

La Résistance de l' Abeille domestique aux agresseurs environnementaux et infectieux

Dr. M.E. Colin vét.,
Union Nationale de l'Apiculture Française

On entend par « **abeille domestique** »
une société d'insectes très évoluée,
caractérisée par une division du travail
et une communication très élaborée entre les différentes classes,
pour assurer la pérennité de la colonie au cours des ans

L'abeille domestique **vit libre** dans un environnement
caractérisé par :

- un climat
 - des ressources alimentaires
 - la présence de prédateurs, parasites, agents infectieux
 - l'empreinte de l'homme
- qui peut agir profondément sur les points précédents
et aussi sur l'abeille elle-même.

1 ère partie : Principaux mécanismes de résistance

2^{ème} partie : Influence de l'environnement
sur la résistance, par 3 exemples

1^{ère} partie : Principaux mécanismes de résistance

au niveau sociétal

A l'extérieur de la ruche, la colonie a des stratégies de butinage qui sont peu modifiables et ne lui permettent pas d'éviter le contact avec des agresseurs biologiques ou chimiques.

A l'intérieur de la ruche certains mécanismes de résistance contre des agresseurs **bien connus de la colonie**, sont présents

au niveau individuel

L'individu « abeille » possède aussi une immunité contre les agresseurs **bien connus**

AU NIVEAU SOCIETAL

- Le comportement face à la maladie
 - L'augmentation de température
 - Le comportement hygiénique
- La prévention des maladies
 - Le butinage de la propolis
 - La sélection naturelle

AU NIVEAU SOCIETAL

- Le comportement face à la maladie
 - **L'augmentation de température**
 - Le comportement hygiénique
- La prévention des maladies
 - Le butinage de la propolis
 - La sélection naturelle

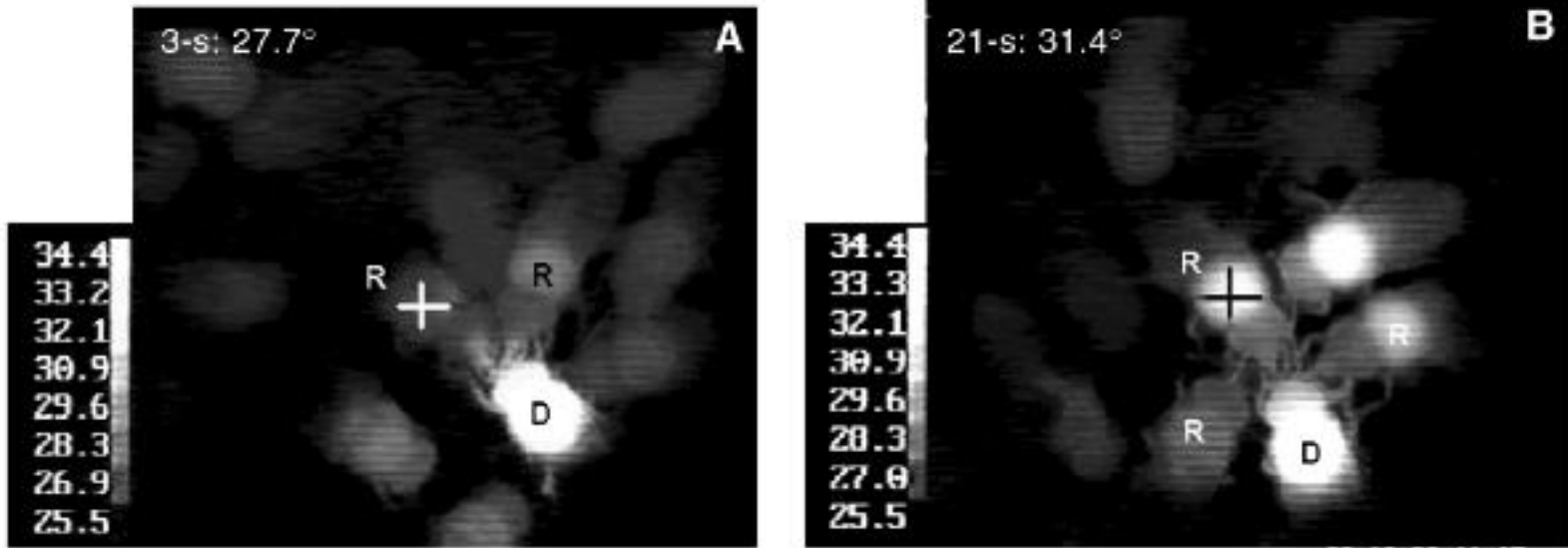
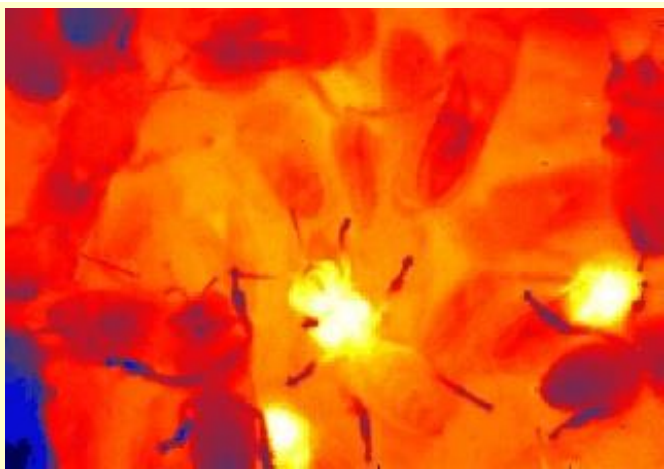
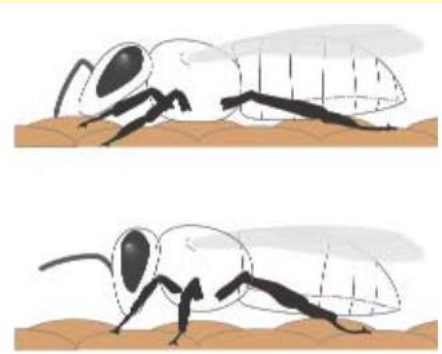
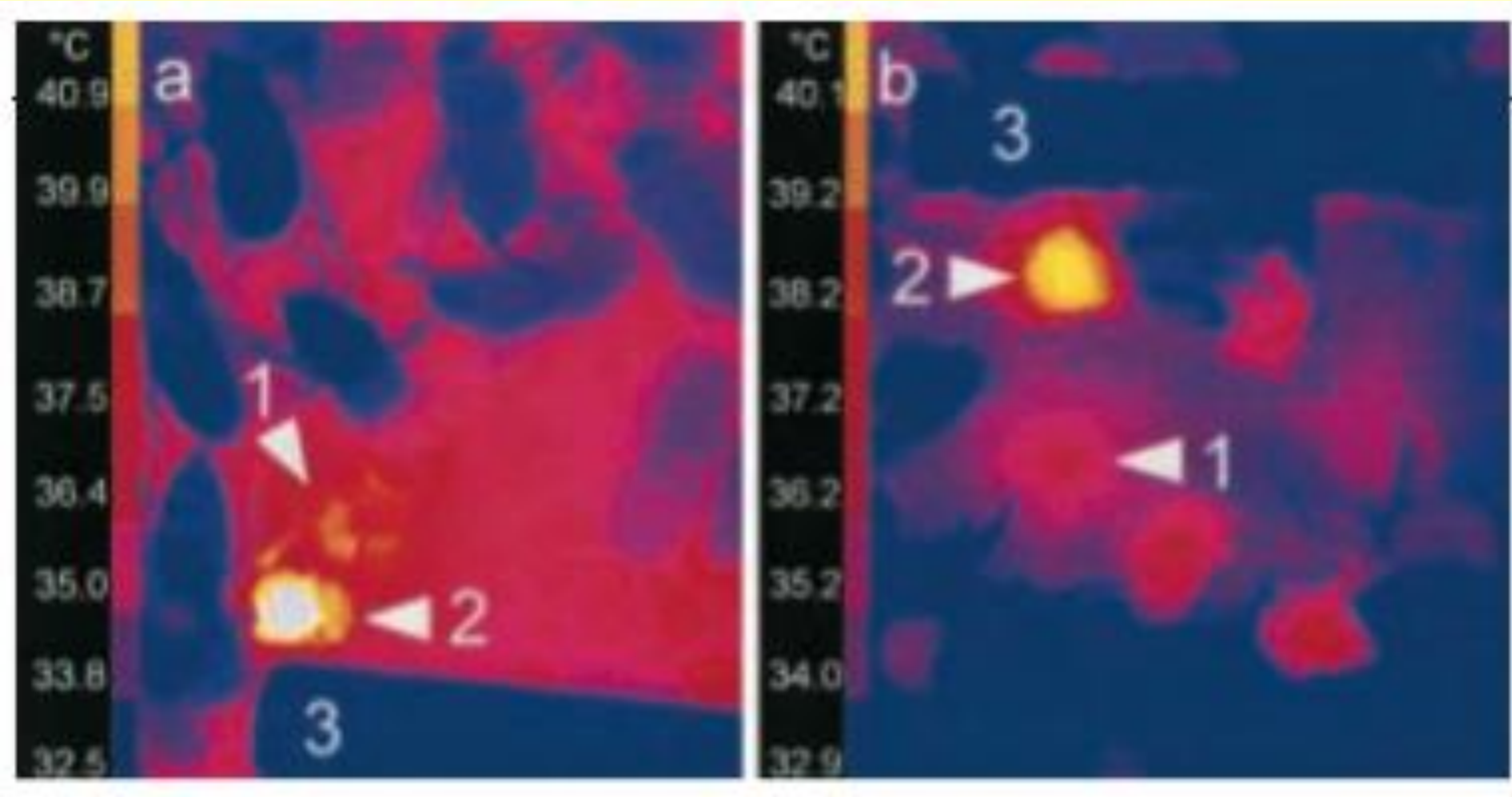


Fig. 1. Thermograms showing the surface temperatures of a food-donor forager (D) and receiver hive-mates (R) at two different times during one bout of trophallaxis. The cross at the centre of each picture is used to measure the instantaneous thoracic surface temperature of the same receiver bee: 27.7°C 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.



Trophallaxie et thermogénèse

Tautz, 2009



Chauffage d'une cellule
 Par contact thoracique
 « hot spot »

Tautz, 2009

Colin Marc-E., Alger 2016

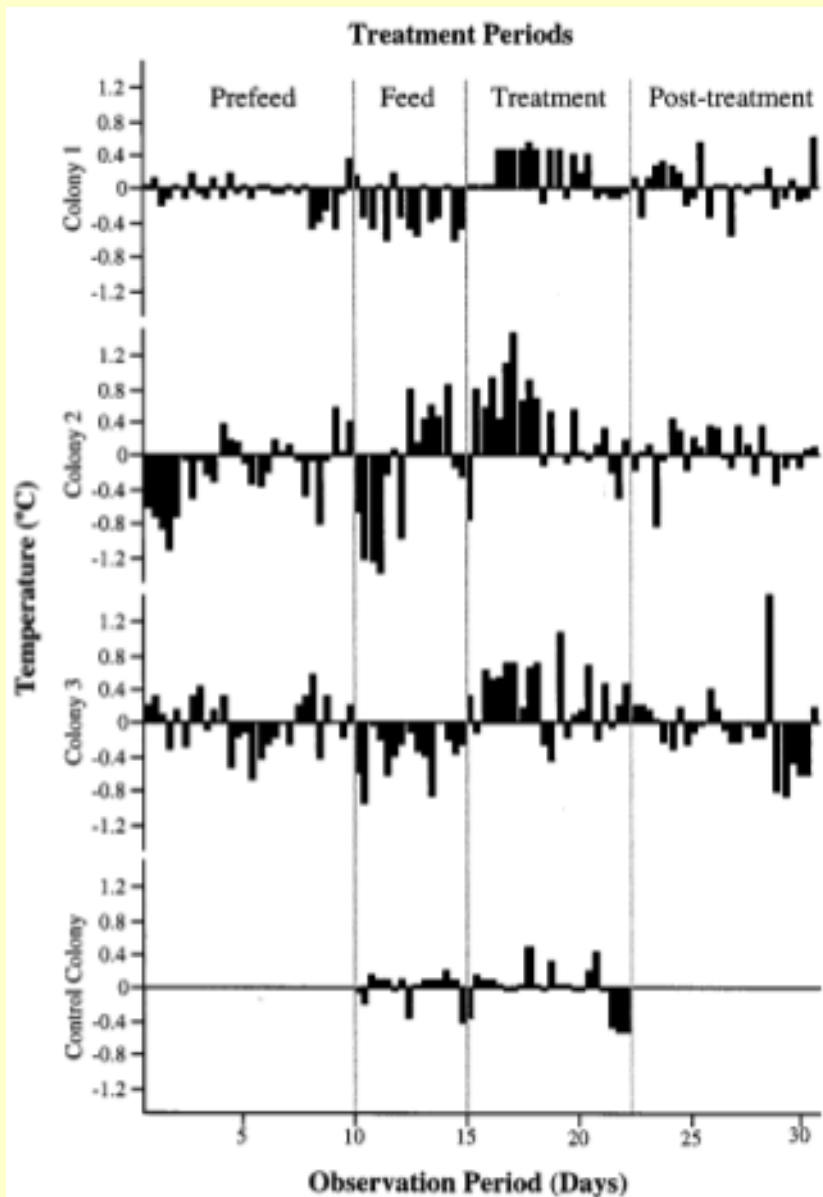


Fig. 2 Observed minus expected temperatures for each colony at each temperature collection period. Expected temperatures were calculated using regression equations (see “Methods”). Negative and positive values indicate lower and higher than expected temperatures, respectively

« Fièvre » du couvain
lors d’une infection
par *Ascosphaera apis*

Starks, 2000

3 colonies ont reçu du sirop
contenant 1% de spores



« Fièvre » autour de
Vespa orientalis

45 ° C sous les
tropiques!

Papachristoforou et al., 2007

AU NIVEAU SOCIETAL

- Le comportement face à la maladie
 - L'augmentation de température
 - **Le comportement hygiénique**
- La prévention des maladies
 - Le butinage de la propolis
 - La sélection naturelle

au niveau sociétal

Coopération d'individus pour limiter
l'extension de la contagion à d'autres individus

apprentissage, mémoire, transmission de l'information

Se décompose en : (selon Park et coll., 1930)

reconnaissance de l'individu malade ou mort

élimination de l'individu contaminé ou parasité

Le pari de l' **HYGIENIC BEHAVIOUR**

relancé par Marla Spivak

le pari de l'hygienic behaviour lancé par Marla Spivak
Elle reprend la première définition de Park vers 1930
détection et élimination des larves mortes de loque américaine.
Elle préconise le test d'élimination de couvain congelé

l'aspect mécanique ce qui est une condition nécessaire
mais pas suffisante :

- pas de recherche pour renforcer la résistance de l'individu
- vise seulement à l'élimination des sources de contamination

l'élimination des sources de contamination dépend :

- quantitativement du nombre d'individus contagieux
(par de sur-nettoyage car il aurait un coût négatif
pour l'économie de la société d'abeilles)
- qualitativement de l'organisme pathogène

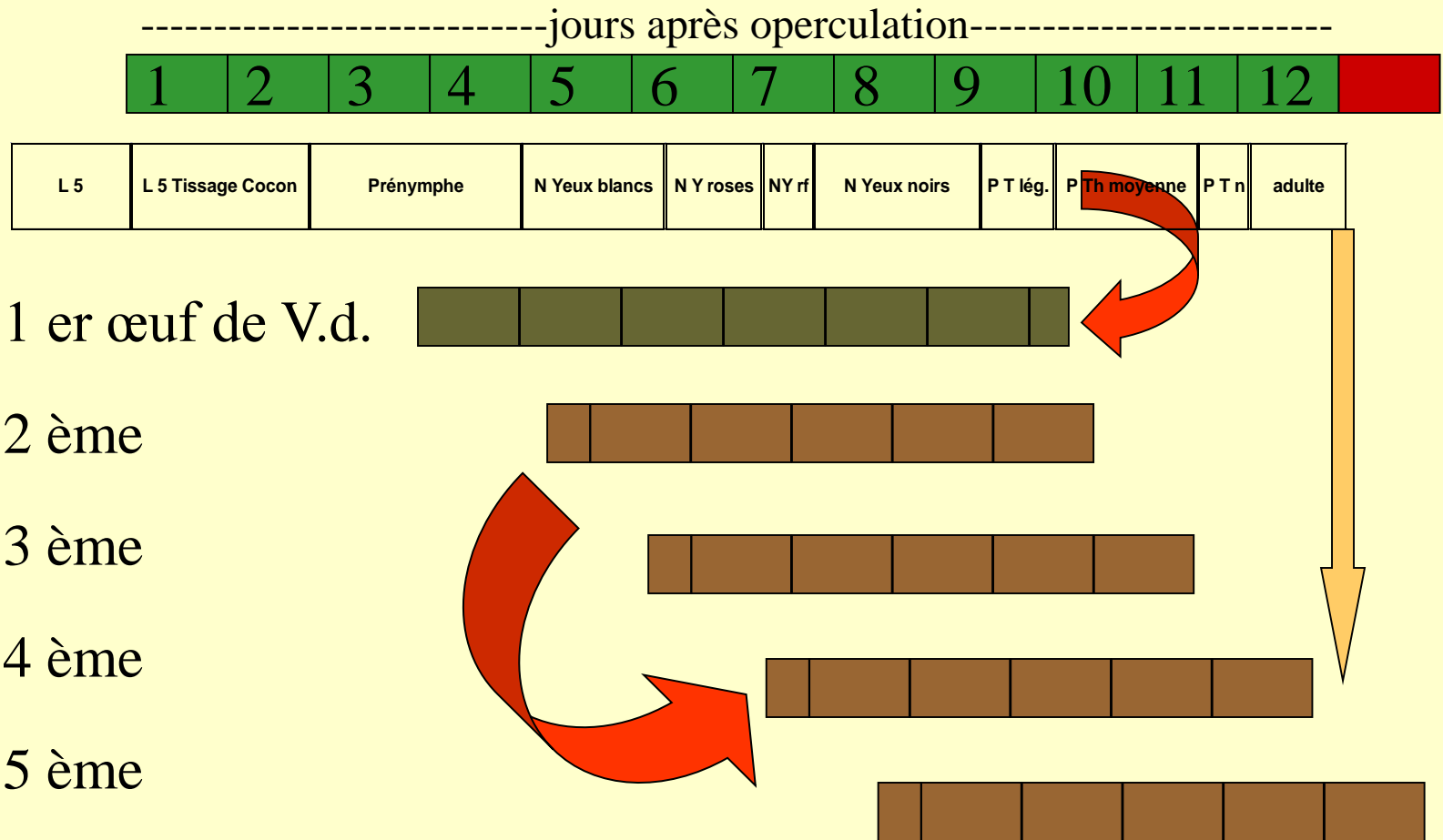
- qualitativement de l'organisme pathogène

**il ne doit être éliminé que
lorsqu' il présente un minimum de risque de contagion !!!**

Quand existe il un minimum de risque de contagion pour les abeilles nettoyeuses et les les gardiennes?

- le cas des larves mortes de viroses
- le cas des larves mortes d' ascosphaerose
- le cas de la loque américaine
- le cas particulier de *Varroa destructor*

le cas particulier de *Varroa destructor*



AU NIVEAU SOCIETAL

- Le comportement face à la maladie
 - L'augmentation de température
 - Le comportement hygiénique
- **La prévention des maladies**
 - La trophallaxie en tant que transmission d'une flore microbienne (voir plus loin)
 - Le butinage de la propolis
 - La sélection naturelle



La propolis est une matière visqueuse et collante

récoltée sur les bourgeons, composée de

- résines et baumes 50 à 55 %
- cire 30 à 40 %
- pollen 5 %
- huiles essentielles
et composés volatils 5 à 10 %

En outre plus de 100 molécules ou atomes

comme des acides organiques, des flavonoïdes, des vitamines, des oligo-éléments, etc ..

Photo E. Tourneret, Le peuple des abeilles

AU NIVEAU INDIVIDUEL

- Les constituants de l'immunité
 - Les barrières
 - Les enzymes circulantes
 - Les cellules hémolympiales
- Le déclenchement du système immunitaire
- La réponse immunitaire

AU NIVEAU INDIVIDUEL

- **Les constituants de l'immunité**
 - **Les barrières**
 - Les enzymes circulantes
 - Les cellules
- Le déclenchement du système immunitaire
- La réponse immunitaire

au niveau individuel

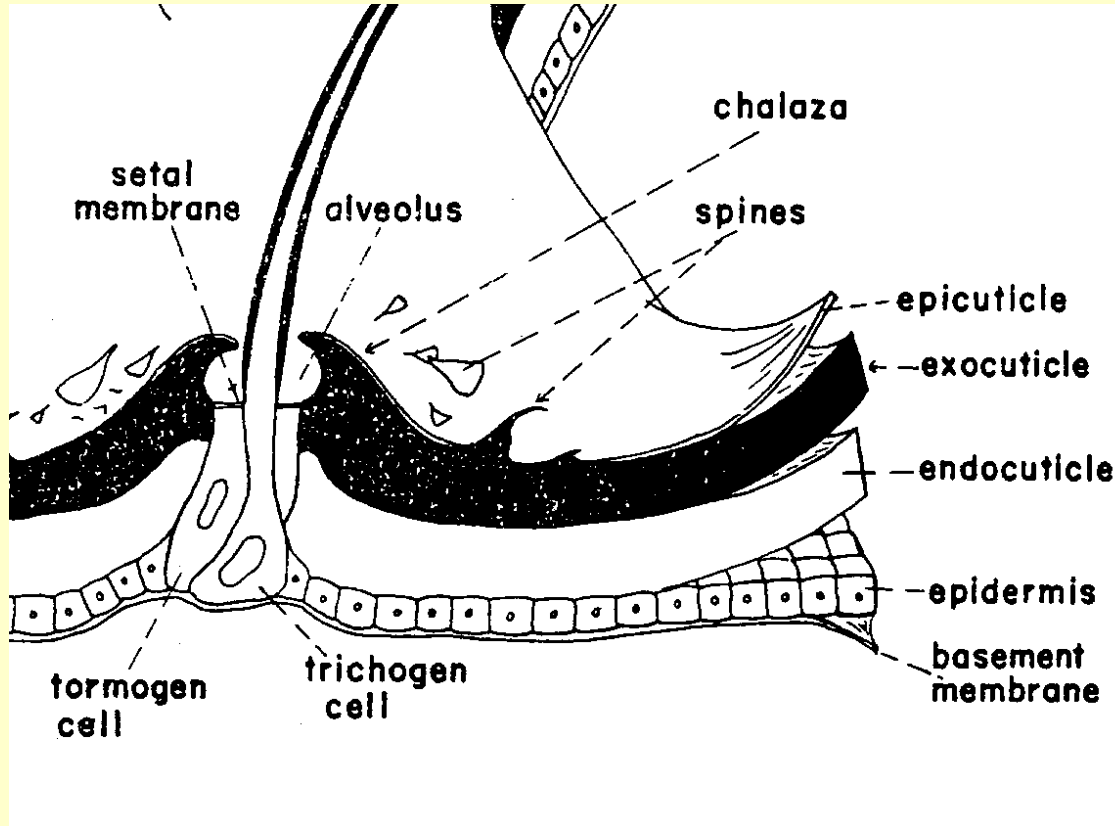
cuticulaire,

intestinale,

trachéenne

génitale

la barrière cuticulo-épidermique



Lipoprotéine A + cire
Protéines tannées et mélanine
Chitine et arthropodine

très importante dans la défense contre les champignons
est incomplète à l'état larvaire ou nymphal

la barrière intestinale

- **la flore intestinale** (du jabot au rectum)

Présence de *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*

Un lieu d'intense compétition pour les nutriments
défavorable à la germination des spores bact. ou fongiques

La notion de probiotique est mise en évidence
chez la larve d'abeille : présence d'une flore intestinale
riche en *Bacillus spp.*, antagonistes de *Paenibacillus larvae*
Yoshiyama et Kimura (2009).

Maggi et al., 2013 démontrent son rôle
dans la prévention de *Nosema ceranae*

- **la membrane péritrophique** de l'intestin antérieur, filtre à bactéries et virus
- **les cellules épithéliales de l'intestin**
 - « capture » des virus
 - libération d'interférons
 - molécules anti-virales

AU NIVEAU INDIVIDUEL

- Les constituants de l'immunité
 - Les barrières
 - **Les enzymes circulantes**
 - Les cellules hémolympheales
- Le déclenchement du système immunitaire
- La réponse immunitaire

le lysozyme

Enzyme à action directe contre les bactéries

Sa concentration dans l'hémolymphe (adulte larve, nymphe) varie de 5 $\mu\text{g/ml}$ à 25 $\mu\text{g/ml}$

Mais peut aller jusqu'à 1300 $\mu\text{g/ml}$ dans les larves subissant une infection bactérienne.

La glucose-oxydase

catalyse l'oxydation du glucose en H_2O_2 bactéricide

La phénoloxydase

Permet l'encapsulation de corps étrangers

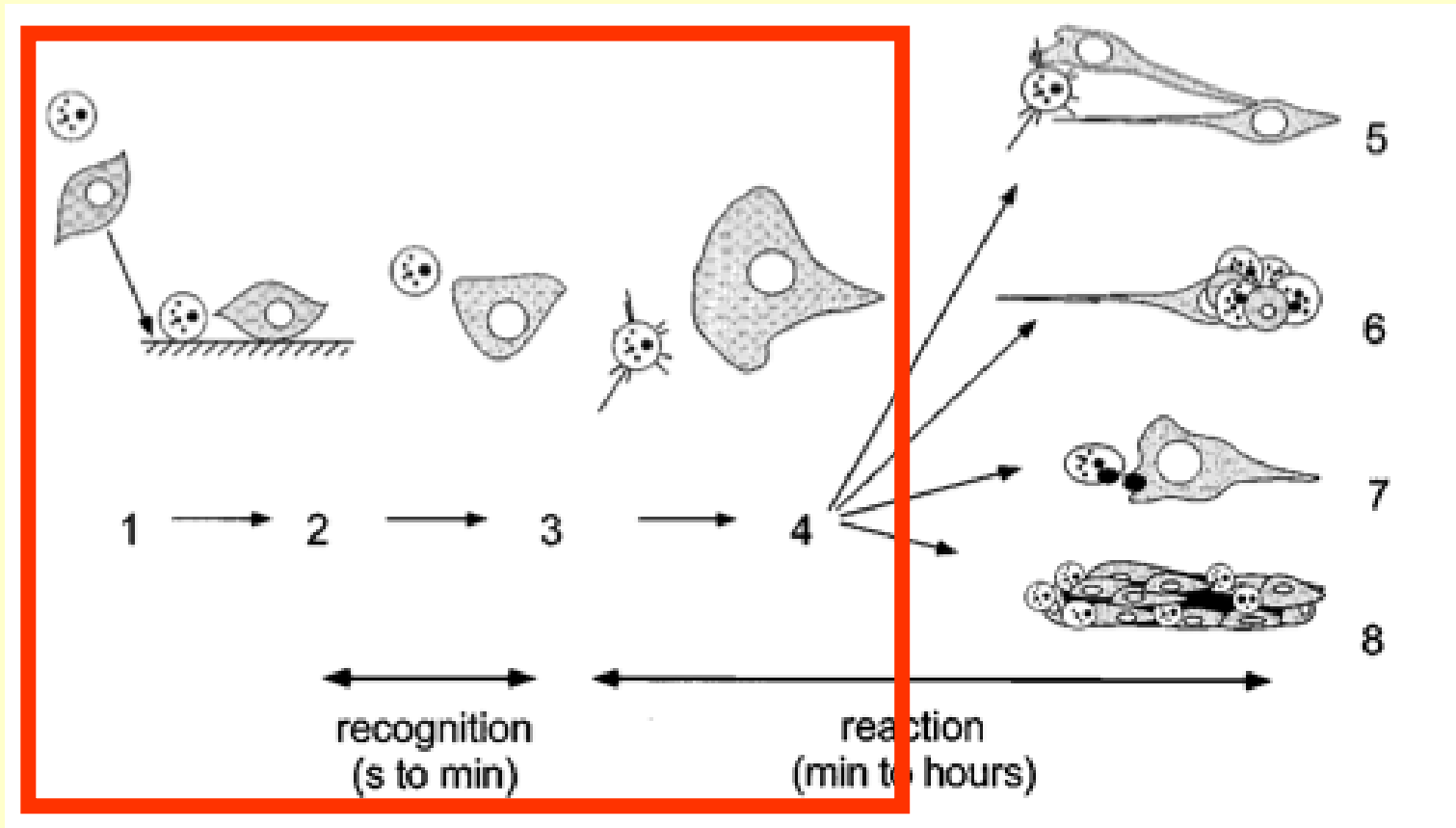
AU NIVEAU INDIVIDUEL

- Les constituants de l'immunité
 - Les barrières
 - Les enzymes circulantes
 - **Les cellules**
- Le déclenchement du système immunitaire
- La réponse immunitaire

- Granulocytes, comparables aux macrophages des Mammifères
- Plasmacytes, premières cellules mobilisées lors du déclenchement de l'encapsulation
- Oenocytoides, cellules réservoirs de pro-phénoloxydase

AU NIVEAU INDIVIDUEL

- Les constituants de l'immunité
 - Les barrières
 - Les enzymes circulantes
 - Les cellules hémolympiales
- **Le déclenchement du système immunitaire**
- La réponse immunitaire

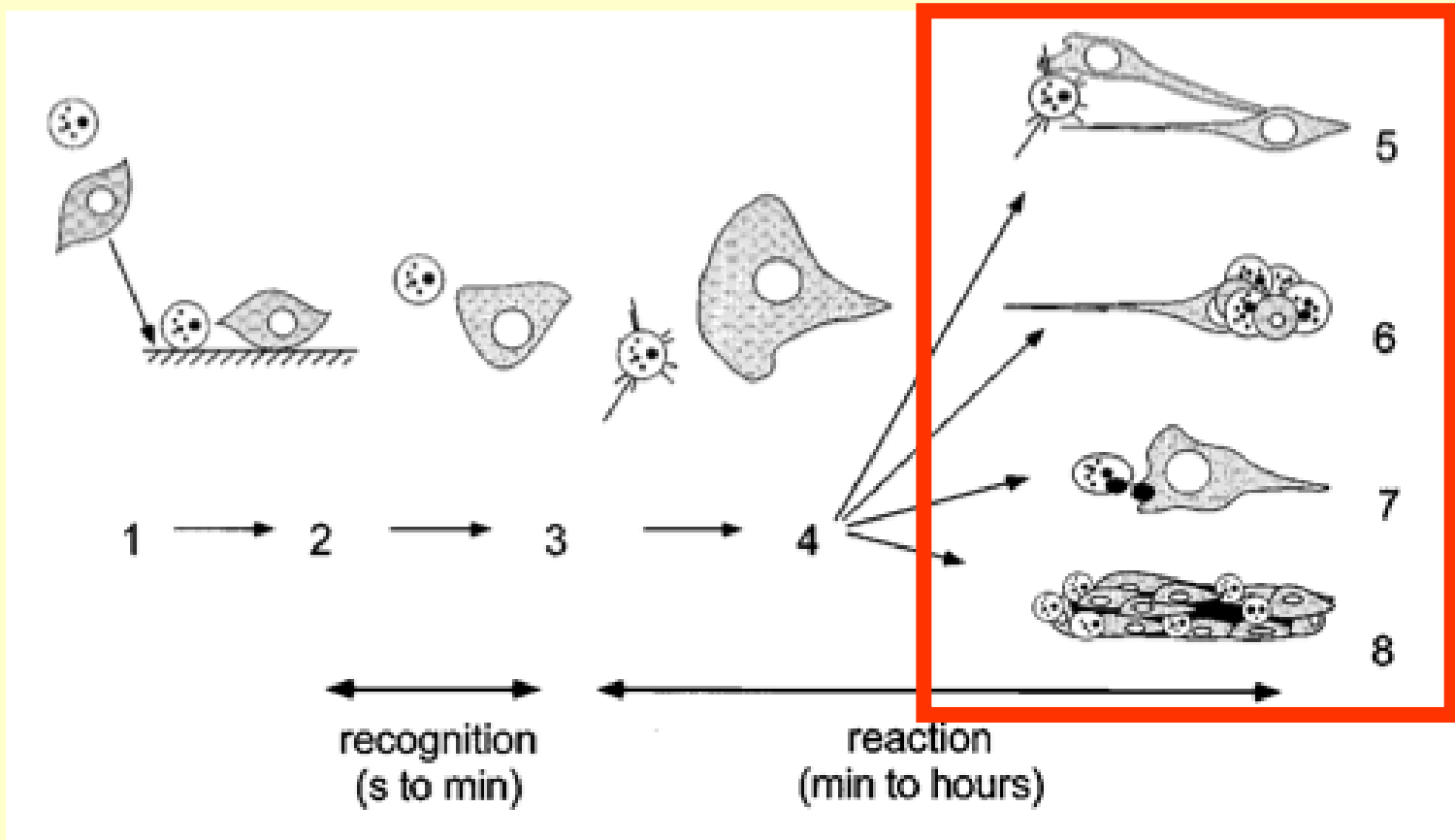


Au contact du parasite/germe pathogène, l'information « corps étranger » est apportée aux hémocytes

Gillepsie 1997, *Biological mediators of insect immunity*.

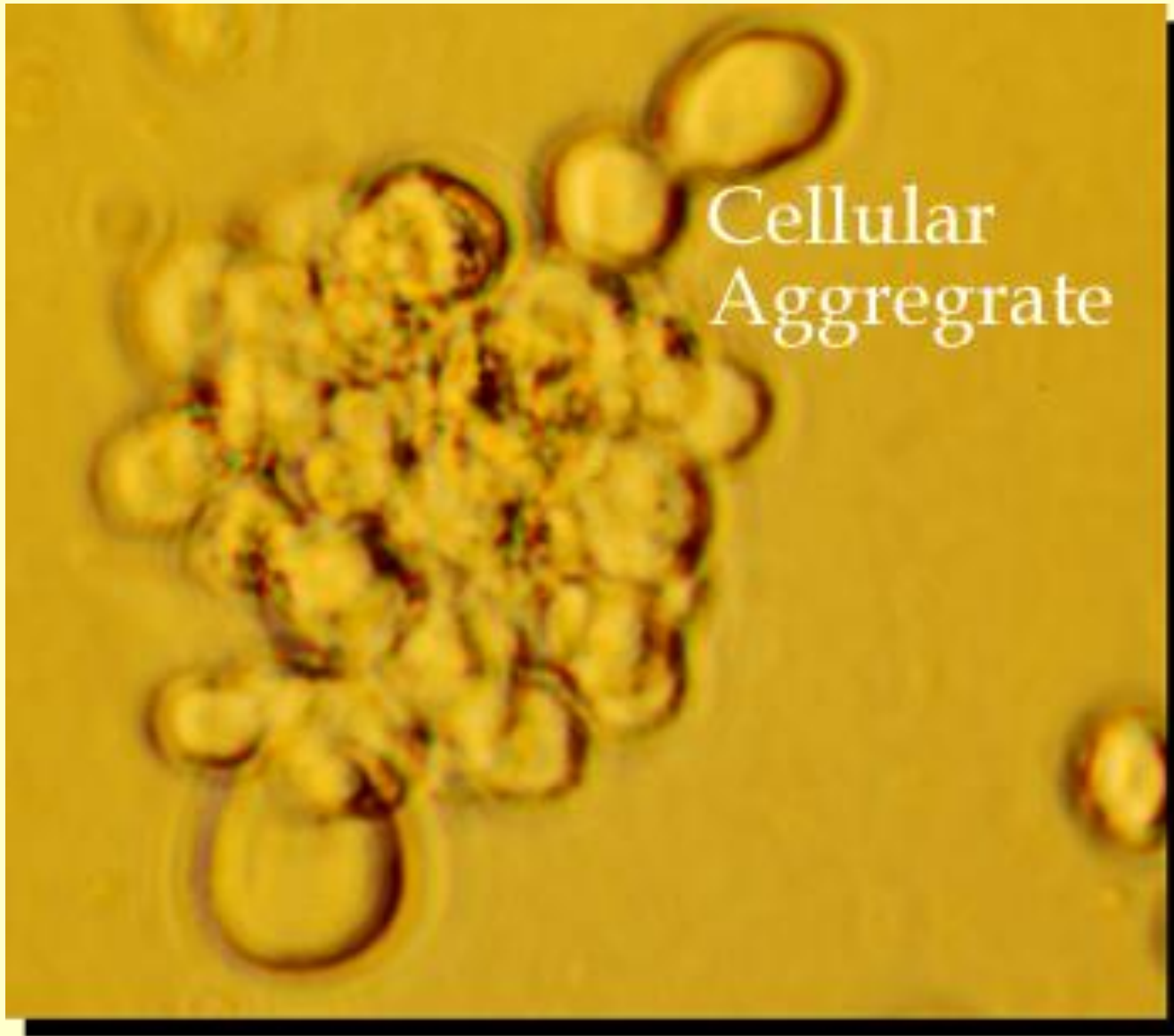
AU NIVEAU INDIVIDUEL

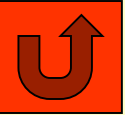
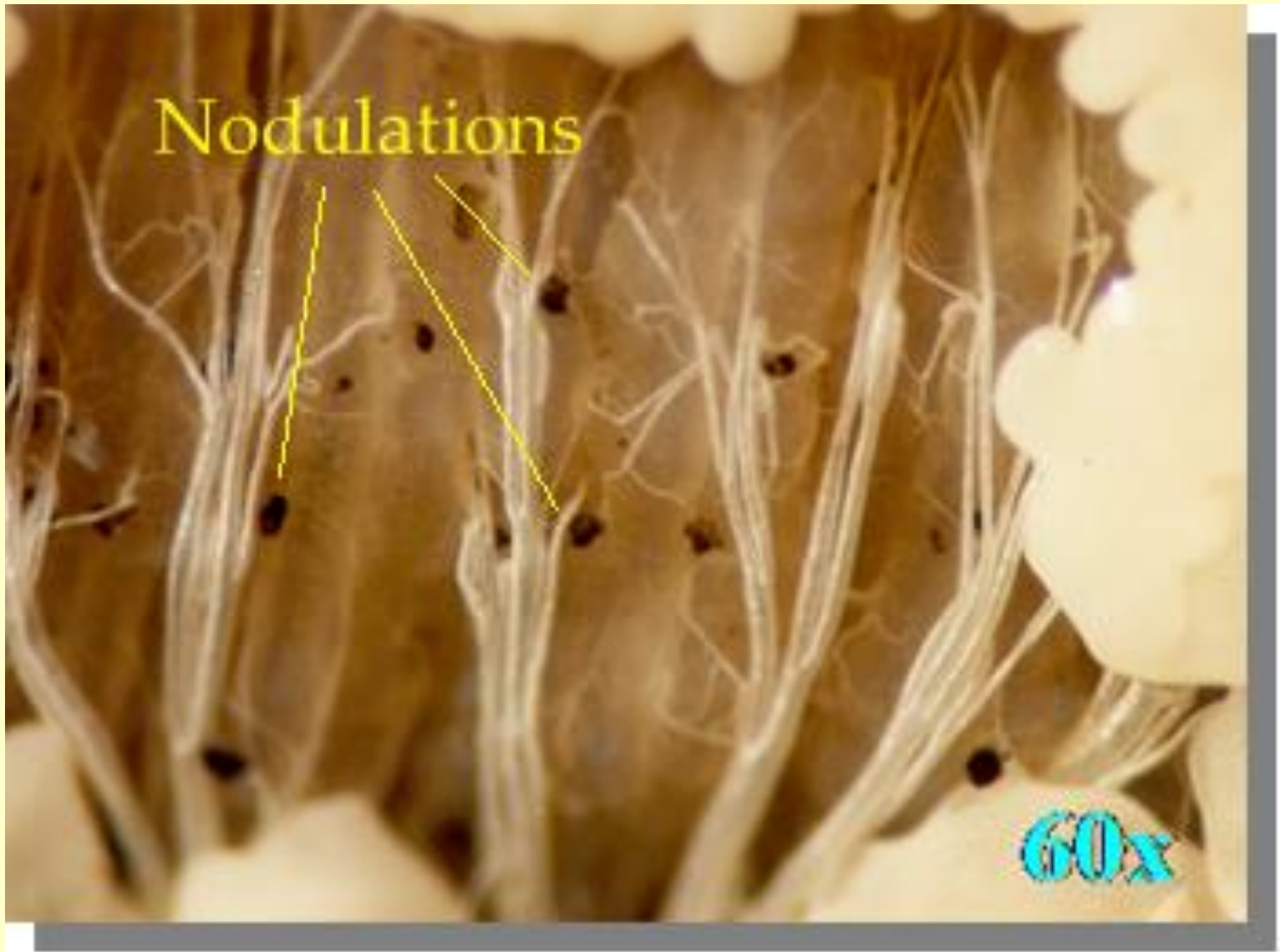
- Les constituants de l'immunité
 - Les barrières
 - Les enzymes circulantes
 - Les cellules hémolympheales
- Le déclenchement du système immunitaire
- **La réponse immunitaire**



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.

Gillepsie 1997, *Biological mediators of insect immunity*.





La réponse immunitaire consiste aussi en la libération de peptides anti-microbiens dans l'hémolymphe et dans la gelée royale

Apidaecines

visible 3-4 heures après l'infection
active contre les bact. Gram-négatives

Royalisine et jelleines

inhibe la multiplication de P. larvae
larvae
teneur variable dans la gelée royale

Abaecines

Défensine

Hymenoptaecines

1 ère partie : Principaux mécanismes de résistance

2^{ème} partie : Influence de l'environnement
sur la résistance

Exemple 1 : l'alimentation

Exemple 2 : le parasitisme

Exemple 3 : les pesticides

1 ère partie : Principaux mécanismes de résistance

2^{ème} partie : Influence de l'environnement
sur la résistance

Exemple 1 : l'alimentation

Exemple 2 : le parasitisme

Exemple 3 : les pesticides

Influence de l'alimentation sur l'immunité (Alaux et al., 2010)

Les abeilles consomment la même quantité de pollen, mais l'origine florale et la teneur en protéines ont une influence sur certaines composantes de l'immunité

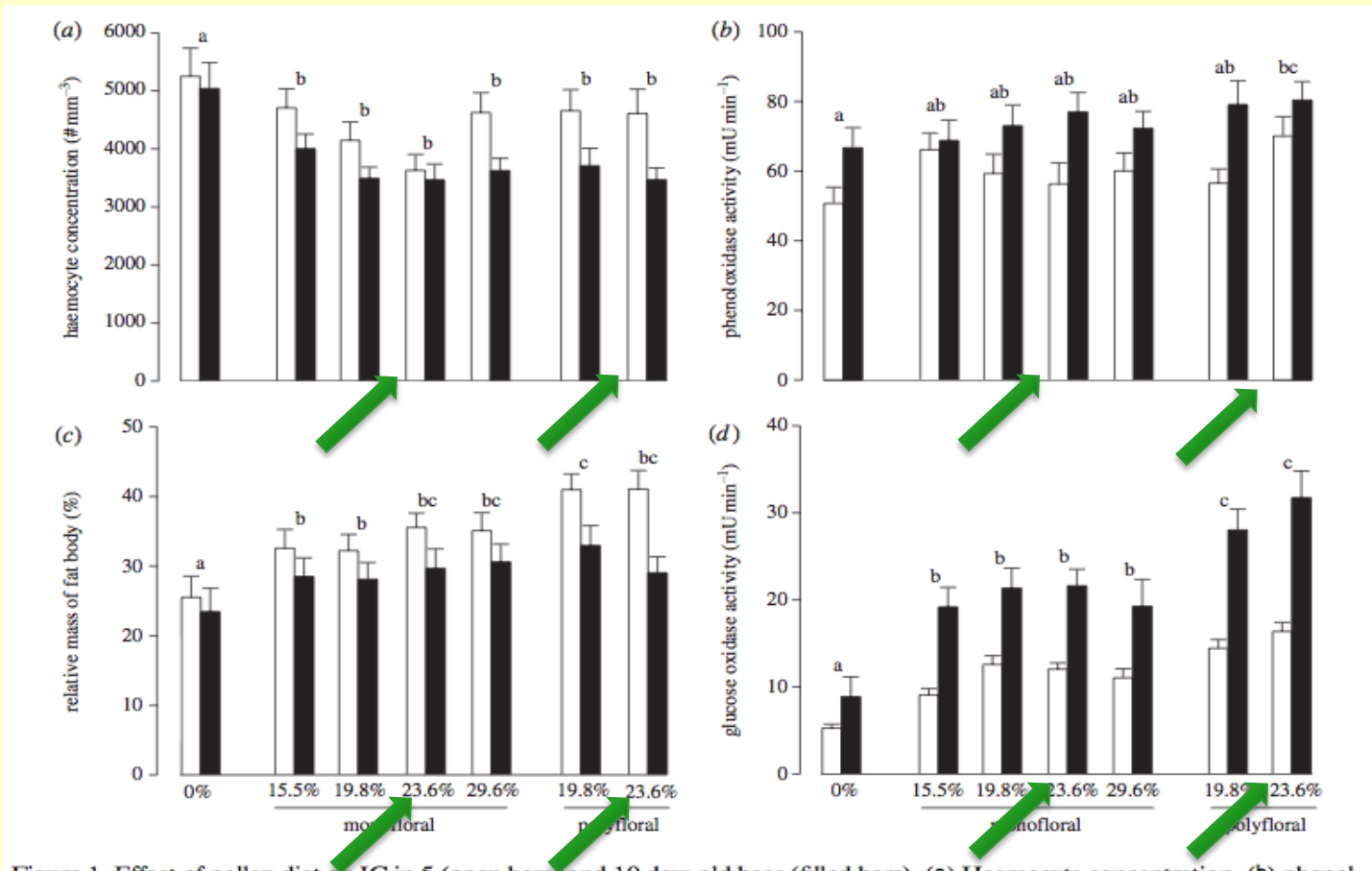


Figure 1. Effect of pollen diet on IC in 5 (open bars) and 10 days old bees (filled bars). (a) Haemocyte concentration, (b) phenoloxidase activity, (c) fat body mass and (d) GOX activity. Eight bees per cage for each experimental group were analysed for each immune parameter. The protein percentage of 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.

Si on considère la **masse de tissu adipeux** :

0 % de protéines très réduite

Pollen poly-floral/mono- augmentation à l'âge de 5 jours

Si on considère la **concentration hémocytaire** :

0 % de protéines forte

Pollen poly-floral/mono- augmentation
à l'âge de 5 jours et à la cc de 23,6 % de prot.

Si on considère l'**activité phénoloxydasique** :

Pollen poly-floral/mono- augmentation
à cc 23,6 % de prot.

Si on considère l'**activité glucose oxydasique** :

0 % de protéines très réduite

Pollen poly-floral/mono augmentation à l'âge de 10 jours

1 ère partie : Principaux mécanismes de résistance

2^{ème} partie : Influence de l'environnement
sur la résistance

Exemple 1 : l'alimentation

Exemple 2 : le parasitisme

Exemple 3 : les pesticides



action spoliatrice conséquences sur l'hôte

- réduction de la surface du tissu adipeux (25 %)
- réduction du nb de granules prot /cell (40 %)
- réduction des protéines de faible poids moléculaire
dont les peptides antimicrobiens
- réduction des réserves de protéines cuticulaires

1 ère partie : Principaux mécanismes de résistance

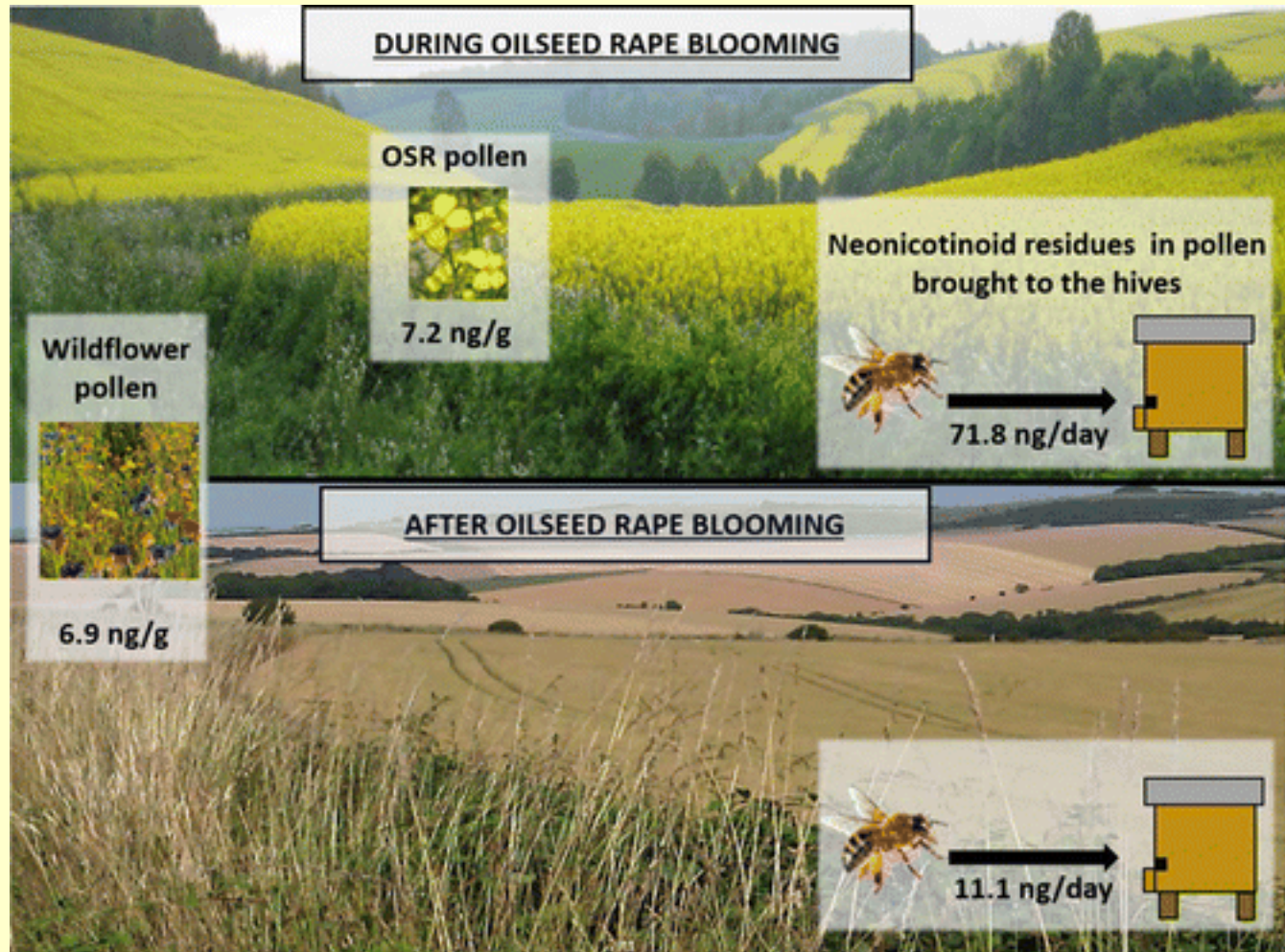
2^{ème} partie : Influence de l'environnement
sur la résistance

Exemple 1 : l'alimentation

Exemple 2 : le parasitisme

Exemple 3 : les pesticides

Dépression de l'immunité par les insecticides néonicotinoïdes a – l'exposition



Dépression de l'immunité par les insecticides néonicotinoïdes

b – une surmortalité compensée ou non

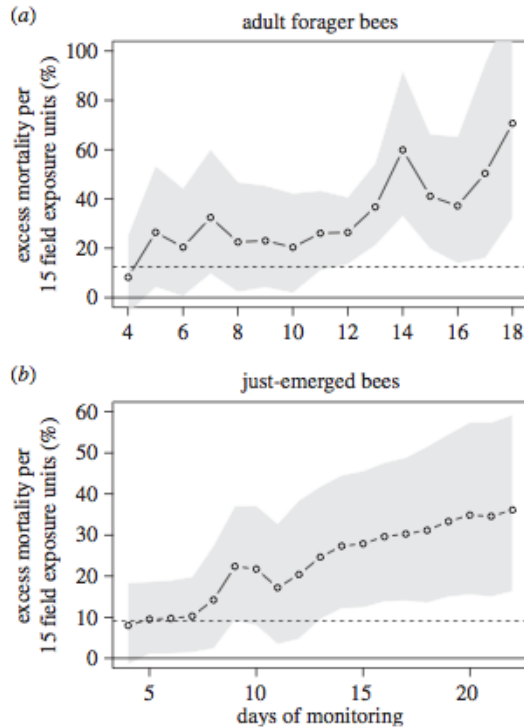


Figure 2. Non-stationary excess mortality due to field exposure during oil-seed rape flowering. The honeybee excess mortality level due to field exposure is not stationary, but steadily increases in time. (a) Non-stationary excess mortality due to field exposure in 1638 bees tagged at the foraging stage with RFID microchips. (b) Non-stationary excess mortality due to field exposure in 5209 bees tagged after emergence with RFID microchips. Shaded areas show the 95% confidence envelope of the Cox PH estimate of excess mortality, expressed in per cent of the baseline mortality, and indicating a significant field exposure effect whenever it is above zero. Excess mortality field exposure was sequentially reassessed along the temporal axis using a left-censoring procedure, i.e. discarding newly disappeared individuals at each time step. For the sake of comparison, dashed lines show the field exposure effect that would be found on the assumption of stationary excess mortality.

Expérience de plein champ
par Henry et al., 2015

Autour de champs de colza dont les semences
ont été enrobées avec du thiametoxam (ND Cruiser)

Contamination du nectar
par le thiamethoxam : 0,1 à 1 ppb (microg/kg)
par l'imidaclopride : 0,1 à 1,6 ppb !!!!!!!

S'il y a 15 hectares de colza à 1 km de la colonie
la surmortalité est estimée à
5,6 % au début de la floraison
jusqu'à 22,4 % 3 semaines après

Dépression de l'immunité par les insecticides néonicotinoïdes c – augmentation de la sensibilité aux maladies

Di Prisco et al., 2013

L'imidaclopride, la clothianidine (en général les néonicotinoïdes)
déclenchent la perte d'immunité virale
en augmentant la transcription des gènes LRR
« Leucin Rich Repeat », dépresseurs de l'immunité

en conclusion :

Comment l'apiculteur peut-il intervenir ?

Sur la pollution environnementale ?

Sur les parasites émergents comme *Varroa destructor* ?

Sur la colonie

Eviter les zones d'agriculture intensive ?

Pas de sélection possible contre les pesticides !

Renforcer la sélection sur la résistance aux maladies
en ne contournant pas la sélection naturelle.

**Protéger l'abeille domestique et les abeilles sauvages,
c'est assurer à nos enfants un monde meilleur !**