



Les mâles, spermatozoïdes ailés

le 20 novembre 2022

Par Didier Brick, biologiste & apiculteur





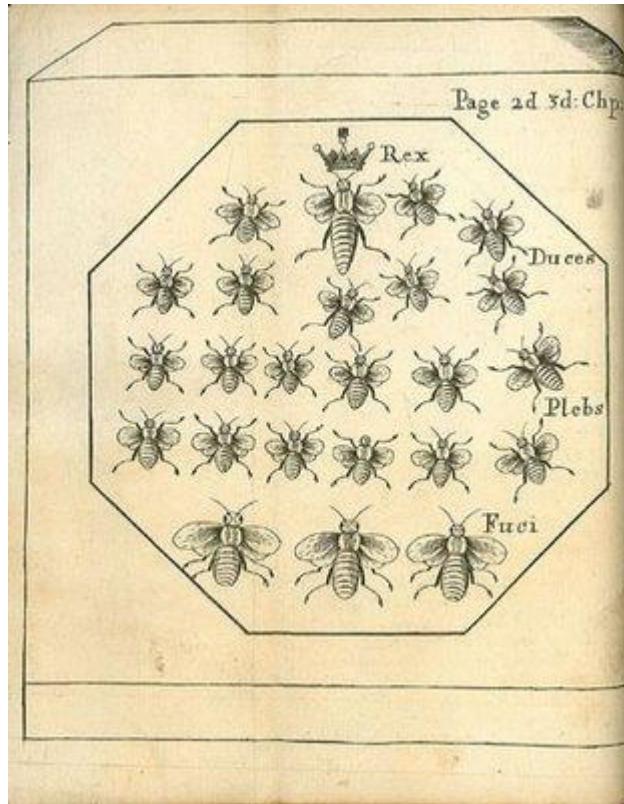
Plan de l'exposé

- ▶ Histoire
- ▶ Génétique
- ▶ Morphologie
- ▶ Cycle biologique
- ▶ Elevage
- ▶ Ruches bourdonneuses
- ▶ Influence du varroa sur les mâles
- ▶ Conclusion

Plan de l'exposé

- ▶ **Histoire**
- ▶ Génétique
- ▶ Morphologie
- ▶ Cycle biologique
- ▶ Elevage
- ▶ Ruches bourdonneuses
- ▶ Influence du varroa sur les mâles
- ▶ Conclusion

Histoire

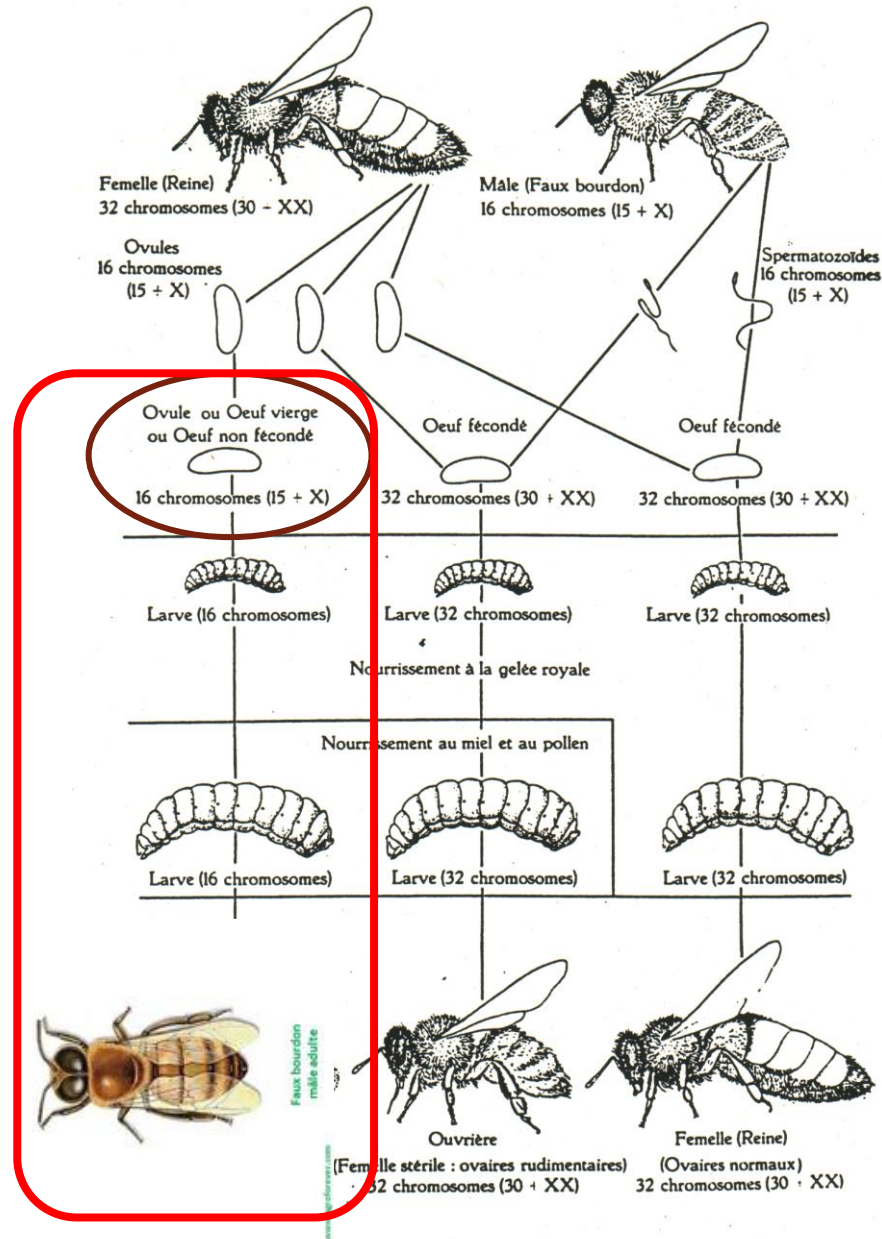


- Dans « Bee-Master à Charles II » en 1679 : Ruche = monarchie parfaite en harmonie avec son « Roi »
- croyance → XIXème (observation grâce aux plaques de verre)

Plan de l'exposé

- ▶ Histoire
- ▶ **Génétique**
- ▶ Morphologie
- ▶ Cycle biologique
- ▶ Elevage
- ▶ Ruches bourdonneuses
- ▶ Influence du varroa sur les mâles
- ▶ Conclusion

Être un mâle sans père



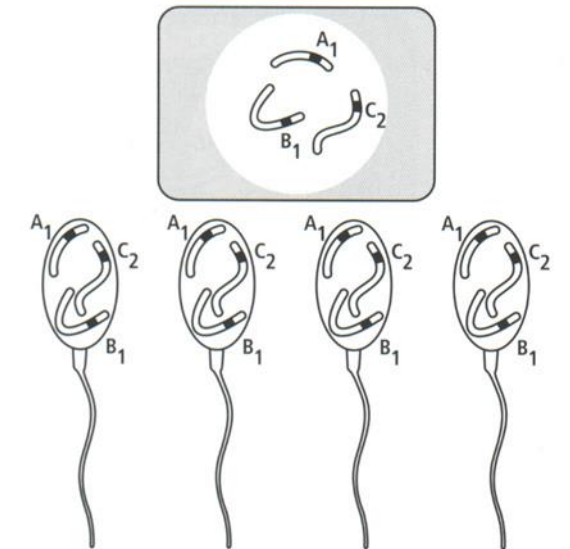
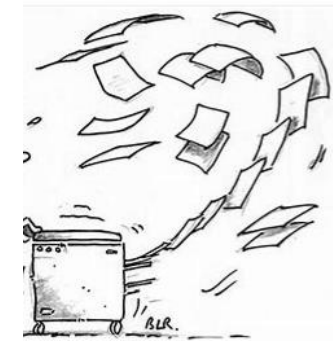
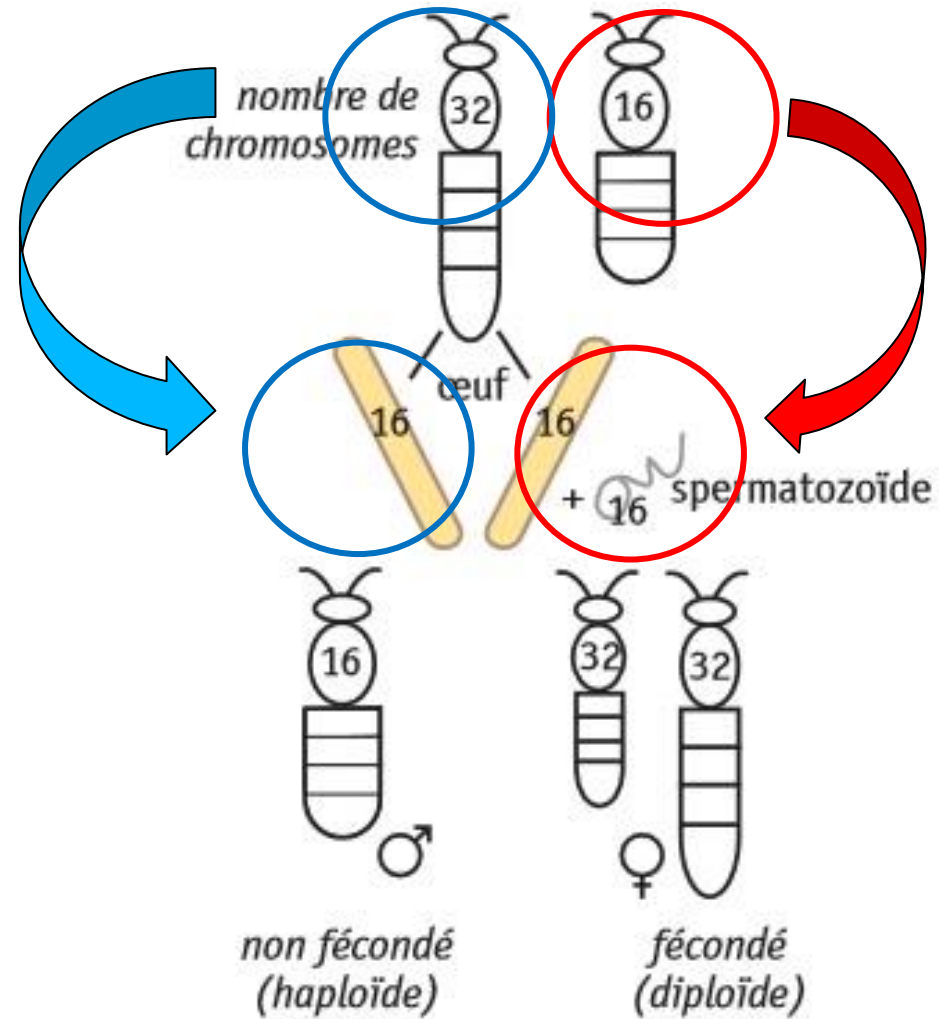
Être un mâle issu d'une ouvrière pondreuse



Photocopier son génome

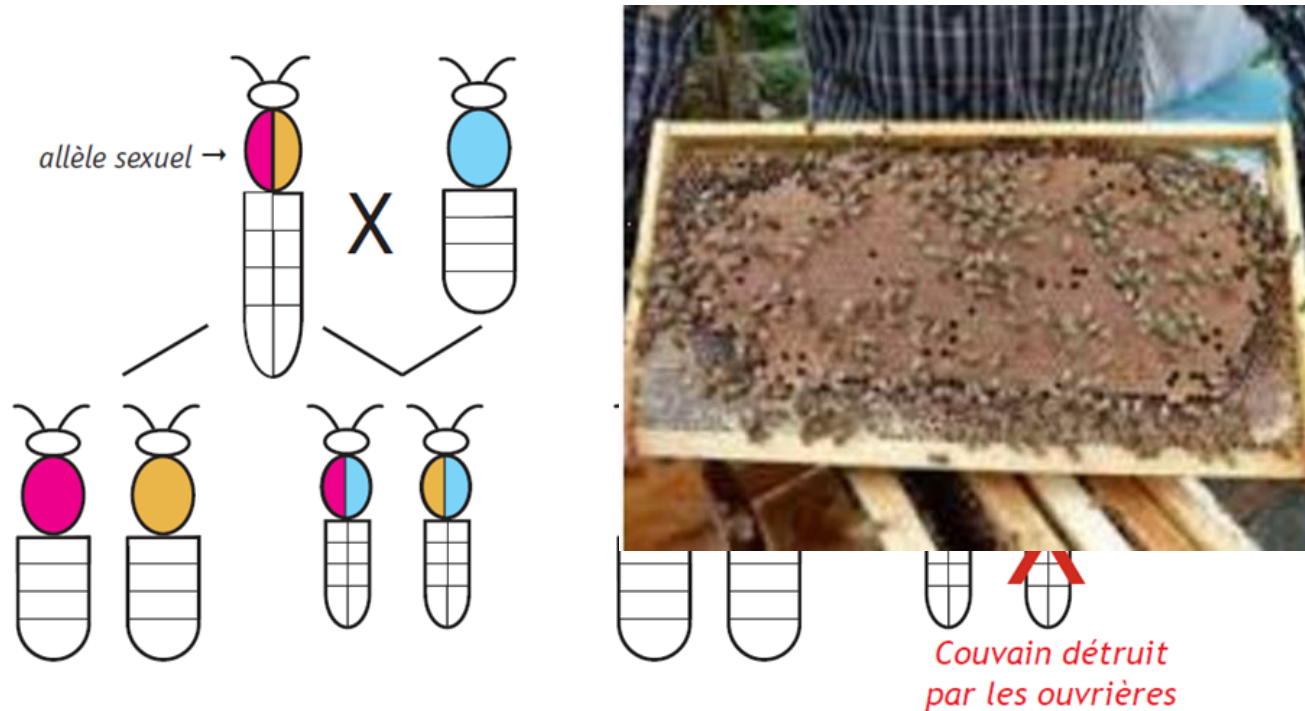
La méiose : une loterie

:2



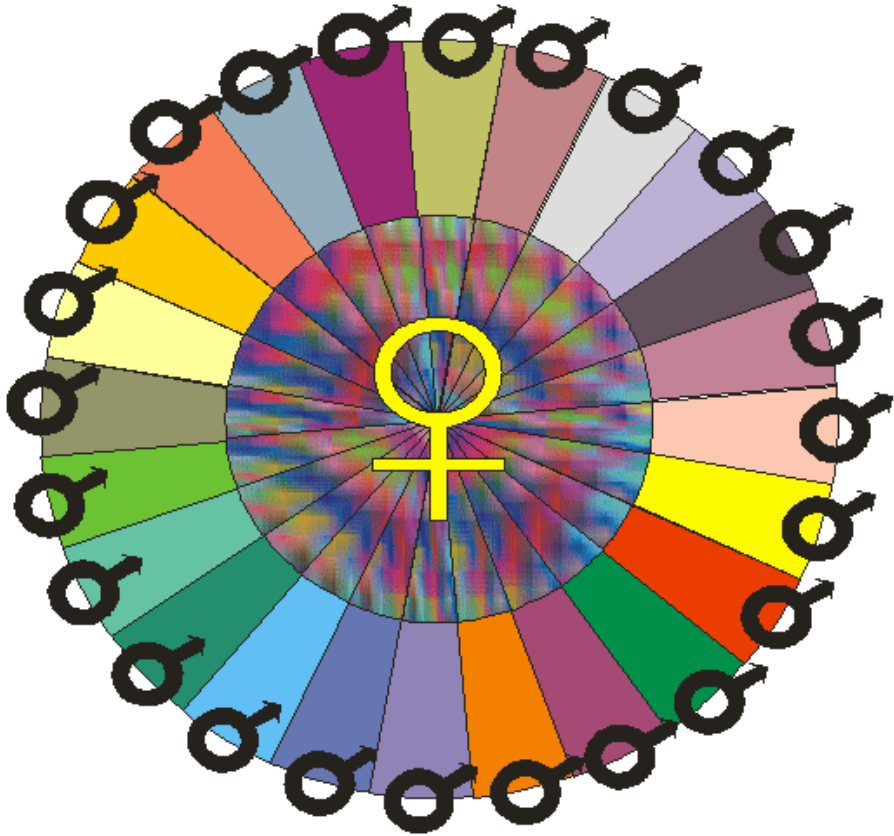
Hérédité sexuelle et mâles diploïdes

- Humain : chromosomes sexuels = X et Y
- Abeille : chromosomes sexuels possèdent des allèles multiples (Xa, Xb, Xc, etc, ...)
 - femelles hétérozygotes : Xa Xb ou Xa Xc ou Xb Xc ...
 - mâles : Xa ou Xc ou Xb ou ...



mâles diploïdes = non viables car éliminés par les ouvrières dans les 72h qui suivent l'éclosion → couvain lacunaire

La ruche : une mosaïque de pères



Héritage d'une colonie :

- ouvrières → 1/2 des gènes de la reine, au hasard de la méiose (zone centrale arc-en-ciel)

+

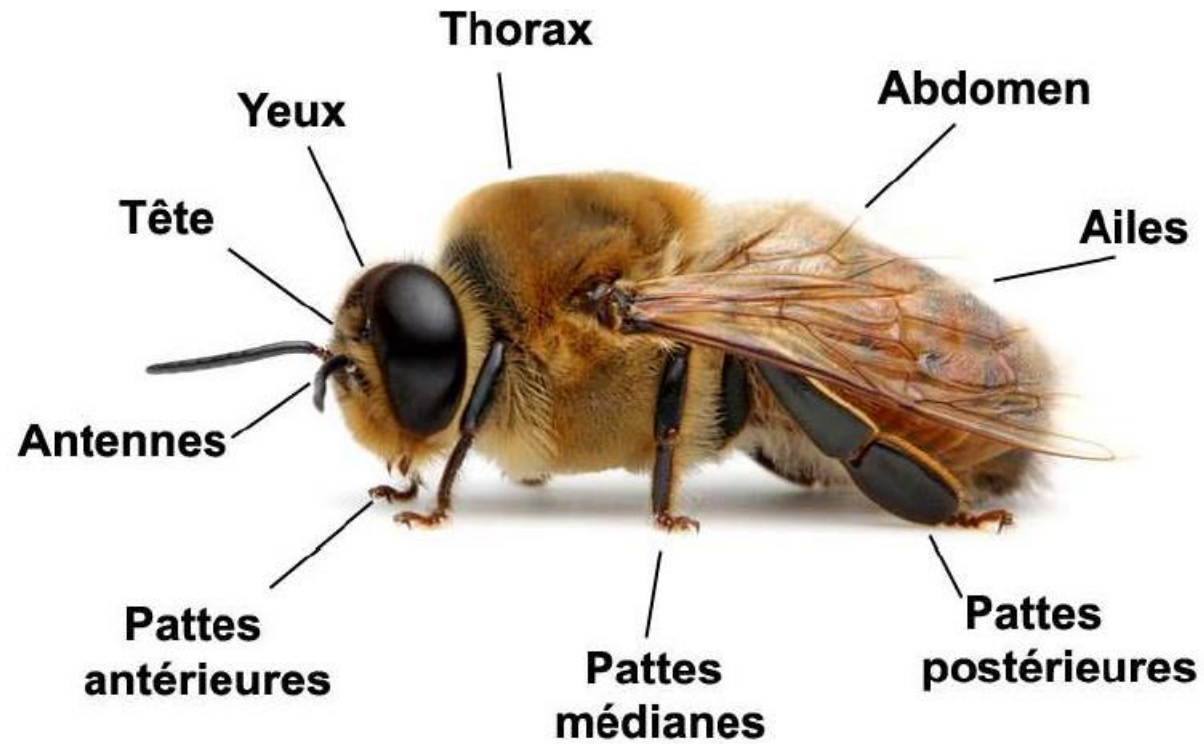
- gènes d'1 spermatozoïde de l'un des groupes de la spermathèque de leur mère (24 ≠ groupes de couleur uniforme en périphérie)

→ **Colonie = mosaïque génétique** →
meilleure résistance aux maladies
+ adaptation

Plan de l'exposé

- ▶ Histoire
- ▶ Génétique
- ▶ **Morphologie**
- ▶ Cycle biologique
- ▶ Elevage
- ▶ Ruches bourdonneuses
- ▶ Influence du varroa sur les mâles
- ▶ Conclusion

Morphologie



Des super champions polyvalents



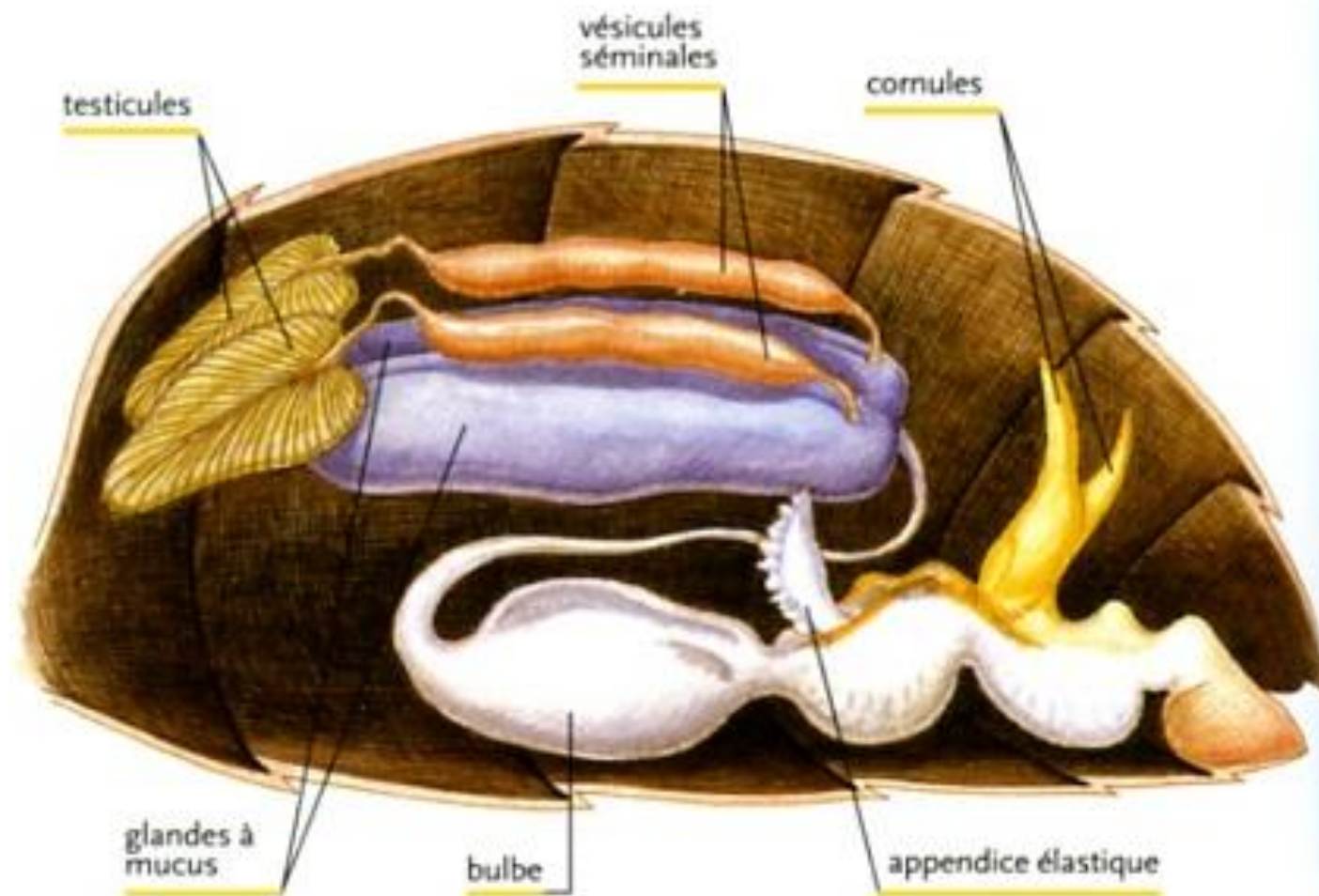


Une reproduction fatale

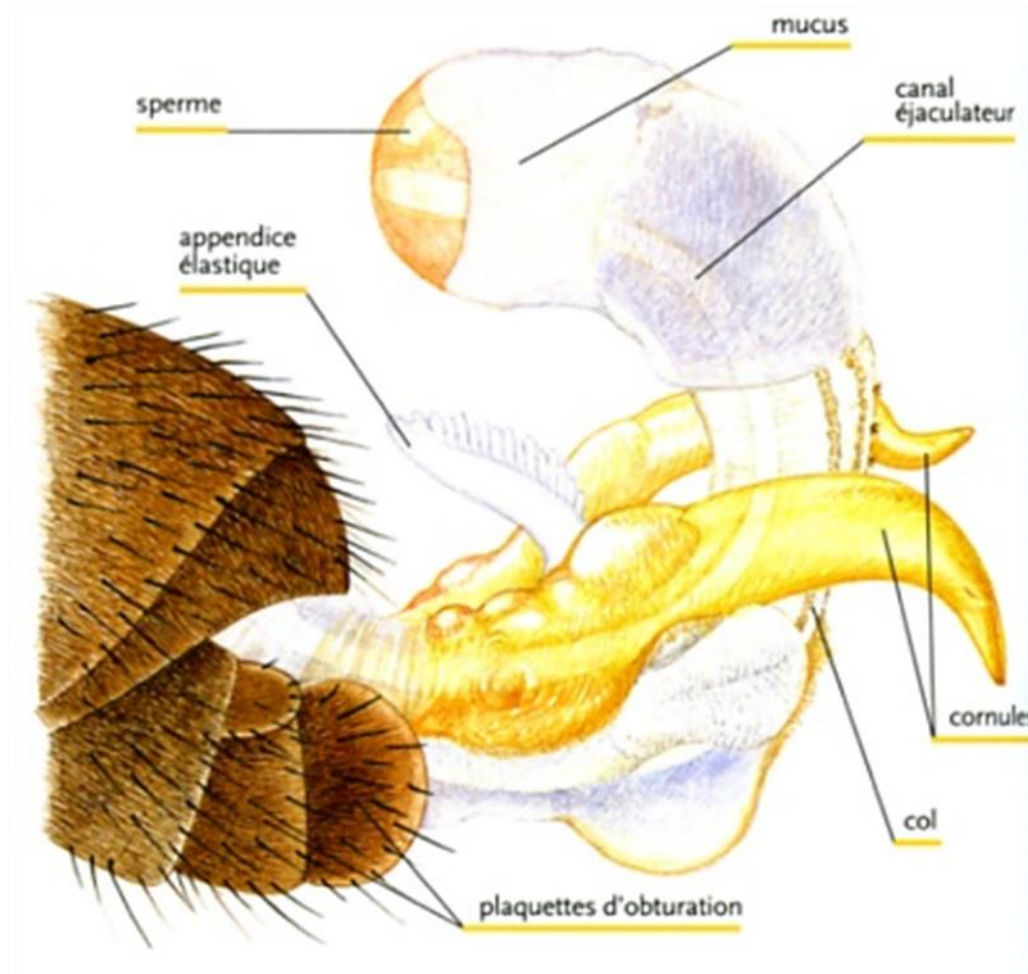




Appareil génital



Appareil génital



éjaculation



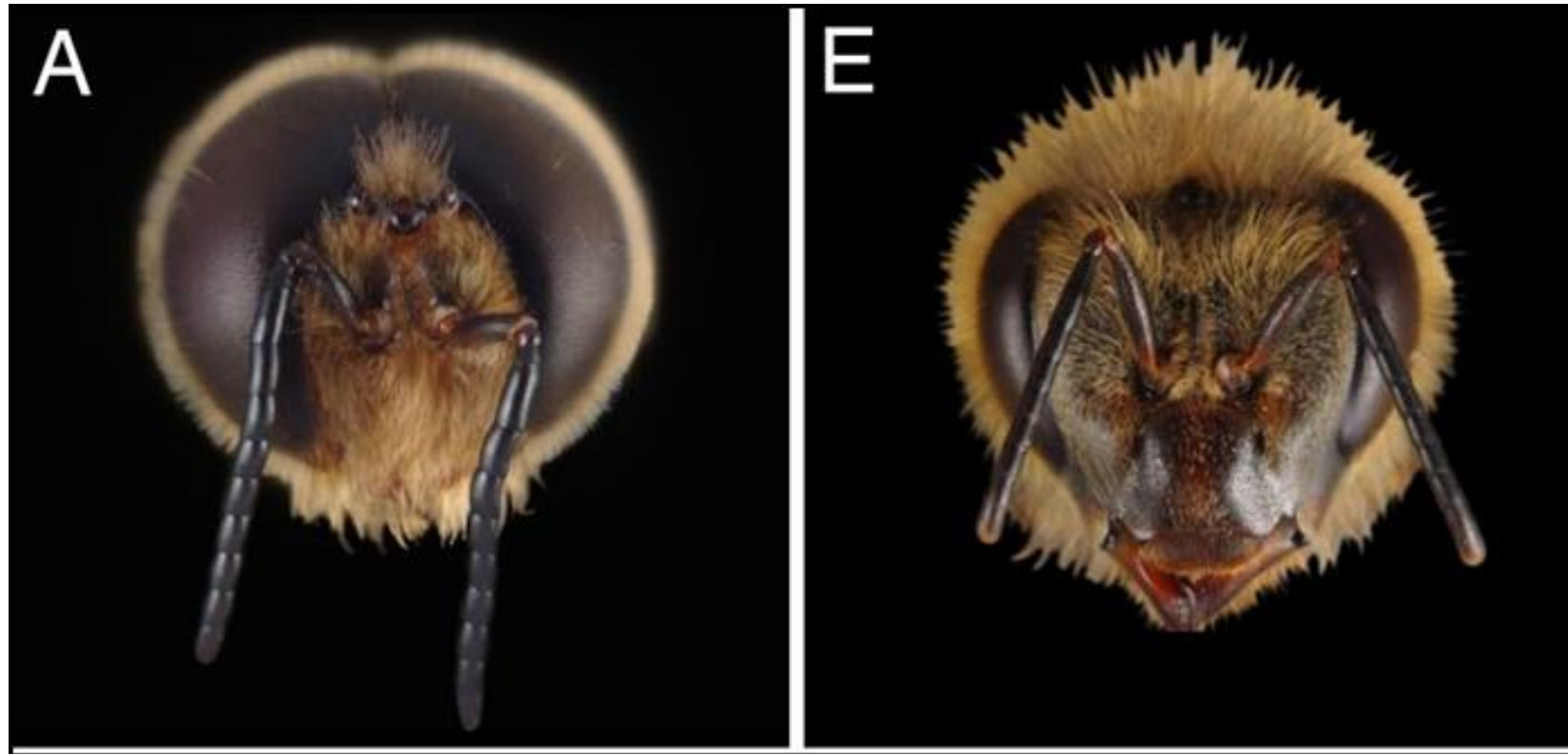
0,91 à 1,7 microlitres de sperme

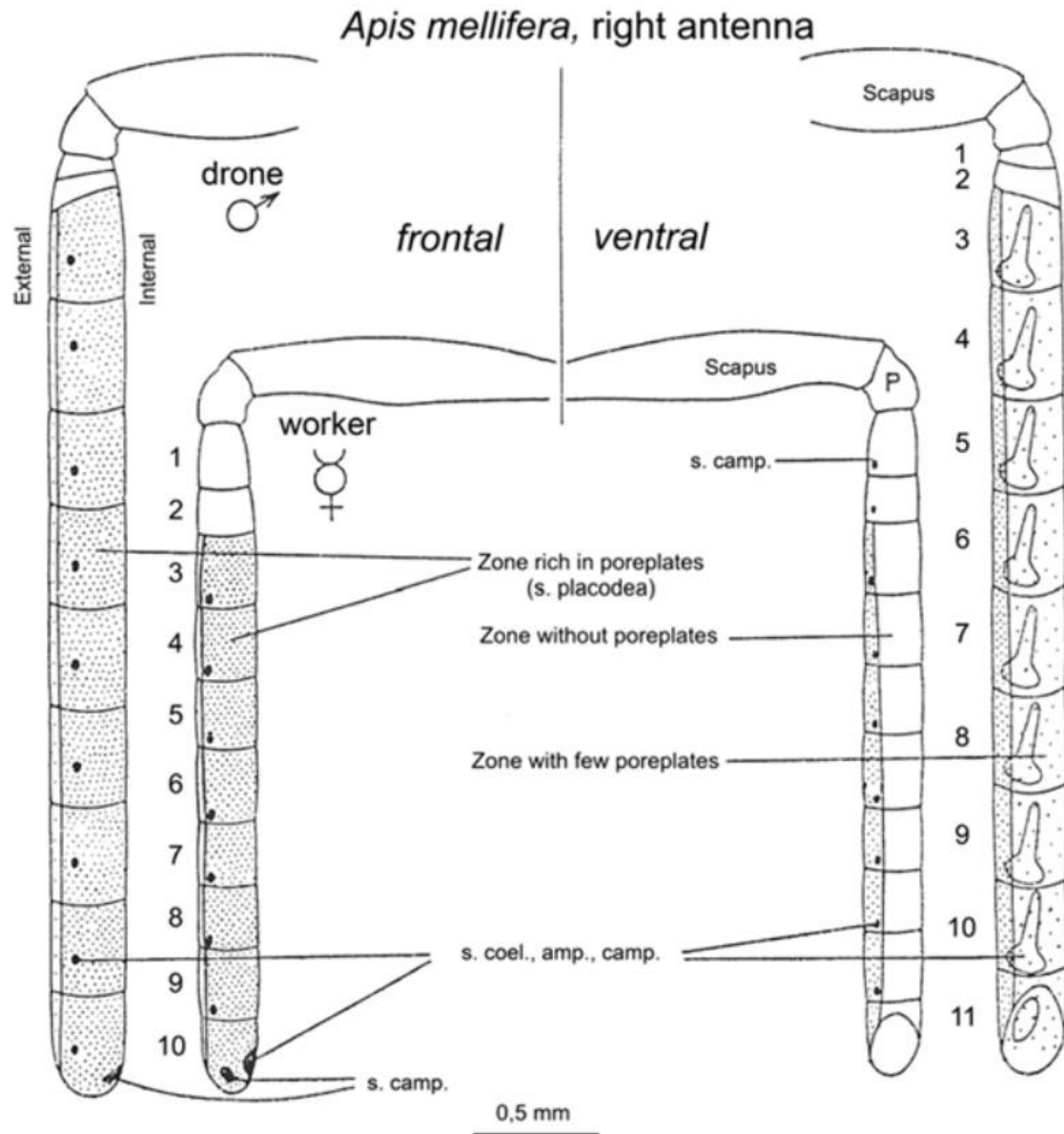
Morphologie



	Ouvrière	Reine	
Masse	100 mg	250 mg	230 mg
Facettes (yeux)	6900	3500	8000
Segments antennaires	10		11
Plaques poreuses	3000		30.000

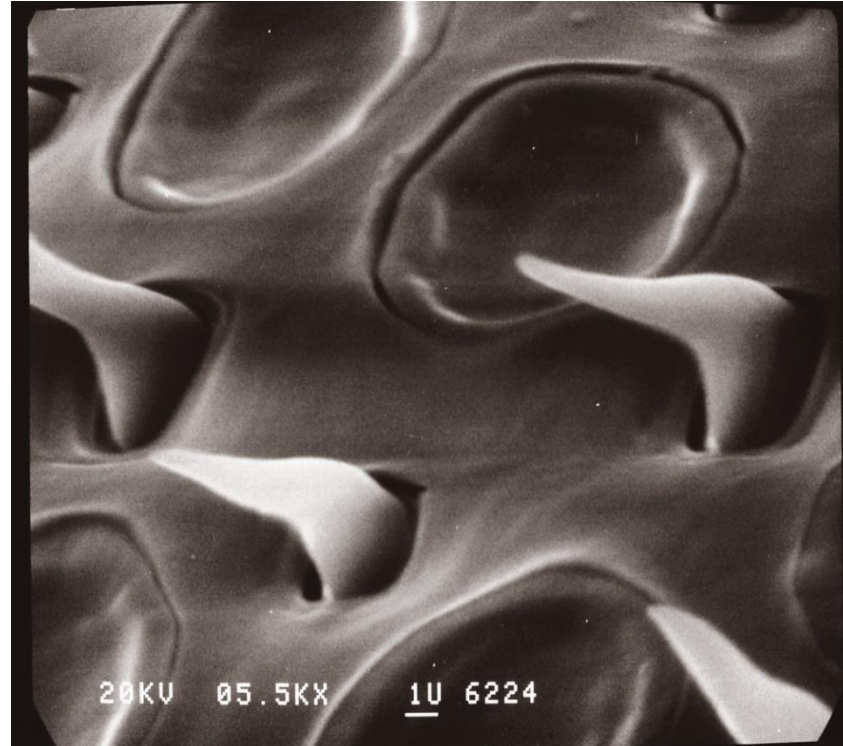
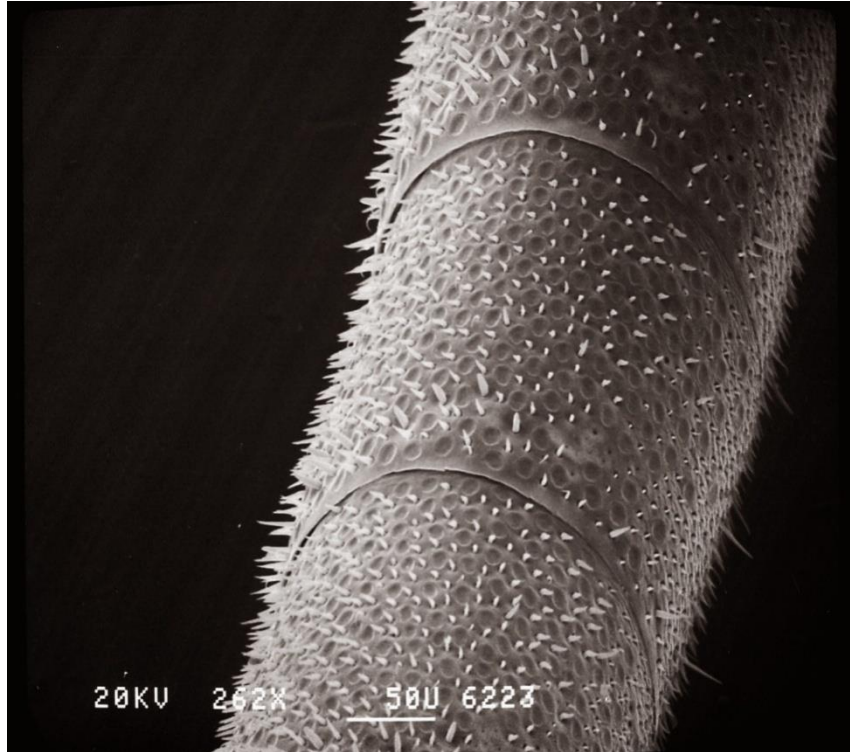
Les champions de la vision





- 1 article supplémentaire
- Surface double de l'ouvrière
- 7 x plus de sensiles olfactives

Plaques et sensilles



Sensibilité à ??

- ▶ La phéromone mandibulaire de reine (QMP)
- ▶ Phéromones reines vierges en vol = irrésistibles (pas d'effet à l'intérieur des ruches pour éviter inceste)
- ▶ Visuellement, l'endophallus qui reste en place excite les autres mâles



Plan de l'exposé

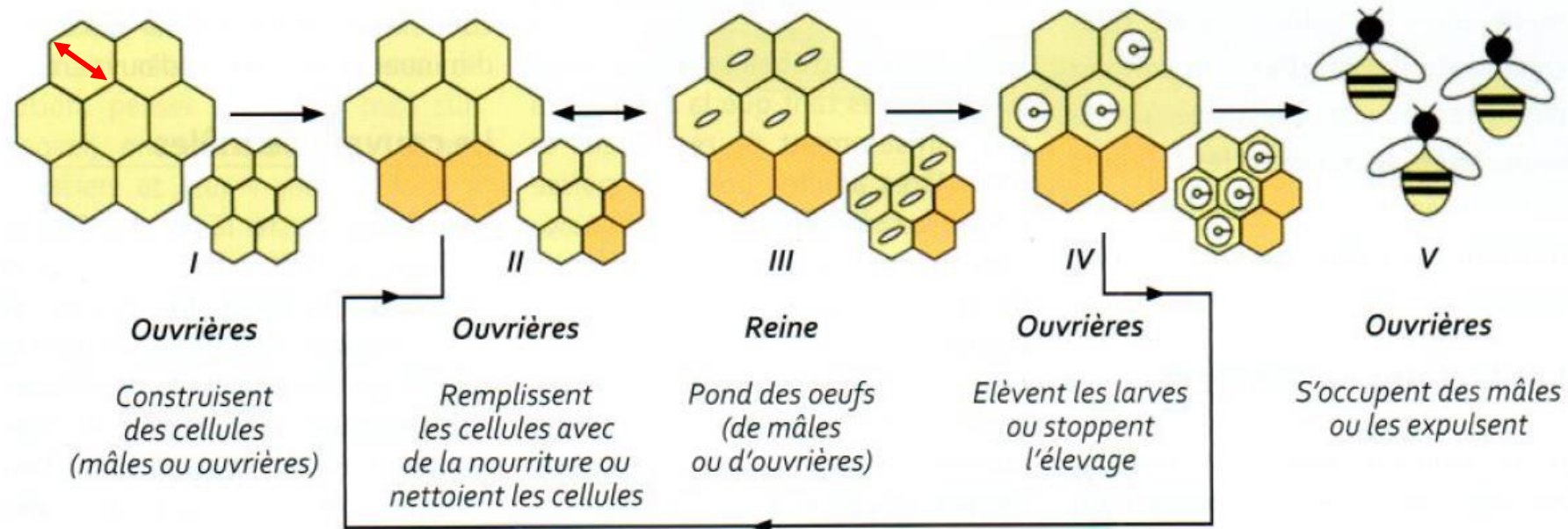
- ▶ Histoire
- ▶ Génétique
- ▶ Morphologie
- ▶ **Cycle biologique**
- ▶ Elevage
- ▶ Ruches bourdonneuses
- ▶ Influence du varroa sur les mâles
- ▶ Conclusion

Quand un peuple de femmes gère ses mâles



Quand un peuple de femelles gère ses mâles

6,2 à 6,4 mm de diamètre --> 10% des cellules de la ruche



Étapes dans la production et le contrôle de mâles dans la colonie.
D'après Boes, K. E. (2010).

Quand un peuple de femelles gère ses mâles

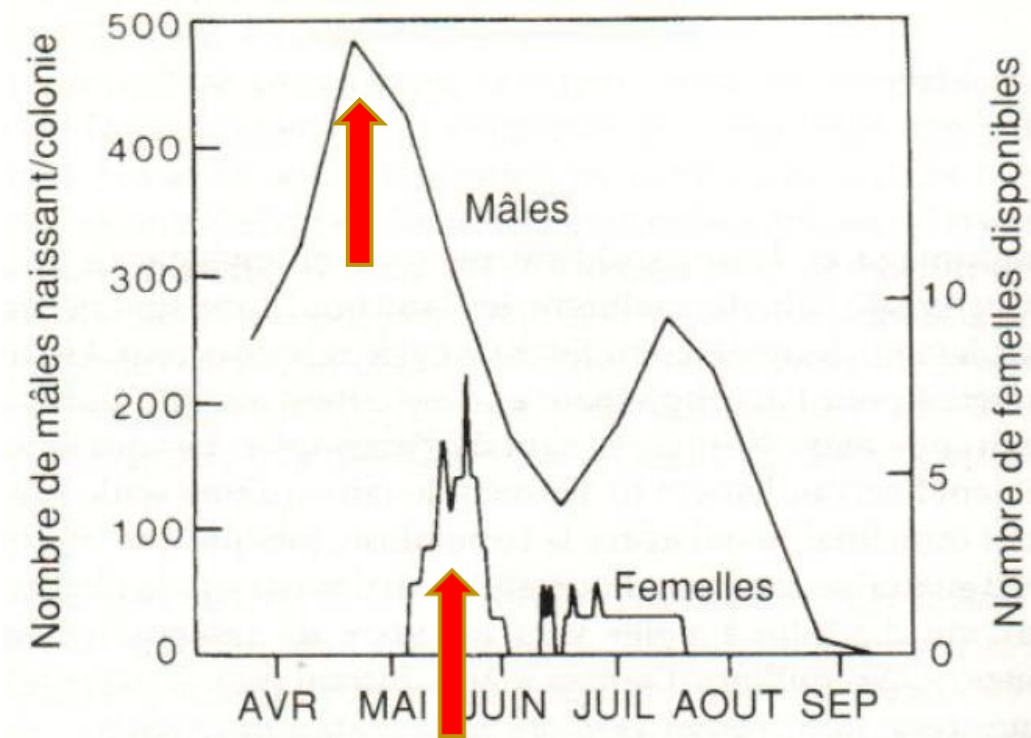
- ▶ Production de 5.000 à 45.000 mâles dans 1 ruche pour 10 reines vierges/saison
- ▶ Coût énergétique énorme : plusieurs vols/jours pendant plusieurs semaines, mais gain éventuel énorme = paternité de milliers d'abeilles

La reine = banque de sperme

- ▶ Spermatozoïdes restent viables pendant plusieurs années
- ▶ La reine n'en conserve que 6 millions, soit 10%
- ▶ Pas d'homogénéisation du sperme dans la spermathèque



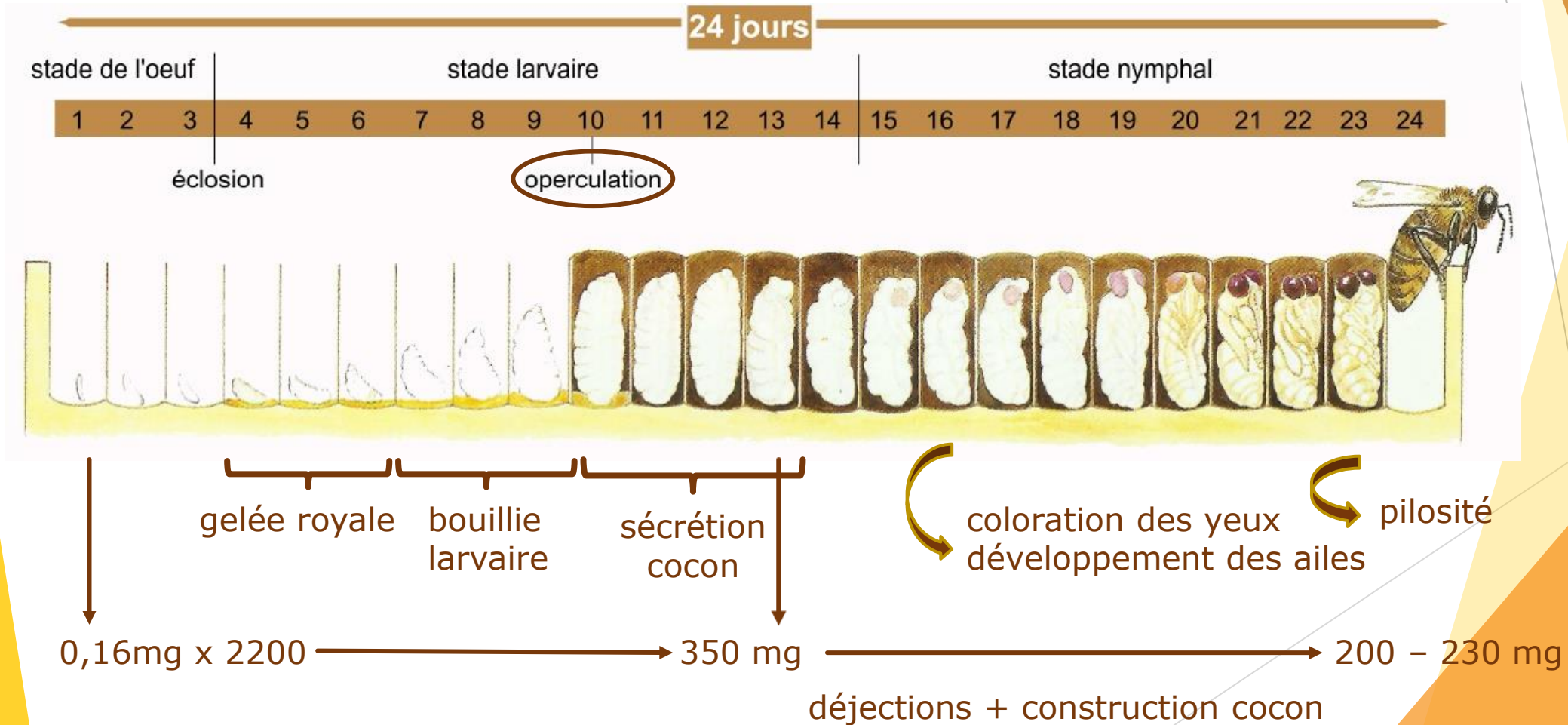
Démographie annuelle



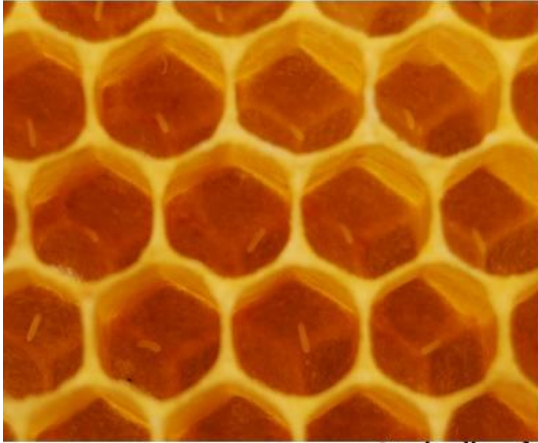
Attention graphique
sur des colonies au
Canada

- Pic production mâles = pic de production d'ouvrières
- Pic production mâles en avance sur pic reines vierges (colonies pré-andriques)
- 13 à 17% de surface totale du couvain en mâles

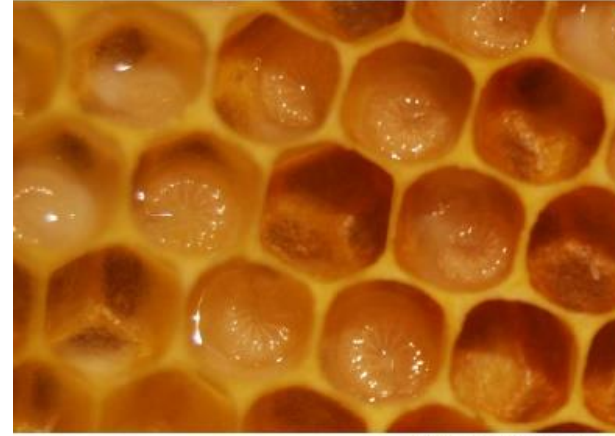
Cycle biologique



Cycle biologique



Stade d'œuf
- cliché W. Seyfarth



Stade larvaire
- cliché W. Seyfarth



De l'œuf au stade nymphal
- cliché W. Seyfarth

Cycle biologique

16^{ème} jour

21^{ème} jour



Évolution des yeux au stade nymphal
- cliché W. Seyfarth

Cycle biologique



Coupe de couvain de mâles
- cliché W. Seyfarth



Couvain de mâles
- cliché W. Seyfarth

Cycle biologique



Ouvrière nourrissant un mâle naissant
- cliché W. Seyfarth

1ers jours de leur vie :

- nourris par les ouvrières
- → mélange bouillie larvaire + miel



2013/01/01 00:03:38

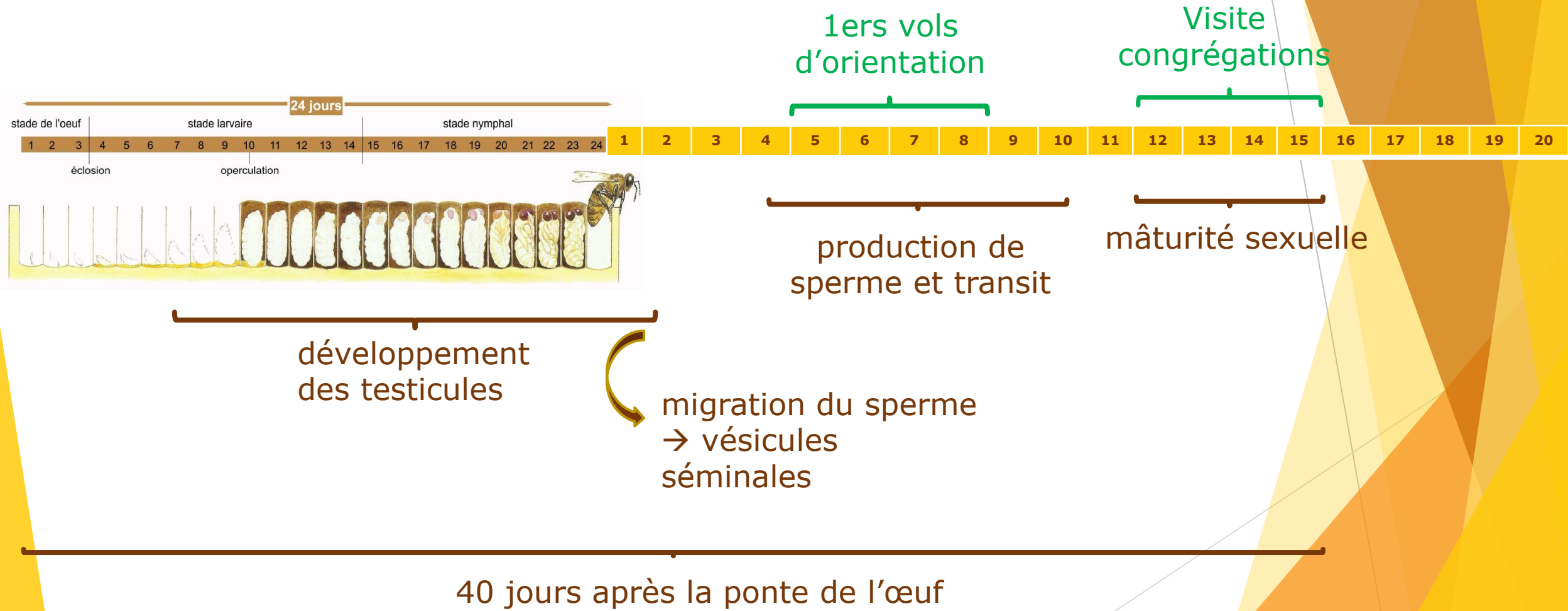
Crédit photo : Renaud Lavendhomme

Des infidèles qui découchent ? Pique-assiettes ?

- ▶ Plupart fidèles à leur souche : 42%
- ▶ 55% dérivent → autre colonie de leur rucher
- ▶ 3% dérivent → autres ruchers
- ▶ Acceptés dans toutes les colonies



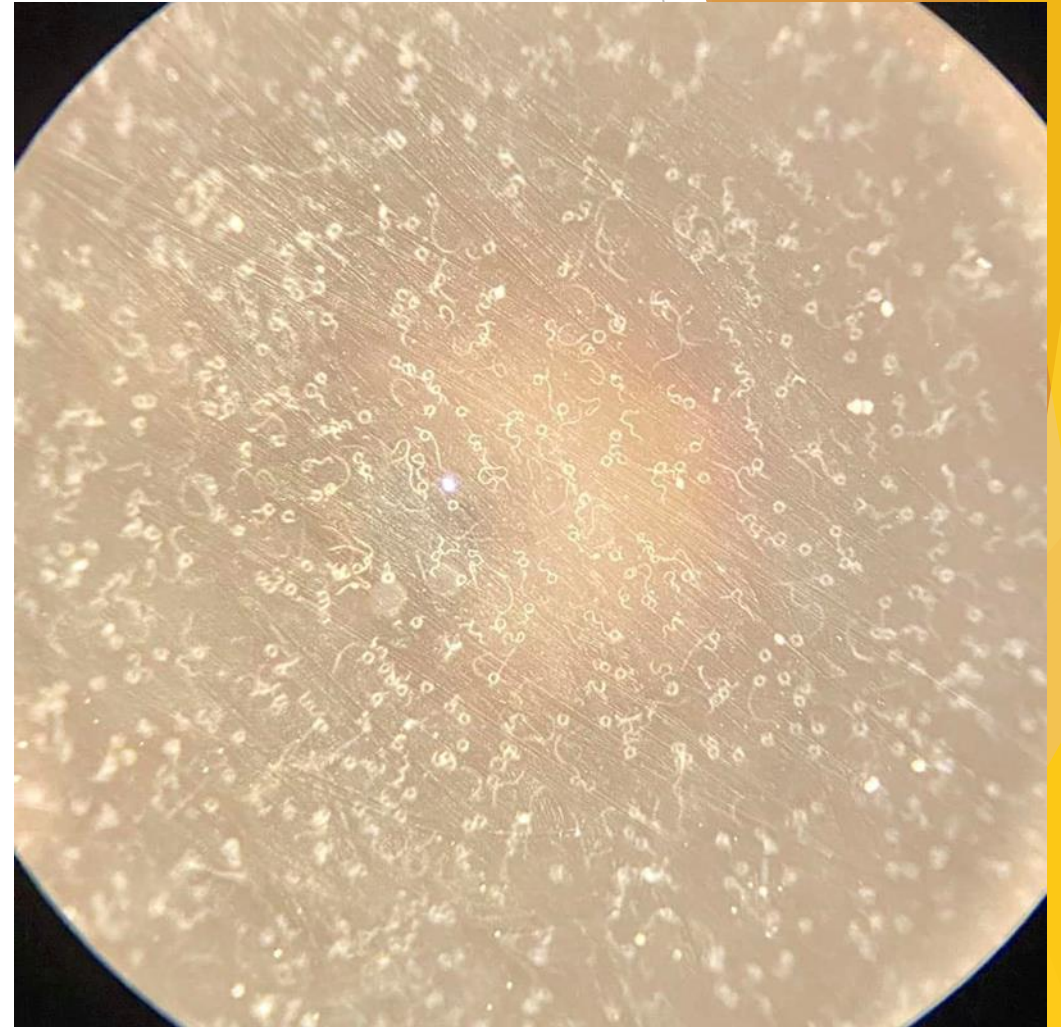
Développement sexuel



Développement sexuel

➤ Un mâle
= 3,6 à 12 millions
de spermatozoïdes
tous identiques

- Nombre de spermatozoïdes +
viabilité :
- ne semble pas influencé par la lignée génétique, l'âge ou le moment de l'élevage (\neq maturation)
 - viabilité moyenne des spermatozoïdes = 70 à 90%



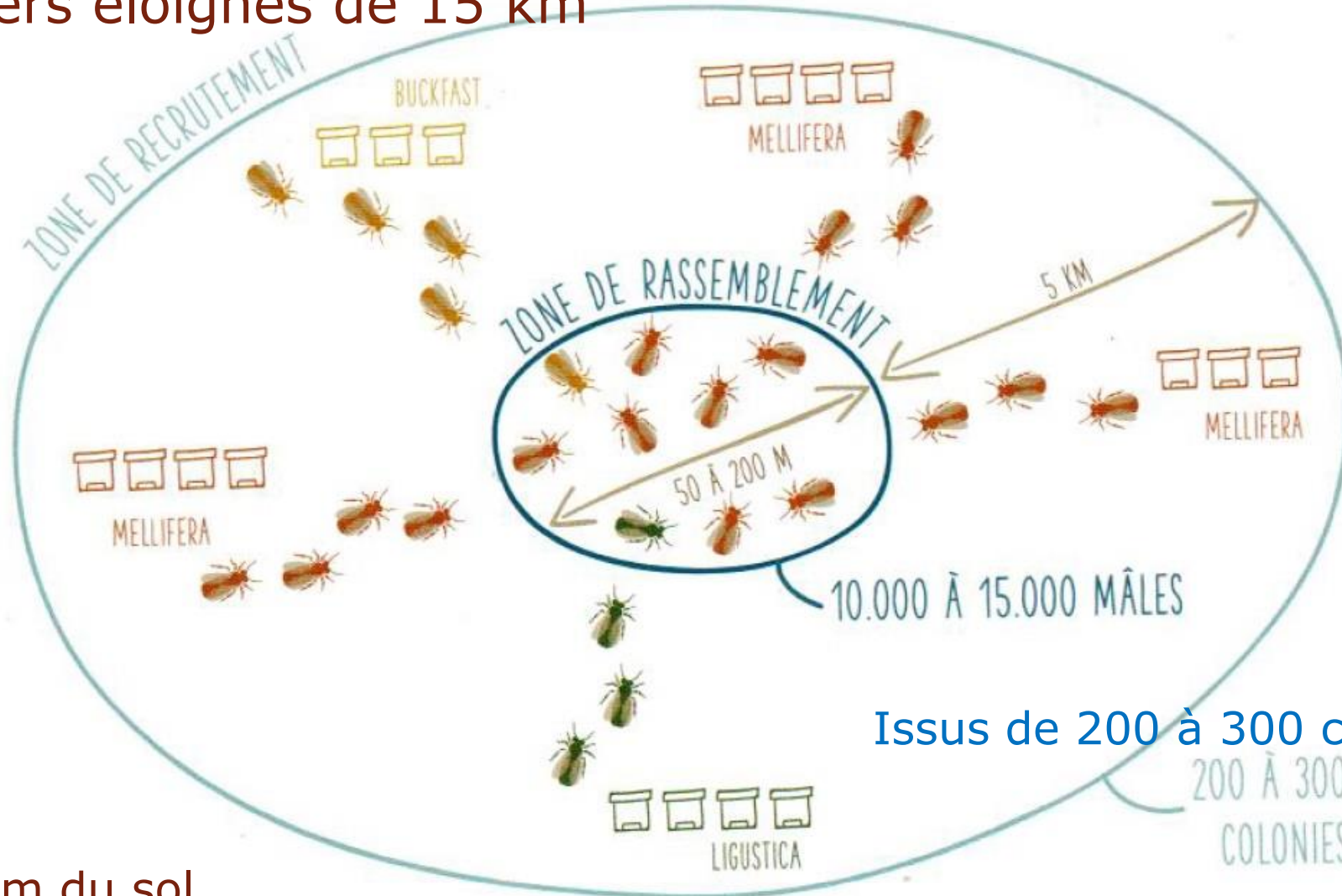
Congrégations



<http://blog.exometeofraiture.net/blog/2016/02/02/congregation-rassemblement-males-abeilles-enfin-filme>

<https://youtu.be/o8jeDCIEevg?t=12>

Distance parcourue par reines + mâles --> accouplement entre individus de ruchers éloignés de 15 km



10 à 40 m du sol
mobiles; réseau de mâles qui s'intensifie par endroits en resserrant les mailles du réseau

Qualité de la fécondation

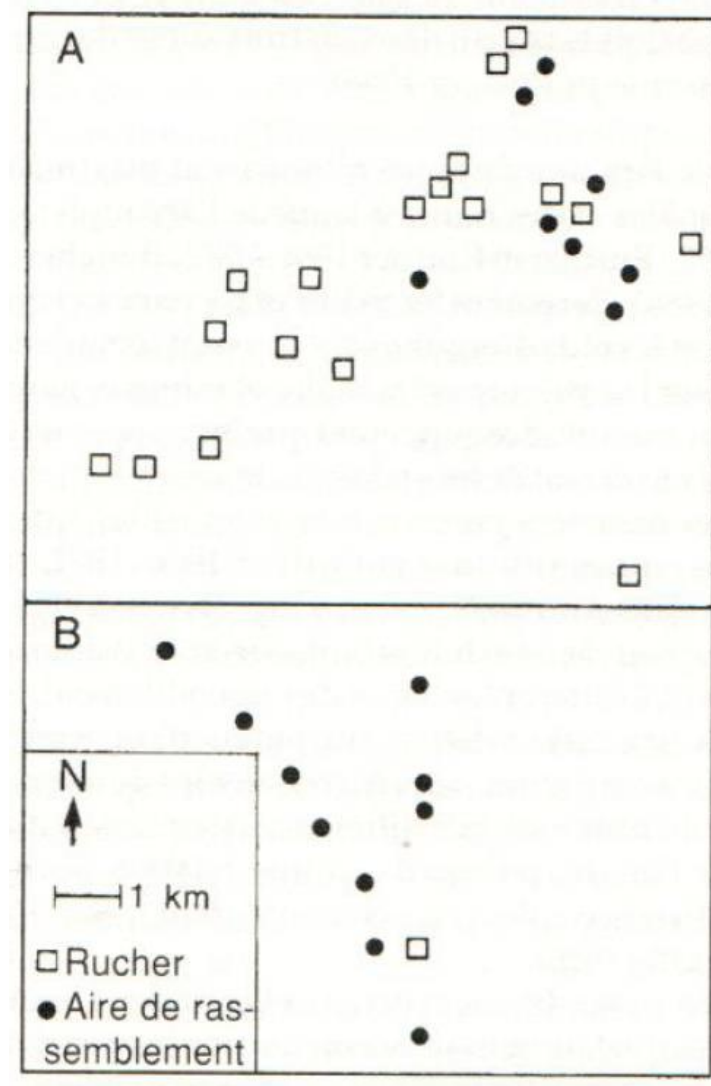
- ▶ Durée d'un vol de fécondation = 15-30 min
- ▶ Un vol de fécondation s'achève quand le mâle suivant n'arrive pas à retirer les traces d'accouplement du prédécesseur → accouplements en 1 seul ou en plusieurs vols

Herrmann (1969) :

- ▶ dès 12 heures après l'accouplement, la reine subit des modifications physiologiques et comportementales : reine déjà accouplée présente – d'attraction pour les drones
- ▶ 40h pour la migration du sperme

Congrégations

- Liées à caractéristiques paysagères
- Aires de congrégation identiques d'années en années
- Reine sans intérêt si en-dehors
- Les mâles se rendent dans les congrégations les plus proches de leur ruche
- Distance moyenne de vol des mâles = 900 m (Taylors, 1988)
- 97% des mâles dans les congrégations viennent de colonies à - 3000 m de la congrégation, 3% de colonies à + 3000 m et aucun mâle ne sont issus de ruchers à + 4000 m de la congrégation.



Vols

- ▶ Vols orientation : 1 – 6 min
- ▶ Vols de fécondation : $32,5 \pm 22,5$ min
- ▶ Masse du jabot à la sortie de la colonie = 17.7 ± 9.1 mg /
masse de 4.3 ± 6.3 mg au retour de la congrégation
- ▶ Plusieurs vols de fécondation/après-midi : le plus souvent 2 ou 3, jusqu'à 5
- ▶ Pas de vol non-stop; on retrouve des mâles posés



Les bonnes conditions météo



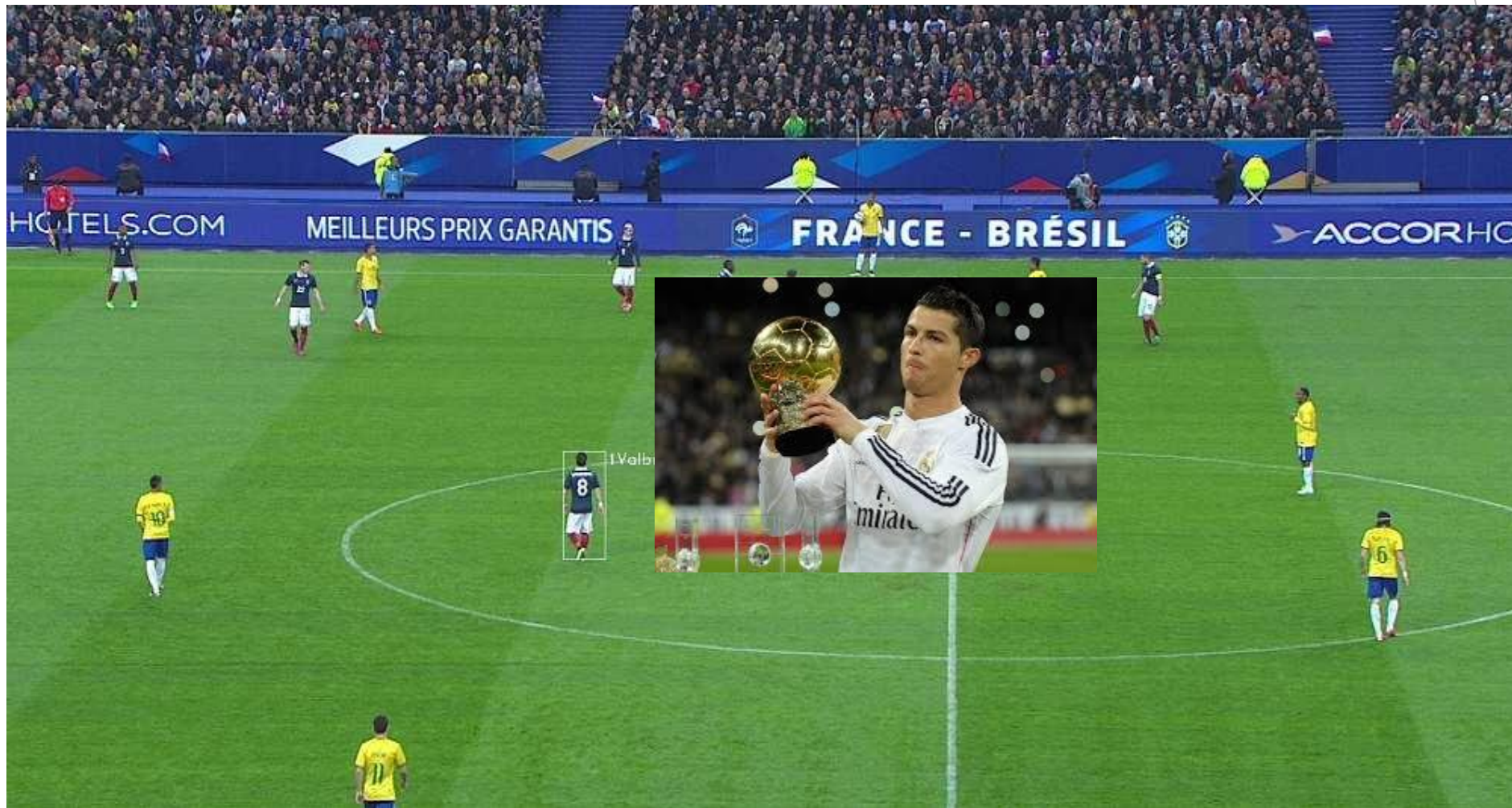
- Vent faible – 20 km/h
- Bonne luminosité
- $T^{\circ} > 18^{\circ}\text{C}$
- Vols fécondation : fin matinée à milieu après-midi/12-17h



Congrégations

- ▶ Voies de migration communes vers zones de congrégations
- ▶ Mâles y volent → manque d'énergie et retour à la ruche
- ▶ La zone de congrégation choisie n'est pas la plus proche du rucher
- ▶ 90% des mâles sont fidèles à la zone de congrégation

Beaucoup d'appelés, peu d'élus





Génocide
fin de saison
ou en cas de
famine

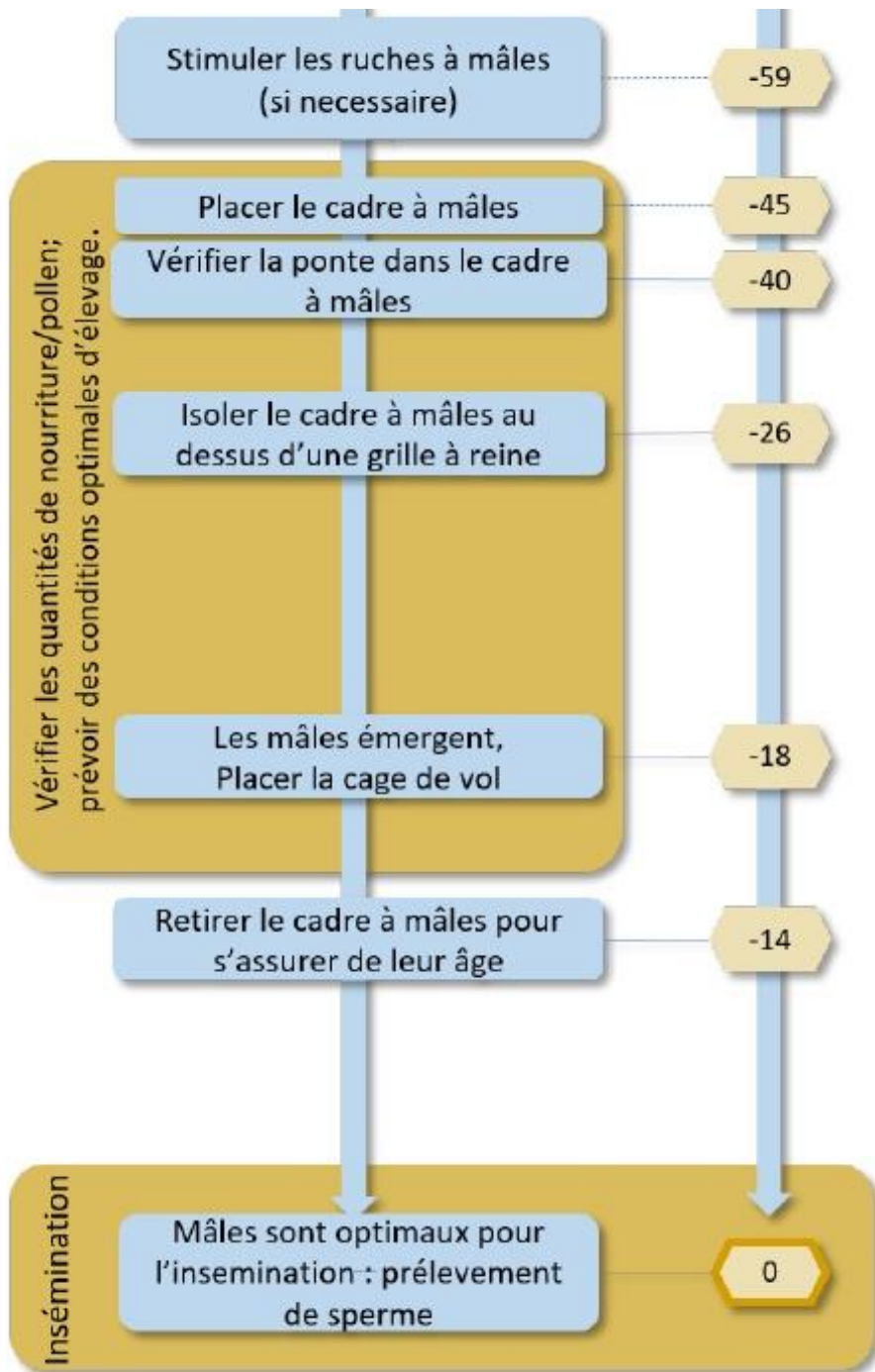
Plan de l'exposé

- ▶ Histoire
- ▶ Génétique
- ▶ Morphologie
- ▶ Cycle biologique
- ▶ **Elevage**
- ▶ Ruches bourdonneuses
- ▶ Influence du varroa sur les mâles
- ▶ Conclusion



Calendrier d'élevage

Mâles opérationnels pour les vols de fécondation



Diversité mâles en pratique

- ▶ Lors du picking des F1 pour créer des RAM
- ▶ Lors de la ponte de l'œuf non fécondé



Particularités de l'abeille



Chez mammifères ou oiseaux :

- ▶ jeux concurrence éliminatoire dans voies génitales
- ▶ très peu de mâles pour féconder beaucoup de femelles



Chez abeille :

- ▶ faux-bourçons = spermatozoïdes volants; élimination de la concurrence par le jeu du nombre
- ▶ 1000 mâles/reine vierge
- ▶ 10 à 25 mâles/reine fécondée

Conditions d'élevage

- ▶ Optimum = élevés à une t° constante de 33 à 35°C
- ▶ Petites variations de t° (pendant le développement ou après naissance) --> Qualité de reproduction compromise :
 - 31,1° --> maturation sexuelle compromise
 - 28,33° --> stérilité totale
 - Quelques min à 40°C --> 40% de mortalité des spermatozoïdes
 - Pic t° --> qualité des mâles nymphosés compromise

Alimentation

- ▶ Volume de sperme augmente avec l'âge des faux-bourçons
- ▶ Moment de l'élevage influence la production du sperme (= migration des testicules → vésicules séminales) ↔ pollen disponible
- ▶ Qualité nutritionnelle des pollens varie fortement :
 - pissenlit, tournesol → 13 % protéines
 - Maïs, trèfle → 20%
 - Colza, moutarde, fruitiers → 30%



Alimentation



- Privation pollen pendant la taille larvaire :
 - diminution taille et masse du mâle
 - faible volume de sperme et difficulté éjaculation
- Compléments de pollen + sirop :
 - plus grande taille
 - meilleure vitalité du sperme
 - augmentation du nombre de spermatozoïdes

Sélection



Sans contrôle : aucune idée de la qualité des reproducteurs

ici : Paul Jungels (Lux.) dans un de ses 27 ruchers



Hygiénisme



Par congélation d'un morceau de rayon



Mesure d'infestation varroas phorétiques

- +/- 300 abeilles (pesé pour nombre précis)
- Congeler
- Détergent + shaker 30' dans contenant à double fond avec filtre
- Comptage des varroas morts dans le fond... c'est tout !

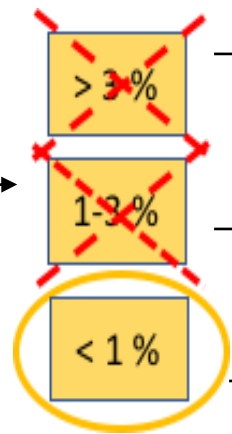


Les bons gènes de résistance à varroa

Colonie SDI (high)
(3 ou 4 allèles/4)

reine F1

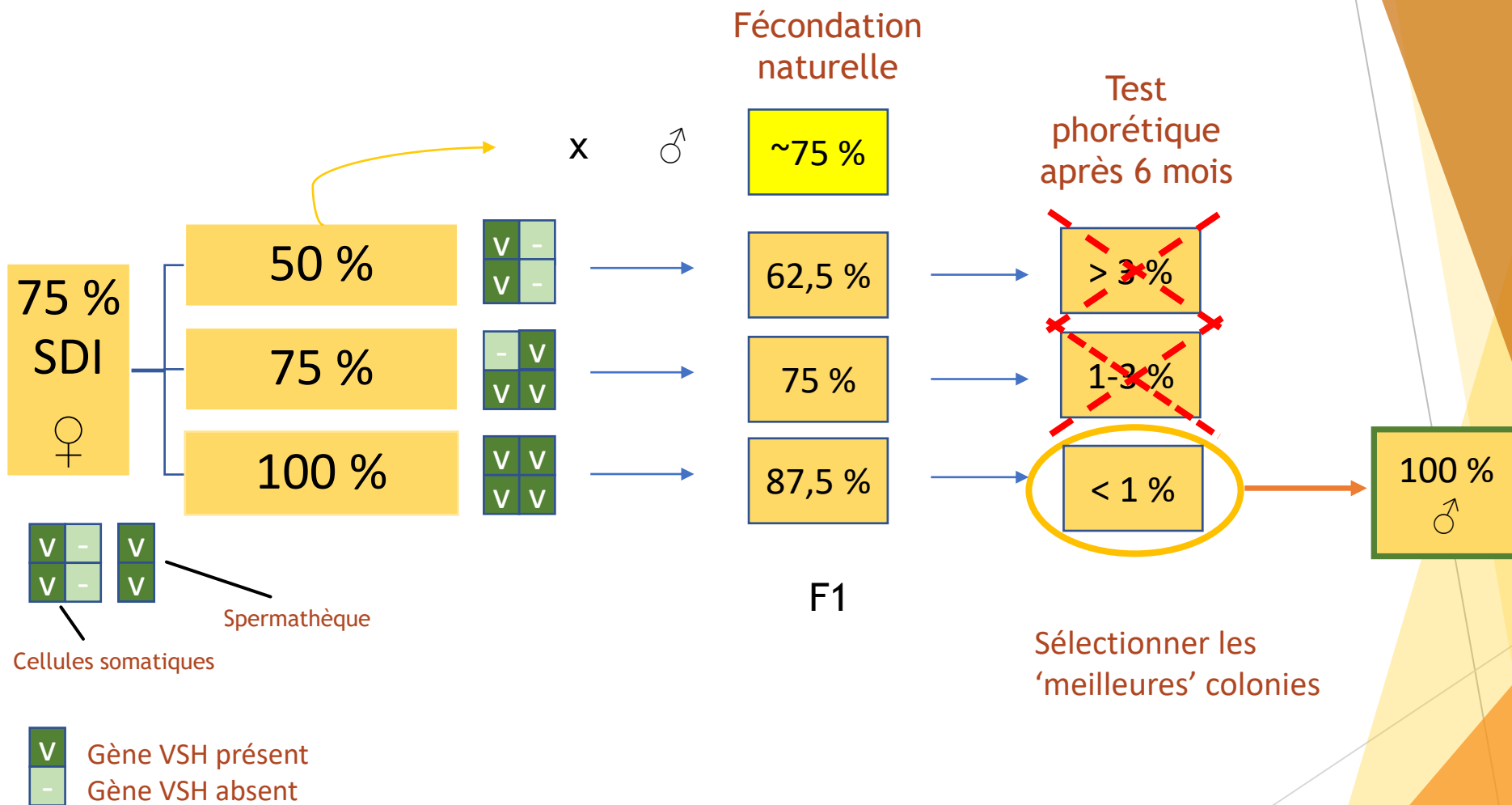
mâles



Phénotype 87-100% VSH
≈ ou ≠
génotype



Expérience Hawaiï



Sélectionner des bons mâles



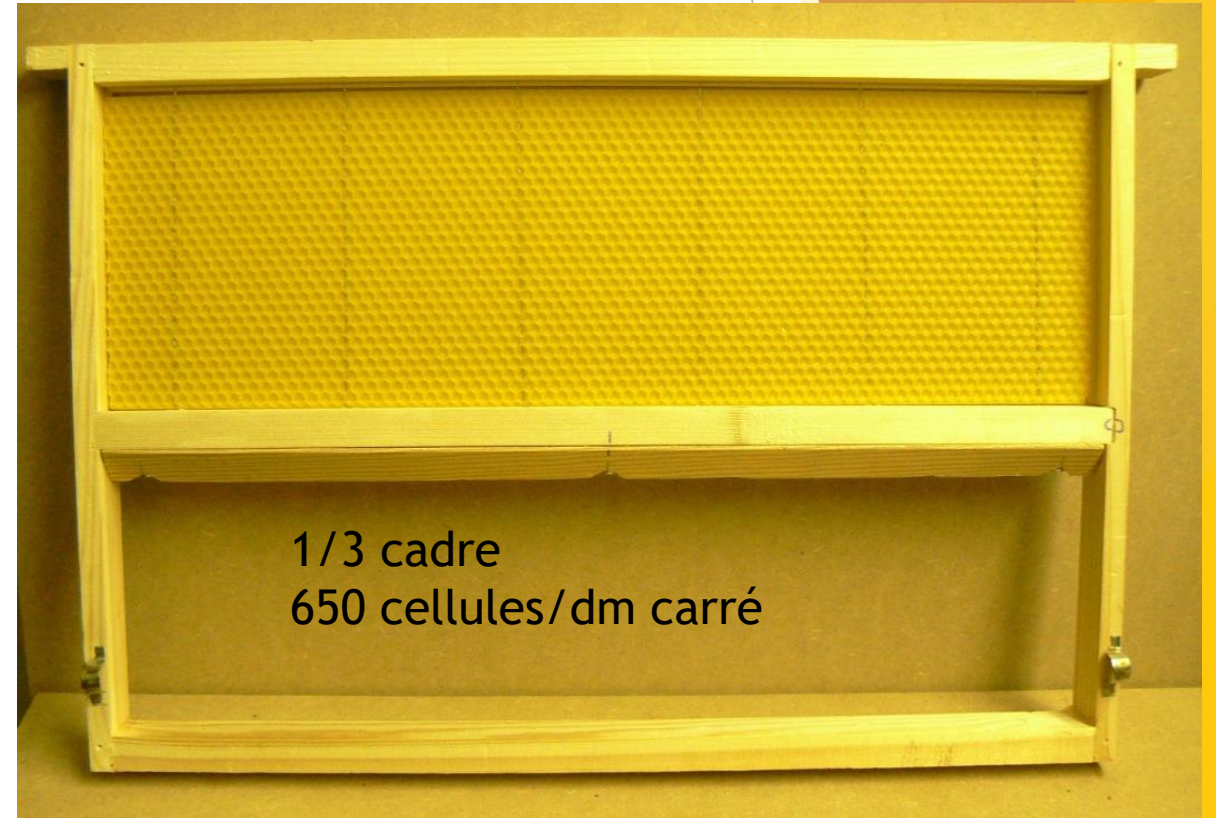
- ▶ **Année 0** : naissance de la reine, *lent démarrage de la ponte*, mise en production avant ou après l'hiver (mieux avant en vue de récolte printanière)
- ▶ **Année 1** : production et *évaluation* des qualités
- ▶ **Année 2 et 3** : utilisation en ruche à mâles

Conduite d'une ruche à mâles

- 1 cadre à mâles = 2000 mâles
- 1 reines : 20 mâles pour fécondation

Donc en théorie : 1 cadre à mâles
→ 100 reines

Conditions optimales : nourrir +
ruches renforcées en couvain
naissant ouvrières
Ruche traitée contre varroa





Cadre à mâles operculé

Conduite d'une ruche à mâles

- ▶ Hausse de plancher
- ▶ Cage de vol
- ▶ Stimuler



Conduite d'une ruche à mâles

- station de fécondation
(5 RAM/100 ruchettes)
- Insémination artificielle
- mâles de plusieurs reines sœurs
--> diversité d'allèles sexuels



Des mâles plus tôt et plus tard en saison ?

➤ + tôt :

Hiverner la colonie avec le cadre à mâles

Le placer au centre du nid à couvain lors de la visite de printemps

Stimuler + pollen

➤ + tard :

Simuler une miellée : nourrissage 50/50 (100 ml/jour)

Orpheliner + introduire régulièrement du couvain ouvert pour éviter que la colonie ne devienne bourdonneuse

Ou reine vierge encagée

Eviter les mâles pour la station de fécondation

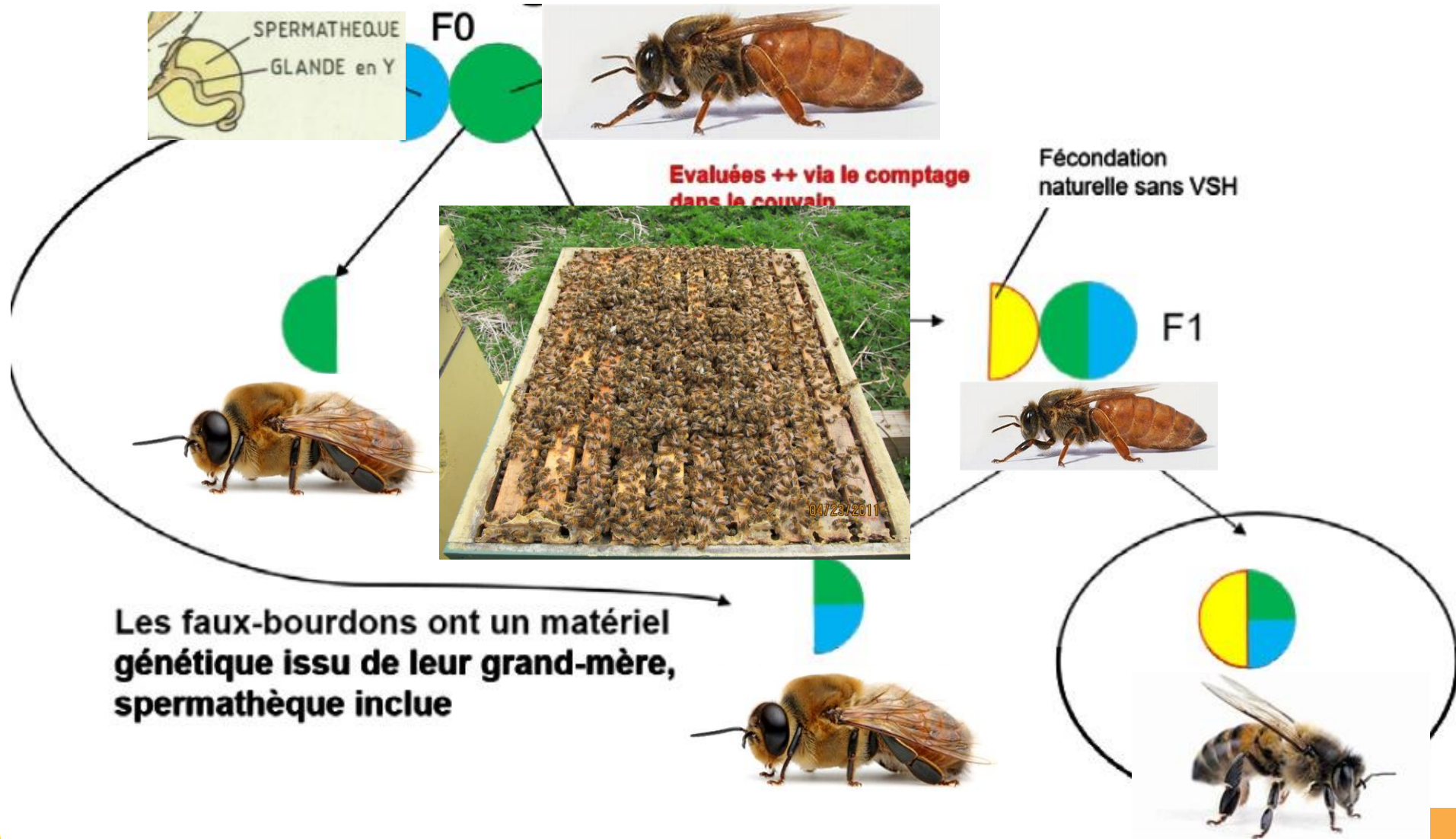
- ▶ Trieuse à mâles/boîte Pfefferle



- ▶ Grille à mâles



Comment utiliser la génétique paternelle ?



Plan de l'exposé

- ▶ Histoire
- ▶ Génétique
- ▶ Morphologie
- ▶ Cycle biologique
- ▶ Elevage
- ▶ **Ruches bourdonneuses**
- ▶ Influence du varroa sur les mâles
- ▶ Conclusion

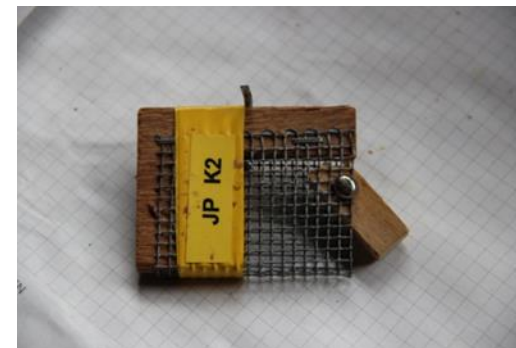
Ruche bourdonneuse

- ▶ Une reine vierge non rentrée de son vol de fécondation
 - absence de phéromone royale
 - ouvrières pondeuses : la ruche tente de sauver sa génétique
- ▶ 6000 faux-bourçons supplémentaires (plus petits)
- ▶ Plusieurs œufs par cellule/ponte irrégulière



Sauver une ruche bourdonneuse

- ▶ Introduire une cellule royale prête à naître
- ▶ Introduire une reine de 2 ans



Plan de l'exposé

- ▶ Histoire
- ▶ Génétique
- ▶ Morphologie
- ▶ Cycle biologique
- ▶ Elevage
- ▶ Ruches bourdonneuses
- ▶ **Influence du varroa sur les mâles**
- ▶ Conclusion

Influence des varroas sur les mâles

- ▶ Couvain de mâles 8x plus attractif
- ▶ Taille plus petite
- ▶ Faible capacité de vol
- ▶ Masse inférieure
- ▶ Génome viral dans le sperme (5 virus différents) --> reine et colonie



Influence des varroas sur les mâles

	Production de spermatozoïdes	Performance au vol moyenne/max.
1. Mâles non parasités	7 450 000 moyenne	6'48" / 27'27"
2. Mâles parasités une fois	4 200 000 moyenne / -44%	6'55" / 22'15"
3. Mâles parasités deux fois	3 550 000 moyenne / -53%	2'16" / 6'01"

Autres influences négatives

- ▶ Pesticides
(néonicotinoïdes)
Effets avec quantités
infinitésimales dans la cire, le miel
ou le pollen



- ▶ Acaricides

▶ ...



- Mauvaise
qualité des
spermatozoïdes
- Nombre de
spermatozoïdes
inférieur

Autres influences négatives

- ▶ Fipronil ↔ augmentation des spores de *Nosema ceranae* + gravité infection



Âge



- ▶ Volume
 - ▶ Mobilité
 - ▶ Vitalité
- } sperme

- ▶ Mâle de > 21 jours

--> viscosité trop élevée du sperme --> expulsion difficile des oviductes par la reine

- ▶ Mâles > 20 jours

--> Diminution de 80% de la motilité des spermatozoïdes

} Perte longévité des reines

Plan de l'exposé

- ▶ Histoire
- ▶ Génétique
- ▶ Morphologie
- ▶ Cycle biologique
- ▶ Elevage
- ▶ Ruches bourdonneuses
- ▶ Influence du varroa sur les mâles
- ▶ **Conclusion**

Conclusion

- ▶ Infidèles voyageurs
- ▶ Sélectionner les meilleures RAM
- ▶ Influence météo → stimuler
- ▶ Saturer son environnement

Merci pour votre attention



Bibliographie

- ▶ L'étonnante abeille. Jürgen Tautz, de boeck. 2009
- ▶ Queen breeding and genetics. How to get better bees. Eigil Holm, Northern Bee Books. 2010
- ▶ L'élevage des mâles pour l'insémination. Sacha d'Hoop de Syngem, Arista Bee Research. 2020
- ▶ L'élevage de faux-bourçons. William Seyfarth
- ▶ Dynamique de la population des mâles dans une colonie. Agnès Fayet, Abeilles & Cie n°199 p. 31 - 36. novembre – décembre. 2020
- ▶ L'autre moitié du ciel. Spermatozoïdes ailés ... sous-estimés ... incompris Giacomo Acerbi (traduit par Etienne Bruneau), Abeilles & Cie n°199. novembre – décembre. 2020
- ▶ <https://apihappy.fr/42-les-congregations-de-males-chez-l-abeille>

Faux bourdons

- ▶ mûture → de 1.50 à 1.75 μL de sperme = +/- 11 millions de spermatozoïdes
- ▶ Longévité : 20 à 40 jours
- ▶ Maturation après naissance : 9 à 12 jours minimum
- ▶ Sperme de qualité optimale pour l'insémination : 10 à 21 jours
- ▶ Efficacité de la migration des spermatozoïdes = dépendante de la quantité de sperme

- ▶ Génétique paternelle
- ▶ Saturation environnement
- ▶ Sélection