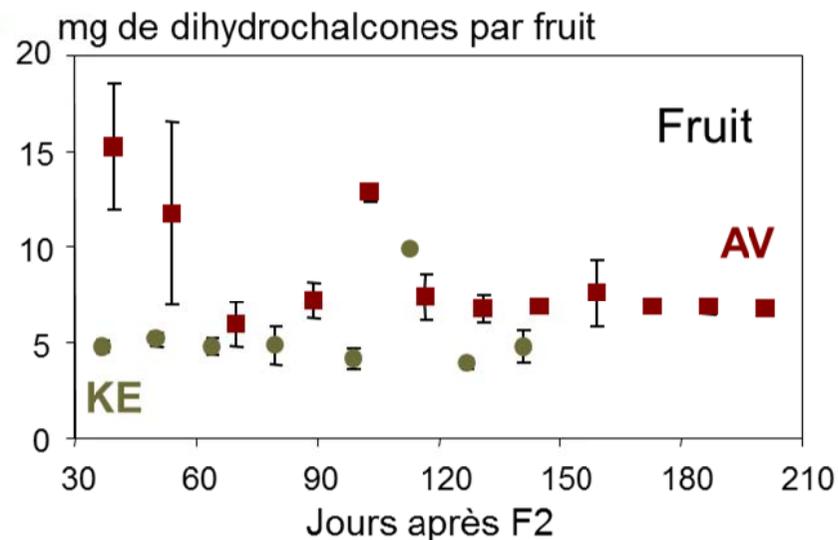
Un exemple intravariété sur du raisin « cabernet franc »

- Evolution de la pression selon la date de récolte ou la parcelle



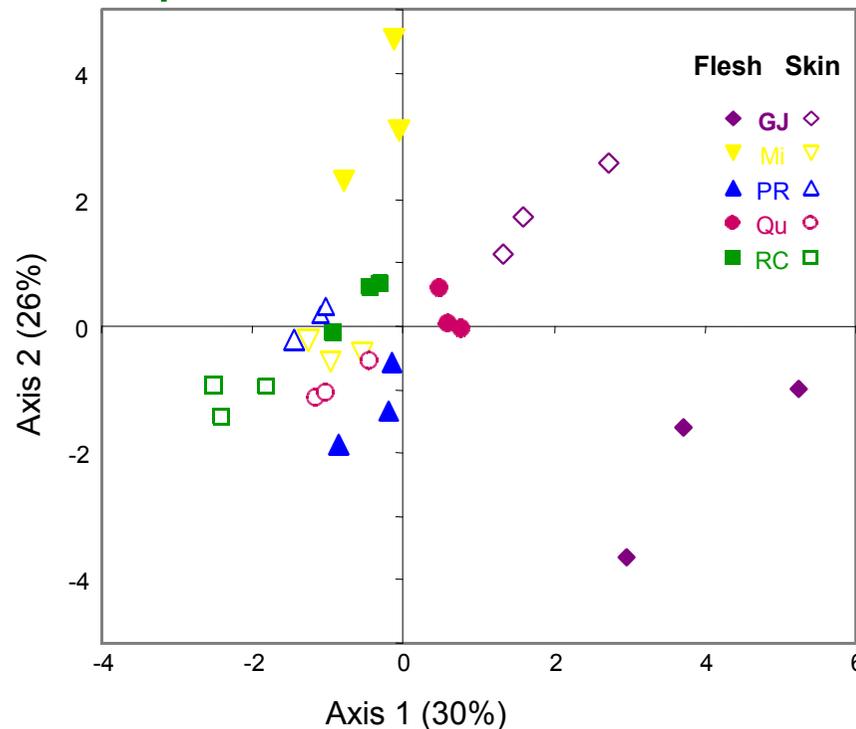
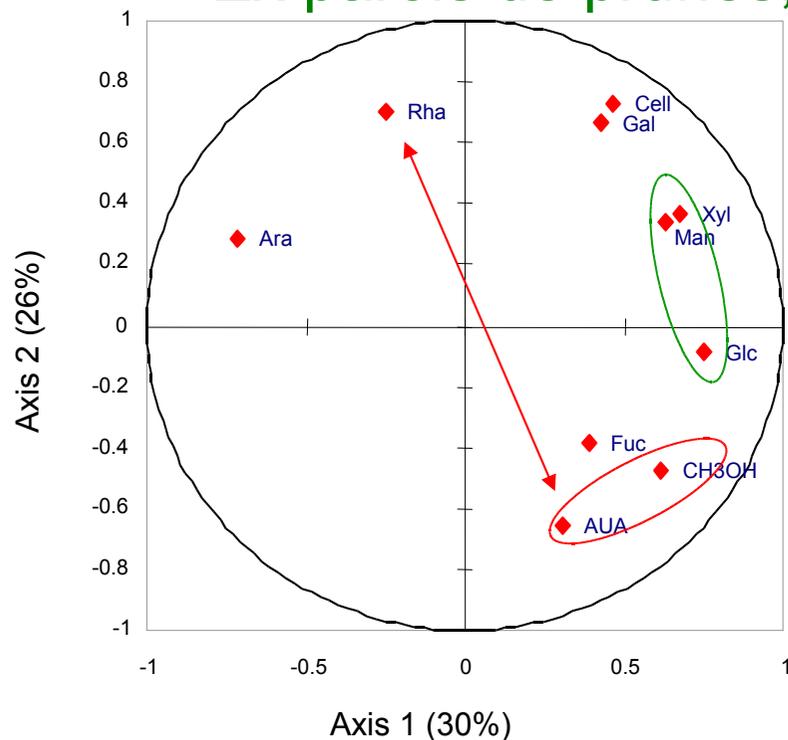
Adapter les stratégies d'échantillonnage

- Importance de la récolte
 - Suivi de polyphénols au cours de la croissance de pommes (var Avrolle et Kermerrien)
 - Cueillette par une personne sauf première semaine de septembre...



Combien de fruits...

- Pris au hasard: variabilité inter / intra
 - Ex parois de prunes, 5 var, peau/chair, 3 x 10 fruits



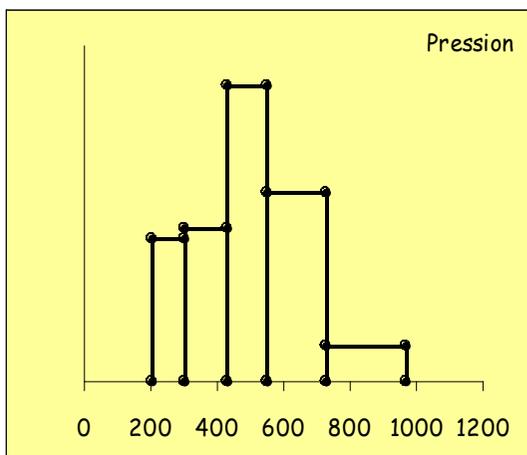
Rendre compte de la variabilité

- Production de lots contrastés
 - Utilisation de compression 3% et/ou couleur

	Fruit	Pression	Classe		Fruit	Pression	Classe
Moins mûr	15	194.23	10		18	108.86	4
	29	167.67	9		24	107.84	4
	17	161.27	9		.	.	.
	1	161.27	9		.	.	.
	26	158.16	9		.	.	.
	20	148.78	8		22	89.09	2
	32	141.01	7		7	87.47	2
	.	.	.		39	86.06	2
	.	.	.		14	85.93	2
	.	.	.		3	82.67	2
Médian	13	120.37	5	Plus mûr	5	81.79	2
	19	117.03	5		35	69.94	1
	30	117.01	5		.	.	.
	8	114.84	5		.	.	.
	34	113.87	5				
	4	113.54	5				

Ou constituer des lots homogènes

- Pour suivre 2 (ou plus) caractéristiques



mesures	Fruit	Pression	Classe
34	202.95	1	
30	226.46	1	
39	260.35	1	
36	264.06	1	
31	289.41	1	
33	313.47	2	
40	334.25	2	
18	370.08	2	

conservation	32	377.15	2
	37	379.26	2
	28	383.84	2
	26	415.89	2
	38	444.15	3
	27	445.36	3
physiologie et biochimie	20	453.09	3
	35	453.91	3
	6	459.65	3
	9	469.71	3
	25	494.85	3
	29	495.00	3

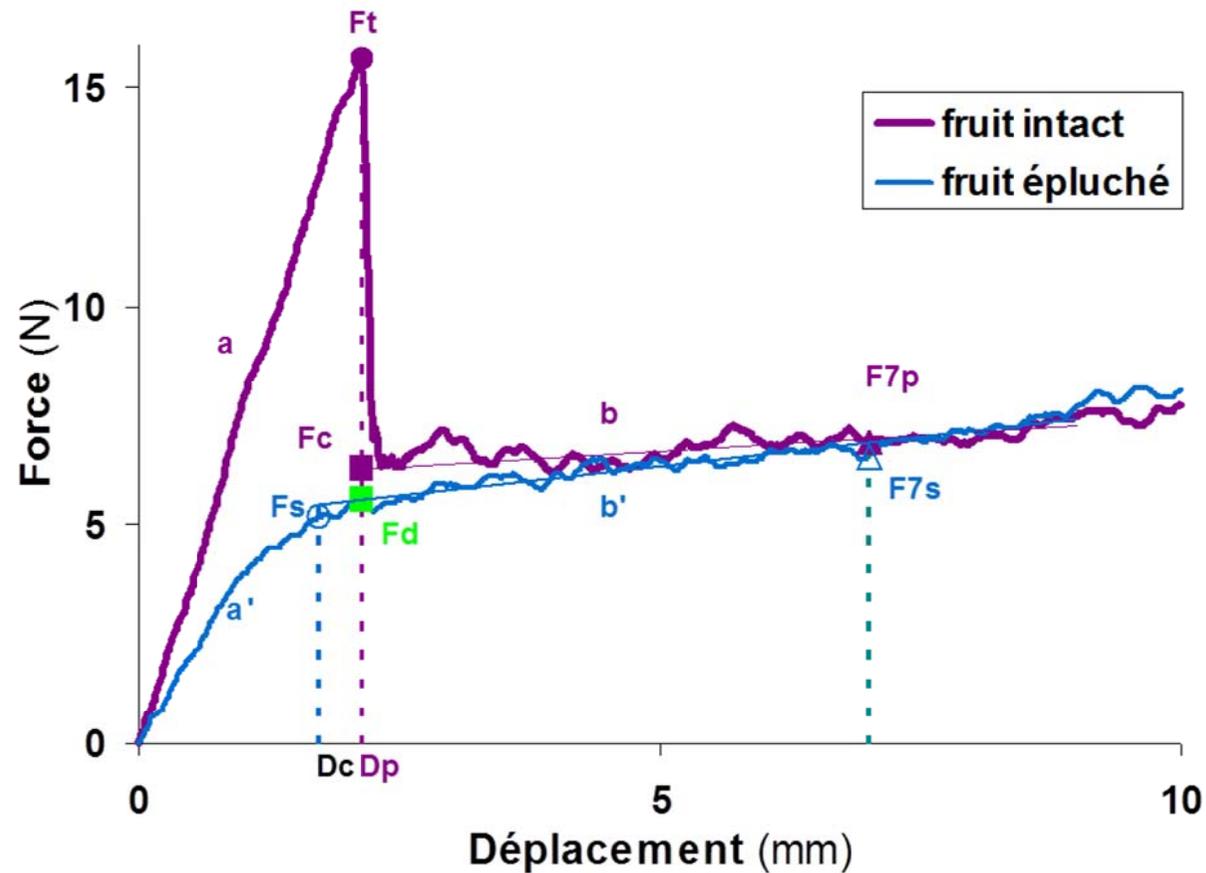
mesures	Fruit	Pression	Classe
physiologie et biochimie	7	510.11	3
	13	510.33	3
	1	524.67	3
	4	529.21	3
	24	539.68	3
	12	565.85	4
conservation	10	590.10	4
	22	603.61	4
	15	615.99	4
	23	620.00	4
	14	625.31	4
	17	634.24	4
	8	638.62	4
	11	644.99	4
	5	648.87	4
	19	664.45	4
	3	671.28	4
2	790.38	5	
16	910.62	5	
21	968.84	5	

Et selon la couleur



Eplucher ou ne pas éplucher?

- Poçonnage pomme

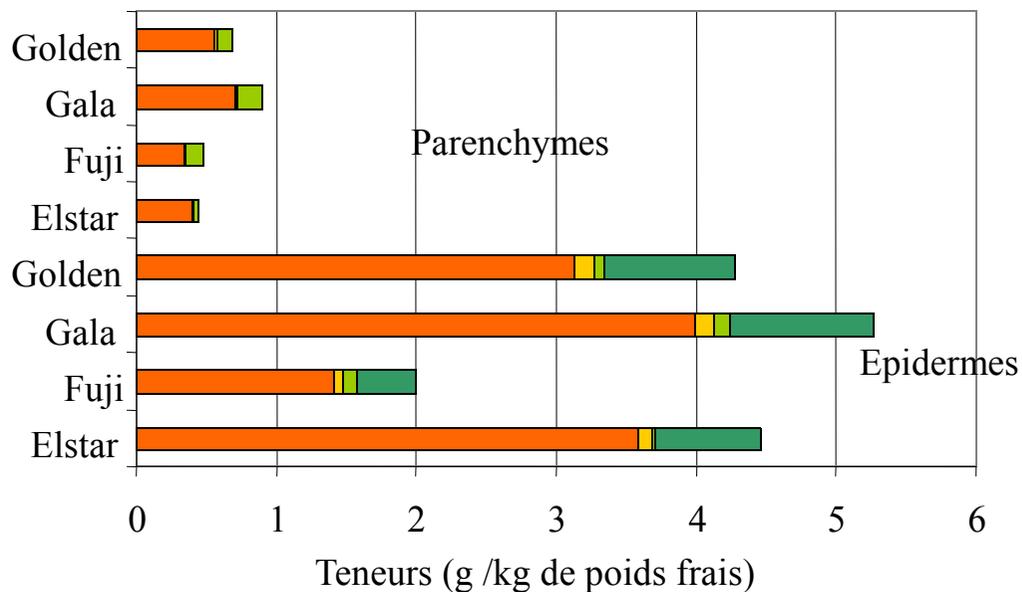


Les compositions aussi sont très différentes

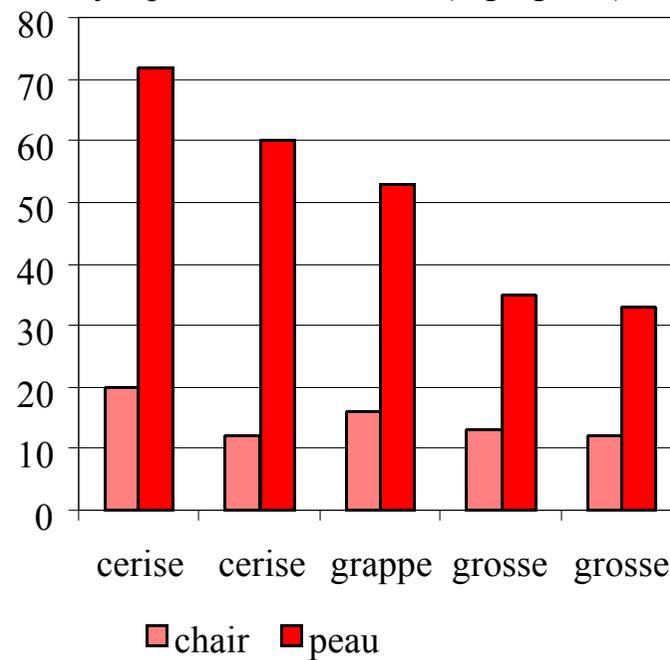
- Microconstituants

Polyphénols

Caroténoïdes



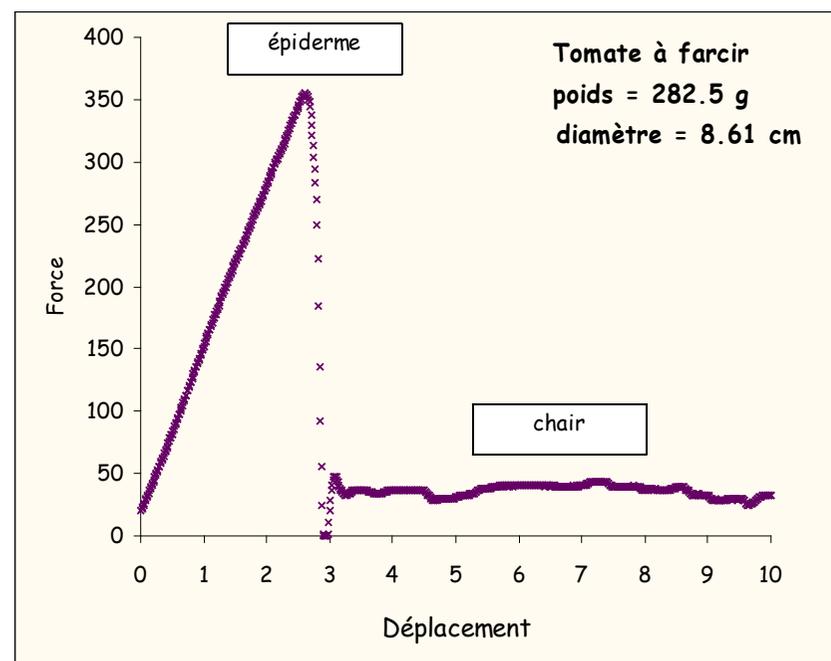
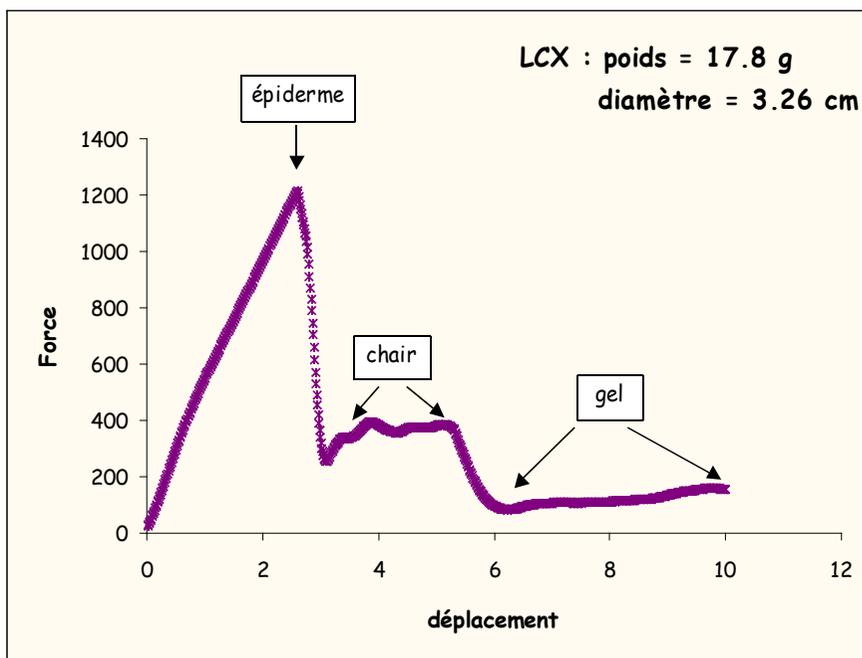
Lycopene concentration (mg/kg FW)



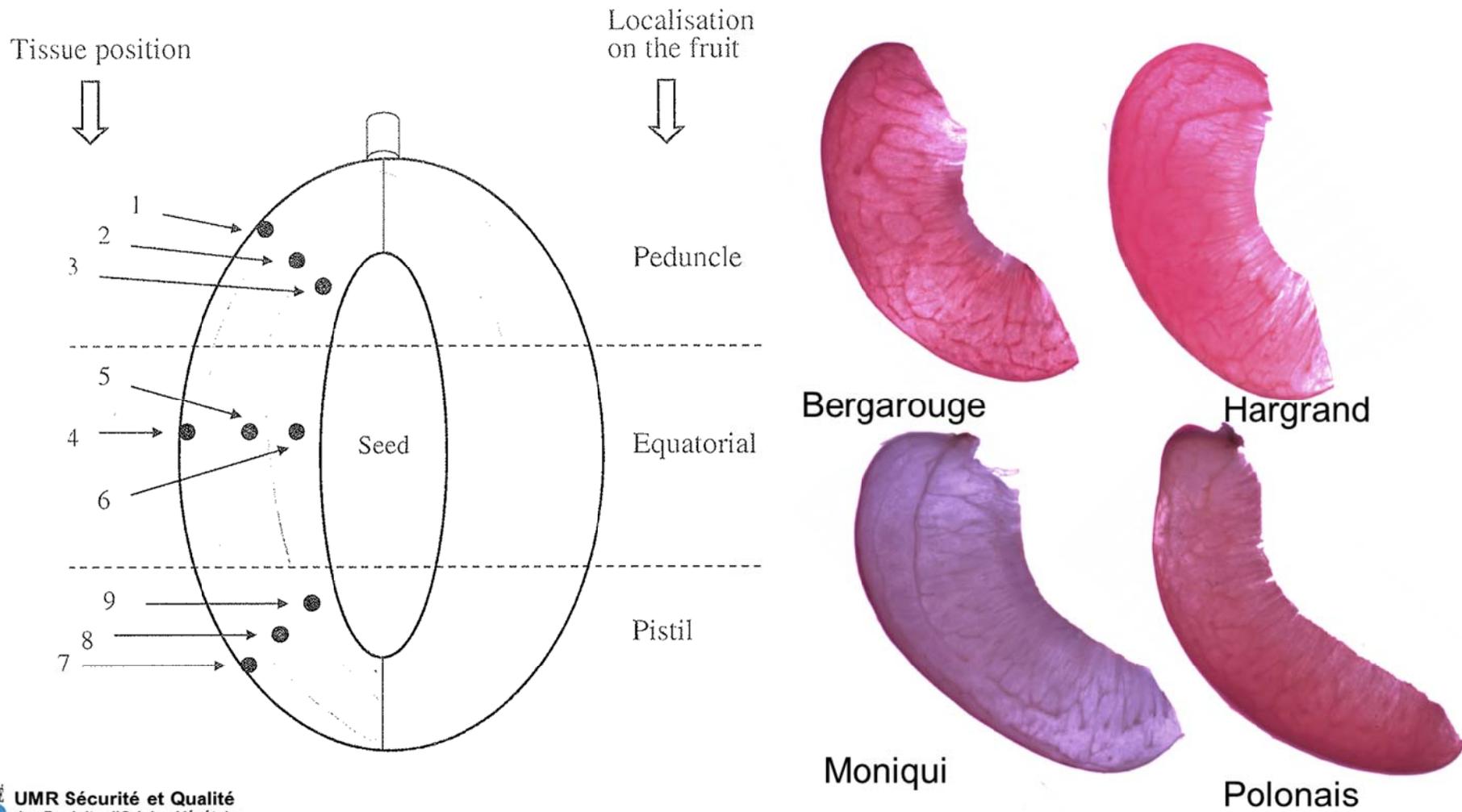
- Flavan-3-ols
- Ac. OH-cinnamiques
- Dihydrochalcones
- Flavonols

L'hétérogénéité interne des fruits

- Peut être évidente



Ou plus complexe à démontrer



160 fruits



Exemple du tri de Goldrich

N° du fruit
Pression

N° fruit	Pression
141	212.31
130	185.52
110	174.81
98	162.81
70	144.81
88	158.75
79	157.86
104	155.98
37	154.05
71	148.7
124	145.12
113	144.27
89	139.84
121	136.55
111	134.99
108	134.34
97	134.01
72	126.2
106	125.75
120	122.2
11	119.87
116	118.79
62	118.55
118	116.7
109	114.7
107	113.2
100	111.16
87	107.8
105	112.24
96	111.68
119	111.15
68	108.72
27	107.72
76	108.88
95	108.53
85	107.71

3 x 24 fruits



141
110
98
88
71
60
(IR)

M1

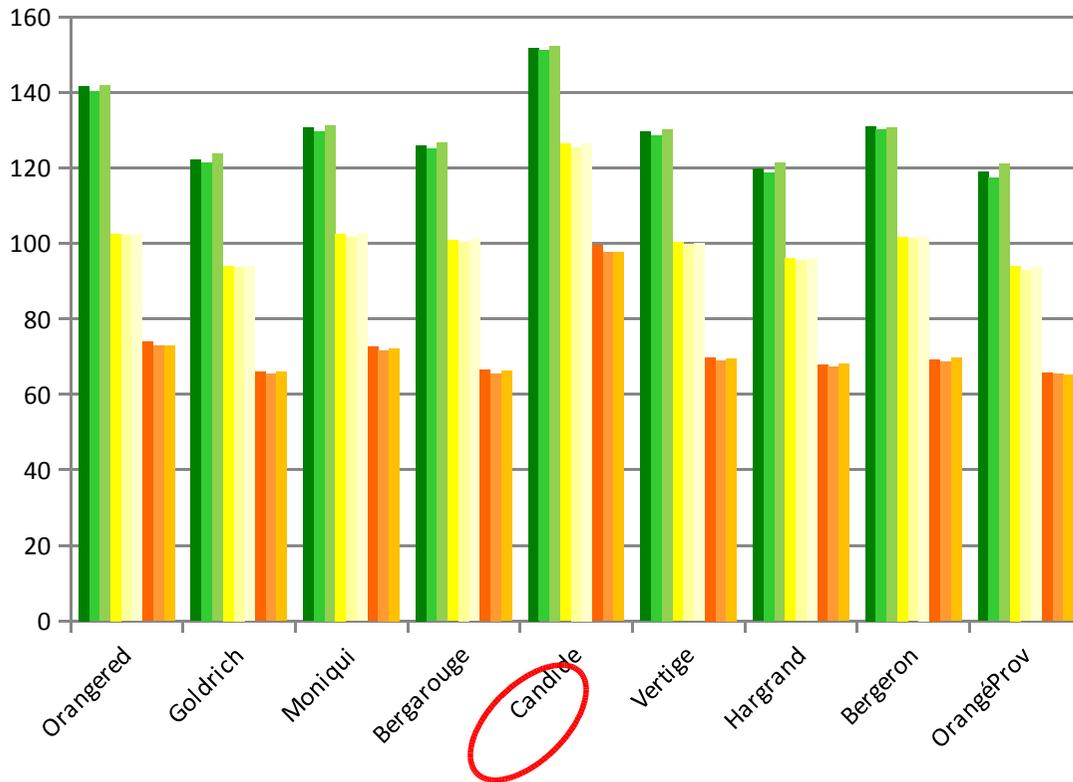
M2

M3

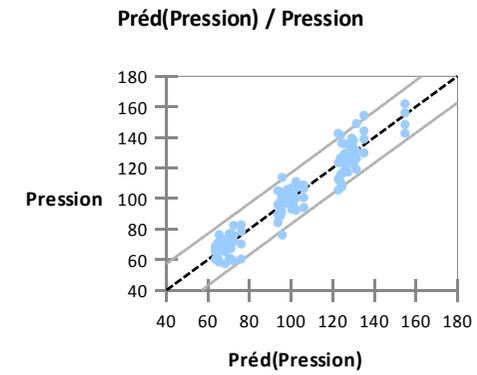
	texture	lot A	lot B
M2	T5		
M2		A11	
M2			B11
M2		A12	
M2			B12
M2		A13	
M2			B13
M2	T6		
M2		A14	
M2			B14
M2		A15	
M2			B15
M2		A16	
M2			B16
M2	T7		

	Texture	bioch A	bioch B
<u>M1</u>	4	10	10
<u>M2</u>	4	10	10
<u>M3</u>	4	10	10

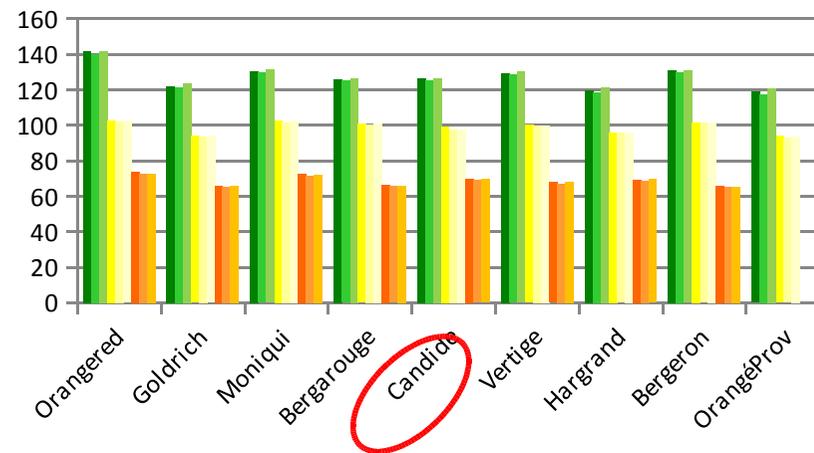
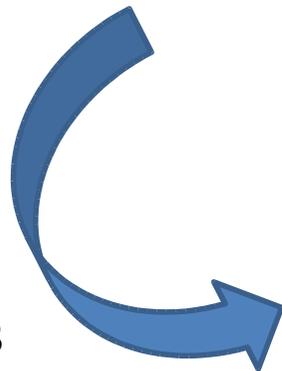
	Moyenne	écartype
M2 (24 fr.)	94.6	2.7
T	93.89	5.04
A	93.96	2.55
B	93.72	2.59

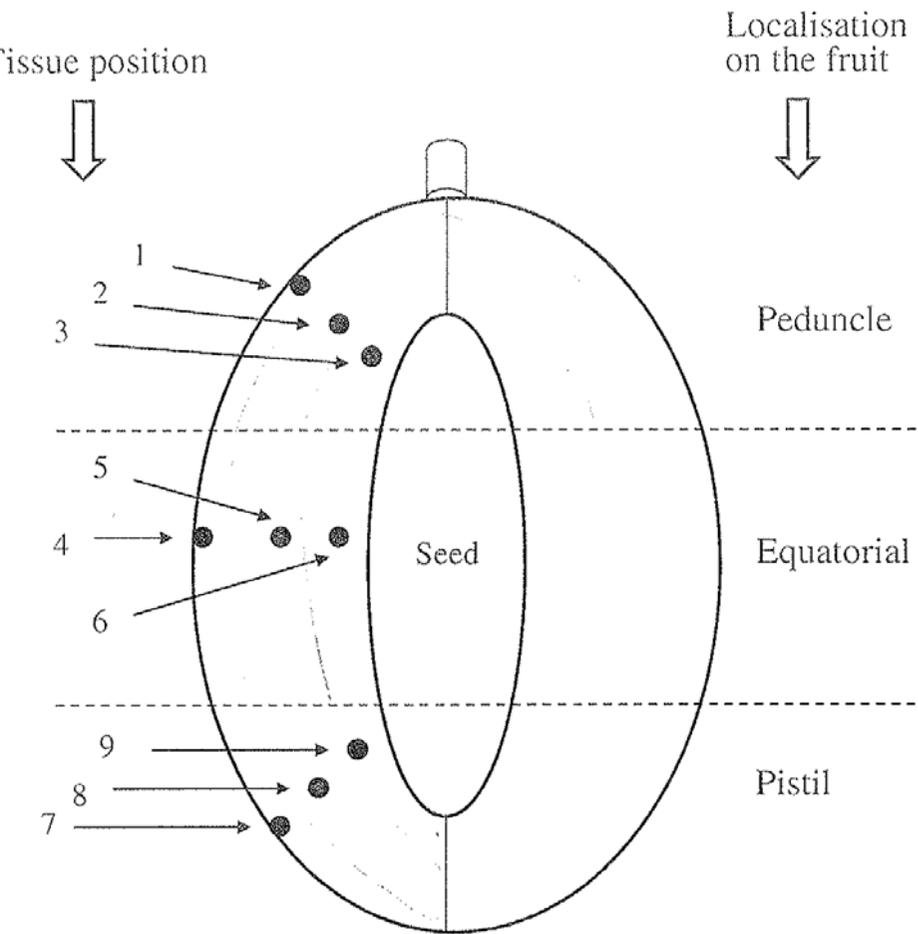


Pression moyenne
des différents lots
ordre des variétés en
f(récoltes)



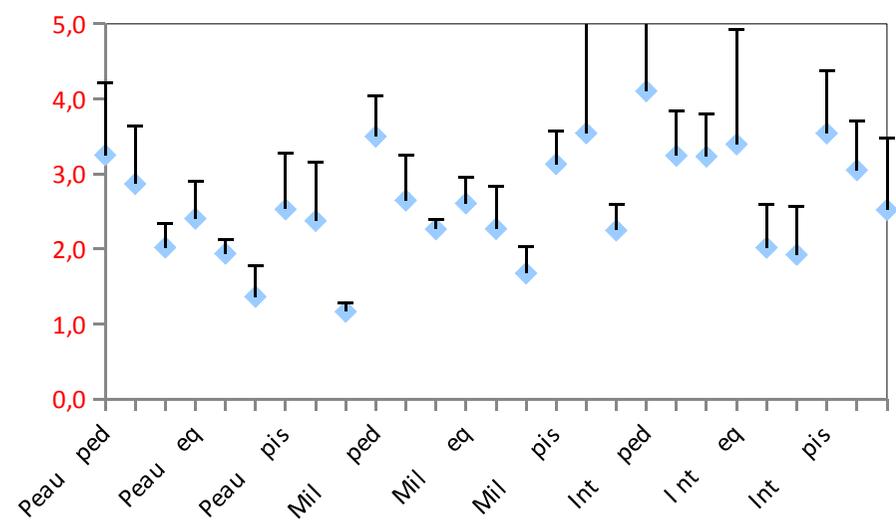
Reclassement
stades M2 et M3



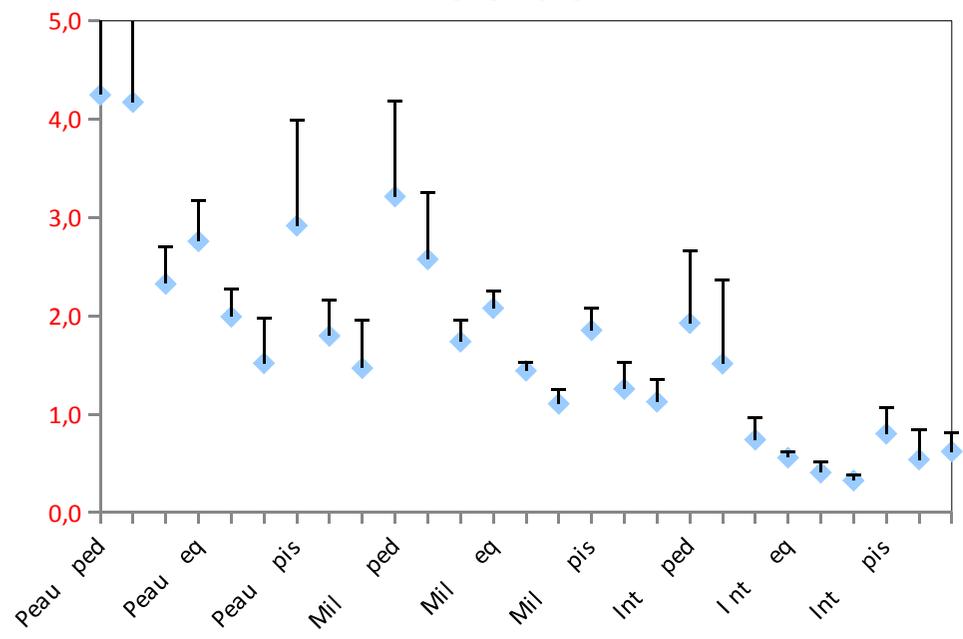


Fmax

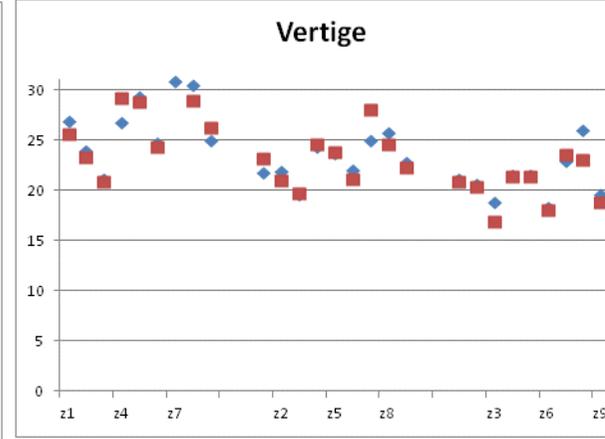
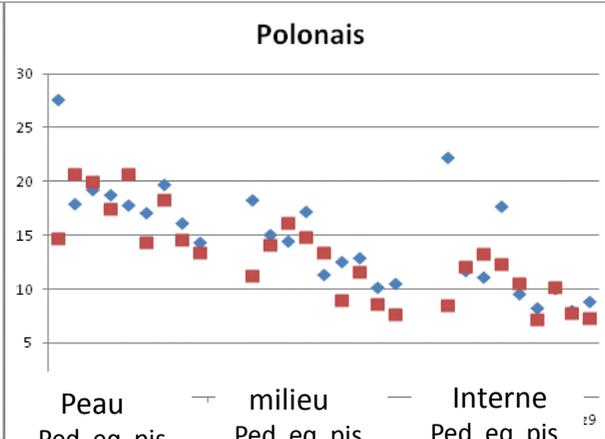
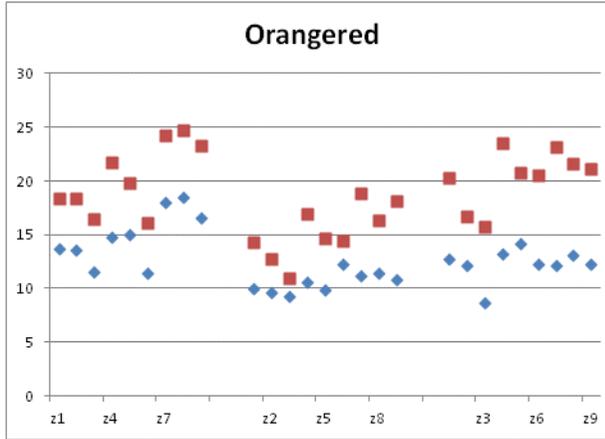
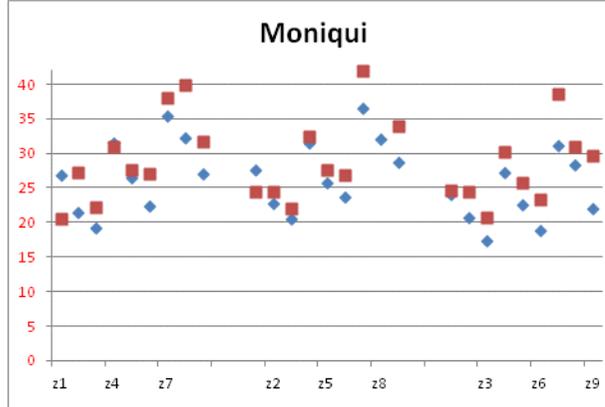
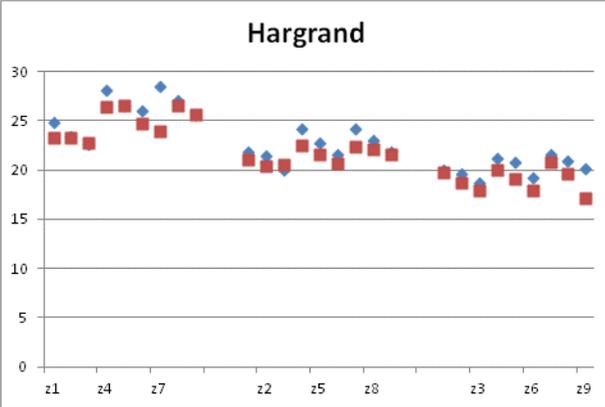
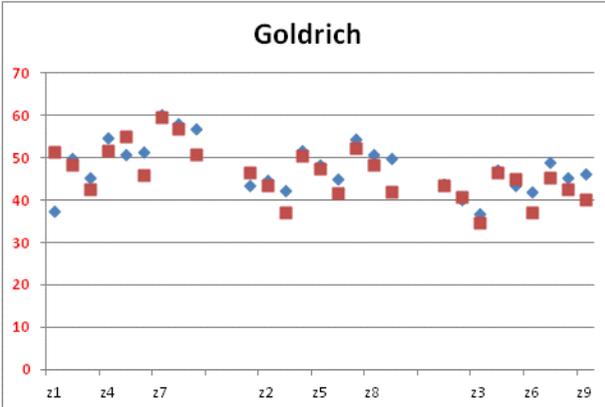
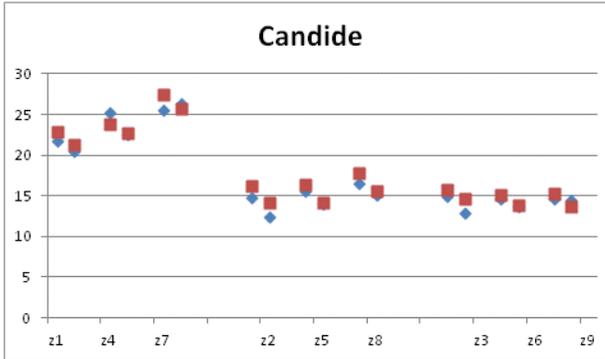
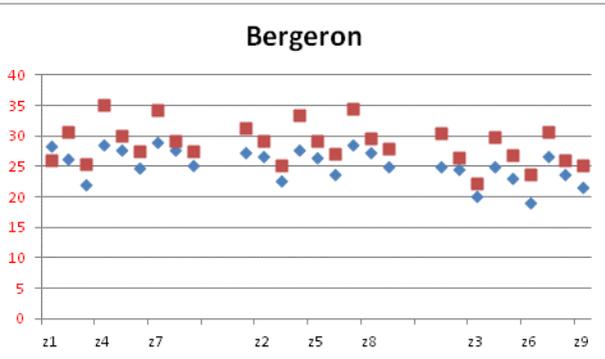
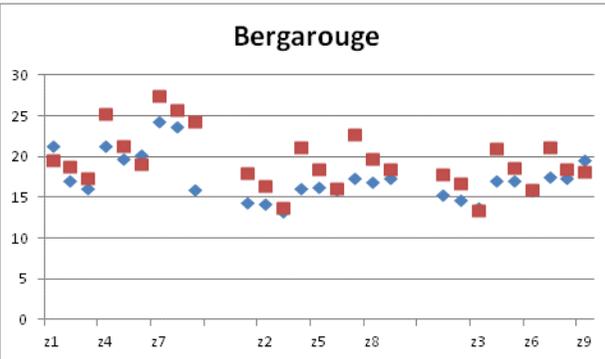
Orangered



Polonais



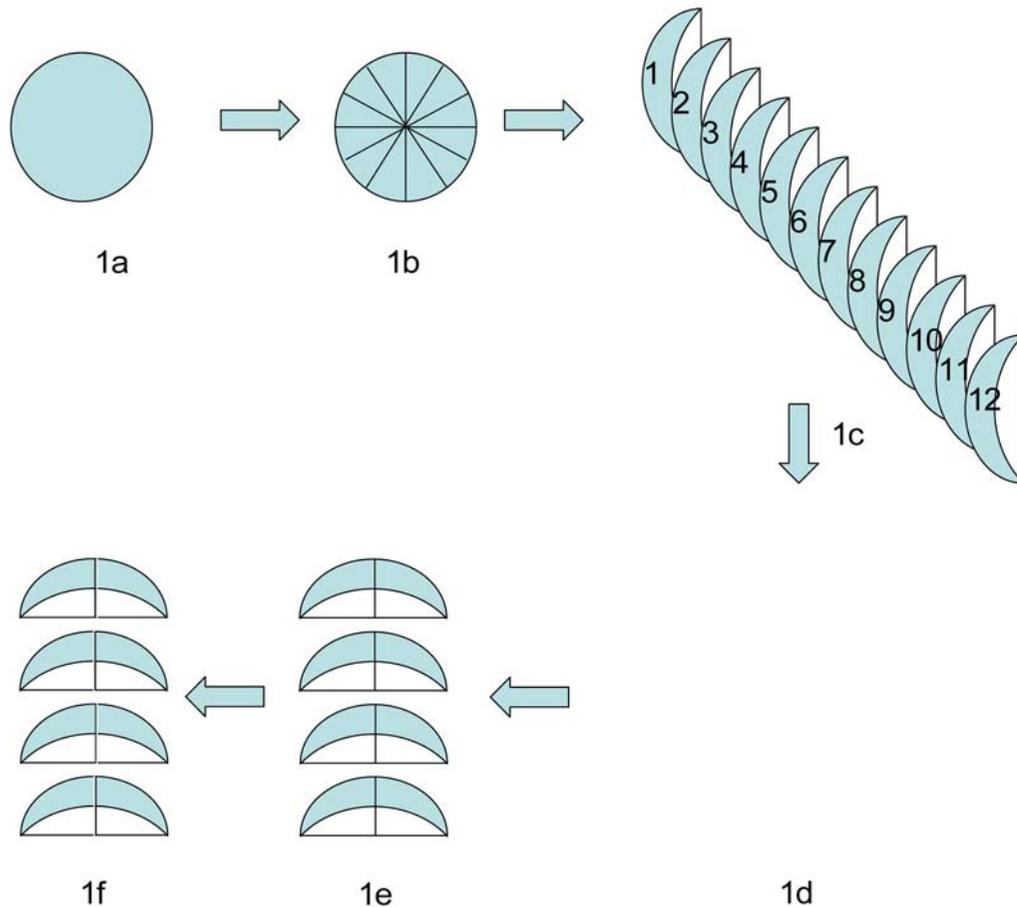
Acidité Titrable par tissu : peau / milieu / interne



■ Peau — milieu — Interne
◆ Ped eq pis — Ped eq pis — Ped eq pis

Quelles conséquences de l'hétérogénéité?

- Faire des prélèvements systématiques
- Conséquences sur l'analyse proche infra-rouge

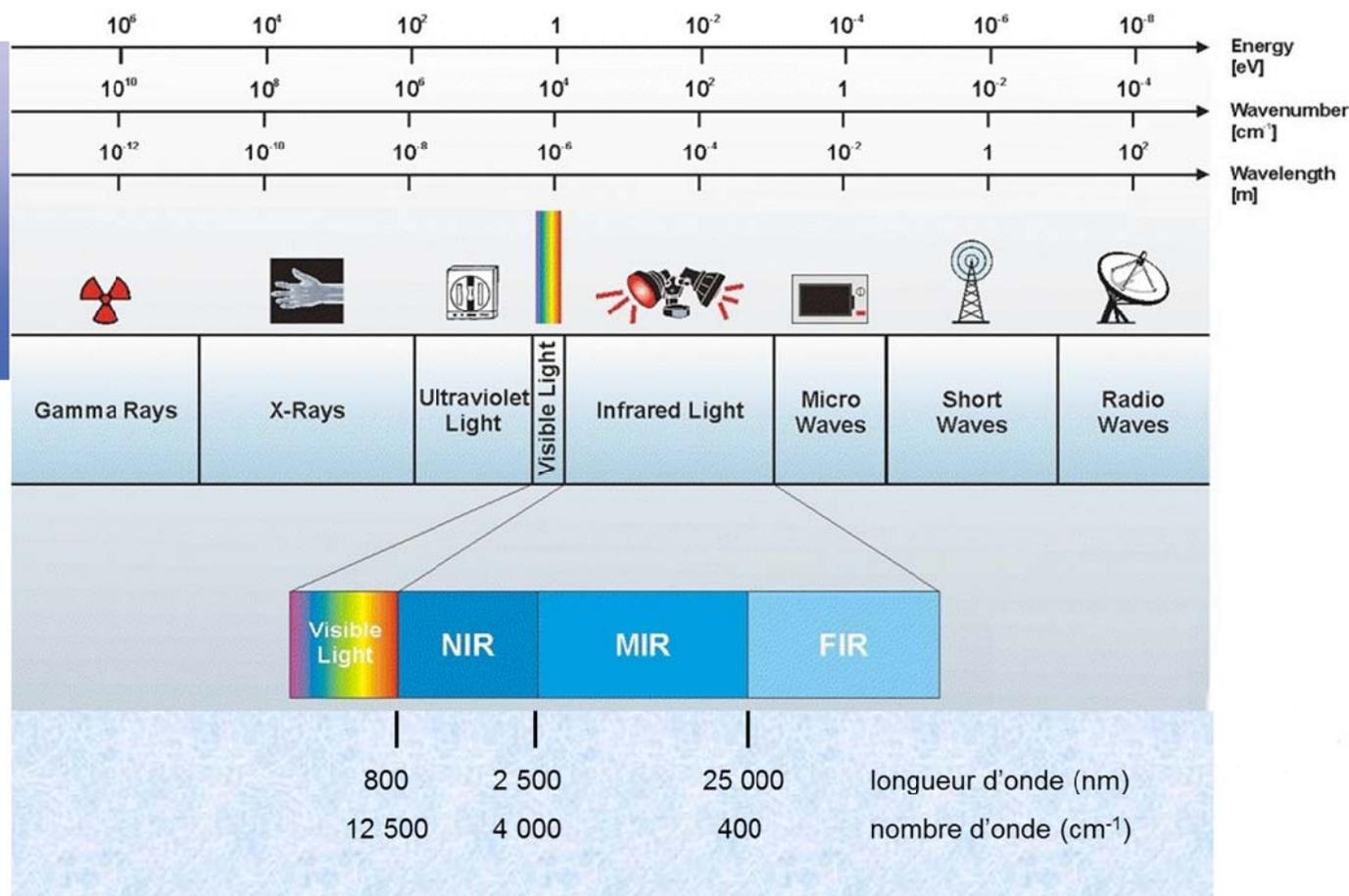
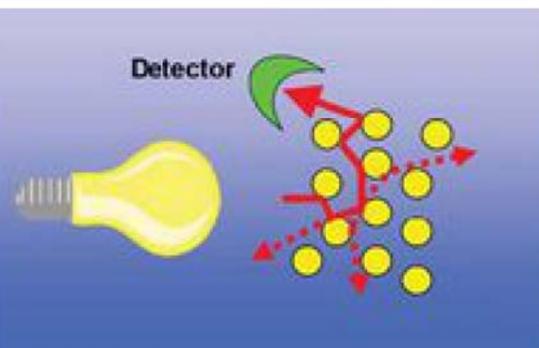


Pourquoi développer des méthodes infra-rouge?

- Faire de l'analyse fruit par fruit
- Les avantages:
 - Analyse rapide et multicomposant
 - Non destructif (proche infra-rouge)
 - Bon marché
 - Détecte sucres et acides (et eau)
- Les inconvénients:
 - Peu sensible: macroconstituants
 - Il faut calibrer par des analyses de référence
 - Utilisation de méthodes chimiométriques
 - <http://easy-chemometrics.fr> (sous matlab™)

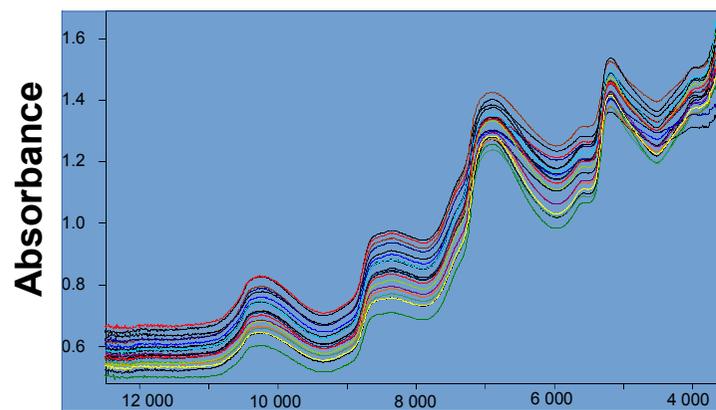
Les composés présents dans les fruits absorbent le rayonnement électromagnétique

- Mesure de la lumière réfléchie



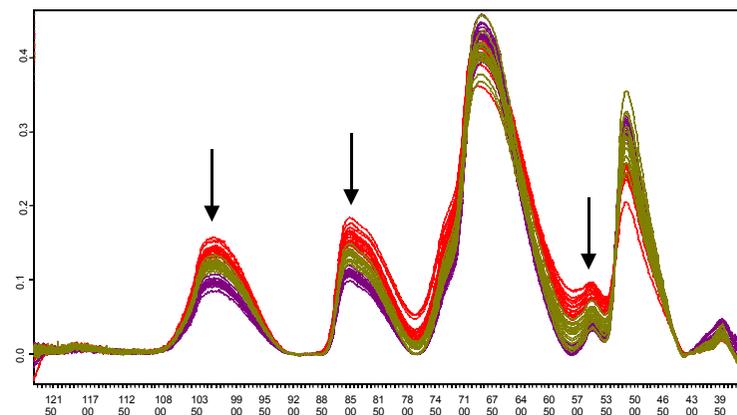
Proche infra-rouge

Sur fruits entiers :



Nombre d'onde (cm⁻¹)

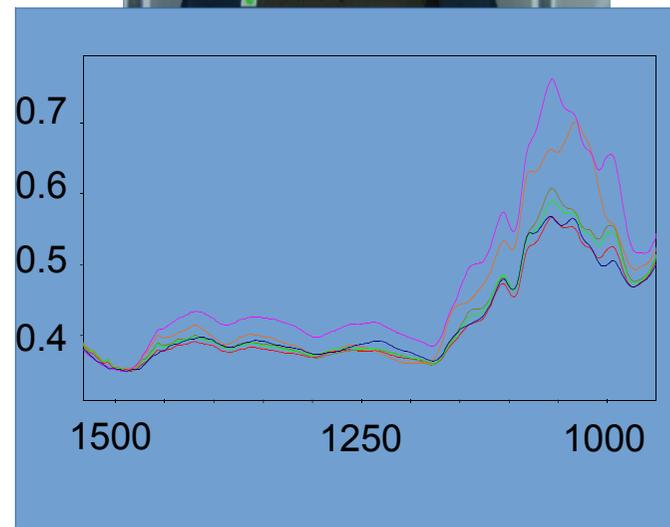
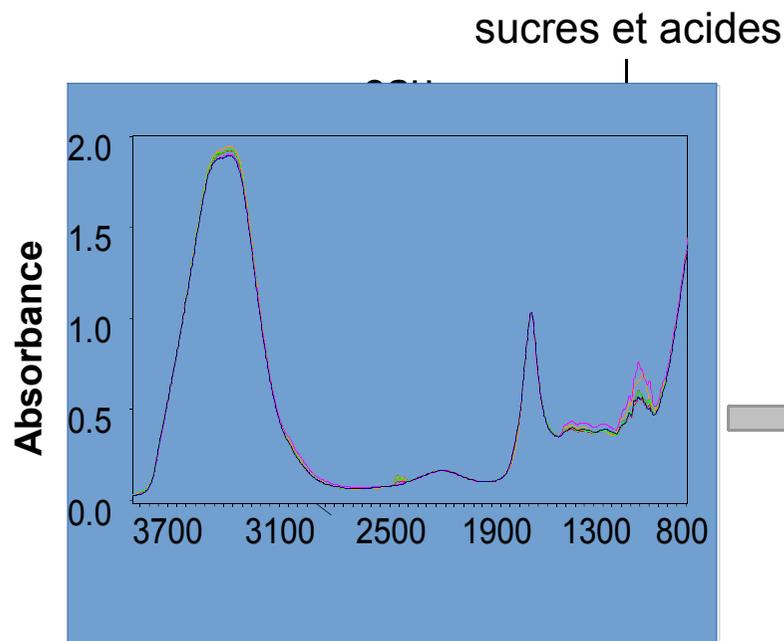
traitement
→



Variations des spectres en fonction des variétés

Moyen infra-rouge

Sur broyats de fruits :



Variations des spectres en fonction des variétés

Le matériel végétal : importance de la diversité

- Essayer de déconnecter teneurs en sucres et acides
- Couvrir la gamme de variabilité



8 génotypes

Moniqui
Iranien
A4034
Badami
Bergeron
Goldrich
Ravilong
Ravicille



à différents stades de maturité :
du 22 juin au 2 août

877 fruits



94 génotypes



Levovil,
M82,
Cervil,
Vil B
....

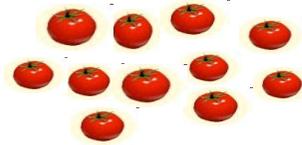
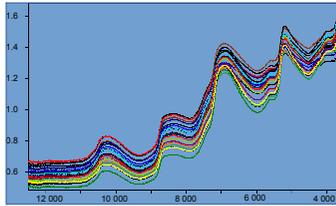
à maturité

340 fruits

La démarche

I. Développement d'un modèle

Acquisition des spectres



Quelques centaines de fruits

Mesures de référence :
IR, AT, glucose, fructose,
acide malique, acide citrique

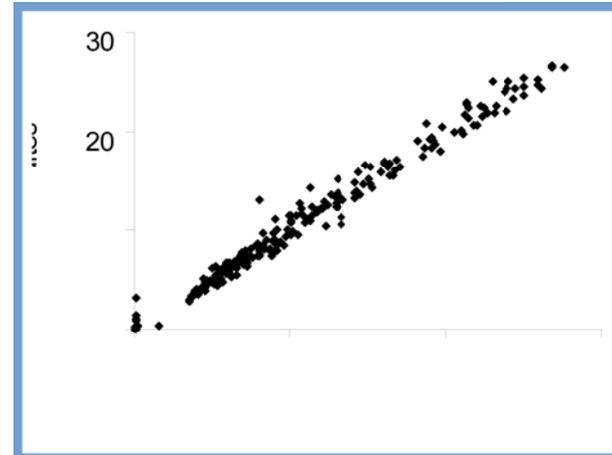


Calcul d'une équation de calibration

II. Présentation d'un échantillon inconnu

Prédiction

Qualité de prédiction définie par l'erreur de prédiction



Les résultats de prédiction (1)

Dans le Proche Infrarouge sur fruits entiers :



Erreurs de prédiction

Critères	Abricot	Tomate
Indice réfractométrique	8%	13%
Acidité titrable	15%	21%
Matière sèche	--	11%

Les résultats de prédiction (2)

Dans le Moyen Infrarouge sur broyats de fruits :

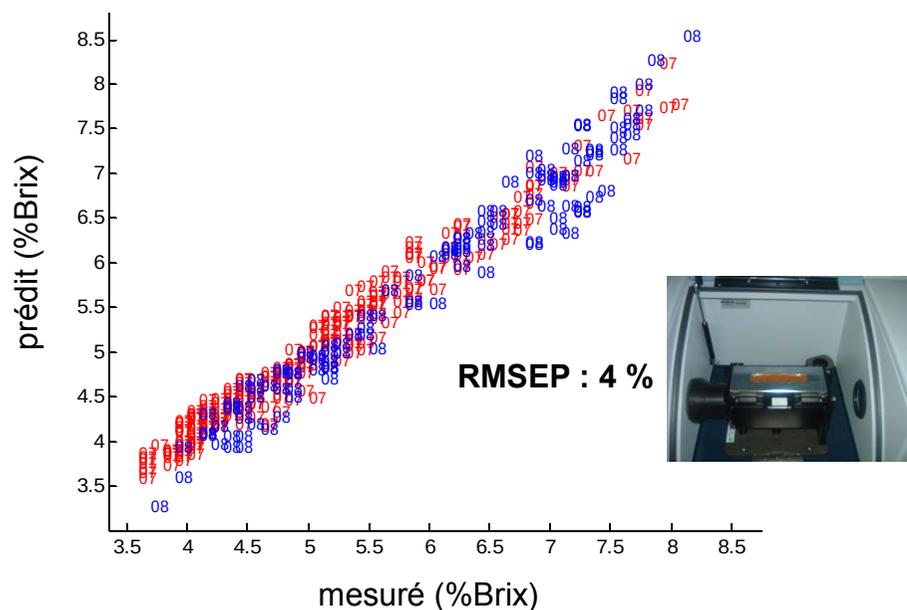


Critères	Erreurs de prédiction	
	Abricot	Tomate
Indice réfractométrique	4%	3%
Acidité titrable	5%	4%
Matière sèche	--	5%
Glucose	12%	5%
Fructose	19%	7%
Saccharose	16%	--
Acide citrique	12%	7%
Acide malique	12%	26%

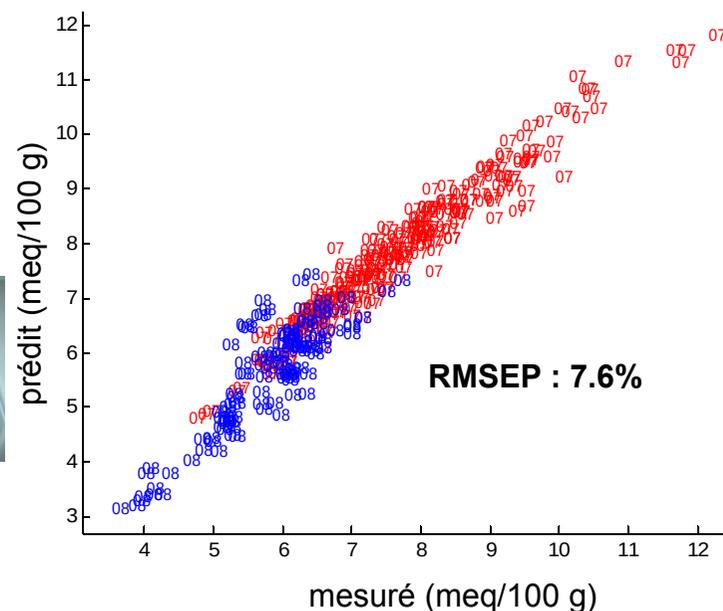
Les résultats de prédiction (3)

Dans le Moyen Infrarouge sur broyats de tomates :

Indice réfractométrique



Acidité titrable



07 – tomates 2007 (340 fruits)

08 – tomates 2008 (484 fruits)

Conclusion

- Un ensemble d'outils et de procédures
 - Une réflexion et des choix préalables, qui déterminent la qualité des résultats
 - Utilisés pour qualifier des fruits
 - Etude des interactions entre matière première et procédé
- Et on n'a pas encore parlé de chimie!
 - Procédures de conservation des échantillons et d'extraction adaptées

Personnes impliquées dans ce travail

Sylvie Bureau, Maryse Reich, Maggy Grotte, Barbara Gouble , ingénieures

Carine Le Bourvellec, David Page , chercheurs

UMR Sécurité et Qualité des Produits d'Origine Végétale (Avignon)

Iwona Scibisz & David Ruiz, post-doctorants

Aurélie Cendrès & Philippe Sanoner, doctorants



Sylvain Guyot & Alain Baron

Unité de Recherches Cidricoles (Rennes)

Jean-Marc Audergon & Mathilde Causse

Unité de Génétique et Amélioration des Fruits et Légumes (Avignon)



Dominique Bertrand & Benoit Jaillais

UMR Sensométrie Chimiométrie (Nantes)

Développement de routines MATLAB® <http://easy-chemometrics.fr>

Prof. Crépin Ella-Missang, Université de Franceville