

L'abeille face aux maladies:

Moyens de défense individuels et sociaux

CARI, 24 octobre 2010

Plan de l'exposé

- Les moyens de défense individuels
 - chez l'homme – notion d'immunité
 - chez l'insecte
 - particularités chez l'insecte/l'abeille
- Les moyens de défense sociaux
 - la colonie, un superorganisme...
 - ... qui résiste aux maladies
 - en prévenant les contaminations...
 - et en luttant contre l'infection et les parasites



Défenses individuelles chez l'homme (1)

1. Des barrières...

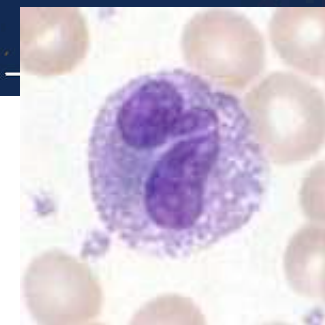
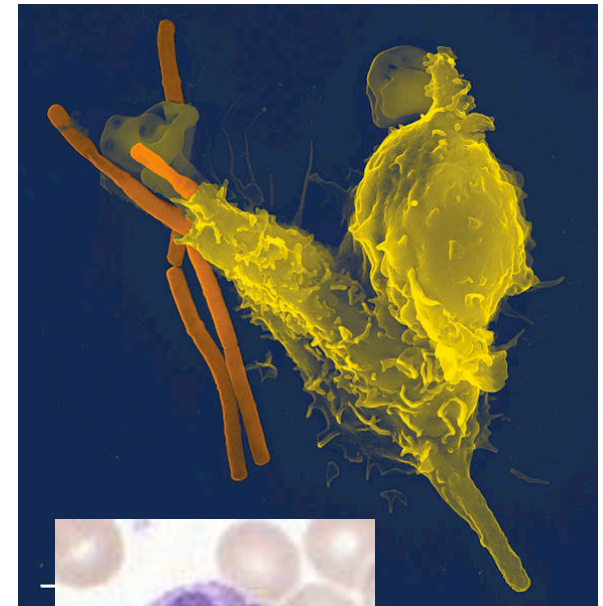
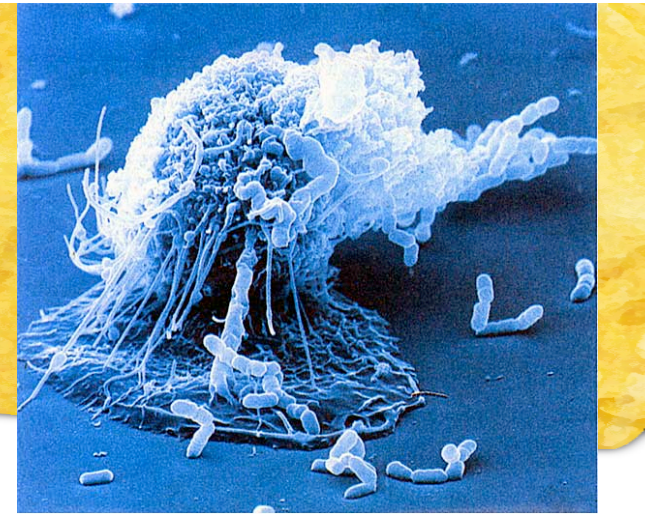
- peau, cils, larmes, mucus...

2. Des cellules sanguines = globules blancs

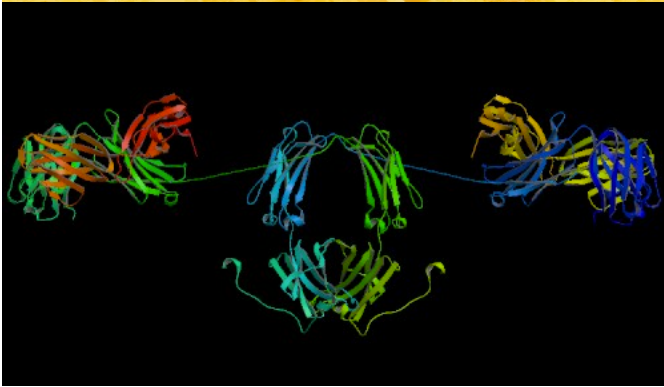
- présents dans le sang et dans tous les tissus
- reconnaissent les cellules étrangères et les détruisent
 - en les phagocytant
 - en produisant des substances qui les détruisent

3. Des protéines sanguines

- sécrétées par le foie ou par des globules blancs
- détruisent les cellules étrangères
- activent le système de défense

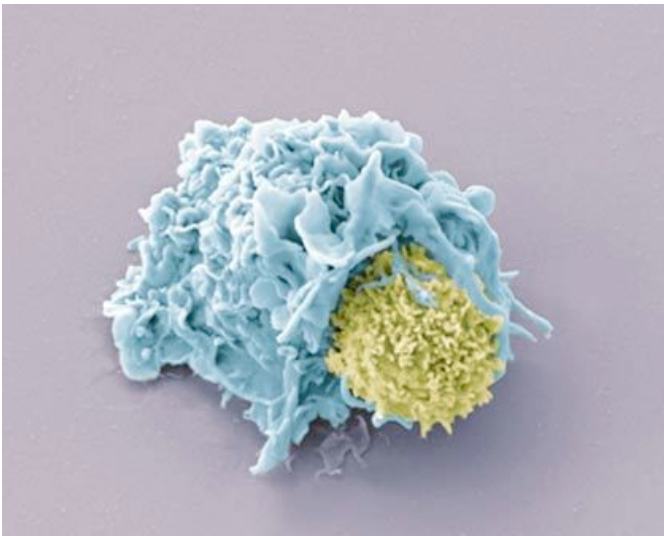


Défenses individuelles chez l'homme (3)



Immunoglobuline

source: <http://fr.academic.ru/dic.nsf/frwiki/1583234>



lymphocyte T

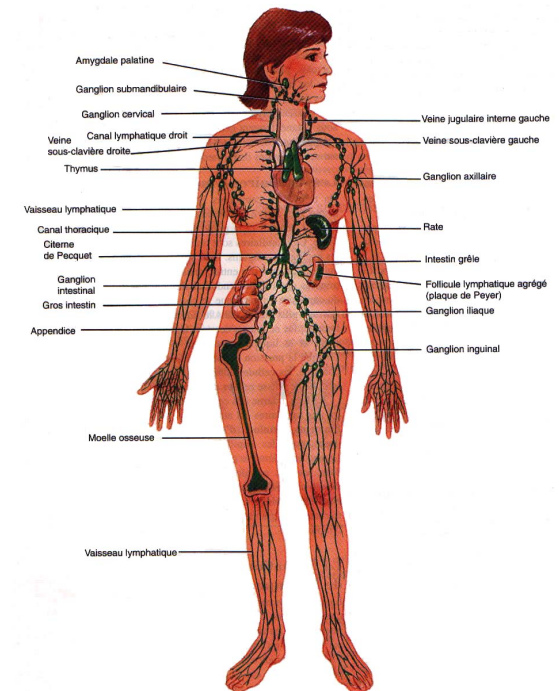
source: Futurascience

- **Mécanismes non-spécifiques**
 - cellules ou substances actives contre toutes les cellules étrangères
- **Mécanismes spécifiques**
 - reconnaissance des protéines des germes étrangers = antigènes
 - réaction de certains globules blancs
 - plasmocytes = production de protéines spécifiques au germe et qui le tuent = anticorps = γ -globulines = immunoglobulines
 - lymphocytes T = tuent les cellules portant les antigènes
 - réaction primaire facilite la réaction secondaire => mémoire = IMMUNITE => principe du vaccin

Défenses individuelles chez l'homme (2)



- **Systeme complexe...**
 - dont les éléments interagissent entre eux, avec mécanismes de contrôle, de feed-back...
 - qui s'auto-active et s'auto-régule
 - qui fonctionne au niveau local (inflammation) ou général (fièvre)
 - qui consomme de l'énergie
 - qui s'affaiblit dans le grand âge (moins de réaction aux vaccins, augmentation de probabilité des maladies)
 - importance du système lymphatique!



Vue antérieure des principaux composants du système lymphatique

Défenses individuelles chez l'insecte (1)

- Barrières milieu intérieur/milieu extérieur
 - sécrétions
 - effets physique
 - protéines de défense (défensine): glandes hypopharyngiennes, mandibulaires, salivaires thoraciques)
 - exosquelette – moindre protection que chez d'autres insectes!

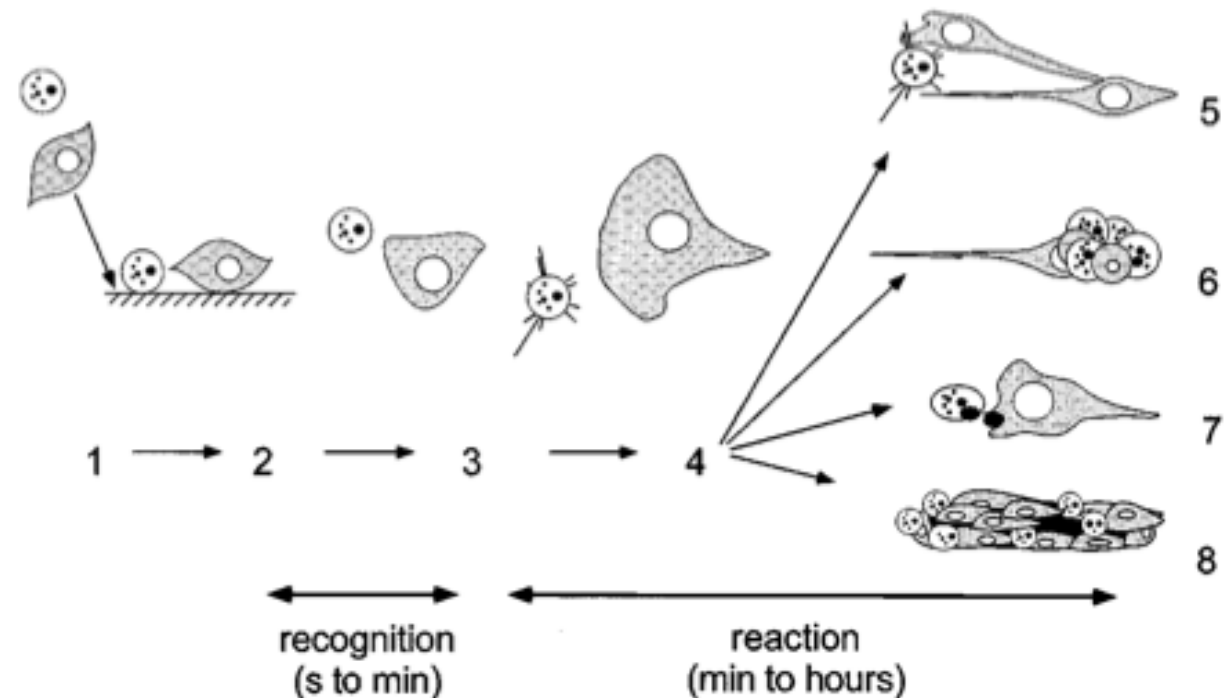


Défenses individuelles chez l'insecte (2)

- **Cellules sanguines (hémocytes)**
 - phagocytent les cellules étrangères
 - isolent les parasites multicellulaires (capsules, nodules)

Au contact du parasite/
germe pathogène, les
hémocytes se développent,
forment des réseaux (5),
s'agrègent (6), phagocytent
(7) ou encapsulent (8)
l'organisme étranger.

Source: Gillepsie 1997,
*Biological mediators of
insect immunity.*



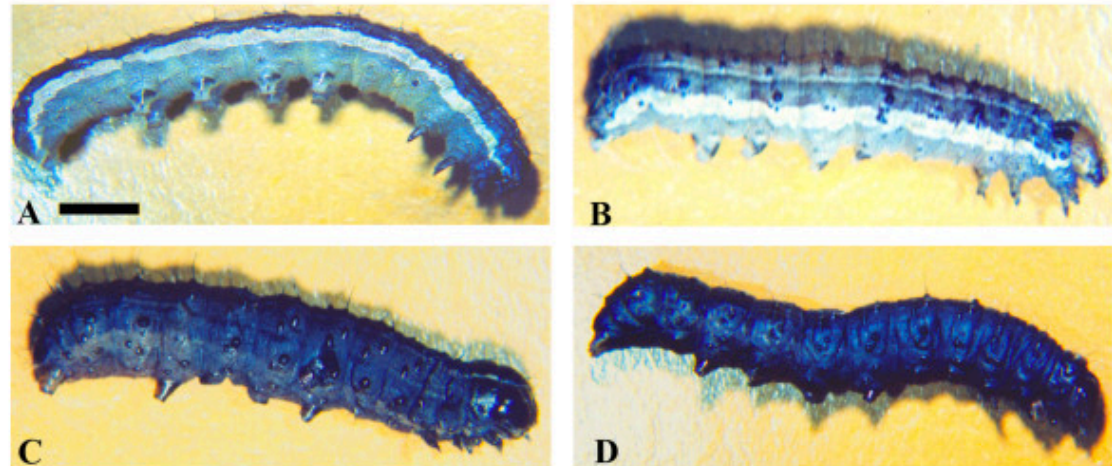
Défenses individuelles (3): protéines sanguines

- protéines anti-fongiques et anti-bactériennes
 - défensine, apidaecine, abaecine (recherche médicale)
- phénoloxydase => catalyse la formation de mélanine
 - noircissement de la capsule/ du nodule
 - noircissement de toute la cuticule



Mélanisation locale suite à une blessure chez la larve de Drosophile
source:

<http://www.umbi.umd.edu/~wul/>



Structural analysis of the cuticle of larvae of *S. frugiperda* observed in a stereomicroscope. Uninfected larvae (A) and infected with type virus AcMNPV (120 h.p.i.) (B), recombinant vSynScathL (96 h.p.i.) (C), vSynKerat (96 h.p.i.) (D). Note melanization of cuticle in the larvae infected with vSynScathL and vSynKerat. Bar = 0.38 cm.

Gramkow et al. *Virology Journal* 2010 **7**:143 doi:10.1186/1743-422X-7-143

Mélanisation...

■ Mélanisation pré - ...

... ou post-infection



Deux formes de la chenille du
coton

Source: [http://
www.zoo.cam.ac.uk/zoostaff/
bbe/Cotter/Sheena1.htm](http://www.zoo.cam.ac.uk/zoostaff/bbe/Cotter/Sheena1.htm)

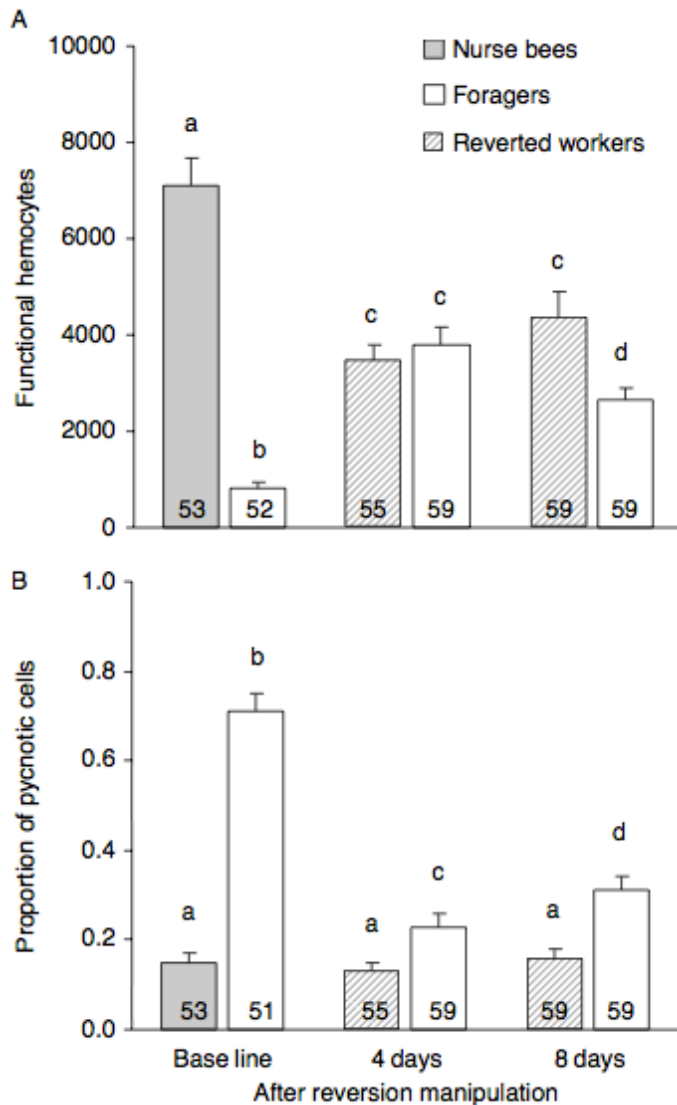
Défenses individuelles chez l'abeille (4)



- **Systeme complexe...**
 - dont les éléments interagissent entre eux
 - qui s'auto-active et s'auto-régule
 - qui fonctionne au niveau local (encapsulation, nodulation) ou général
 - qui consomme de l'énergie: fabrication des hémocytes, des protéines sanguines => importance du pollen!
 - qui évolue avec l'âge de l'abeille/sa place dans l'organisation sociale.

Particularités de l'abeille (1)

source: Amdam 2005



1. Evolution du système avec l'âge/les tâches de l'abeille

- chute drastique du nombre d'hémocytes (« apoptose ») / du volume sanguin
 - => diminution de la capacité de nodulation/encapsulation
 - => diminution de la capacité immunitaire générale
- maintien de la phénoloxydase (augmentation continue chez la reine)
- réversibilité de l'évolution si retour butineuse => nourrice par exemple

Sources: Amdam 2005, Schmidt 2008.



Particularités de l'abeille (2)

2. Pas d'immunité acquise!

- pas de mécanisme antigènes-anticorps
- => pas de « mémoire » du système
- pas de vaccins chez l'abeille
- **Pourquoi ces particularités?**
 - réponse des scientifiques = allocation des ressources:
 - butineuse « condamnée » : abeille « jetable »
 - but = survie de la colonie
 - ... mais effondrement des hémocytes chez la reine aussi...?



Maladie et superorganisme

- Abeille « jetable »
- => santé de l'abeille = santé de la colonie !
- => importance de l'immunité « sociale »
- = comportements
 - génétiquement programmés
 - affinés par l'apprentissage
 - ✓ préventifs et curatifs

Niveaux des défenses dans la ruche:

a – défenses individuelles

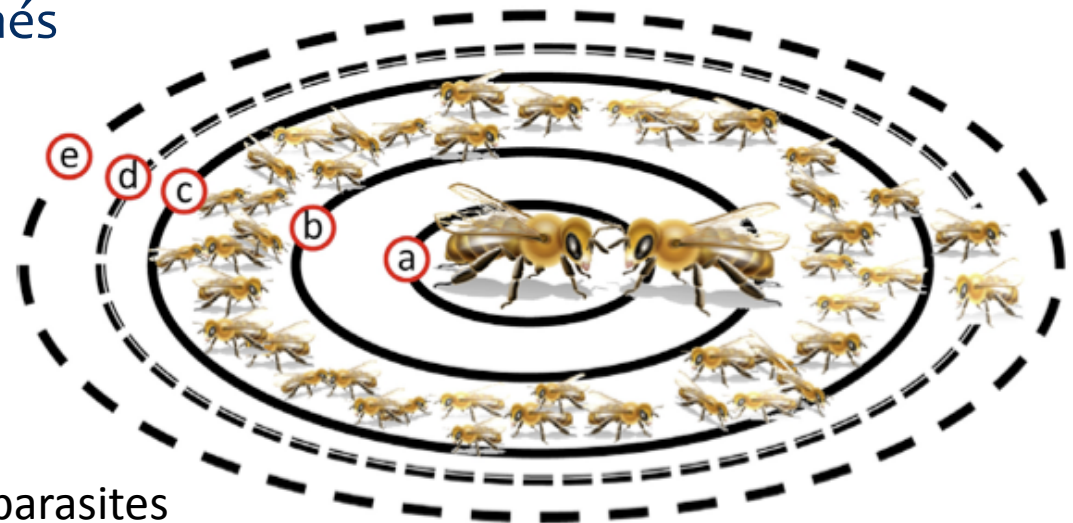
b – interactions avec une congénère

c – niveau de la colonie (nid, tâches...)

d – prévention de l'entrée de germes/parasites

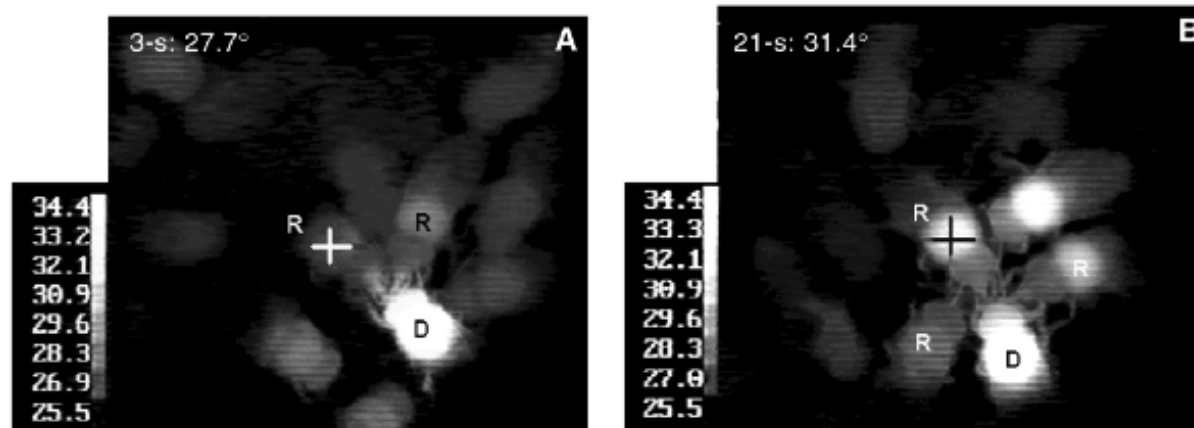
e – moyens de lutte prélevés dans l'environnement

Source: Evans 2009



Contacts entre individus

- Interactions:
 - nettoyage entre congénères
 - trophallaxies = partage
 - de nourriture
 - de température
 - intensification si défenses immunitaires activées (Richard 2008)
 - plus de touchers antennaires, d'allo-nettoyage
 - modification de la composition de la cuticule => de l'odeur de la congénère
 - parfois agressivité ou rupture des contacts avec le congénère malade



source:
Farina 2001

Fig. 1. Thermograms showing the surface temperatures of a food-donor forager (D) and receiver hive-mates (R) at two different times during one bout of trophallaxis. The cross at the centre of each picture is used to measure the instantaneous thoracic surface temperature of the same receiver bee: 27.7°C in A 3 s after the beginning of the contact, and 31.4°C in B after 21 s. The donor bee had returned from a feeder offering a 50% w/w sucrose solution at a flow of $8.2 \mu\text{l min}^{-1}$ located 180 m from the hive.

Photo E. Tourneret,
le peuple des abeilles

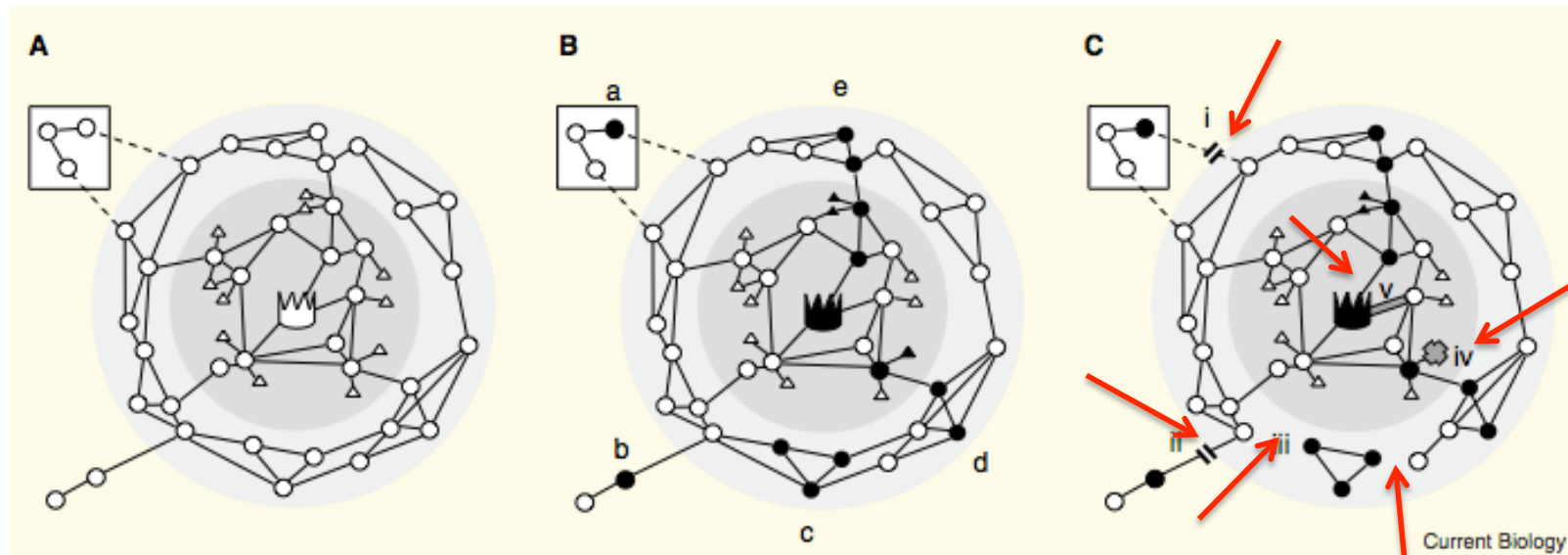


Aménagement du nid

- Importance de la propolis
 - moindre activation des défenses individuelles
 - => épargne des ressources
- Modes de conservation des réserves
 - miel :
 - action de la glucose-oxydase: H_2O_2
 - propriétés antibactériennes: Cc en sucres réducteurs
 - pollen: fermentation lactique, cfr choucroute, yaourt...
 - bactéries lactiques présentes dans l'intestin de l'abeille

Organisation du nid

- Nid organisé: couvain/pollen/miel
 - les plus fragiles/importants au centre, les plus exposés aux bords ou à l'extérieur du nid
 - auto-organisation et non plan!

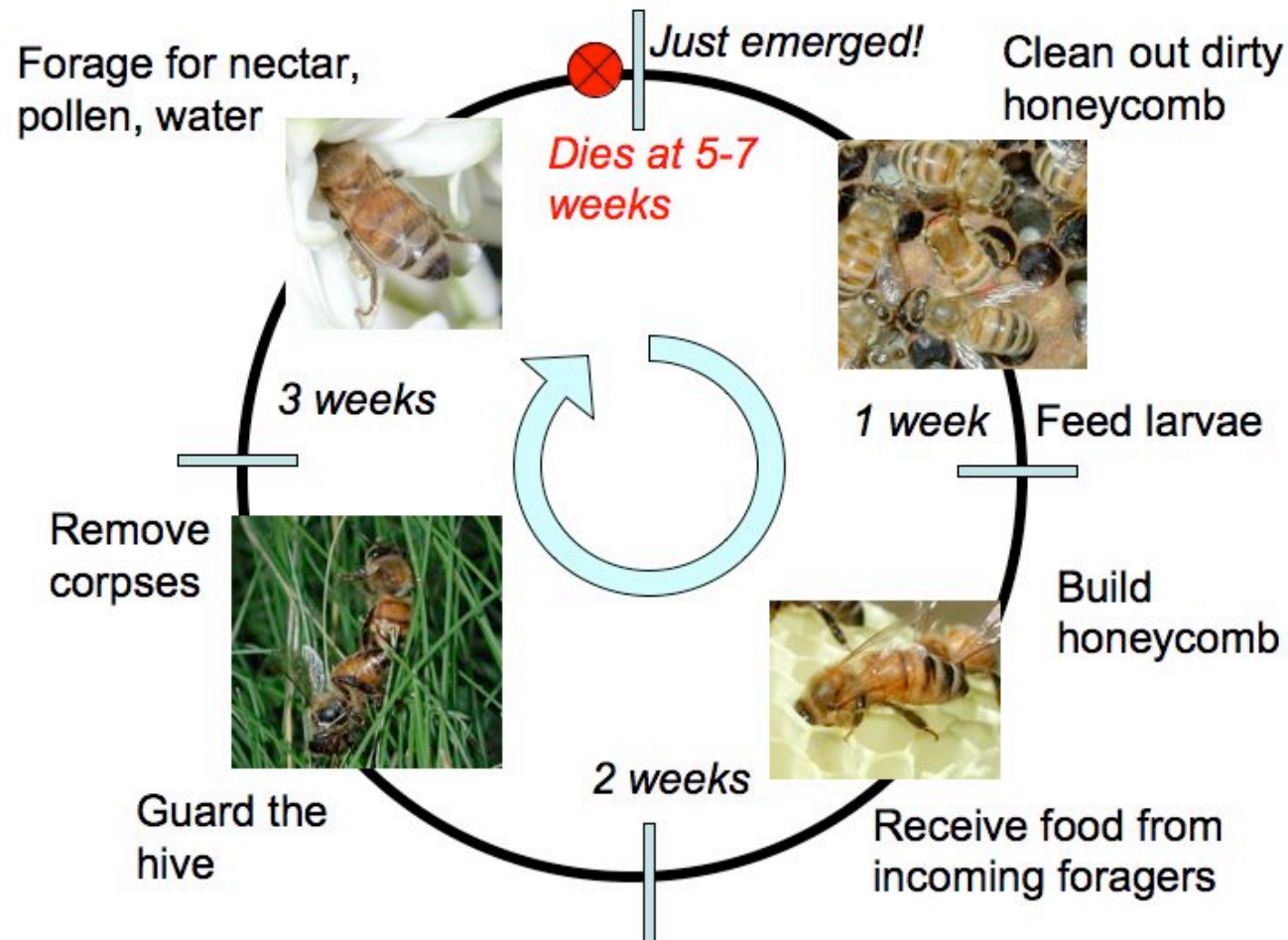


source: Cremer 2007

CARI, 24 octobre 2010

Polyéthisme

- Succession des tâches: du centre => les bords



photos Z. Huang
source:
<http://beepotter.mste.illinois.edu/topics/social/>

Polyéthisme (2)

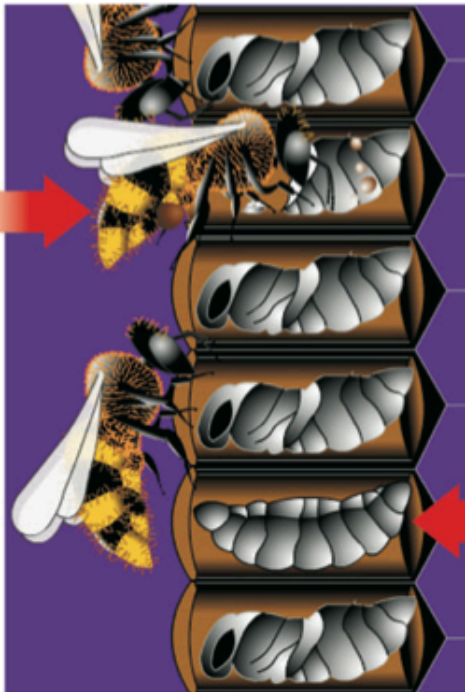


- **Division fine!**
 - ex.: « croque-mortes »
 - se tiennent davantage au bord des cadres
 - plus susceptibles d'évacuer d'autres déchets (éboueuses)
 - gardiennes/croque-mortes deviennent plus vite butineuses que les magasinieres
- **Division selon les lignées maternelles/paternelles**
 - préférence innée = **sensibilité au stimulus**
 - préférence acquise = abaissement du stimulus par l'exécution/ la répétition de la tâche et vice-versa = renforcement
 - apprentissage => habileté acquise => optimisation de l'allocation des ressources.

Seuil déclencheur: comportement hygiénique

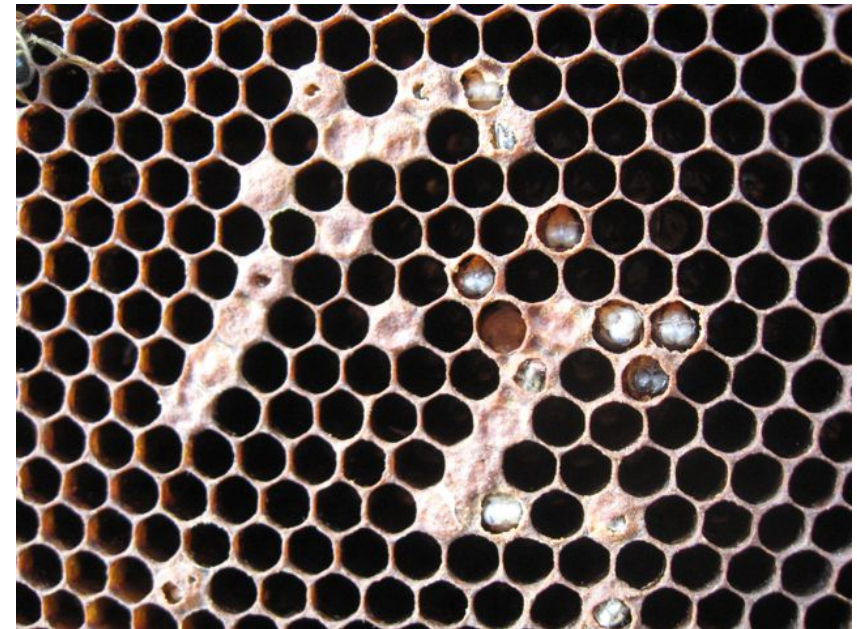
- lignées hygiéniques = meilleure performance dans l'enlèvement des larves infectées
- 2 tâches: percer les cellules infectées – achever la désoperculation et enlever la larve
- comportement de prévention/curation de nombreuses maladies (varroose, couvain plâtré...)

Detection and removal
of mite-infested brood,
usually **after** mite has
started laying eggs



source:
Wilson-Rich
2009

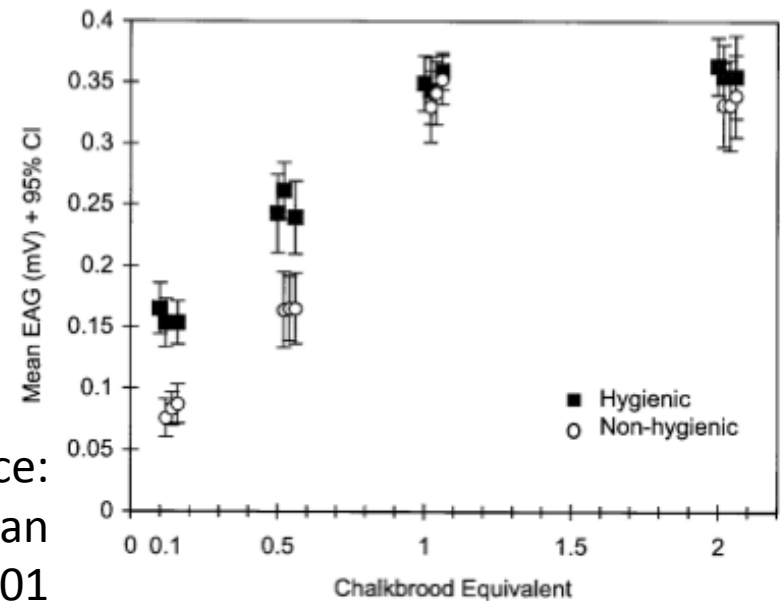
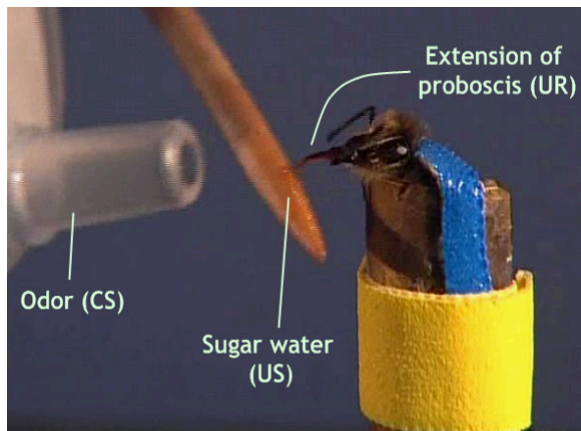
Detection and removal
of diseased brood
before disease forms
infectious spores



2010

Seuil déclencheur: comportement hygiénique

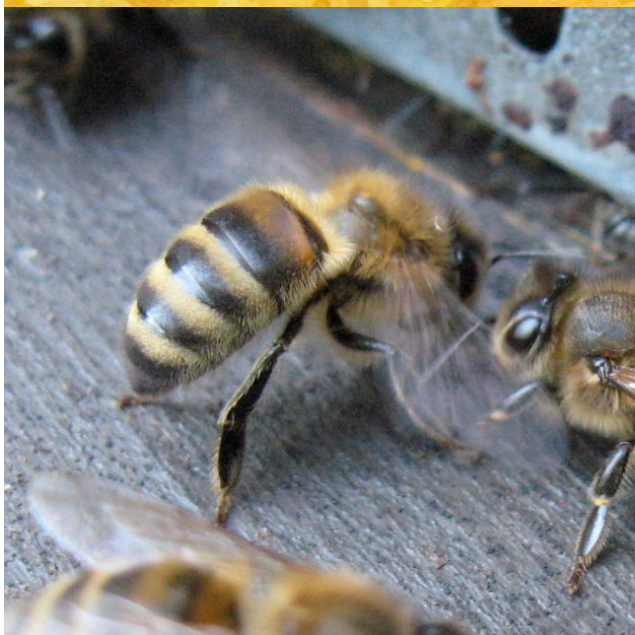
- Lignées hygiéniques : origine = seuil olfactif
 - vérifié par le test du PER: abeilles hygiéniques discriminent les odeurs à un niveau plus bas



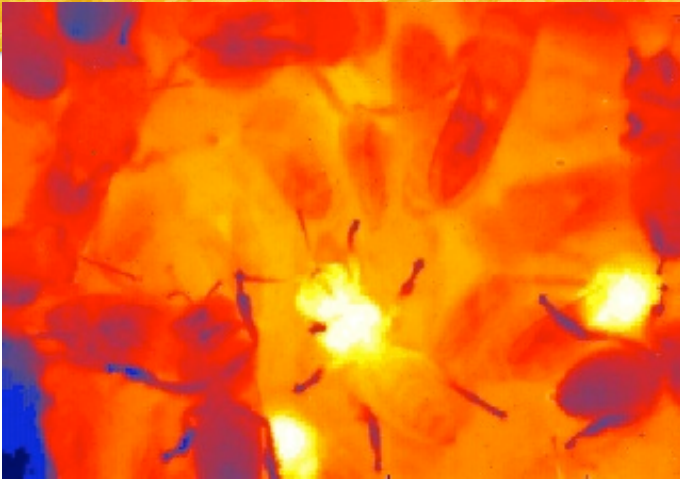
source:
Masterman
2001

Fig. 5 The mean electroantennogram (EAG) response ($n = 25$ bees per colony) and 95% confidence intervals for the three hygienic and three non-hygienic colonies. Bees selected for hygienic behavior exhibited significantly increased sensitivity to chalkbrood odor at the 0.1 and 0.5 chalkbrood equivalents (CBE). No significant differences were observed at the two higher concentrations of chalkbrood equivalents

Ventilation... pourquoi celle-là?



Thermorégulation colonie avec couvain

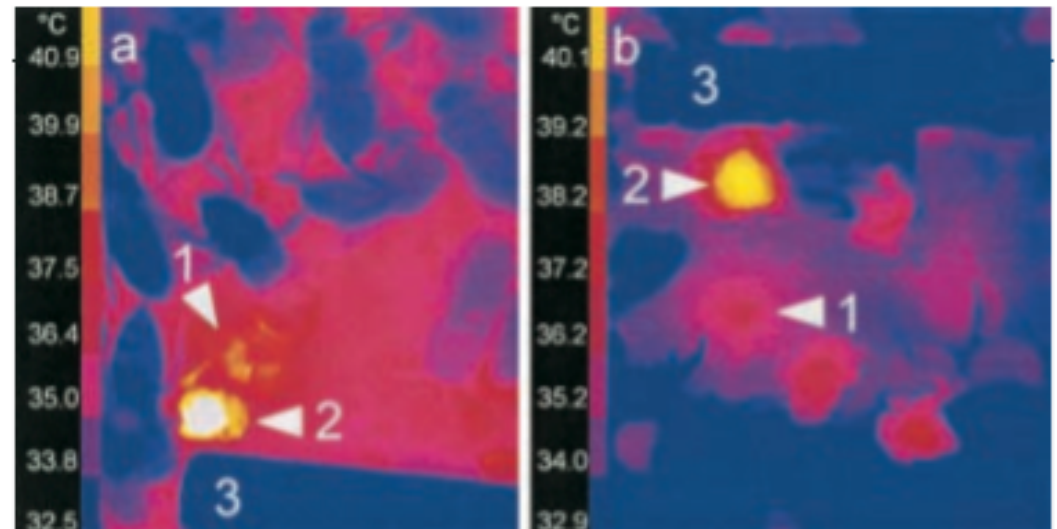


source: J. Tautz



source J.Tautz *in* Bienenzucht

- Chauffage du thorax (muscles alaires)
 - sur le couvain fermé
 - pressent le thorax sur l'opercule d'une cellule => « hot spot »



1: « hot spot », 2: abeille chauffeuse

Source: Bujoc B et al, 2002

Thermorégulation colonie avec couvain (2)

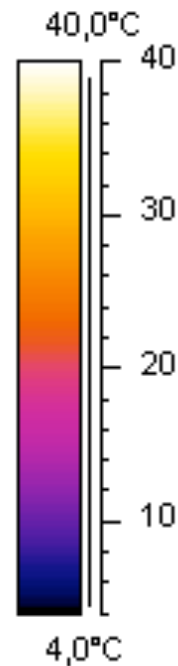
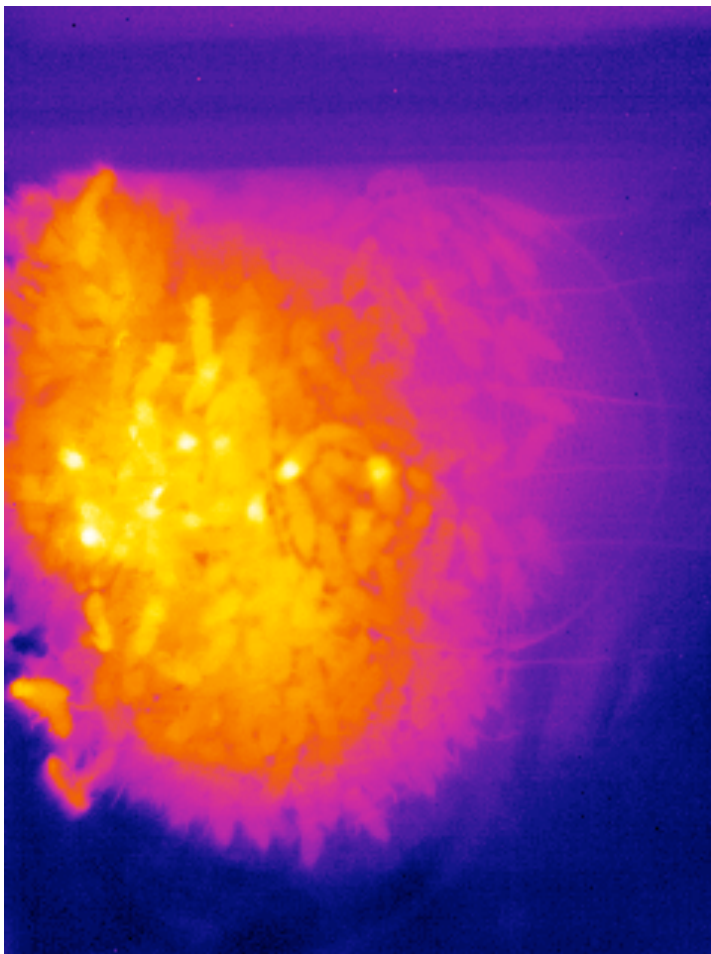
- But: température 33°C – 36°C
- Sinon:
 - diminution des performances des abeilles adultes (32°C vs 36°C):
 - danse, apprentissage
 - ↘ durée de vie: disparition lors du butinage
 - 32°C pendant 2 heures: déclencheur de l'ascosphérose (in Wilson-Rich 2009)



Thermorégulation la grappe



source: A. Stabentheiner



- **Formation**
 - dès que $t^{\circ} < 15^{\circ}\text{C}$
 - en l'absence de couvain
- **Pourquoi chauffer la grappe?**
 - But = éviter le collapsus
 - se produit à 7°C
 - l'abeille décroche et meurt
 - Centre chauffant + manteau isolant
 - t° interne ajustée sur les abeilles extérieures.

Thermorégulation (3)

- Régulation optimisée par le nombre et la variété
 - variété des classes d'âge
 - variété des lignées paternelles = large gamme de sensibilités aux stimuli => meilleure régulation
- diversité génétique = atout!

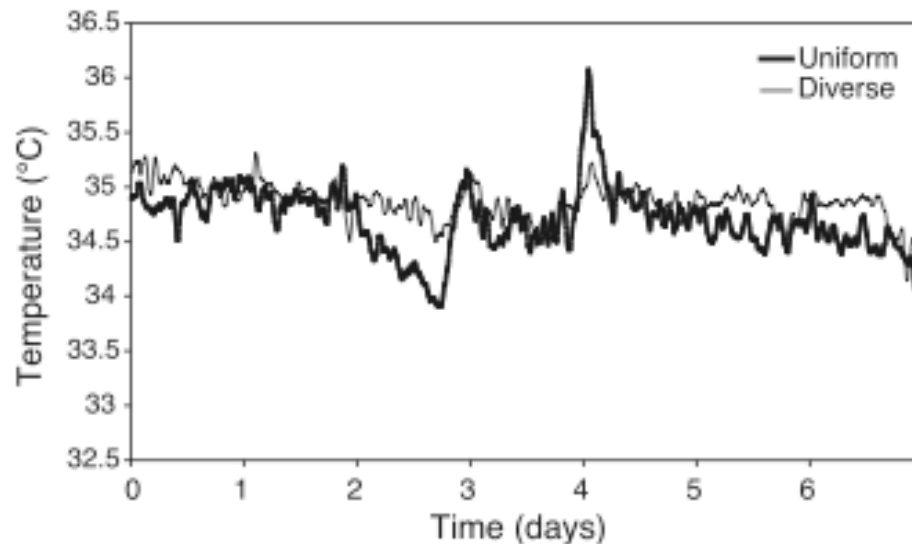


Fig. 1. Temperature variation in genetically diverse and uniform honey bee colonies. This graph shows the average hourly temperature for one representative pair of colonies in the first experimental week. Other colony pairs can be seen in Fig. S1.

source: Jones JC et al 2004

- Importance de la sensibilité antennaire
 - perception de la température => initiation chauffe, ventilation...

Fièvres (1)...

- « Fièvre »
générale du nid
à couvain
 - exemple:
ascosphérose

source: Starks 2000

Les 3 colonies testées ont reçu
du sirop contenant 1% de
spores issues de momies de
couvain plâtre

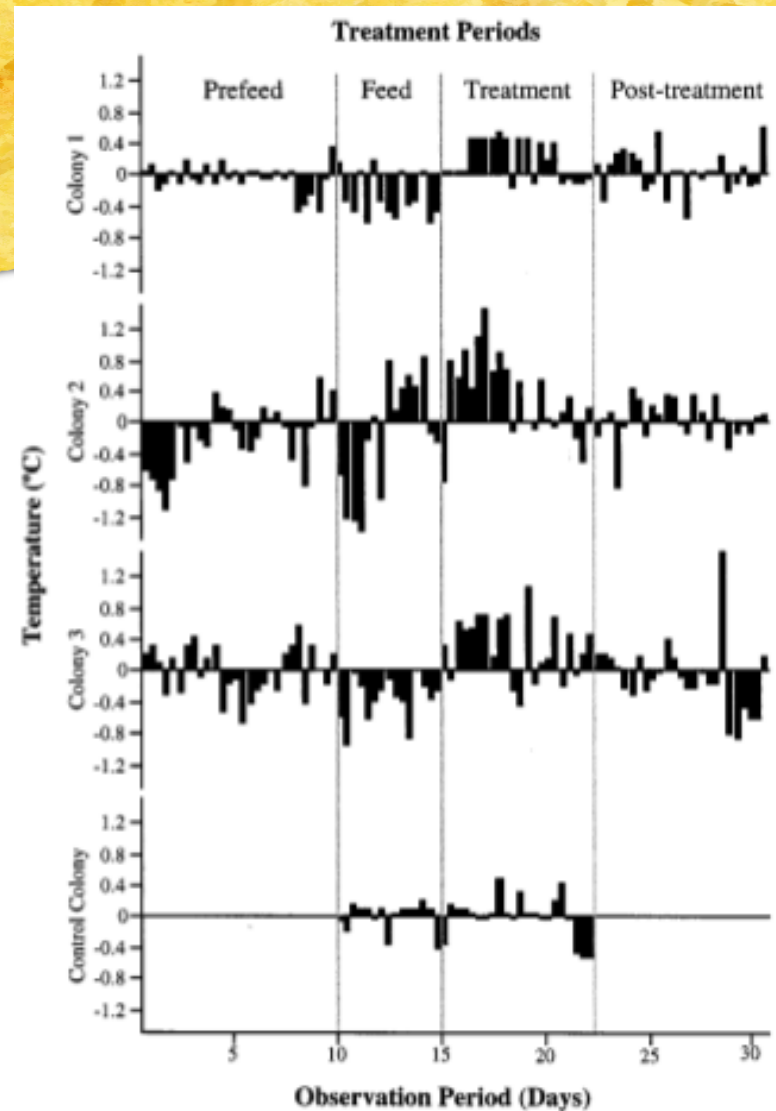


Fig. 2 Observed minus expected temperatures for each colony at each temperature collection period. Expected temperatures were calculated using regression equations (see "Methods"). Negative and positive values indicate lower and higher than expected temperatures, respectively

Fièvres (2)...

- « Fièvre » locale de lutte contre les prédateurs
 - ex: *Vespa velutina*
 - $t^{\circ} \Rightarrow$ plus de 45°C
 - \Rightarrow frelon meurt
 - abeille résiste $\Rightarrow 50^{\circ}\text{C}$.



Source: A. Papachristoforou

Importantes, les antennes

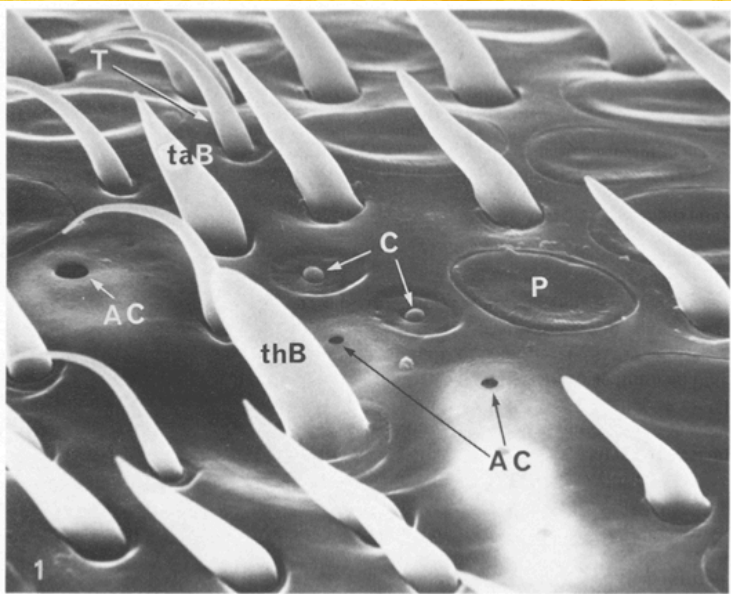


Fig. 1. SEM of part of most distal (10th) flagellar segment. AC ampullaceous or coeloconic sensilla; C coelocapitular s.; P placoid s.; T trichoid s.; taB tapered basiconic s.; thB thick basiconic s. $\times 300$

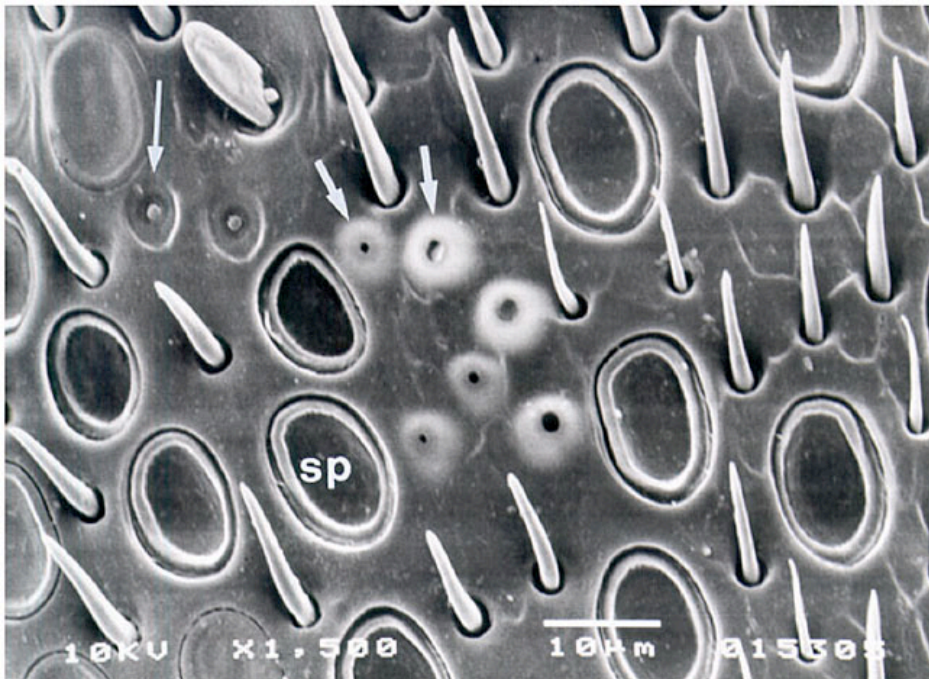


Figure 2. Scanning electron micrograph of antennal flagellomere number 6 of an Africanized worker honeybee. 4 octobre 2010
Details of sensilla coeloconica with a larger opening and sensilla ampullacea with a smaller opening (short arrows) and of sensilla campaniformia (long arrow). SP = sensilla placodea (plate organs).

- Sensibilité antennaire =
 - sensibilité aux odeurs
 - couvain sain/couvain malade
 - phéromones (perte de sensibilité => problèmes de méragé)?
 - sensibilité à l'humidité
 - sensibilité à la température
 - t° du nid => influence sur le sens de l'orientation, la précision des danses...
 - t° des congénères
 - => soins
 - maintien de la grappe...

Outils fondamental de l'homéostasie!!!

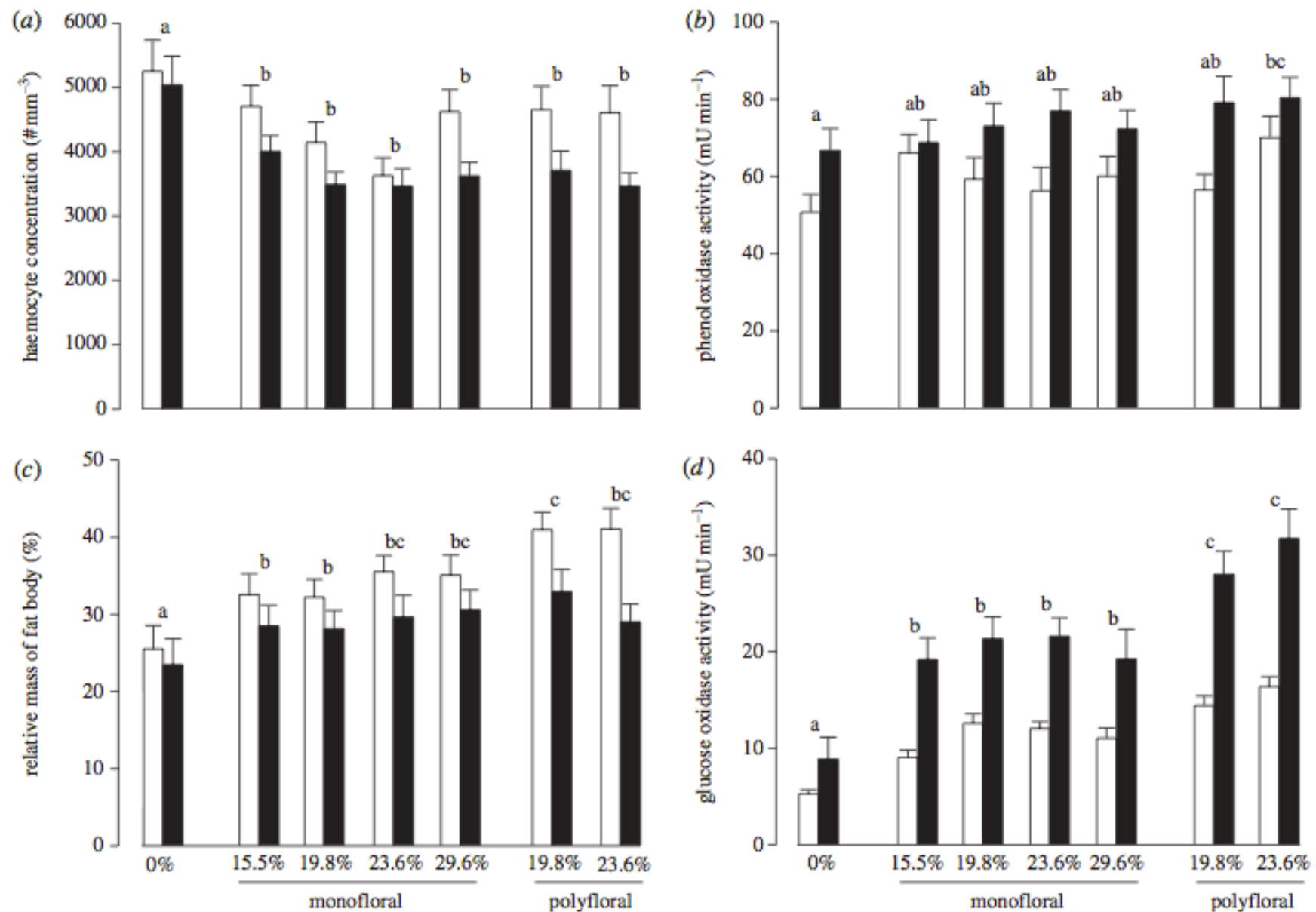


Figure 1. Effect of pollen diet on IC in 5 (open bars) and 10 days old bees (filled bars). (a) Haemocyte concentration, (b) phenoloxidase activity, (c) fat body mass and (d) GOX activity. Eight bees per cage for each experimental group were analysed for each immune parameter. The protein percentage of each pollen diet is indicated on the x-axis. Each letter indicates significant differences between diets ($p < 0.05$, Newman-Keuls post hoc tests). No significant interaction between the diet and age factors was found ($p > 0.05$ for each immune parameter). Data show mean \pm s.e.

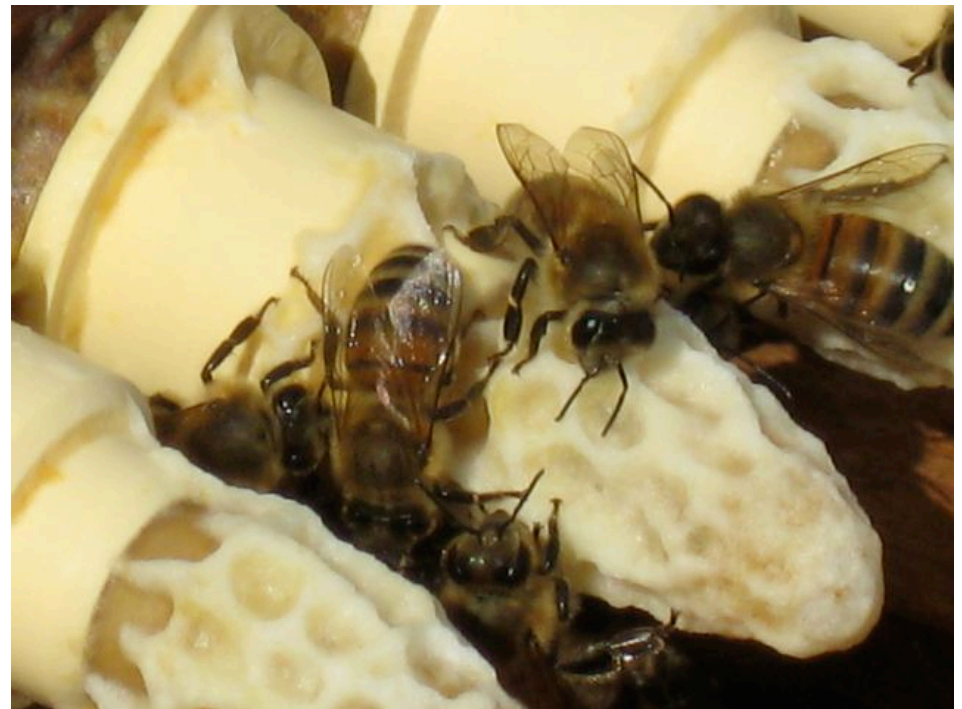
Conclusions



- **Importance**
 - de l'alimentation
 - des comportements hygiéniques => maîtrise du nid => adaptation à la force de la colonie
 - du maintien de l'homéostasie => multiplicité des lignées paternelles, « esprit de ruche » (nombre suffisant d'abeilles)

Conclusions

- C'est la ruche qui est malade et non l'abeille
- => importance de l'opportunisme !!! => influence
 - de la technique (conduite)
 - rapport volume / colonie
 - penser température
 - des ressources
 - localisation du rucher
 - surveillance
 - de la génétique
 - éliminer les souches sensibles
 - apprendre à remérer !!!





Merci !!