

Le dilemme du fraisier: produire des fraises ou des plants



Béatrice DENOYES

INRAE - UMR BFP Bordeaux

Prix de la Fondation Xavier Bernard 2021

INRAE


FONDATION
XAVIER BERNARD
Pour une dynamique
rurale innovante

 ACADÉMIE
d'AGRICULTURE
de FRANCE
AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT

1982-1983 DEA Yves Demarly – Université d'Orsay



Résistance à la pourriture brune
chez le cacaoyer
Stage de DEA au Cameroun, 10 mois

Une plante dans son contexte agronomique

1984-1988 Ingénieur de Recherche Cirad



*amélioration de la tomate et de
l'aubergine*

Montage d'un réseau multi-sites

Le fraisier, une espèce dynamique

Evolution constante des techniques culturales

30.000 emplois en France:

→ 2/3 emplois directs (production) et 1/3 emplois indirects (appro/commerce/service)

3^{ème} espèce fruitière en France (CA)

* Résistance aux maladies

Anthraxnose (1)

Oïdium

* Changement climatique

Sur l'initiation florale

(2)

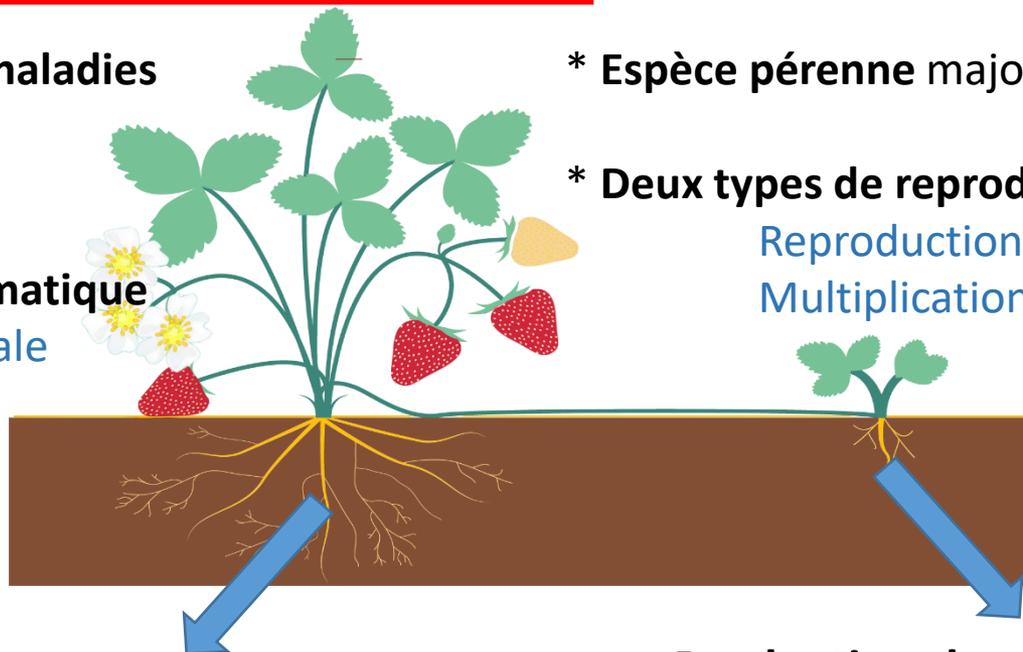
* Espèce pérenne majoritairement allogame

* Deux types de reproduction :

Reproduction sexuée (fruits)

Multiplication végétative (stolons)

(3)



En France

Production de fruits

Production de fraises :

- 57 000 tonnes

- 3 630 hectares



Production de plants

120 millions de plants certifiés (SOC)

plants « frigo », « tray plants » etc...



La filière produit 40% des fraises consommées en France

1988 Poste Ingénieur d'Etudes à l'INRA

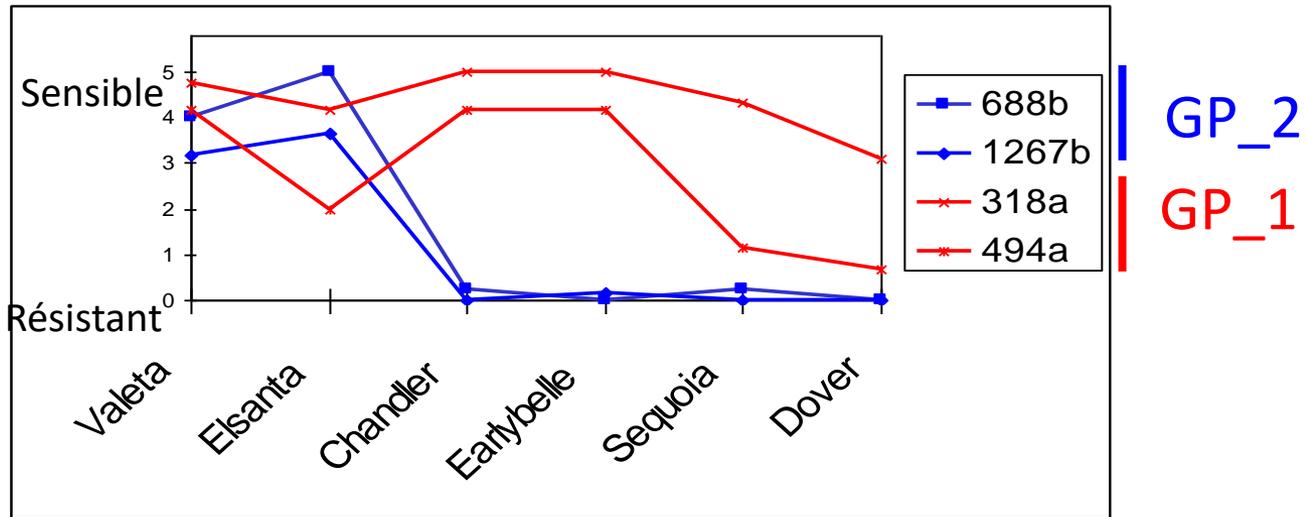
- Agent pathogène: *Colletotrichum acutatum*
 - Espèce majeure en Europe
 - Pathogène de quarantaine jusqu'en 1995
- Les méthodes de contrôle disponibles
 - Contrôle chimique partiellement efficace
 - Techniques culturales (tunnel plastique, irrigation goutte à goutte)
 - Plants certifiés
 - Résistances génétiques



Aujourd'hui IRHC

Doctorat en 1997 et HDR en 2007

Recherche d'une résistance durable à l'antracnose du fraisier



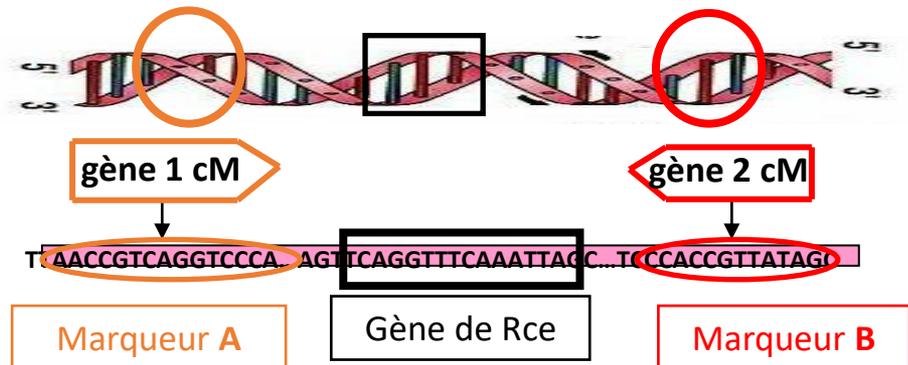
OUTILS POUR LA PROFESSION

Associer deux types de résistance pour obtenir une résistance durable efficace →

* Tests biologiques pour évaluer le niveau de résistance à différents pathogènes

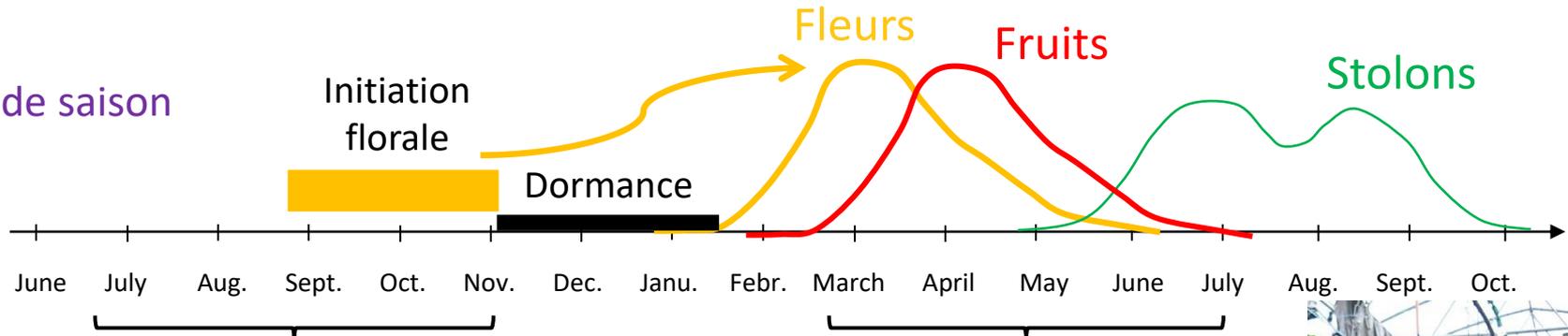
Développer un test plus simple avec l'utilisation des marqueurs moléculaires →

* Marqueurs pour la sélection



Régularité de la production et de la qualité des fruits

Fraisier de saison



Rdt =

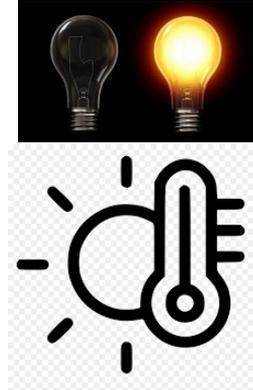
Initiation florale
(potentiel de
production)

+

Expression de
l'initiation florale
(production)

Effet des températures élevées en été/automne sur l'IF

Changement climatique

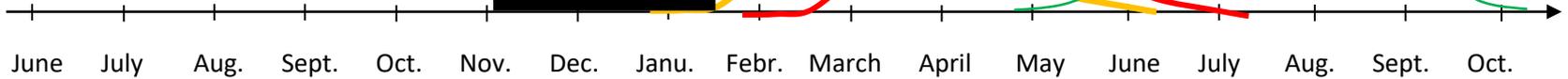


coll. MN Demené *Invenio*

Fraisier de saison

IF

Dormance



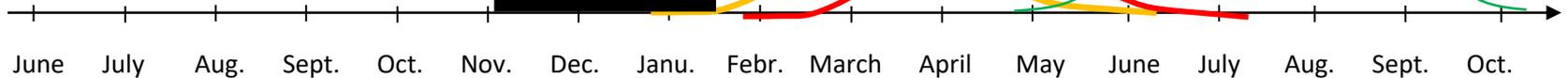
Fraisier de saison



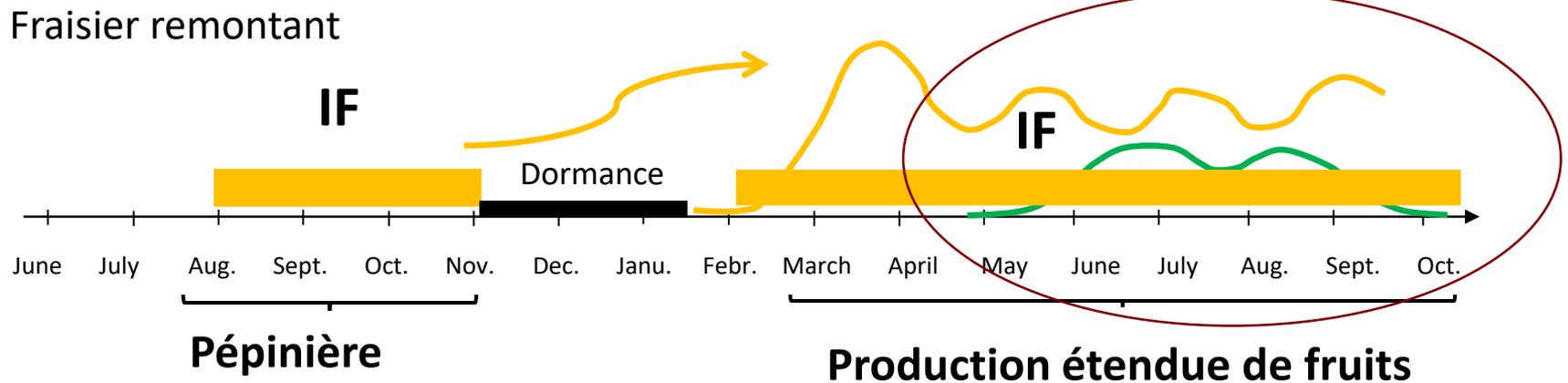
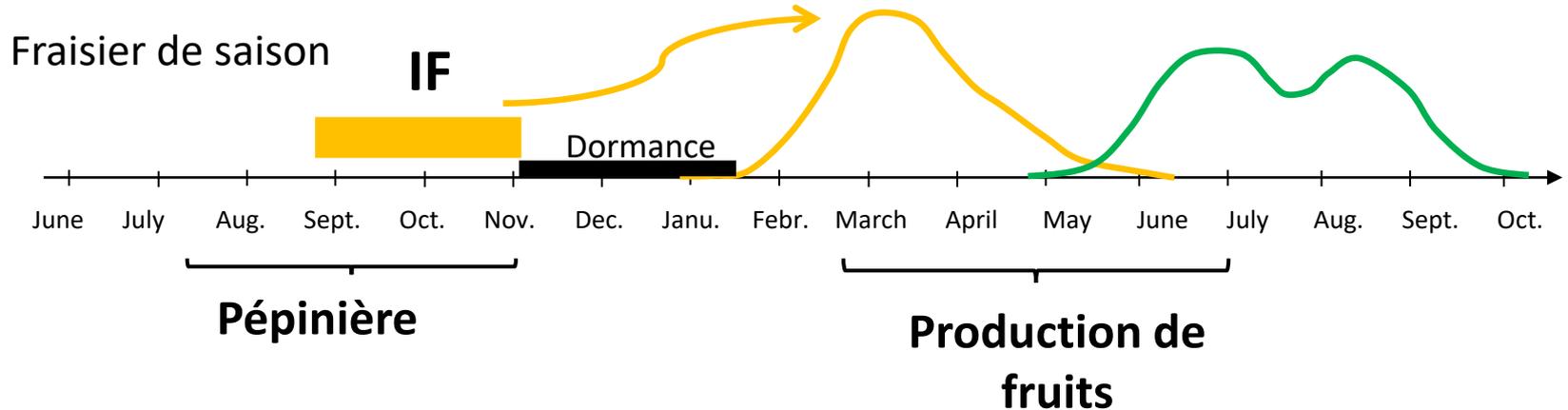
IF

Dormance

Fruits



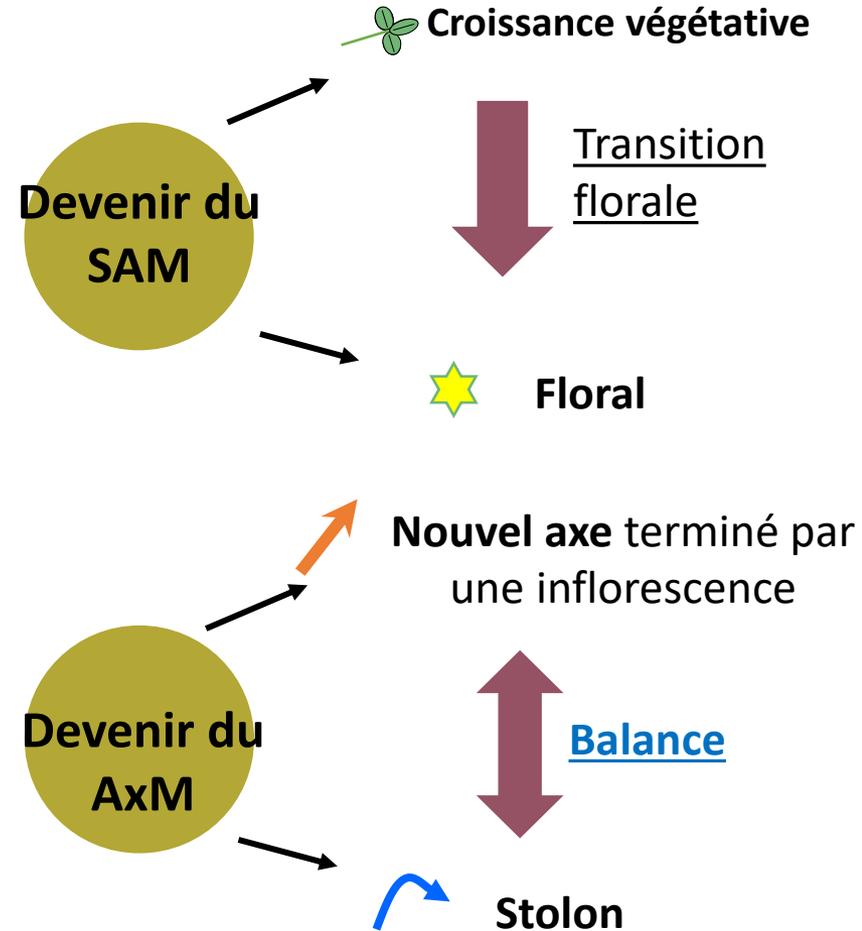
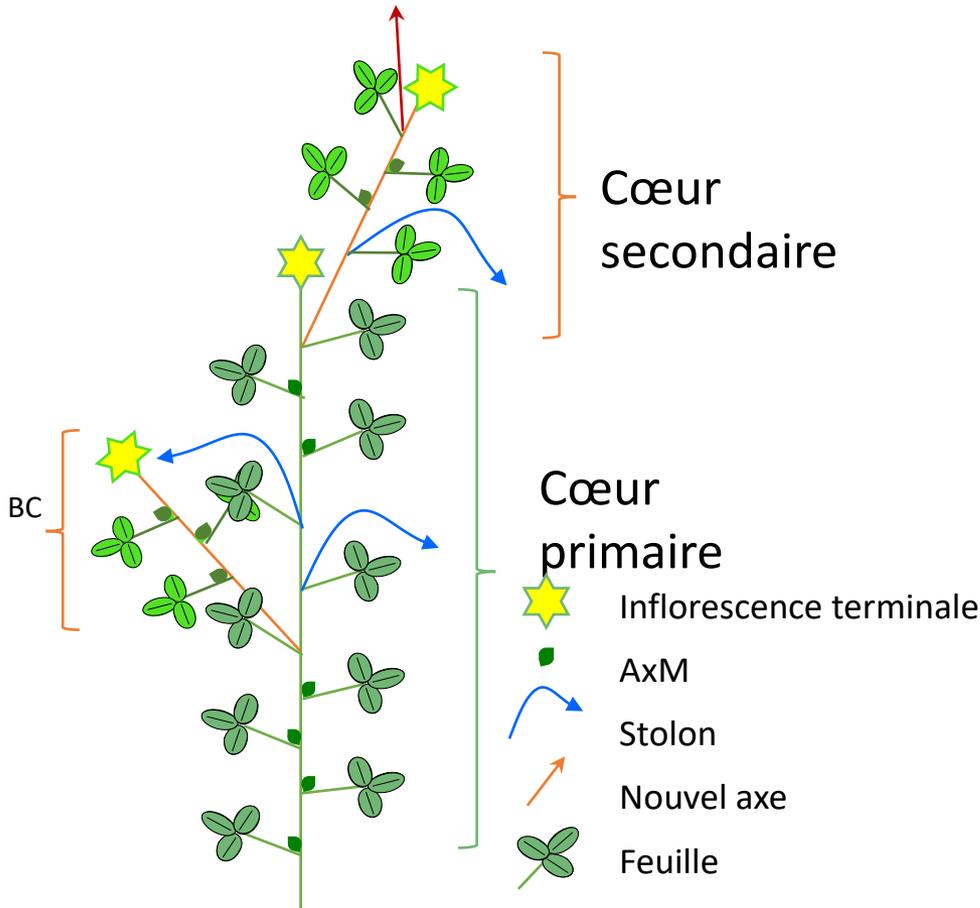
Une période de production plus longue (remontée florale)



Balance entre reproduction sexuée et
reproduction végétative

Etudier la balance rendement en fruits/rendement en stolons à travers l'étude du devenir des méristèmes

Croissance sympodiale



Gaston et al. New Phytol 2021)

Quel est le contrôle de la balance entre reproductions sexuée et végétative ?

Deux espèces de fraisier

diploid

tetraploid

hexaploid

octoploid

decaploid

$$2n = 2x = 14$$

$$2n = 4x = 28$$

$$2n = 6x = 42$$

$$2n = 8x = 56$$

$$2n = 10x = 70$$

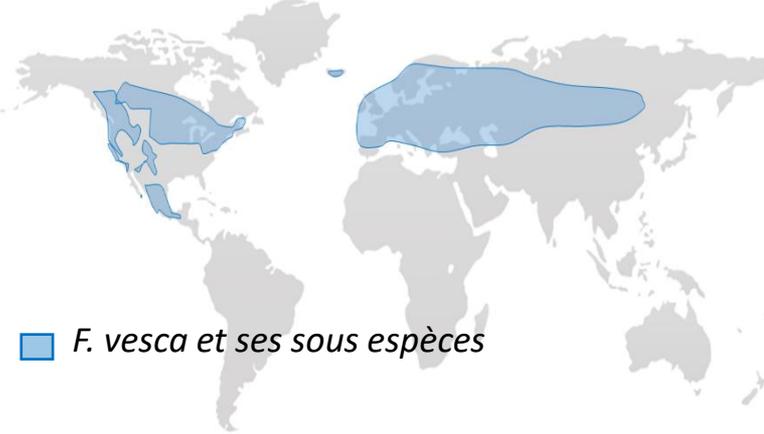


F. vesca

Fraisier des bois



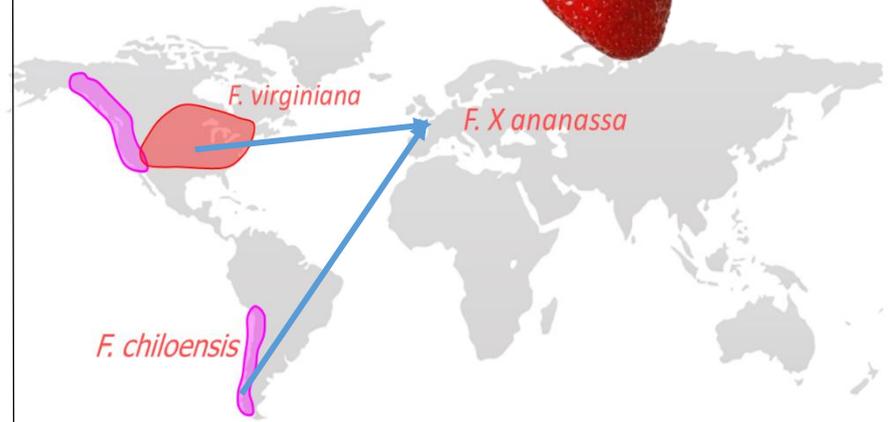
F. x ananassa
fraisier cultivé



 *F. vesca* et ses sous espèces

Génome de référence

Shulaev et al. Nature Genetics 2011

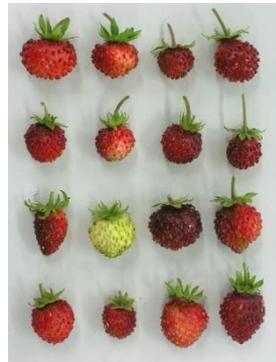


Génome de référence

Edger et al. Nature Genetics 2019

Espèce cultivée

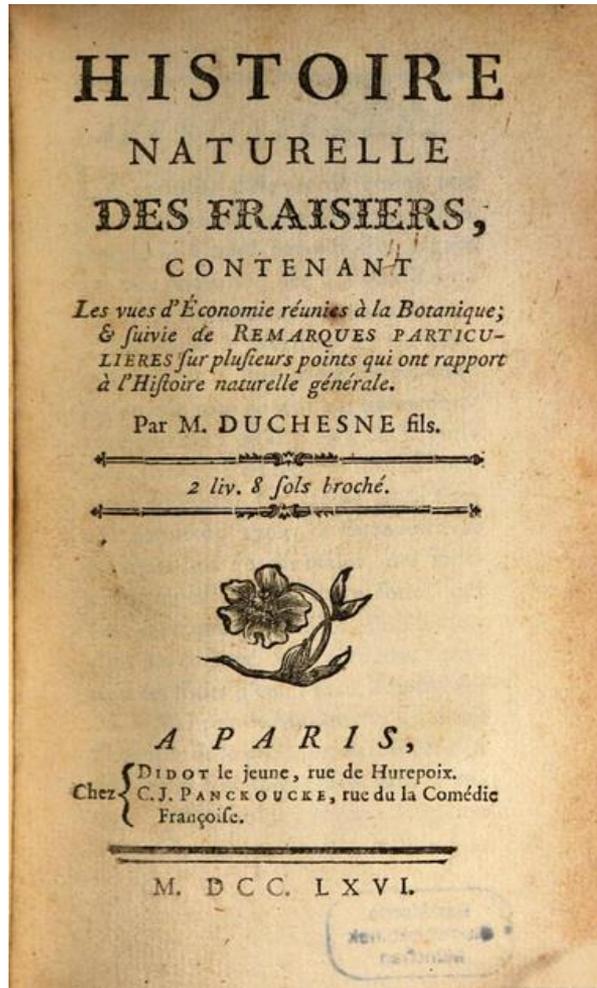
Grande diversité



Quatre sous-génomes:

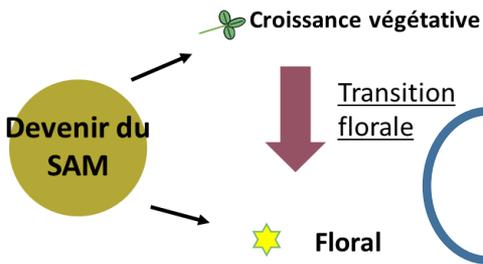
F. vesca, sous-génome dominant

Une description botanique du fraisier et de ses mutants en 1766

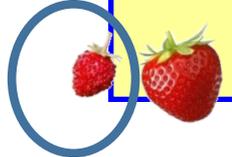


LA Fraise est un de nos fruits les plus agréables : notre Roi chérit ce fruit : les Jardiniers des Maisons royales sont bientôt au point de lui en présenter successivement toute l'année : on vient de rassembler par son ordre les différentes sortes existantes en Europe : la fortune des Fraisiers est faite. Leur culture fera désormais le plus tendre soin des curieux.

La fraise est un de nos fruits les plus agréables: notre Roi chérit ce fruit....



Allonger la période de production grâce à la remontée florale



Duchesne, 1766

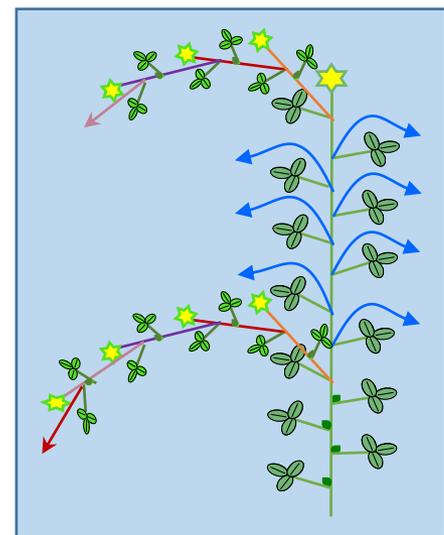
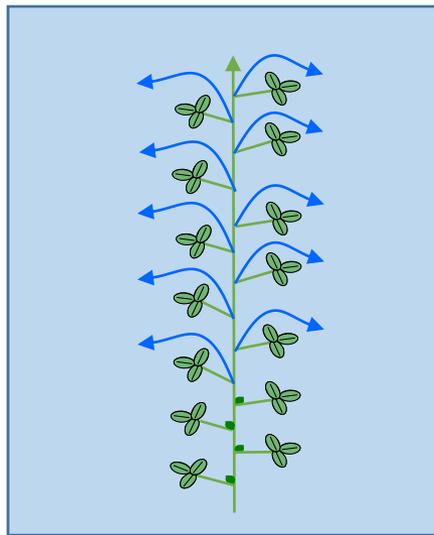
« Le fraisier des mois »



Fraisier des bois



Mutant naturel (PF)



feuille
 stolon
 inflorescence

Comment est contrôlée la remontée florale chez le fraisier des bois?

TFL1:
répresseur
floral

WT (SF)

Mutant (PF)



Sicile
F. vesca

[SF]

Alpine
F. vesca

[PF]

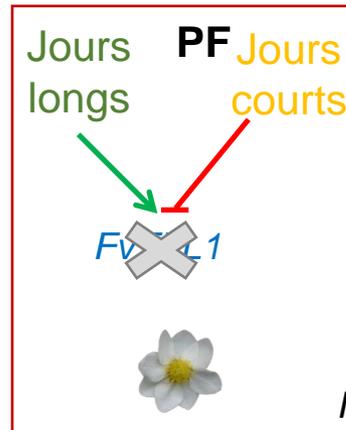
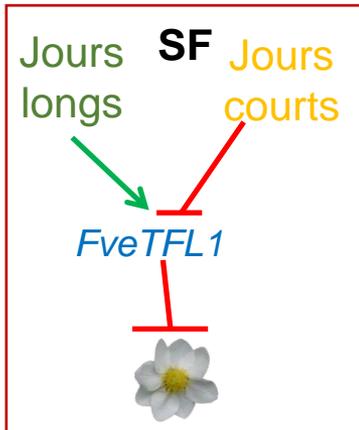


population F₃



WT (SF)

Mutant (PF)



RoTFL1

Rosa

2n = 2x = 14

LG 5

LG 6

LG 7

LG 2

LG 1

LG 4

LG 3

Fragaria

2n = 2x = 14

Fvb1

Fvb2

Fvb3

Fvb4

Fvb5

Fvb6

Fvb7

FveTFL1

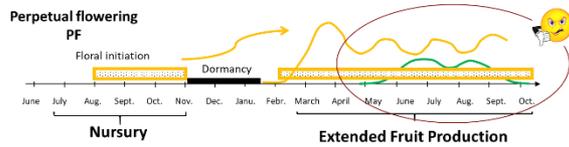
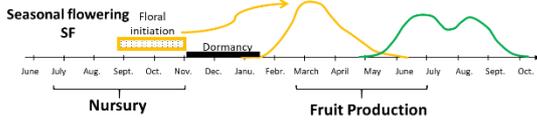


Iwata, Gaston et al., 2012

Denoyes et al., 2020

La mutation du répresseur floral TFL1 conduit à la remontée florale chez le fraisier des bois et chez le rosier

Allonger la période de production grâce à la remontée florale



Remontant (PF)

Fraisier de saison (SF)



Photo prise en été

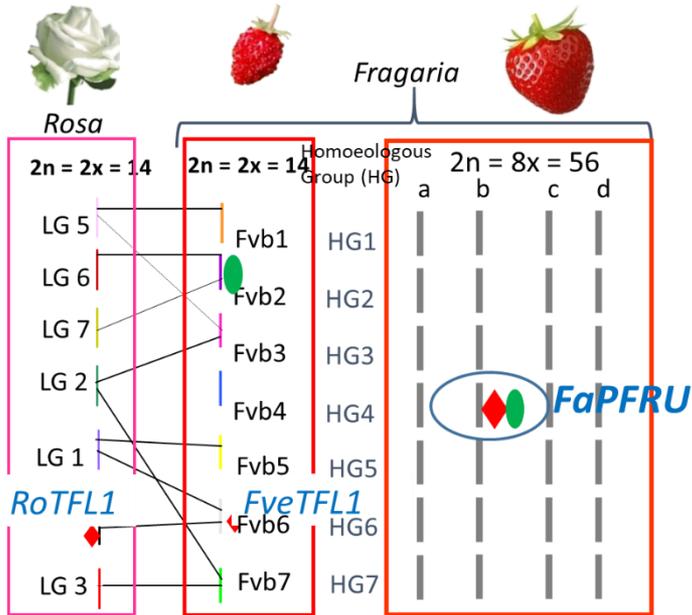
- Nouveaux axes
- Stolons
- Feuilles développées
- Primordium
- Inflorescences de printemps
- Inflorescences d'ÉTÉ seulement chez les variétés remontantes



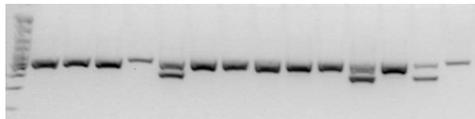
Costes et al., 2014

Remontée: recherches et leurs utilisations en sélection

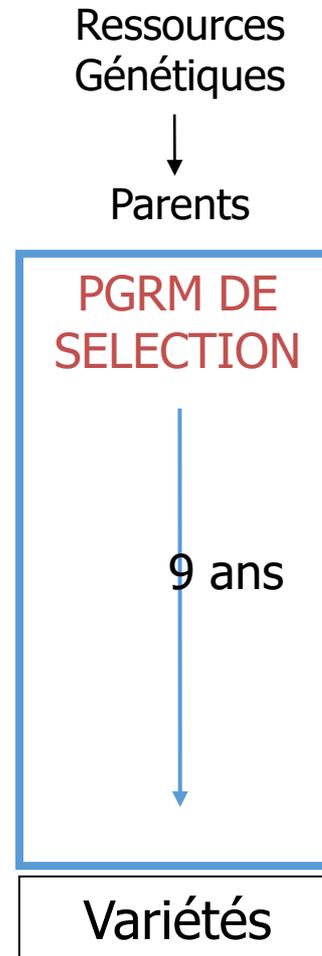
LES RECHERCHES



Un outil pour les sélectionneurs:
un marqueur lié à la remontée
florale => utilisation en sélection



UTILISATION EN SÉLECTION

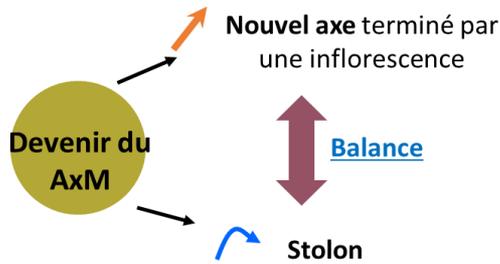


Sélection assistée par marqueurs (SAM)

Sélection précoce

Utilisation du marqueur de Remontée florale
-> Les sélections sont mises très tôt dans un itinéraire technique différent selon leur type

Collaboration INRAE - Invenio Bordeaux depuis 2000' (détachement d'un ingénieur)



Le fraisier mutant “sans coulants”

IV. LE FRAISIER SANS COULANS*: * *FRAGARIA EFLAGELLIS*.

VOLUME 20 NUMBER 9 SEPTEMBER 2011

THE PLANT

C E L L



FRAGARIA EFLAGELLIS DUCHESNE, HIST. NAT. FRAIS. N° 4. 119. 1766
www.plantcell.org

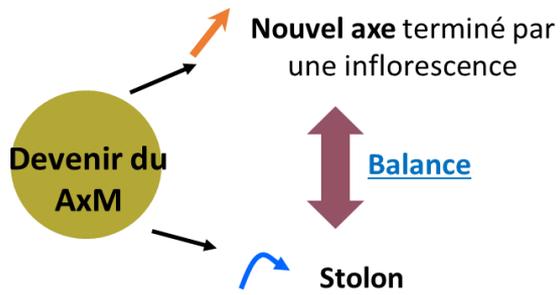
F. eflagellis (race sans coulants) (mutant naturel ne produisant pas de stolons)
1ère description 1690

Duchesne in 1766

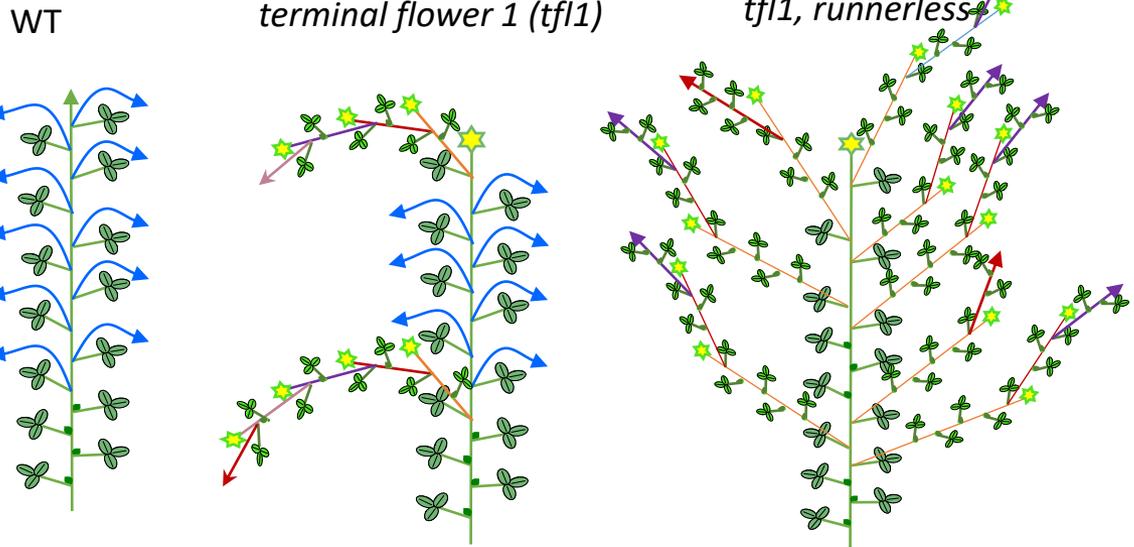
CE Fraisier est sans doute né du Fraisier de bois comme le Fraisier de Versailles qui suit; il paroît former comme lui

une race constante. Sur plus de trente pieds que j'en ai élevés de graine en 1764, aucun n'a varié: j'attends qu'ils fructifient cette année pour continuer l'expérience sur la seconde génération.

Contrôle génétique
établi dès 1764 !



Comment est contrôlée la production de stolons



Précurseur des gibbérellines

Précurseur des gibbérellines

Gibbérellines inactives

Gibbérellines inactives

Gibbérellines actives

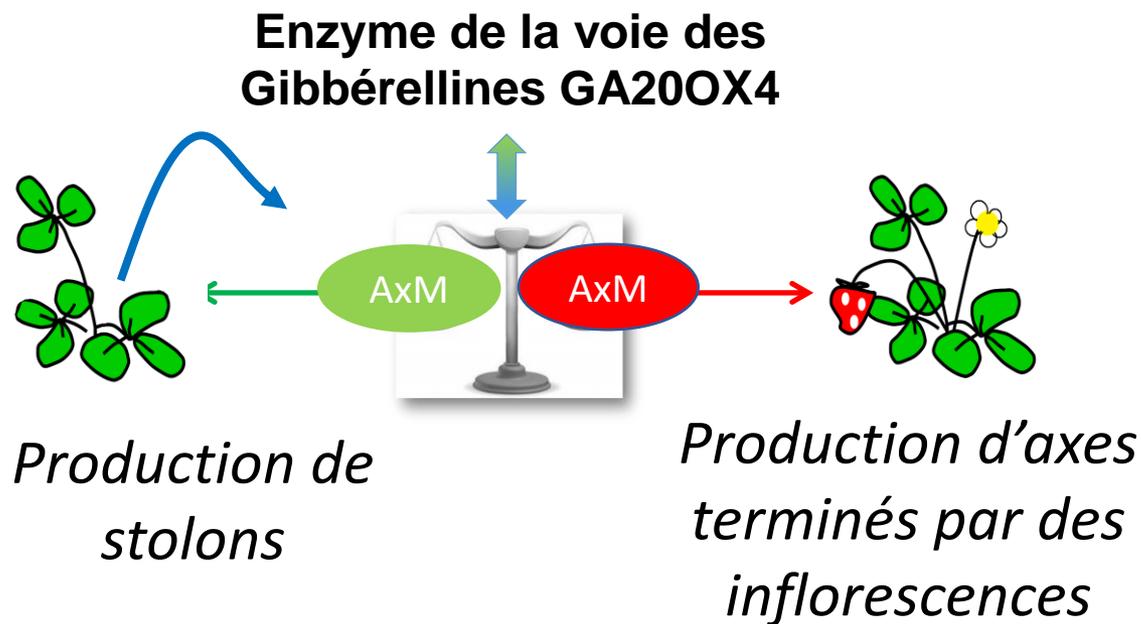
~~Gibbérellines actives~~

Tenreira et al., 2017

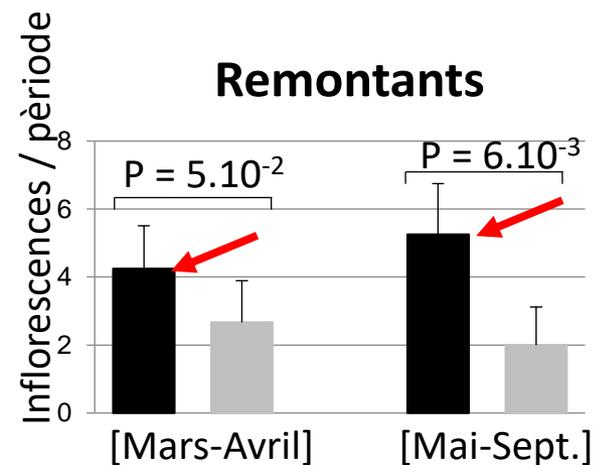


Une mutation dans une enzyme intervenant dans la voie des gibbérellines conduit à l'absence de gibbérellines actives au niveau du AxM

Le devenir du méristème axillaire est central dans la balance entre les reproductions sexuée et végétative chez le fraisier



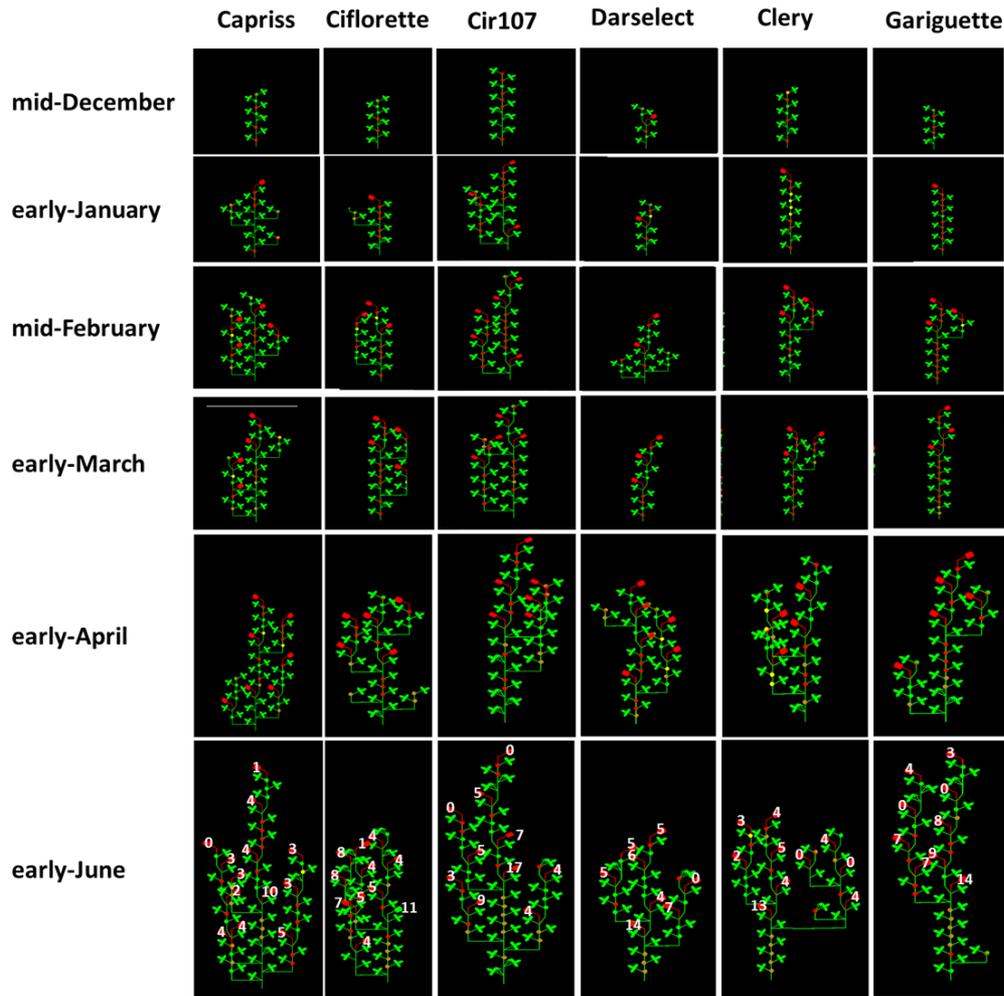
Moduler le rendement (nombre d'inflorescences) en jouant sur l'architecture



Tenreira et al., 2017

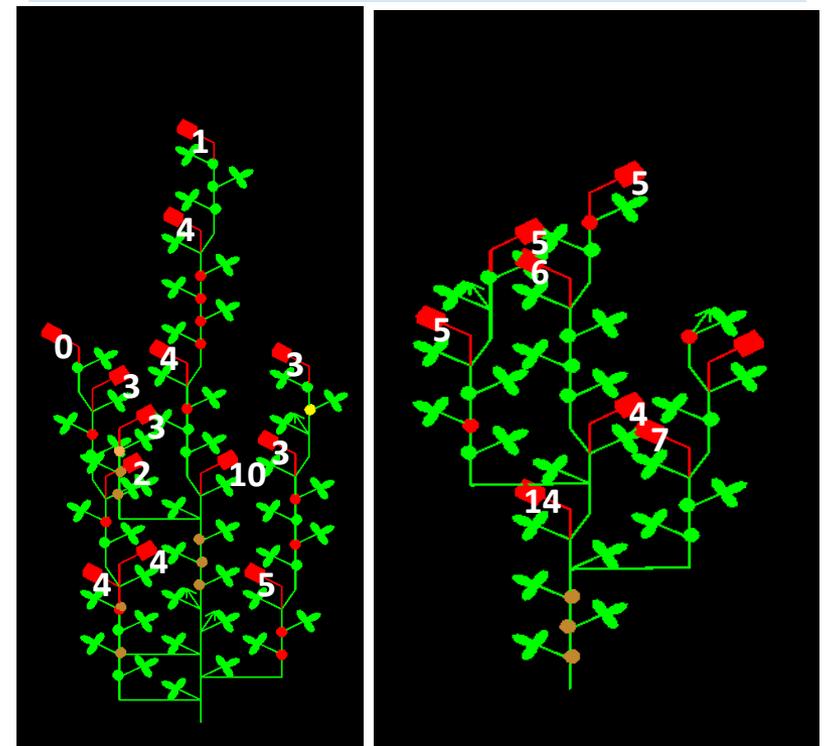
Géotypes sans stolon

Comprendre la plante dans son ensemble: l'architecture



Labadie et al. in preparation

Outil pour sélectionneurs,
expérimentateurs et
producteurs



Logiciel disponible sur la
plateforme OpenAlea



Coll.  cirad

UMR 1332, Equipe FDFE



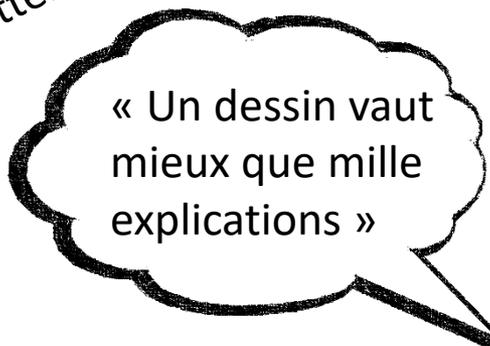
Merci pour votre attention

Strawberry group

Béatrice Denoyes
Amélia Gaston
Aline Potier
Pierre Prévost
Tracey Tenreira (PhD)
Justine Perrotte (PhD Cifre) -> Invenio
Marc Labadie (PhD)
Marie Alonso (PhD)
Alexandre Prohaska (PhD Cifre)

Aurélien Petit 

Christophe Rothan
Johann Petit
Cécile Bres





Philippe Chartier
Raphaël Maitre
Marie-Noële Demené
Karine Guy

Equipe FDFE

Frédéric Delmas
Michel Hernould

Collaborations

Nabil Girollet (EGFV, Bordeaux, FR)
Yann Guédon, Christophe Pradal, Yves Caraglio (Cirad, FR)
Céline Noirot (INRAE Genotoul FR)
Bruno Mezzetti and Silvia Sabbadini (Univ. Ancona, IT)

De multiples projets conduits avec la filière

