

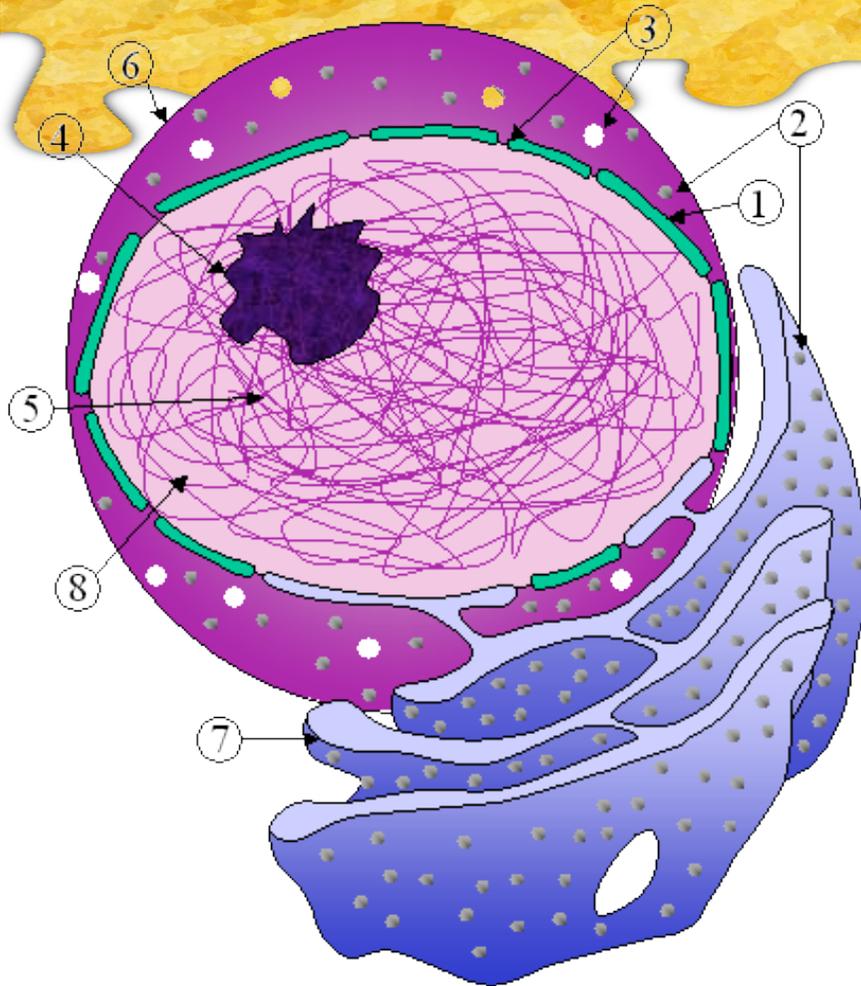
Des notions de biologie

*introduction à la pathologie
et à la toxicologie
de l'abeille*

Un peu de biologie...

- A la base, la génétique
 - l'ADN: c'est quoi? ça sert à quoi?
 - microbes en tous genres...
 - le génome de l'abeille: déjà des enseignements...
- L'abeille, un individu...
 - de l'anatomie à la biochimie..; quelques comparaisons avec l'être humain
 - systèmes respiratoire, digestif, nerveux
- La ruche, une colonie
 - des mécanismes de niveau individuel et colonial
 - importante, la diversité génétique

ADN et chromosomes...

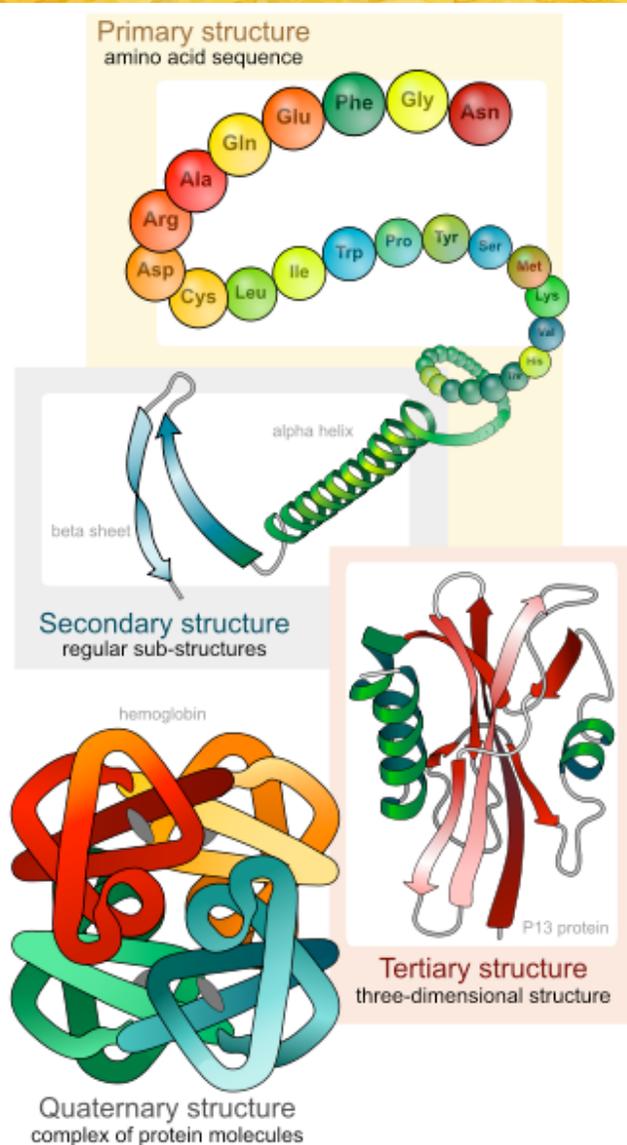


source: Wikipedia

Division cellulaire =>
enroulement de la chromatine
(ADN) => bâtonnets =
chromosomes



... définissent les protéines

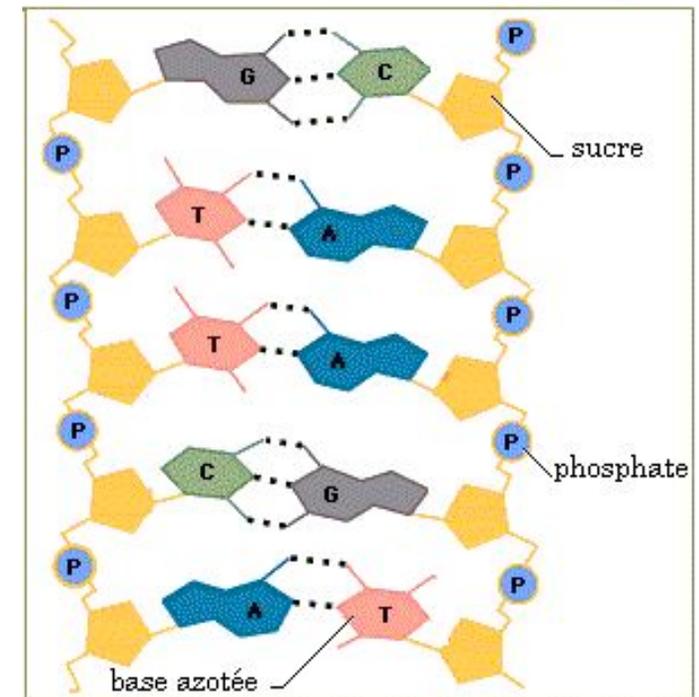
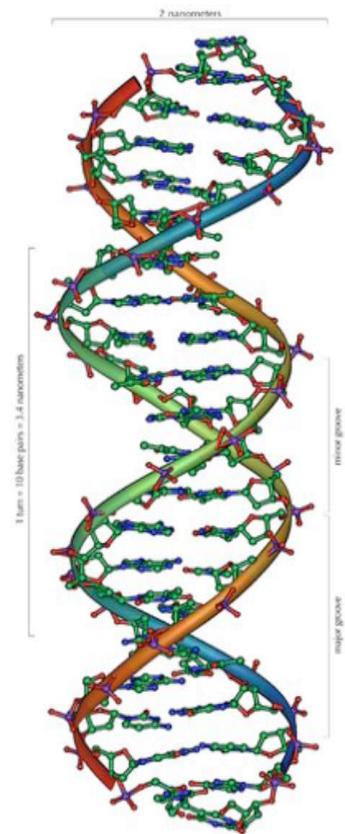


- Protéine = grosse molécule faite d'une/ de chaîne(s) de molécules plus petites (acides aminés: 22 aa différents).
- Rôles multiples et fondamentaux
 - car forment la structure (des cellules, de l'individu)...
 - ... en assurent le fonctionnement (transport; enzymes = catalyseurs des réactions chimiques qui font que le corps fonctionne)
 - ... régulent in fine toutes les substances qui jouent dans le fonctionnement biologique CORPOREL et COMPORTEMENTAL de l'individu

L'ADN, un code pour les protéines

- ADN : un code
- ADN = 4 sortes d'éléments : AGCT
 - en groupant 3 éléments (codon), on obtient $4^3 = 64$ séquences possibles
 - = code à 64 lettres (AAC, TGT, ACT...)
 - 22 sont utilisées, correspondant aux 22 acides aminés différents (alanine, arginine, lysine, glycine, leucine, tryptophane...)...
 - brin d'ADN = formule qui dit
 - quels acides aminés
 - dans quel ordre
- = formule des protéines qui vont définir structure et fonctionnement

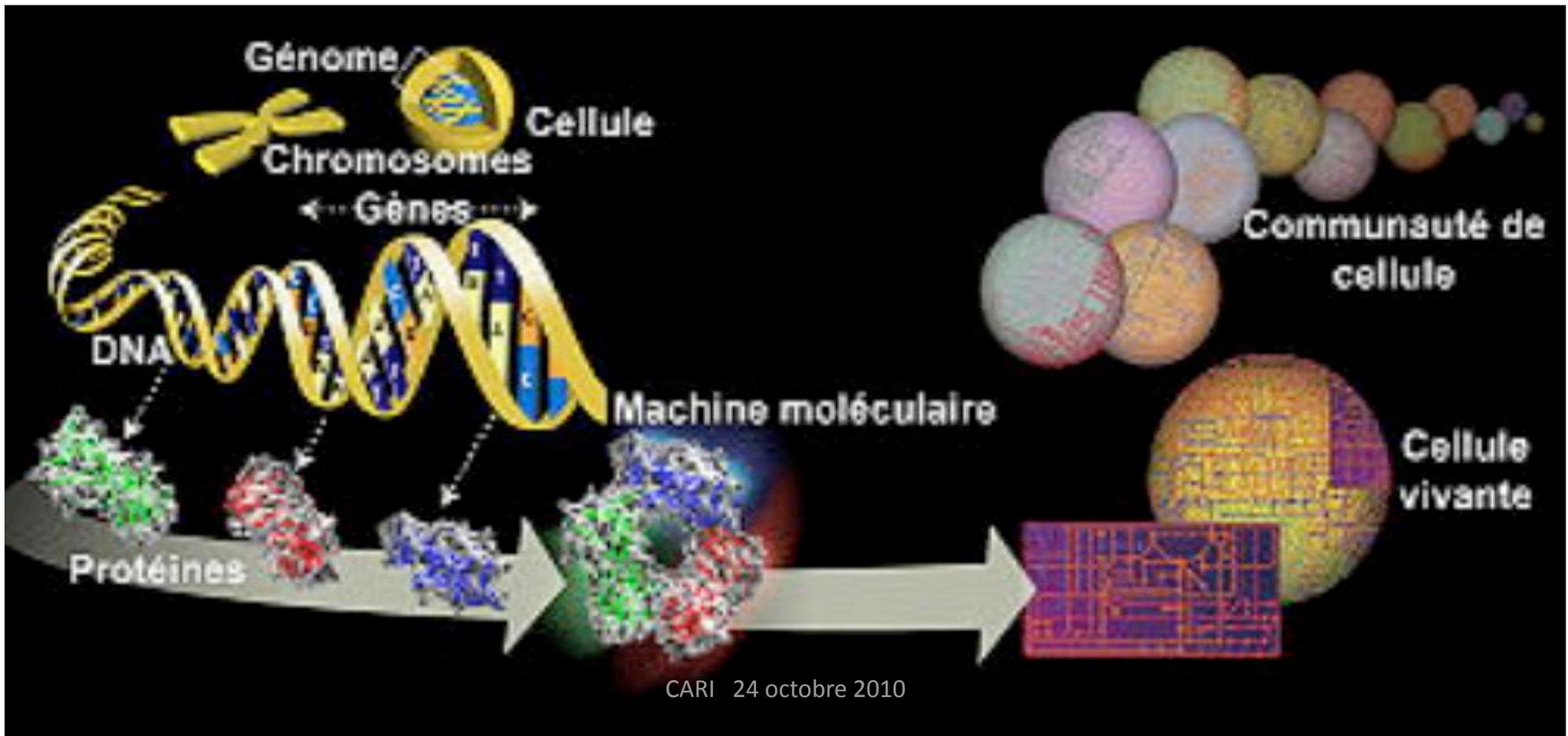
adénine
guanine
cytosine
thymine



L'ADN, un code...

... qui contient la formule de toutes protéines => définit les bases innées de l'individu et de son fonctionnement corporel et comportemental

... qui est caractéristique de l'individu et de l'espèce => PCR (polymerase chain reaction)



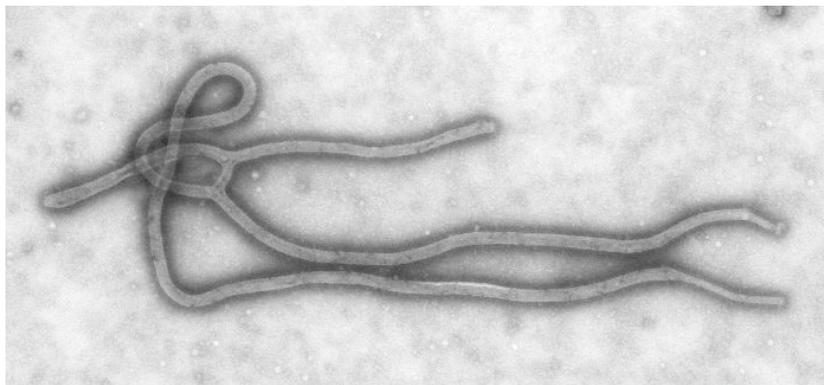
L'ADN: les virus aussi...

■ Les virus

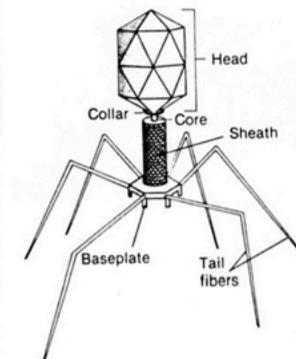
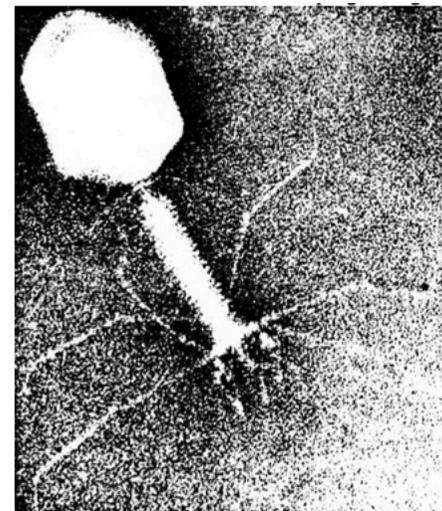
- pas de métabolisme => « mort », cristallisables...
- ADN ou ARN injecté chez l'hôte et multiplié par l'hôte
- minuscules (ordre du nm => 250 nm) (millième du millièmètre)
- insensible aux antibiotiques

source:

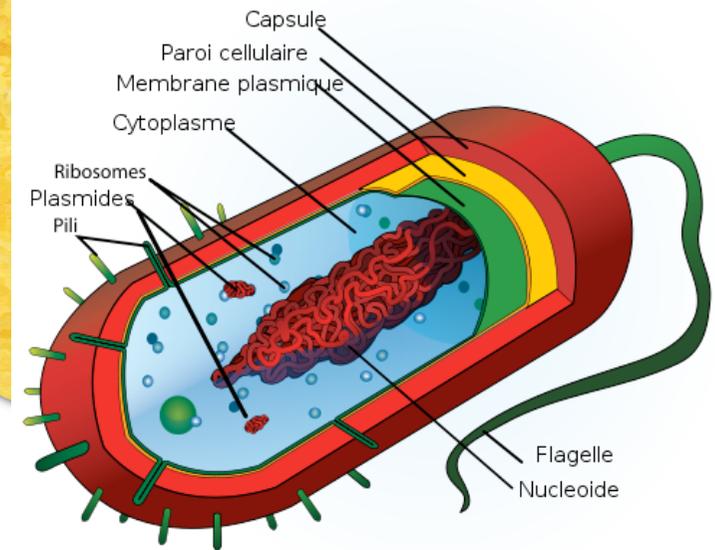
<http://textbookofbacteriology.net>



virus Ebola – photo C. Goldschmidt
source: Wikipedia

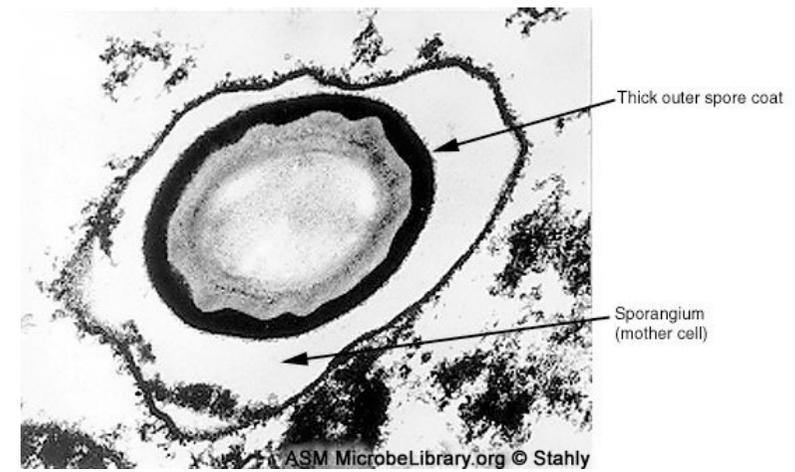
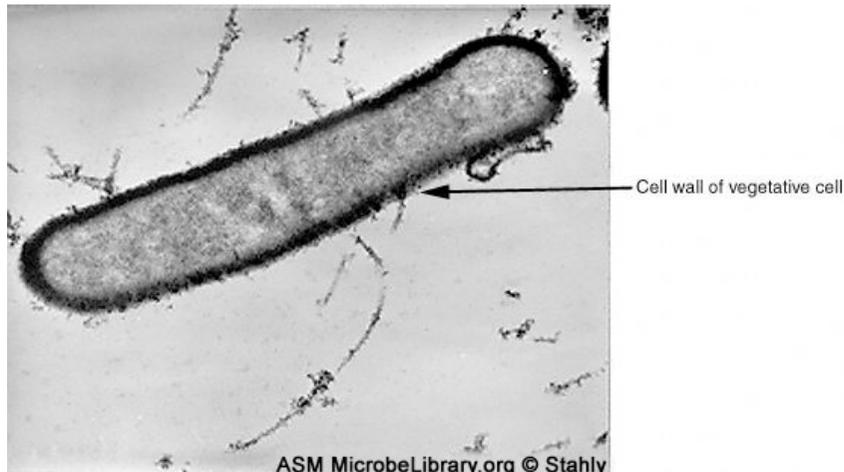


L'ADN, les bactéries aussi...

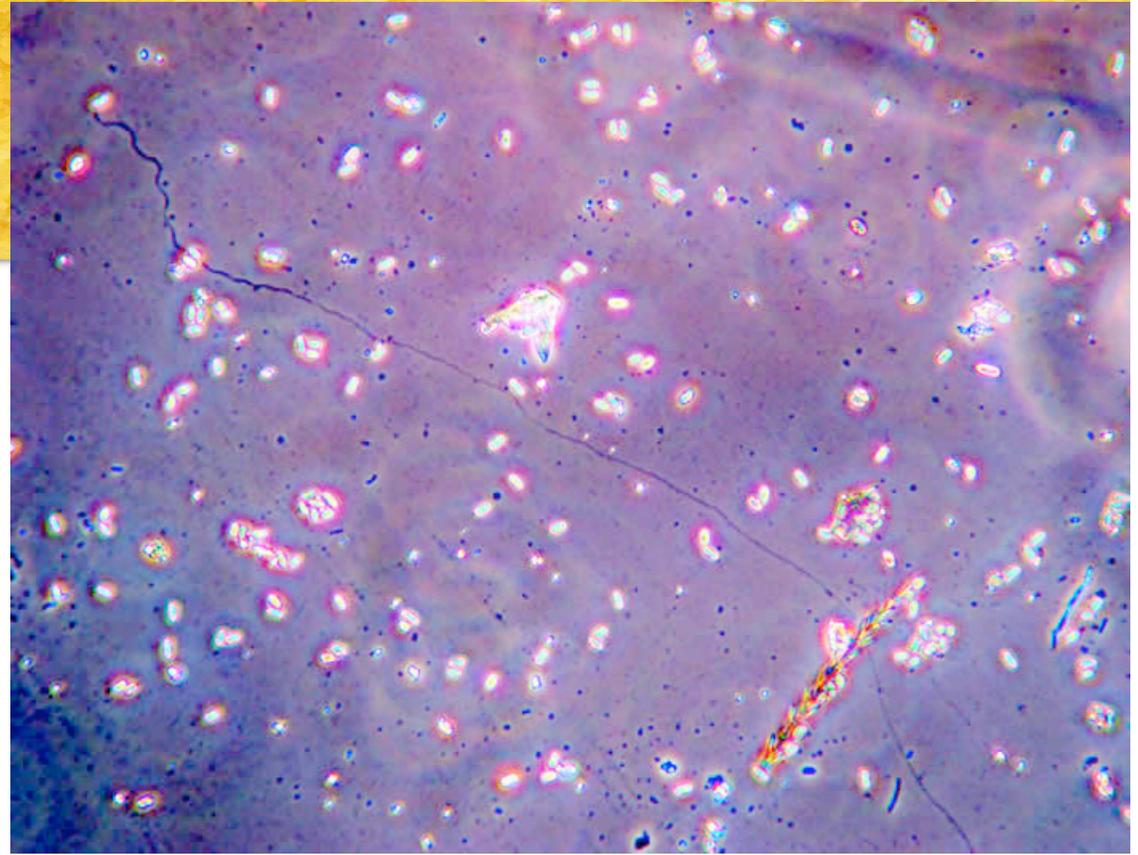


■ Bactérie:

- plus grandes (0,5 à 3 μ m)
- filament d'ADN unique, pas de noyau
- certaines sporulent: spores résistantes (désinfectants, antibiotiques, rayons γ , chaleur...) ex: *Paenibacillus larvae*

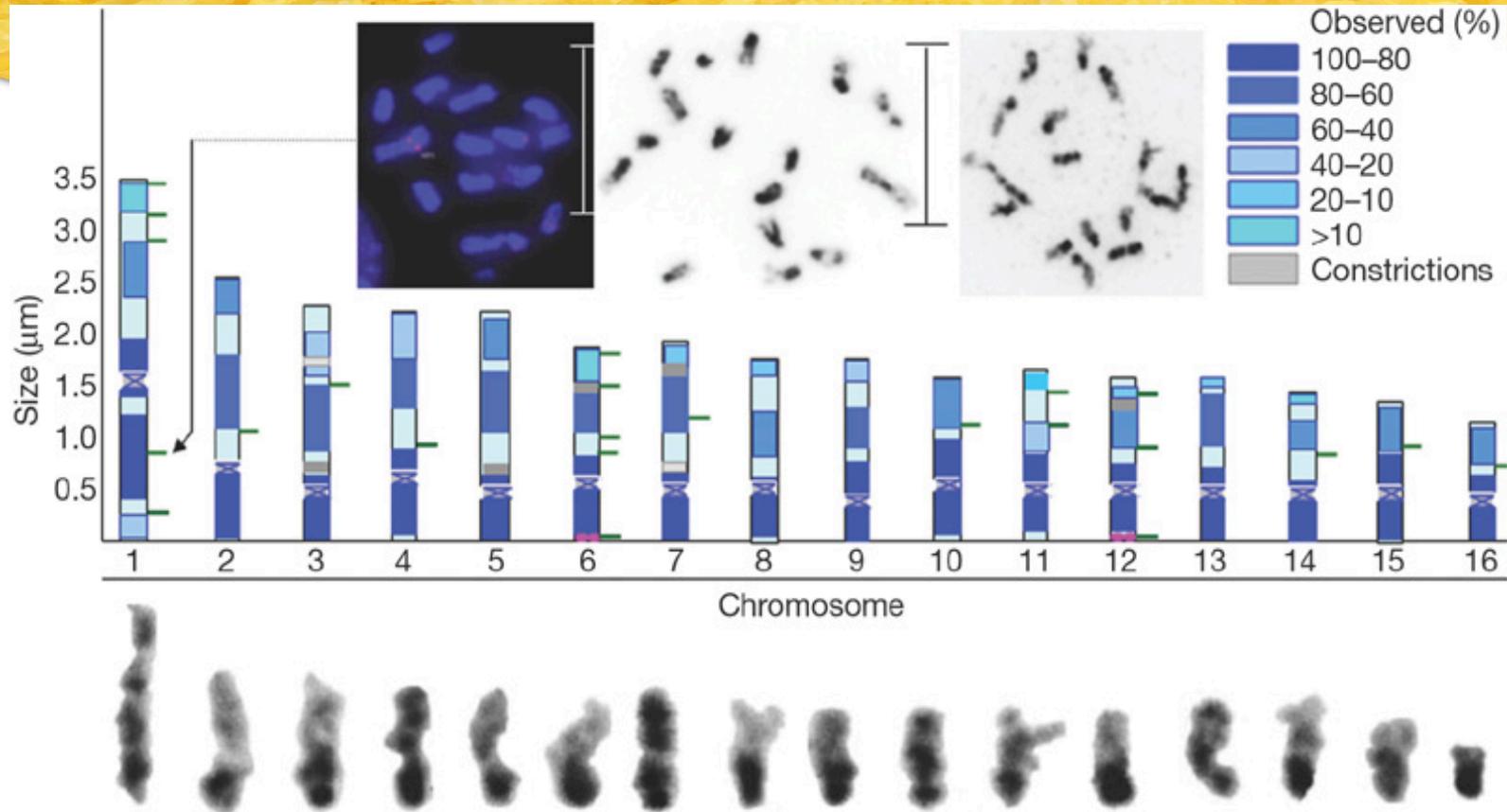


... et d'autres microbes



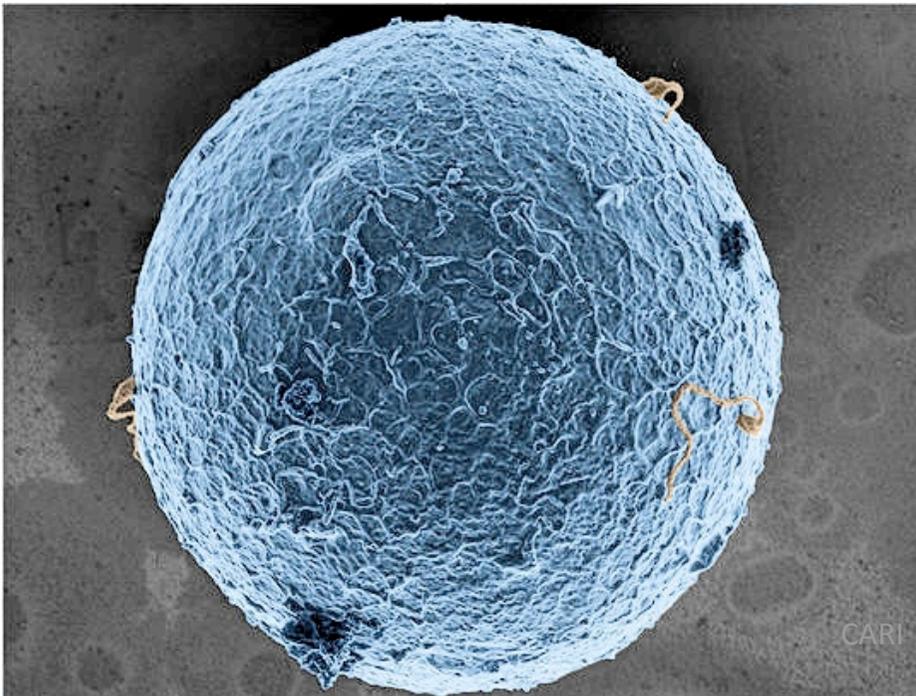
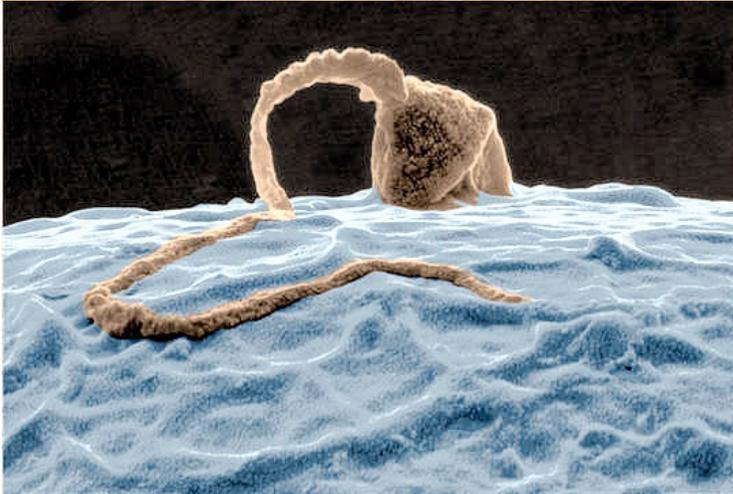
- **Microsporidies**
 - forment des spores
 - ... qui dans le milieu interne jettent un filament
 - ... qui pénètre une cellule de l'hôte
 - un petit embryon cellulaire pénètre la cellule-hôte par le filament, se nourrit du contenu de la cellule et s'y multiplie

L'abeille, patrimoine génétique

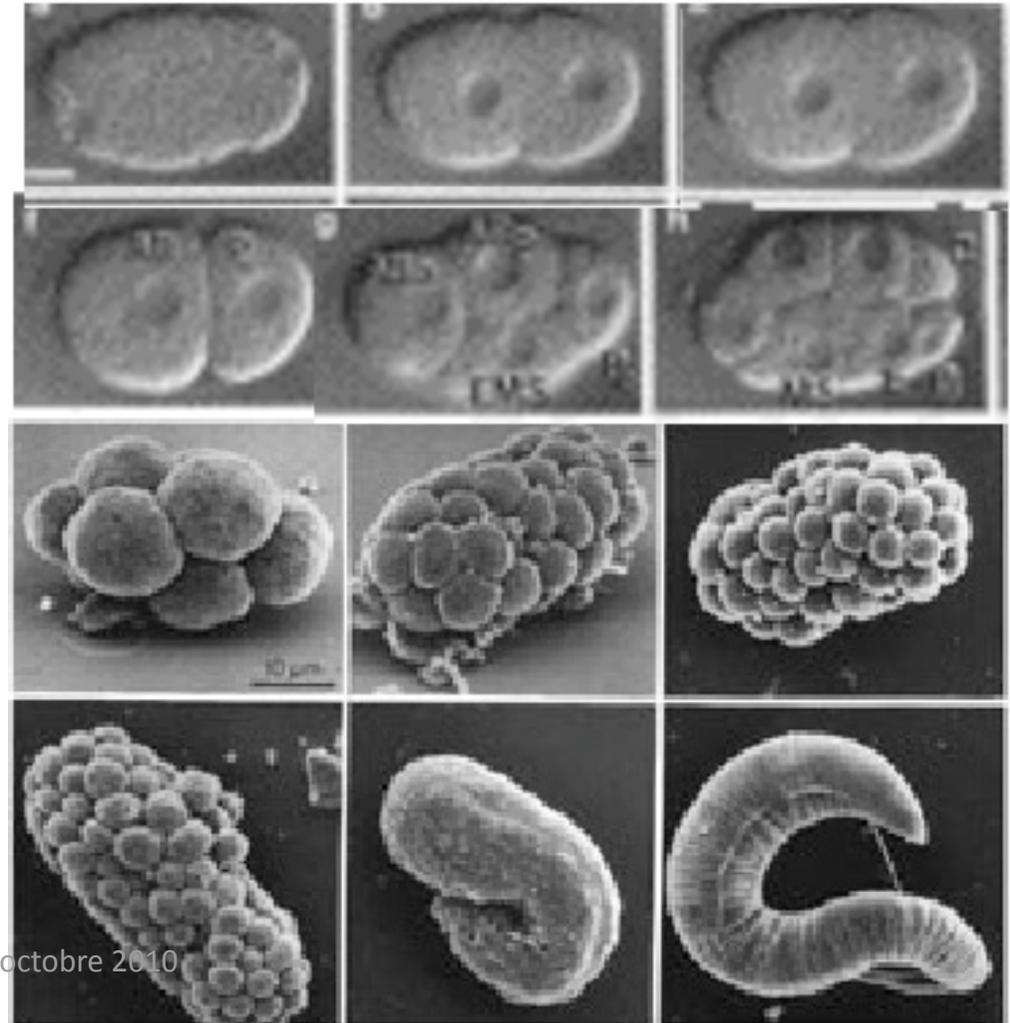


- Ouvrière: 16 paires de chromosomes
 - Mâle: 16 chromosomes

... = patrimoine génétique
= héritage parental

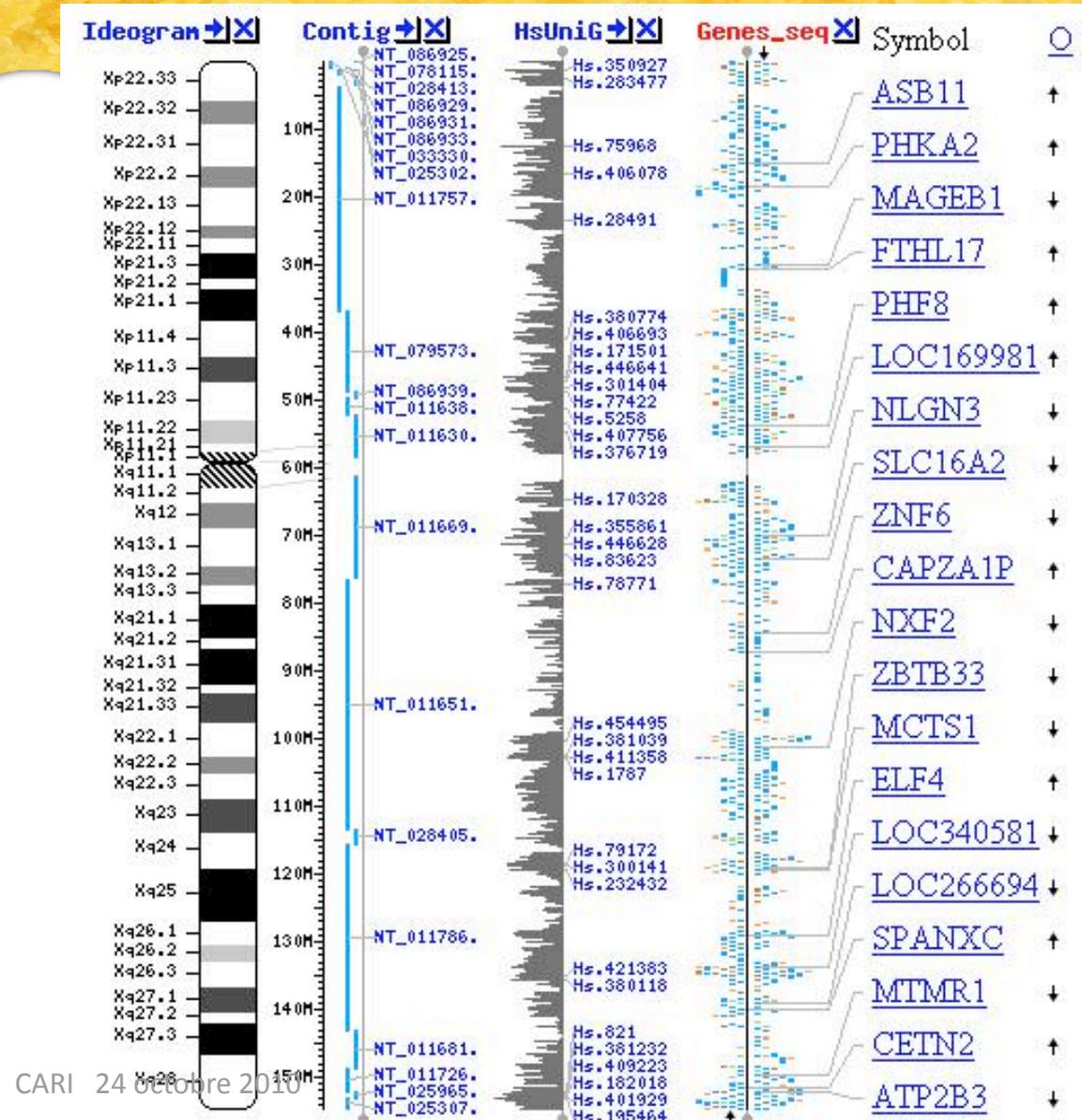


CARI 24 octobre 2010



Gènes et génome...

- Portion d'ADN qui code pour une caractéristique donnée = un gène
- Ensemble des gènes d'un individu/d'une espèce = génome
- Génomique = science qui décode/interprète le génome des espèces
 - pour établir l'évolution
 - pour appuyer les autres données de la biologie



L'abeille, un génome décodé...

- Comparaison avec d'autres génomes décodés
 - souris, homme... et insectes: Drosophile, Anophèle
 - nombre de gènes pas proportionnel au niveau d'évolution!
 - une amibe a 200 x plus de gènes que l'homme...
 - abeille: 10 000, drosophile: 13 600...
 - homme: 25 – 30 000
 - nombreux gènes communs entre les espèces!
 - mais types de gènes révélateurs des particularités de l'espèce



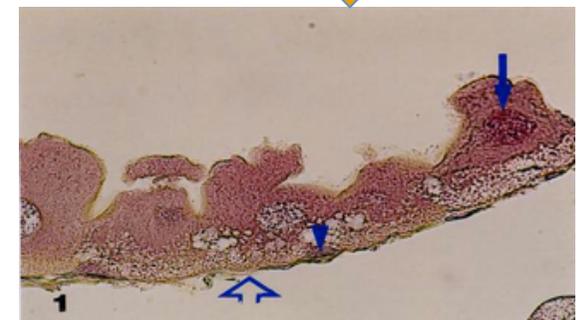
L'abeille, un génome particulier...



- Par rapport aux autres insectes:
 - gènes nouveaux (ex. gelée royale...)
 - plus de gènes codant pour les protéines impliquées dans l'alternance jour/nuit (plus proche des mammifères)
 - plus de gènes impliqués dans le fonctionnement cérébral
 - développement de toute une palette de gènes impliqués dans la reconnaissance des odeurs
 - moins de protéines cuticulaires => moindre résistance aux agressions extérieures
 - moins de gènes pour la défense contre les maladies (moins des 2/3 pour une classe de gènes)
 - moins de gènes pour les enzymes de détoxification
 - ex pour deux gènes impliqués dans la résistance aux pyréthriinoïdes: moins de 50% de l'un, moins de 20% de l'autre par rapport à la drosophile...

L'abeille, un individu...

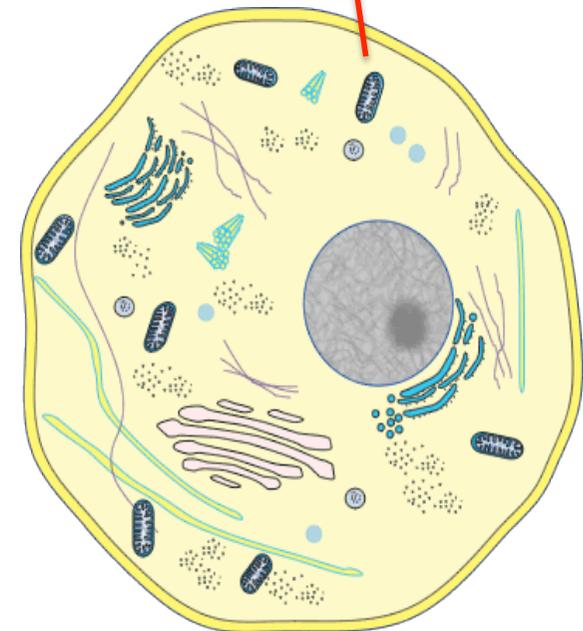
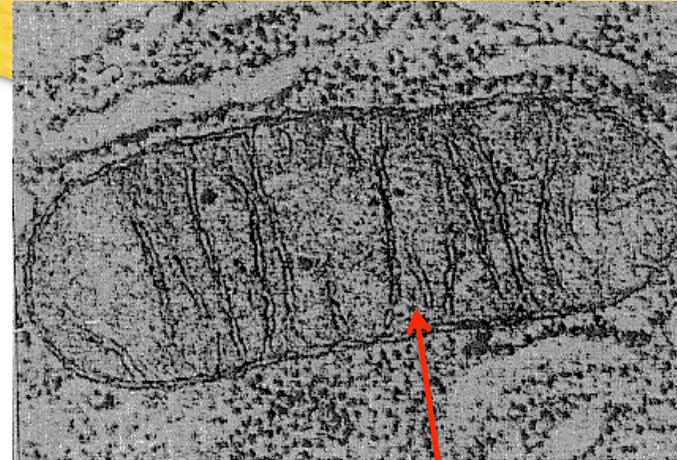
- Individu = inné + acquis
 - inné = génétique, acquis = histoire de l'individu
 - état pathologique
 - de l'inné => importance de la génétique
 - de l'acquis => importance de la conduite, de l'environnement
- Différents niveaux de fonctionnement:
 - un organe ou plusieurs => anatomie
 - un tissu => histologie
 - le fonctionnement d'un organe/tissu => physiologie
 - les réactions chimiques qui assurent le fonctionnement (métabolisme) => biochimie



Exemple 1: la respiration...

Respiration = ?

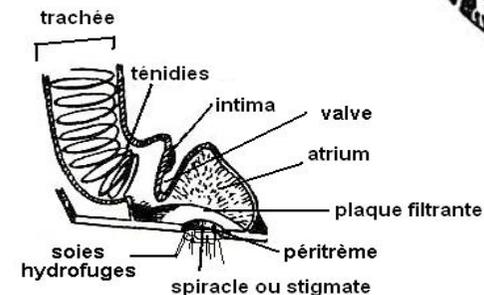
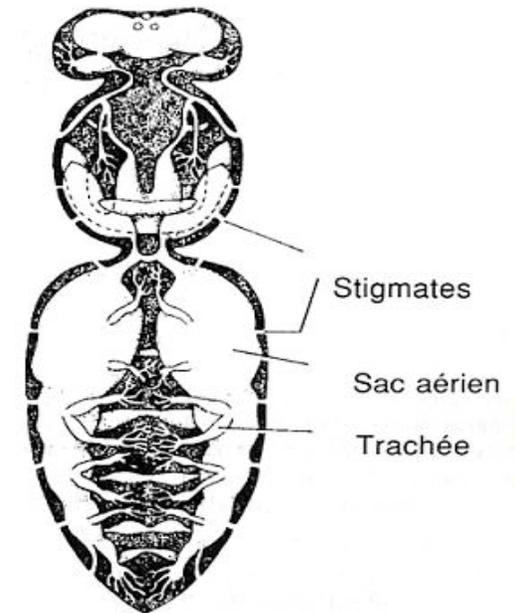
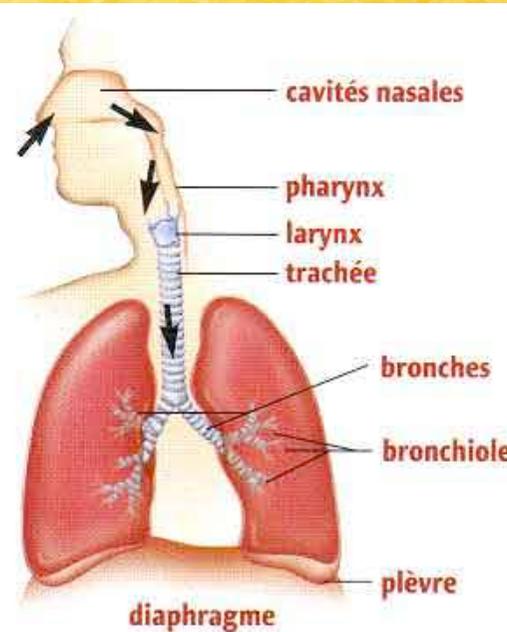
- mouvement qui introduit de l'air (O_2) dans l'organisme: poumons, trachées...
- au niveau cellulaire: réactions chimiques = métabolisme respiratoire = combustion du glucose
 - dans des organites cellulaires = mitochondries
 - réactions chimiques utilisant des catalyseurs = enzymes
 - enzymes respiratoires décomposent la réaction de combustion pour récupérer l'énergie petit à petit



Parenté homme/abeille

La respiration

- Niveau anatomique: organes très différents!
- Niveau cellulaire: mitochondries (pas identiques!)
- Niveau biochimiques: mêmes enzymes (NAD, NADP, cytochromes)



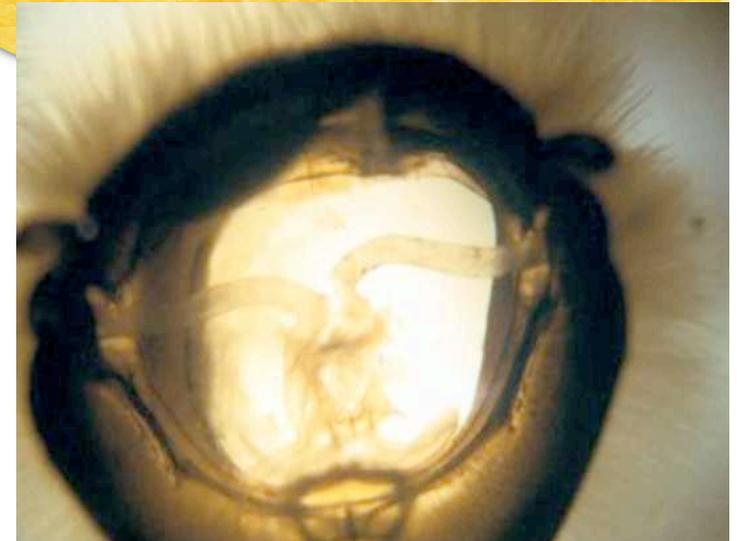
SYSTEME RESPIRATOIRE DE L'ABEILLE
autour du spiracle
D'après Zender et Snodgrass

Systeme respiratoire



source: www.extension.org

Trachées
(abeilles) vs
vaisseaux
sanguins
(homme)

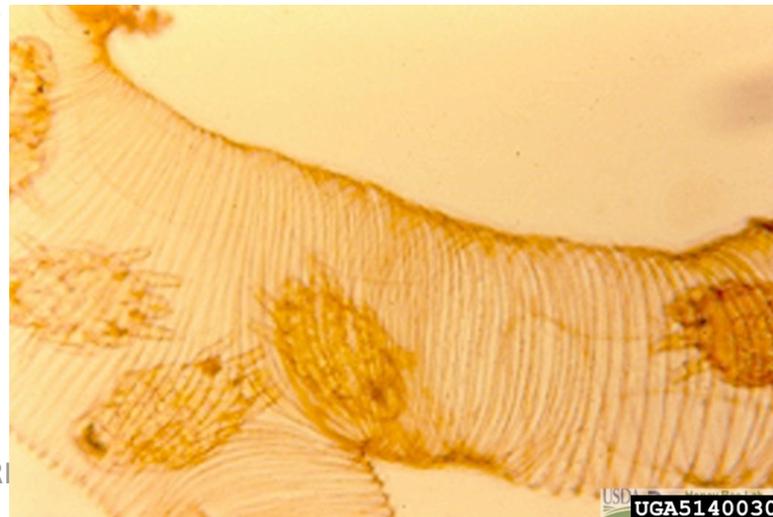


source: encyclopédie universelle



source: USDA

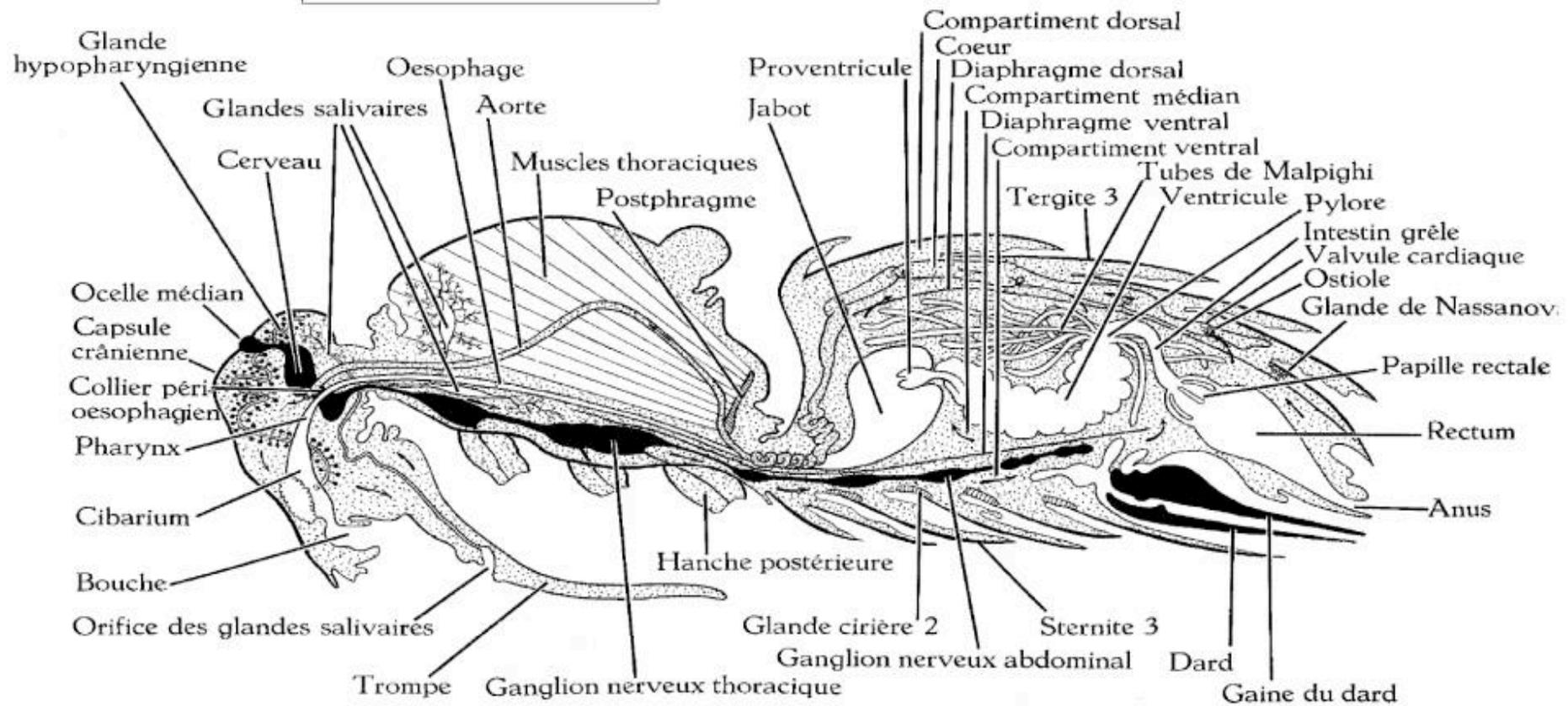
source: www.invasive.org



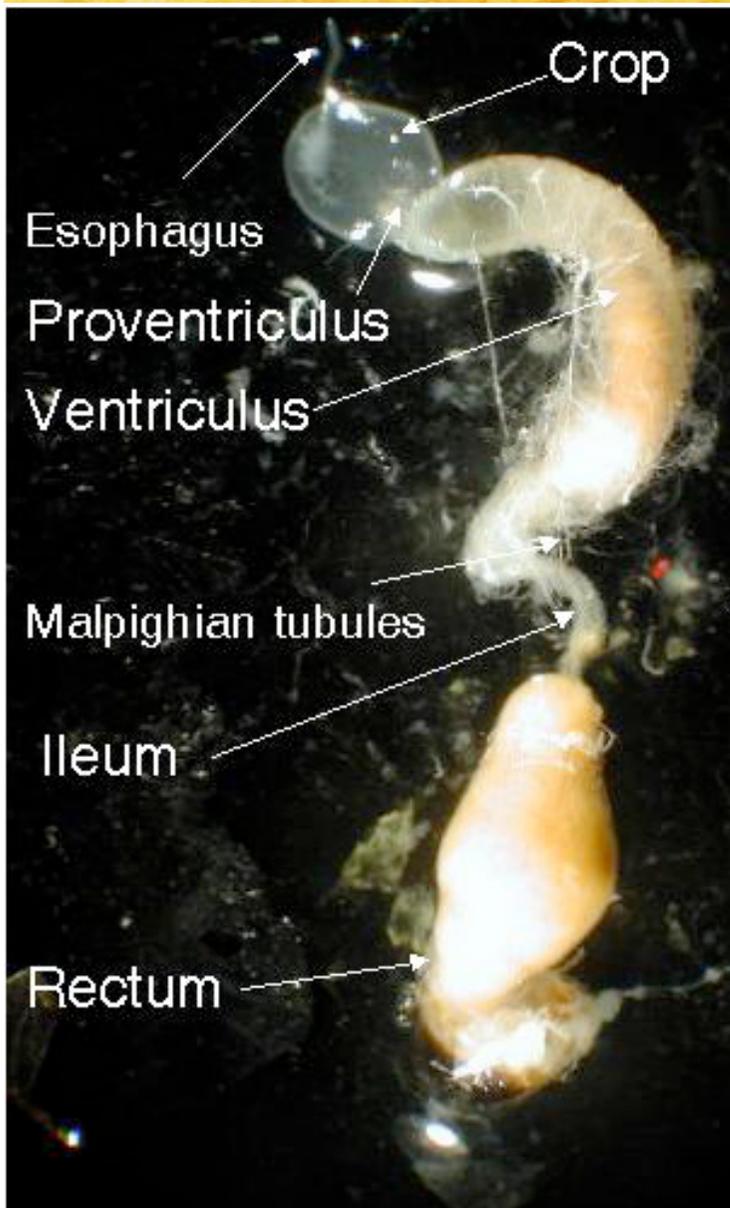
USDA
UGA5140030

Exemple 2: le système digestif...

ABEILLE *Apis mellifera*
ANATOMIE INTERNE

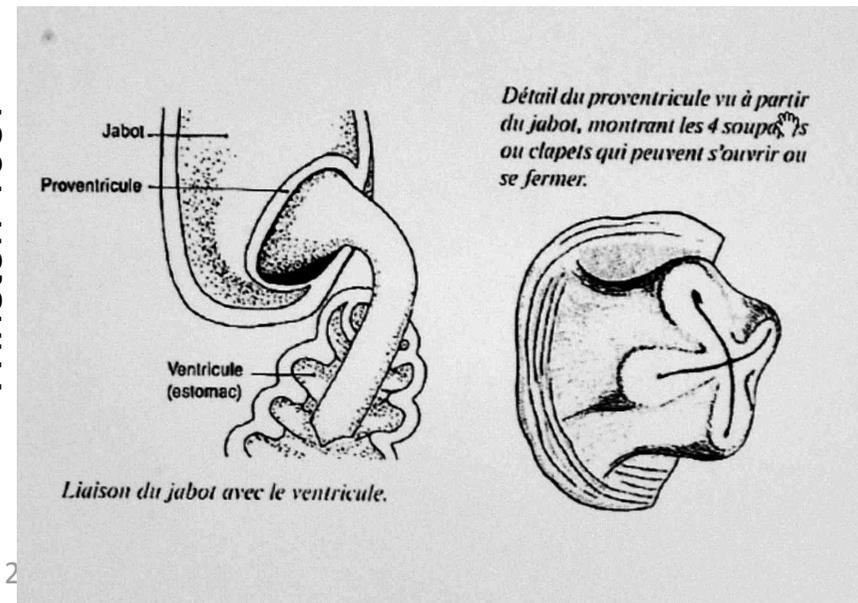


Exemple 2: Tube digestif



- Tube digestif
 - ventricule séparé du jabot => proventricule
 - régule le flux vers le ventricule
 - laisse passer pollen, spores Nosema...

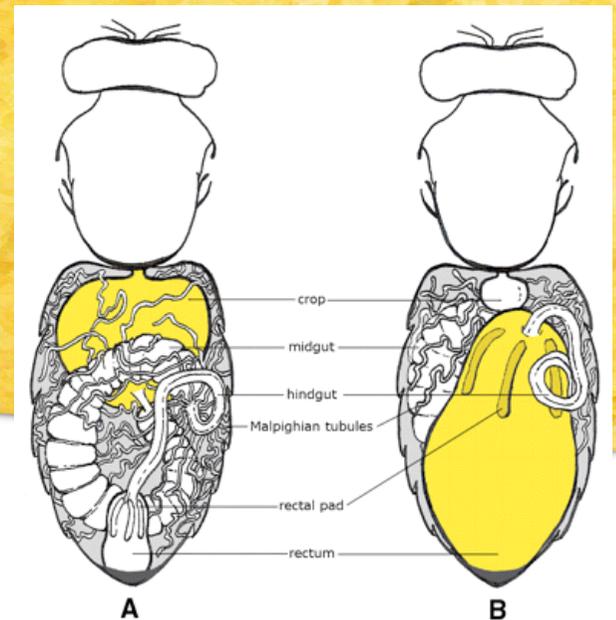
source:
Winston 1987



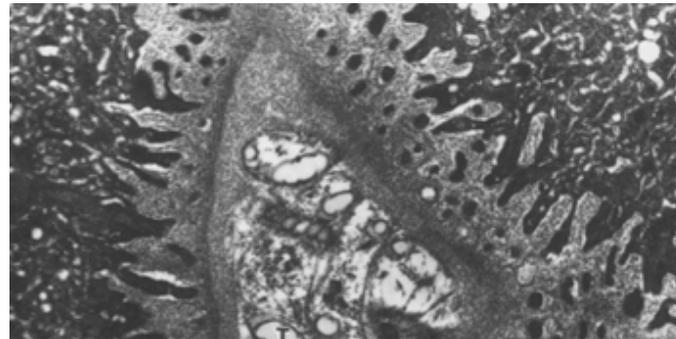
source:
<http://www.extension.org>

Tube digestif

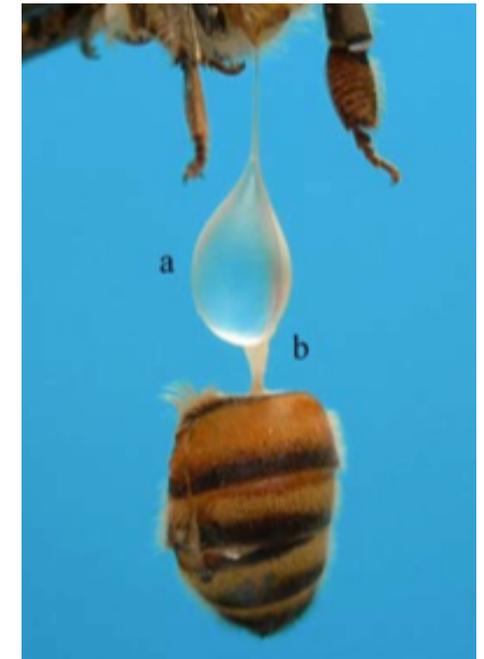
- Jabot – rectum: des proportions variables....
- Ventricule = lieu de la digestion
 - « microvilli » => absorption dans la partie antérieure
 - sécrétion d'enzymes dans la partie postérieure => parentes de celles existant chez l'homme (phosphatase, estérases...)
 - bactéries lactiques



source: Olofsson 2008



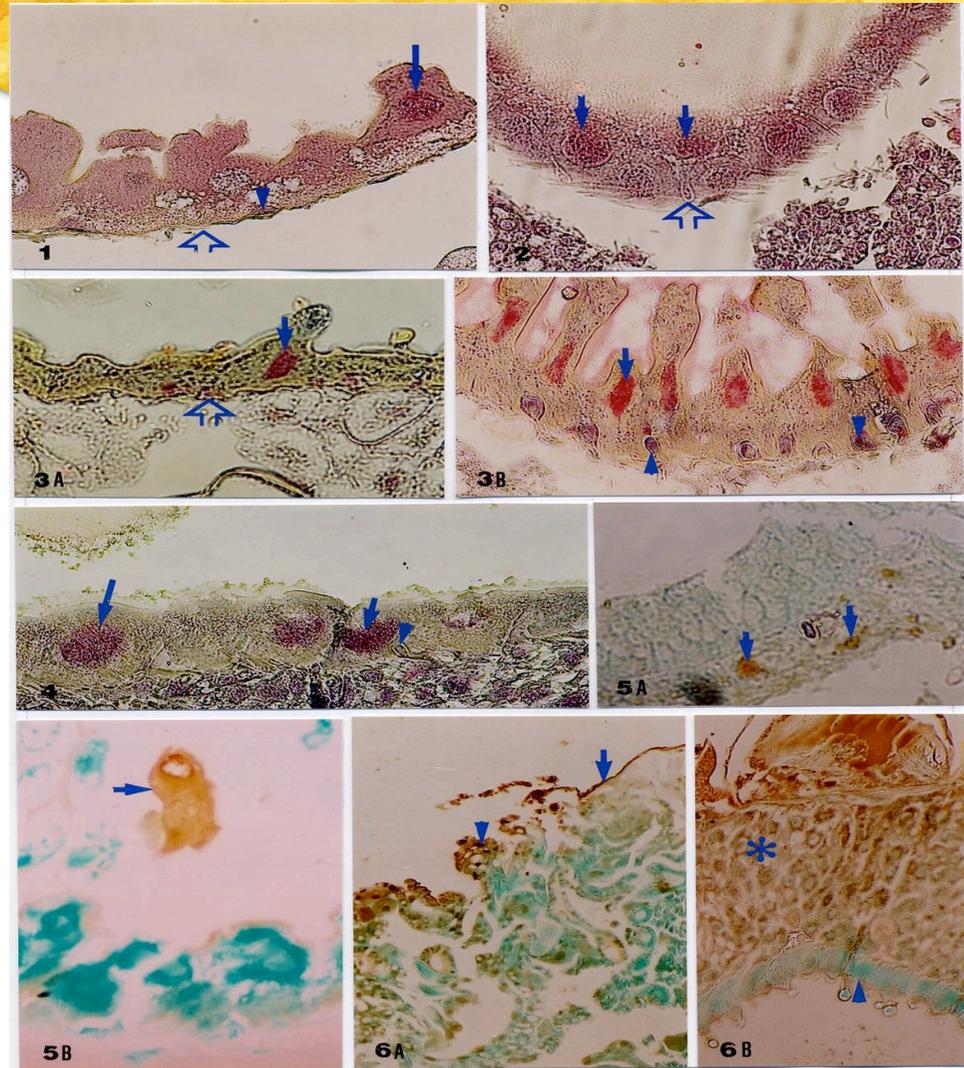
source: Jimenez 1990



source: Nicolson 2008

Tube digestif

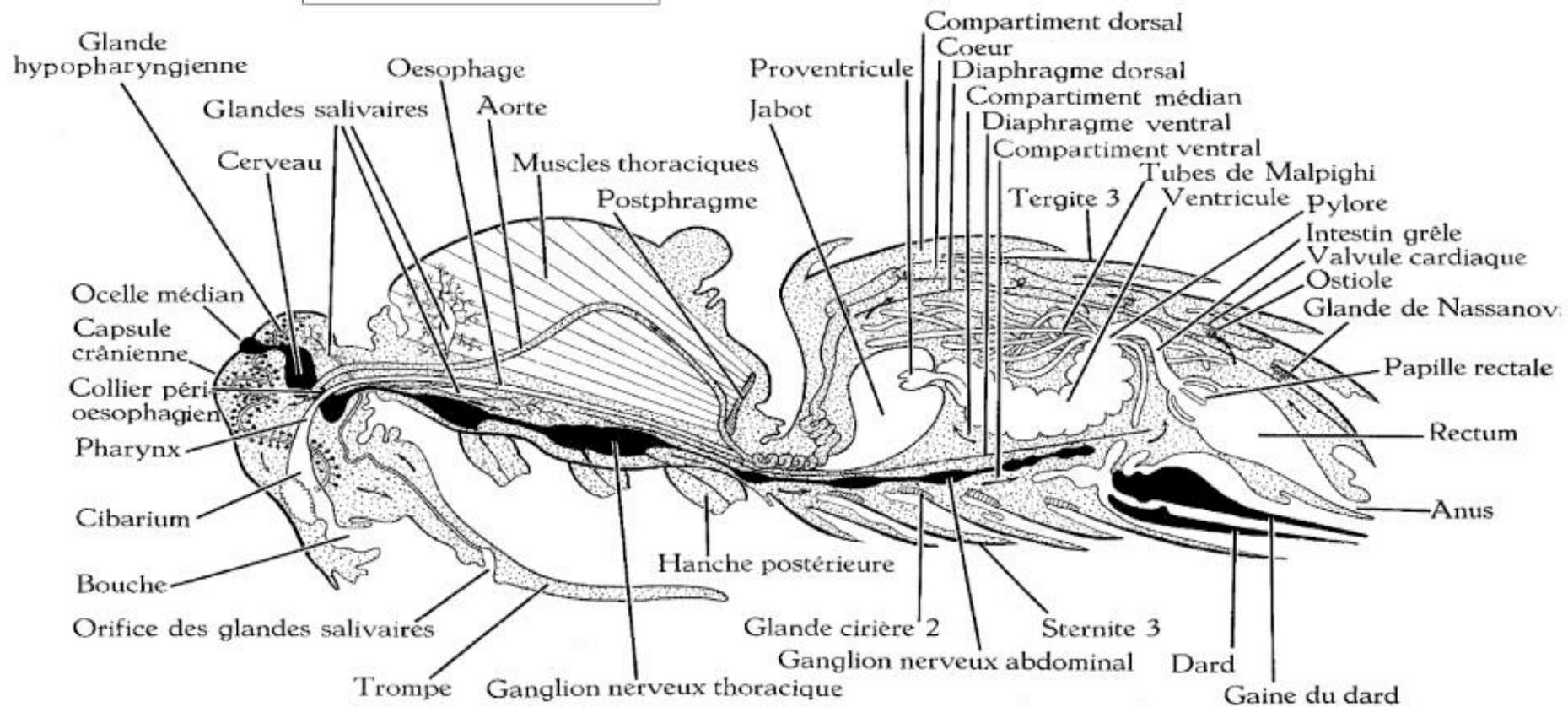
- ... = milieu externe!
 - contact avec les pathogènes (Nosema!)
 - contact avec les contaminants de l'alimentation
- altération du tissu du ventricule
 - exemple: altération des tissus de la larve sous l'effet de l'AO – AF (Gregorc 2004)



source: Gregorc 2004

Anatomie interne: des rappels...

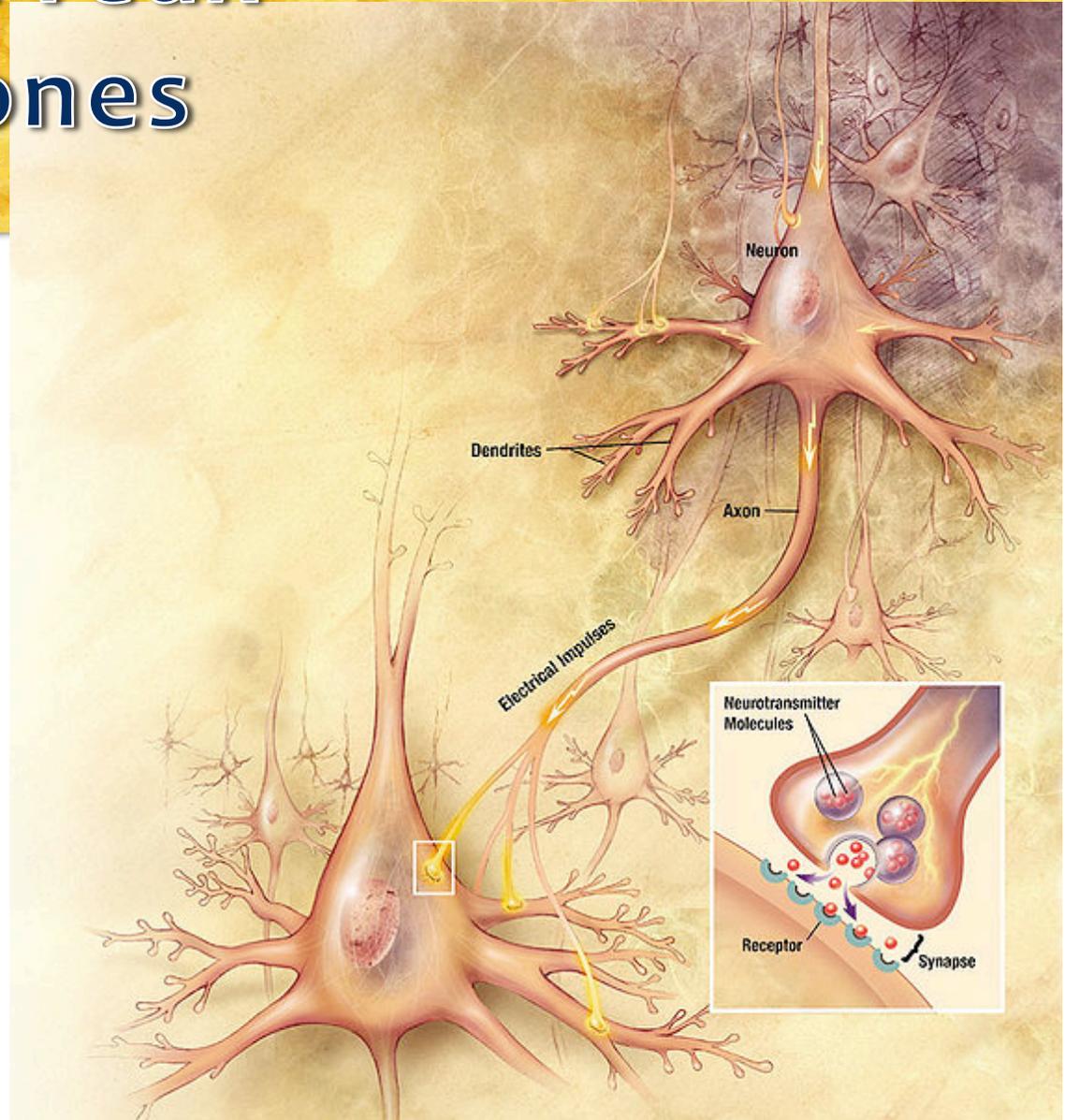
ABEILLE *Apis mellifera*
ANATOMIE INTERNE



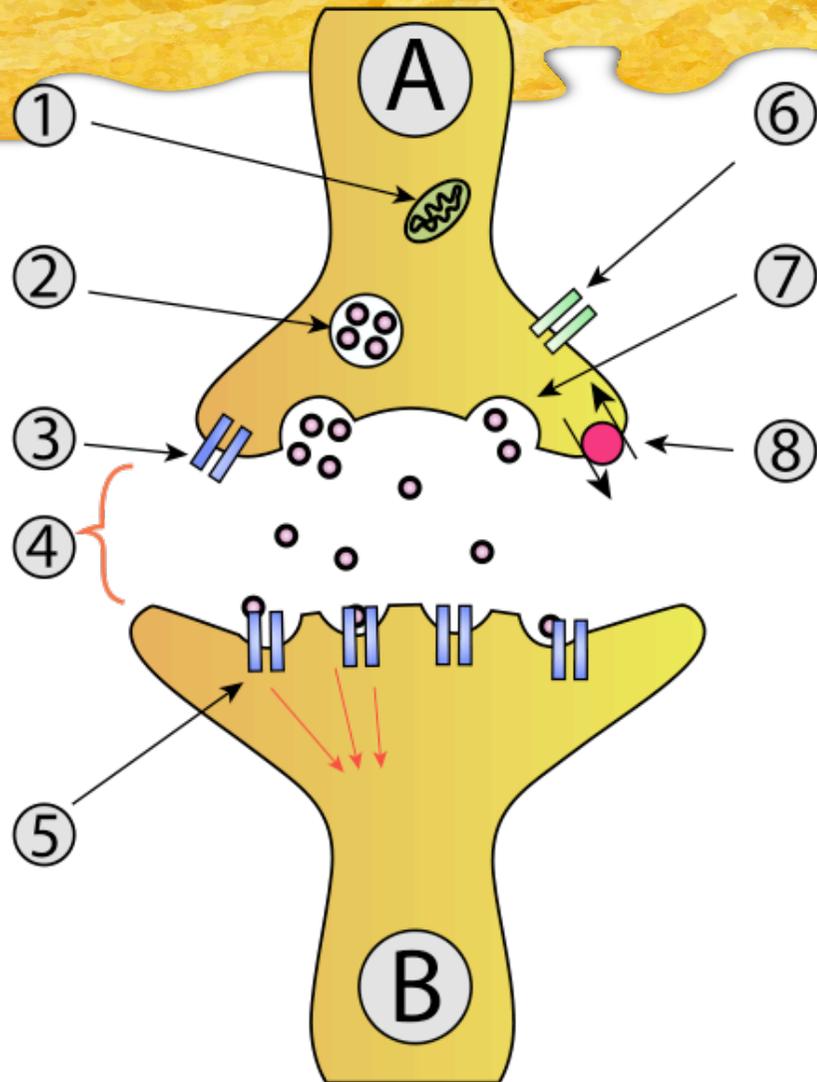
Système nerveux

Les neurones

- Cellules nerveuses = neurones
 - nombreuses connexions
 - longs prolongements = axones = « cables électriques »
- Influx nerveux
 - de nature électrique
 - transmis le long des axones
 - transmis de cellule à cellule par les synapses



Système nerveux: Les synapses



- **Transmission de l'influx**
 - neurotransmetteurs
 - neurorécepteurs
 - destruction du transmetteur par une enzyme après passage de l'influx
- **Influence sur**
 - motricité
 - homéostasie
 - comportement
 - importance pour l'individu
 - importance pour la colonie (effets sublétaux des maladies/des contaminants)

source:

CARI 24 octobre 2010

Systeme nerveux

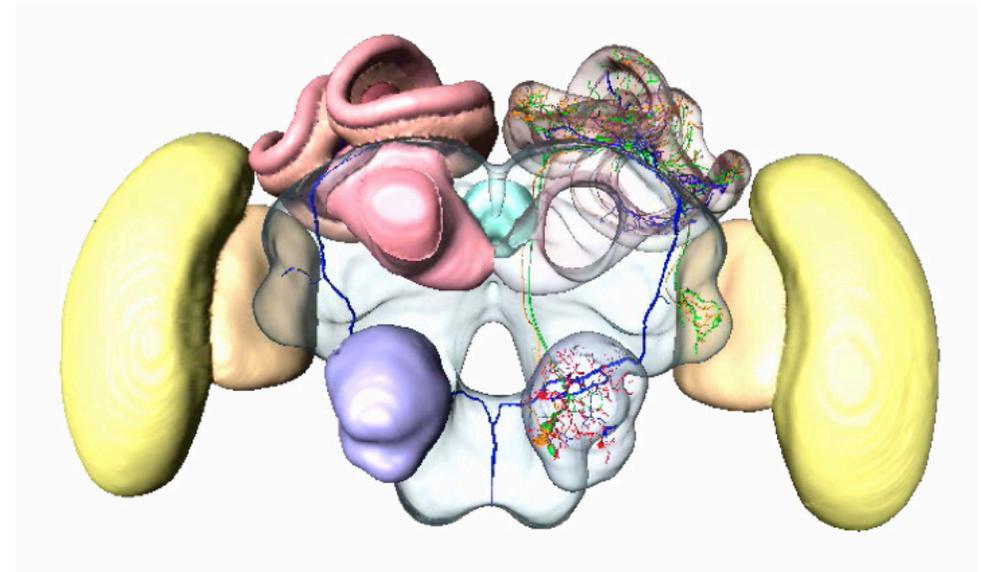
Le cerveau

- **Mini-cerveau**

- 960 000 neurones (homme: 100 milliards!)
- mais complexe:
 - centre récepteurs (lobes optiques, antennaires...) => réceptionnent l'information
 - centre intégrateurs (corps champignons) => traitent l'information
- différents neurotransmetteurs selon le site/ la tâche effectuée
 - mémorisation des odeurs: octopamine
 - corps champignons: acétylcholine

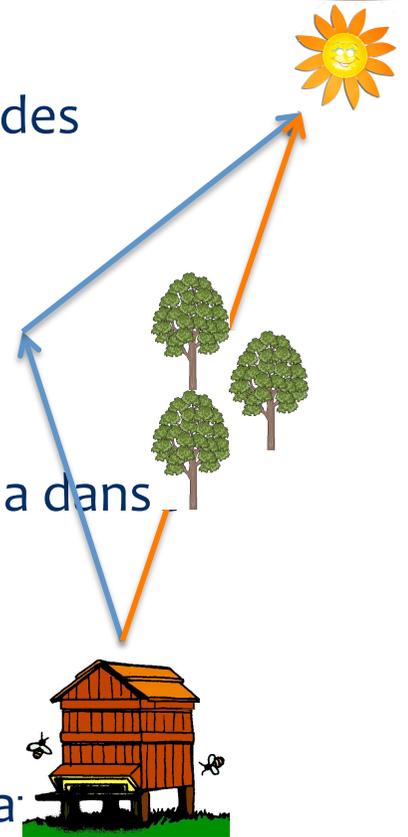


source: R Menzel 2009



Des capacités surprenantes...

- L'abeille est capable...
 - de mémoriser des odeurs (fleurs, test du PER), des couleurs, des symétries => sources de butinage
 - mémoire à court, moyen, long terme
 - acquisition – extinction mémorielle
 - de mémoriser des trajectoires et des directions (danse)
 - d'assimiler/synthétiser des paramètres et de les traduire par la danse
 - de réagir adéquatement aux paramètres de la ruche:
 - phéromones
 - CO₂, température, humidité...
 - de comparer des informations mises en mémoire aux informations perçues et d'en déduire des choix => capacités cognitives



Parenté homme/abeille...



- **Anatomie: quasi nulle**
 - car autre lignée évolutive
- **Histologie**
 - des points communs (ex: globules blancs : plasmocytes, granulocytes)
- **Biochimie**
 - parenté certaine: identité de nombreuses substances: neurotransmetteurs, enzymes...
 - car origine commune des êtres vivants
 - car Nature = loi du moindre effort

Vivant = jeu de Lego

La colonie, un superorganisme

- Vie de la colonie = résultat d'un travail organisé
 - impliquant de dizaine de milliers d'individus ...
 - ... qui ont entre eux des relations réciproques => système
 - impliquant un grand nombre de tâches...
 - ... corrélées entre elles et régulées
- Ruche = organisme colonial
 - potentiel de reproduction: un seul individu
 - grand mécanismes régulateurs (t°...) => colonie (pas de l'individu)
 - incapacité complète de l'individu à vivre seul

Colonie d'abeilles = « mammifère à plusieurs corps » (J. Tautz)



photo E. Tourneret

Parenté homme/abeille

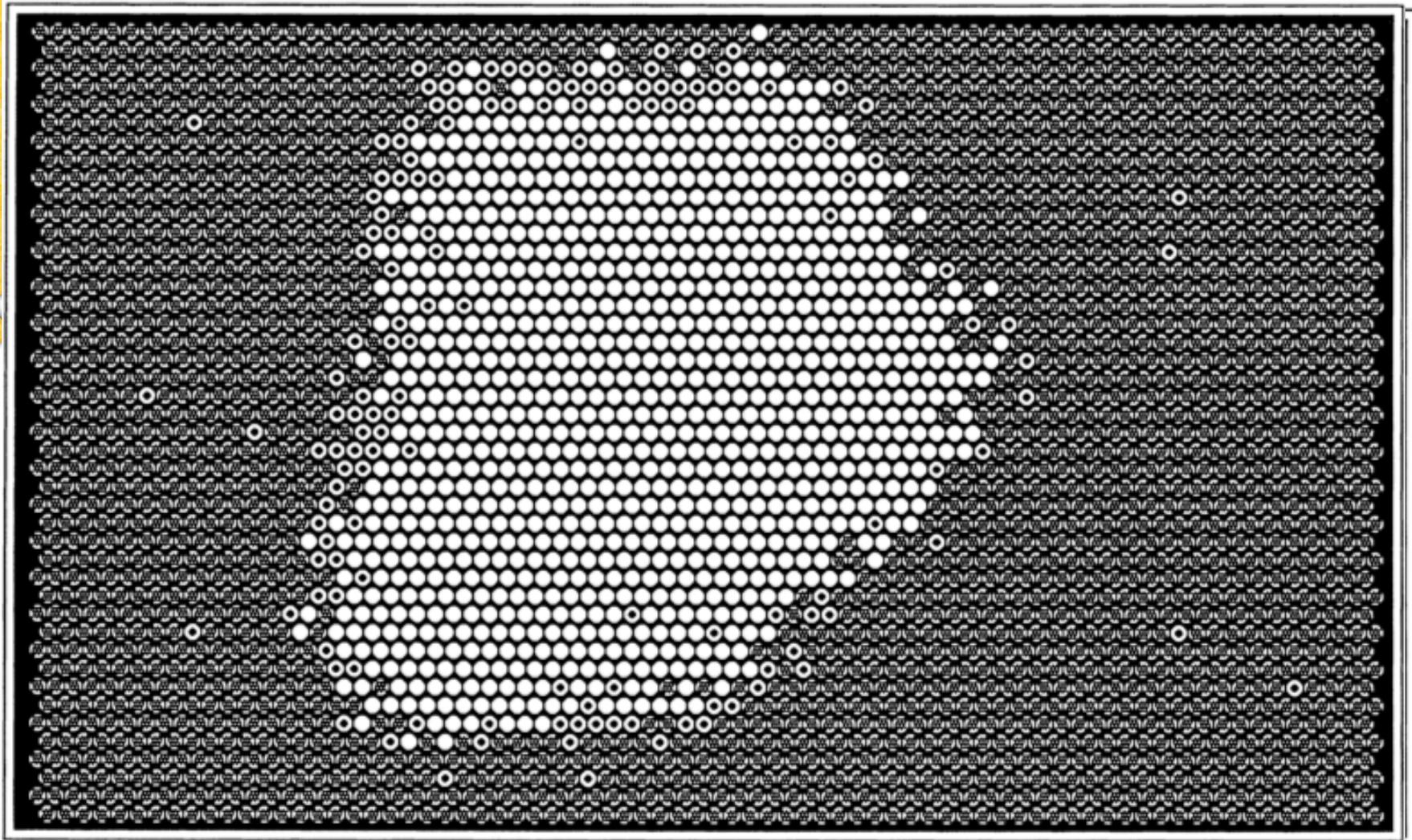


■ Deux espèces sociales

- pas un hasard!!!
- « sommets évolutifs » => intérêt de la solidarité pour la survie de l'espèce (du groupe / des individus)

■ ... mais des réalités différentes

- les mécanismes régulateurs ne jouent pas au même niveau
- le rapport conscience individuelle/conscience collective est différent
- l'organisation sociale ne s'effectue pas au même niveau



Simulation informatique du remplissage d'un cadre. La reine pond à partir du centre et à moins de 4 cell d'une cell pondue. Miel et pollen sont déposés au hasard, les cellules entamées sont remplies. Ces cellules sont vidées 10 x plus souvent si elles sont entourées de cellules de couvain. Le turnover du miel est de 0,59, celui du pollen de 0,99.

Source: Camazine 2010.

De l'individu à la colonie...

Fonctionnement individuel => comportement => fonctionnement de la colonie



- **Maladie/intoxication: altération**
 - de la santé de l'individu...
 - et/ou du comportement de l'individu...
 - et parfois de la colonie entière : effets létaux – sublétaux,
 - mort possible de la colonie même sans effets létaux sur l'individu

De l'individu à la colonie...

...milieu interne, milieu externe

- **Au niveau de l'individu**
 - barrière : cuticule...
 - milieu externe: extérieur + lumière des organes digestifs
 - milieu interne: reconnaissance des cellules de l'organisme (protéines de surface), exclusion des autres
- **Au niveau de la ruche**
 - barrière: filtrage par les gardiennes
 - reconnaissance des sœurs/demi-sœurs (produits d'imprégnation de la cuticule)



De l'individu à la colonie... ... l'homéostasie



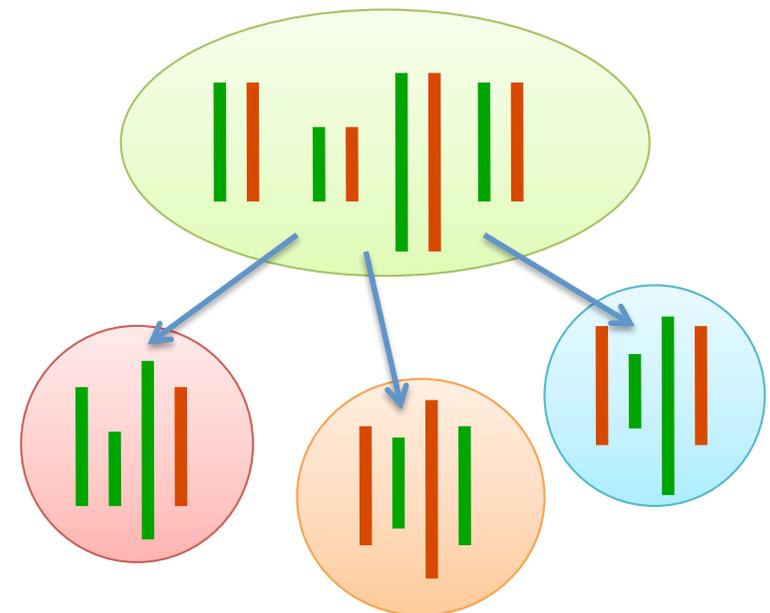
- **Maintien à niveau constant des paramètres de l'organisme**
 - ex. chez l'homme: glycémie, température, ions (Cl^- , Na^+ ...)
 - réglée par le métabolisme (glycémie = hormones, ions = système excréteur...)
 - indispensable à la vie !!!!
- **Abeille: homéostasie individuelle ET collective**
 - niveau individuel: glycémie (hormones)
 - niveau collectif: température, humidité, taux O_2 - CO_2
- **Mécanismes complexes avec boucles de rétroaction**

La colonie, des individus variés



photo E.Tourneret

- Fécondation multiple
 - De 10 à 25 mâles
(moyenne: 18)
 - tous les ovules sont dissemblables
mais parents à 50%
 - les spermatozoïdes forment des lots
par père:
 - à l'intérieur des lots ils sont tous
identiques,
 - de lot à lot ils sont semblables à 50%
(même mère) ou à 0% (mères
différentes)



Structure de la colonie: sœurs, demi-sœurs...

- **Vraies sœurs:**
 - 75% du patrimoine génétique identique
- **Demi-sœurs**
 - Si FB frères: 50% du patrimoine génétique identique
 - Si FB de mères différentes: 25% du patrimoine génétique identique
- **Importance du nombre des FB**
 - 8 FB frères: 53% de parenté moyenne
 - 8FB de mères #: 31% parenté moyenne
 - 20 FB de mères différentes: 27,5%
 - 101 FB de mères différentes: 25, 5%

Importance fondamentale de la
variété:
diversité des tâches
diversité des seuils!!!



... la parole est à vous!

Des sources :

Eric Tourneret: Le peuple des abeilles

Encyclopédie universelle: l'abeille

Quand la science s'intéresse à l'abeille...

- **La biologie...**
 - étudie le vivant
 - ne peut le saisir dans toute sa complexité...
 - mais en forge des représentations = modèles...
 - ... dans un but fonctionnel
- **La science ne dit pas le vrai...**
 - ... mais s'intéresse au REEL
 - ... crée des outils...
 - ... qui sont performants...
 - ... mais ont des limites.



Illusoire de penser qu'on va saisir le vivant dans toute sa complexité !!!