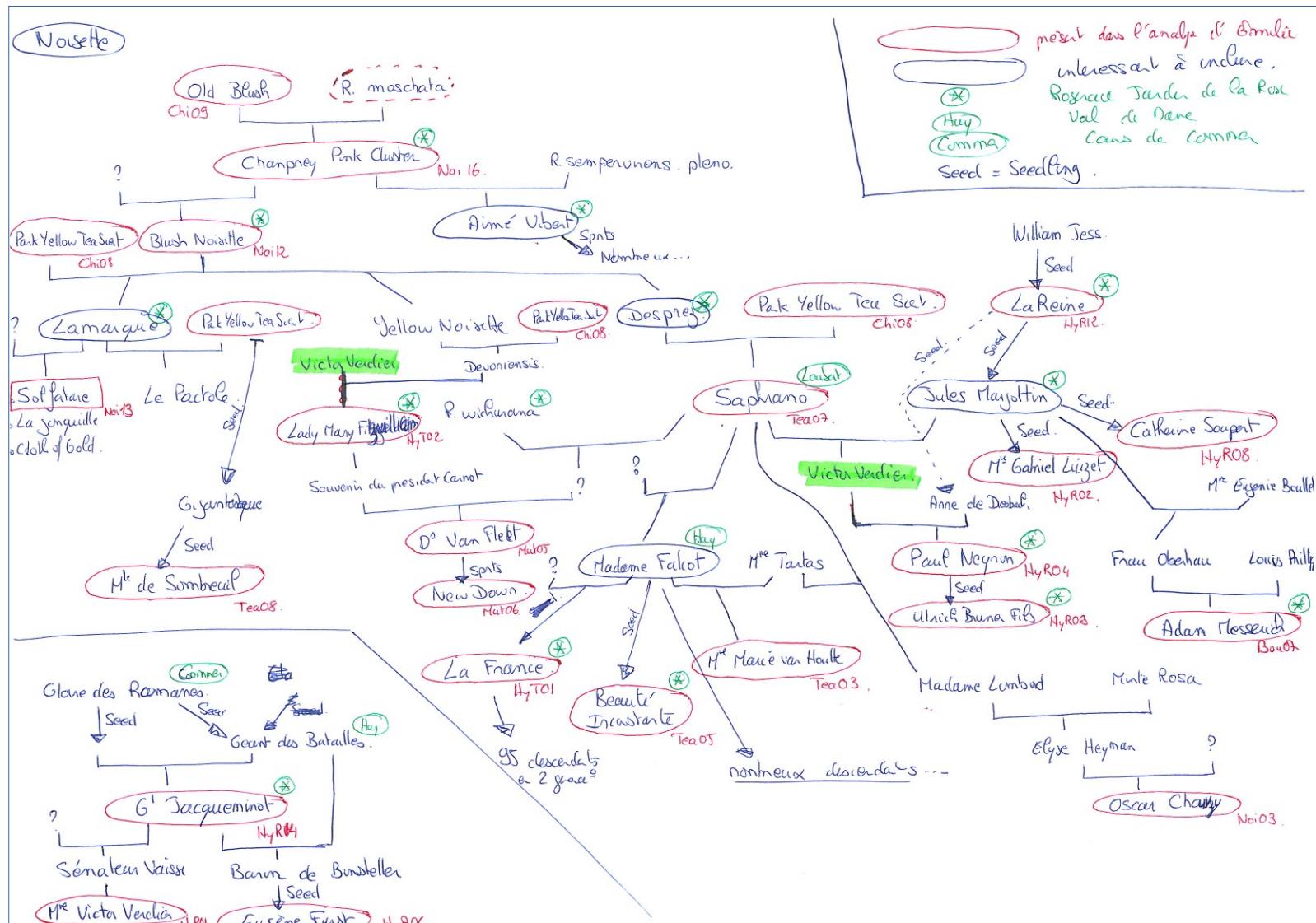


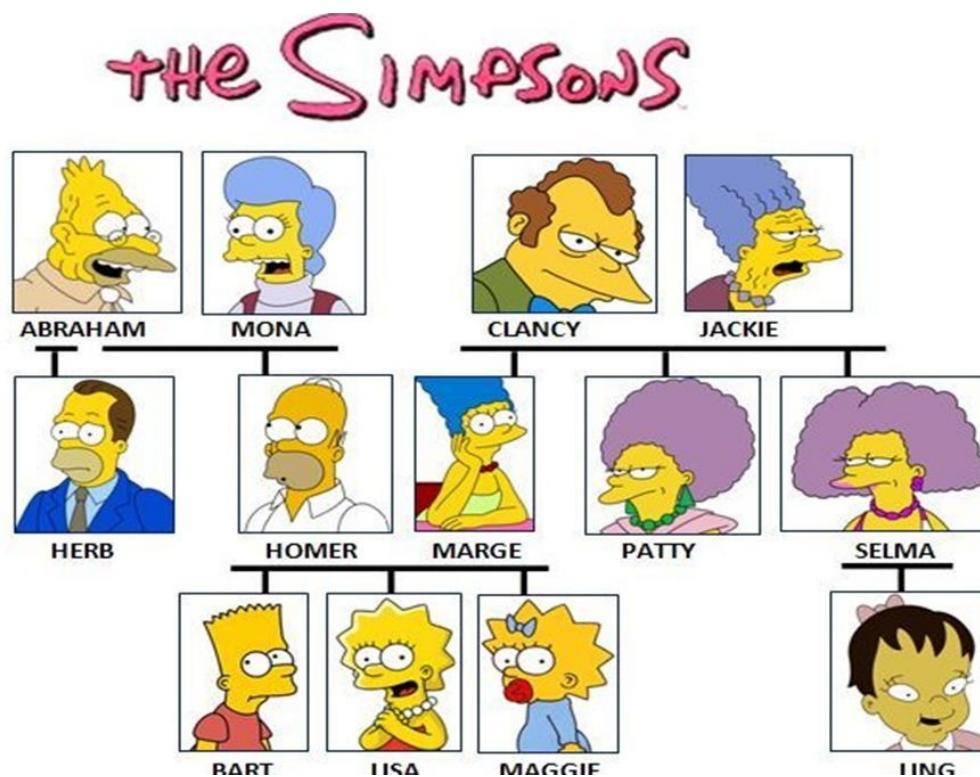
Reconstruction de pedigrees chez les rosiers



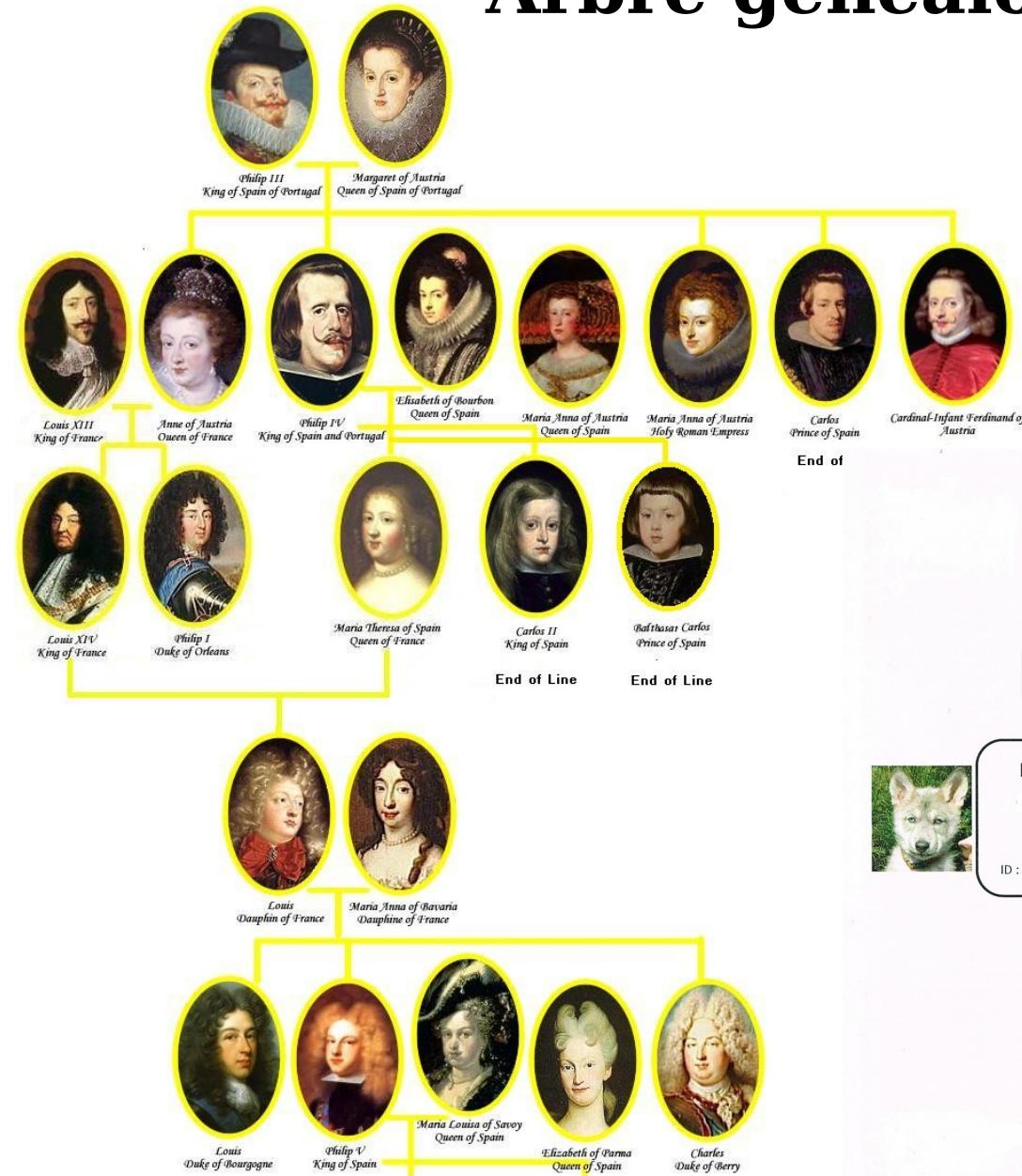
Jérémie Clotault, Institut de Recherche en Horticulture et Semences
 Frédéric Proïa, Laboratoire Angevin de Recherche en Mathématiques

Partie 1

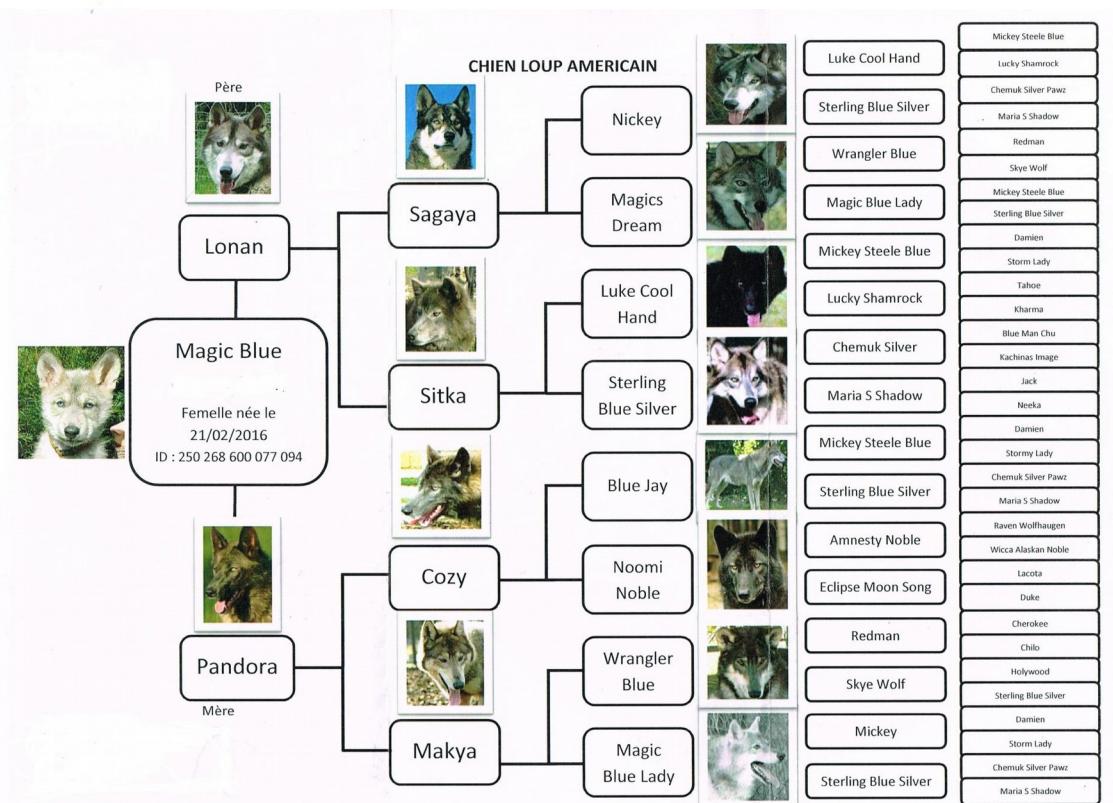
Qu'est-ce qu'un pedigree ?



Arbre généalogique = pedigree



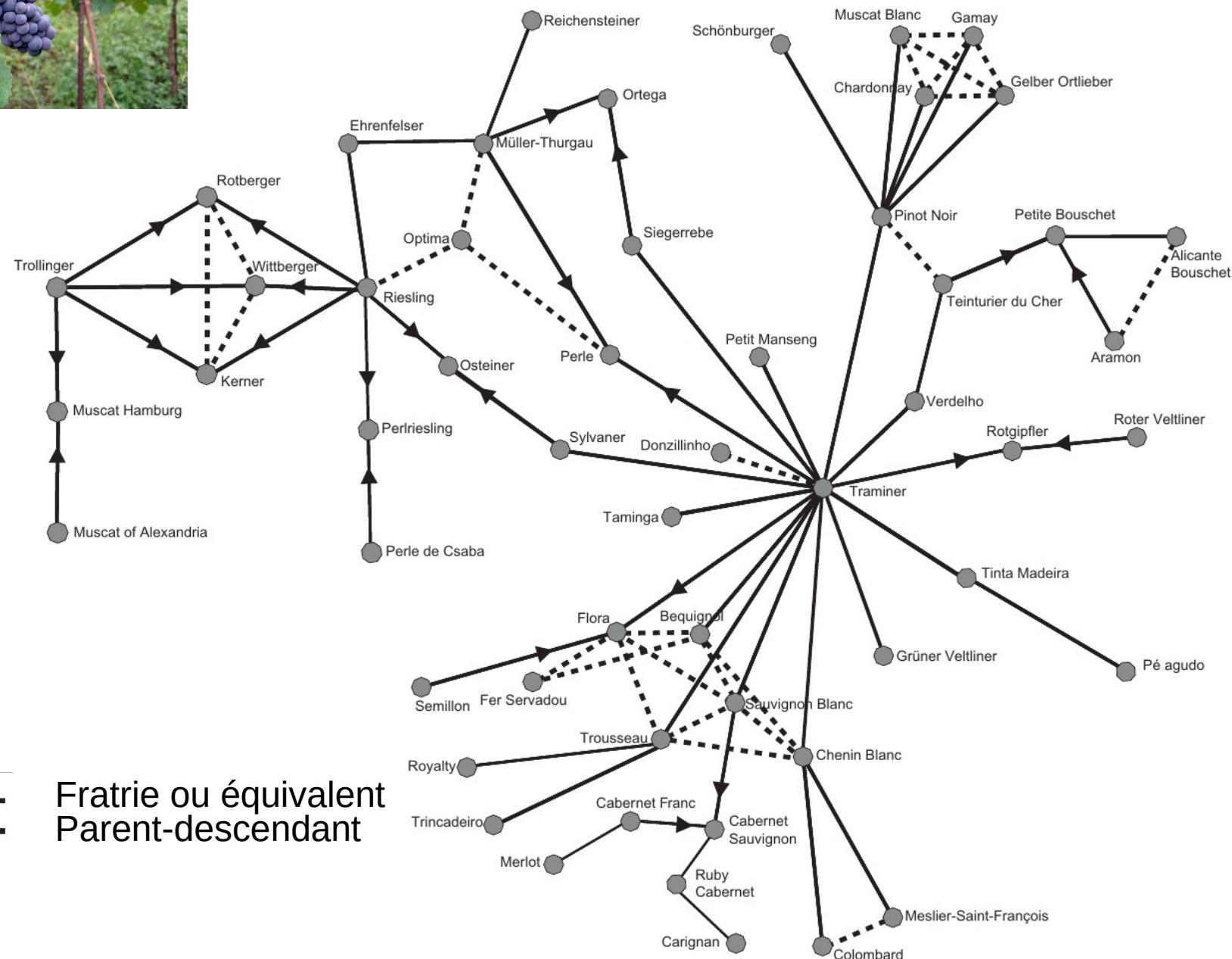
Généalogie de famille royale



Pedigree de chien de race



Exemple chez la vigne



Fratrie ou équivalent
Parent-descendant



Traminer

Relations de parenté par reproduction sexuée
(parents, enfants, fratrie)



Sauvignon blanc

Anjou AOC



Chenin blanc



Cabernet franc



Cabernet sauvignon



Traminer = Savagnin

Mutation



Gewürztraminer

Relations de parenté par reproduction asexuée (=végétative) :

- Clones (variétés synonymes et identiques)
- Sports (variétés identiques sauf pour un caractère)



'Cuisse de
Nymphe'

Multiplication végétative
Greffé, bouture



Clones de 'Cuisse de Nymphe'

Si la rose est éphémère, la variété de rosier est éternelle !



'Maiden's Blush, Small-mutation supposée
'Cuisse de Nymphe'



"Accident"

Multiplication végétative
Greffé, bouture

'Cuisse de Nymphe'



Semis

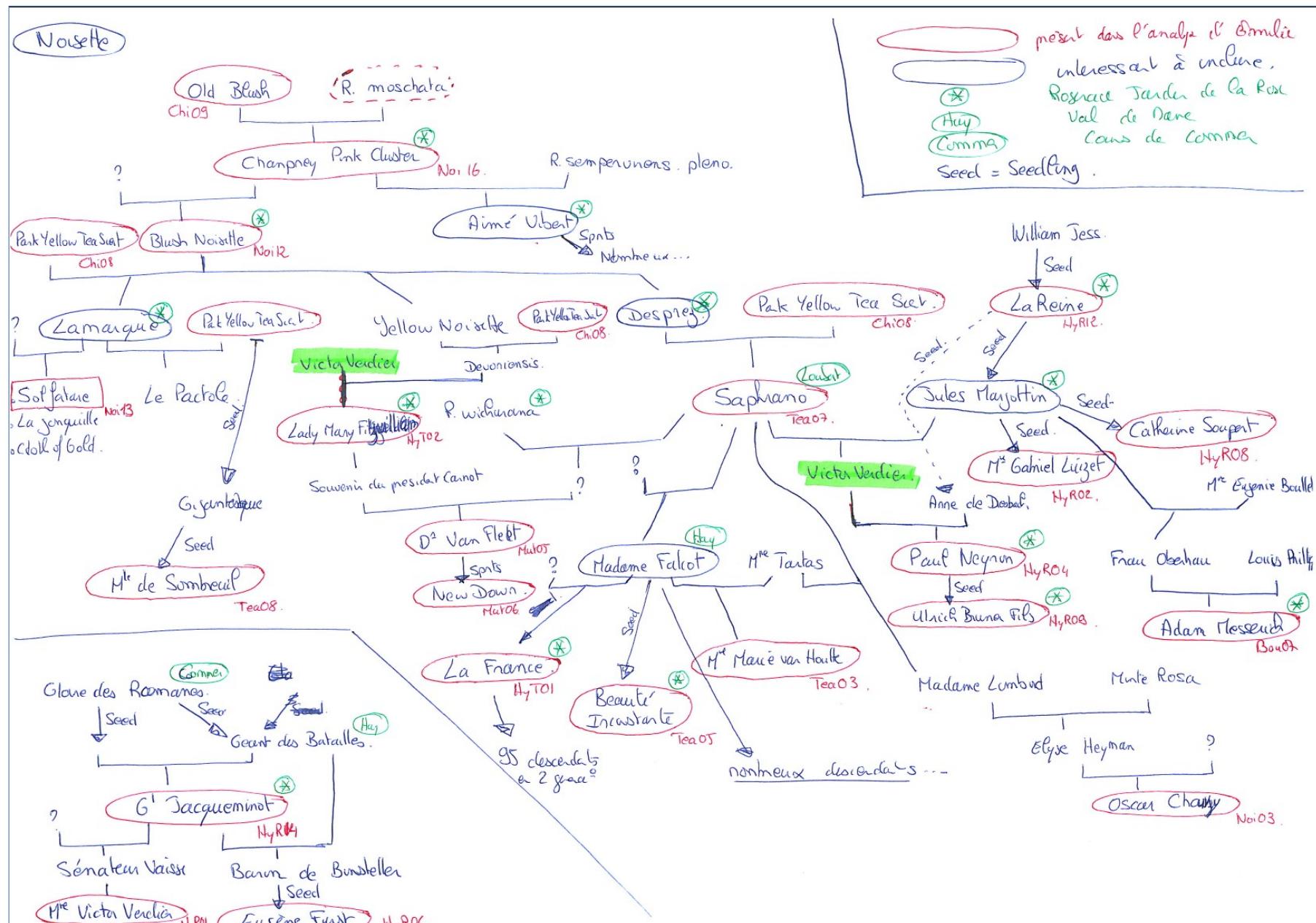
Quelques uns des descendants supposés de
'Cuisse de Nymphe'



Clones de 'Cuisse de Nymphe'

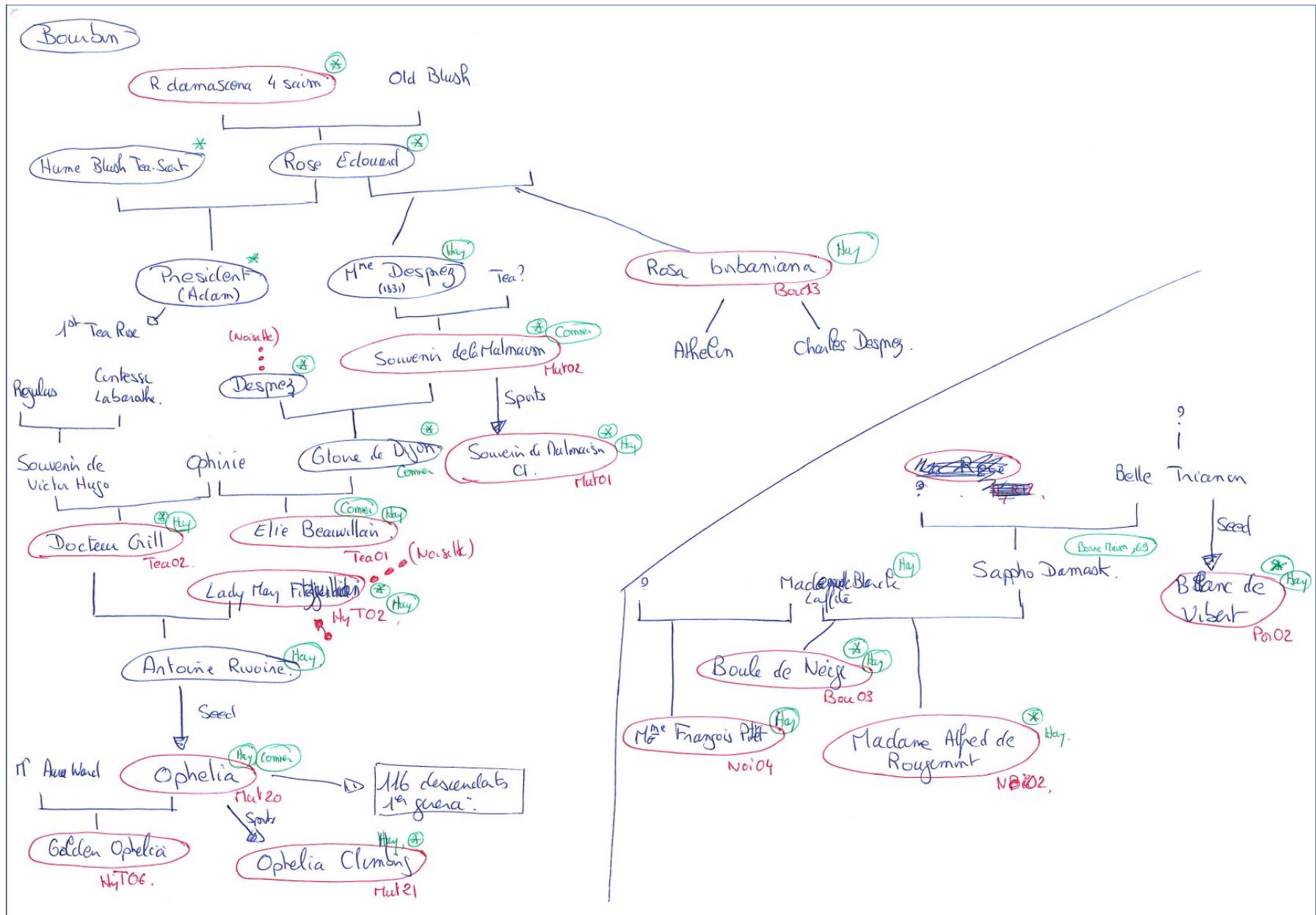
Certaines relations généalogiques sont supposées entre rosiers cultivés

Famille des Noisettes



Certaines relations généalogiques sont supposées entre rosiers cultivés

Famille des Bourbons



Comprendre, prévoir –contrôler – diriger l'hérédité des caractères

« trouvée »

« don de la nature »

« accident »

« semis du hasard »

« semis intelligents »

« gagnée »

Fécondation artificielle

« création artificielle »

« hybridation »



'Camaieux', Gendron, 1828



'Aimée Vibert', Vibert,
1827



'La France de 1789',
Moreau-Robert, 1889

Diapositive : Cristiana Oghina-Pavie

Projet PedRo

La confrontation entre les **pedigrees supposés** et les **pedigrees reconstruits** à partir de marqueurs moléculaires peut-elle nous renseigner sur la **maîtrise de l'hybridation** ?

Limitation principale de l'approche



Conservation
correcte ?



Cent feuilles à feuilles de laitue, Duhamel 1801

Redouté/Theury

Description des rosiers et
de sa généalogie dans les
archives

Variété conservée
actuellement dans les
roseraies

La variété de rosier est éternelle... à condition qu'elle soit conservée par greffage ou bouturage



<https://www.westernreservherbsociety.org/rose-garden/>

Échanges de graines de roses de l'apothicaire entre facultés de pharmacie

Le rosier est éternel... à condition que la variété soit conservée par greffage ou bouturage



'Blush noisette'

Pépinière Roses Loubert©



Philippe NOISSETTE
(Charleston, USA)

graines



Louis NOISSETTE
(Paris, France)

Limitation principale de l'approche



Joséphine de Beauharnais
(1763-1814)



Vue partielle du Jardin des roses de l'Impératrice Joséphine à la Malmaison.
Dessin de M. E. Touret.

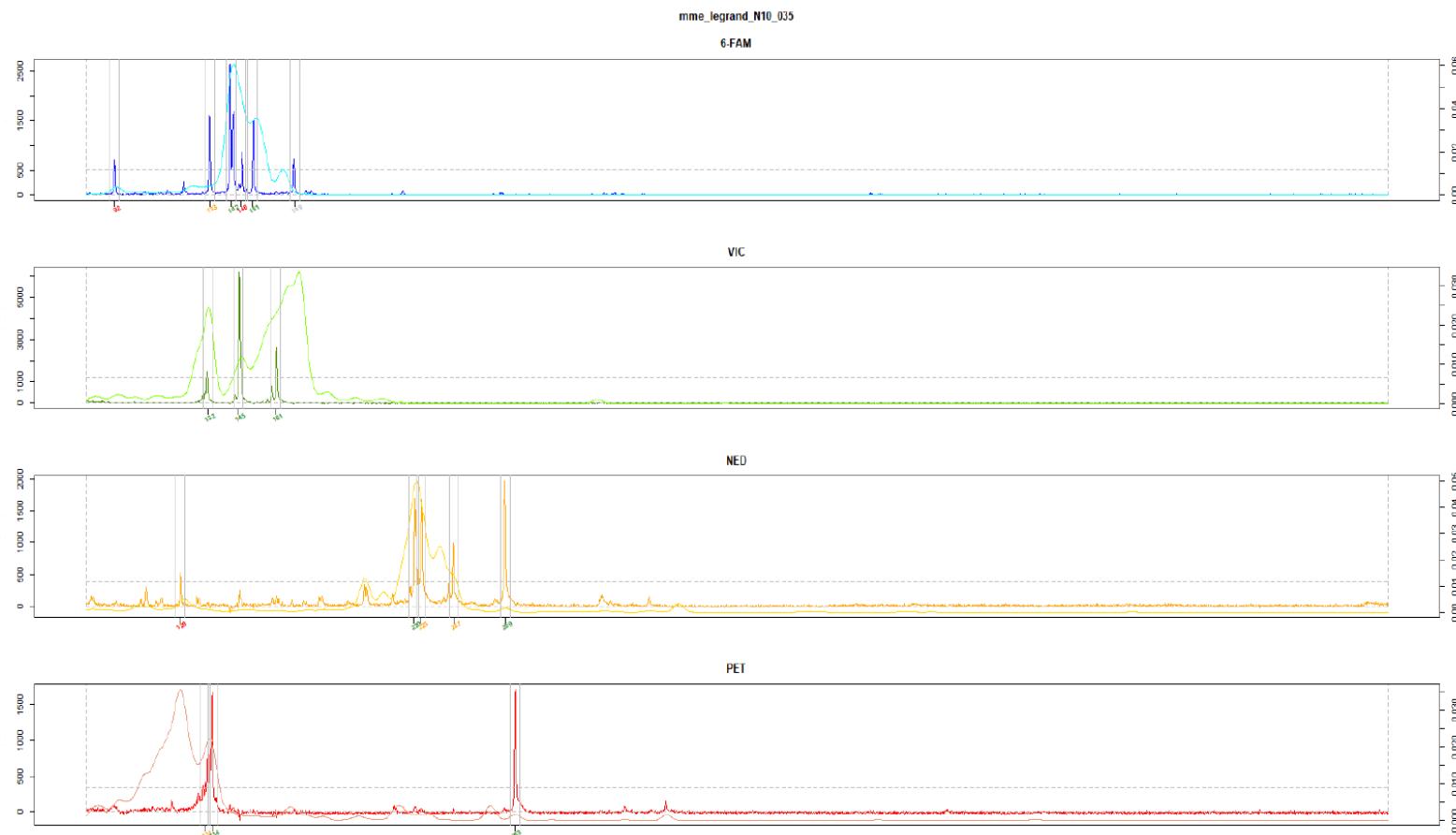


Début XXe s. : Jules Gravereaux tente de recréer la roseraie de la Malmaison à l'Haÿ-les-Roses (Val de Marne)

→ « redécouverte » de variétés perdues

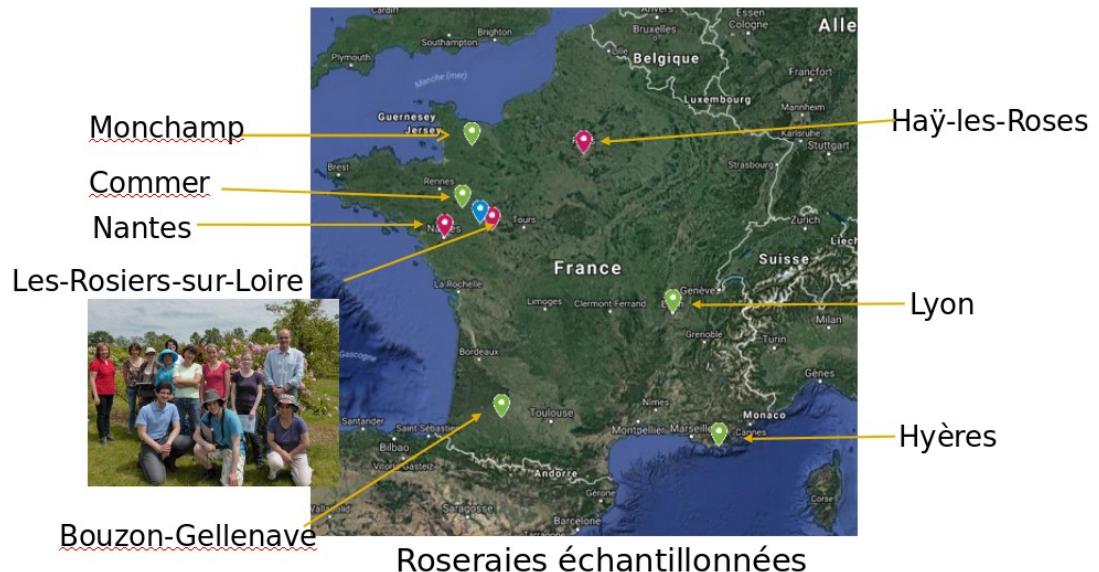
Partie 2

Analyses génétiques menées pour identifier le pedigree des rosiers



Échantillonnage biologique

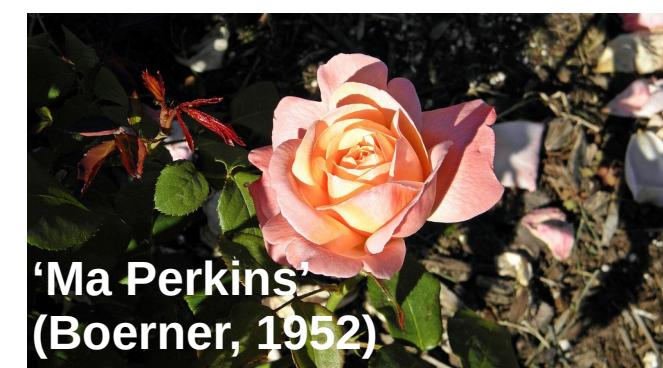
Projet FloRHiGe
Prélèvement de 1228 variétés de rosiers de jardin, principalement créées ou introduites au XIXe siècle



Projet RosesMonde
Prélèvement de 1824 variétés de rosiers de jardin ou pour fleurs coupées, principalement créées au XXe siècle

Roseraies : Sangerhausen (Allemagne) + roseraies françaises
Sélectionneurs de rosiers (Delbard, Adam, De Ruiter, etc.)
Producteurs de fleurs coupées (France et Kenya)

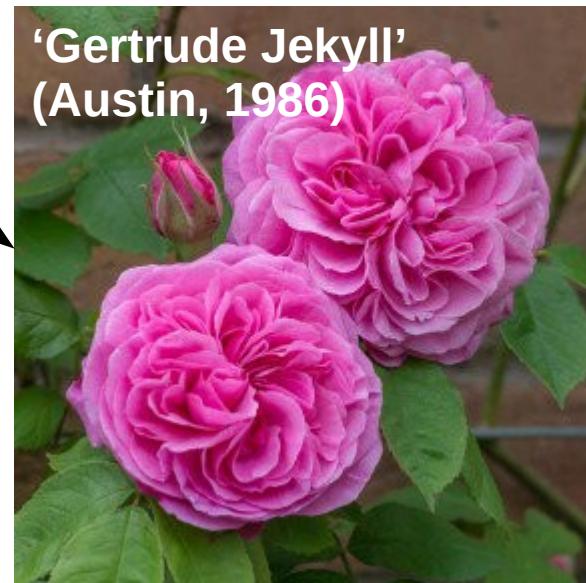
'Madame Caroline Testout'
(Pernet-Ducher, 1890)



Patrimonialisation



'Wife of Bath'
(Austin, 1969)

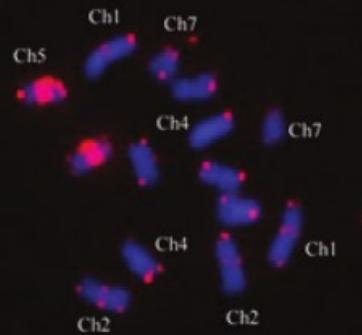


'Gertrude Jekyll'
(Austin, 1986)



'Comte de Chambord'
(Moreau & Robert, 1858)

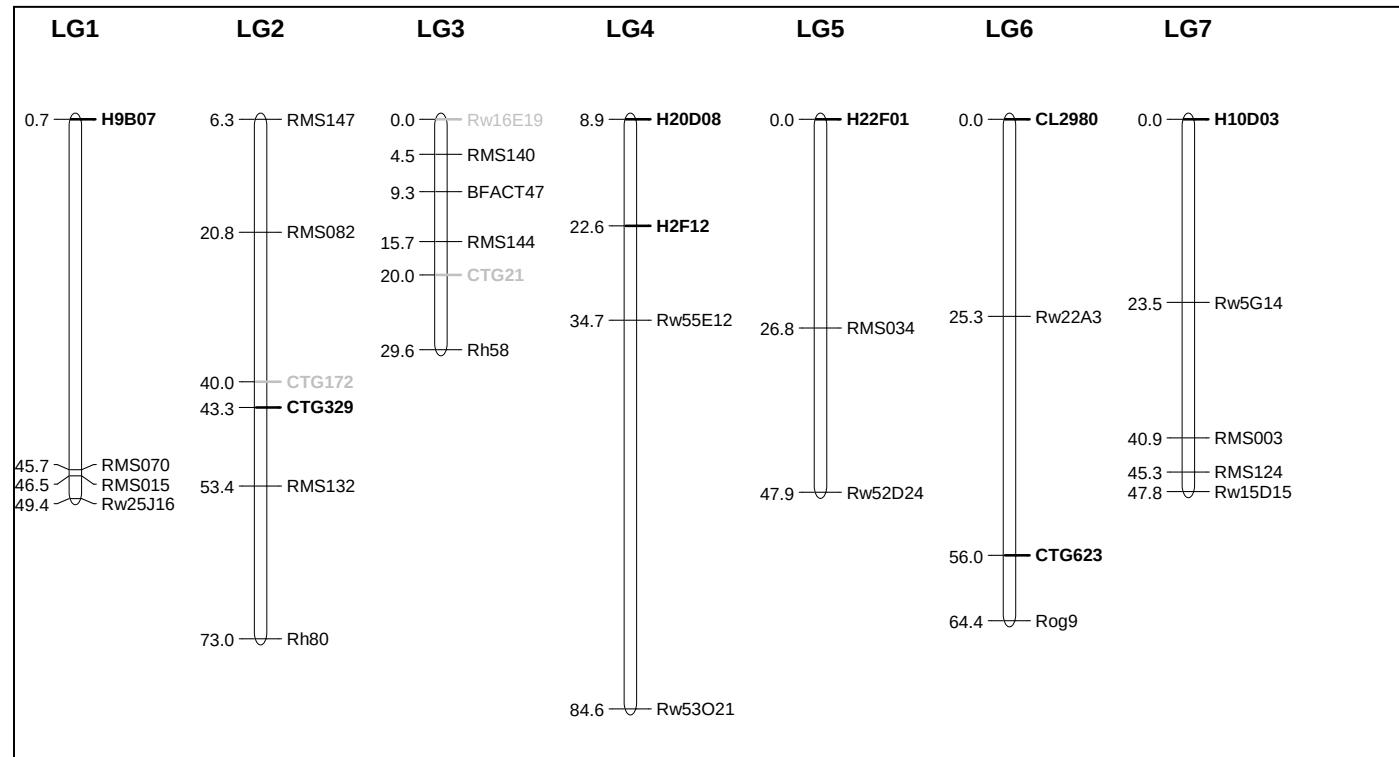
Marquage moléculaire → comparaison des rosiers à Différentes zones du génome



A

Kirov et al. 2016

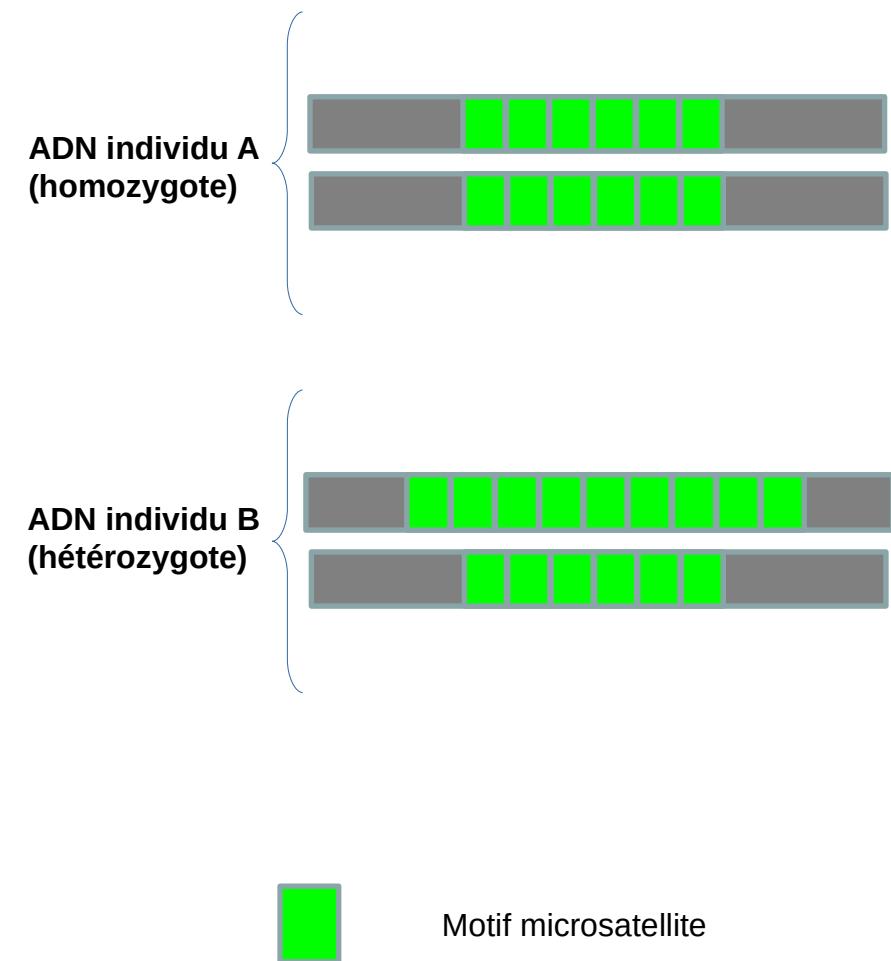
Comparaison entre
rosiers des différences
à 32 positions
(=marqueurs) du
génome



Position des marqueurs sur les 7 chromosomes du rosier

Génotypage par marqueurs microsatellites (SSR)

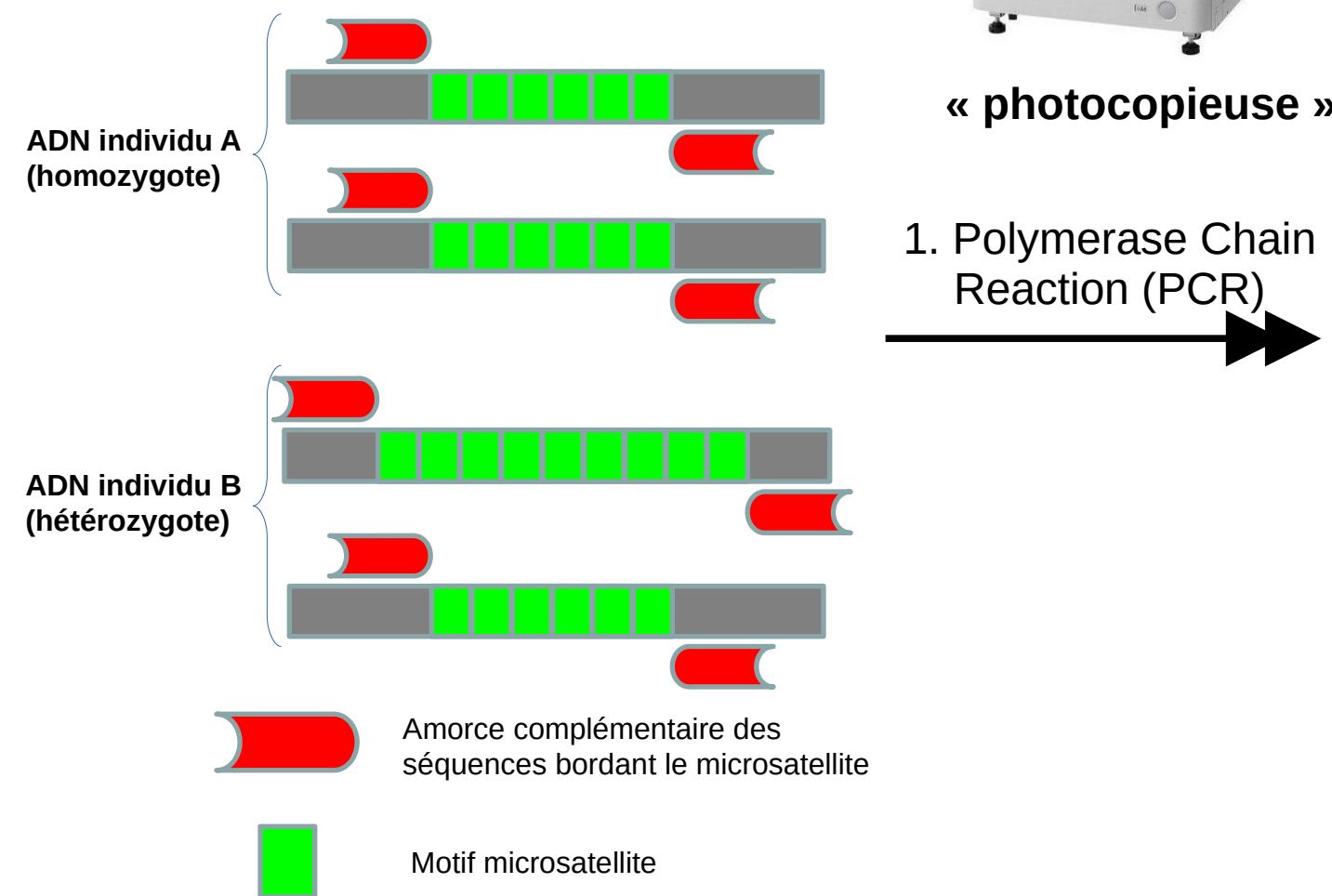
On s'intéresse à un locus précis



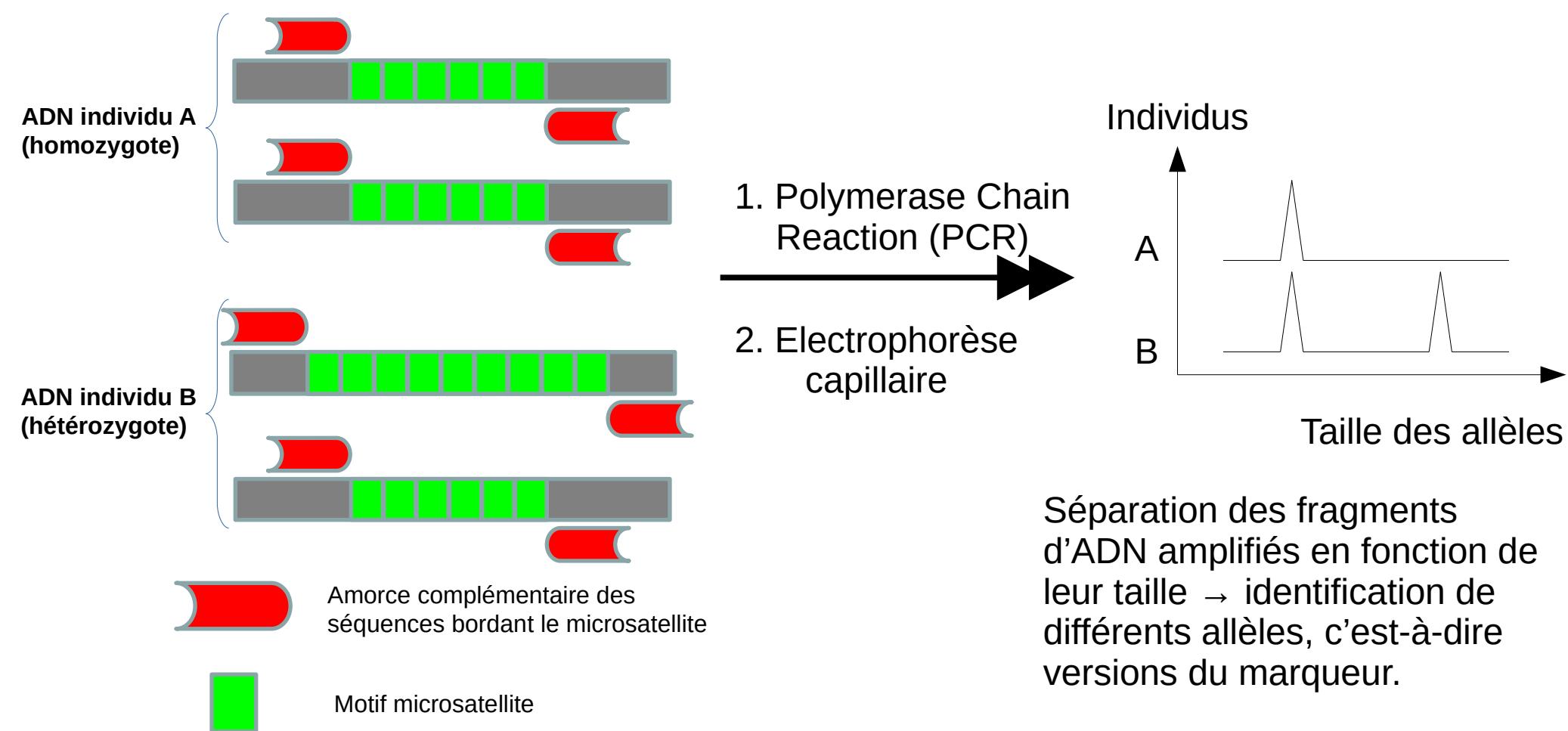
Génotypage par marqueurs microsatellites (SSR)



Amplification du fragment d'ADN ciblé (=marqueur moléculaire), dans le but de faciliter son étude.

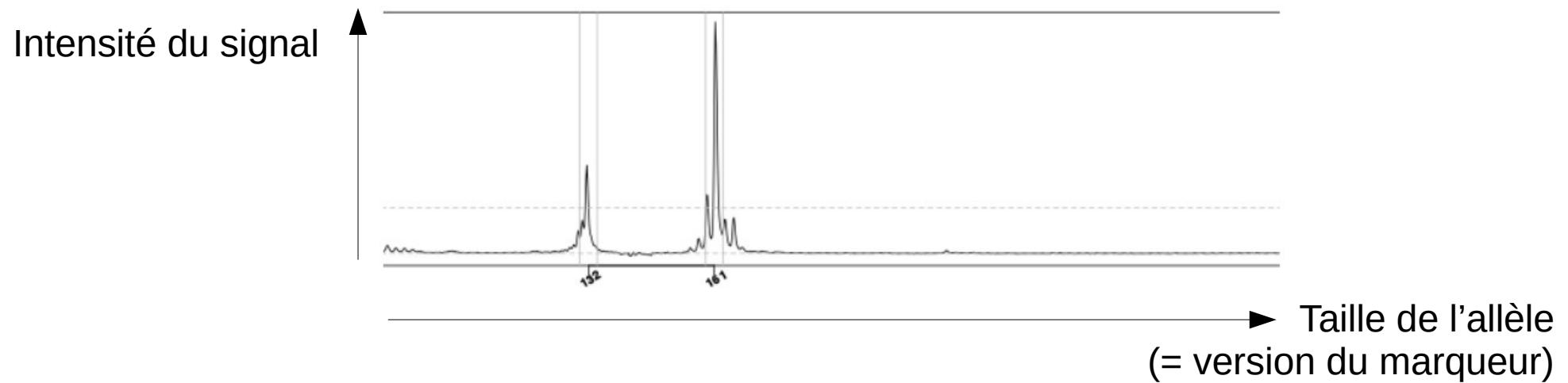


Génotypage par marqueurs microsatellites (SSR)



Génotypage par marqueurs microsatellites (SSR)

Résultat de l'étude d'un marqueur chez un individu = un électrophorégramme

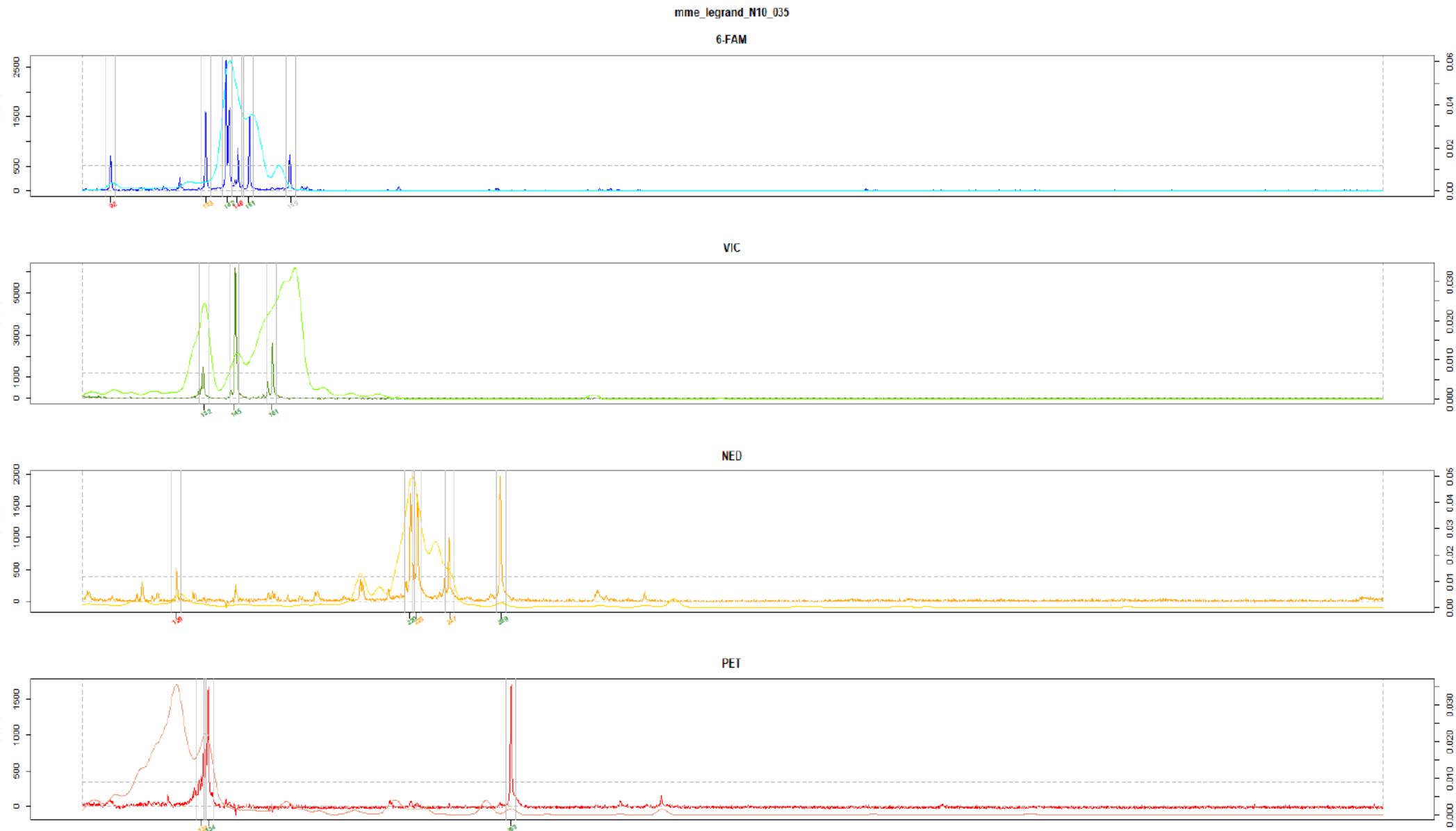


FloRHiGe

1 228 variétés x 32 marqueurs = 39 296 électrophorégrammes

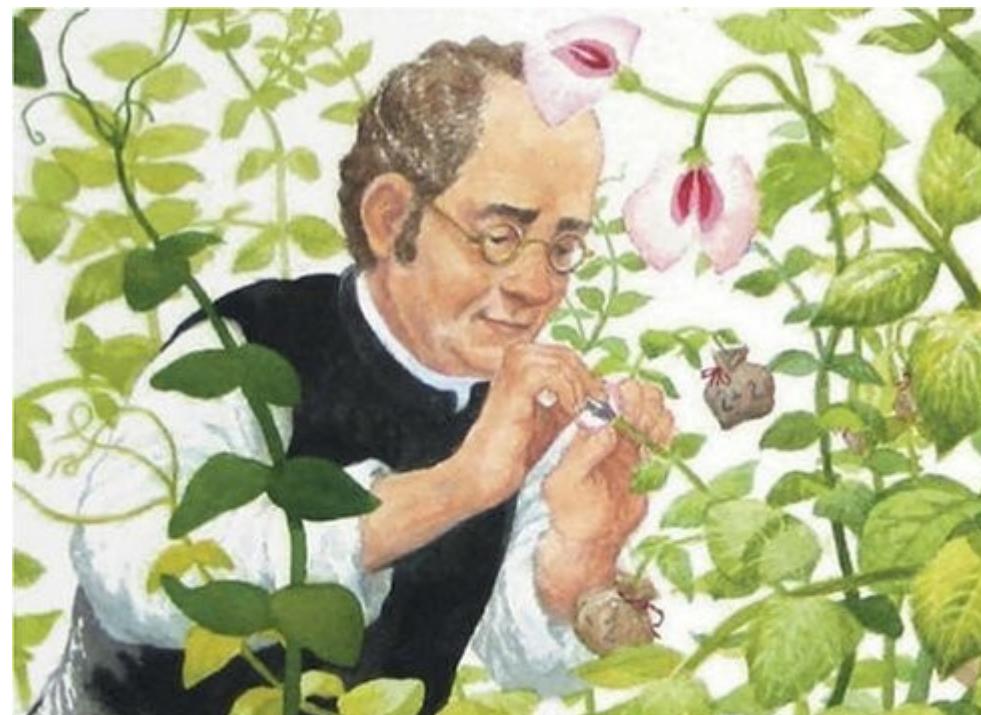


'Madame Legrand' (Fontaine, 1863) analysée par quatre marqueurs

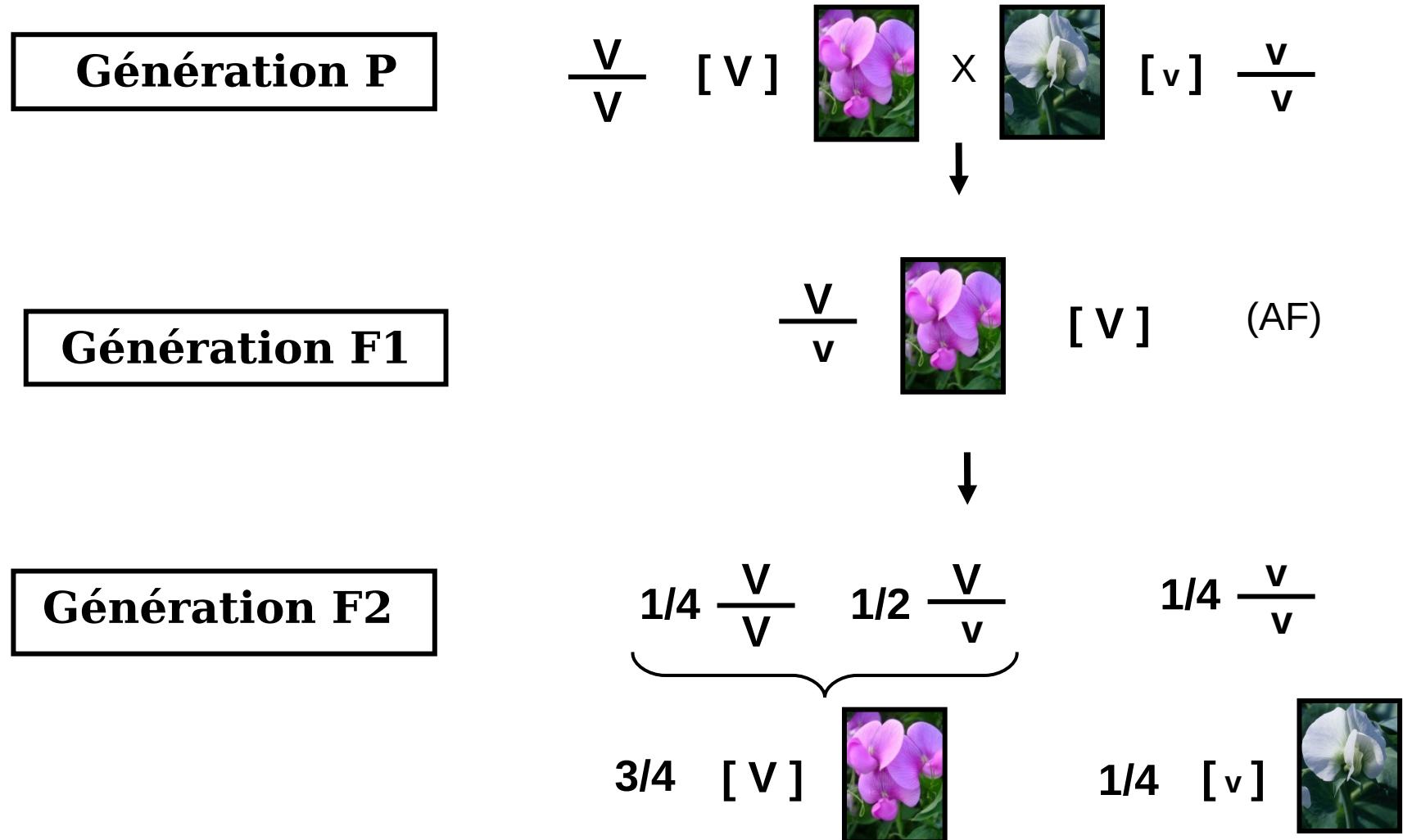


Partie 3

Génétique chez les diploïdes

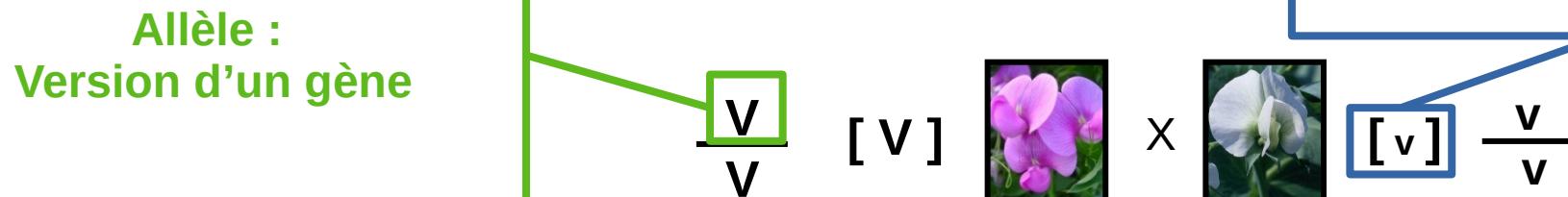


Rappels de génétique chez les diploïdes

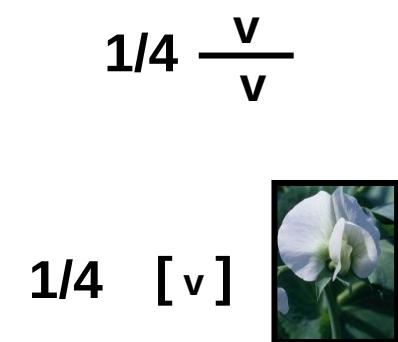
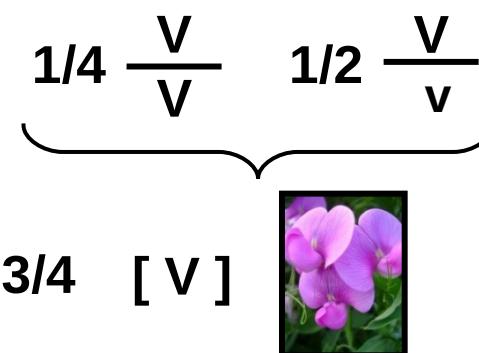


Allèle :
Version d'un gène

Phénotype :
caractère observable
d'un organisme



Génotype :
combinaison d'allèles
d'un organisme



Phénotype :
caractère observable
d'un organisme

Allèle :
Version d'un gène

$$\frac{V}{V}$$

[V]



X



[v]

$$\frac{v}{v}$$

Génotype :
combinaison d'allèles
d'un organisme

$$\frac{V}{v}$$



[V]

(AF)

Génotype homozygote :
combinaison d'allèles
identiques

$$\frac{V}{V}$$

3/4 [V]



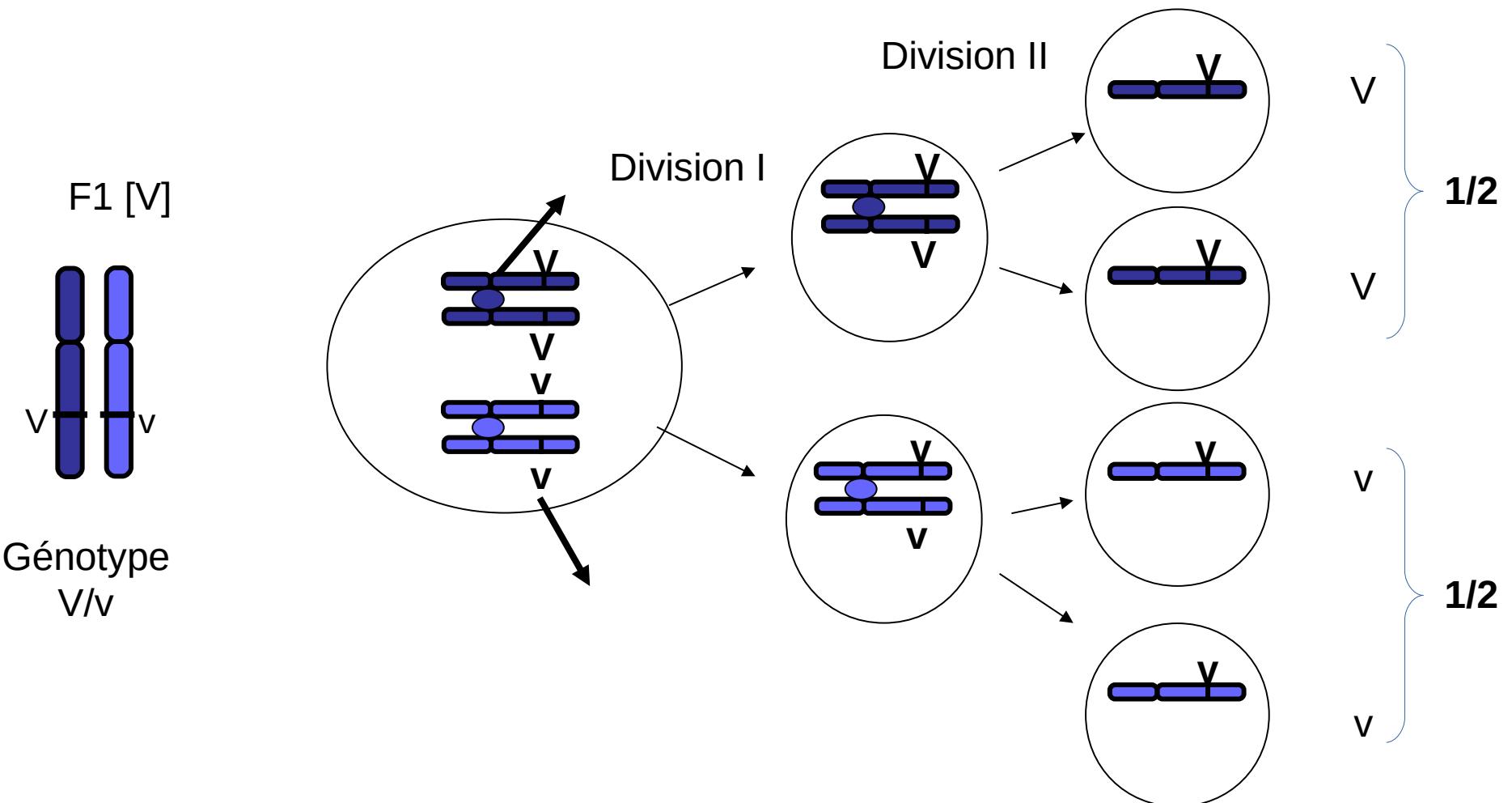
$$\frac{V}{v}$$

$$\frac{v}{v}$$

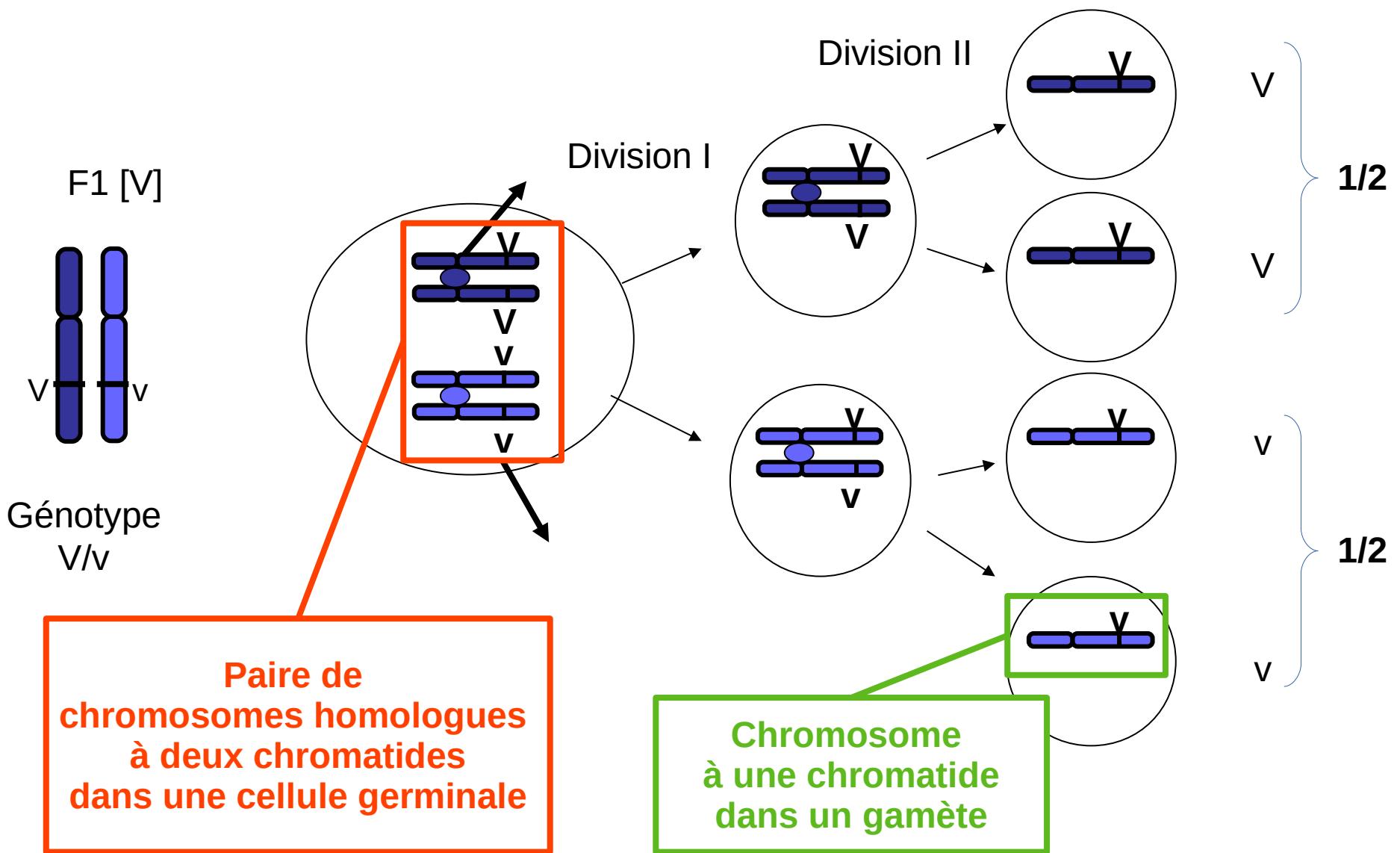
Génotype hétérozygote :
combinaison d'allèles
différents

Rappels de génétique chez les diploïdes

Méiose : Production des gamètes

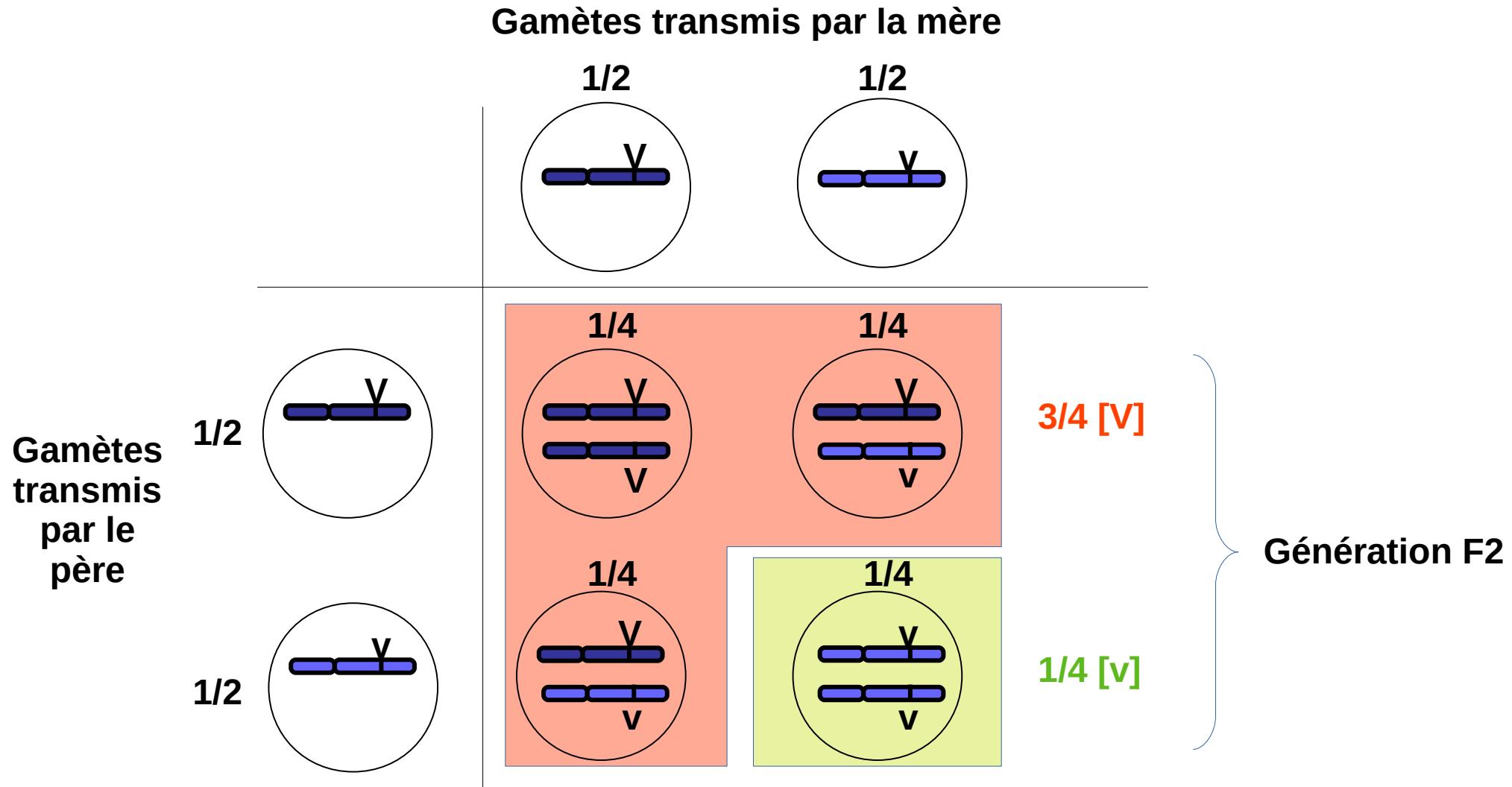


Méiose : Production des gamètes

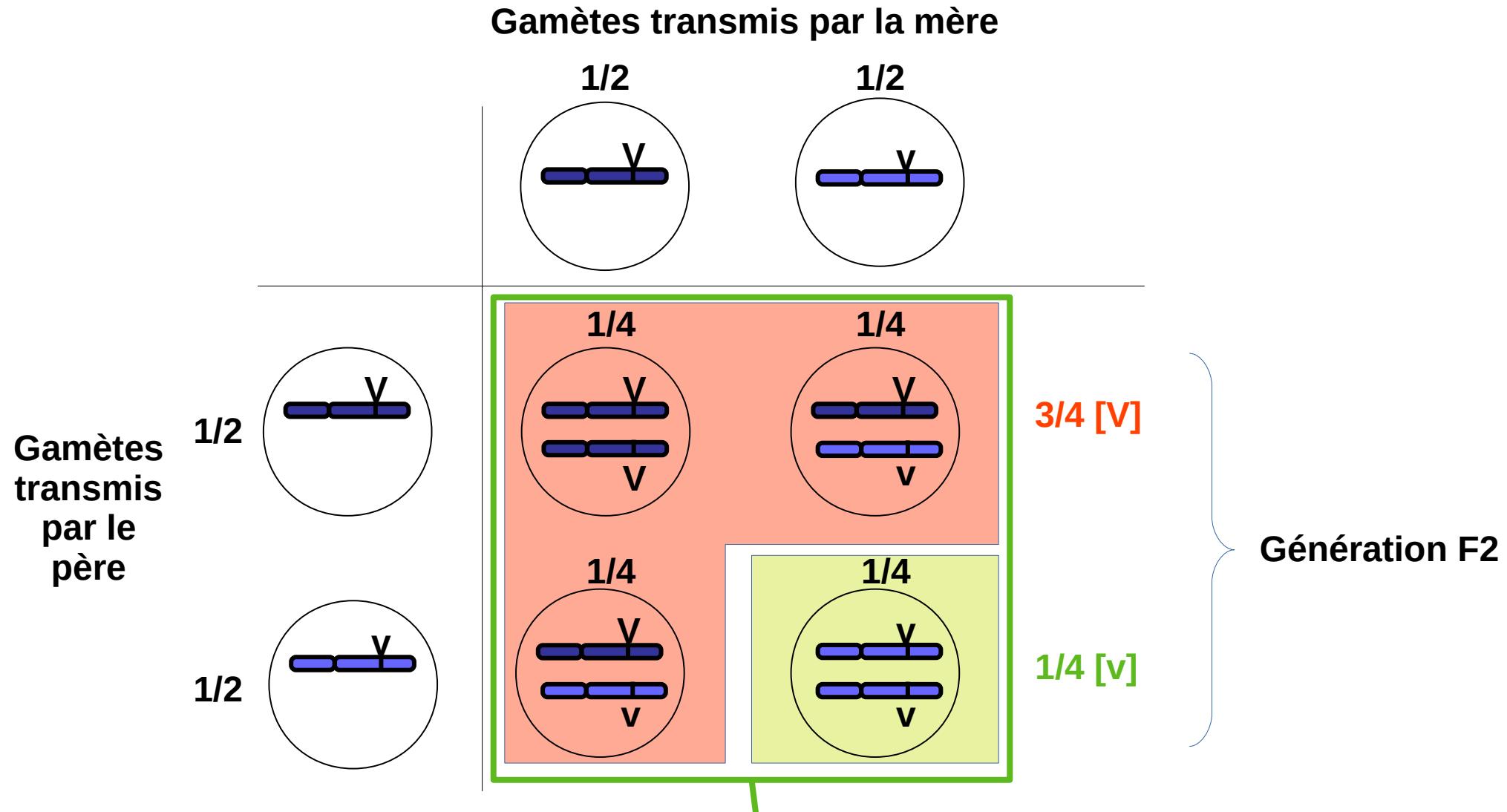


Rappels de génétique chez les diploïdes

Fusion des gamètes à la fécondation F1 x F1



Fusion des gamètes à la fécondation F1 x F1



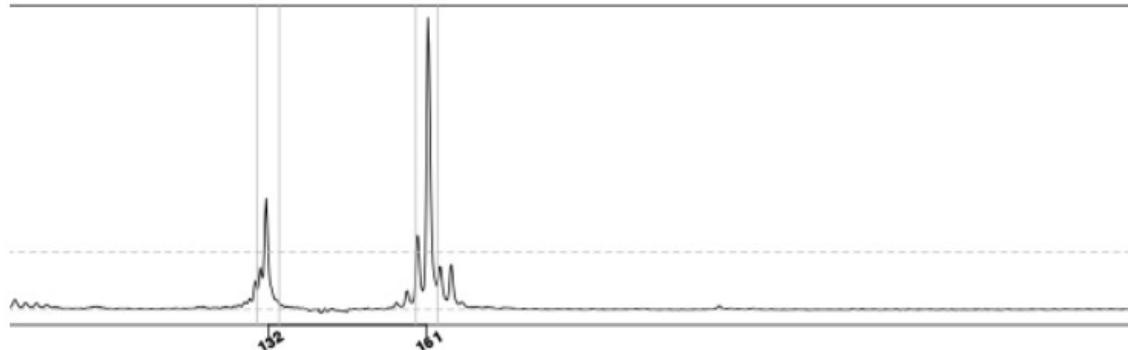
Ensemble des zygotes possibles issus de la fécondation de gamètes produits par deux organismes

Les rosiers ont des fleurs hermaphrodites et peuvent donc être le père de certains individus et la mère d'autres individus

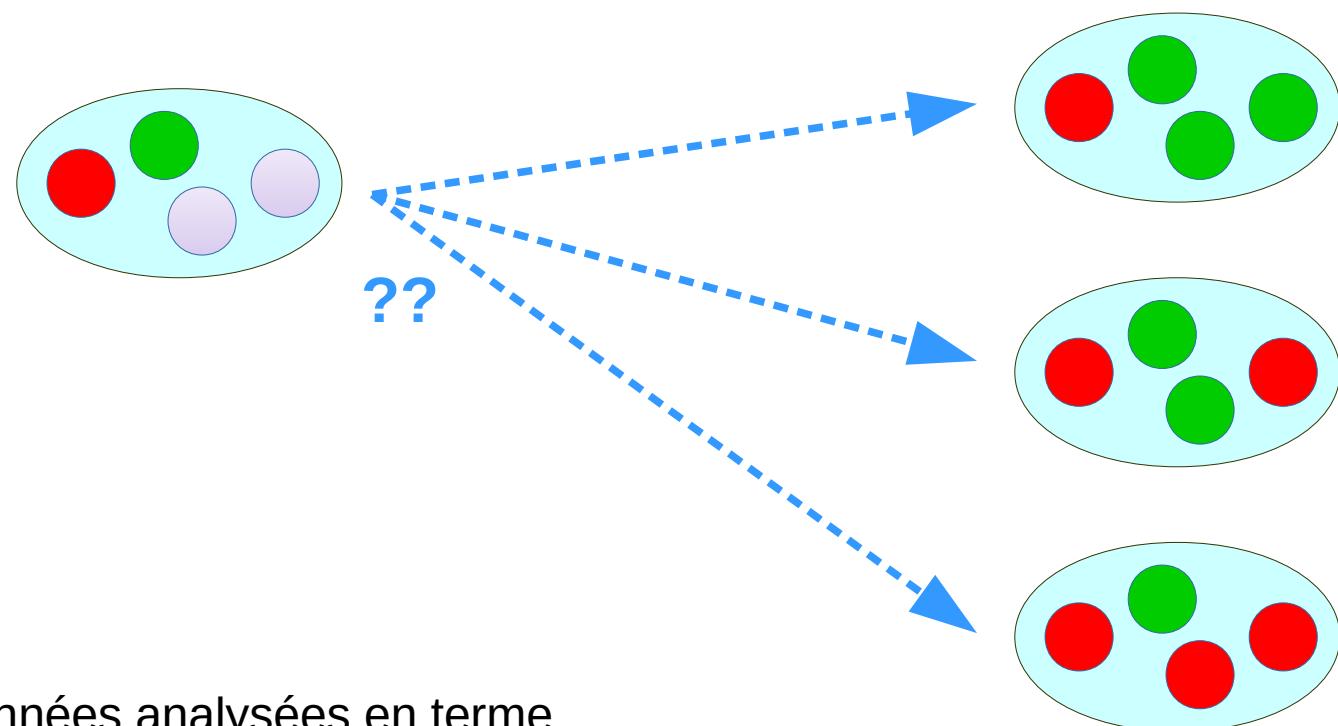


Fleur de rosier (*Rosa canina*)

Contrainte des polyploïdes : Un dosage allélique souvent incertain



Dosage allélique



Pour l'instant, données analysées en terme
de présence/absence d'allèles

Partie 4

Identification des clones et sports



Pépinière Roses Loubert©

Typologie de la nature des relations entre variétés

Dans les ressources génétiques de rosiers, les accessions peuvent être séparées par des relations de :

- **hybrides** : accessions séparées par une ou plusieurs multiplications sexuées
- **clones** : les accessions sont de génotype et de phénotype identiques ; elles peuvent avoir le même nom (homonymes) ou des noms différents (synonymes connus ou variétés rebaptisées sans qu'on le sache ou variétés mal identifiées)
- **sports** : les accessions sont de génotype identique mais de phénotype différent ; l'une a dérivé de l'autre par une mutation survenue sur une branche, conservée par multiplication végétative (greffage ou bouturage) sans intervention de multiplication sexuée

Typologie de la nature des relations entre variétés

CLONES

Homonymes



R. gallica versicolor
(Haÿ)

R. gallica versicolor
(Loubert)

Synonymes



Rosa odorata
(Jumaju)



Hume's Blush Tea Scented China
(Loubert)



Dumortier
(Haÿ)

SPORTS

Variétés rebaptisées



Grand Duc
Alexis
(Jumaju)



Paul's
Early Blush
(Loubert)



Merry England
(Haÿ)

Erreurs d'identification



Président
Gausen
(Haÿ)



Oeillet flamand
(Haÿ)
Confusion Gallique/Bourbon



La France
(Loubert)



Gloire des Mousseux
(Haÿ)

Mutation sur une branche,
conservée par greffage

Typologie de la nature des relations entre variétés

Les méthodes de reconstruction des pedigrees sont basés sur les lois de l'hérédité applicables sur les reproductions sexuées.

La présence d'accessions avec des relations de clones ou de sports peut interférer sur ces méthodes.

Il est donc préférable de les identifier avant.

Identification des sports et clones

M_{11} : le nombre de marqueurs présents chez A et B

A et B partagent ces marqueurs

M_{10} : le nombre de marqueurs présents chez A et absent chez B

A et B diffèrent

M_{01} : le nombre de marqueurs absent chez A et présent chez B

pour ces marqueurs

M_{00} : le nombre de marqueurs absents chez A et B

A et B ne partagent pas marqueurs

Indice de similarité de Dice

$$D = \frac{2M_{11}}{M_{01} + M_{10} + 2M_{11}}$$

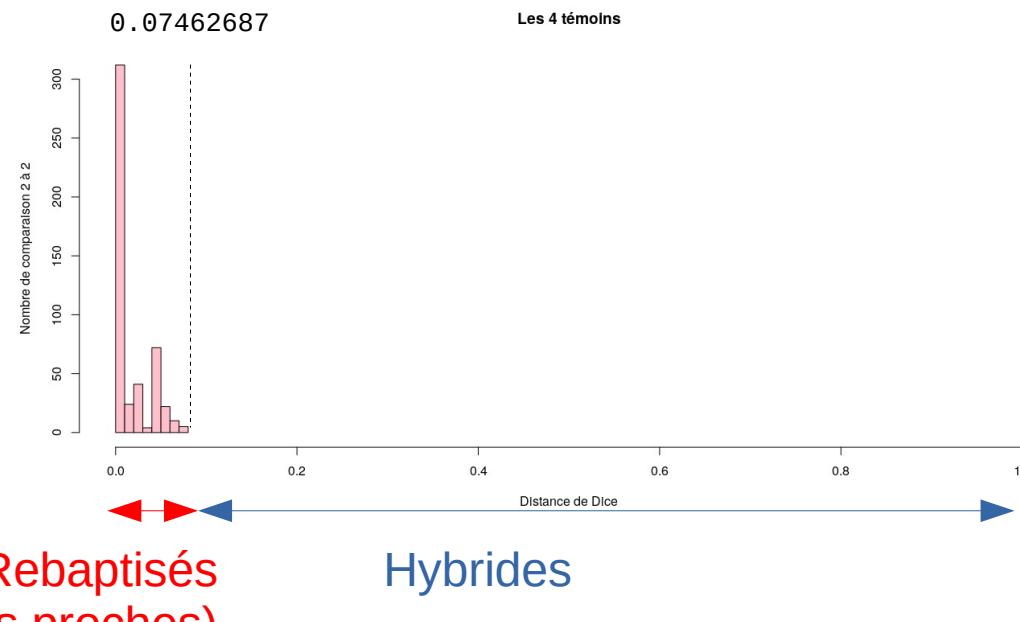
Identification des sports et clones

Quelle distance serait due à des erreurs techniques ?

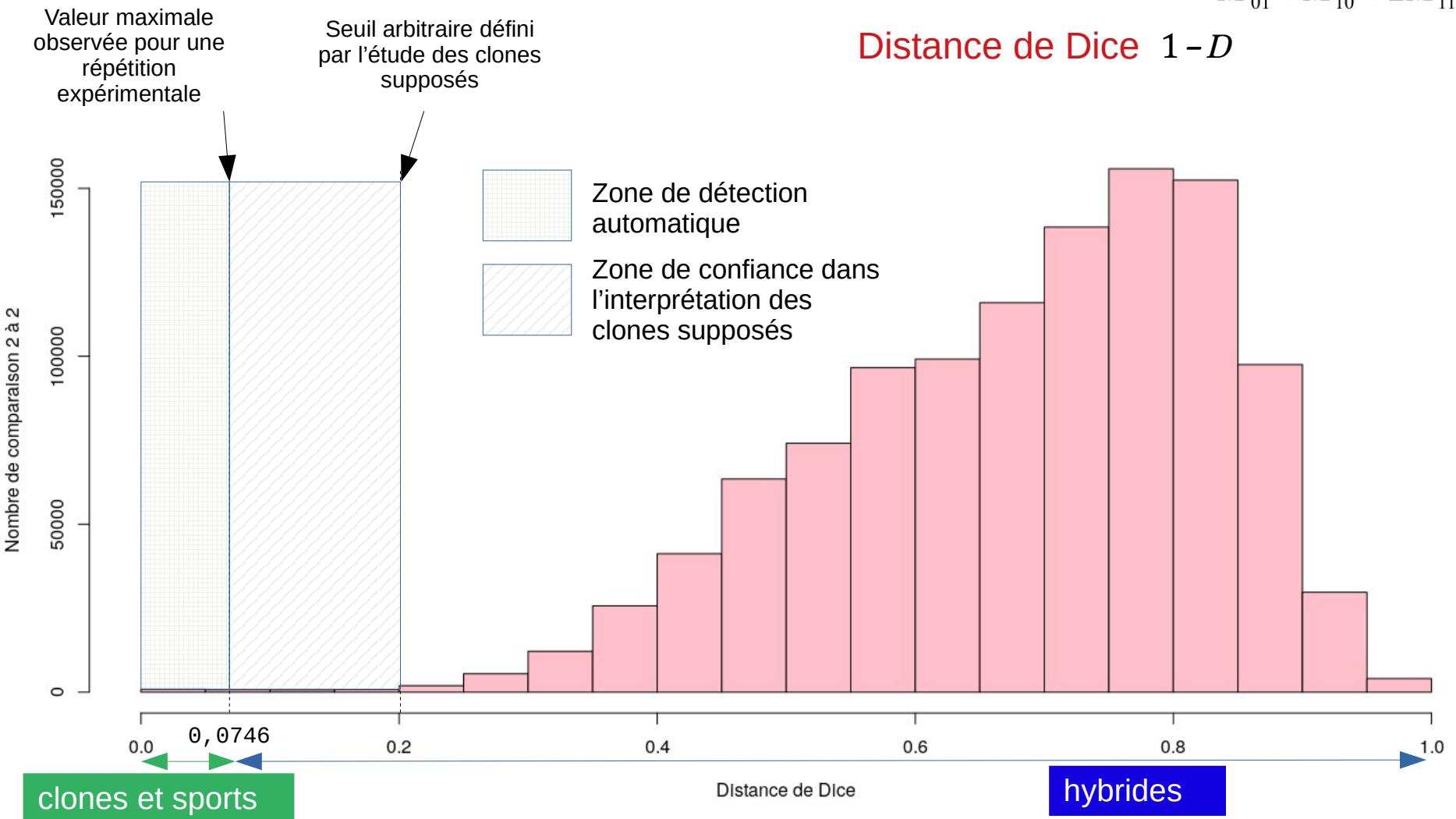
Comparaison par paires de témoins identiques :

- Old Blush
 - The Fairy
 - Rosa wichurana
 - Black Baccara

Définition d'un seuil arbitraire.



Identification des sports et clones



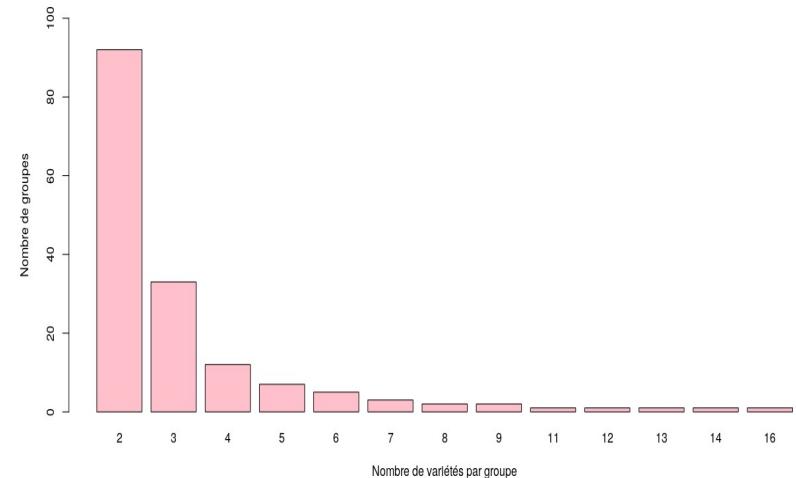
Identification des sports et clones

Résultats

- 558 couples d'individus montrent une distance de Dice inférieure au seuil

- **161 groupes de variétés sans reproduction sexuée intermédiaire**, comprenant de 2 à 16 variétés

- 517 variétés sur 1473 (1534-61 témoins) étudiées, soit 35 % des variétés de l'échantillon sont comprises dans ces groupes.



- Si on considère que l'individu fondateur de chaque groupe est issu de reproduction sexuée, $517-161=356$ variétés sur 1473 étudiées seraient issues de reproduction asexuée, soit **24 % des variétés sont des clones ou sports** (23 % si on exclut les homonymes).

NOTE : Si on avait utilisé le seuil Dice=0,20, on aurait trouvé 182 groupes de variétés impliquant 864 individus → 48 % de clones ou sports

Comparaison avec la biblio (Attention : uniquement sports)

- 1 443 **Hybrides de Thé de la période 1926-1950** et d'origine déclarée : **28 % de sports** (Wylie 1954)
- 18 000 variétés de rosiers modernes à fleurs coupées : **10 % de sports** (Haring 1986)

Le groupe ‘Philomèle’



<https://collections-roseraie.valdemarne.fr>

‘Philomèle’
(Vibert, 1844)
Prélevé à la
Ros. du Val de Marne (94)



<http://www.frenchtearose.com>

‘Mme Julie Lassen’
(Nabonnand, 1881)
Prélevé à la
Ros. du Désert (32)



<https://collections-roseraie.valdemarne.fr>

‘M. A. Maille’
(Robert, 1889)
Prélevé à la
Ros. du Val de Marne (94)



<http://www.pepiniere-rosesloubert.com/>

‘Gruss an Teplitz’
(Geschwind, 1897)
Prélevé à la
Ros. Loubert (49)



<https://collections-roseraie.valdemarne.fr>

‘Souvenir de Mme Ladvocat’
(Veysset, 1899)
Prélevé à la
Ros. du Val de Marne (94)

?

‘R. Yiping Zhuyi’
Prélevé au Flower
Research Institute (Chine)

Le groupe *Rosa foetida*



Rosa foetida
(Anonyme, 1597)
Prélevé à la
Ros. Loubert (49)

Sport de couleur



Rosa foetida 'bicolor'
(Anonyme, 1590)
Prélevé à la
Ros. Loubert (49)

Sport de duplication



Persian Yellow
(Willock, 1837)
Prélevé à la
Ros. Loubert (49)

?

Capucine bicolore
(Anonyme, <1600)
Prélevé à la
Grande Roseraie de Lyon (69)

Dice=0,52



Individus supposés identiques génétiquement

Clone ?

Sport grimpeant



<http://www.pepiniere-rosesloubert.com/>

'La France'
(Guillot, 1867)
Prélevé à la
Roseraie Loubert (49)



<https://collections-roseraie.valdemarne.fr>

'La France cl.'
(Henderson, 1893)
Prélevé à la
Ros. du Val de Marne (94)



Shubin Li (Flower Research Institute)

R. 'Yushizhuang'
(Anonyme, dynastie Song)
Prélevé au Flower
Research Institute (Chine)



Jean-Baptiste André
GUILLOT
(1827-1893)



Dynastie Song
(960-1279)

Qui peut revendiquer la paternité de la première rose moderne ?



中国古老月季吧

关注 : 2,570

帖子 : 31,839

签到

06月16日
漏签0天

看贴 图片 精品 游戏

21 回复贴, 共1页

<返回中国古老月季吧

这是羽士妆吗?



这是羽士妆吗?



种一树繁花

桃坞三品

这是羽士妆吗?



好像是法兰西, 卖家错版了

种一树繁花

桃坞三品

登录百度帐号

手机/邮箱/用户名

密码

 下次自动登录 忘记密码 ?

登录

扫二维码下载贴吧客户端



下载贴吧APP

看高清直播、视频 !

贴吧热议榜

- | | | |
|----|------------|---------|
| 1 | 宝蓝回归首发 | 1568634 |
| 2 | 林俊杰经纪人道歉 | 1373655 |
| 3 | 回复ok手势被开除 | 1034066 |
| 4 | 键盘给的人生建议 | 877080 |
| 5 | 伪造千万假存单还款 | 727222 |
| 6 | 高考后的地位 | 626324 |
| 7 | 上厕所嫌老婆拿纸太慢 | 434634 |
| 8 | 民谣是不是矫情 | 366032 |
| 9 | 大多数北漂现状 | 359595 |
| 10 | 夏天必备品 | 341554 |

贴吧热议榜

- | | | |
|----|------------|--------|
| 7 | 上厕所嫌老婆拿纸太慢 | 434034 |
| 8 | 民谣是不是矫情 | 366032 |
| 9 | 大多数北漂现状 | 359595 |
| 10 | 夏天必备品 | 341554 |

« Est-ce Yushizhuang ?»

« C'est La France, le vendeur s'est trompé»

Individus supposés identiques génétiquement



'La France'
(Guillot, 1867)
Prélevé à la
Roseraie Loubert (49)



'La France cl.'
(Henderson, 1893)
Prélevé à la
Ros. du Val de Marne (94)



R. 'Yushizhuang'
(Anonyme, dynastie Song)
Prélevé au Flower
Research Institute (Chine)

**'La France'
made in China**



Ouf !

Vrai
R. 'Yushizhuang'



Liu et al. 2011, Chronica Horticulturae,
51 : (1) 20-23

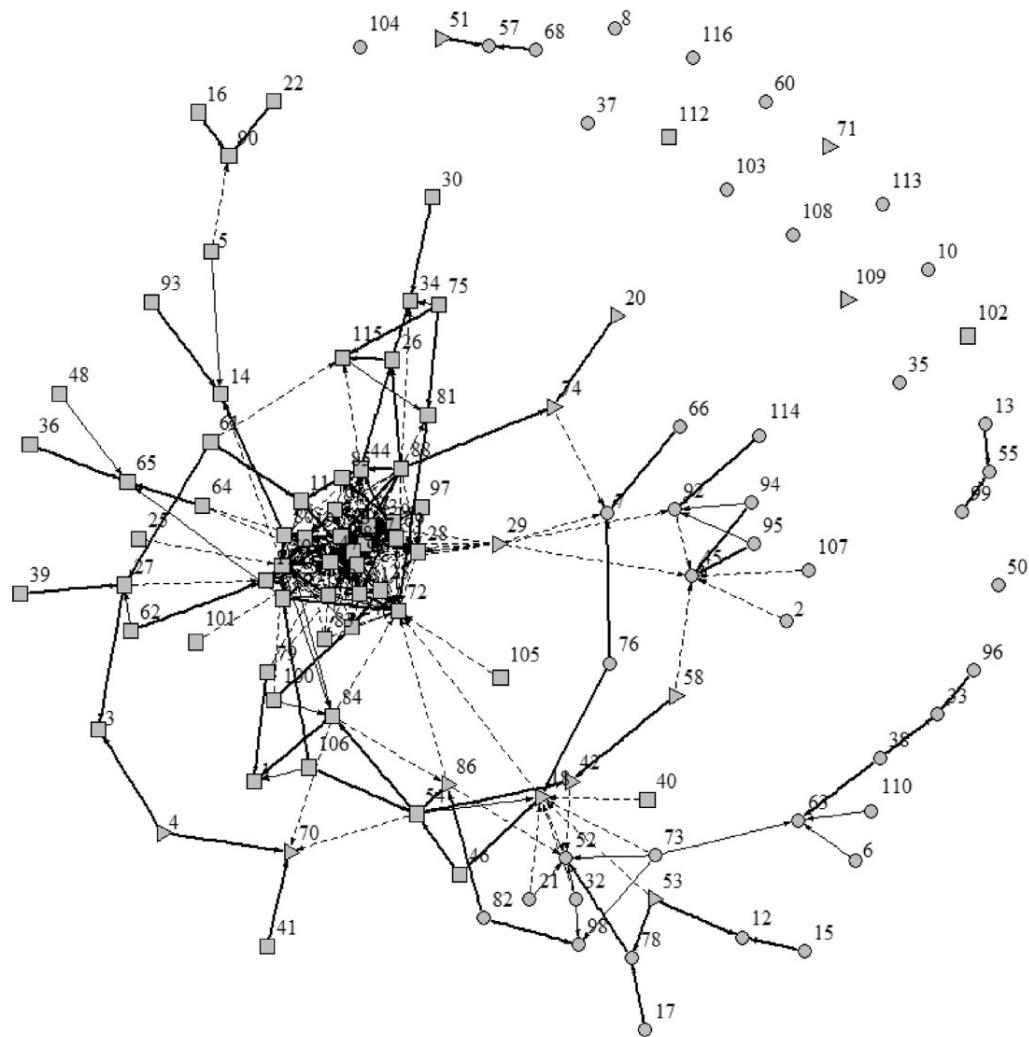
**Usurpation
d'identité**

Clone

Sport grimpant

Partie 5

Principes des méthodes de reconstruction de pedigrees



Méthodes d'exclusion

Hypothèse : D'après les lois mendéliennes, un parent et un enfant partagent au minimum un allèle en commun à chaque locus

Parent P1

$A_2 A_3$
 $B_1 B_1$
 $C_3 C_4$

Parent P2

$A_3 A_3$
 $B_1 B_3$
 $C_3 C_5$

Parent P3

$A_2 A_3$
 $B_2 B_4$
 $C_2 C_2$

Enfant E1

$A_1 A_2$
 $B_1 B_2$
 $C_1 C_2$

Méthodes d'exclusion

Hypothèse : D'après les lois mendéliennes, un parent et un enfant partagent au minimum un allèle en commun à chaque locus

Parent P1	Parent P2	Parent P3
$A_2 A_3$	$A_3 A_3$	$A_2 A_3$
$B_1 B_1$	$B_1 B_3$	$B_2 B_4$
$C_3 C_4$	$C_3 C_5$	$C_1 C_1$

*Aucun gamète de P1 et P2 n'aurait pu donner E1 :
ils ne peuvent être les parents de E1*

Enfant E1

$A_1 A_2$
 $B_1 B_2$
 $C_1 C_2$

Gamète possible
 A_2
 B_2
 C_1

P3 est un parent plausible pour E1

Méthodes d'exclusion

Hypothèse : D'après les lois mendéliennes, un parent et un enfant partagent au minimum un allèle en commun à chaque locus

Attention aux **erreurs de génotypage et aux allèles nuls (=allèles indétectables) !**

Par exemple si compétition entre allèles pour l'amplification du gène B : par exemple B_4 amplifie, mais pas B_2

Ne détectant que l'allèle B_4 , on conclut que P3 est homozygote $B_4 B_4$ → La présence d'un allèle nul rend la relation de parenté impossible

→ Souvent, nécessité de génotypes incompatibles à deux marqueurs pour mener à exclure une parenté.

→ Dans les grandes populations, le nombre de marqueurs n'est pas suffisant pour exclure tous les parents potentiels sauf le(s) vrai(s)

Parent P3

$A_2 A_3$
 $B_4 B_4$
 $C_1 C_1$

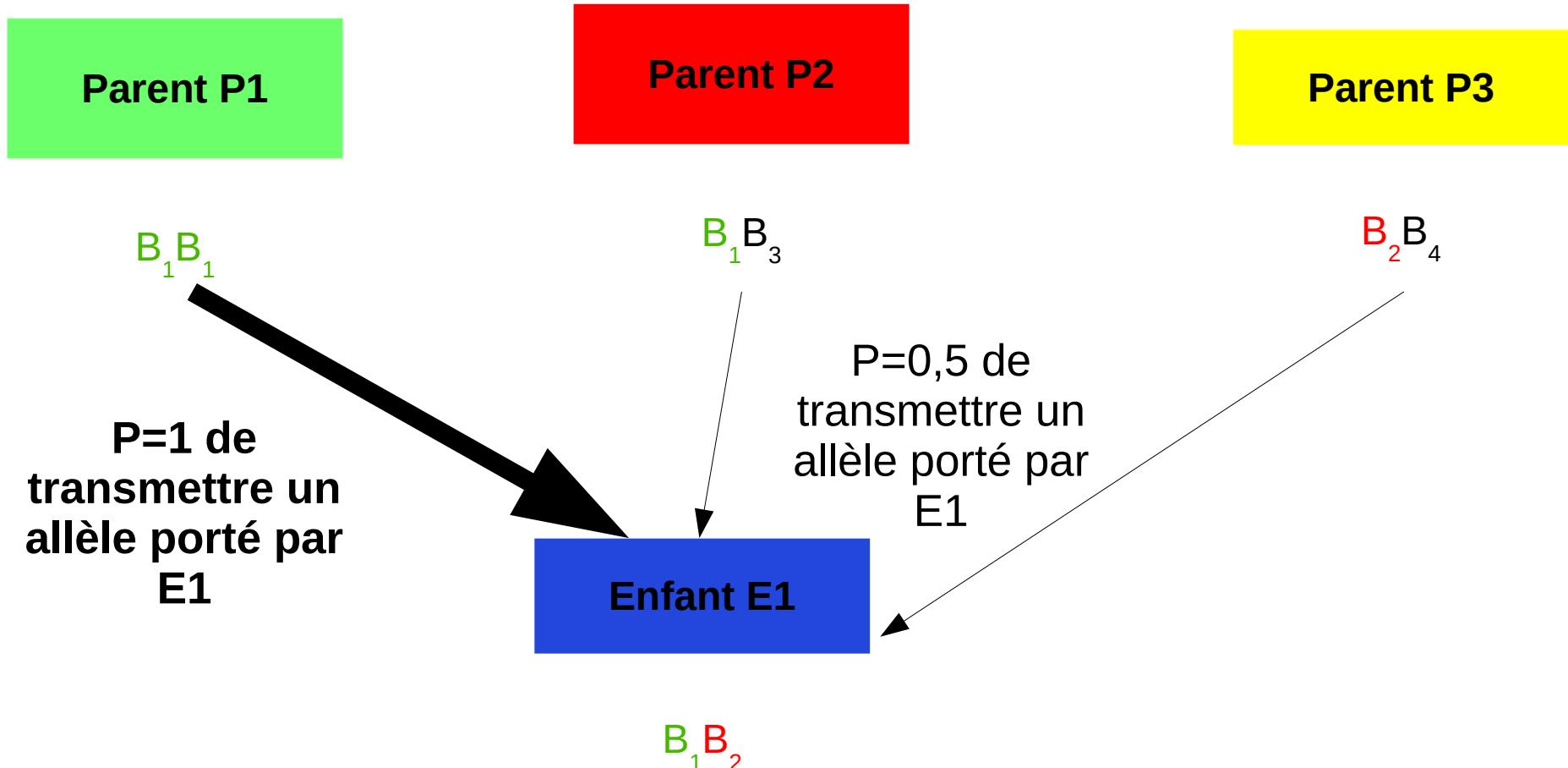
Enfant E1

$A_1 A_2$
 $B_1 B_2$
 $C_1 C_2$

Méthodes d'allocation catégorique

Méthode de reconstruction de pedigrees la plus utilisée

Si certains parents potentiels ne peuvent pas être discriminés, on détermine la **vraisemblance** ou la **probabilité postérieure** la plus forte pour qu'un enfant soit issu d'un parent.

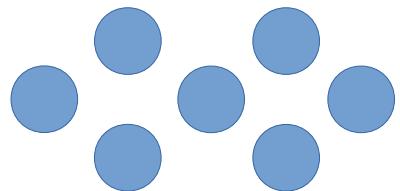


Méthodes d'allocation fractionnelle : variante pour laquelle un enfant est attribué partiellement à des parents

Reconstruction parentale



Reproduction



Fratrie ou demi-fratrie

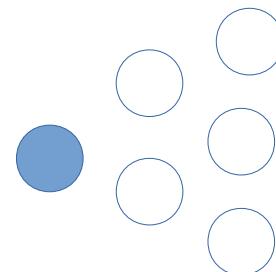
1

Recherche d'une paire d'allèles dont l'un des membres est systématiquement retrouvé dans cette (demi-)fratrie



2

Détermination du génotype attendu du (des) parent(s) commun(s)



3

Recherche de ce génotype attendu parmi une population de parents « candidats »

Analyse

Reconstruction de fratries



Conditions

- Pas de parents disponibles
- Les groupes de (demi-)fratries sont inconnus
- Mais présence d'individus avec des relations de fratries ou demi-fratries

Algorithme

- Regroupement d'individus au sein des groupes de (demi-)fratries ou classement dans la catégorie d'individus non apparentés
- Reconstruction des génotypes parentaux
- Recherche des parents potentiels dans la population

Les travaux angevins (1)

Journal of Theoretical Biology 412 (2017) 8–16



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Theoretical Biology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/yjtbi



Reconstructing pedigrees using probabilistic analysis of ISSR amplification[☆]



Loïc Chaumont^{a,*}, Valéry Malécot^b, Richard Pymar^c, Chaker Sbai^d

^a LAREMA – UMR CNRS 6093, Université d'Angers, 2 bd Lavoisier, 49045 Angers Cedex 01, France

^b IRHS – UMR 1345, Agrocampus Ouest Angers, 2 rue Le Nôtre, 49045 Angers Cedex 01, France

^c Department of Statistical Science – University College London, Gower Street, London WC1E 6BT, United Kingdom

^d PEGASE – UMR 1348, Agrocampus Ouest Rennes, 65 rue de Saint-Brieuc, CS 84215, 35042 Rennes Cedex, France

ARTICLE INFO

MSC:

92D25

92D10

60F15

Keywords:

Pedigree

ISSR amplification

Law of reproduction

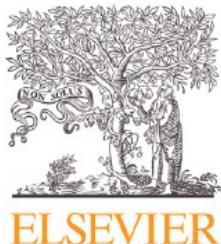
Gene frequency

ABSTRACT

Data obtained from ISSR amplification may readily be extracted but only allows us to know, for each gene, if a specific allele is present or not. From this partial information we provide a probabilistic method to reconstruct the pedigree corresponding to some families of diploid cultivars. This method consists in determining for each individual what is the most likely couple of parent pair amongst all older individuals, according to some probability measure. The construction of this measure bears on the fact that the probability to observe the specific alleles in the child, given the status of the parents does not depend on the generation and is the same for each gene. This assumption is then justified from a convergence result of gene frequencies which is proved here. Our reconstruction method is applied to a family of 85 living accessions representing the common broom *Cytisus scoparius*.

Les travaux angevins (2)

Journal of Theoretical Biology 462 (2019) 537–551



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Theoretical Biology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jtb



Probabilistic reconstruction of genealogies for polyploid plant species

Frédéric Proïa^{a,*}, Fabien Pailoup^a, Chiraz Trabelsi^a, Jérémy Clotault^b



^a LAREMA, Faculté des Sciences, 2 Boulevard Lavoisier, 49045 Angers, France

^b IRHS, Agrocampus-Ouest, INRA, Université d'Angers, SFR 4207 QuaSaV, Beaucouzé, 49071, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 13 April 2018

Revised 20 November 2018

Accepted 27 November 2018

Available online 28 November 2018

Keywords:

Allelic multiplicity

Crossbreeding patterns

Genealogies of plant species

Graph theory

Maximum likelihood principle

Missing links

Pedigree reconstruction

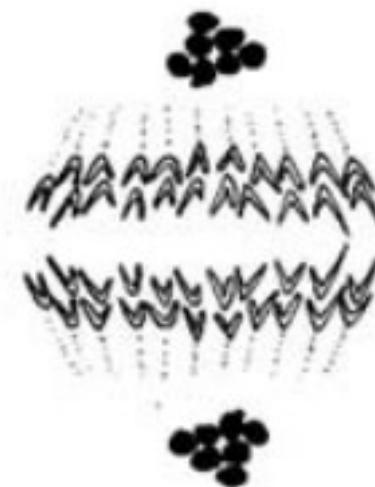
Polyploid population

ABSTRACT

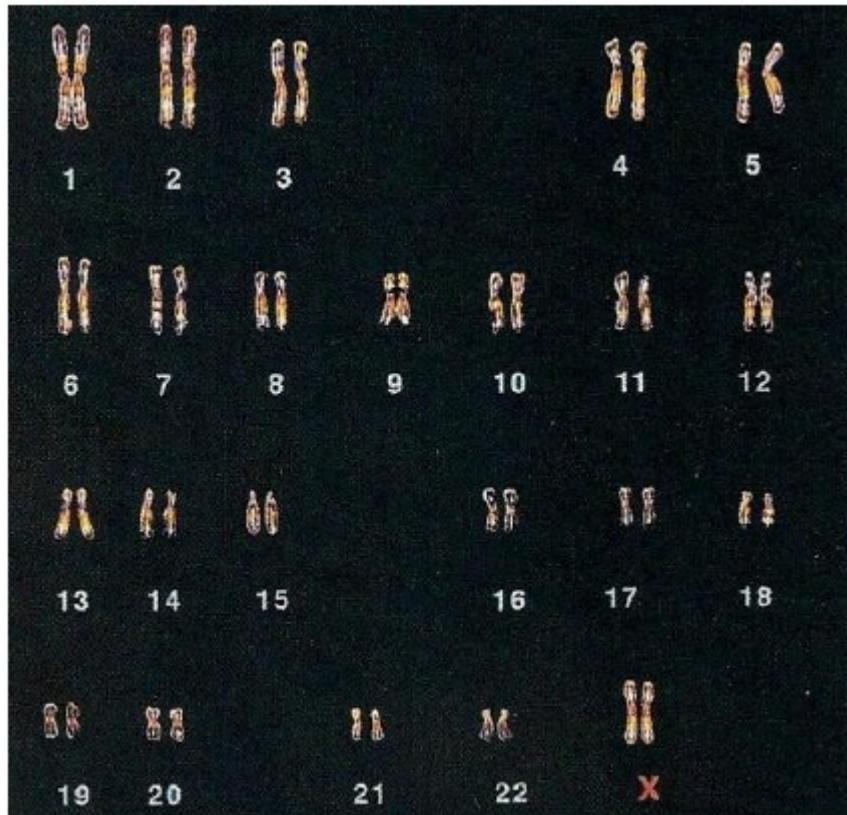
A probabilistic reconstruction of genealogies in a polyploid population (from 2x to 4x) is investigated, by considering genetic data analyzed as the probability of allele presence in a given genotype. Based on the likelihood of all possible crossbreeding patterns, our model enables us to infer and to quantify the whole potential genealogies in the population. We explain in particular how to deal with the uncertain allelic multiplicity that may occur with polyploids. Then we build an *ad hoc* penalized likelihood to compare genealogies and to decide whether a particular individual brings sufficient information to be included in the taken genealogy. This decision criterion enables us in a next part to suggest a greedy algorithm in order to explore missing links and to rebuild some connections in the genealogies, retrospectively. As a by-product, we also give a way to infer the individuals that may have been favored by breeders over the years. In the last part we highlight the results given by our model and our algorithm, firstly on a simulated population and then on a real population of rose bushes. Most of the methodology relies on the maximum likelihood principle and on graph theory.

Partie 6

Génétique chez les polyploïdes

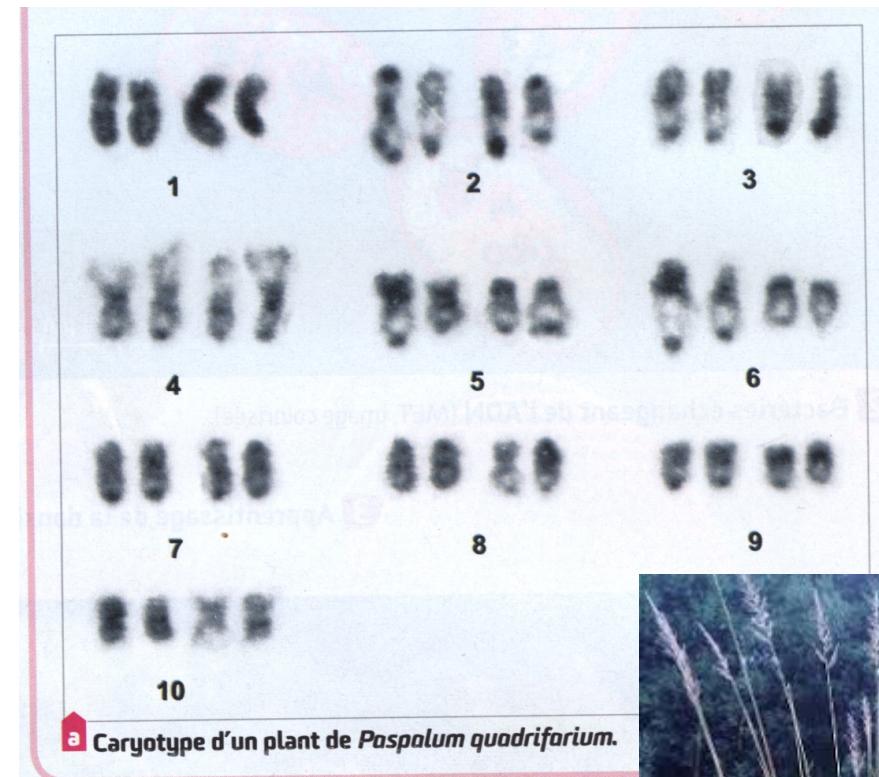


Caryotypes



Chez les organismes diploïdes, les chromosomes sont organisés par paires de chromosomes homologues

$$2n=2x=46 \text{ chromosomes}$$



$$2n=4x=40 \text{ chromosomes}$$

Organisme polyplioïde : organisme dont les cellules contiennent plus de deux copies de chaque chromosome

Les polyploïdes ($2n > 2X$)

On distingue différents niveaux de ploïdie :

Des triploïdes ($2n=3X$)



Des tétraploïdes ($2n=4X$)



Des hexaploïdes ($2n=6X$)



Des octoploïdes ($2n=8X$)



Des dodécaploïdes ($2n=12X$)



Etc.

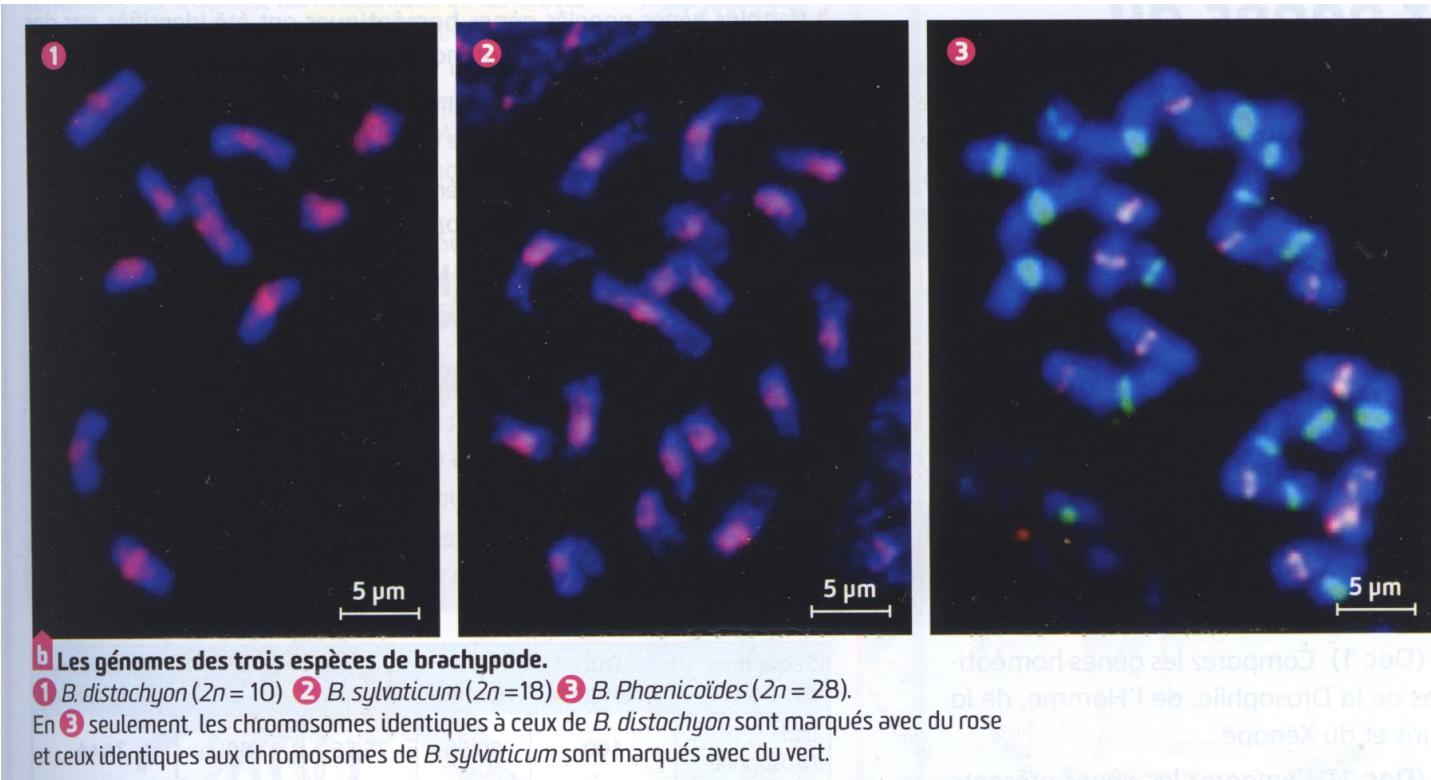
On distingue différentes origines de la polyplioïdie :

Autopolyplioïdes : duplication du génome de la même espèce

Allopolyplioïdes : duplication de génome d'espèces proches

Allopolyploïdes

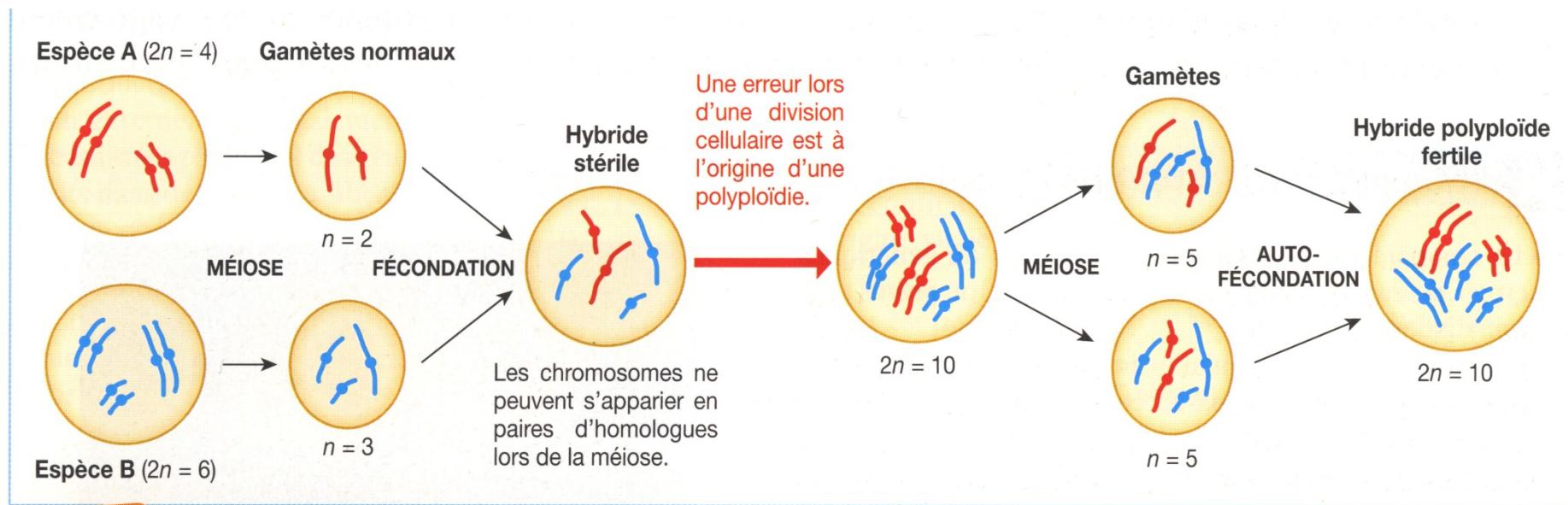
Organisme polyploïde : organisme dont les cellules contiennent plus de deux copies de chaque chromosome



*Brachypodium
distachyon*

Une partie des espèces polyploïdes sont des espèces hybrides dans lesquelles les génomes de deux espèces parentales co-existent.
On parle d'**allopolyploïdes**.

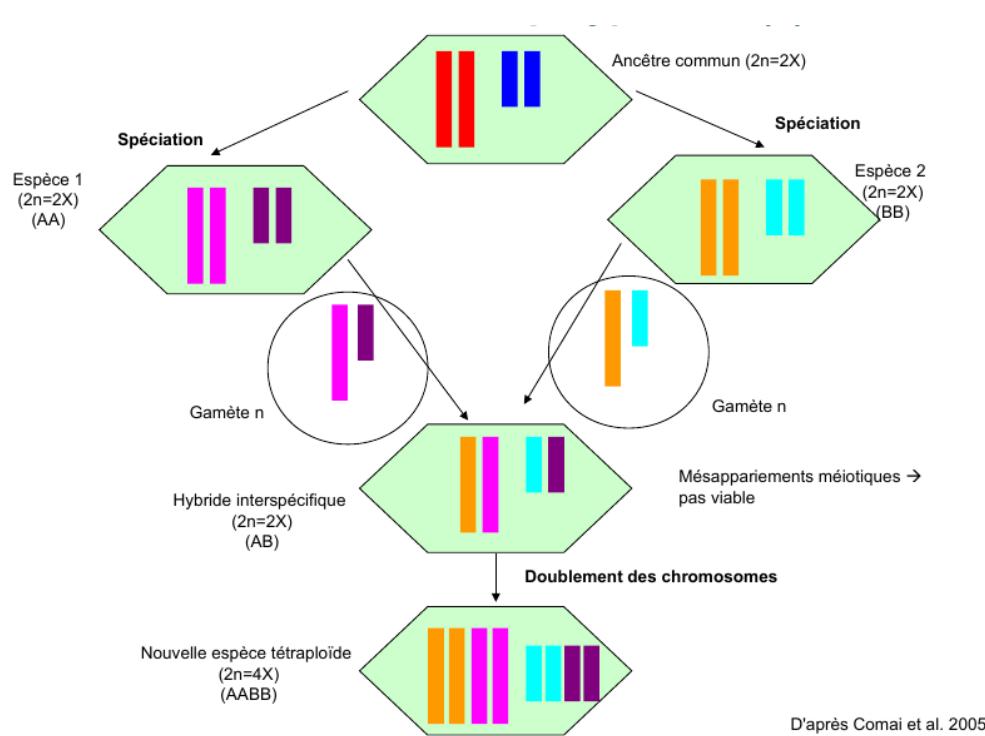
Origine des allopolyplioïdes



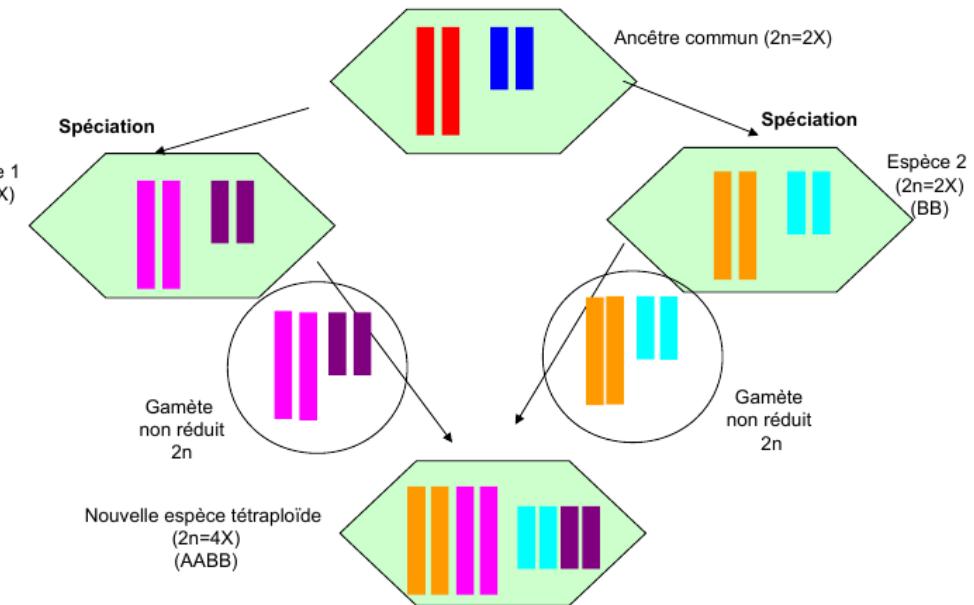
Doc. 2 Un mécanisme possible de formation d'une espèce polyplioïde.

La duplication du génome de l'hybride est une façon de restaurer la fertilité

Origine des allopolyploïdes



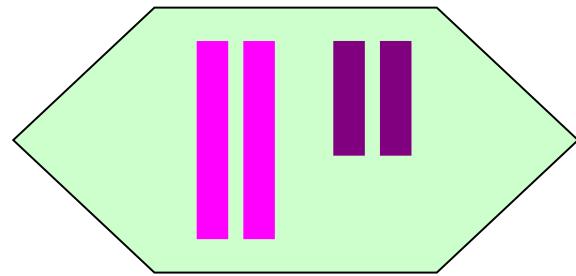
Passage par un intermédiaire hybride stérile puis doublement du nombre de chromosomes



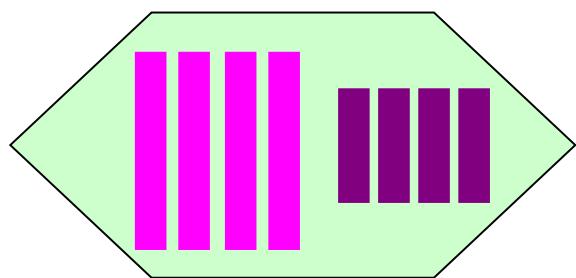
Obtention directe à travers la fécondation de deux gamètes non réduits (= qui n'ont pas subi de méiose)

Origine des autopoliyploïdes

Espèce 1
 $(2n=2X)$
(AA)



Différents mécanismes



Nouvelle espèce tétraploïde
 $(2n=4X)$
(AAAA)

C'est le même génome
qui est dupliqué

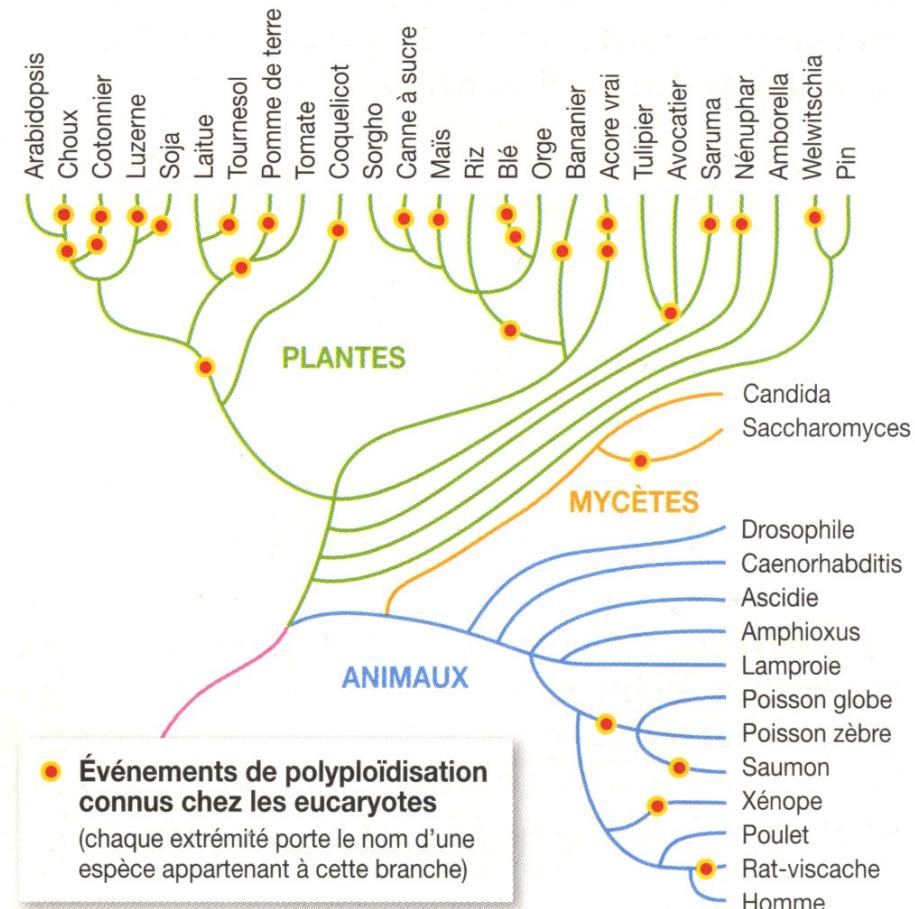
Fréquence des polyploïdes

Sur cet arbre de parenté des eucaryotes sont situés les événements connus de polyploïdisation du génome. Chez les plantes, on estime que 70 % des angiospermes ont connu au moins un événement de polyploïdisation dans leur histoire. La polyploïdie est particulièrement importante chez le maïs et le blé (*voir page 262*).

Le *tableau ci-dessous* situe l'importance connue de la polyploïdie chez les animaux (nombre d'événements de polyploïdisation aujourd'hui identifiés).

Insectes	91
Poissons.....	50
Amphibiens	30
Reptiles	16
Oiseaux	0
Mammifères	2*

* Chez les mammifères, la polyploïdie n'est connue que chez une espèce de rongeur, le rat-viscache (*photographie ci-contre*).



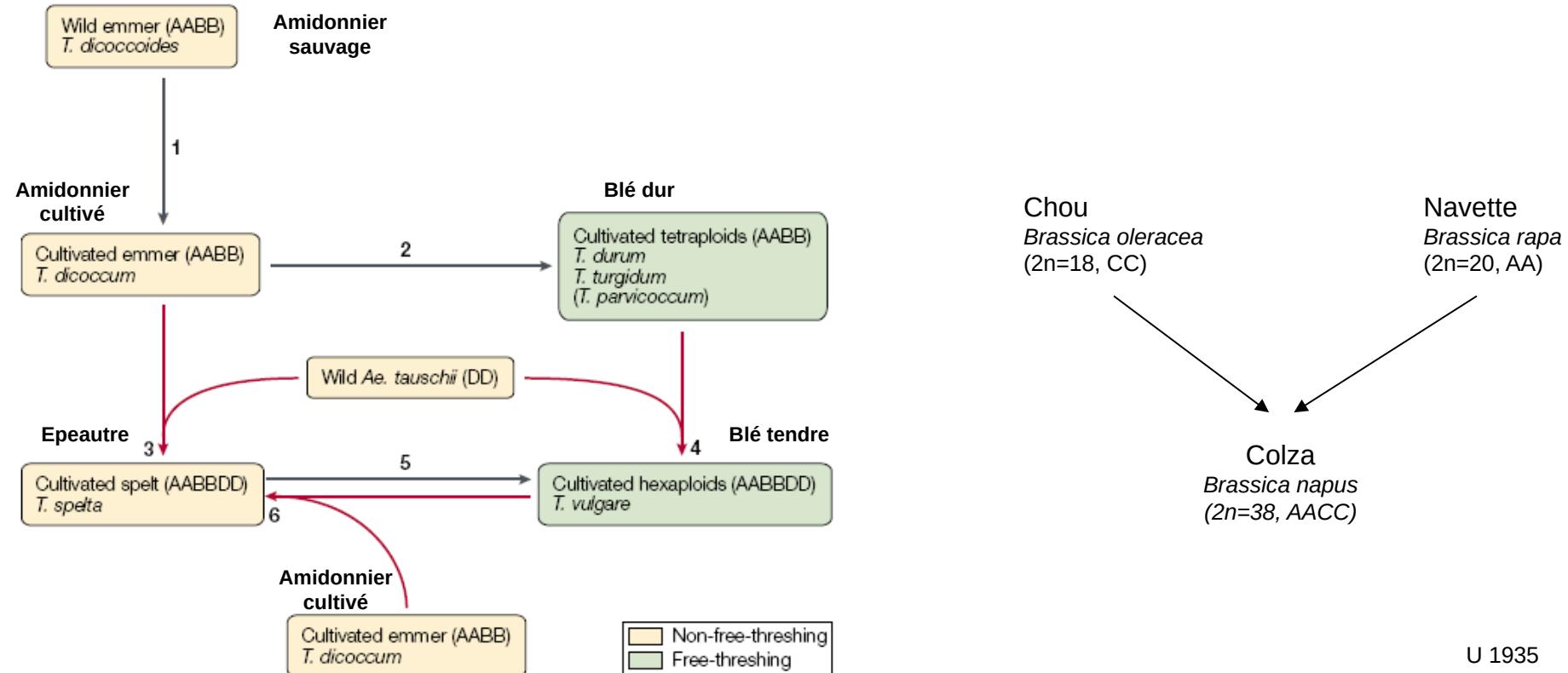
● Événements de polyploïdisation connus chez les eucaryotes
(chaque extrémité porte le nom d'une espèce appartenant à cette branche)

Doc. 3 L'importance de la polyploïdisation dans certaines lignées du monde vivant.

La polyploïdisation est fréquente chez les plantes. Plus rares chez les autres espèces.

Certaines espèces diploïdes peuvent avoir des ancêtres polyploïdes (rediploïdisation)

Exemple d'allopolyploïdes



Evolution des blés
10000 – 12000 BP

Création du colza
~4000 BP

Mode de ségrégation

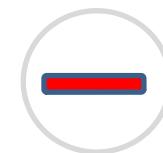
Cas des diploïdes (ici $2n=2X=2$)

Cellule somatique



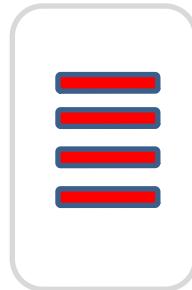
Méiose

Gamète



Cas des tétraploïdes (ici $2n=4X=4$)

Cellule somatique

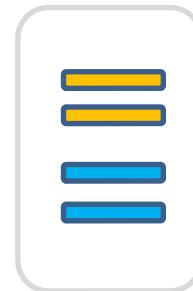


Appariement des quatre chromosomes lors de la méiose

Méiose

Appariement préférentiel de deux paires de chromosomes lors de la méiose

Gamète



Échantillonnage aléatoire de deux allèles parmi quatre possibles

Échantillonnage aléatoire d'un allèle parmi les deux possibles au sein de chaque paire

Ségrégation Tétrasomique

(fréquent chez les autotétraploïdes)

Ségrégation Disomique



(fréquent chez les allotétraploïdes)

Classification des polyploïdes

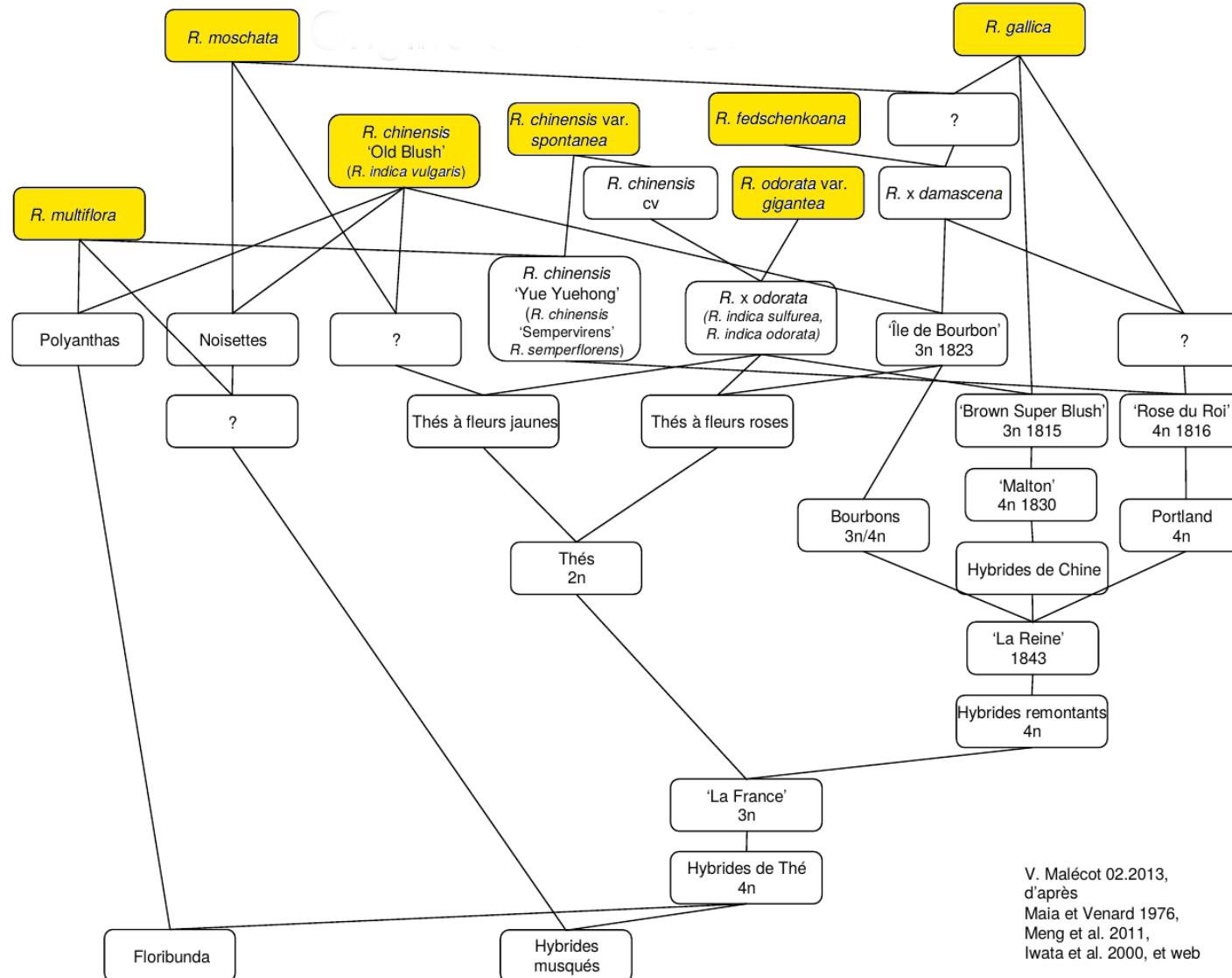
Le dogme :

	Autopolyploïdes	Allopolyploïdes
Origine	1 seule espèce parentale	Hybrides : ≥ 2 parents
Mode de ségrégation	Polysomique	Disomique

Est-ce toujours aussi simple ?

Classification des polyploïdes

Plusieurs espèces sont à l'origine des rosiers cultivés modernes : ce sont des hybrides interspécifiques, généralement tétraploïdes.
→ « Allotétraploïde botanique »

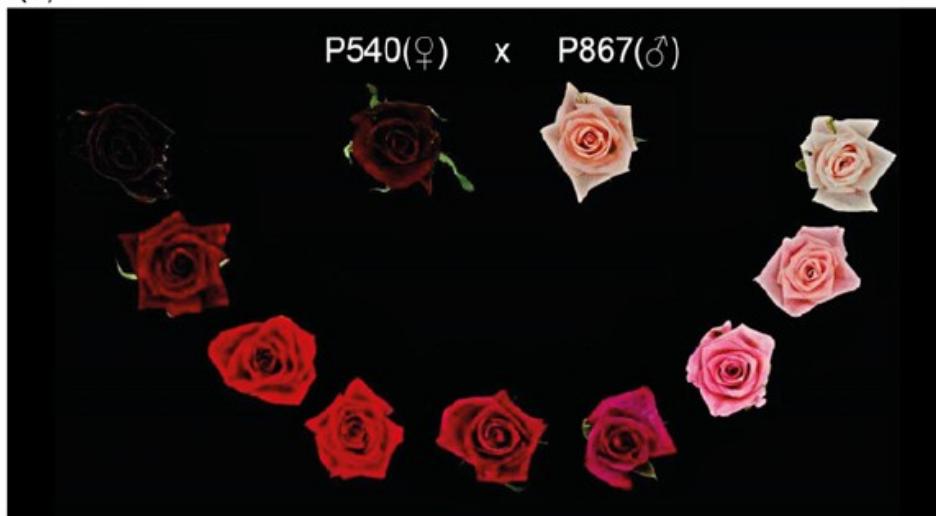


V. Malécot 02.2013,
d'après
Maia et Venard 1976,
Meng et al. 2011,
Iwata et al. 2000, et web

Mode de ségrégation

Numérotations des chromosomes homologues de chaque parent

1234 5678



Etude de ségrégation de marqueurs moléculaires chez 151 individus F1 issus d'un croisement biparental de roses tétraploïdes modernes.

Test du khi-2 testant l'hypothèse d'un appariement au hasard des chromosomes homologues de chacun des parents

Table 1 Predicted pairing behaviour according to TETRAORIGIN, showing significance of the deviation from random pairing and the estimated preferential pairing parameter, ρ

Chm	12_34 ^a	13_24	14_23	χ^2	P-value ^b	ρ
P1						
P	1	96	35	20	64.4	1.00×10^{-14}
	2	55	50	46	0.8	0.7
5	3	56	48	47	1.0	0.6
4	4	60	56	35	7.2	0.03
0	5	68	50	33	12.2	0.002
	6	61	56	34	8.2	0.02
	7	66	47	38	8.1	0.02
Chm	56_78	57_68	58_67	χ^2	P-value ^b	ρ
P2						
P	1	63	51	37	6.7	0.04
	2	58	55	38	4.6	0.1
8	3	77	43	31	22.6	0.00001
6	4	80	40	31	27.0	1.3×10^{-6}
7	5	67	48	36	9.7	0.01
6	6	52	52	47	0.3	0.9
	7	67	42	42	8.3	0.02

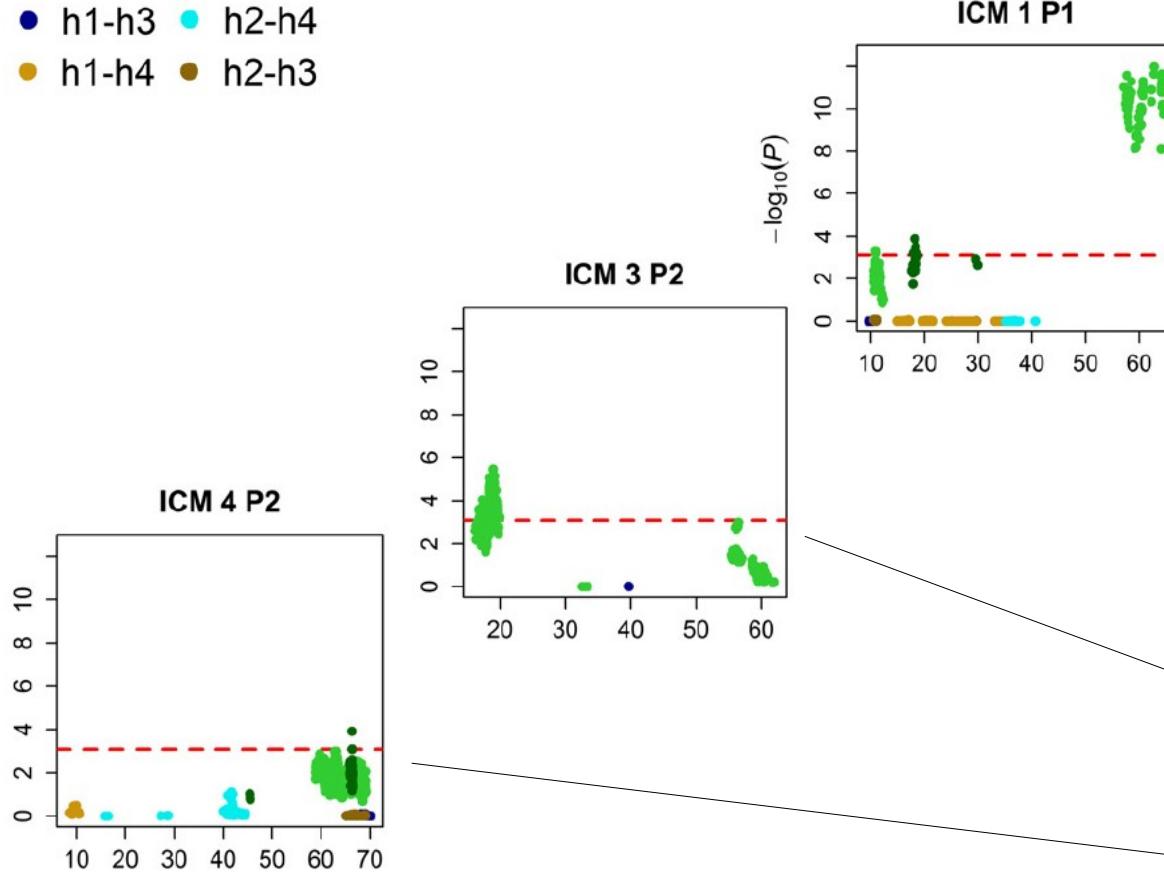
^aThe predicted number of offspring with bivalent pairing between homologues 1 and 2, and the second bivalent pairing between 3 and 4.

^bP-value of the χ^2 test of the hypothesis of random pairing, significant values ($P < 0.001$) are shown in bold.

Chm, Chromosome.

Mode de ségrégation

- h1-h2 ● h3-h4
- h1-h3 ● h2-h4
- h1-h4 ● h2-h3



Au sein des chromosomes avec des appariements préférentiels, certaines régions ont une hérédité polysomique et d'autres une hérédité préférentielle (presque disomique).

Conclusion : En majorité, les allèles du rosier sont hérités selon une hérédité polysomique → « autotétraploïde génétique »
Hérédité disomique sur certaines régions, variables selon les génotypes → « allotétraploïde segmental »

Test du khi-2 testant l'hypothèse d'un appariement au hasard des chromosomes homologues de chacun des parents

Table 1 Predicted pairing behaviour according to TETRAORIGIN, showing significance of the deviation from random pairing and the estimated preferential pairing parameter, ρ

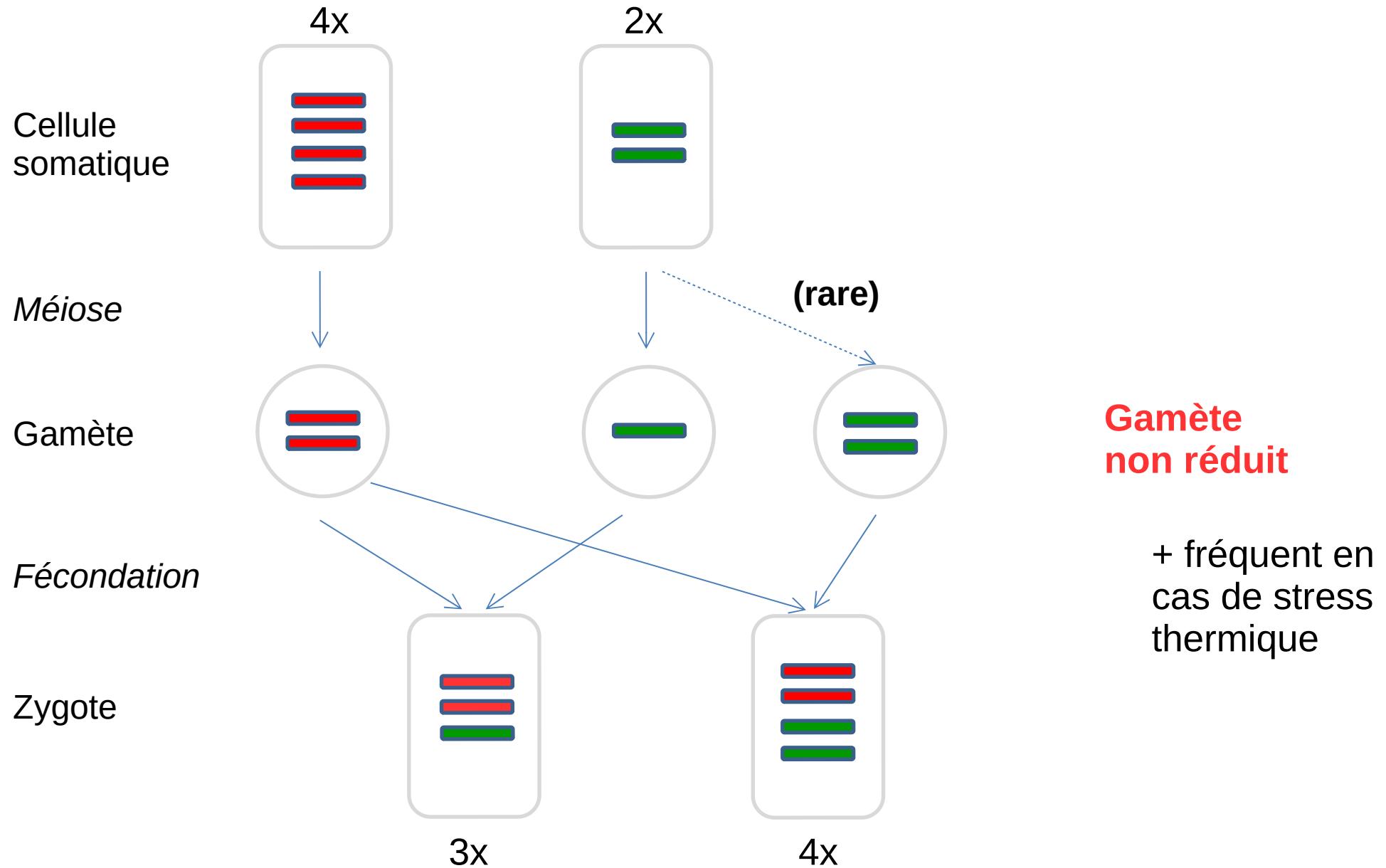
Chm	12_34 ^a	13_24	14_23	χ^2	P-value ^b	ρ
P1	1	96	35	20	64.4	1.00 × 10⁻¹⁴
	2	55	50	46	0.8	0.7
	3	56	48	47	1.0	0.6
	4	60	56	35	7.2	0.03
	5	68	50	33	12.2	0.002
	6	61	56	34	8.2	0.02
	7	66	47	38	8.1	0.02
Chm	56_78	57_68	58_67	χ^2	P-value ^b	ρ
P2	1	63	51	37	6.7	0.04
	2	58	55	38	4.6	0.1
	3	77	43	31	22.6	0.00001
	4	80	40	31	27.0	1.3 × 10⁻⁶
	5	67	48	36	9.7	0.01
	6	52	52	47	0.3	0.9
	7	67	42	42	8.3	0.02

^aThe predicted number of offspring with bivalent pairing between homologues 1 and 2, and the second bivalent pairing between 3 and 4.

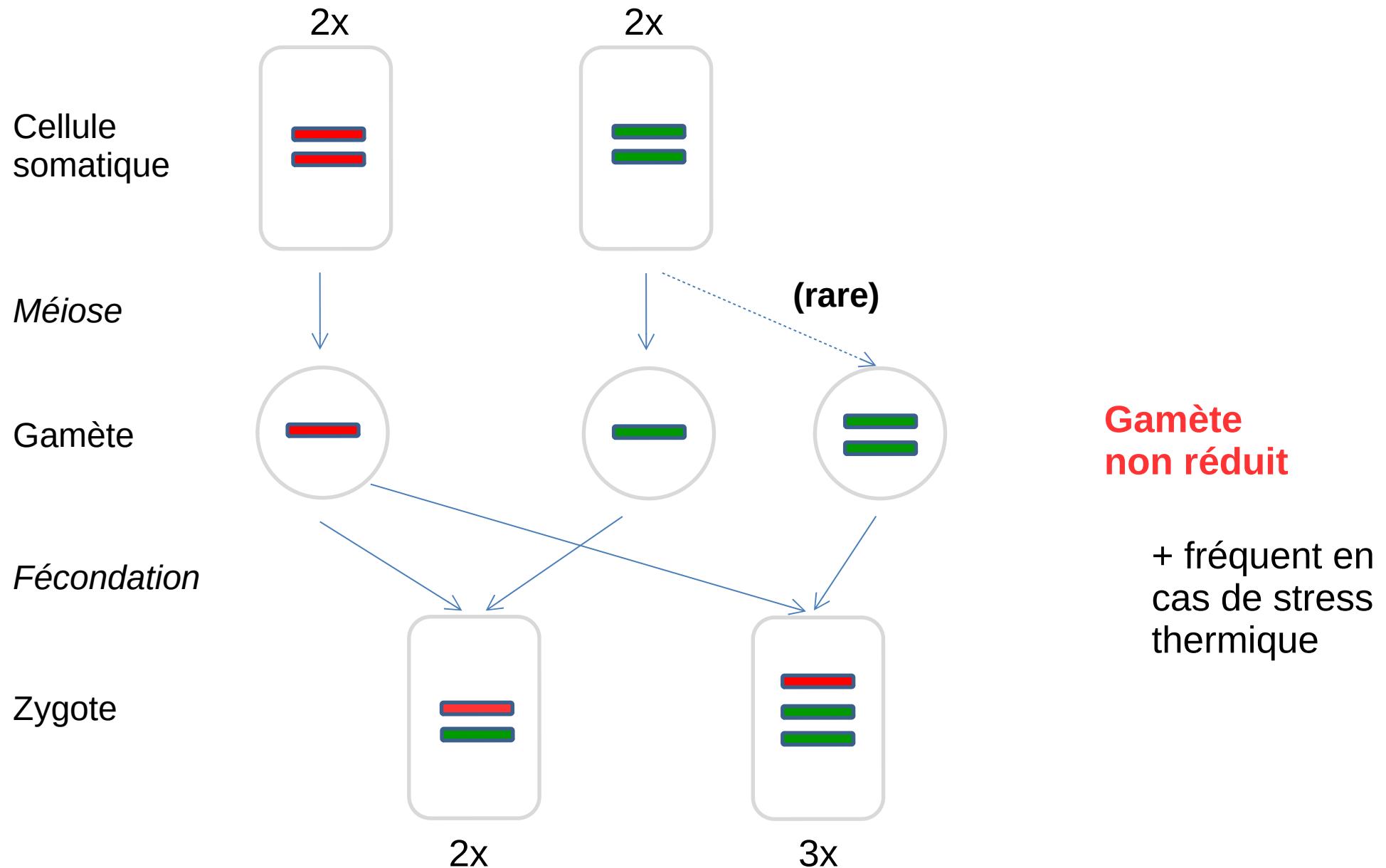
^bP-value of the χ^2 test of the hypothesis of random pairing, significant values ($P < 0.001$) are shown in bold.

Chm, Chromosome.

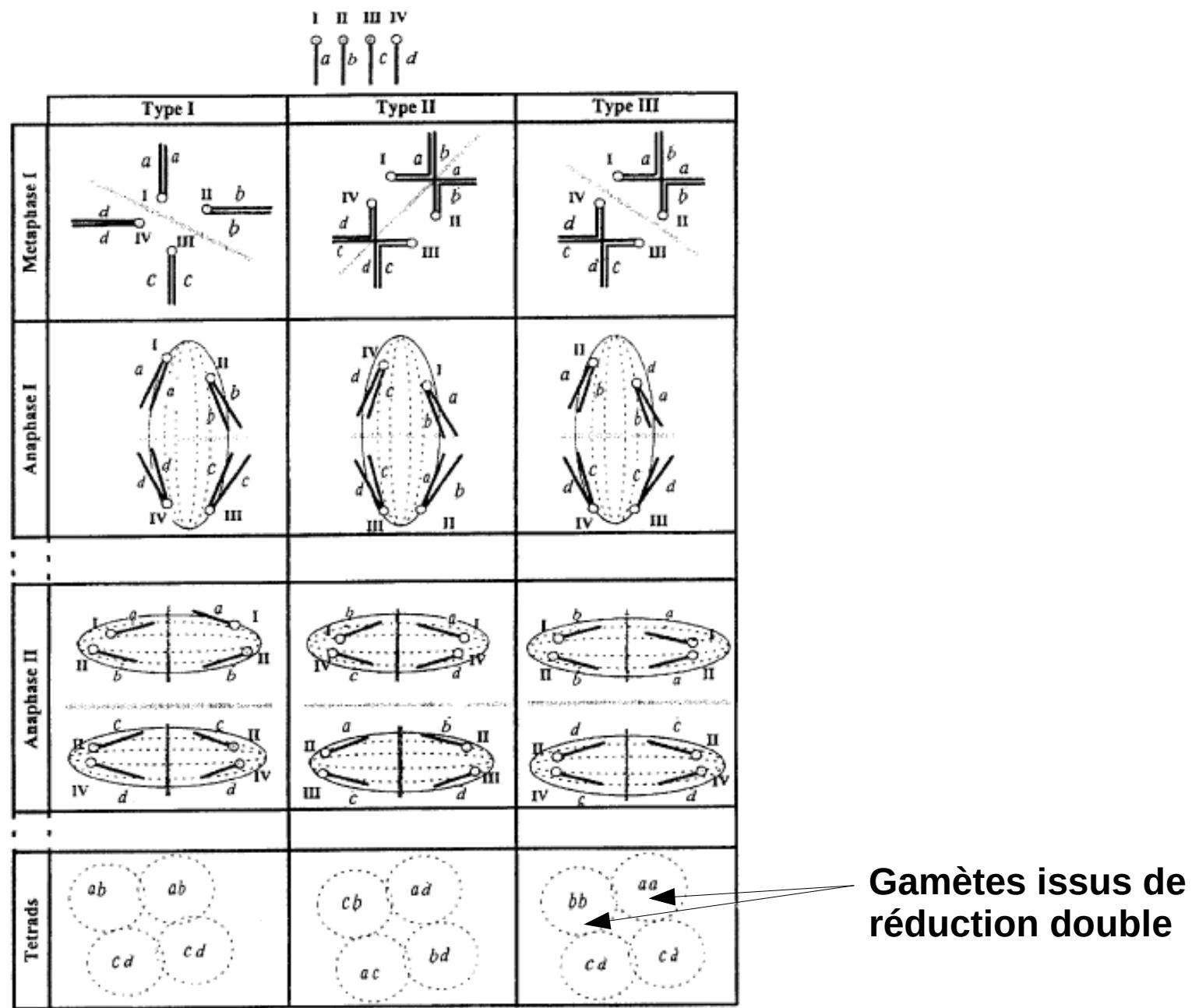
Gamètes non réduits



Gamètes non réduits



Réduction double



Gamètes issus de
réduction double

Une majorité de polyploïdes chez les rosiers

Echantillon FloRHiGe



Echantillon RosesMonde

Très majoritairement 4X

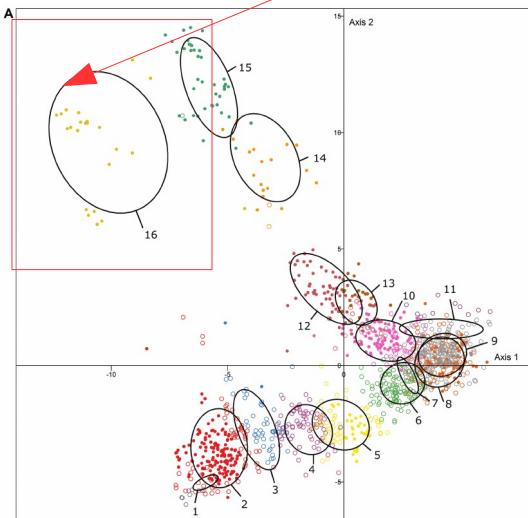
La méiose asymétrique de la section *caninae*

Égalité des sexes ?
Pas chez tous les rosiers...

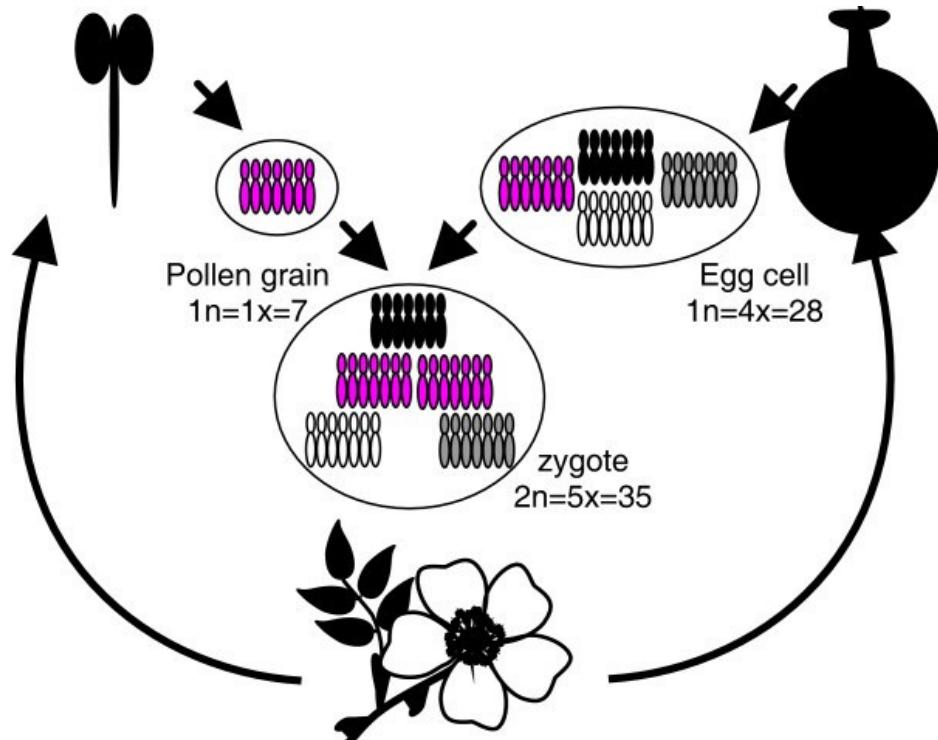


Églantier

Quelques descendants supposés



Liorzou et al. 2016

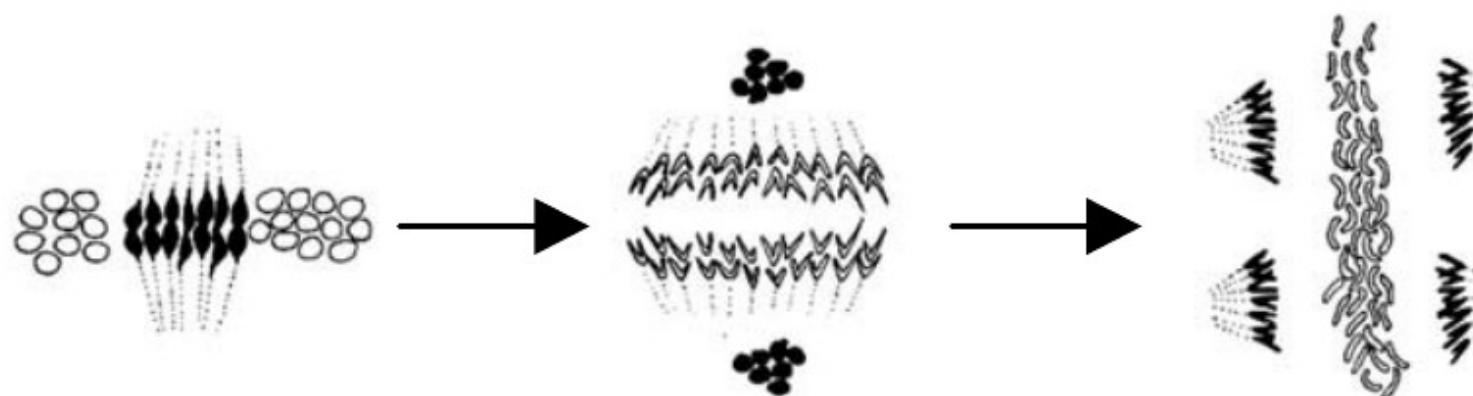
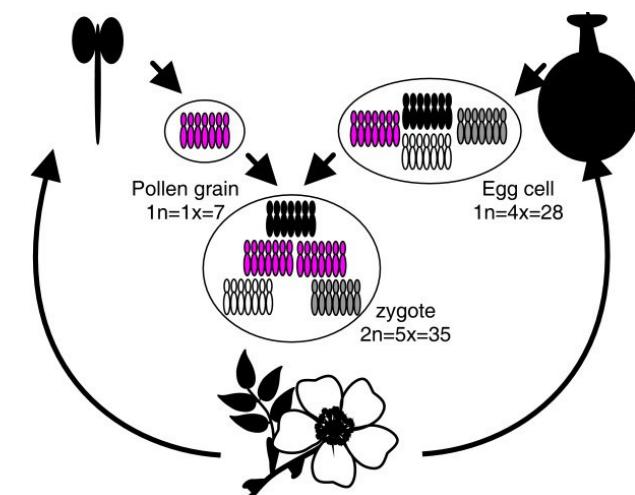


Méiose asymétrique chez la section
caninae du genre *Rosa*

Ritz et al. 2001 BMC Plant Biology 11: 37

Section *caninae* :
~ 27 espèces de 4X à 7X

La méiose asymétrique de la section *caninae*



7 bivalents and 21
univalents at metaphase I

Bivalents and
univalents segregate
at anaphase I

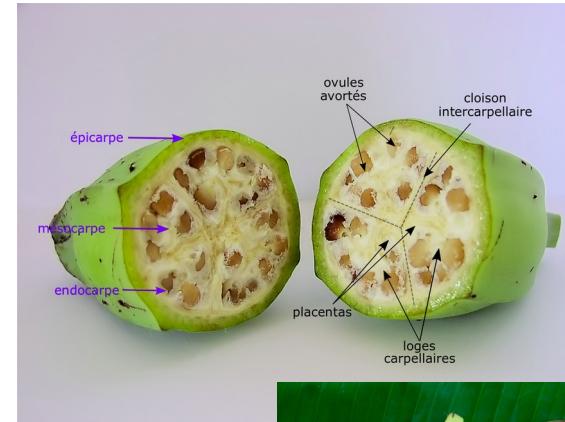
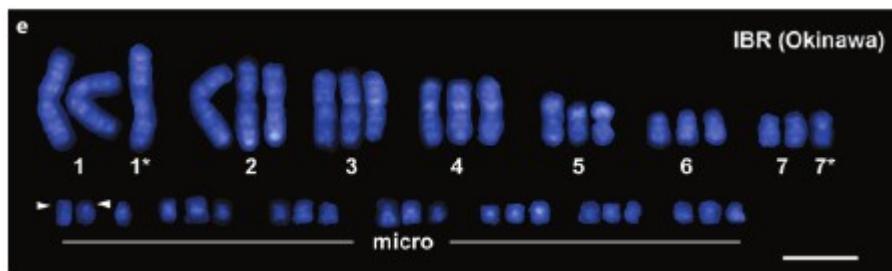
Daughter chromosomes of
bivalents segregate at
anaphase II, the sister
chromatids from the
univalents remain at the
metaphase II plate.

Les triploïdes sont-ils fertiles ?

Les espèces triploïdes sont rares
→ méiose complexe

Indotyphlops braminus ($2n=3x=42$)

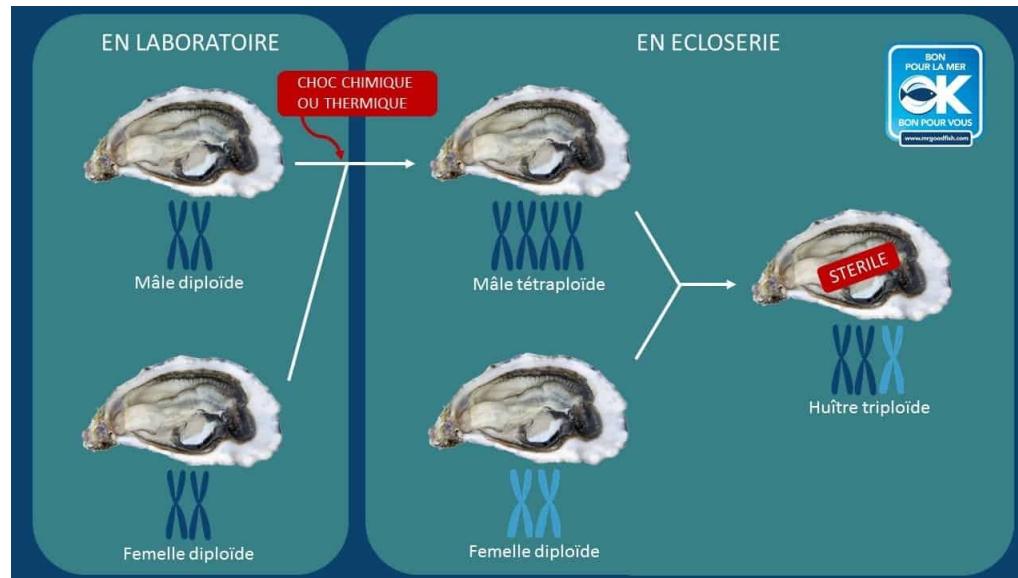
Reproduction par parthénogénèse (développement d'un embryon à partir de gamète femelle non fécondé)



La plupart des bananes consommées sont triploïdes :
La stérilité limite les graines

Les triploïdes sont-ils fertiles ?

Les espèces triploïdes sont rares
→ méiose complexe



Production d'huître triploïde stérile
→ disparition des huîtres « laiteuses »
→ augmentation de la période de consommation

Les triploïdes sont-ils fertiles ?

Le groupe ‘La France’

Individus presque identiques génétiquement

Clone

Sport grimpant



<http://www.pepiniere-rosesloubert.com/>

‘La France’
(Guillot, 1867)
Prélevé à la
Roseraie Loubert (49)



<https://collections-roseraie.valdemarne.fr>

‘La France cl.’
(Henderson, 1893)
Prélevé à la
Ros. du Val de Marne (94)



Shubin Li (Flower Research Institute)

R. ‘Yushizhuang’
(Anonyme, dynastie Song)
Prélevé au Flower
Research Institute (Chine)



Nathalie Ferrand



‘Mme Victor Verdier’
(Verdier, 1859)
Prélevé dans la Grande
Roseraie de Lyon (69)

Parent tétraploïde
d'un hybride triploïde ?

Vrai
R. ‘Yushizhuang’



Liu et al 2011, Chronica Horticulturae,
51 : (1) 20-23

Usurpation
d'identité



'Madame Bravy' ?
(Guillot père, 1846)
Thé, 2x



'Mme Victor Verdier'
(Verdier, 1859)
Hybride remontant, 4x

Gamète $n=x$

Gamète $n=2x$



'La France'
(Guillot fils, 1867)
Hybride de Thé, 3x

Les triploïdes ont souvent été des ponts entre rosiers diploïdes et tétraploïdes.

Leur fertilité est limitée mais recherchée par les sélectionneurs.

La plupart des rosiers modernes ?
Généralement 4x