


Phytomicronutriments : de la plante au consommateur

Enrichissement des fruits charnus en caroténoïdes :
exemple de la tomate et des agrumes

 anne-laure.fanciullino@avignon.inra.fr
UR PSH, F-84914 Avignon



Variabilité de l'accumulation des caroténoïdes chez la tomate (*Solanum lycopersicum*) et espèces apparentées

Solanum lycopersicum
(espèce cultivée)



Solanum pennellii



Solanum pimpinellifolium



Variabilité de l'accumulation des caroténoïdes chez le genre *Citrus*

Oranges douces



Clémentine



Mandarines



Oranges amères



Cédrats



Limes



Citrons



Pamplemousses



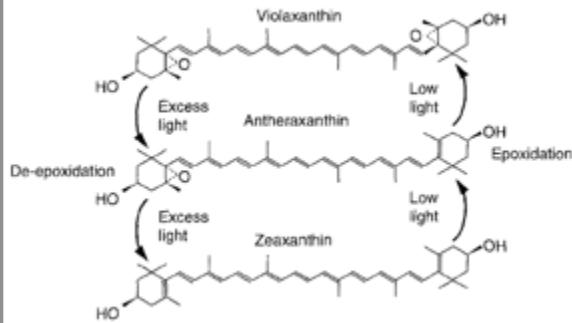
Pomelos



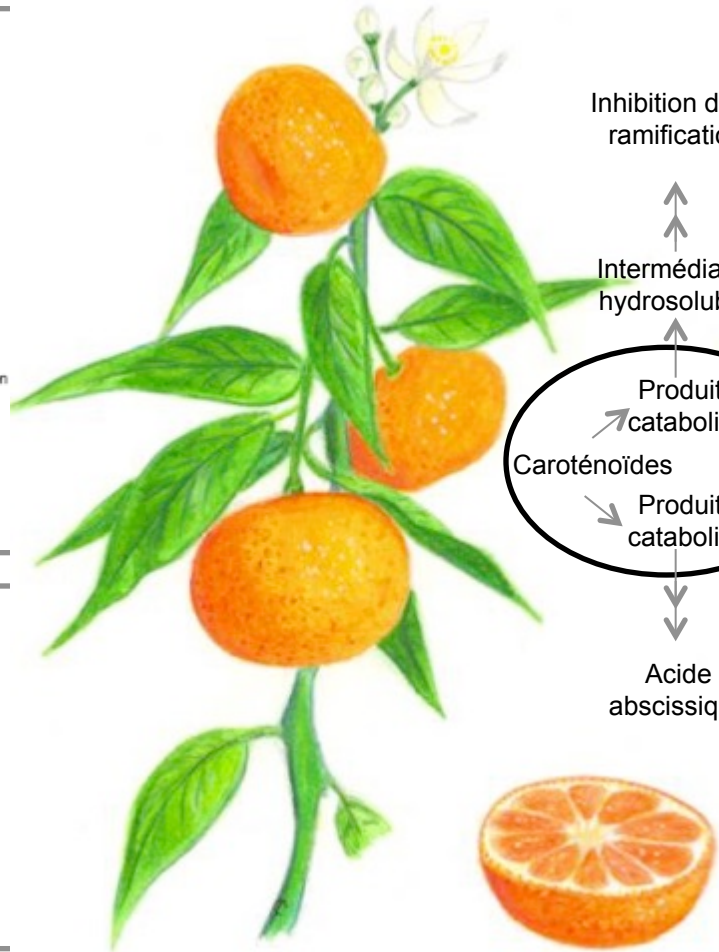
- I. Contexte, propriétés des caroténoïdes
- II. Contrôles génétiques et moléculaires
- III. Contrôles environnementaux
- IV. Perspectives et leviers à creuser

I. Les caroténoïdes et apocaroténoïdes permettent à la plante de s'adapter à un environnement fluctuant

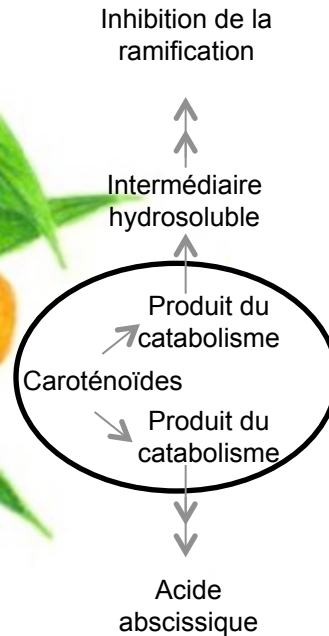
1. Photosynthèse



3. Couleur des fleurs, des fruits, dispersion du pollen, des graines



2. Strigolactones Ramification

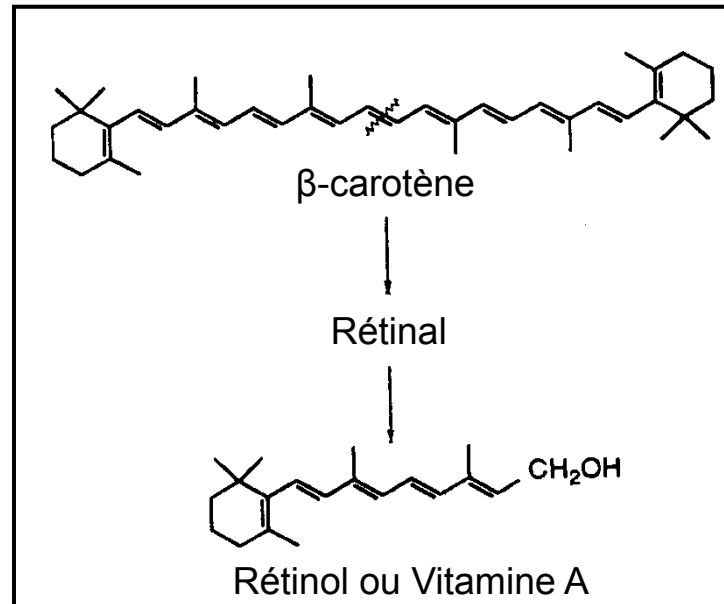


ABA
Adaptation à de nombreux stress

Demmig-Adams and Adams, 1996, *Trends in Plant Science*, 1, 21-26; Chernys and Zeevaart, 2000, *Plant Physiology*, 124, 343-353; Booker et al., 2005, *Developmental Cell*, 8, 443-449

I. Les caroténoïdes sont des phytonutriments importants dans l'alimentation humaine

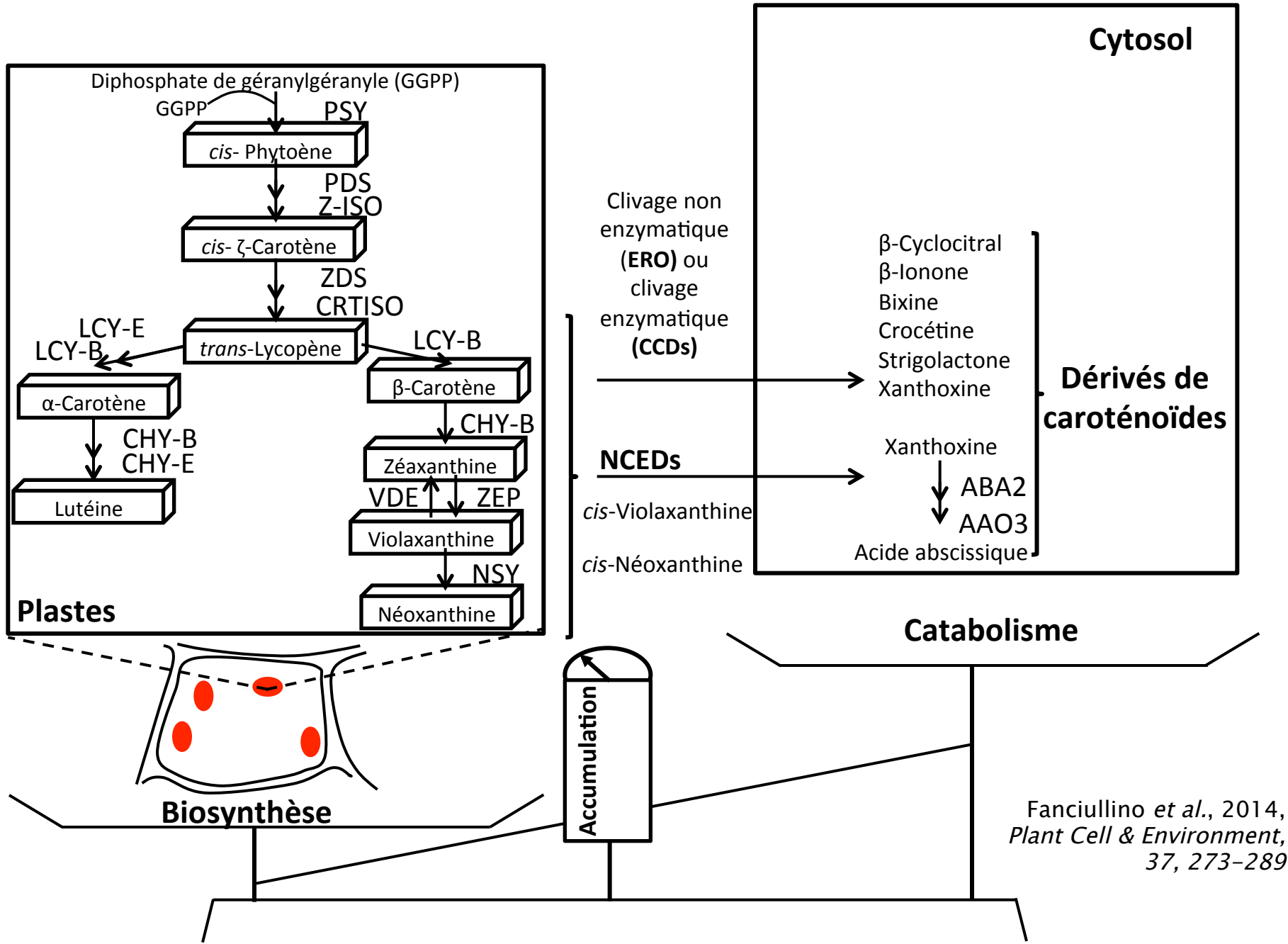
- Rôle de pro-vitamine A (β -carotène, α -carotène, β -cryptoxanthine)



- Rôle d'antioxydants impliqués dans la prévention de certains cancers, maladies cardiovasculaires et maladies liées à l'âge (DLMA, etc.)

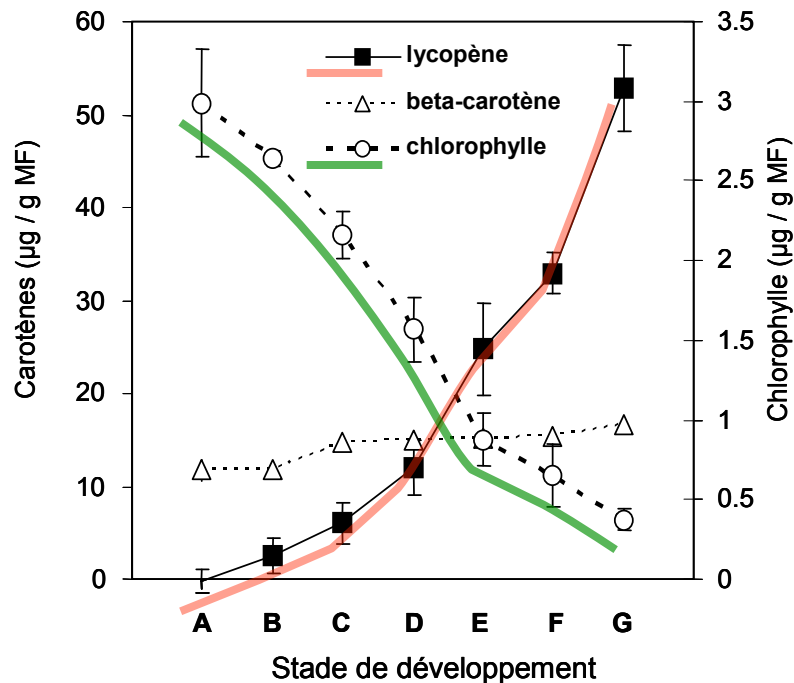
Krinsky and Johnson, 2005, *Molecular Aspects of Medicine*, 26, 459–516

■ L'accumulation des caroténoïdes dépend de leur métabolisme

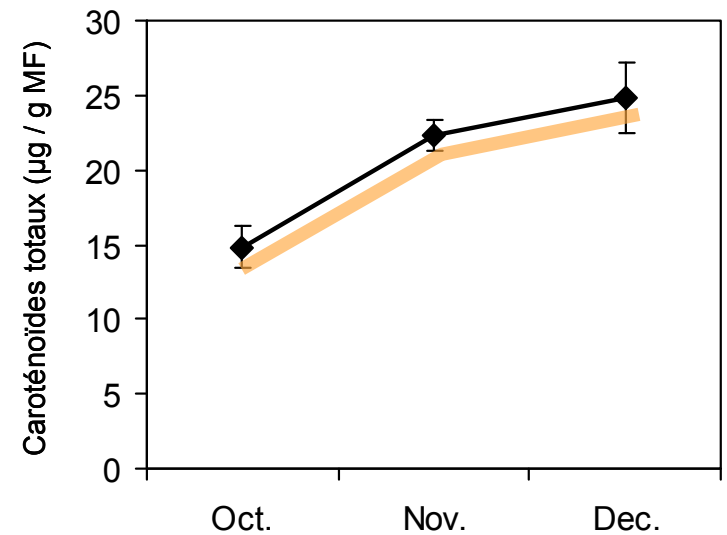
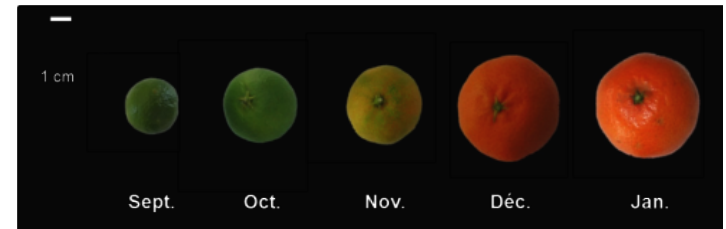


I. Dynamique des caroténoïdes chez les fruits charnus

Dynamique des caroténoïdes chez la tomate



Dynamique des caroténoïdes chez la clémentine



Stade de développement

Gautier et al., 2008, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 1241-1250

I. Contexte, propriétés des caroténoïdes

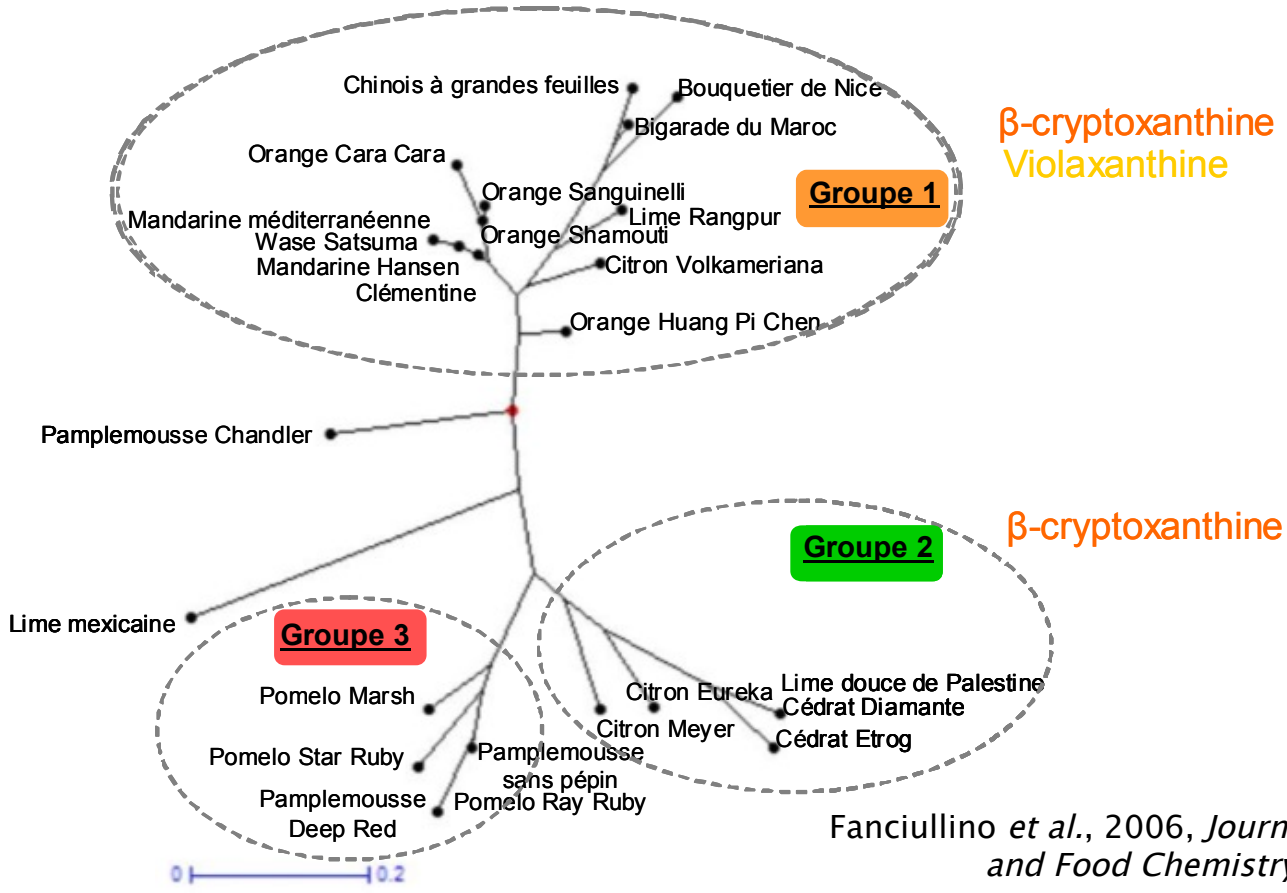
II. Contrôles génétiques et moléculaires

- Identifier les étapes clés de la voie de biosynthèse
- Déterminer des marqueurs pour raisonner les programmes de sélection
- Identifier les contrôles moléculaires à l'origine de la dynamique

III. Contrôles environnementaux

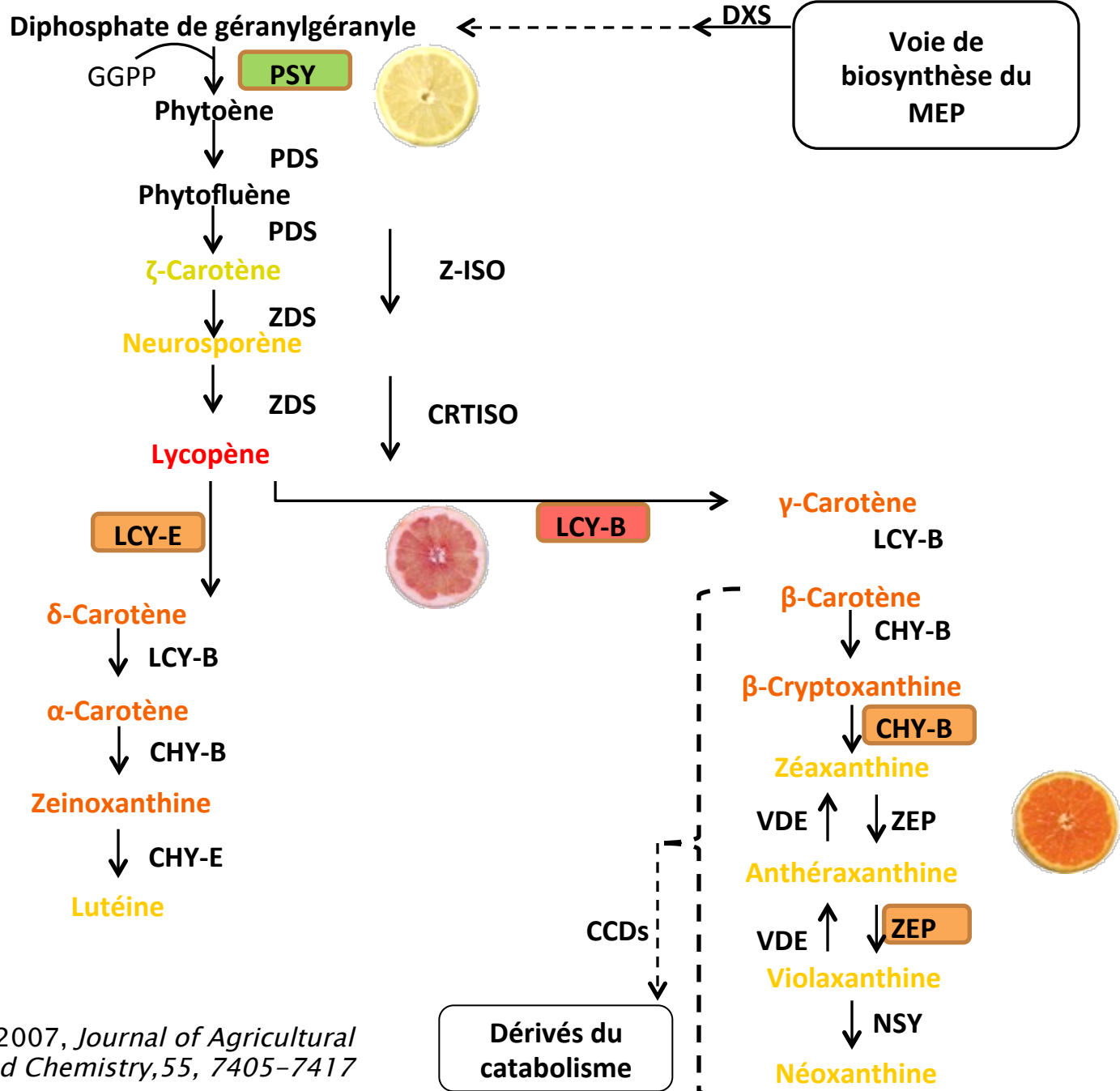
IV. Perspectives et leviers à creuser

II. Utilisation de la diversité génétique pour déterminer les étapes clés de la voie de biosynthèse



Fanciullino *et al.*, 2006, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 4397-4406

Une classification voisine de la structuration génétique des agrumes

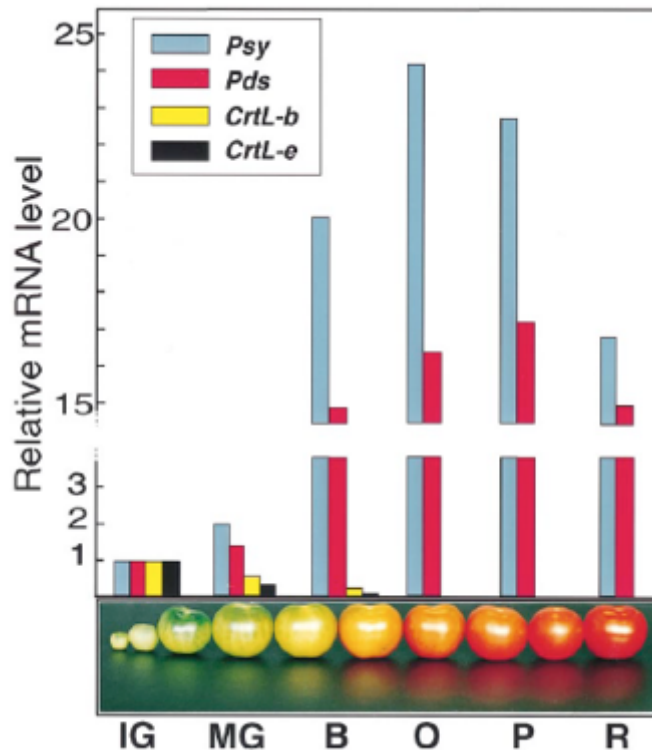


Fanciullino et al., 2007, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7405-7417

5 étapes associées à la diversité des compositions qualitatives

II. La tomate: fruit modèle pour l'analyse des contrôles génétiques et moléculaires

- Des concentrations en caroténoïdes corrélées au niveau d'expression des gènes de la voie de biosynthèse des caroténoïdes

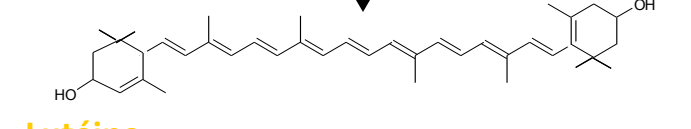
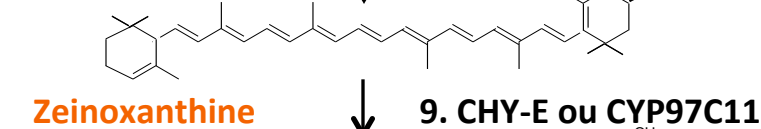
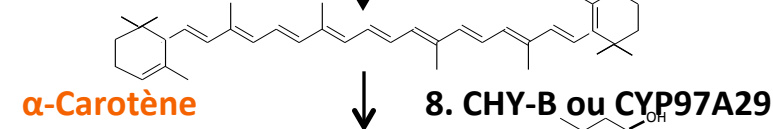
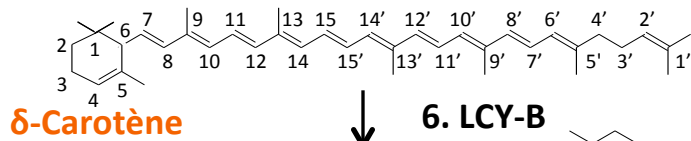
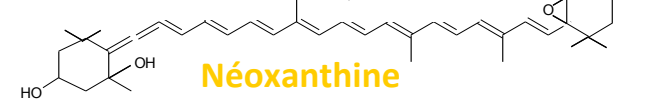
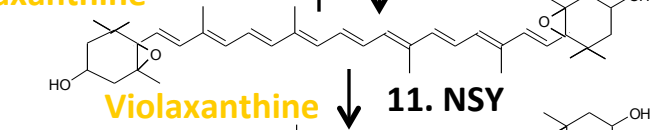
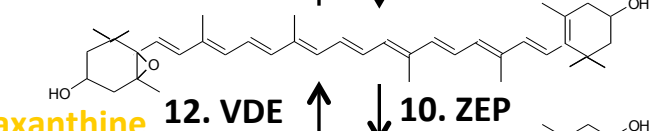
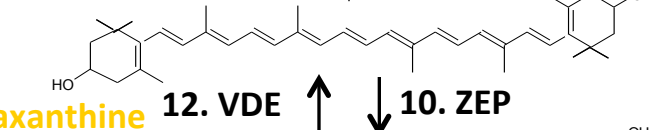
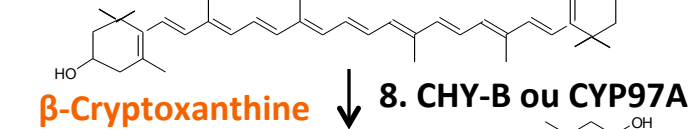
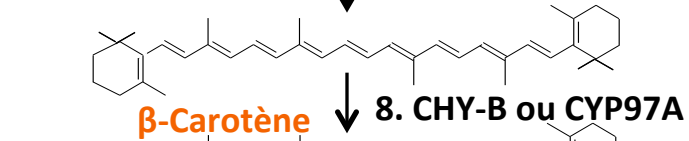
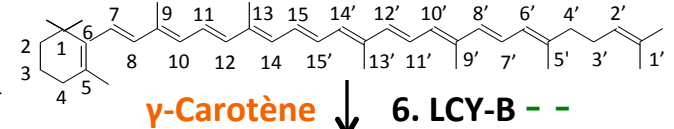
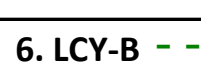
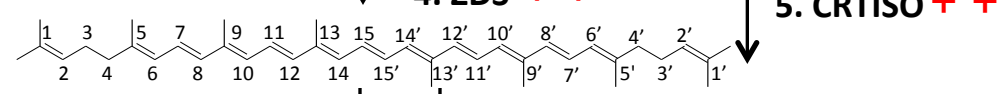
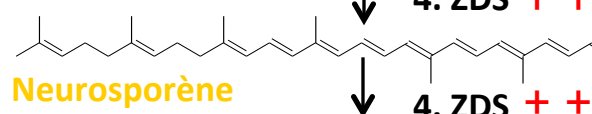
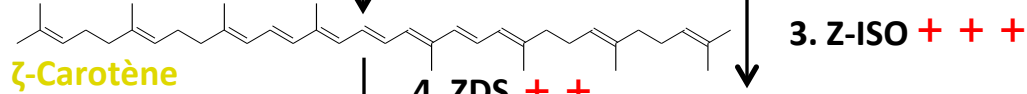
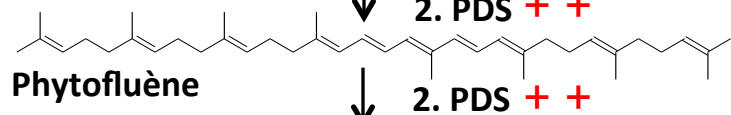
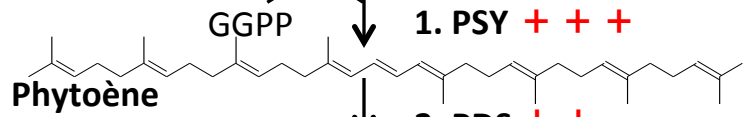


Ronen *et al.*, 1999. *The Plant Journal*, 17, 341-351

Diphosphate de géranylgéranyle (GGPP) ←

DXS

Voie de biosynthèse du MEP



CCDs

Dérivés du catabolisme



I. Contexte, propriétés des caroténoïdes

II. Contrôles génétiques et moléculaires

III. Contrôles environnementaux

- Quantifier l'effet de climats contrastés
- Identifier les principaux facteurs
- Évaluer les différences entre géotypes

IV. Perspectives et leviers à creuser

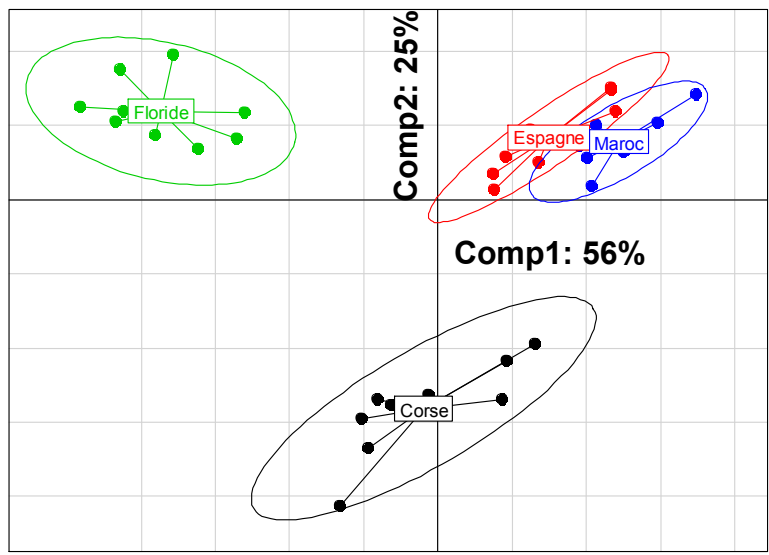
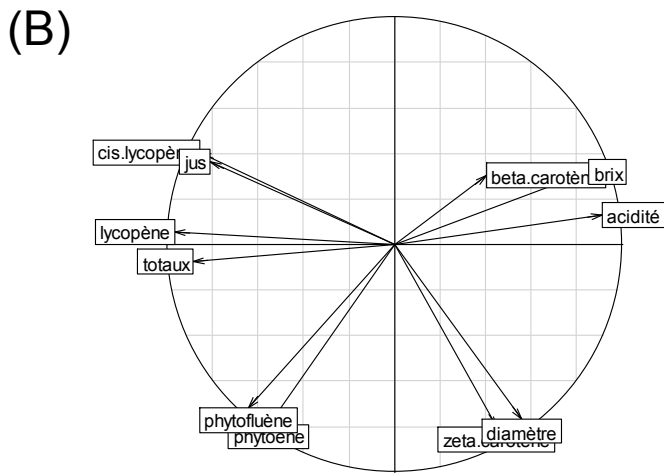
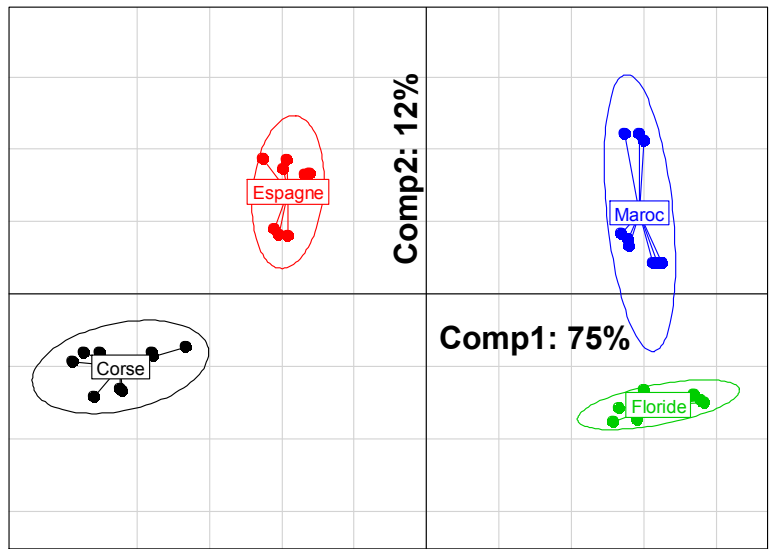
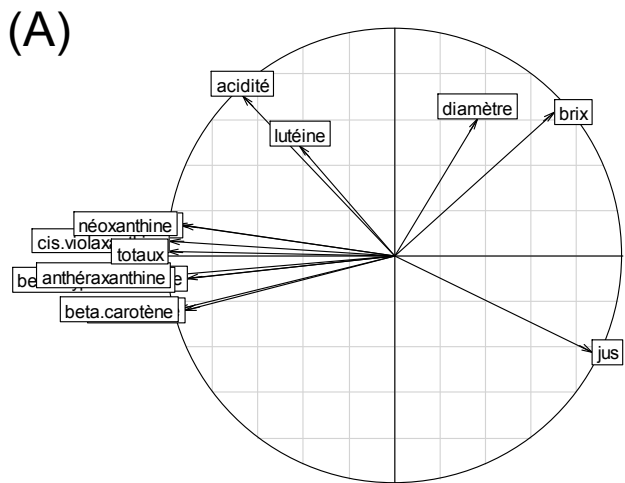
III. Facteurs environnementaux

- Oranges produites en climat tropical ont la peau (flavédo) verte à maturité



III. Détermination des facteurs environnementaux majeurs et quantification des effets par une approche multisite

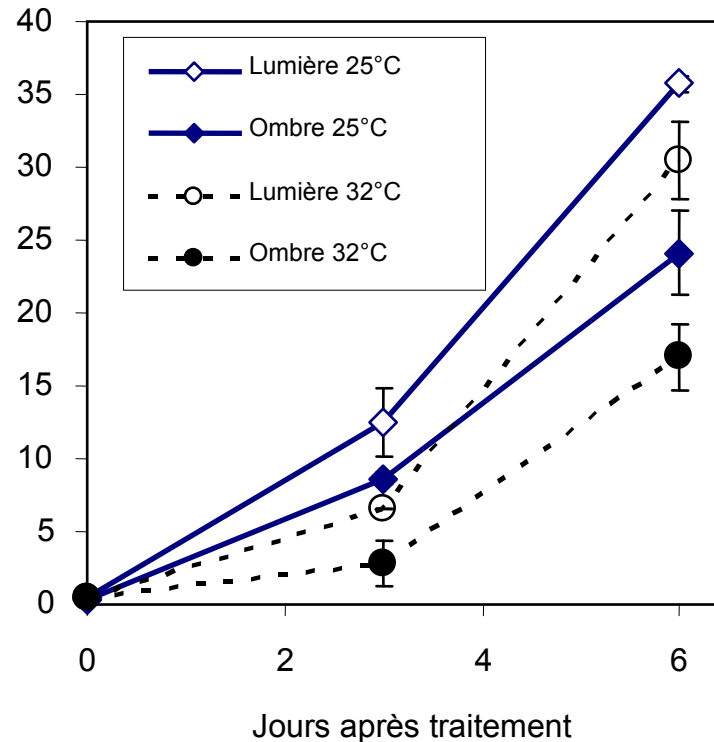
Différenciation des oranges (A) et des pomelos (B) sur la base des teneurs en caroténoïdes



Dhuique-Mayer C, Fanciullino AL, et al. 2009 *J. Agric. Food Chem.* 57. 9160-9168

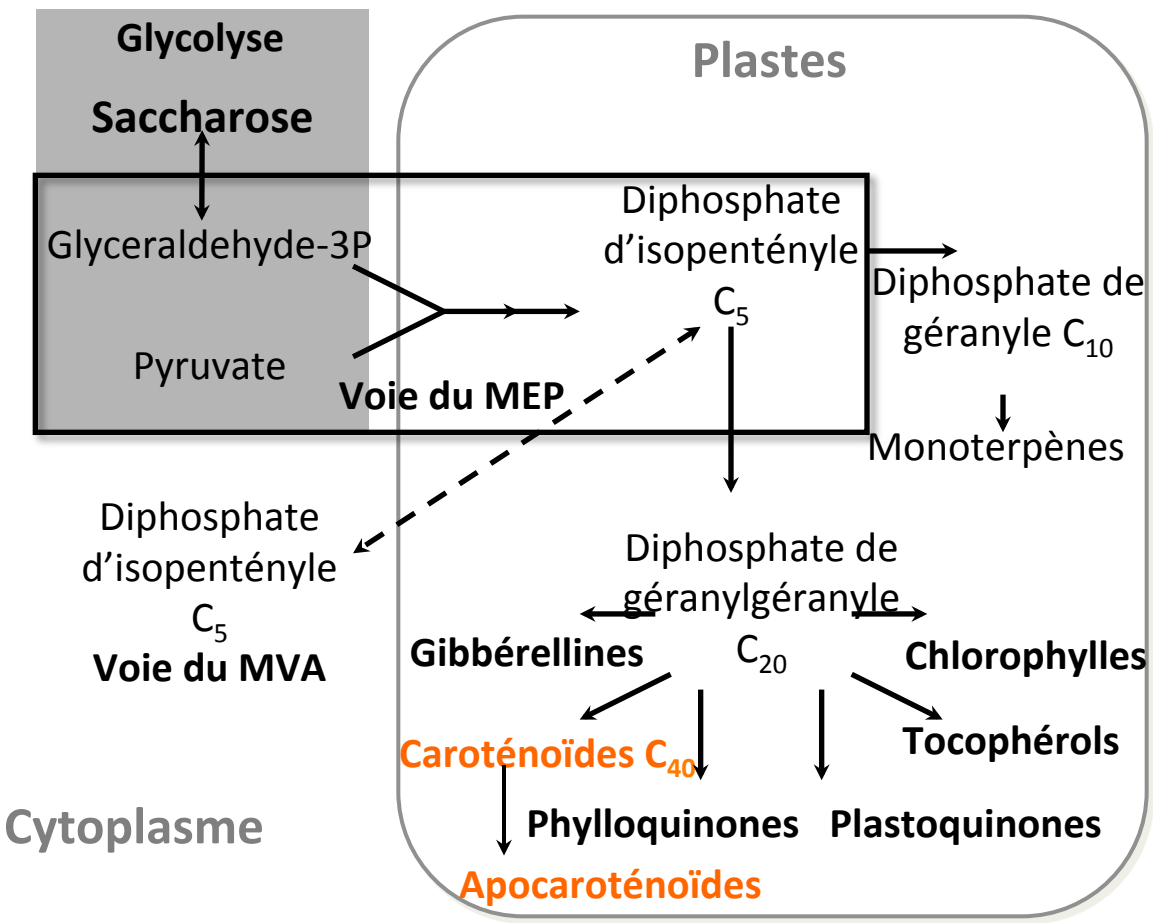
III. Facteurs lumière et température chez la tomate

- La lumière affecte positivement l'accumulation des caroténoïdes et la température exerce un effet négatif



Gautier *et al.*, 2008, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 1241-1250

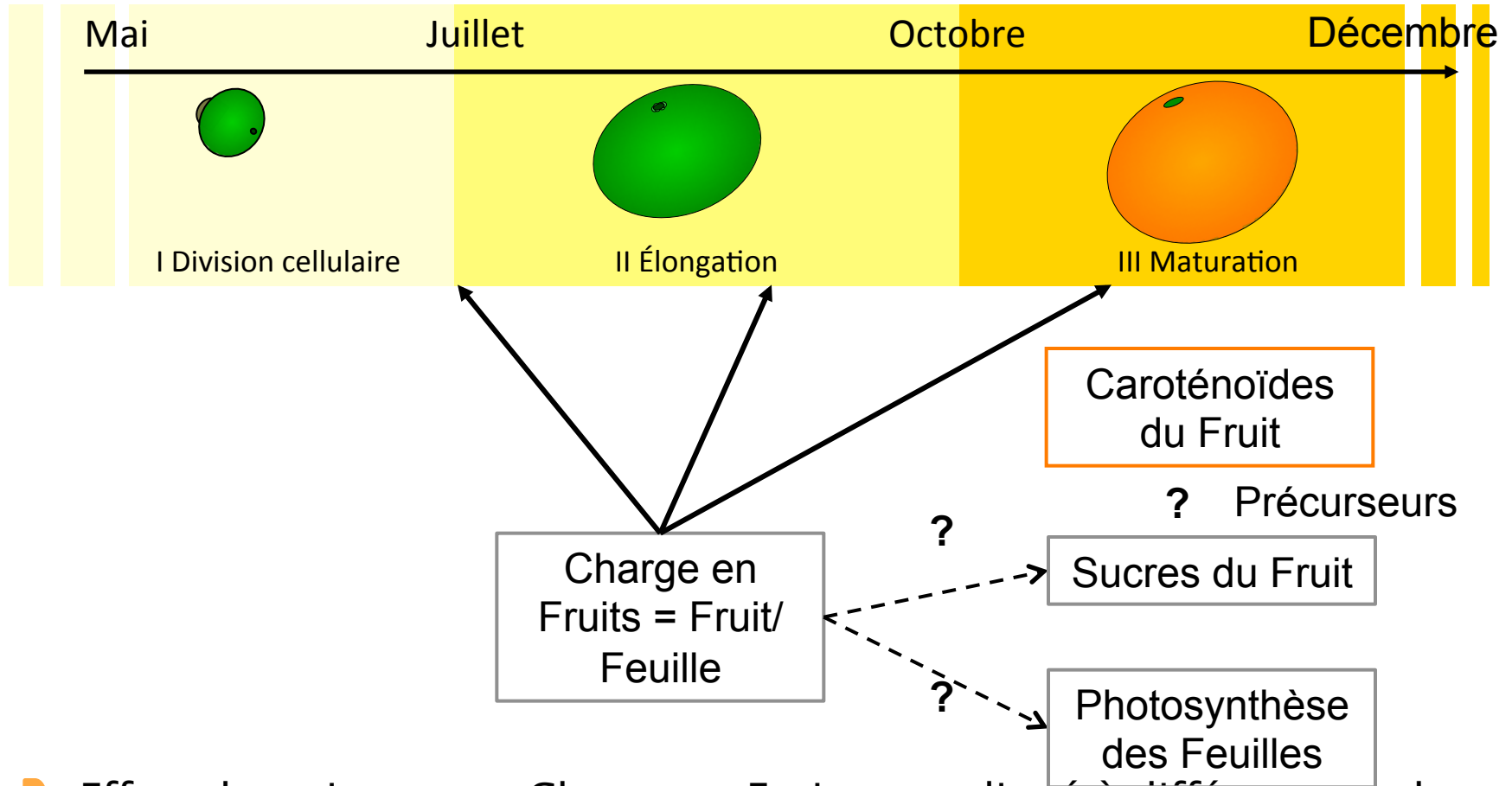
III. La disponibilité en carbone : facteur intégratif des facteurs environnementaux



Rodriguez-Conception and Boronat, 2002, *Plant Physiology*, 130, 1079-1089

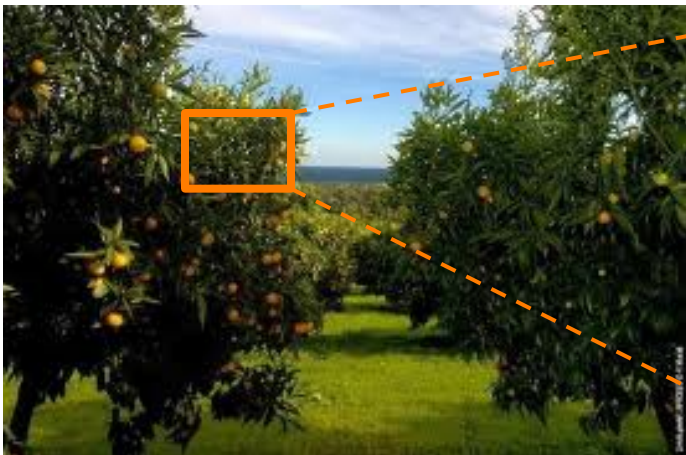
la synthèse des caroténoïdes est-elle influencée par les sucres ?

III. Approche : modification de la disponibilité en carbone au cours du développement du fruit



- Effets du traitement « Charge en Fruits » appliqué à différents stades de développement ?

III. Traitement Charge en Fruits chez le clémentinier



- ✓ Pousses d'environ 1 an
- ✓ Situées à la même hauteur
- ✓ Exposées à la même lumière
- ✓ 1 fruit et au moins 30 feuilles

**Clémentiniers greffés sur
du citrange Carrizo**

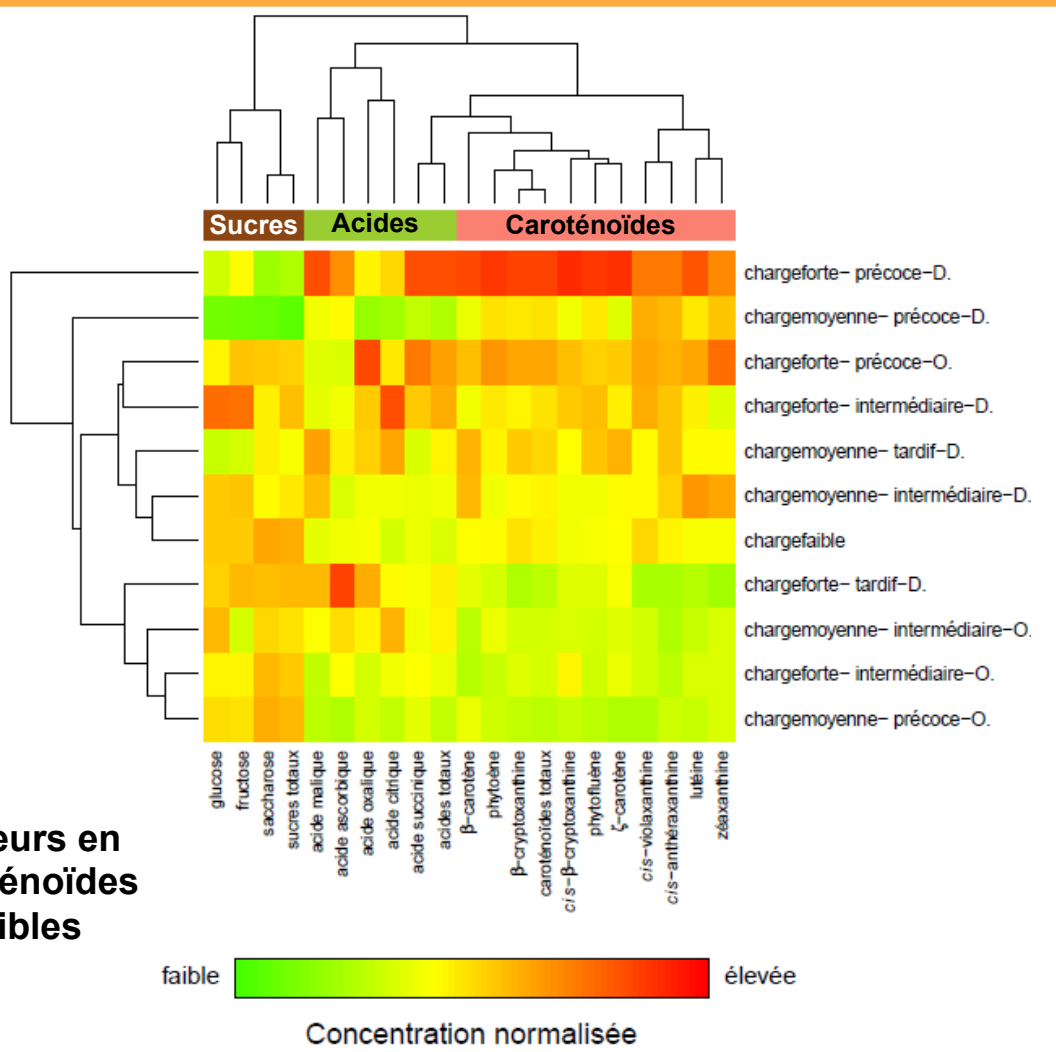


**Branches fructifères isolées
par annélation**

III. Une limitation précoce des sucres entraîne une augmentation des caroténoïdes

Teneurs en sucres faibles

Teneurs en caroténoïdes faibles



Traitements précoces

I. Contexte, propriétés des caroténoïdes

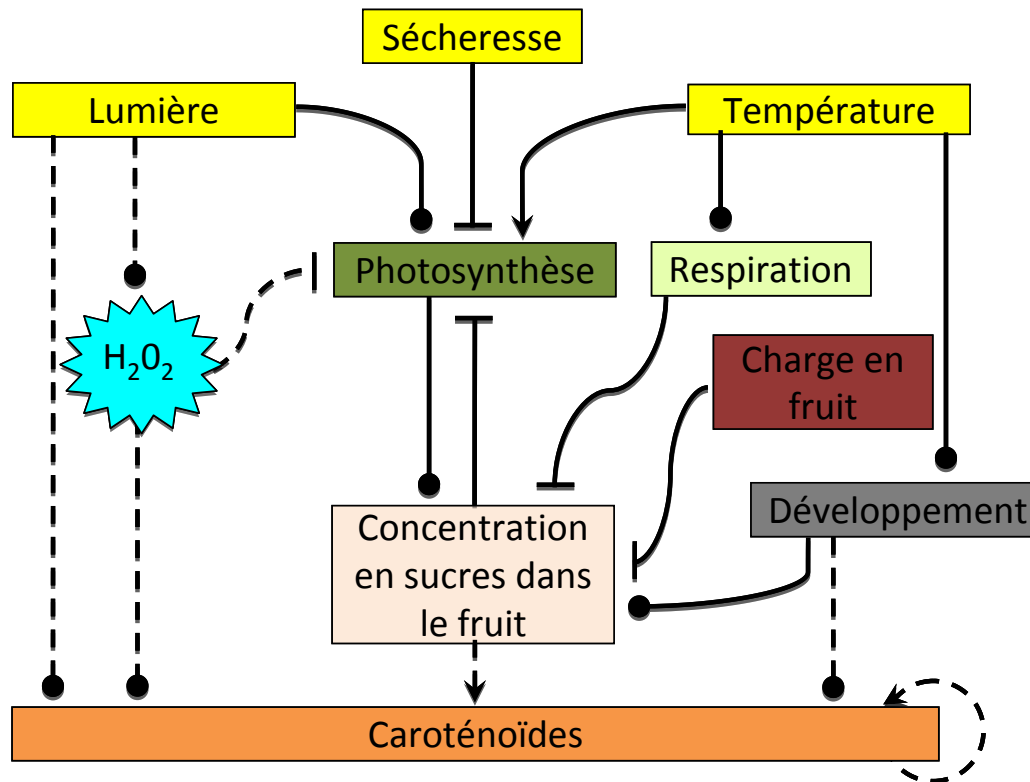
II. Contrôles génétiques et moléculaires

III. Contrôles environnementaux

IV. Perspectives et leviers à creuser

○Etablir un modèle d'élaboration de la concentration en caroténoïdes

IV. Conclusion et perspectives : élaboration d'un modèle d'accumulation des caroténoïdes dans les fruits



Fanciullino *et al.*, 2014, *Plant Cell & Environment*, 37, 273–289

- ▶ A plus long terme, établir des relations quantitatives entre les différents modules pour pouvoir prédire la concentration en caroténoïdes

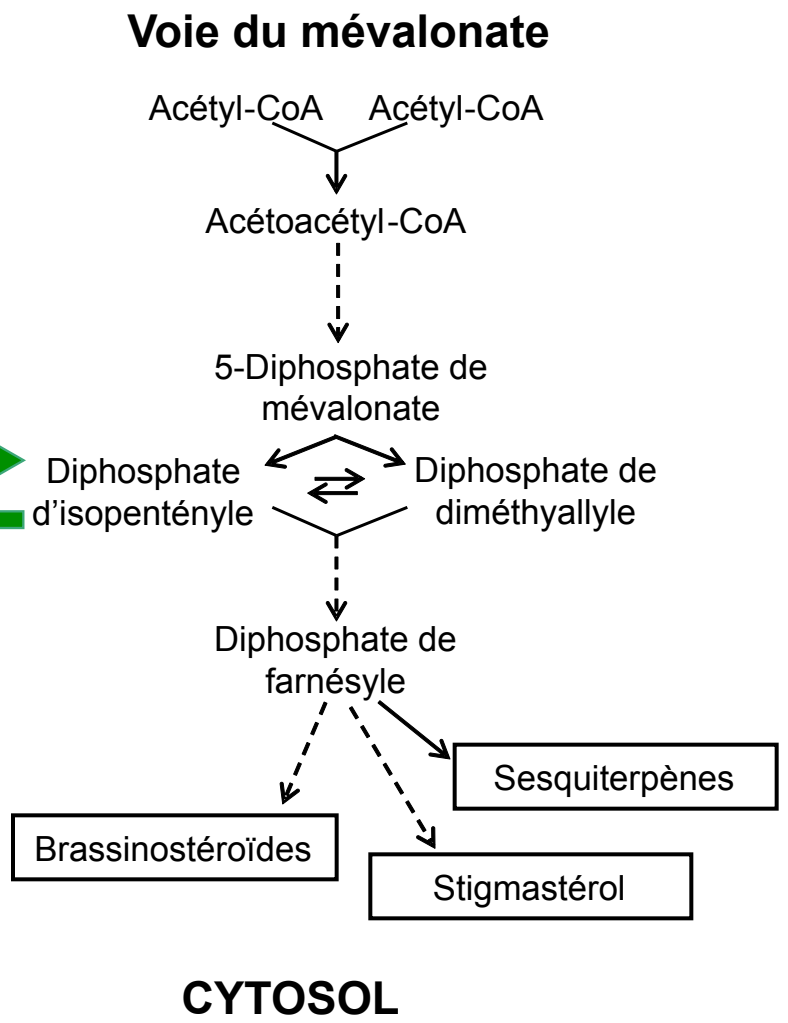
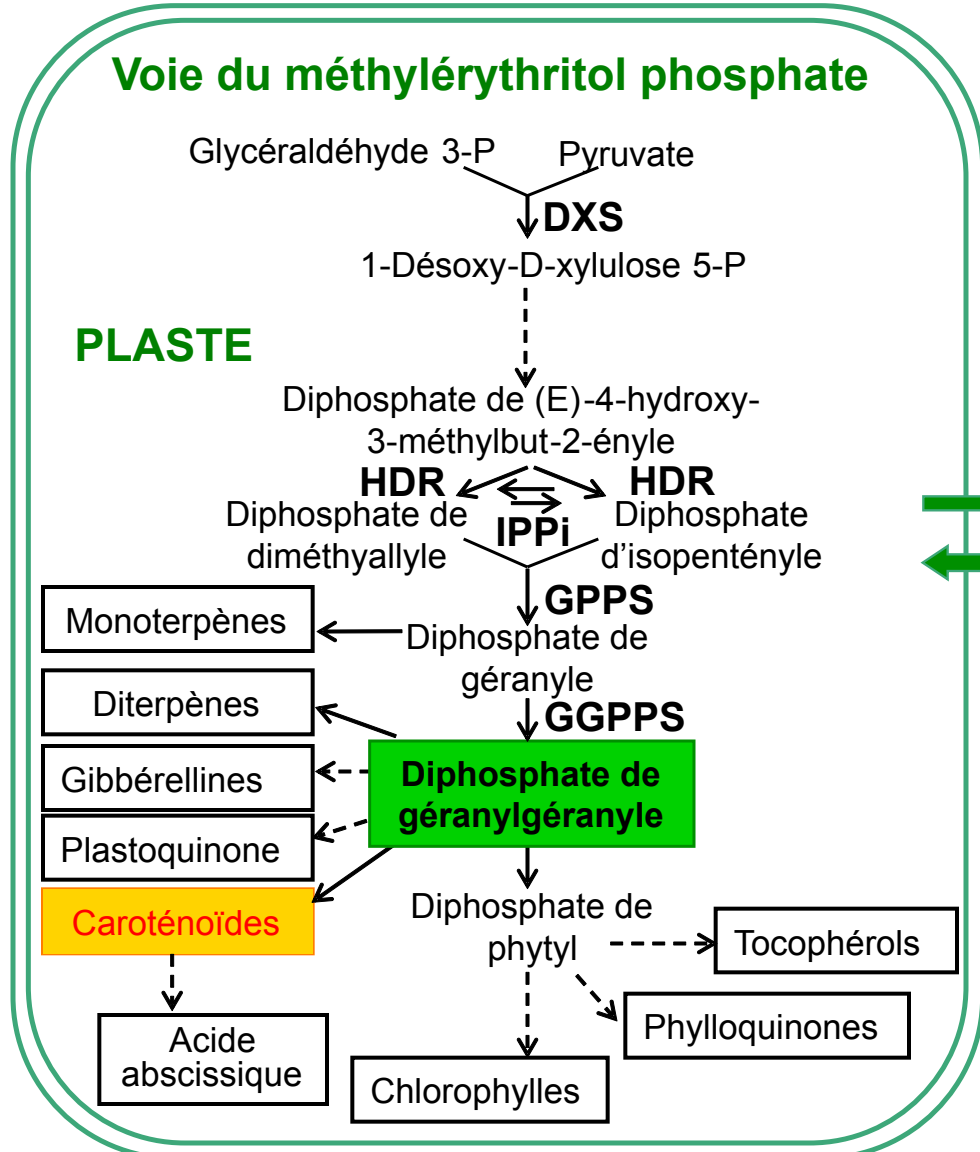
Merci pour votre attention...

anne-laure.fanciullino@avignon.inra.fr
UR PSH, F-84914 Avignon



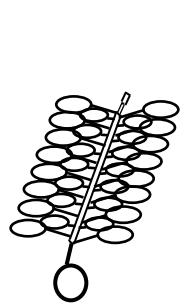
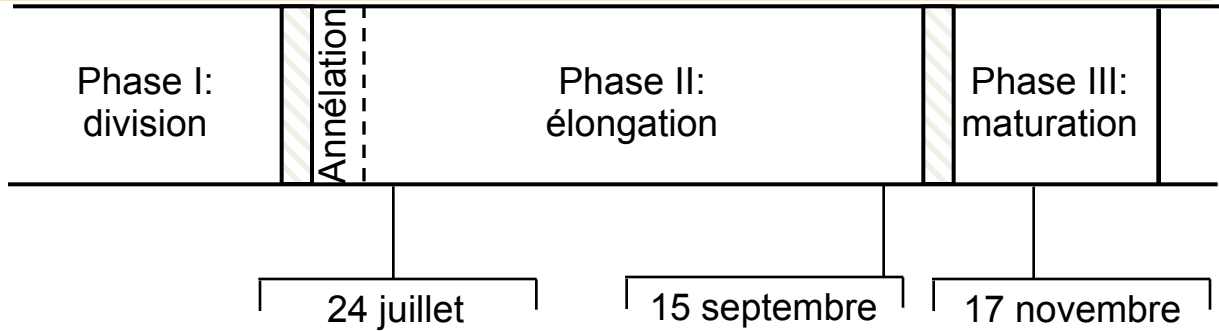
I. Biosynthèse des caroténoïdes

Les caroténoïdes sont synthétisés et stockés dans les chloroplastes puis dans les chromoplastes

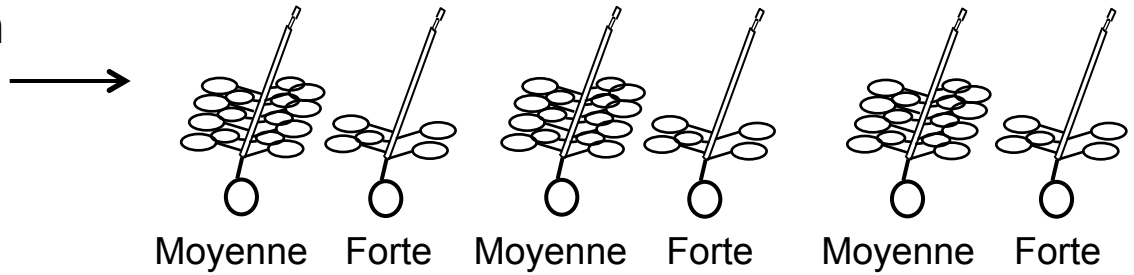


Lange and Ghassemian, 2003, *Plant Molecular Biology*, 51, 925-948

III. Application de 2 traitements différents pour obtenir 3 niveaux de charge en fruits

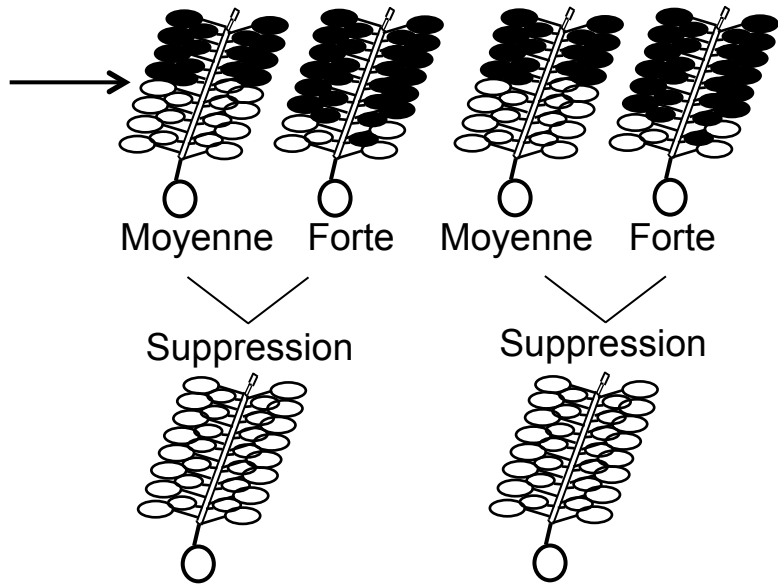


Défoliation
traitement
irréversible



Faible
(témoin)

Ombrage
traitement
réversible



Récolte, 1^{er} décembre