

Formation et évolution des organes sensoriels chez les insectes

**Conférences Neuro-Évo-Dévo
Masters SCN et GCDE - Université Paris Sud**

**Virginie Orgogozo
Bat. A, 5e étage, Paris 6
Virginie.orgogozo@snv.jussieu.fr**

Introduction. Pourquoi étudier l'évo-dévo des organes sensoriels chez les insectes?

I. Diversité des organes sensoriels des insectes

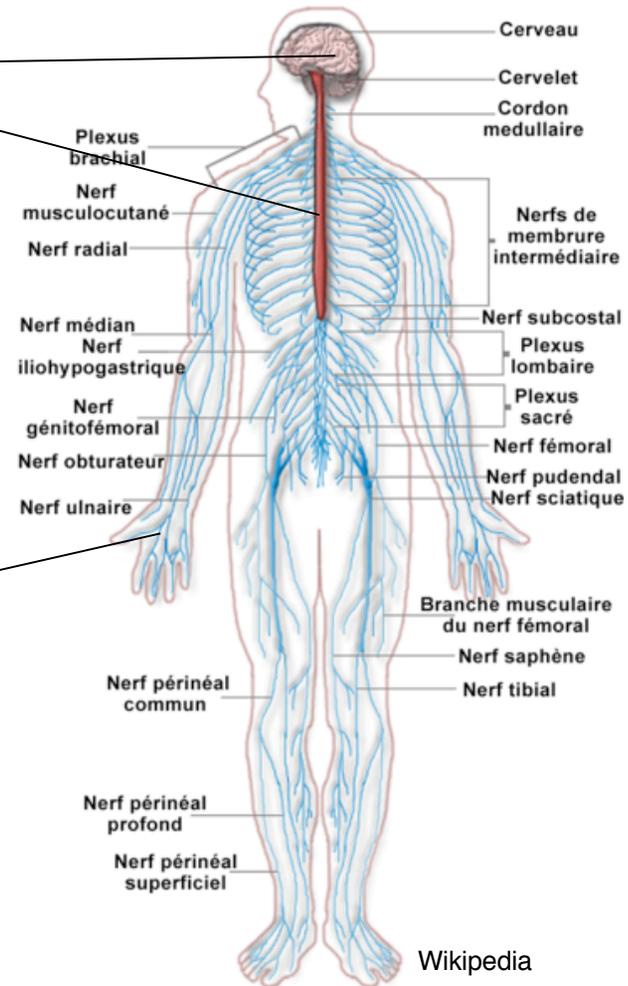
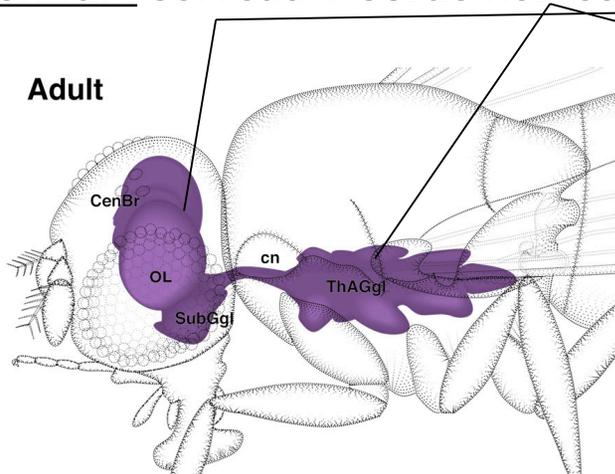
II. Développement des organes sensoriels chez les insectes

III. Évolution des organes sensoriels chez les insectes

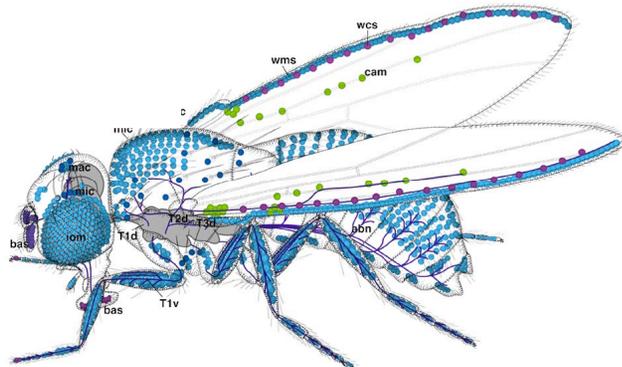
Terminologie

Systeme nerveux : ensemble de organes impliqués dans la réception, la traitement et l'émission des messages nerveux

-> **central : cerveau + corde nerveuse**



-> **périphérique: organes sensoriels**

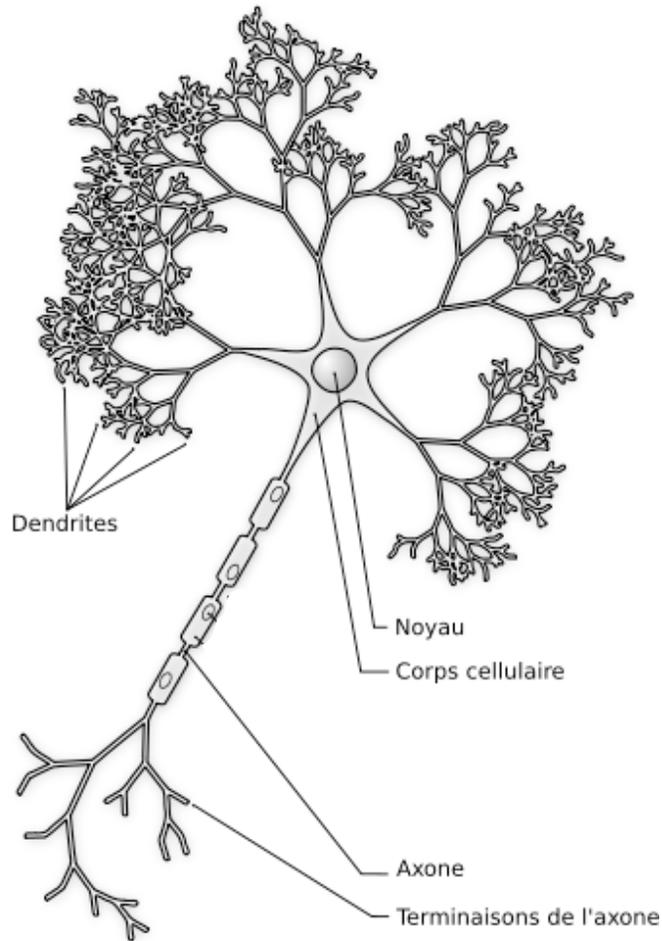


Hartenstein - Atlas of Drosophila Development

Wikipedia

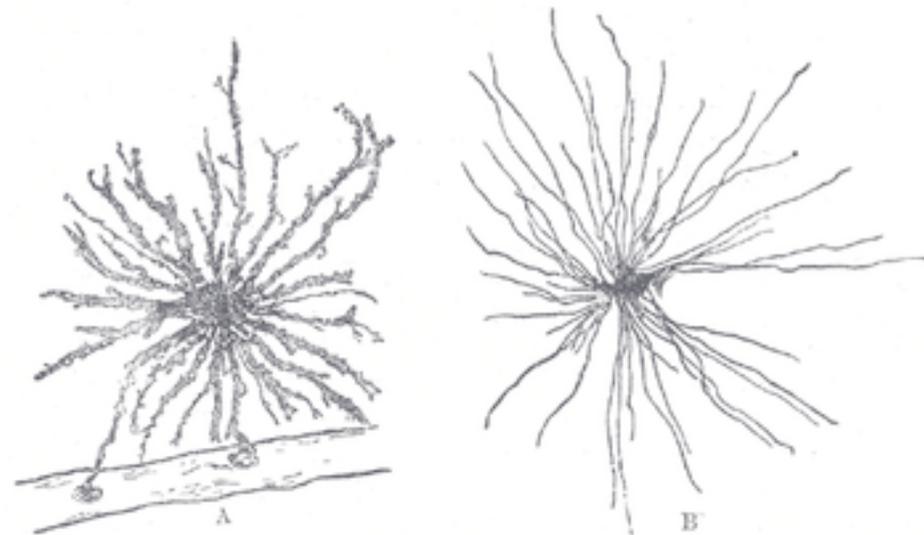
Divers types cellulaires dans le système nerveux

1. neurones



2. Cellules gliales, cellules support, cellules épidermiques, cellules du sang, etc.

soutien, nutrition des neurones, environnement électrique des neurones, protection vis à vis des corps étrangers en cas de lésions, transmission de l'influx nerveux, développement, etc.



Wikipedia

Pourquoi étudier l'évo-dévo du système nerveux ?

1. Comprendre comment des processus biologiques complexes se sont mis en place au cours de l'évolution

Ex: yeux et vision, locomotion terrestre des tétrapodes, vol des insectes, des oiseaux, et des mammifères, langage chez l'homme, écholocation...



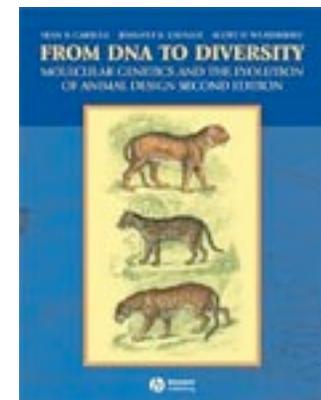
2. Élucider les mécanismes fondamentaux de l'évolution

En utilisant le système nerveux comme modèle d'étude.

Ici = mécanismes génétiques fondamentaux de l'évolution :
peut-on prédire les gènes et les mutations qui sont responsables de l'évolution des traits de caractère ?

“Regulatory sequence evolution are often the basis for the evolution of form”

-> est-ce vrai ?



I. Diversité des organes sensoriels des insectes

a. Divers types d'organes sensoriels

b. Divers positionnements des organes

II. Développement des organes sensoriels chez les insectes

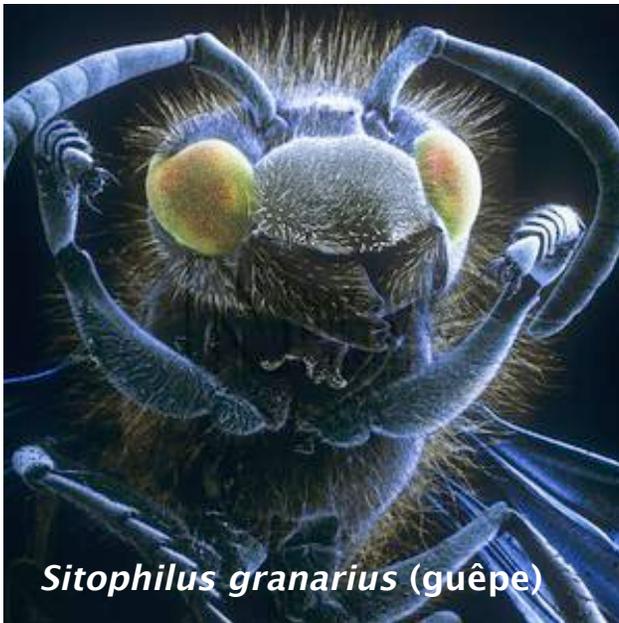
III. Évolution des organes sensoriels chez les insectes

I.a. Divers types d'organes sensoriels

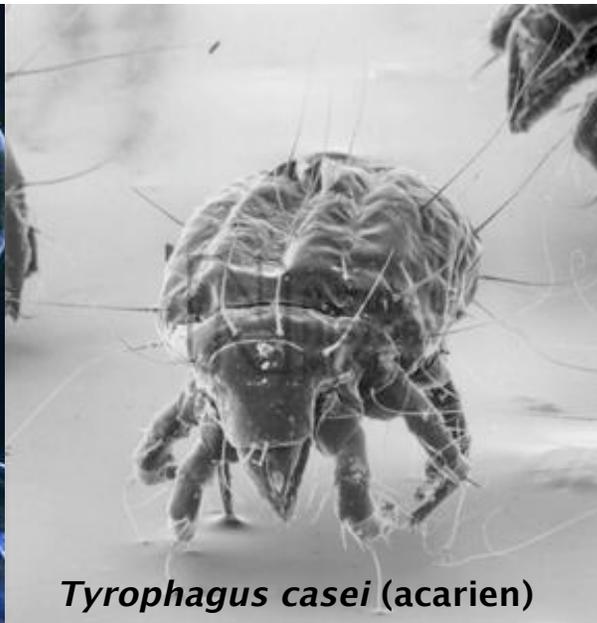
2 types d'organes :

organes sensoriels externes : organes sensoriels visibles à la surface de l'animal
(yeux, organes mécanosensoriels, organes chimiosensoriels, organes olfactifs)

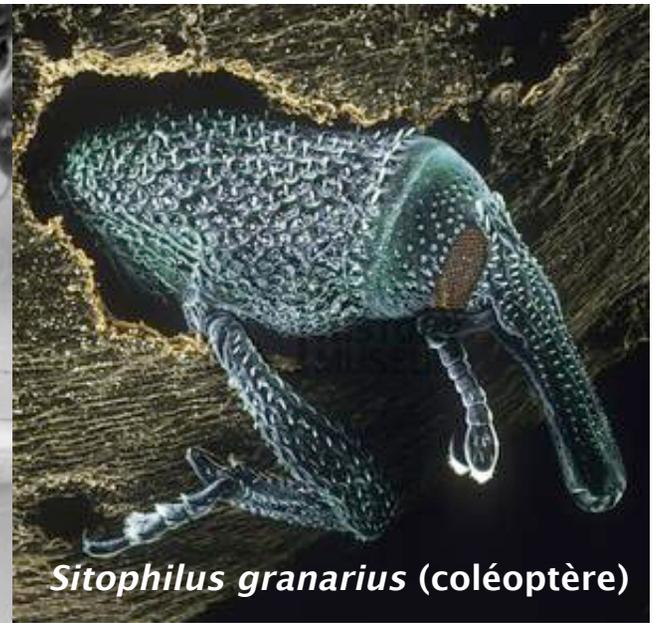
organes sensoriels internes : organes sensoriels non visibles à la surface de l'animal
(organes chordotonaux, neurones multidendritiques)



Sitophilus granarius (guêpe)



Tyrophagus casei (acarien)



Sitophilus granarius (coléoptère)

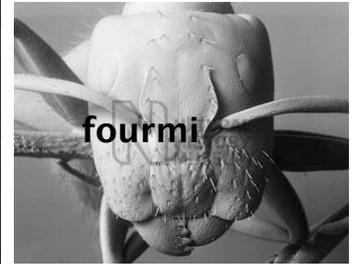
Oryzaephilus surinamensis
(coléoptère)



Cimex lectularius
(punaise des lits)



Vespula vulgaris
(guêpe)



fourmi

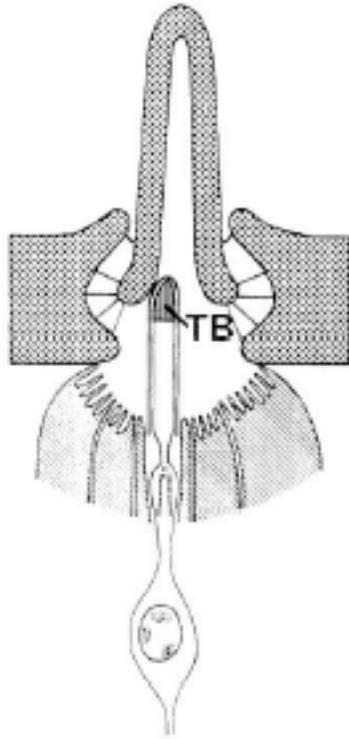
Salticus senecus (araignée)



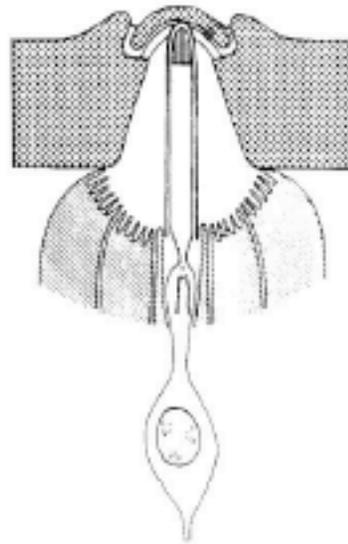
Simulium damnosum (mouche)



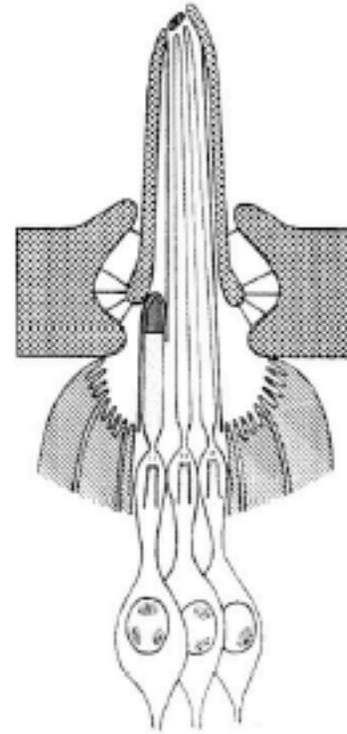
I.a.a Organes sensoriels externes



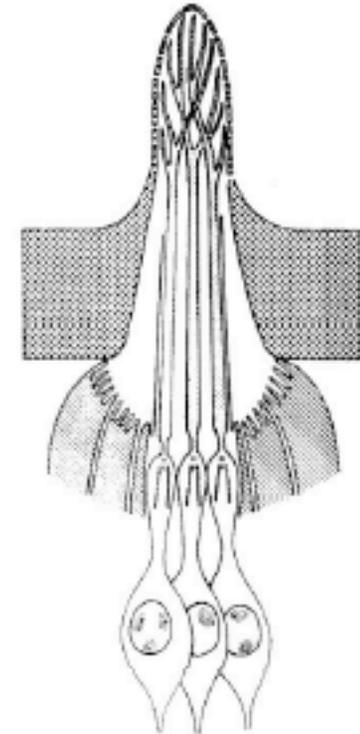
Sensille chétive



Sensille campaniforme



Sensille gustative



Sensille olfactive

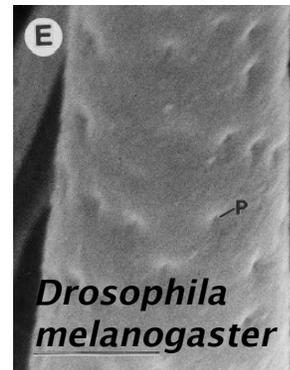
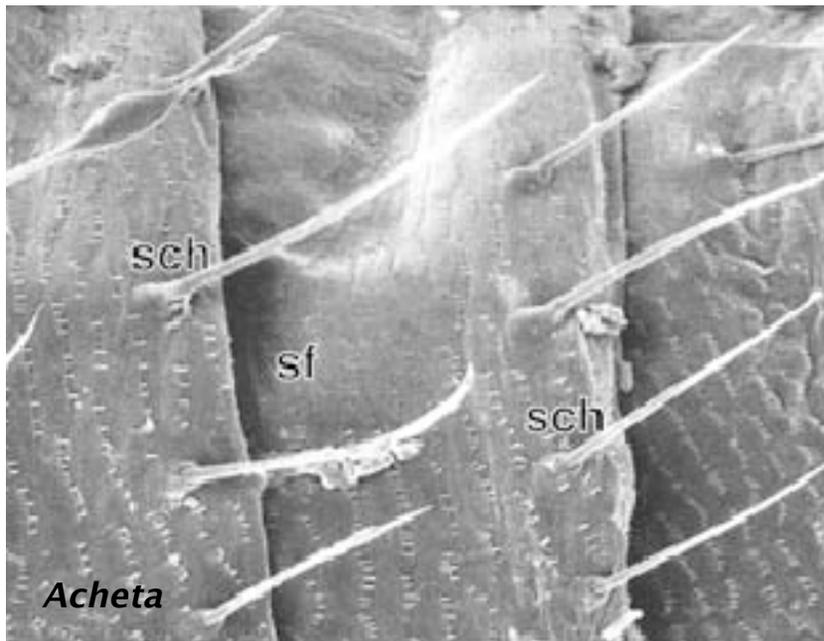
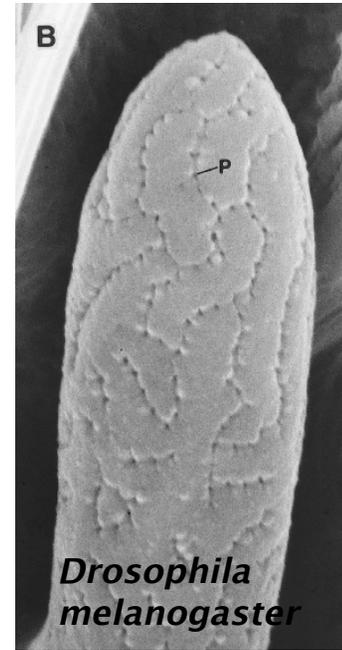
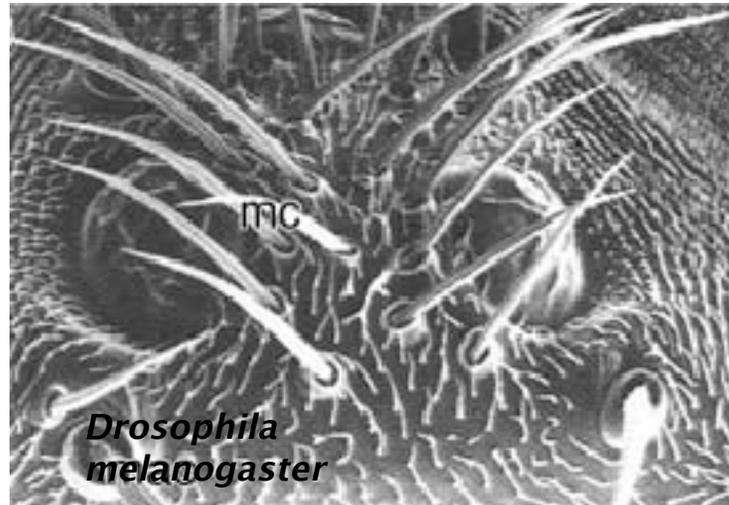
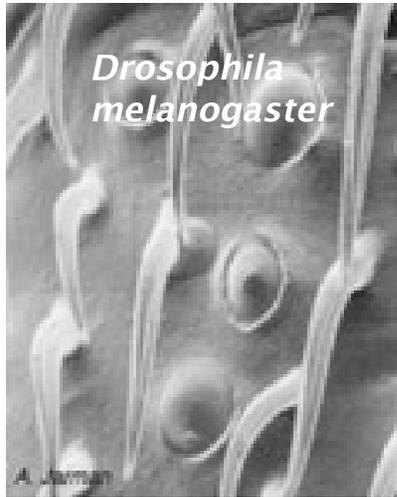
mécanorécepteur

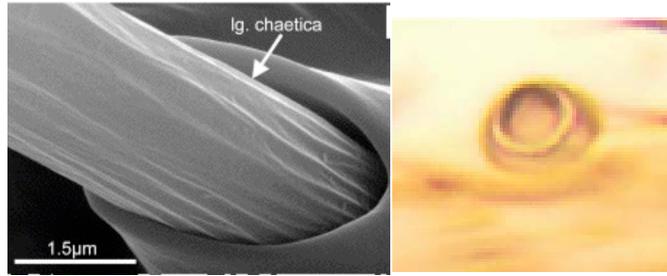
chimiorécepteur

- * pas de pores à la surface du poil
- * un seul neurone (chez la plupart des insectes)

- * un pore à l'extrémité de la sensille
- * plusieurs neurones

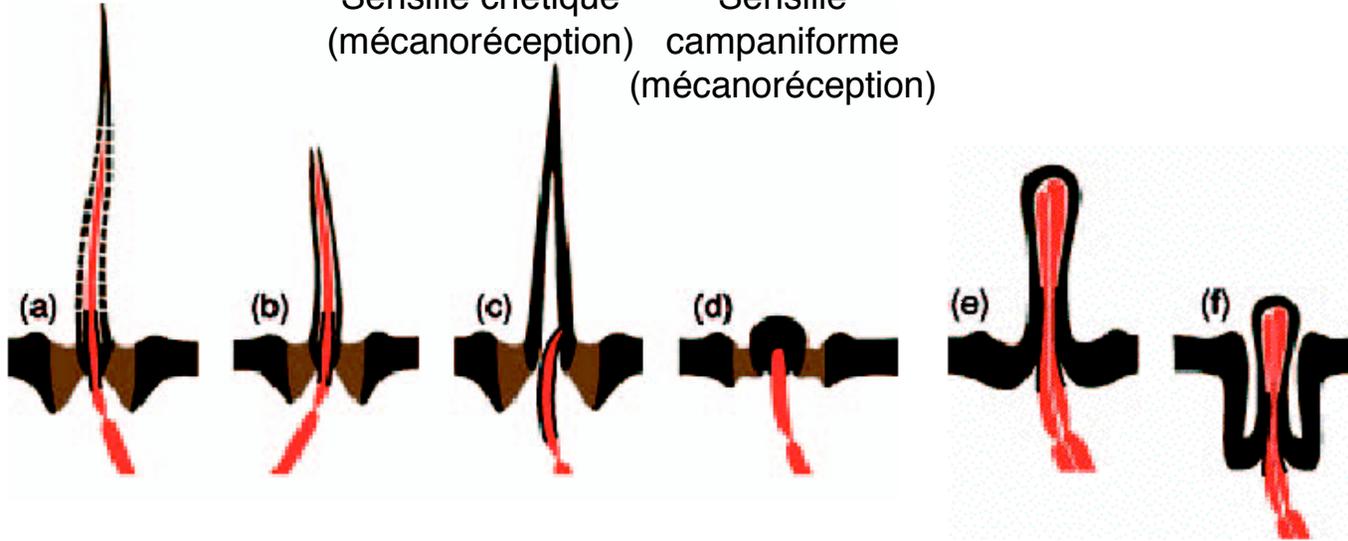
- * plusieurs pores à la surface de la sensille
- * plusieurs neurones





Sensille chétique
(mécanoréception)

Sensille
campaniforme
(mécanoréception)

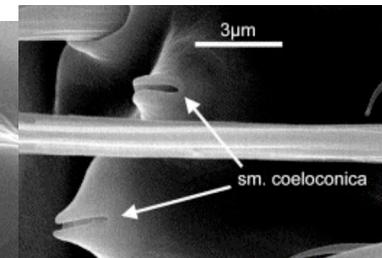
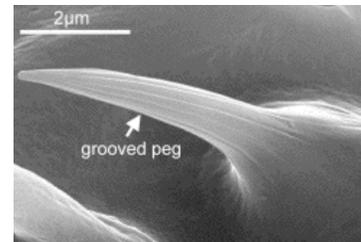
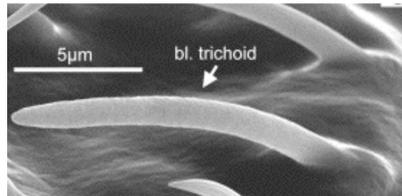


Sensille
trichoïde
(olfaction)

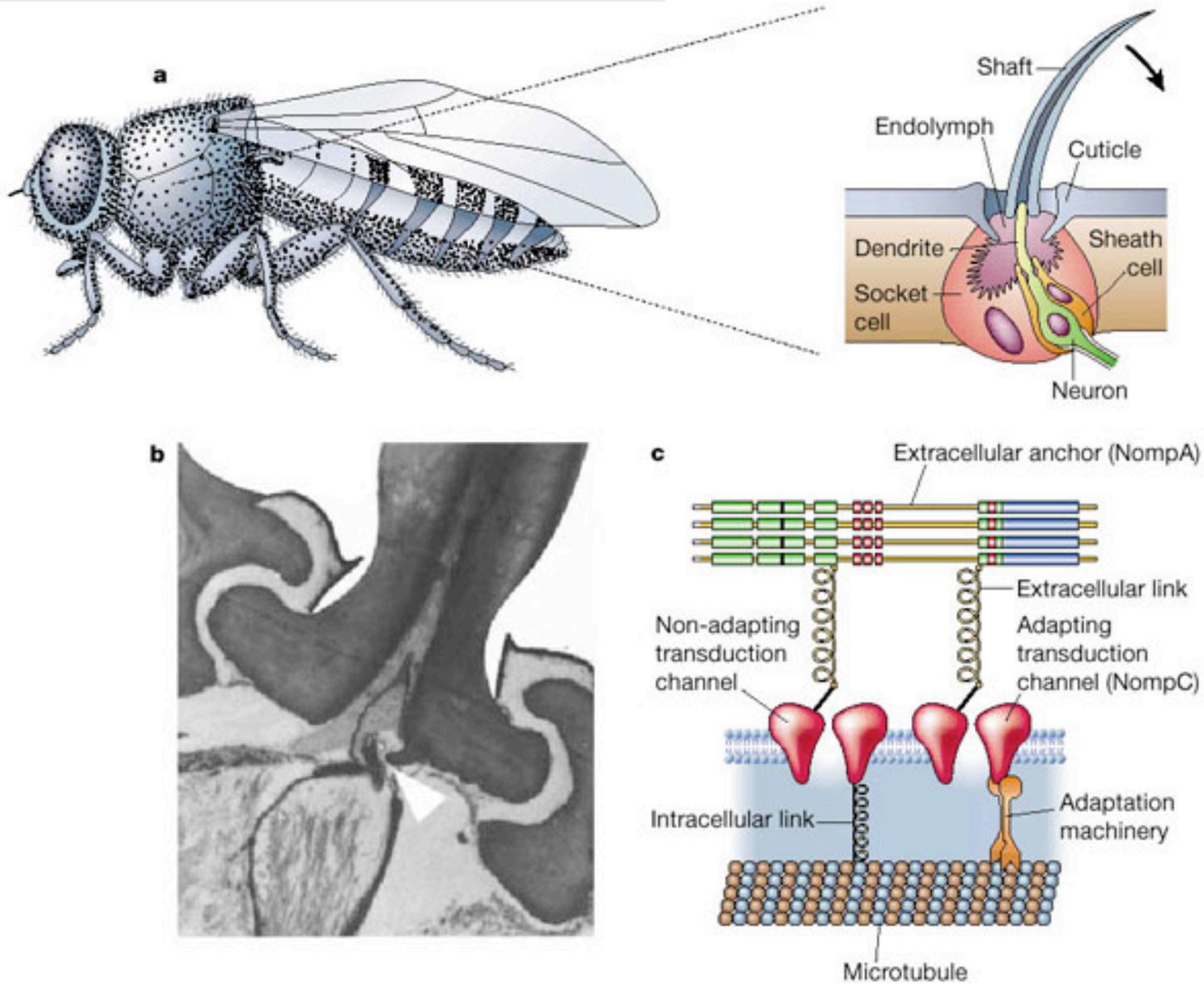
Sensille
trichoïde
(gustation)

Sensille
basiconique
(olfactif,
hygrorécepteur ou
thermorécepteur)

Sensille
coeloconique
(olfactif,
hygrorécepteur ou
thermorécepteur)

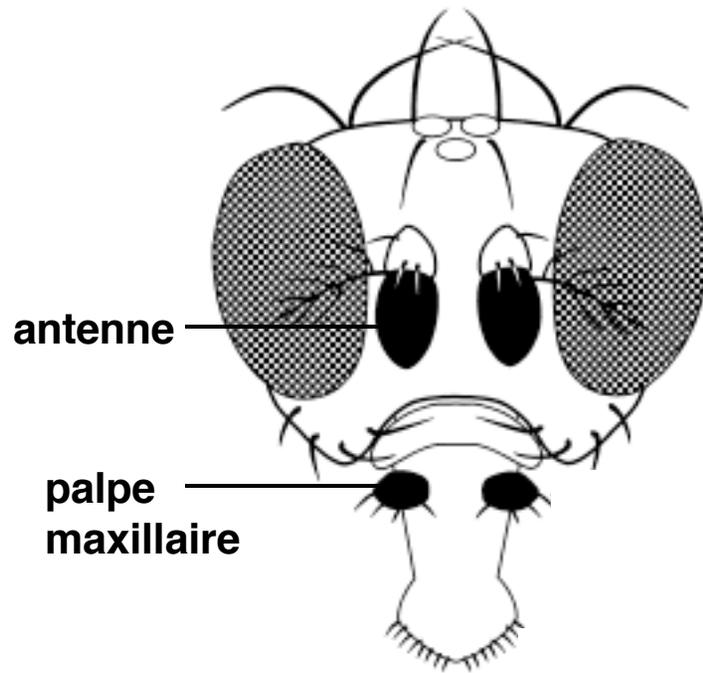


Soies mécanosensorielles



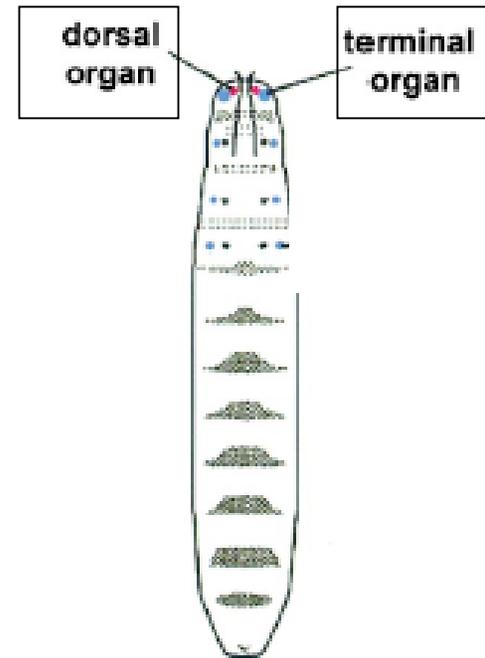
Sensilles olfactives

2 organes olfactifs chez la drosophile adulte :



Shanbag 1999 - Atlas of Drosophila Development

et chez la larve :

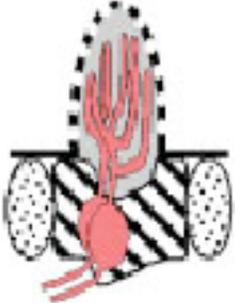


Scott 2001 - Cell 104: 661-673

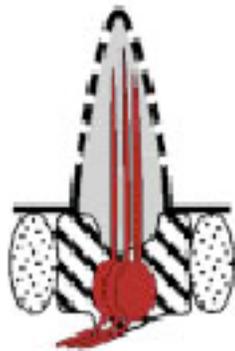
Sensilles olfactives



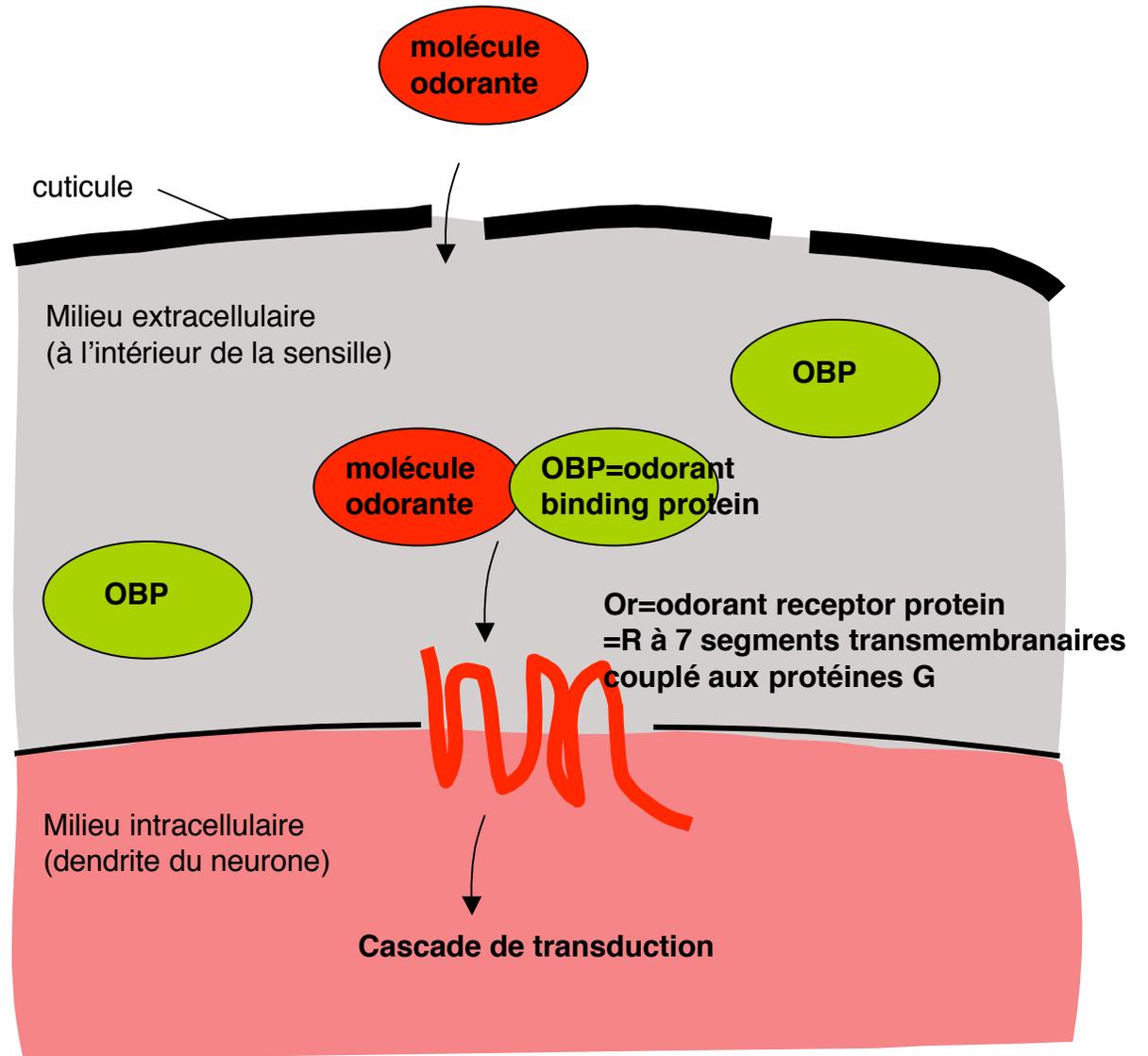
coeloconic



basiconic



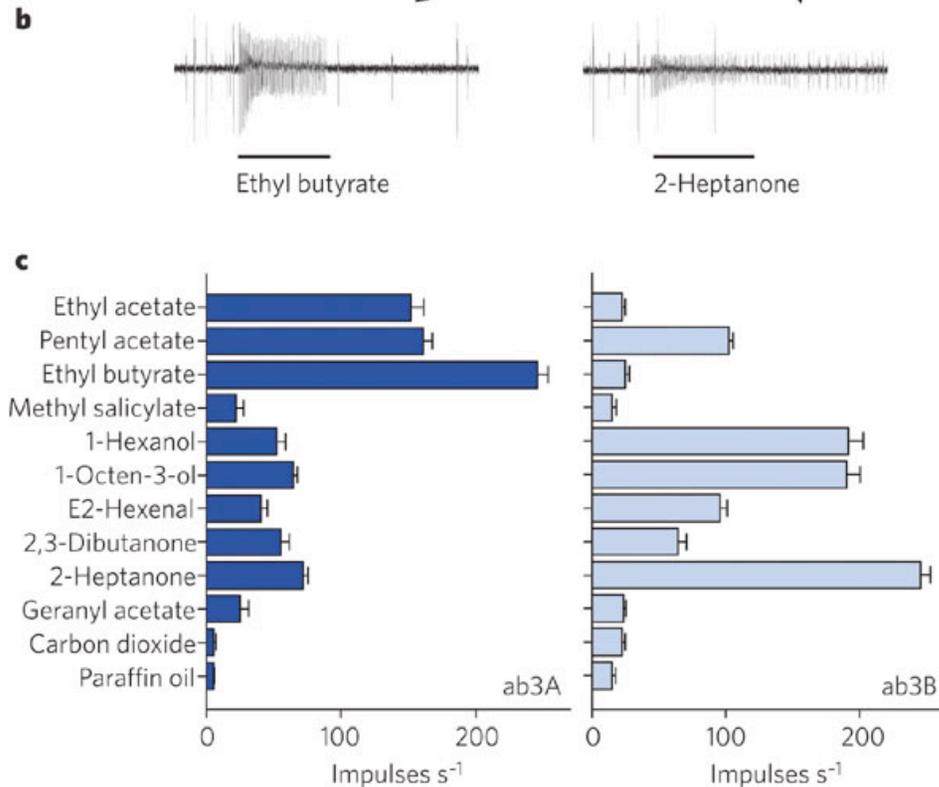
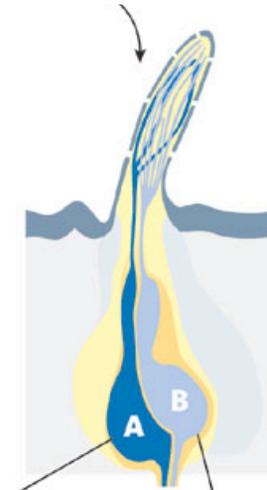
trichoid



Sensilles olfactives

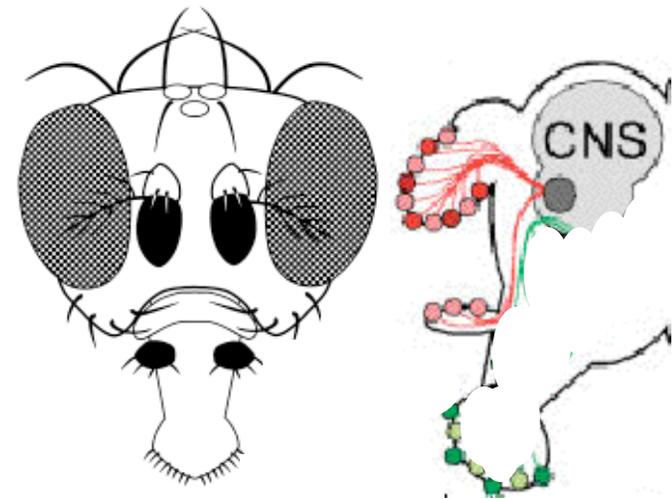
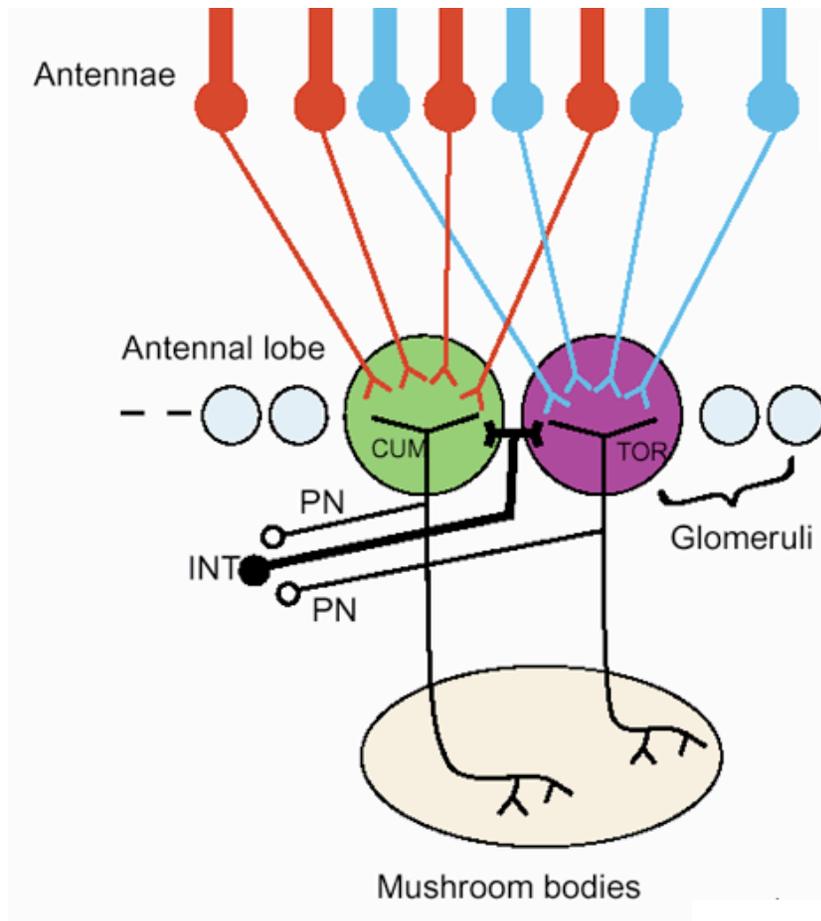
1 organe olfactif = 2, 3 ou 4 neurones olfactifs

chaque neurone olfactif
 = Or83b + un autre Or gene
 = 1 sensibilité olfactive à plusieurs odeurs



Sensilles olfactives

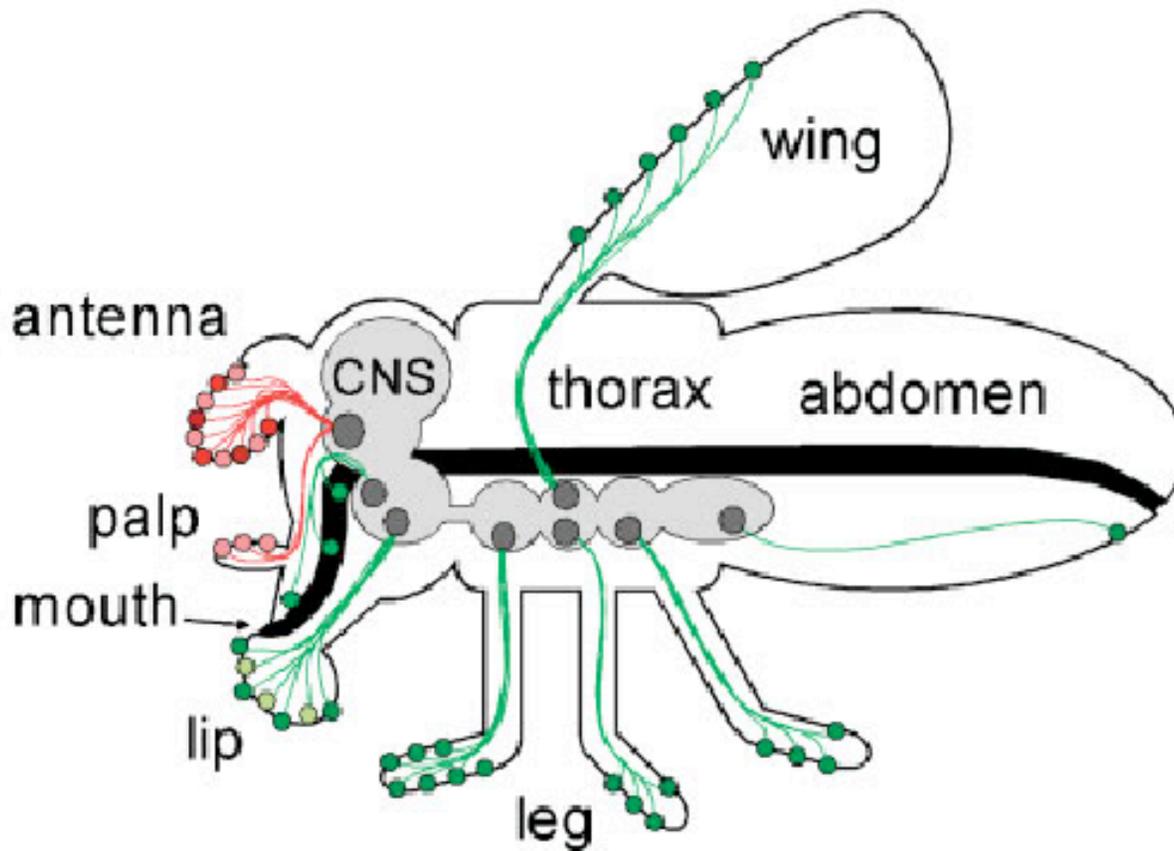
Chaque neurone olfactif projette vers un glomérule particulier dans le lobe antennaire



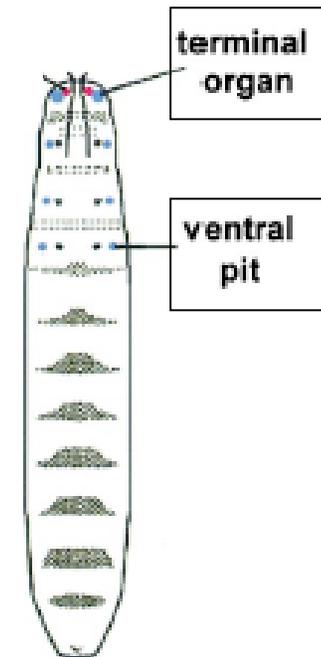
Sensilles gustatives

chez la drosophile adulte :

aile, pattes, labellum, pharynx, génitalia femelle



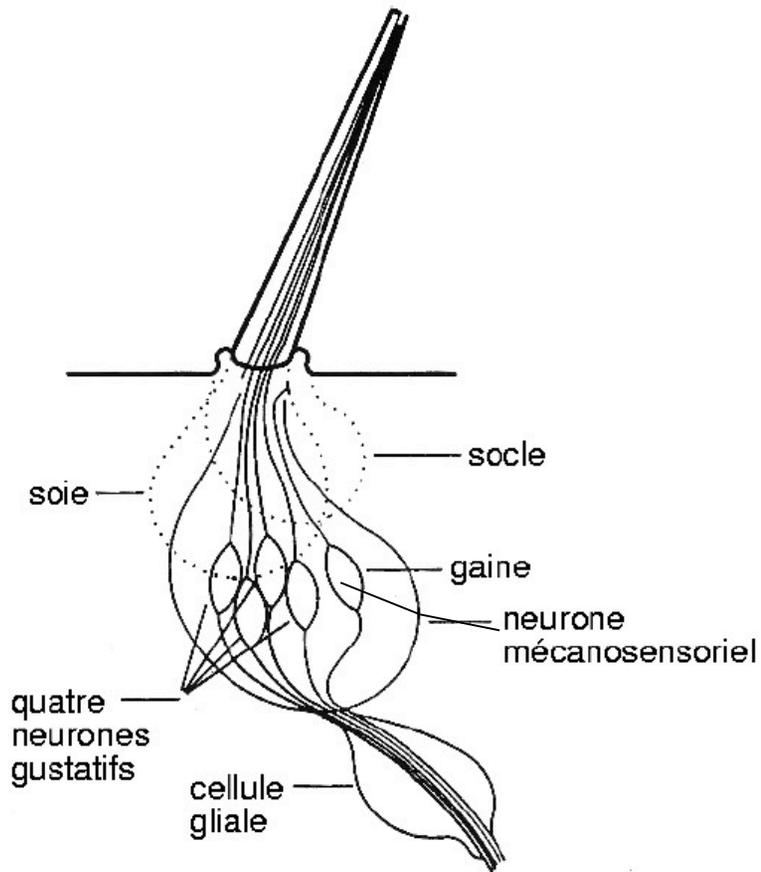
chez la larve :



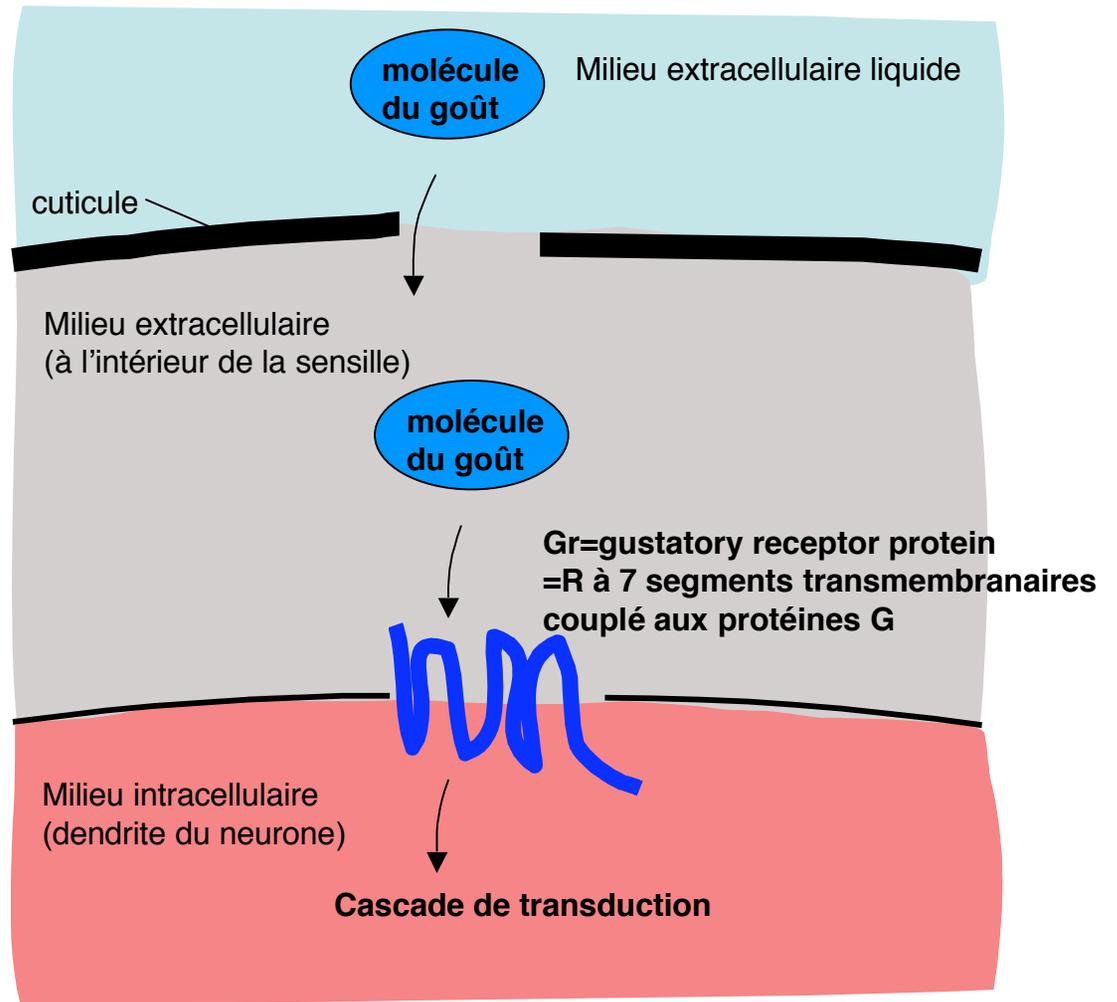
Scott 2001 - Cell 104: 661-673

De Bruyne 2005 - Bioessays 28: 23-34

Sensilles gustatives

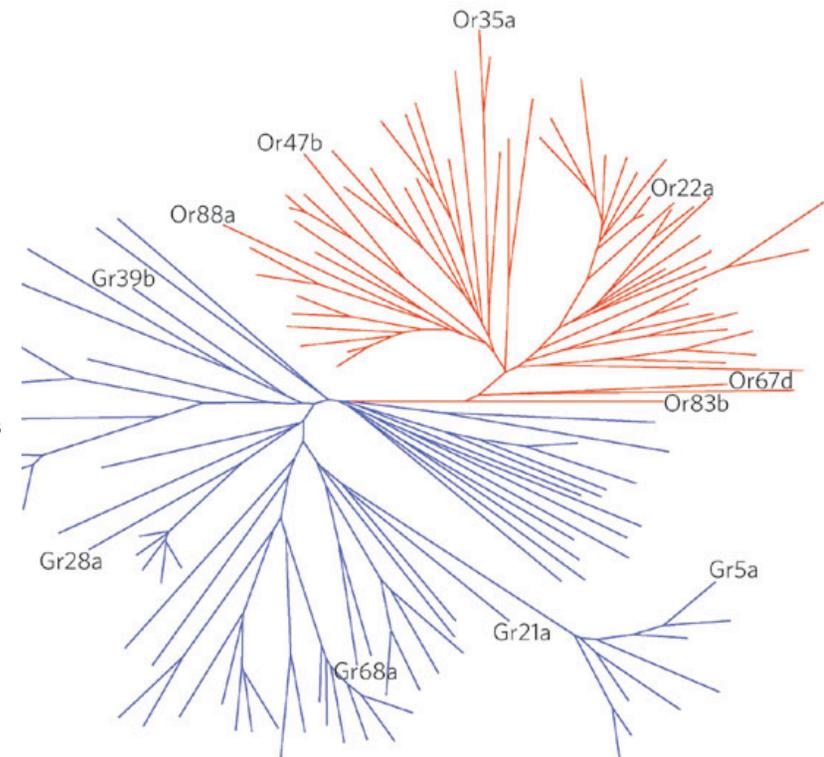
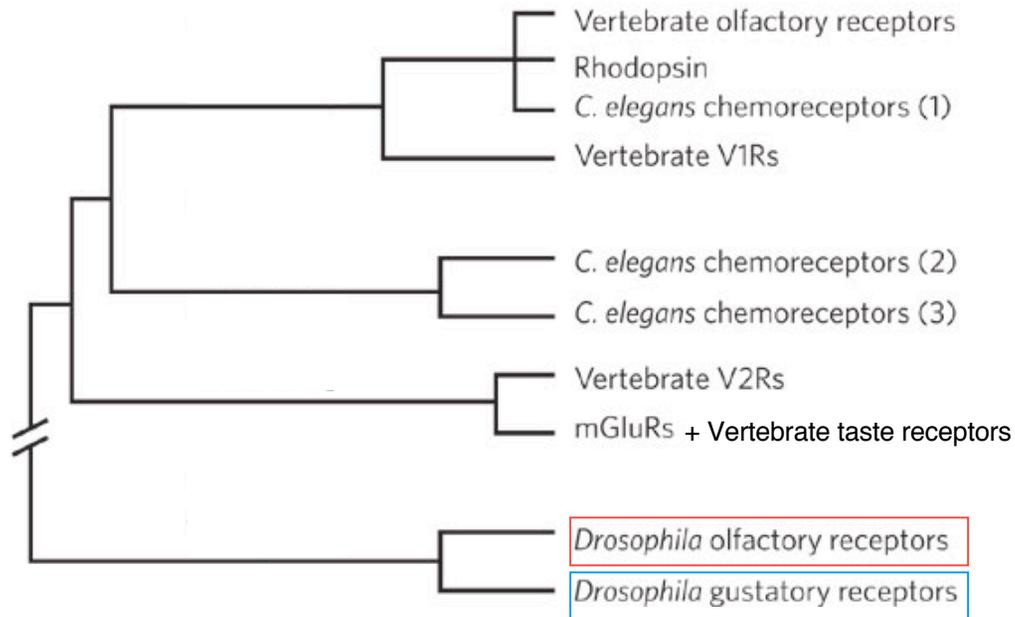


Ray 1993

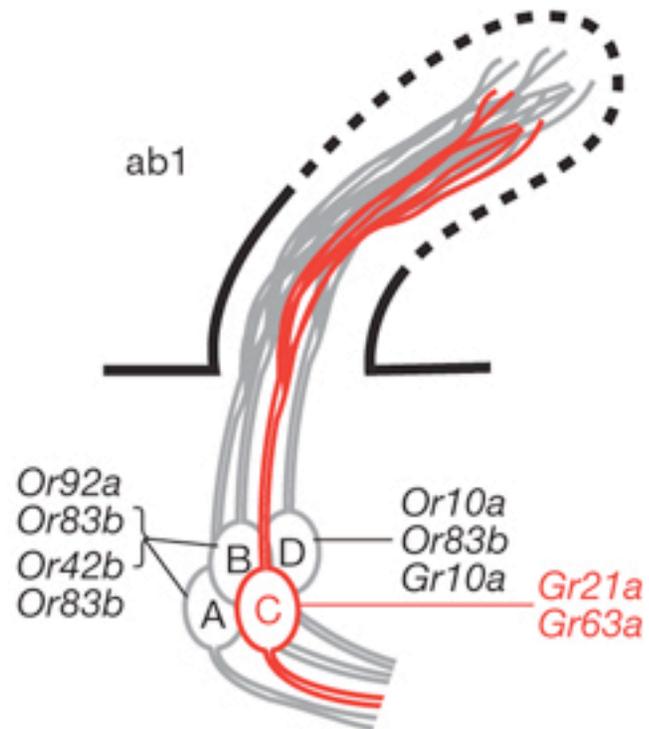


Récepteurs des sensilles gustatives et olfactives

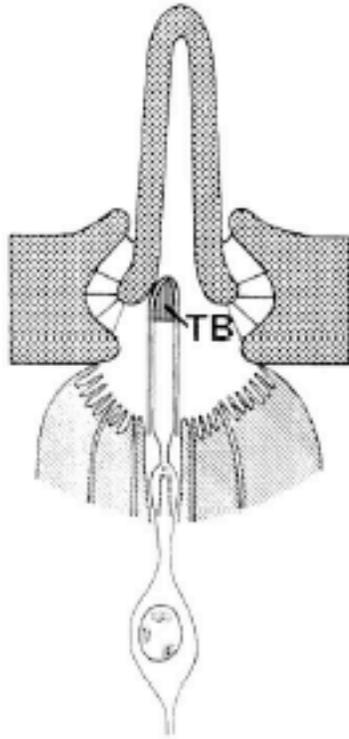
dans le génome de *D. melanogaster* :



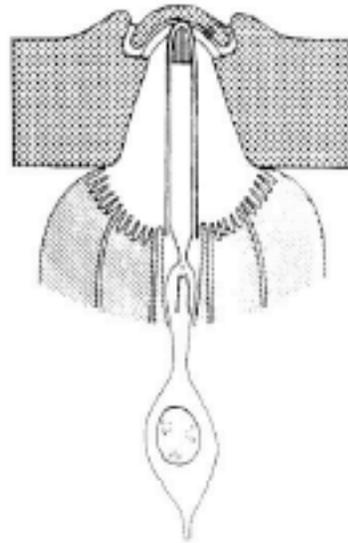
Exemple de sensille olfactive de l'antenne chez *D. melanogaster*



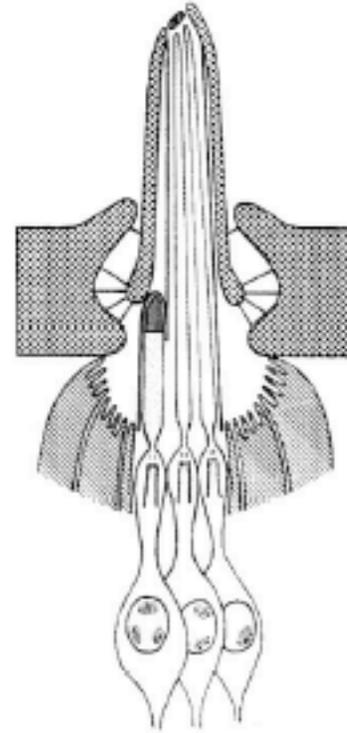
I.a.a Organes sensoriels externes



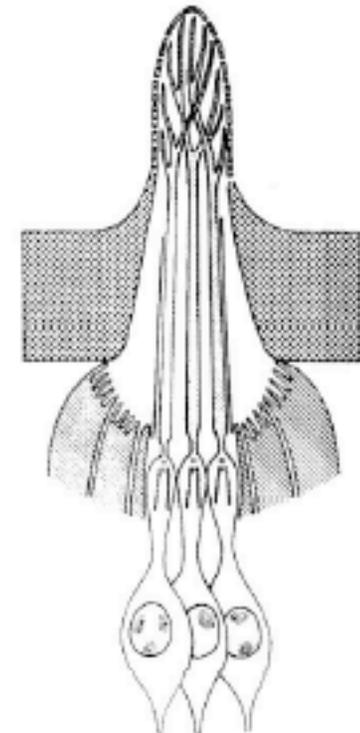
Sensille chétique



Sensille campaniforme



Sensille gustative



Sensille olfactive

mécanorécepteur

- * pas de pores à la surface du poil
- * un seul neurone (chez la plupart des insectes)

chimiorécepteur

- * un pore à l'extrémité du poil
- * plusieurs neurones
- * plusieurs pores à la surface du poil
- * plusieurs neurones

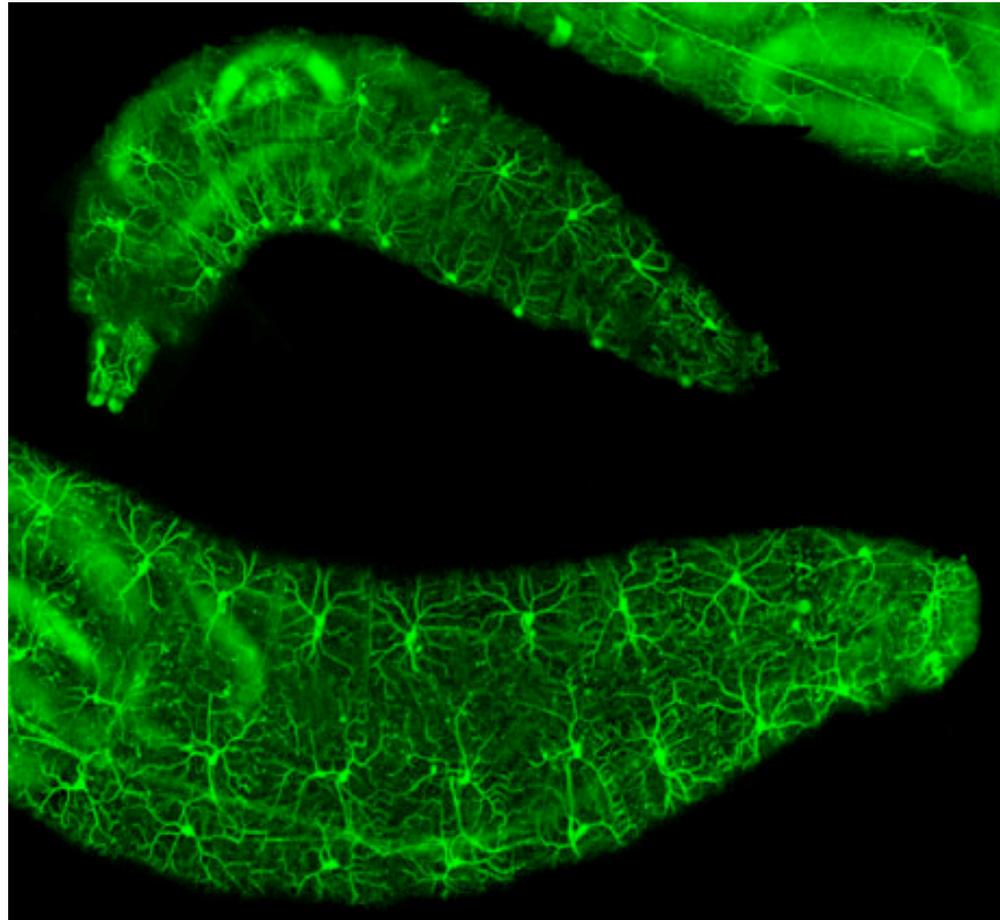
I.a.b Organes sensoriels internes

2 types :

**Organes
chordotonaux**



**Neurones
multidendritiques**



Organes chordotonaux

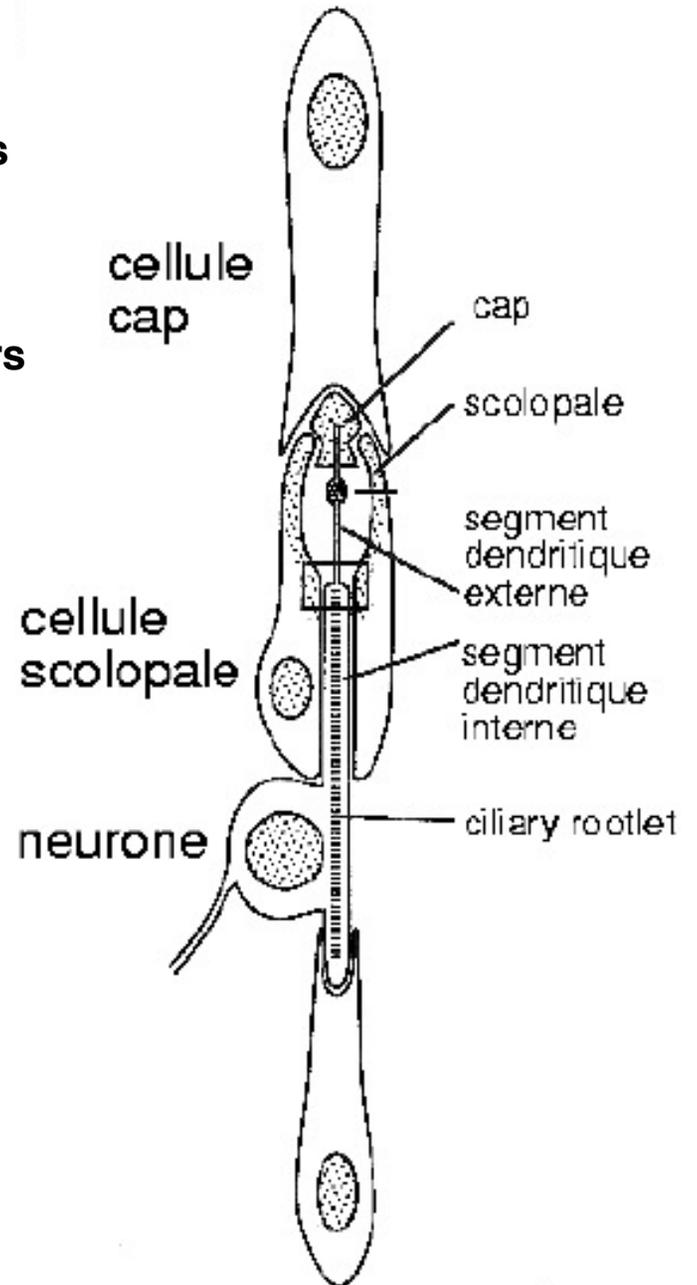
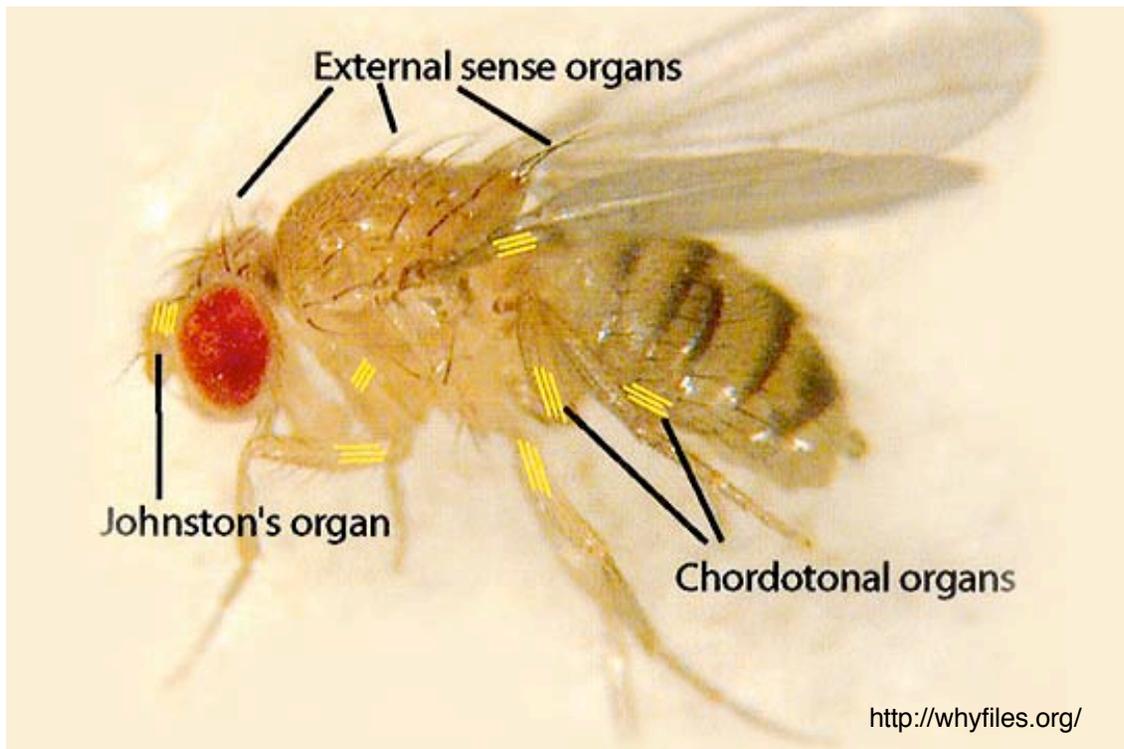
Organes allongés constitués de 1 ou plusieurs neurones et cellules accessoires

Attachés à la cuticule aux deux extrémités

-> sensibles à l'étirement de la cuticule, propriocepteurs

Attachés à une membrane rigide (=tympan)

-> auditifs



Merritt 1997

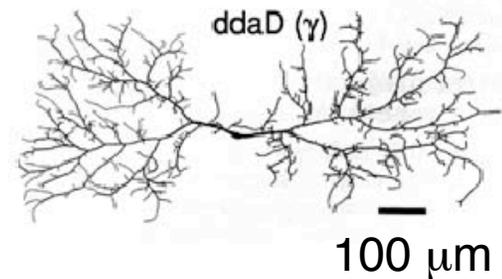
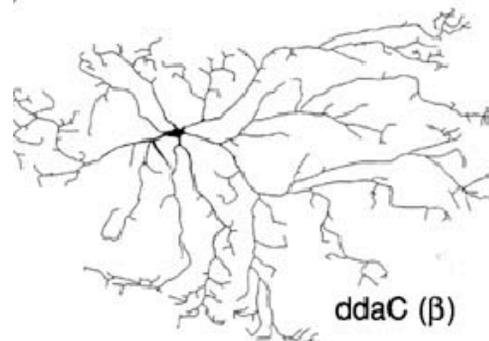
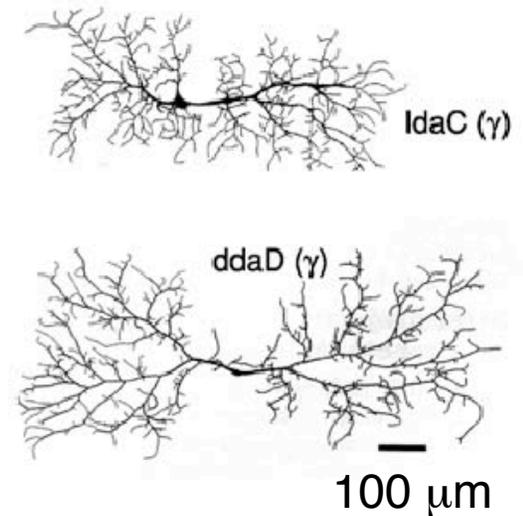
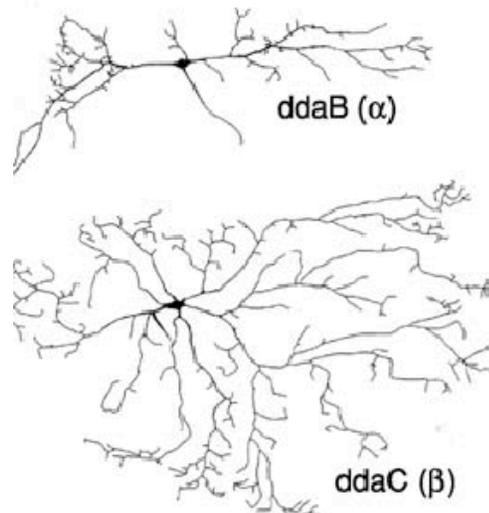
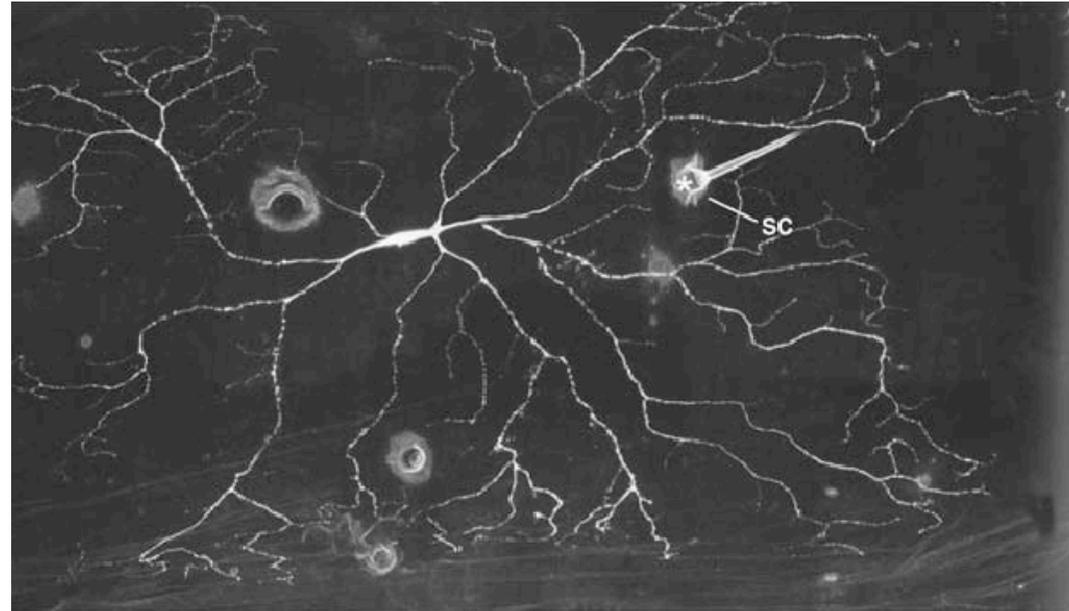
Neurones multidendritiques

Hartenstein 2004, -Comprehensive Molecular Insect Science, vol. 1

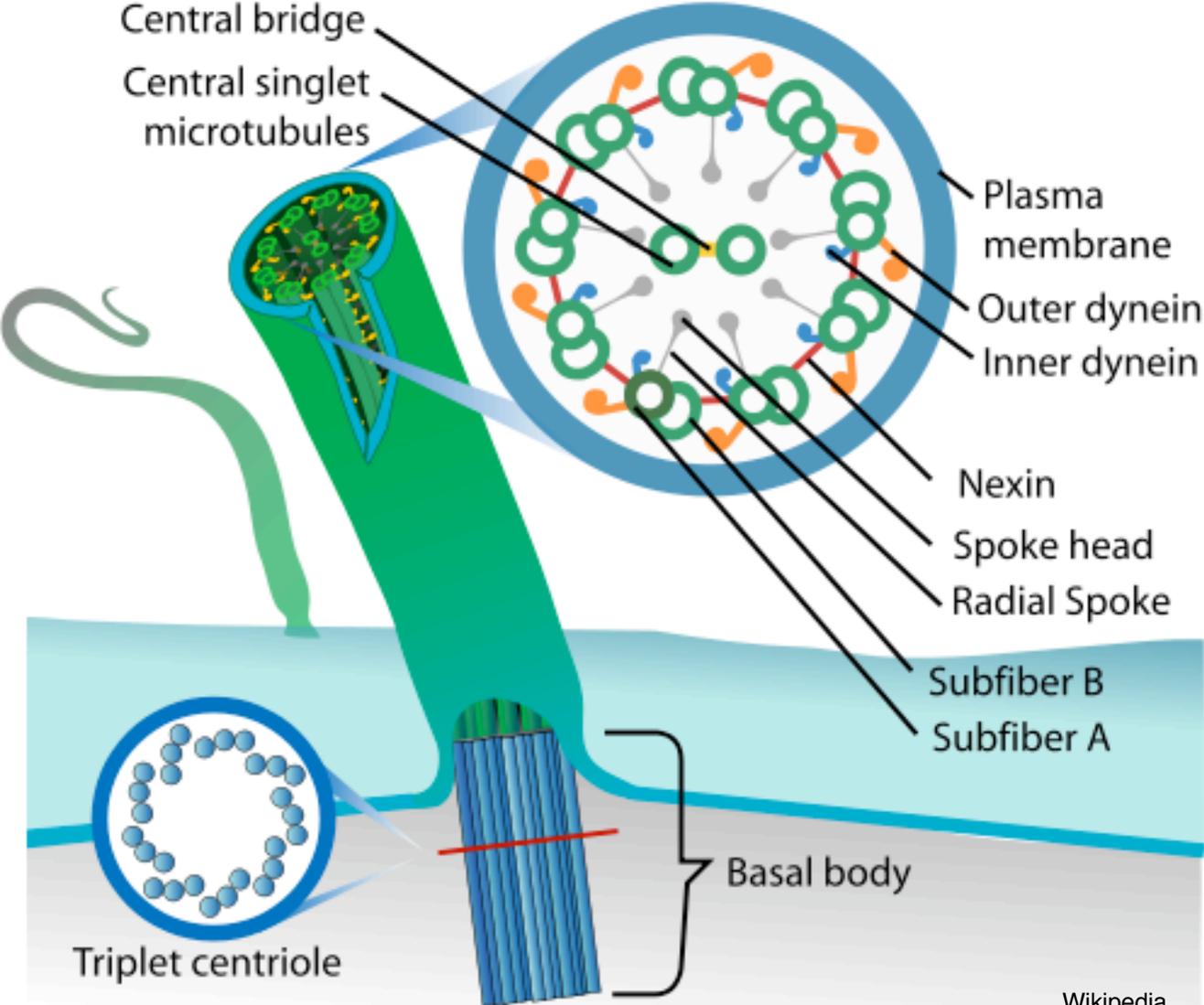
Organes constitués d'une seule cellule : le neurone

Neurones non ciliés (tous les autres neurones sensoriels sont ciliés)

- > propriorécepteurs
- > thermorécepteurs
- > nocicepteurs
- > neurosécréteurs



Cil chez les Vertébrés



I. Diversité des organes sensoriels des insectes

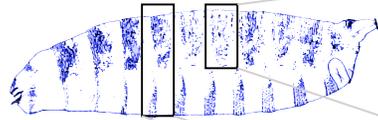
a. Divers types d'organes sensoriels

b. Divers positionnements des organes

II. Développement des organes sensoriels chez les insectes

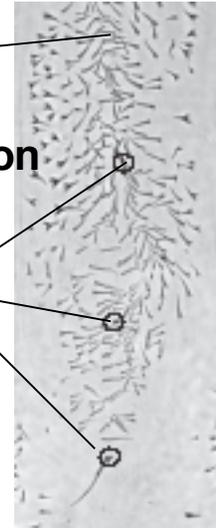
III. Évolution des organes sensoriels chez les insectes

Évolution de la position des organes chez les larves

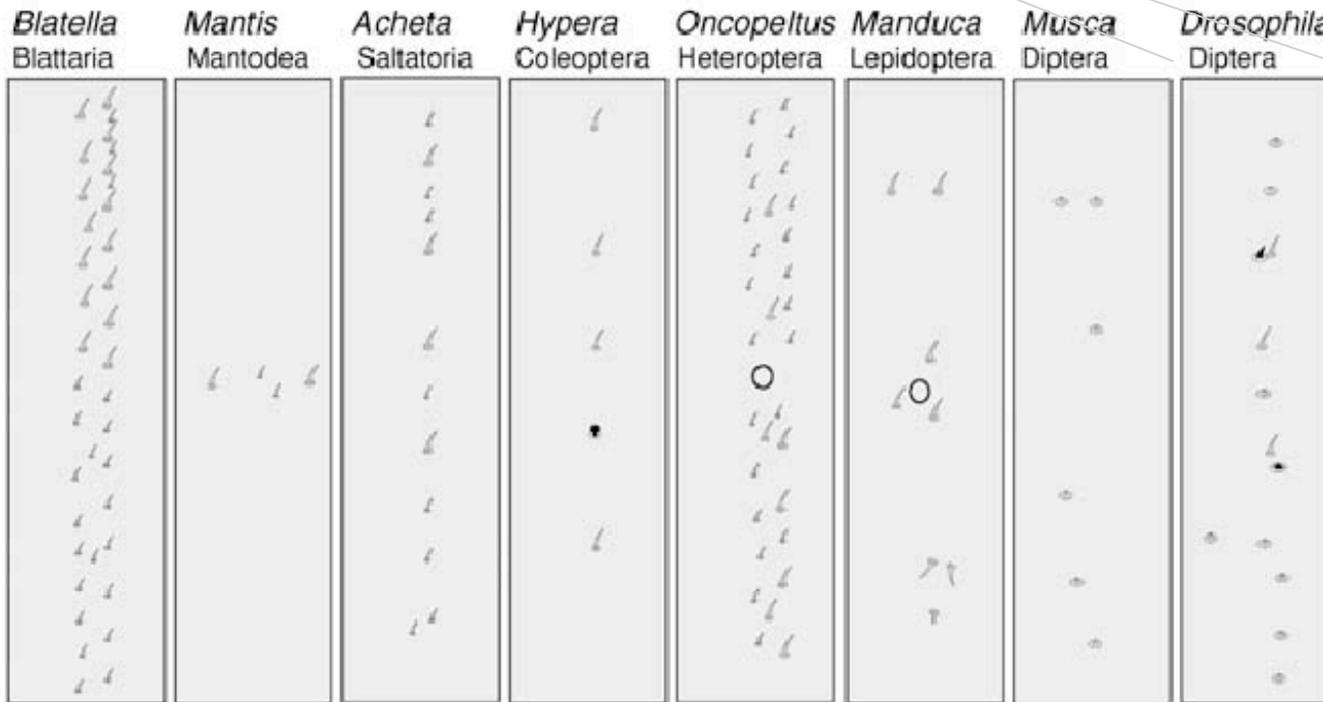


trichomes
(expansions
cuticulaires non
innervées)

organes
sensoriels
externes

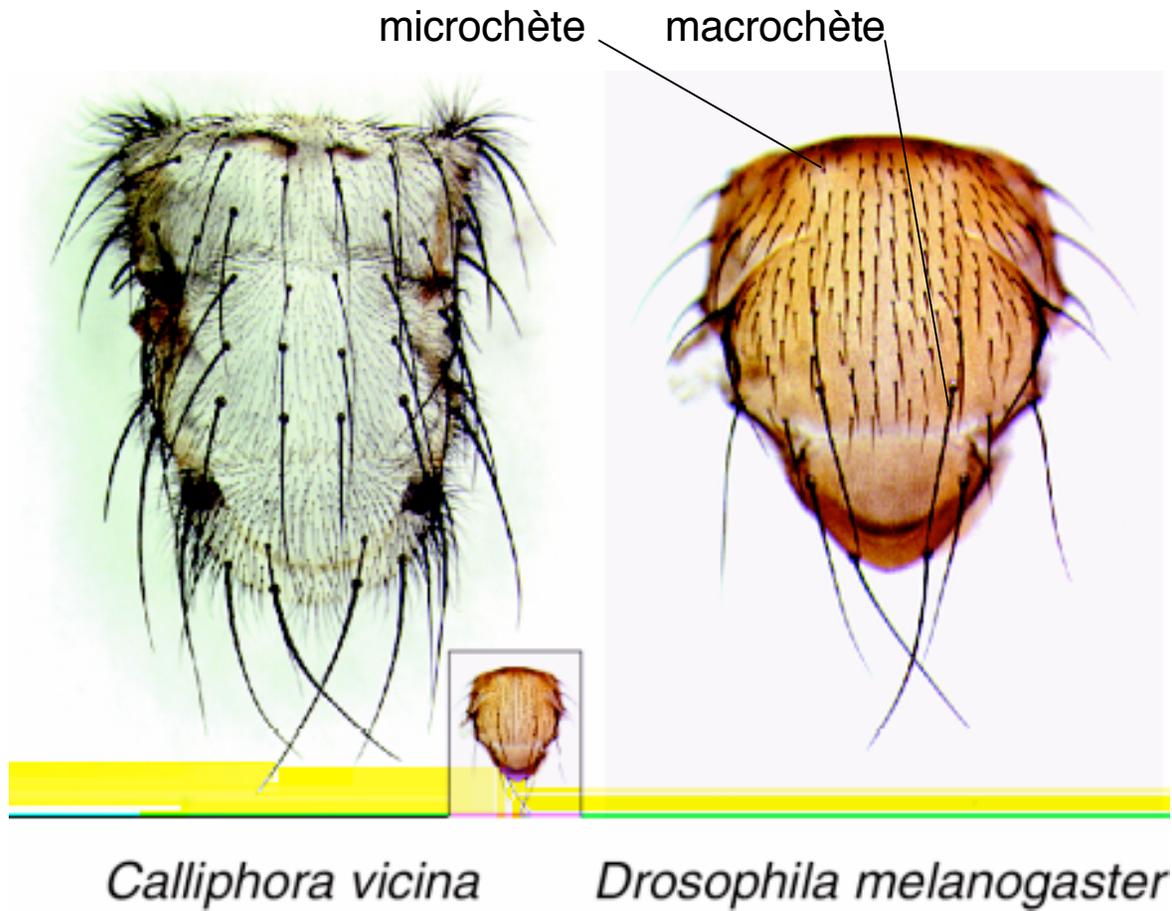


McGregor 2007 - Nature



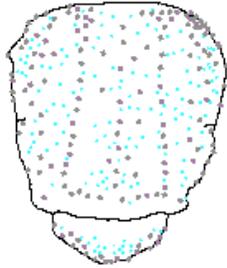
Évolution de la position des organes chez les adultes

Ex : sur le thorax des Diptères

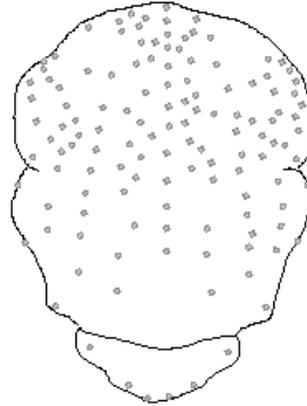


Évolution de la position des organes chez les adultes

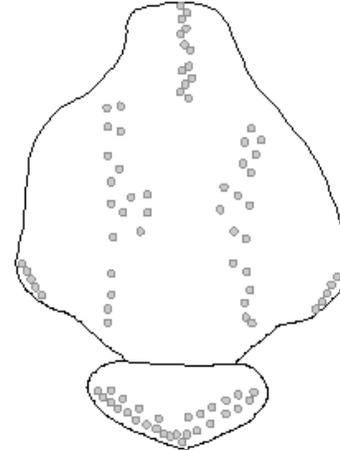
Ex : sur le thorax des Diptères Nématocères



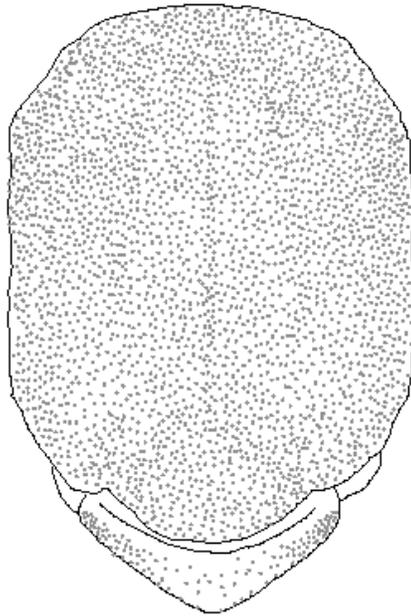
Forcipomyia pseudonigra



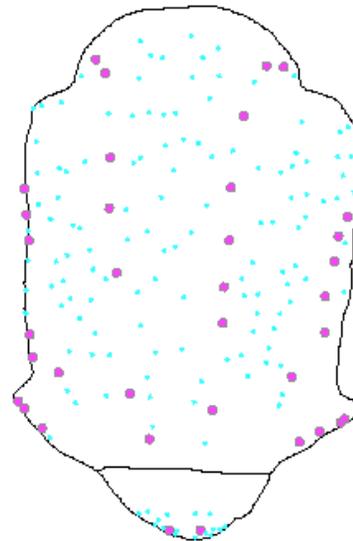
Culicoides riethi



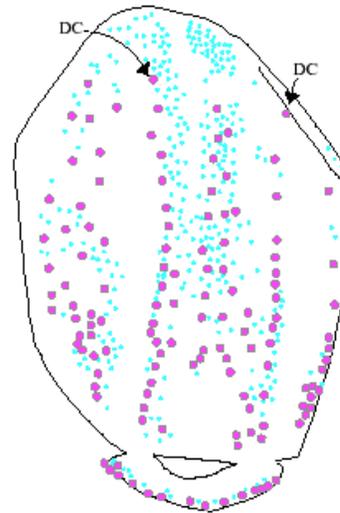
Chironomus thumii



Simulium variegatum



Silvicola fenestralis

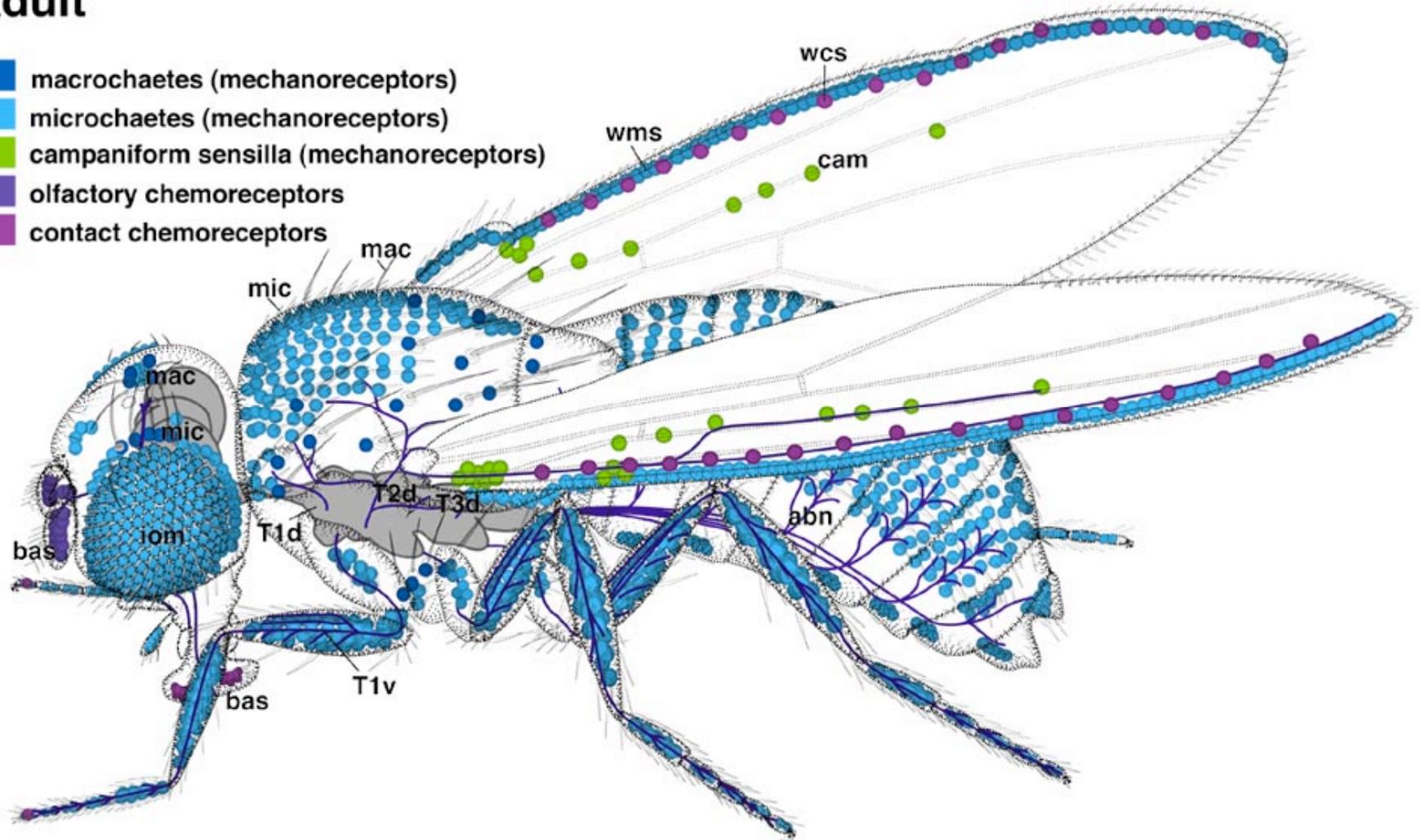


Anopheles gambiae

- macrochète
- microchète

Adult

- macrochaetes (mechanoreceptors)
- microchaetes (mechanoreceptors)
- campaniform sensilla (mechanoreceptors)
- olfactory chemoreceptors
- contact chemoreceptors



***D. elegans* (mâles et femelles)**



John True

I. Diversité des organes sensoriels des insectes

a. Divers types d'organes sensoriels

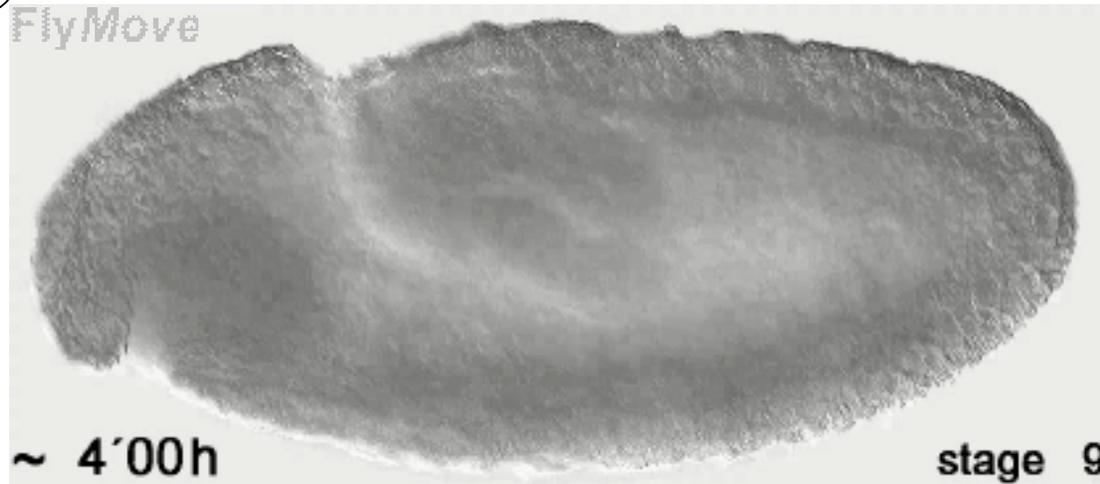
b. Divers positionnements des organes

II. Développement des organes sensoriels chez les insectes (modèle = *D. melanogaster*)

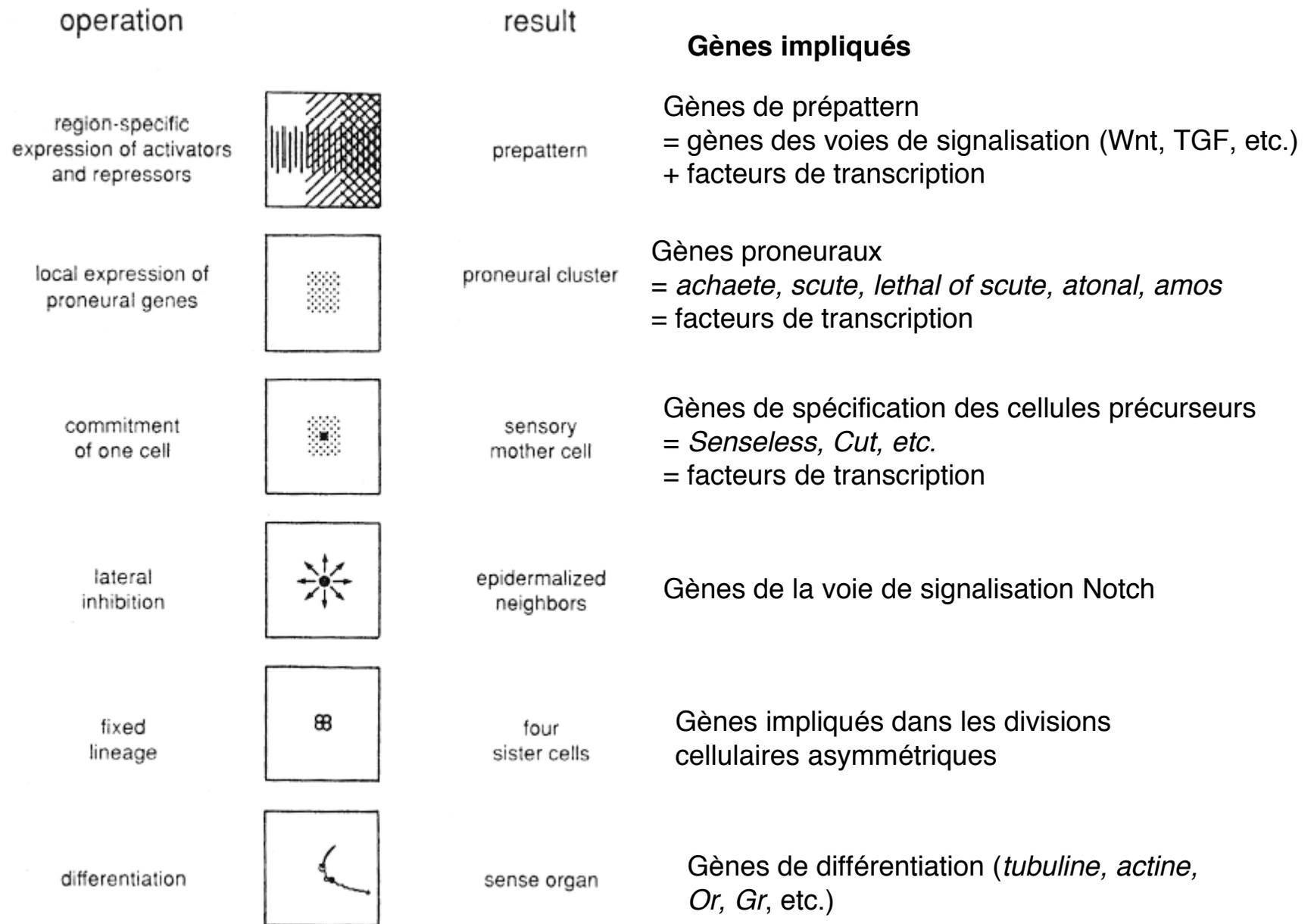
III. Évolution des organes sensoriels chez les insectes

Développement des organes sensoriels à la surface de l'embryon

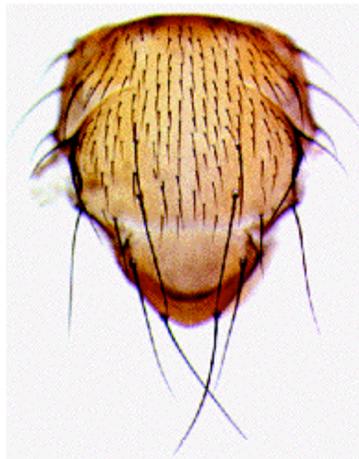
future tête



Modèle général de formation des organes sensoriels



Exemple : développement des macrochètes thoraciques



adulte



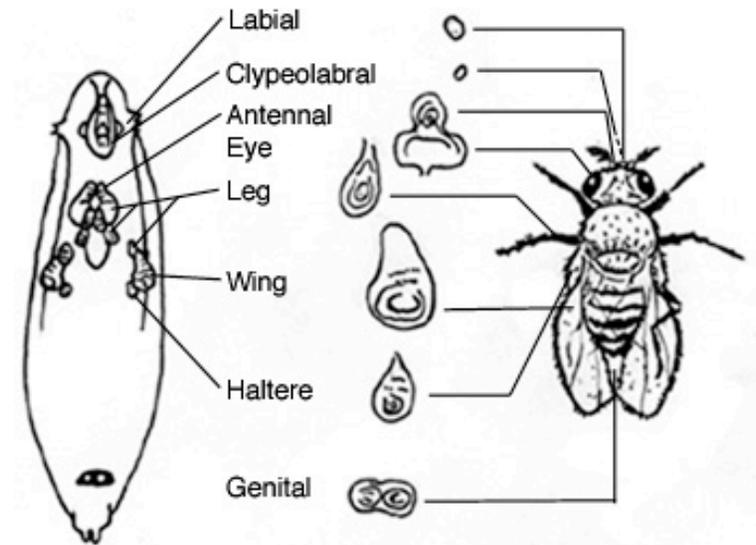
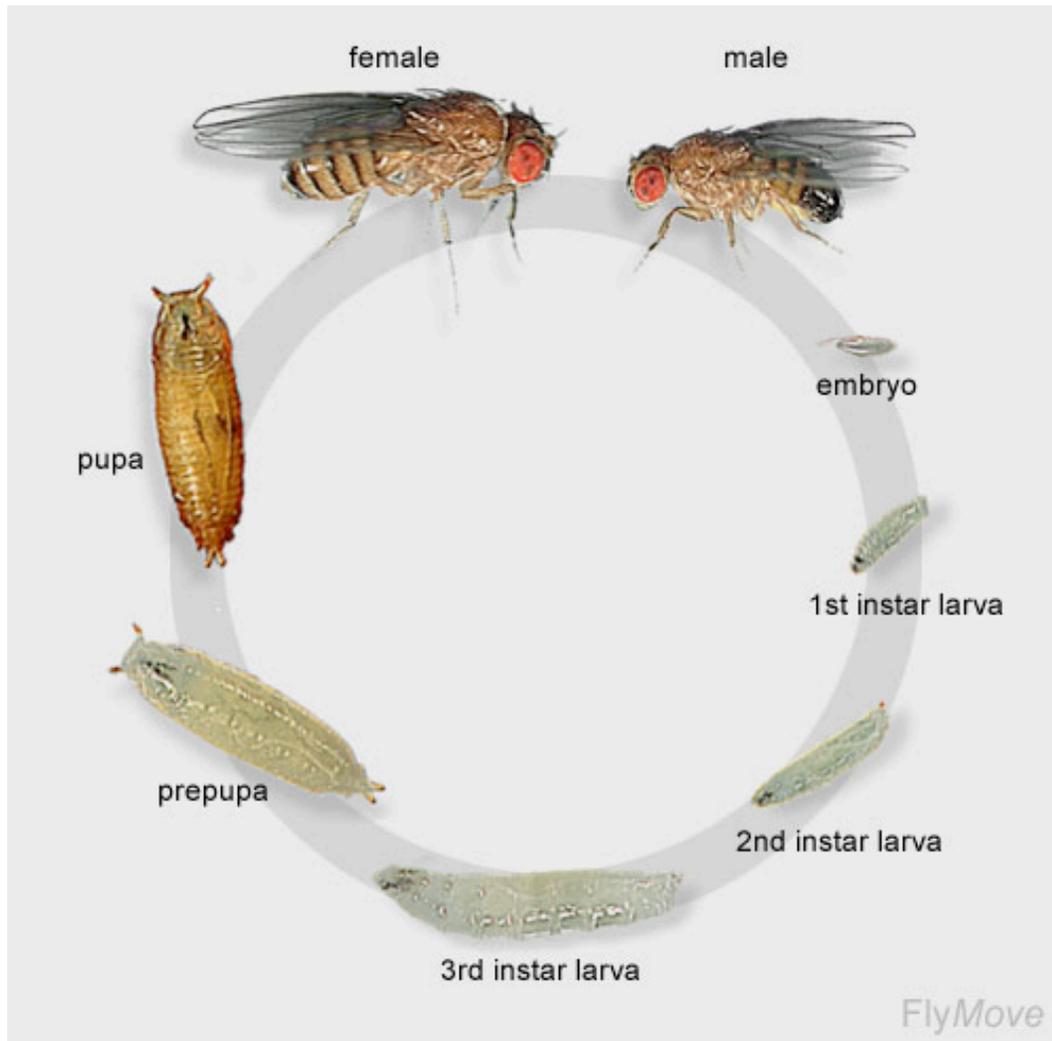
larve de 3e stade
disque imaginal d'aile



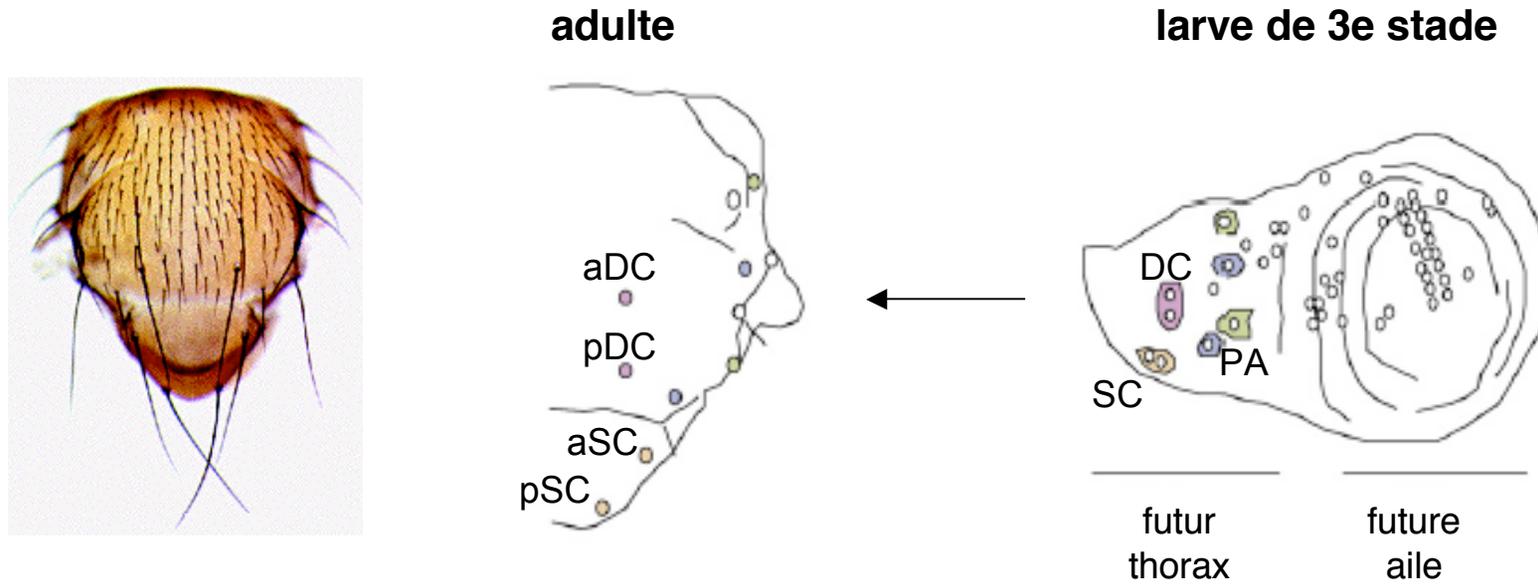
futur
thorax

future
aile

Développement de *D. melanogaster*

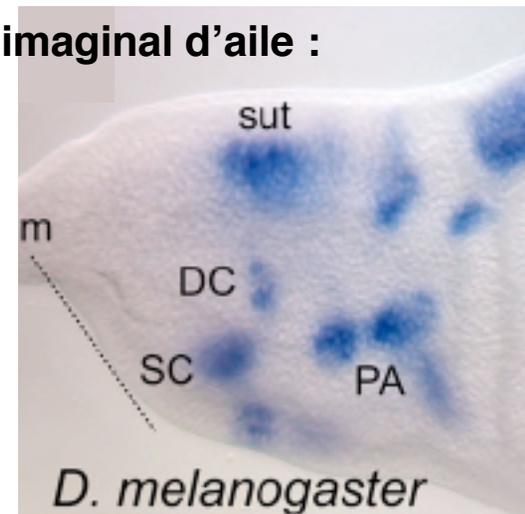
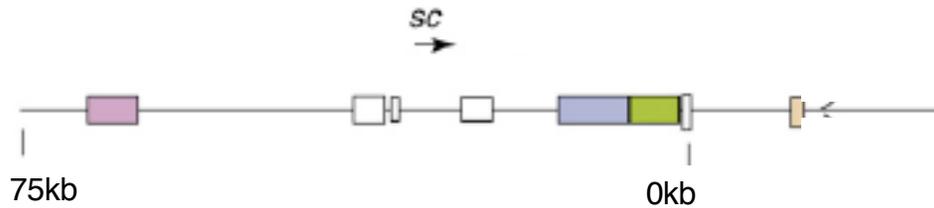


Exemple : développement des macrochètes thoraciques



***scute* dans le disque imaginal d'aile :
(hybridation in situ)**

Région cis-régulatrice de *scute* :

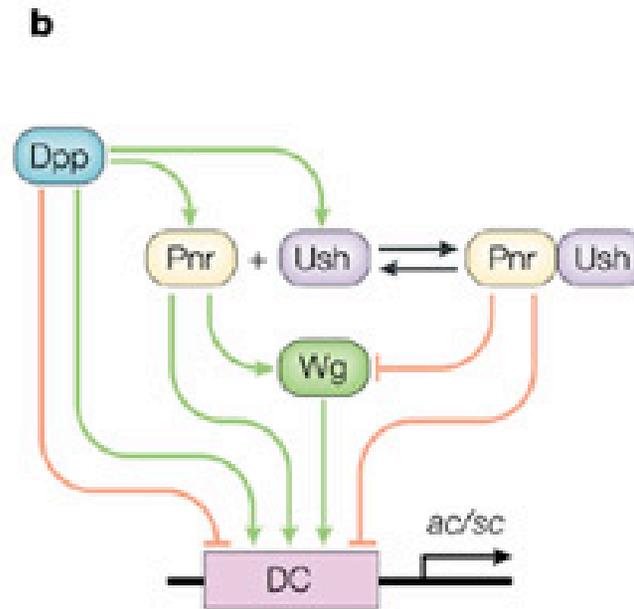
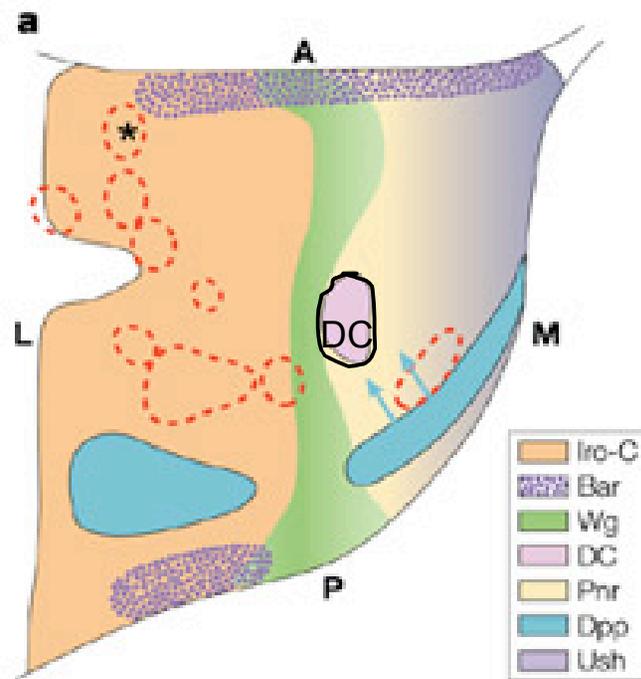


Marcellini 2006 - PloS Biology

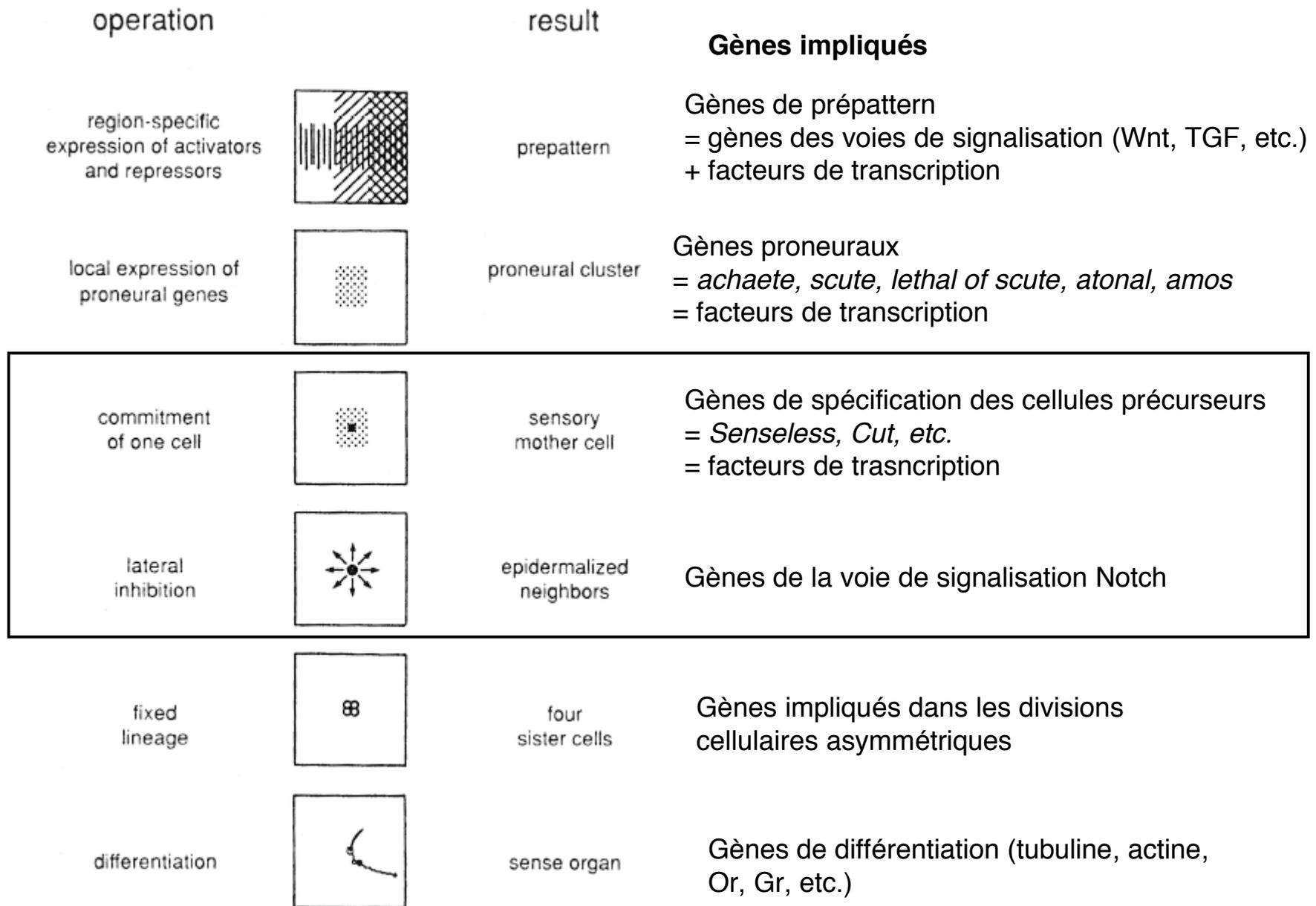
Exemple : développement des macrochètes thoraciques

Gènes de prépattern :

Iroquois (Iro-C), *Bar*, *Pannier (Pnr)*, *U-shaped (Ush)* = facteurs de transcription
Wingless (Wg), *Decapentaplegic (Dpp)* = voie de signalisation

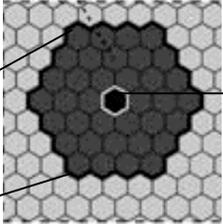
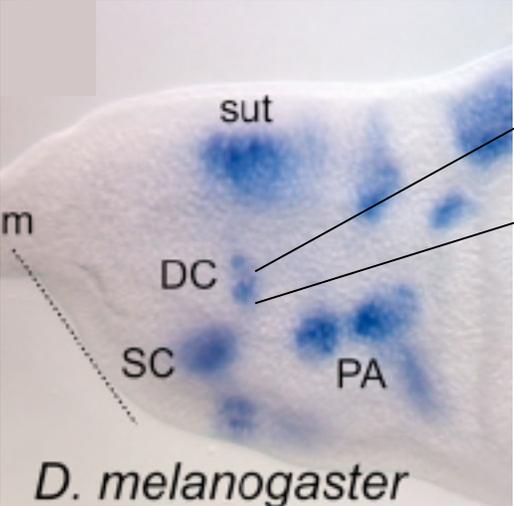


Modèle général de formation des organes sensoriels



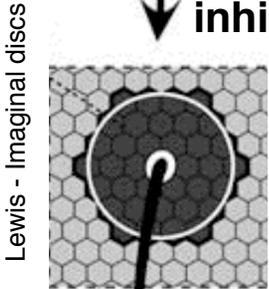
Inhibition latérale

Marcellini 2006 - PloS Biology



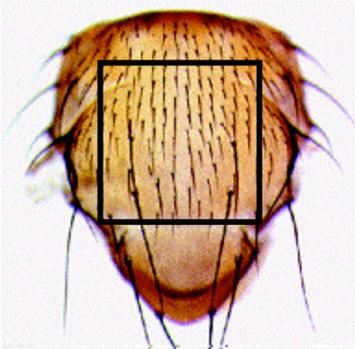
Seule une cellule du groupe proneural va devenir la cellule précurseur de la soie

↓ inhibition latérale



Lewis - Imaginal discs

Sauvage

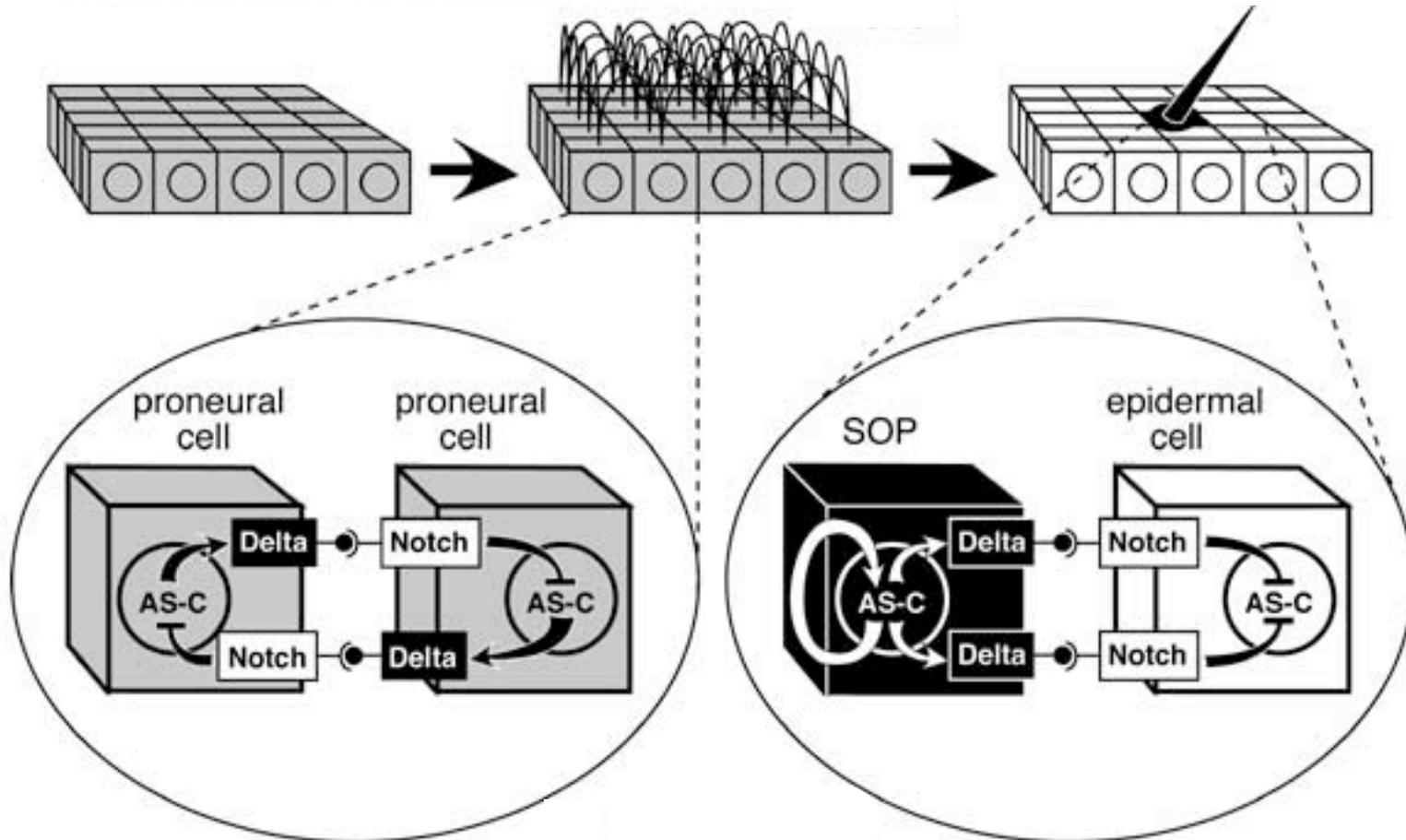


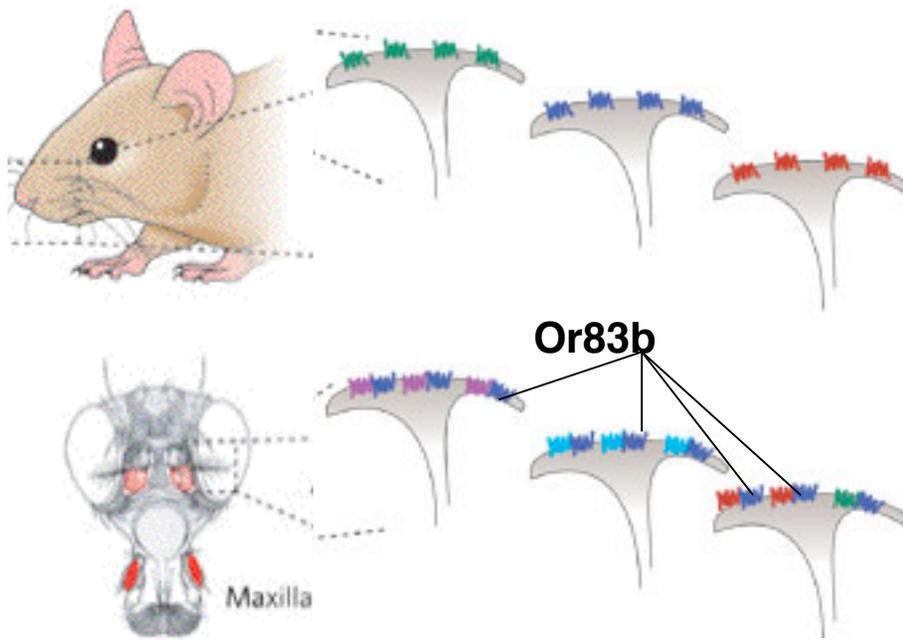
Mutant *Notch* : pas d'inhibition latérale



Hartenstein 2004, -Compre-hensive Molecular Insect Science, vol. 1

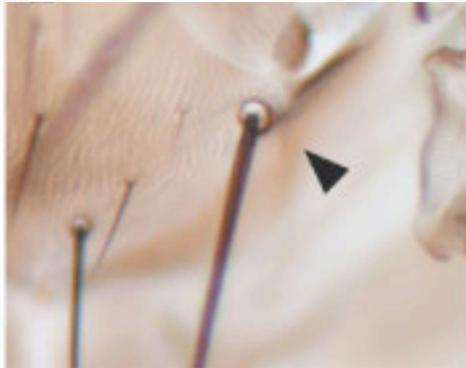
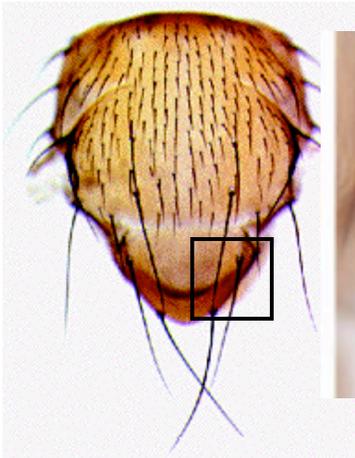
Inhibition latérale





Bargmann 2006 - Nature 444, 295-301

sauvage



**Expression d'une
forme dominante
négative de *Notch***



**Mutant d'un gène
de la voie Notch**