

## COURS 2-A-2

### PROGRAMMES DE DEVELOPPEMENT ANIMAL

- Développement embryonnaire: stéréotype
- Gènes à effet maternel
- Gènes à effet zygotique
- Modèle: Axes de polarité et segmentation chez la drosophile

université  
PARIS-SACLAY

L3  
BIOLOGIE DU DEVELOPPEMENT  
*Laurent Théodore 2023*

# Mutations à effet maternel



- Identification:
  - L'œuf a une forme: il doit exister des gènes dont la fonction est requise uniquement chez la mère pour polariser l'œuf
  - => mutations à « effet maternel »
  - Principe de l'identification de mutants maternels



# Mutations à effet maternel



- Identification:
  - L'œuf a une forme=> il doit exister des gènes dont la fonction est requise uniquement chez la mère pour polariser l'œuf
  - => mutations à « effet maternel »
  - Principe de l'identification de mutants à effet maternel
    - ⇒ Mutants de stérilité maternelle



# Mutations à effet maternel



- Identification:
  - L'œuf a une forme=> il doit exister des gènes dont la fonction est requise uniquement chez la mère pour polariser l'œuf
  - => mutations à « effet maternel »
  - Principe de l'identification de mutants à effet maternel
    - ⇒ Mutants de stérilité maternelle
      - Pas d'œuf pondu
      - Œuf de forme anormale
      - Œuf de forme normale mais la larve n'écloît pas



# Protocole d'identification de mutations affectant le développement



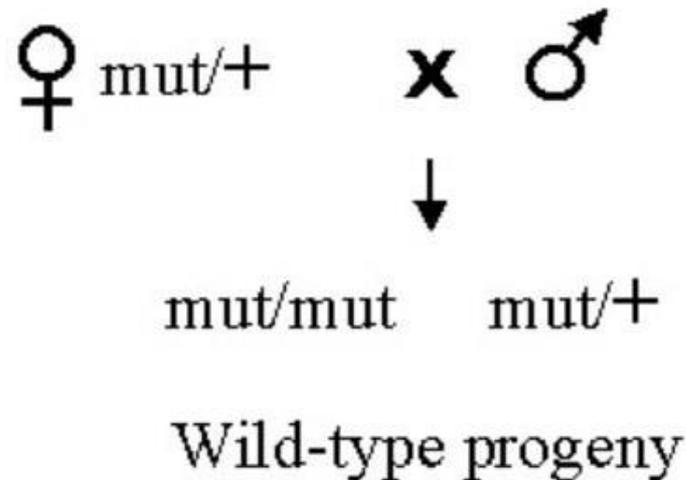
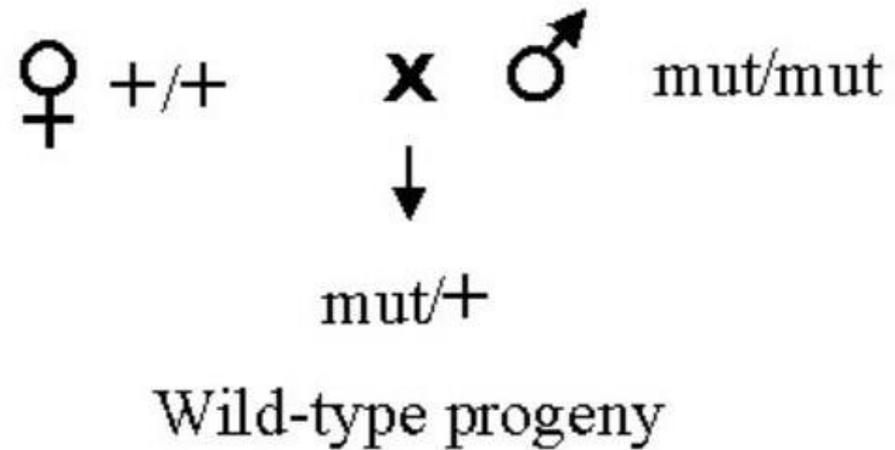
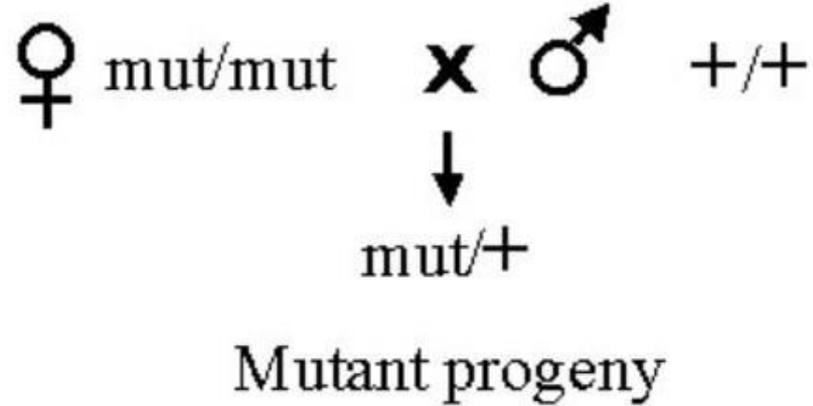
Utilisation des balancers :

- Consulter ce [lien](#) pour une explication détaillée des chromosomes balancers (le traducteur Google remplace « balancer » par « équilibreur ») sur le site web de Bloomington.
- Croisements réalisés: cf au tableau



# Mutations à effet maternel

- Identification => Recherche de mutations présentant les 3 caractéristiques ci-contre



# Mutations à effet maternel



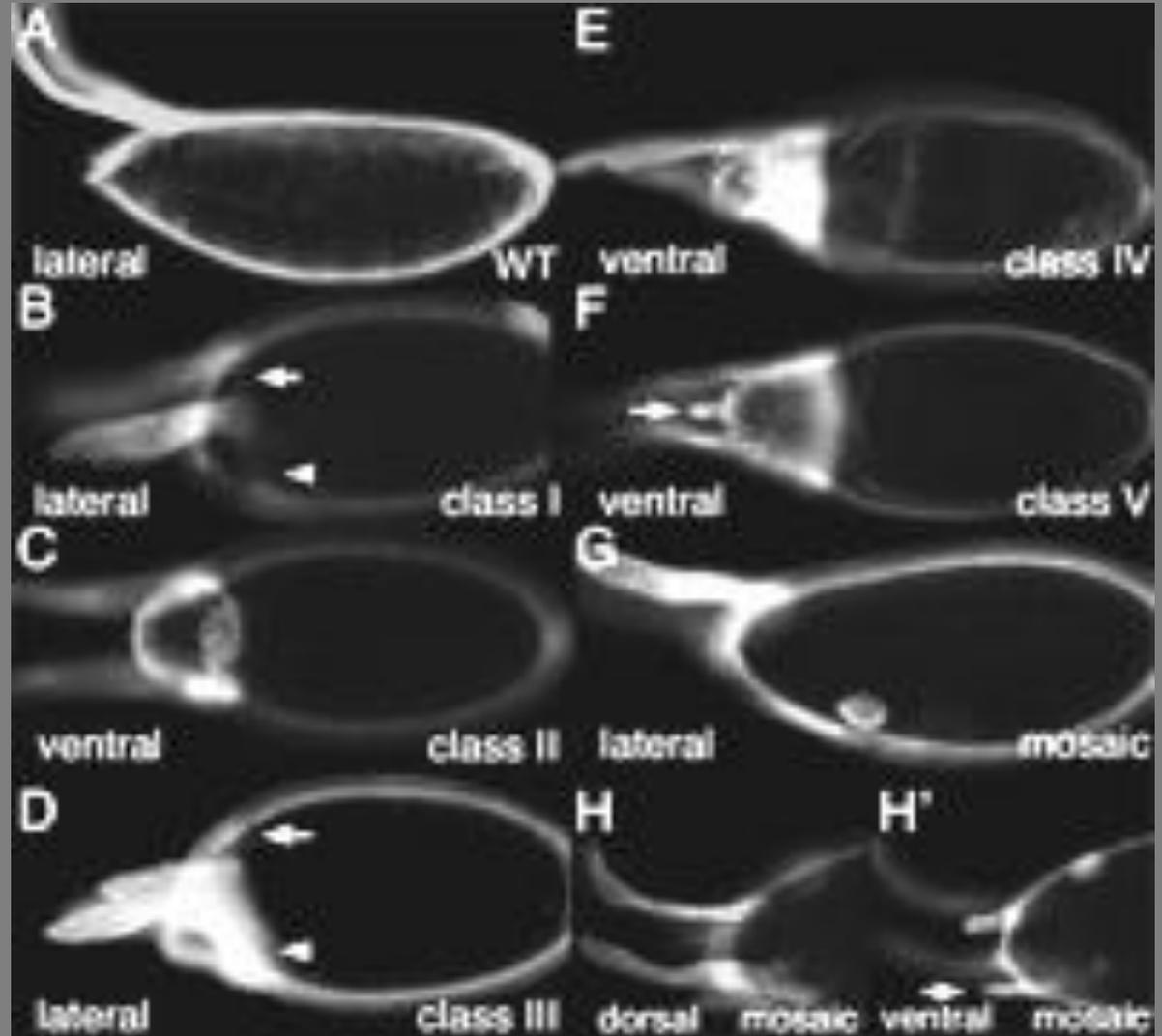
- Identification:
  - Principe de l'identification de mutants maternels
  - Pour aller plus loin, consulter *Schémas crible mutations effet maternel, mutations effet zygotique Drosophile* sur *ecampus*

A screenshot of a file management interface. At the top, there is a folder icon and the title 'Génétique du développement animal'. Below the title, there are three tabs: 'Dossier' (selected), 'Paramètres', and 'Plus'. On the right side, there is a button labeled 'Télécharger le dossier'. On the left side, there is a button labeled 'Modifier'. The main area shows a tree view of files and folders. A folder named 'Schémas crible mutations effet maternel, mutations effet zygotique Drosophile' is selected and highlighted in blue. Underneath this folder, there are five PDF files listed: 'Etape 1 Mutagenèse Drosophile.pdf', 'Etape 2-1 Effet maternel.pdf', 'Etape 2-2 Effet zygotique.pdf', 'Cours 1\_L3DEV\_2025\_INTRO.pdf', and 'Cours 2 L3DEV 2025-2-A- 1 axes \_ mutations à effet maternel.pdf'.



# Mutations à effet maternel

- Identification:  
Catégorie 1: forme de l'œuf altérée





## Mutations à effet maternel

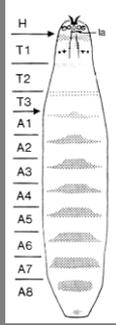
- Identification:

### Catégorie 2:

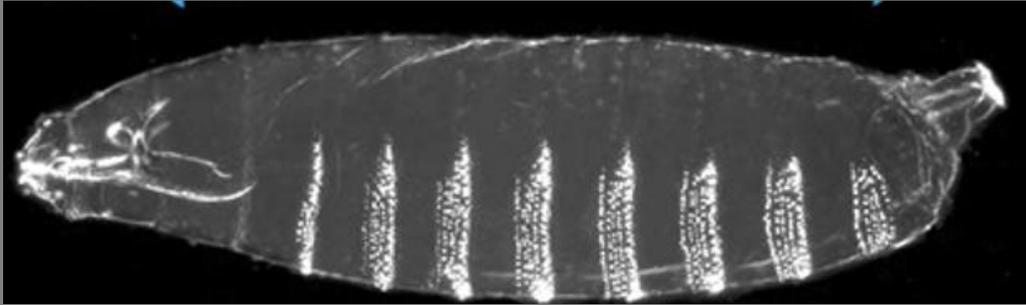
- Les œufs sont d'aspect sauvage
- Les larves n'éclosent pas

*=> Analyse du phénotype de l'embryon (larve morte)*

# Repères de polarité et segmentation

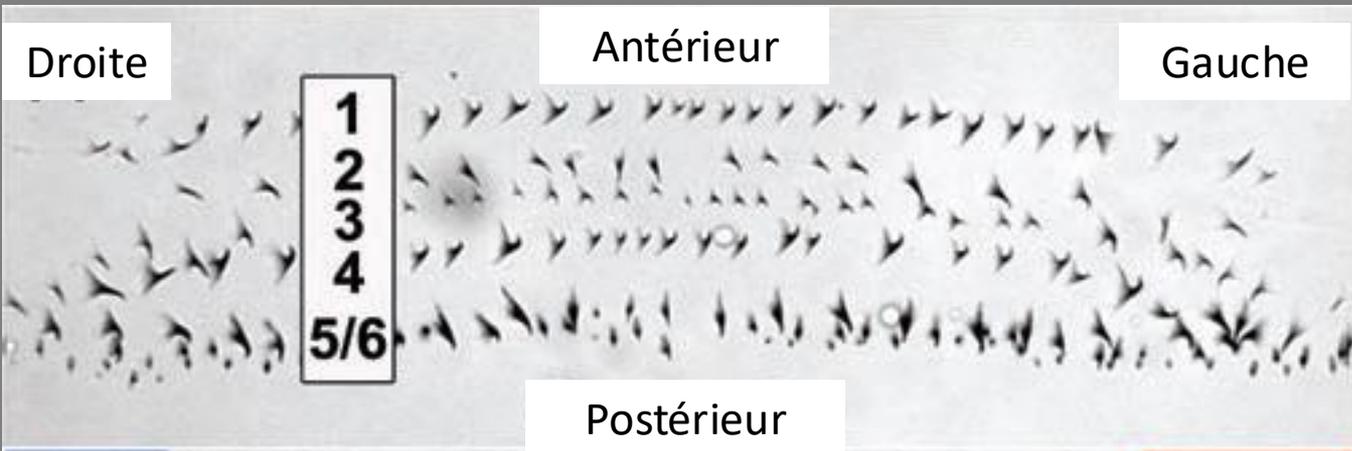


- Phénotype cuticulaire: formalisation



Préparation cuticulaire  
Vue latérale

Observation sur « fond noir »

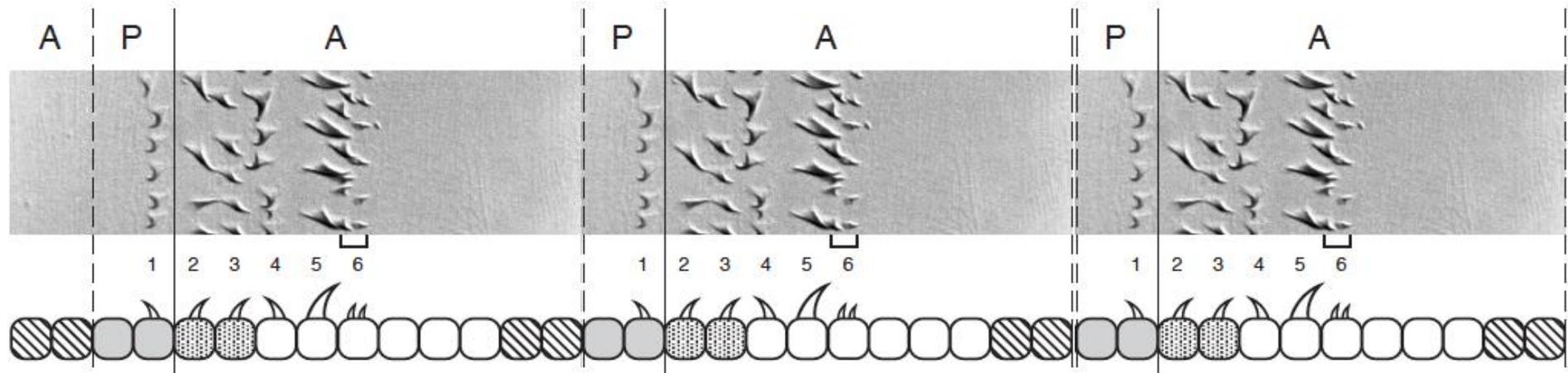
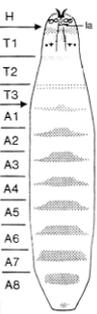


Zoom sur une portion de  
segment larvaire  
Vue ventrale

Observation en contraste  
de phase

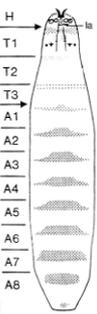
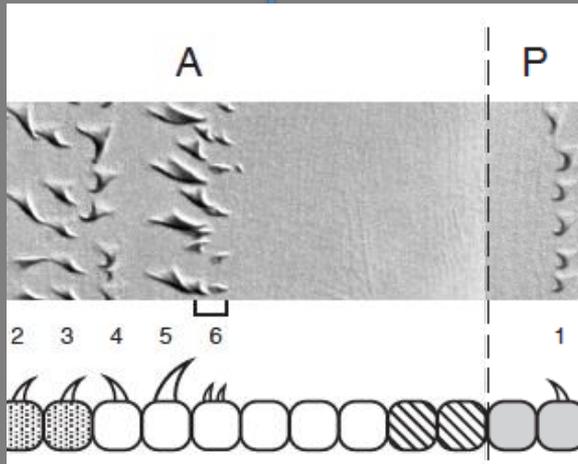
# Unités répétées sur l'axe Anteropostérieur

- Segmentation



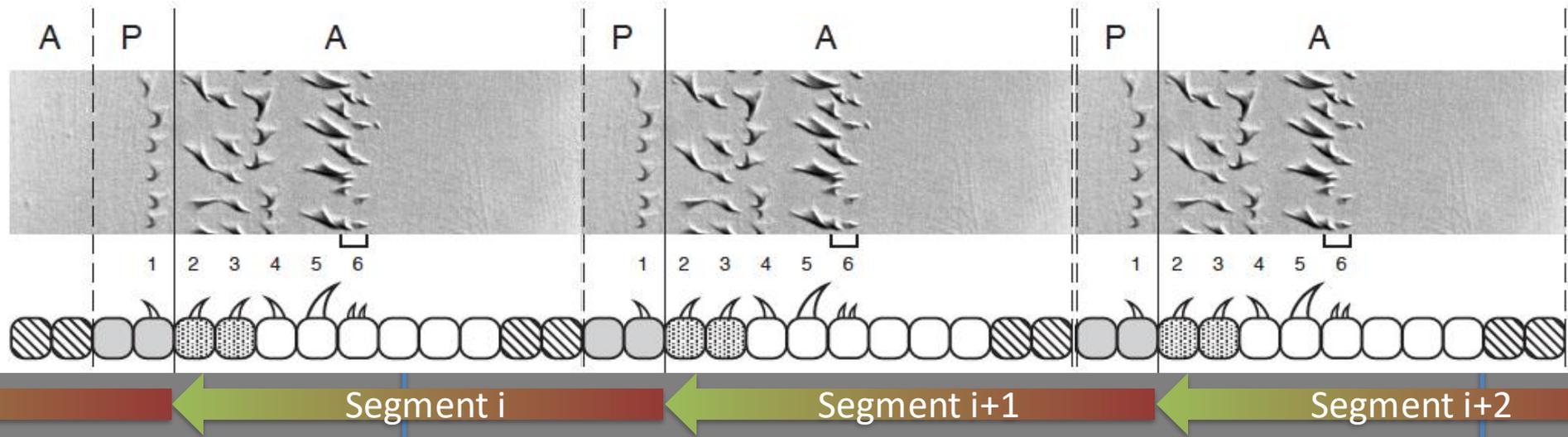
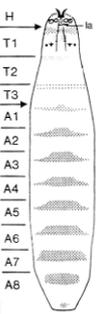
# Unités répétées sur l'axe Anteropostérieur

- Un segment:

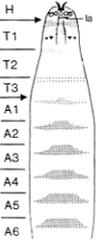


# Unités répétées sur l'axe Anteropostérieur

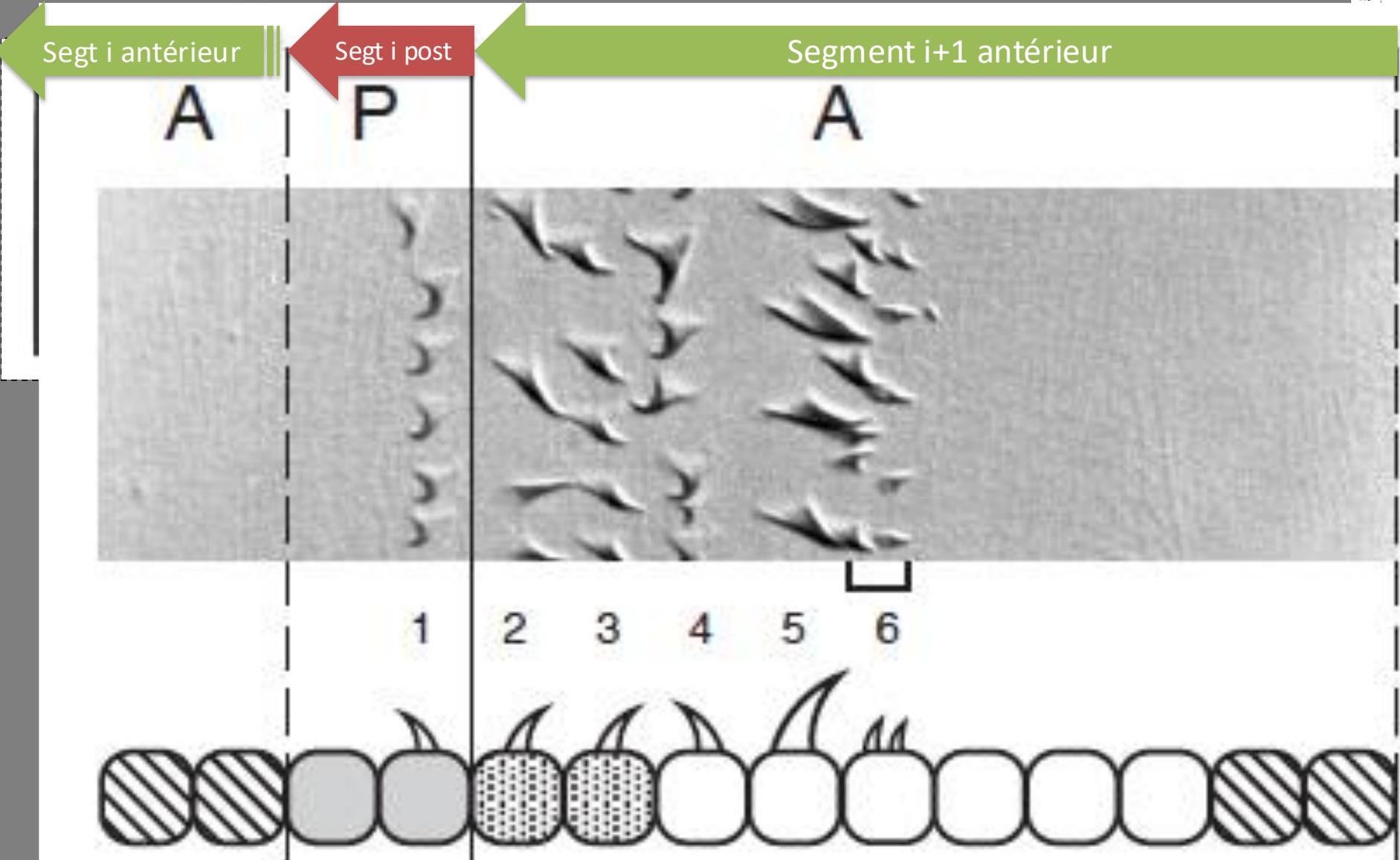
- segments



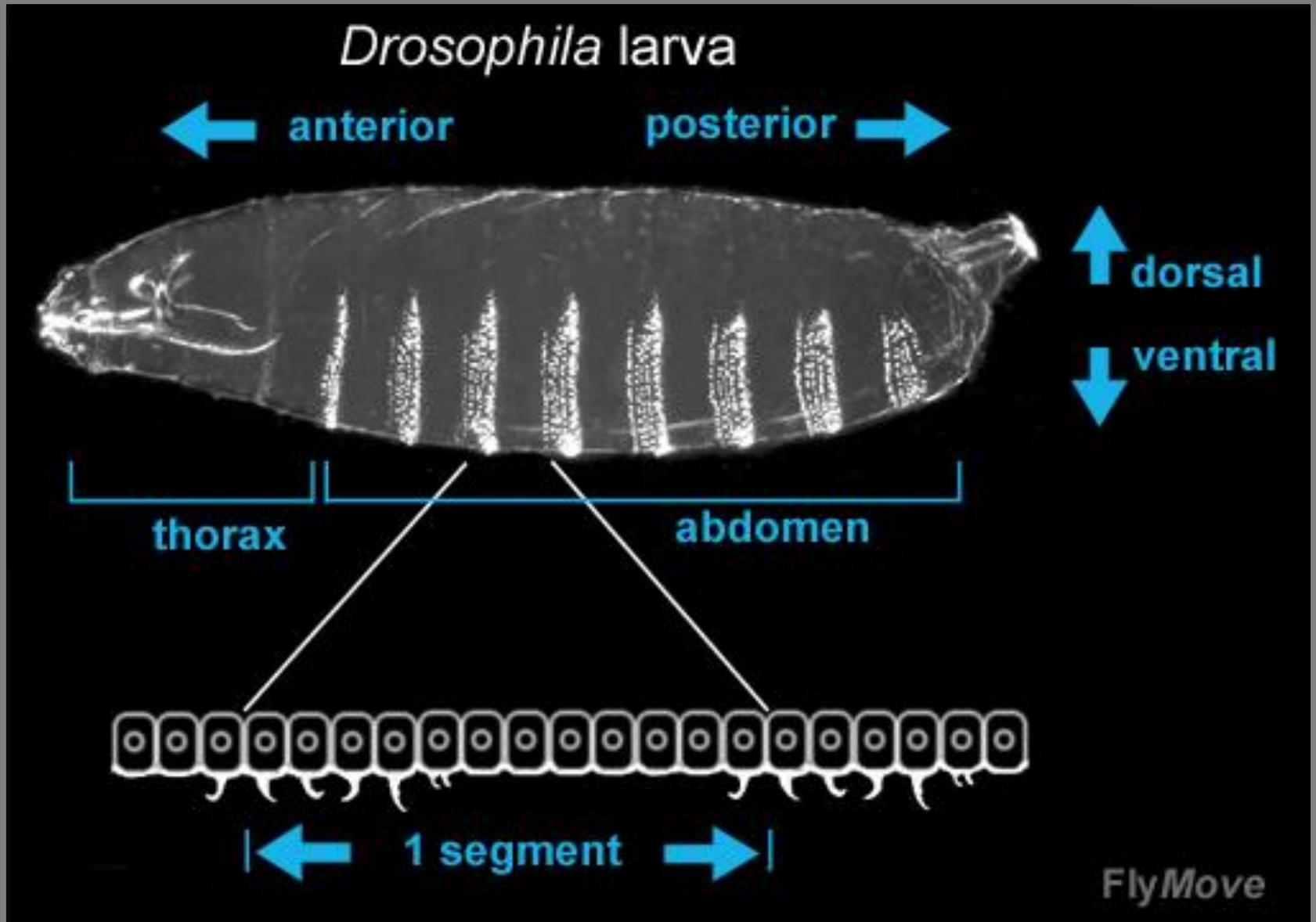
# Gènes zygotiques : gènes « de segmentation » »



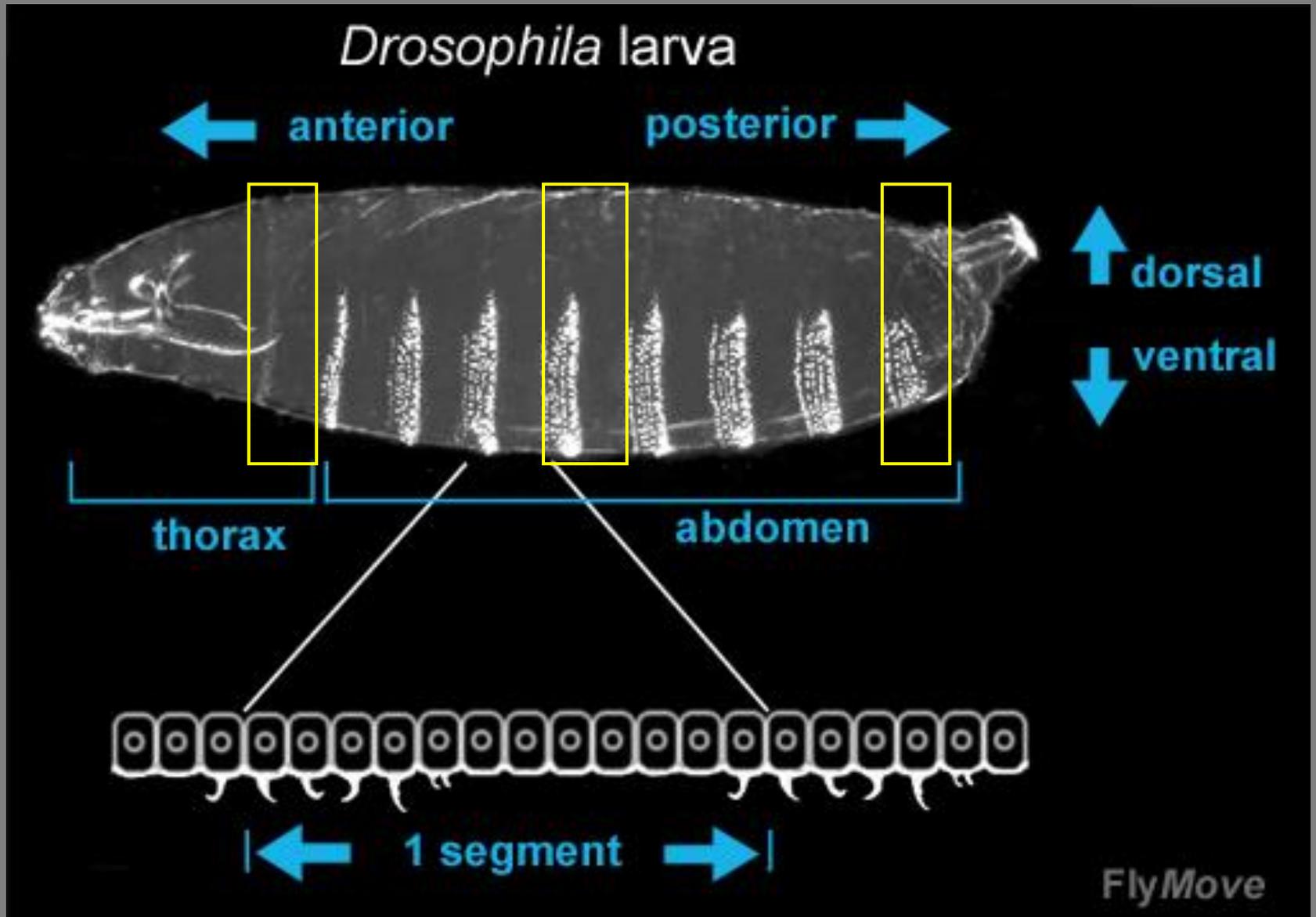
- Phénotype cuticulaire: formalisation



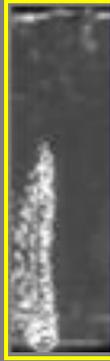
Les segments sont construits suivant un schéma constant, répété sur l'axe antéro-postérieur



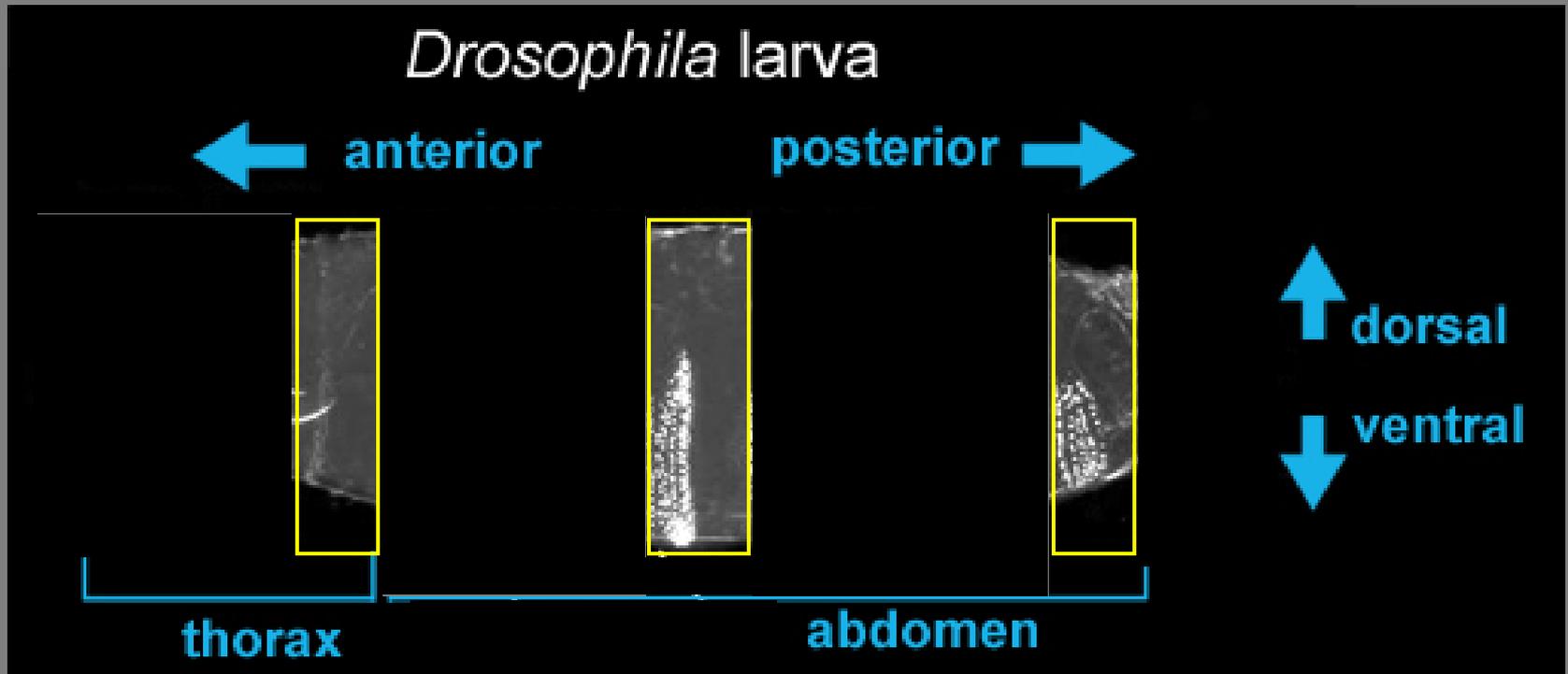
L'identité de position diffère d'un segment à l'autre



# L'identité de position diffère d'un segment à l'autre



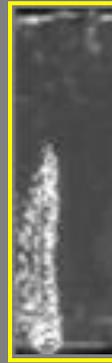
L'identité de position diffère d'un segment à l'autre



Des marques anatomiques permettent de repérer l'identité de position « intrinsèque » d'un segment



T

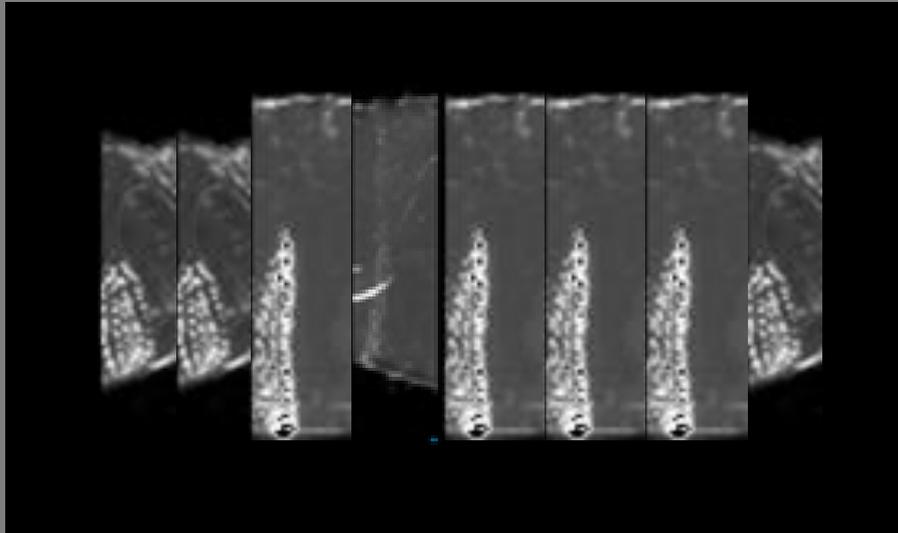


A  
ant

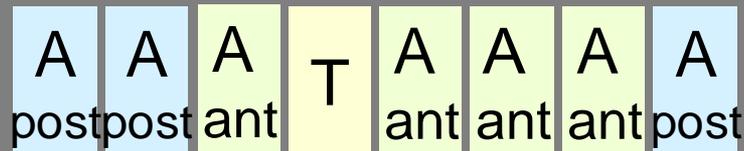


A  
post

Des marques anatomiques permettent de repérer l'identité de position « intrinsèque » d'un segment



Putative mutant larval phenotype



=> Tirer parti de cette propriété pour caractériser des mutations qui affectent l'identité de position



## Mutations à effet maternel

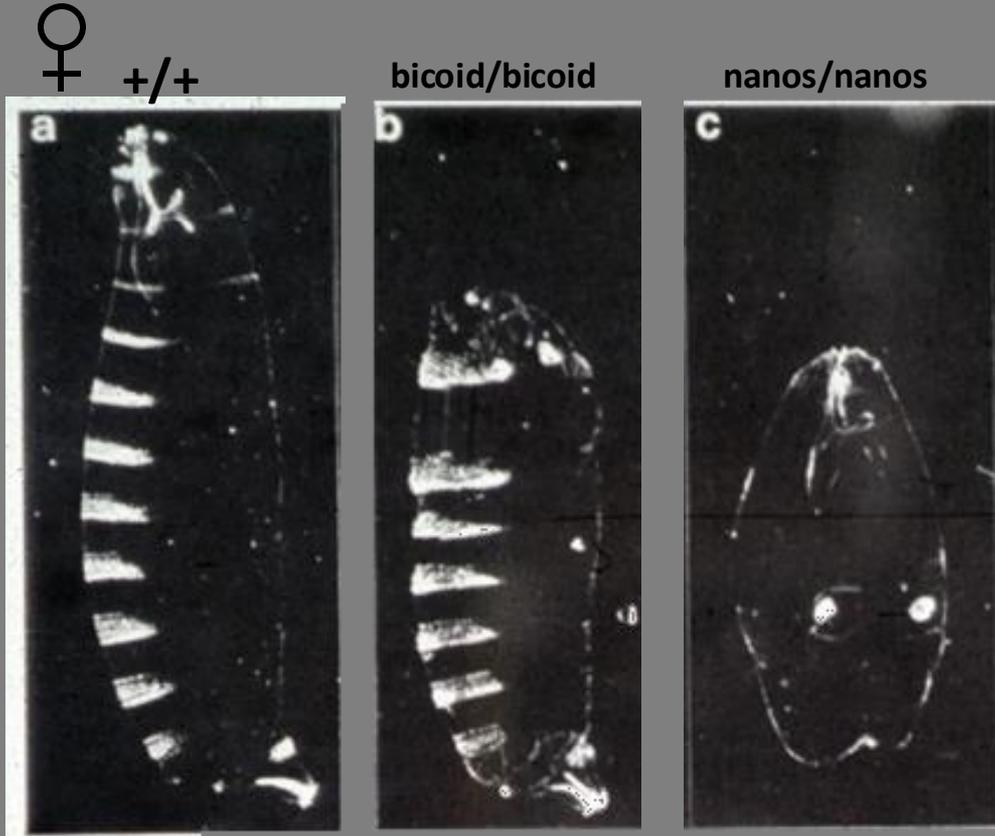
- Identification:

Catégorie 2:

- Les œufs sont d'aspect sauvage
- Les larves n'éclosent pas

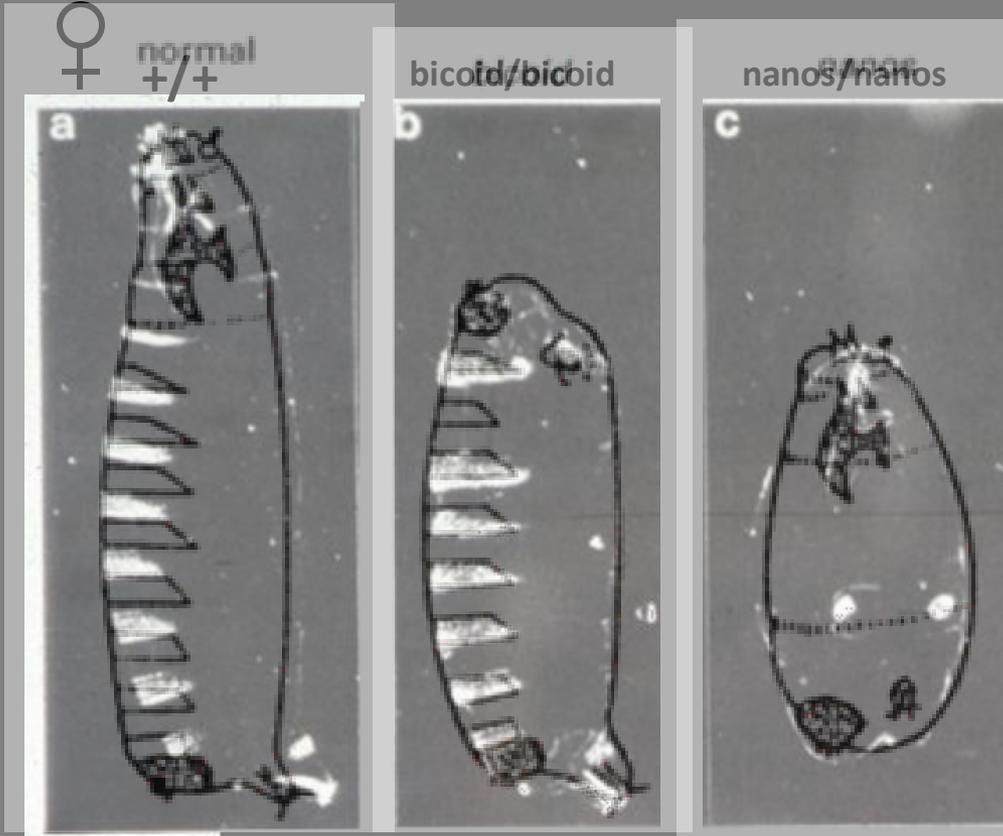
=> *nanos* et *bicoid*

# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure



- les œufs sont d'aspect sauvage
- Les larves n'éclosent pas
- Phénotype des embryons?

# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure



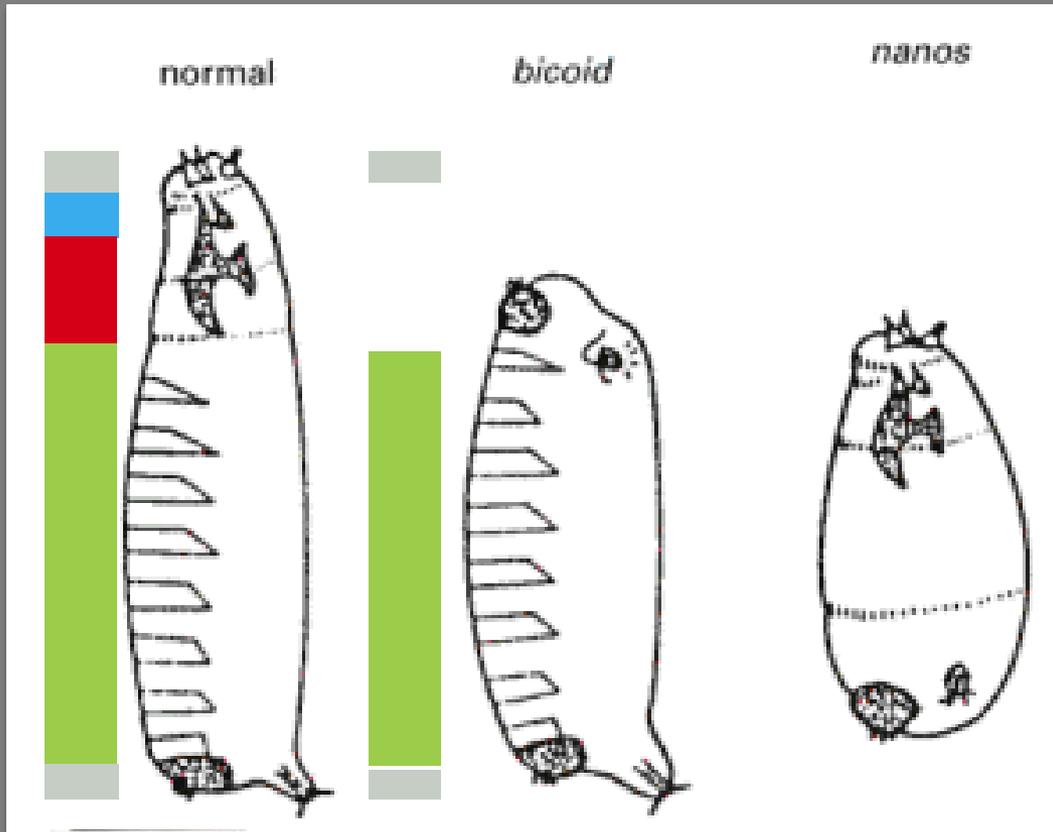
- les œufs sont d'aspect sauvage
- Les larves n'éclosent pas
- Phénotype des embryons?

Axe antéro-postérieur

# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure



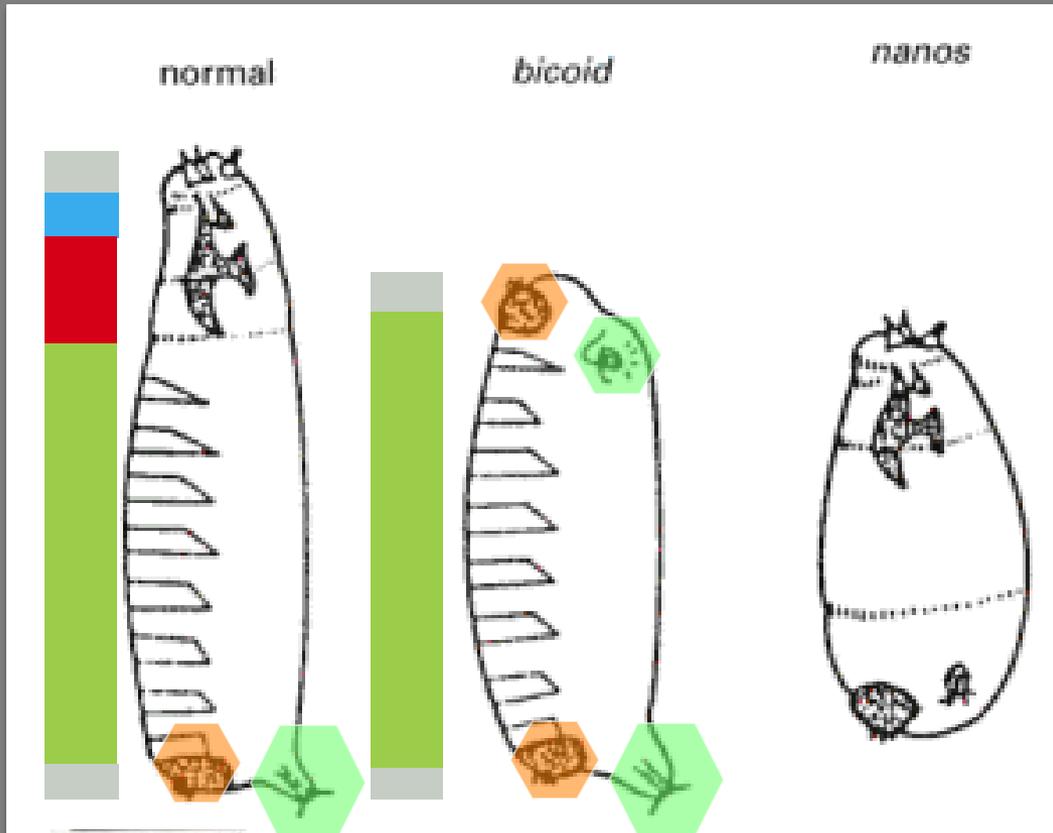
- Formalisation des phénotypes



# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure



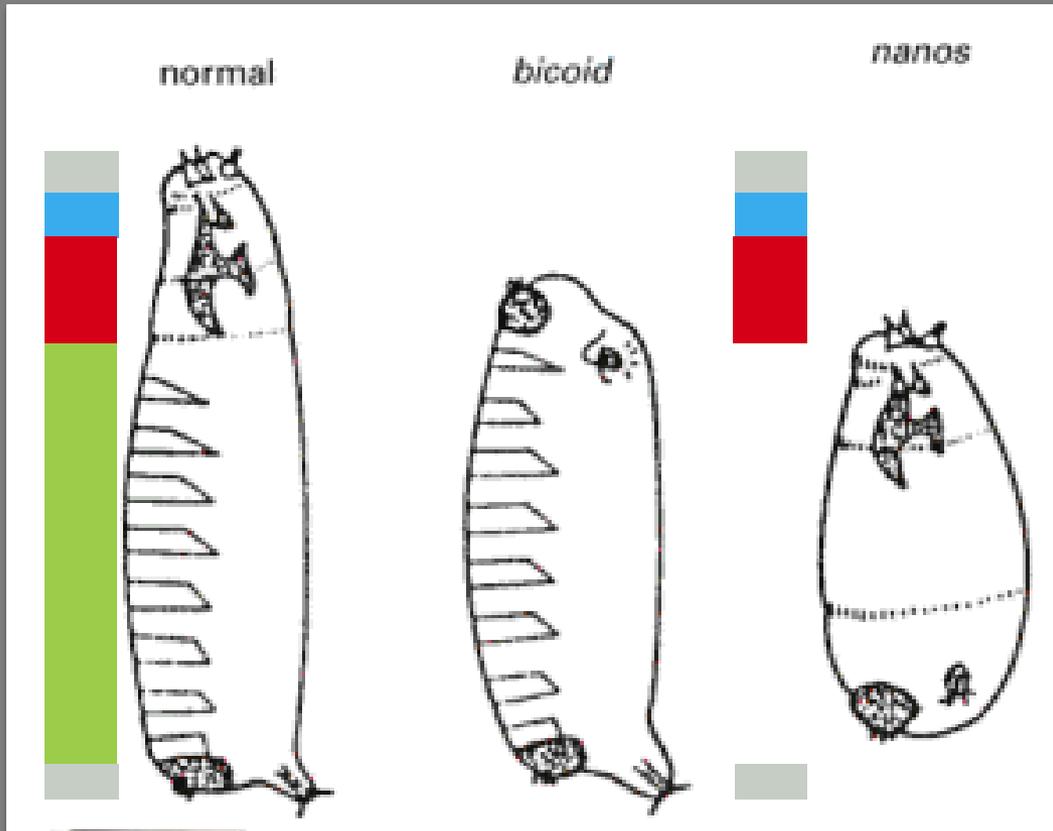
- Formalisation des phénotypes



# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure



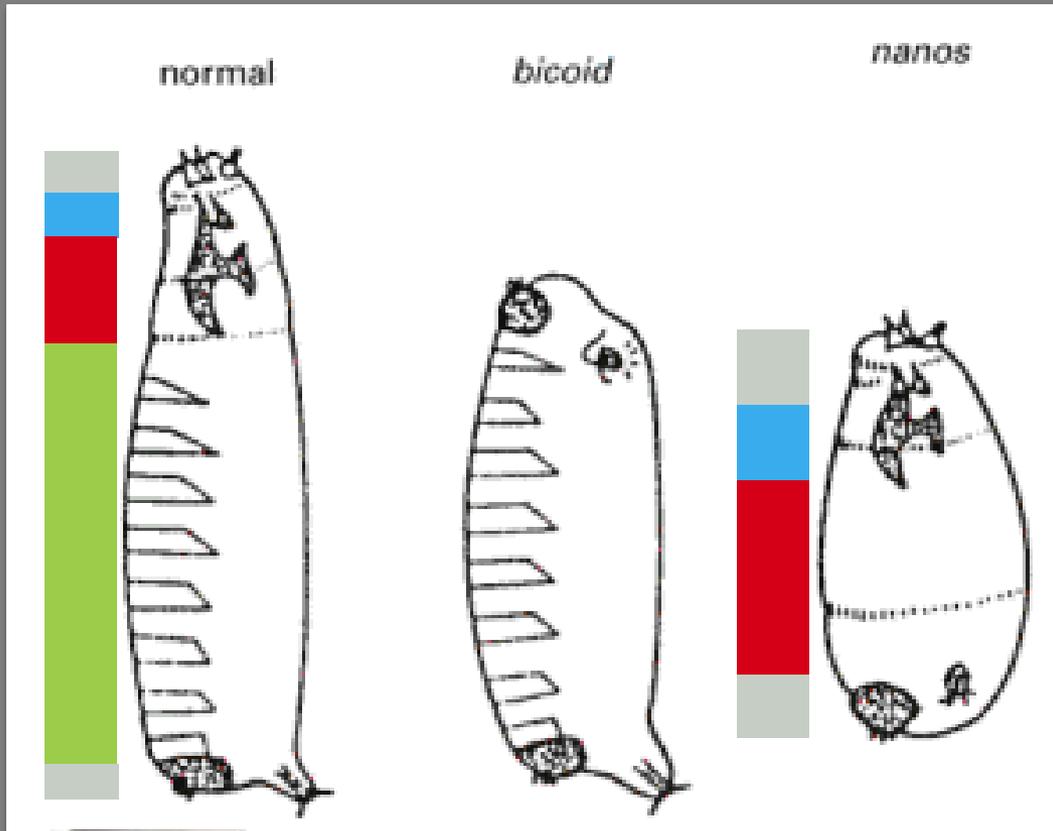
- Formalisation des phénotypes



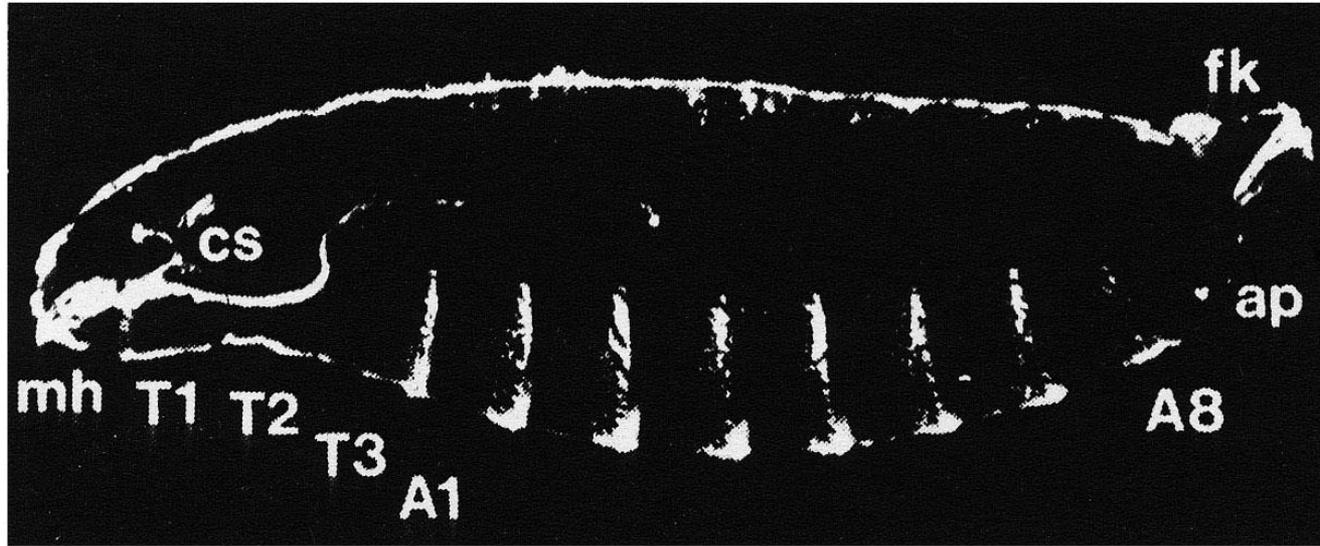
# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure



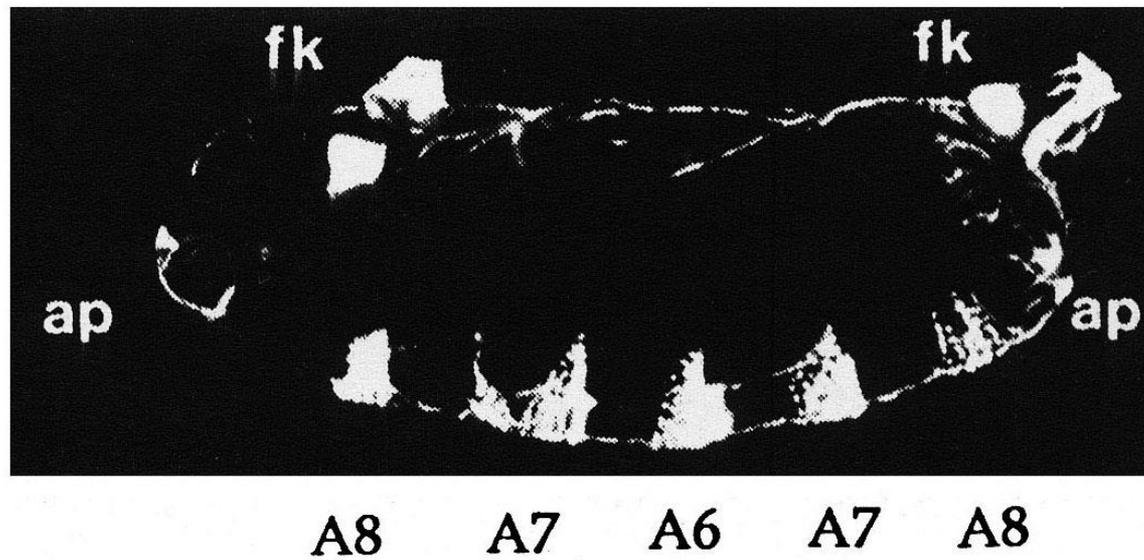
- Formalisation des phénotypes



*wild-type*



*bicoid*

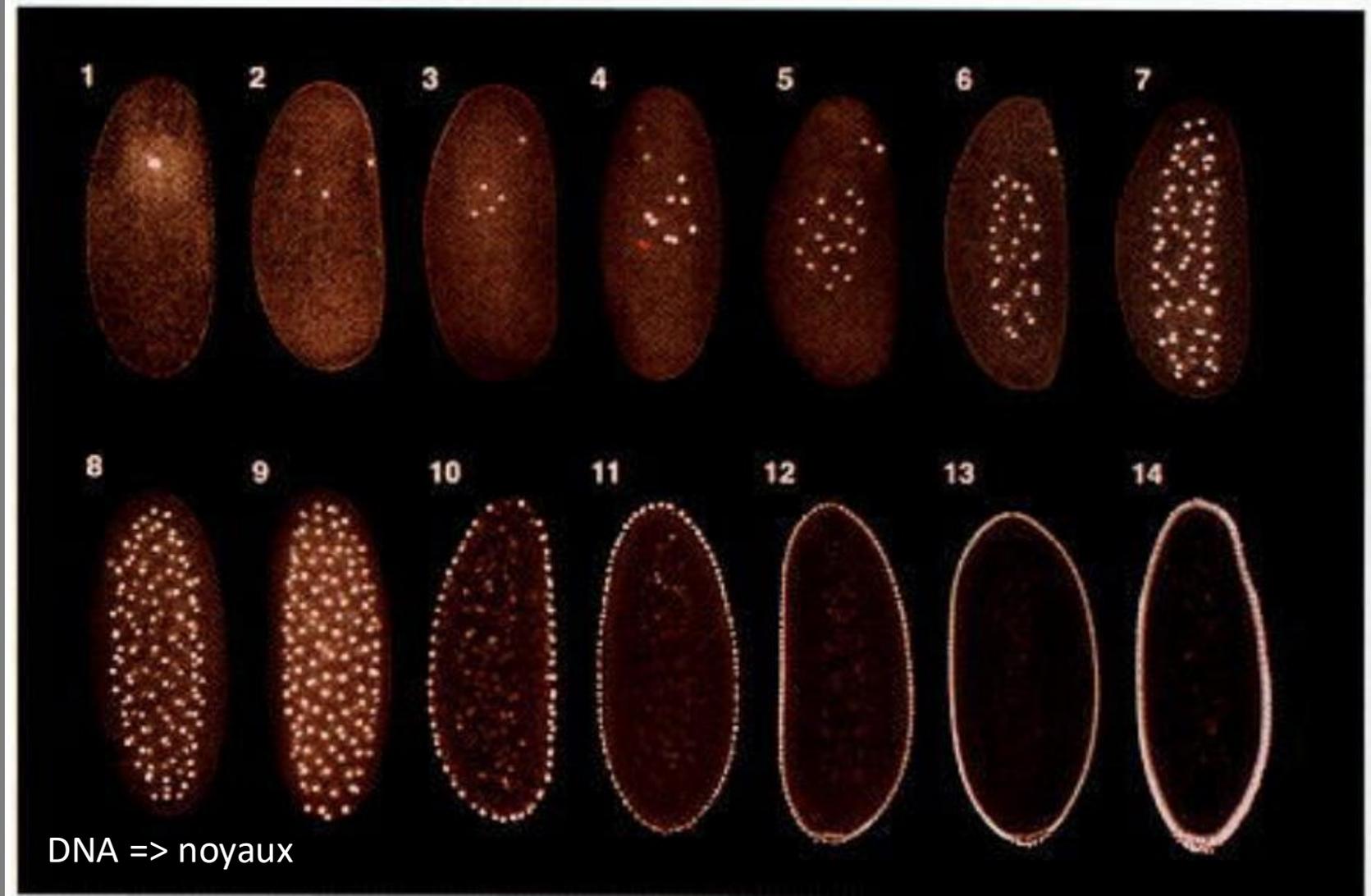


# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure



- *bicoid*
  - Létalité embryonnaire d'origine strictement maternelle
  - Absence de polarité antérieure
    - => «deux régions postérieures en miroir»
  - A quel stade la fonction de *bicoid* est-elle nécessaire?
    - dans l'ovogenèse?
    - dans l'embryon?
  - *Nature de l'information maternelle?*

# Etapes précoces de l'embryogenèse



Segmentation partielle de type syncytial

# DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE PRÉCOCE DE LA DROSOPHILE

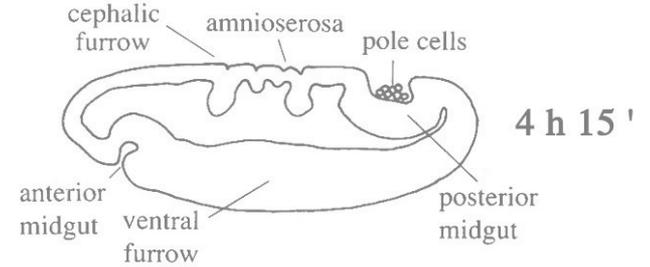
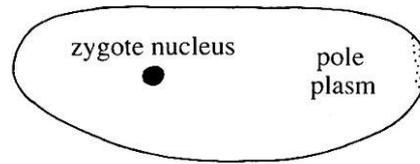
Division nucléaire

Pas de transcription

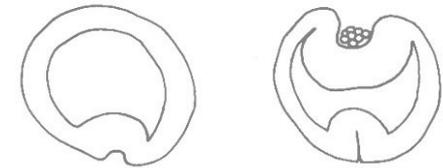
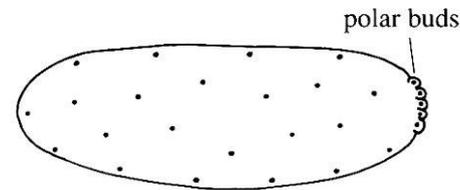
Arrêt des divisions nucléaires  
Individualisation cellulaire

Démarrage de la transcription

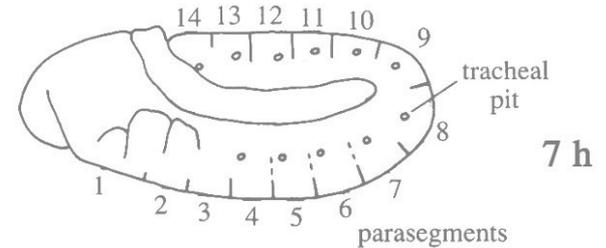
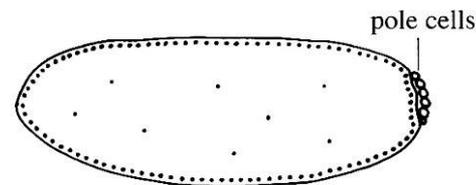
30'



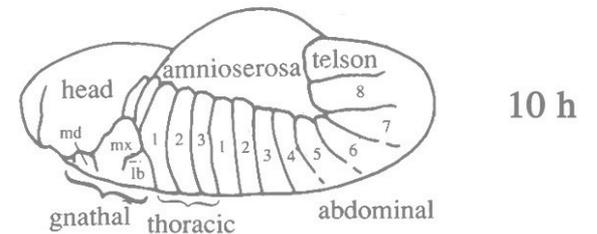
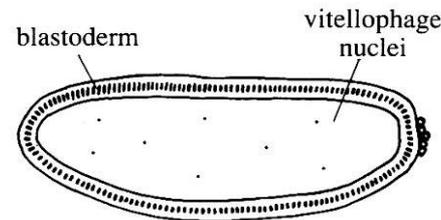
1 h 10'



30'



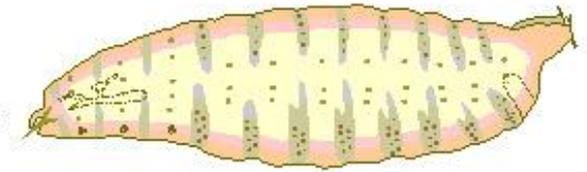
3 h 15'



# Nature de l'information maternelle



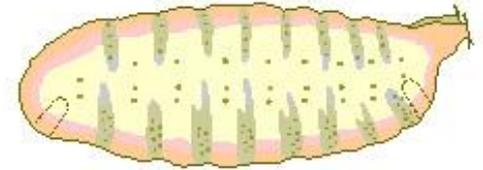
Wild-type egg



Wild-type larva

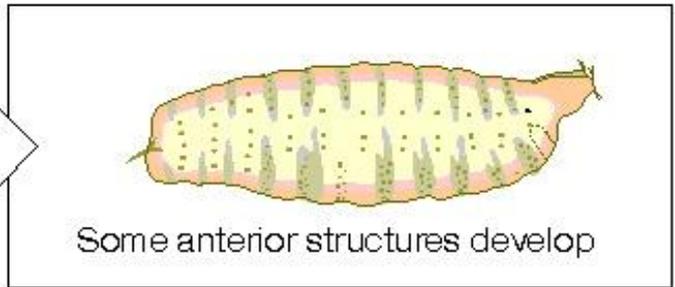
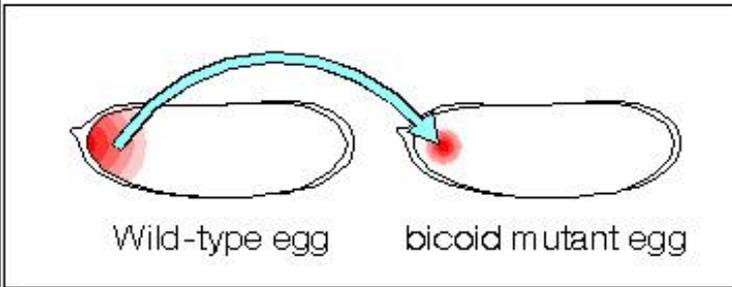
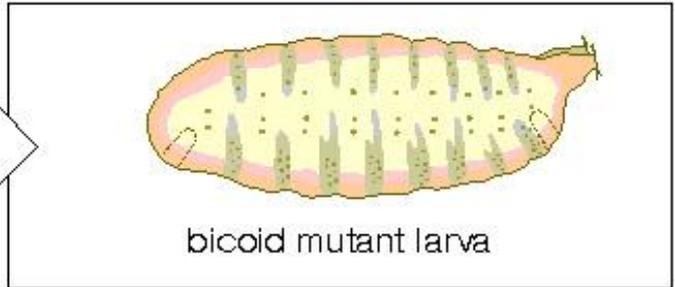
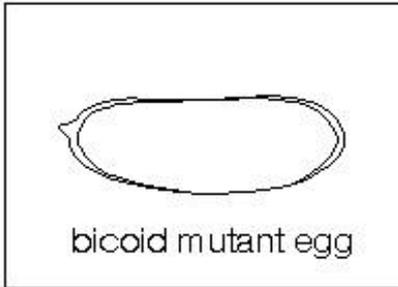
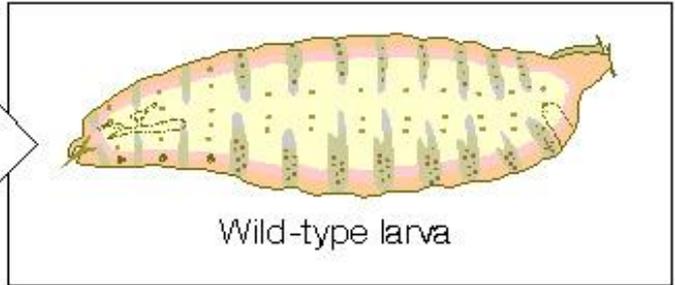
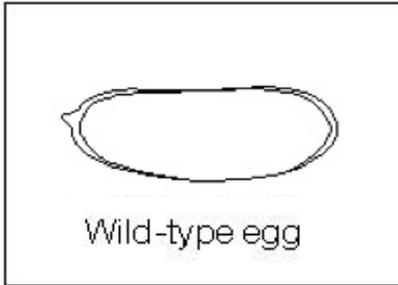


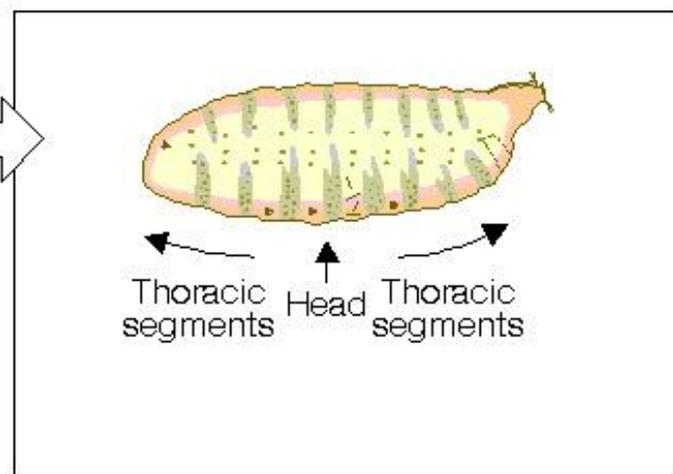
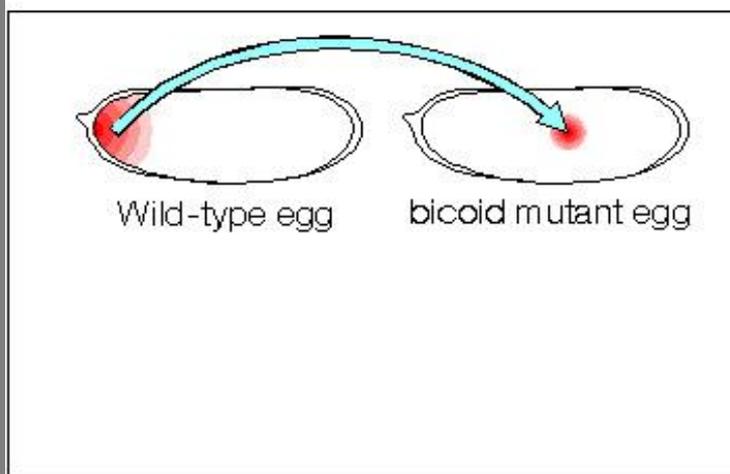
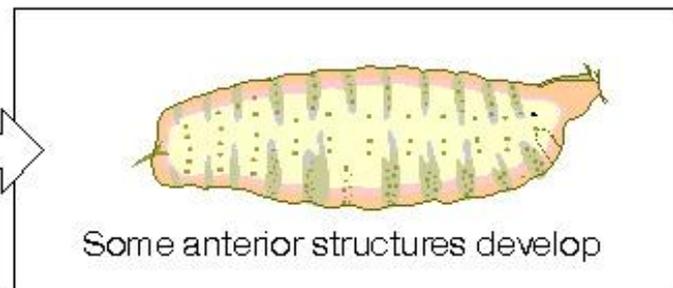
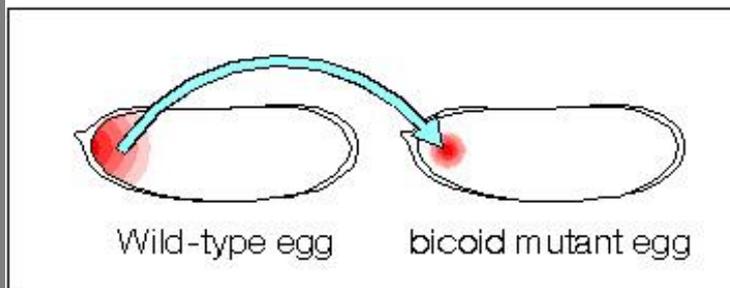
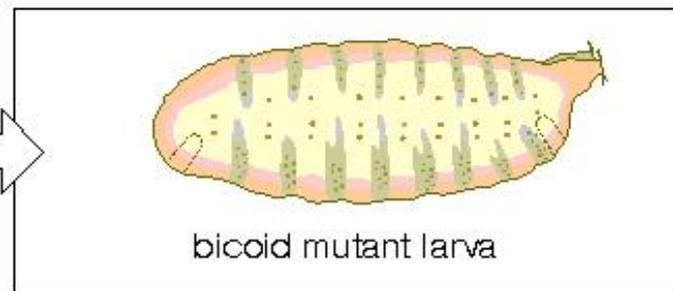
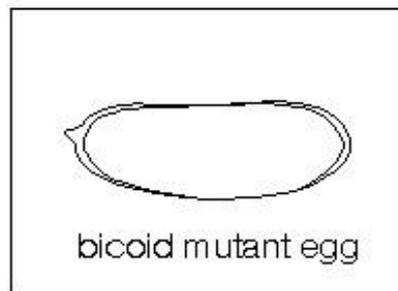
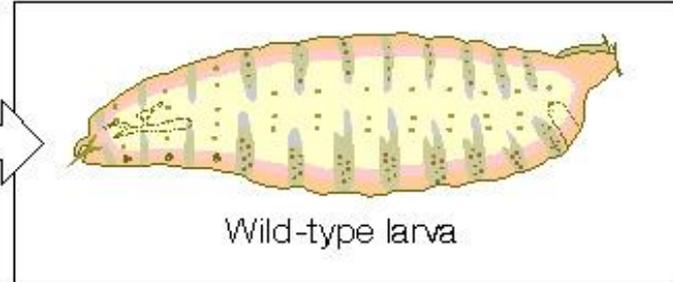
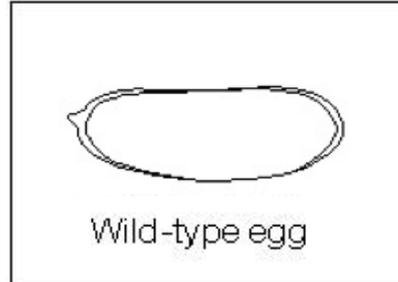
bicoid mutant egg

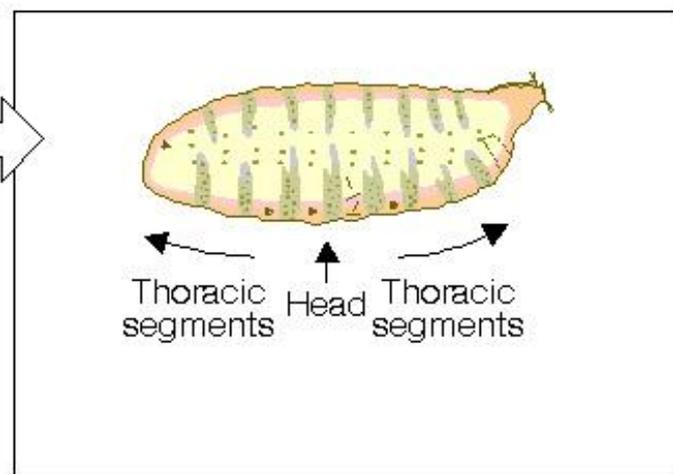
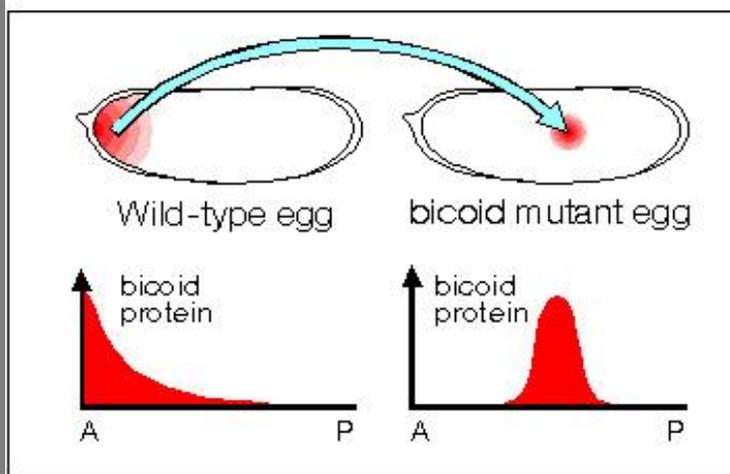
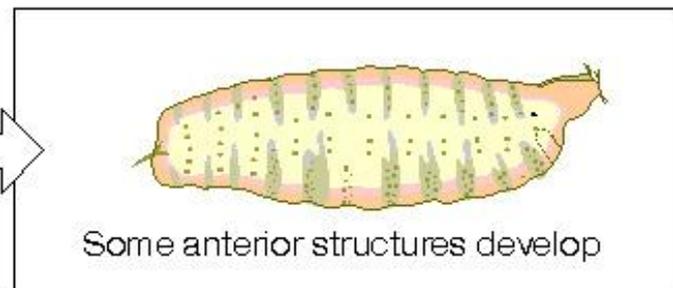
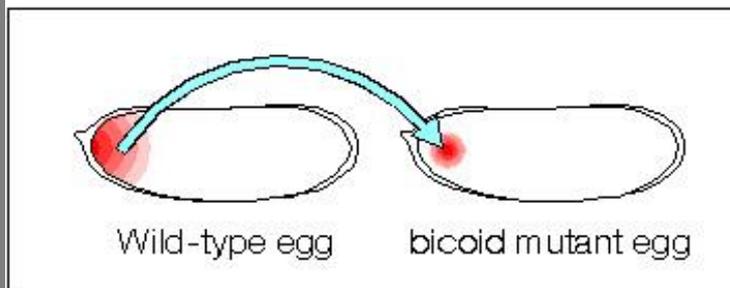
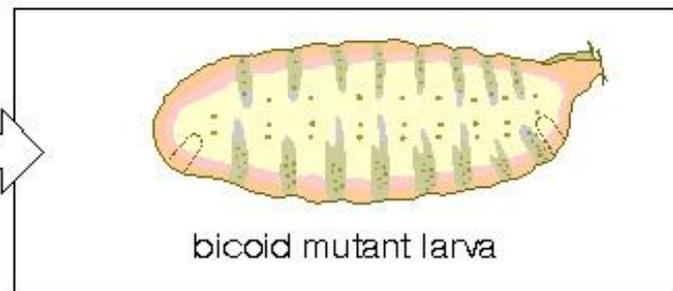
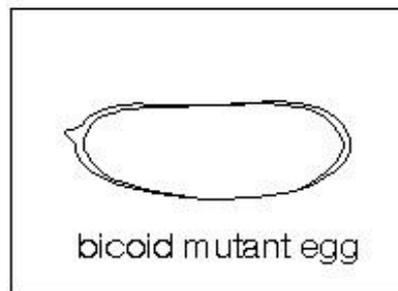
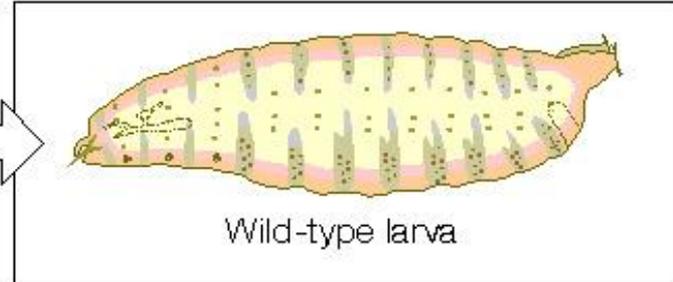
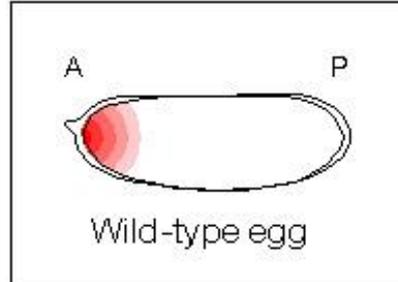


bicoid mutant larva

# Nature de l'information maternelle







# CONCEPT DE MORPHOGÈNE

*bicoid* = premier morphogène identifié

Cf Glossaire

<https://ecampus.paris-saclay.fr/mod/resource/view.php?id=1915014>

**Morphogène** : substance diffusant à partir d'une source selon un gradient de concentration et auquel les cellules répondent différemment en fonction de la concentration reçue.

Identité « antérieure » de l'embryon  
= fonction de la concentration en Bicoid

=> Voir TD # 3

# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure



- *bicoid*

- Létalité embryonnaire d'origine strictement maternelle

- => À quel moment et où s'exprime *bicoid*?

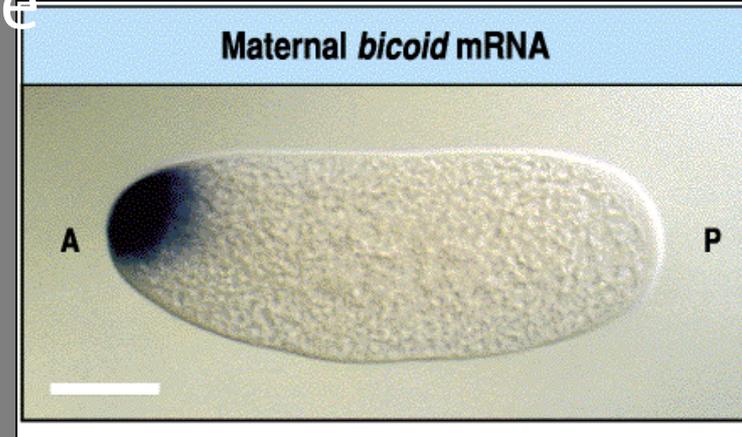
- Méthode

- Hybridation in situ => transcrits

- Détection immunologique => protéine

# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure

Œuf non fécondé



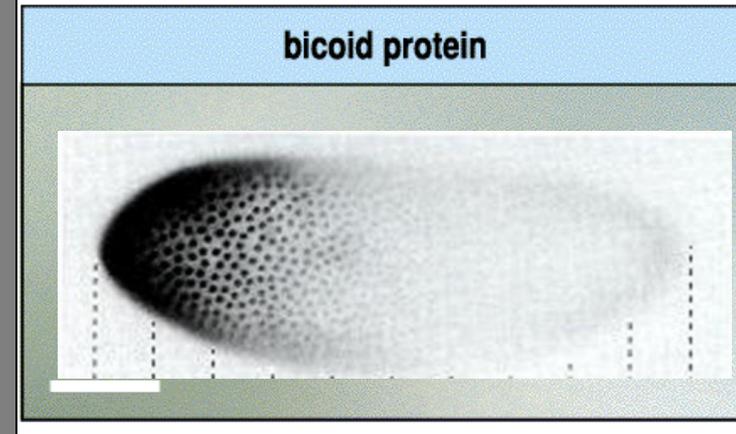
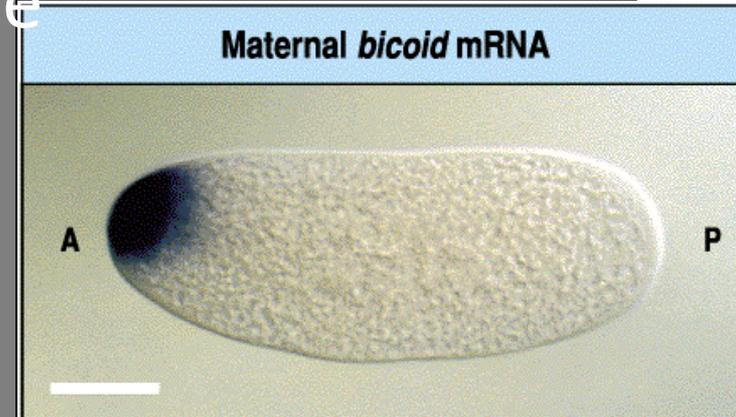
# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure



- Exemple: *bicoid*

Œuf fécondé

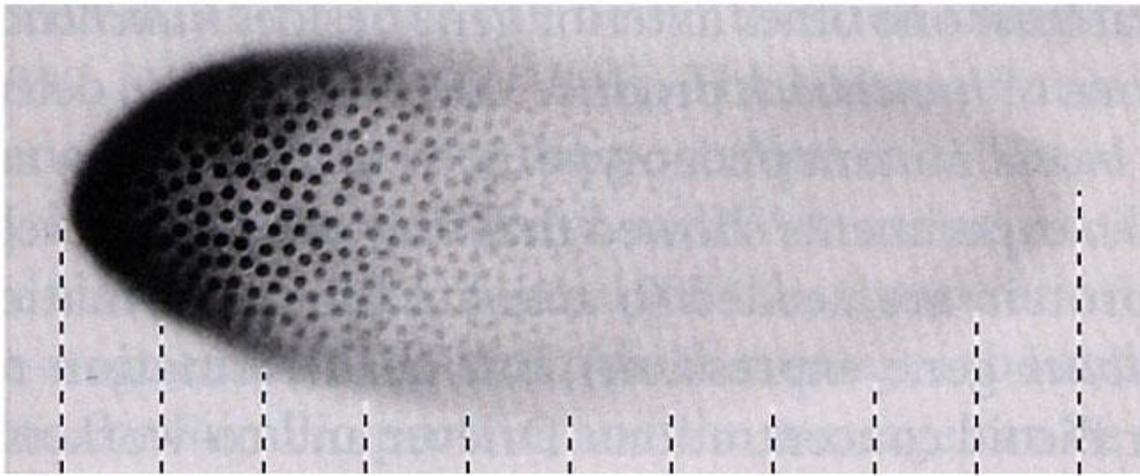
Messagers *bicoid*

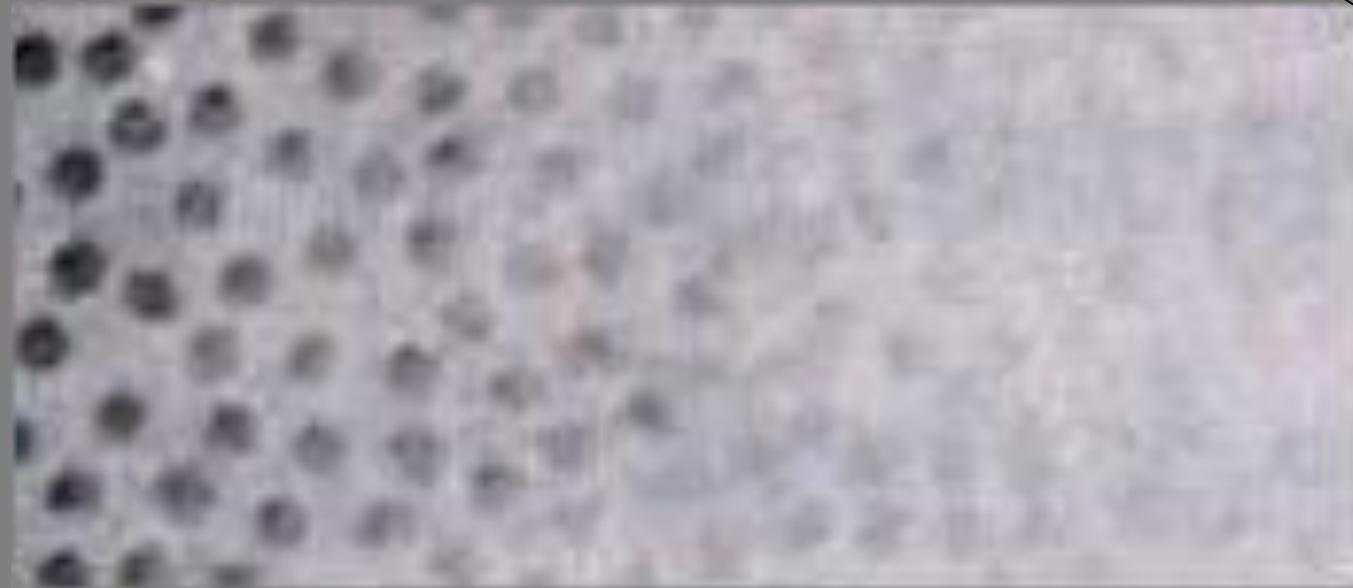
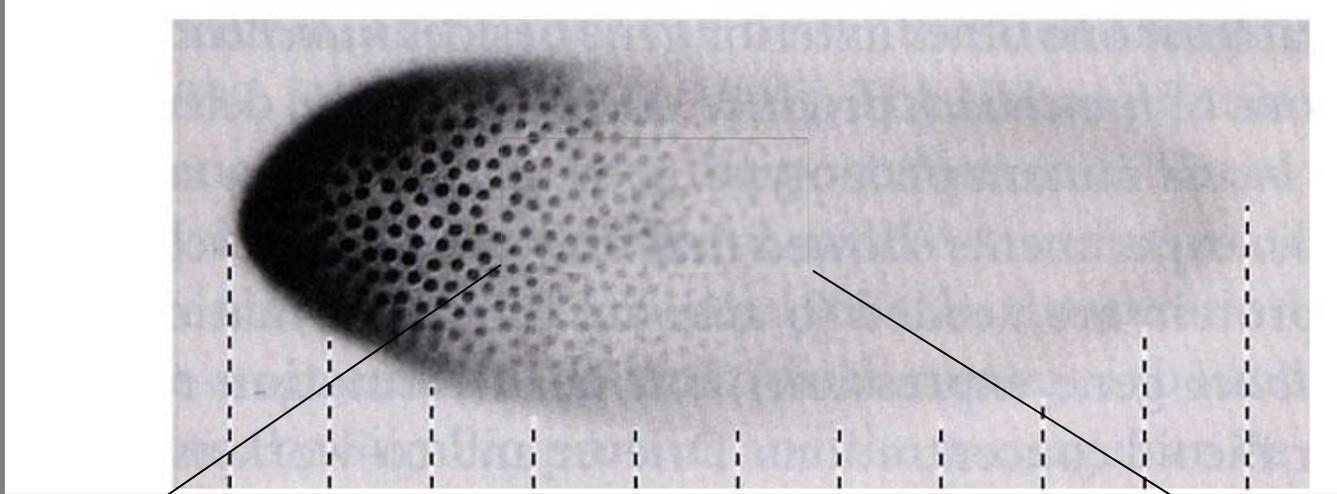


Œuf fécondé

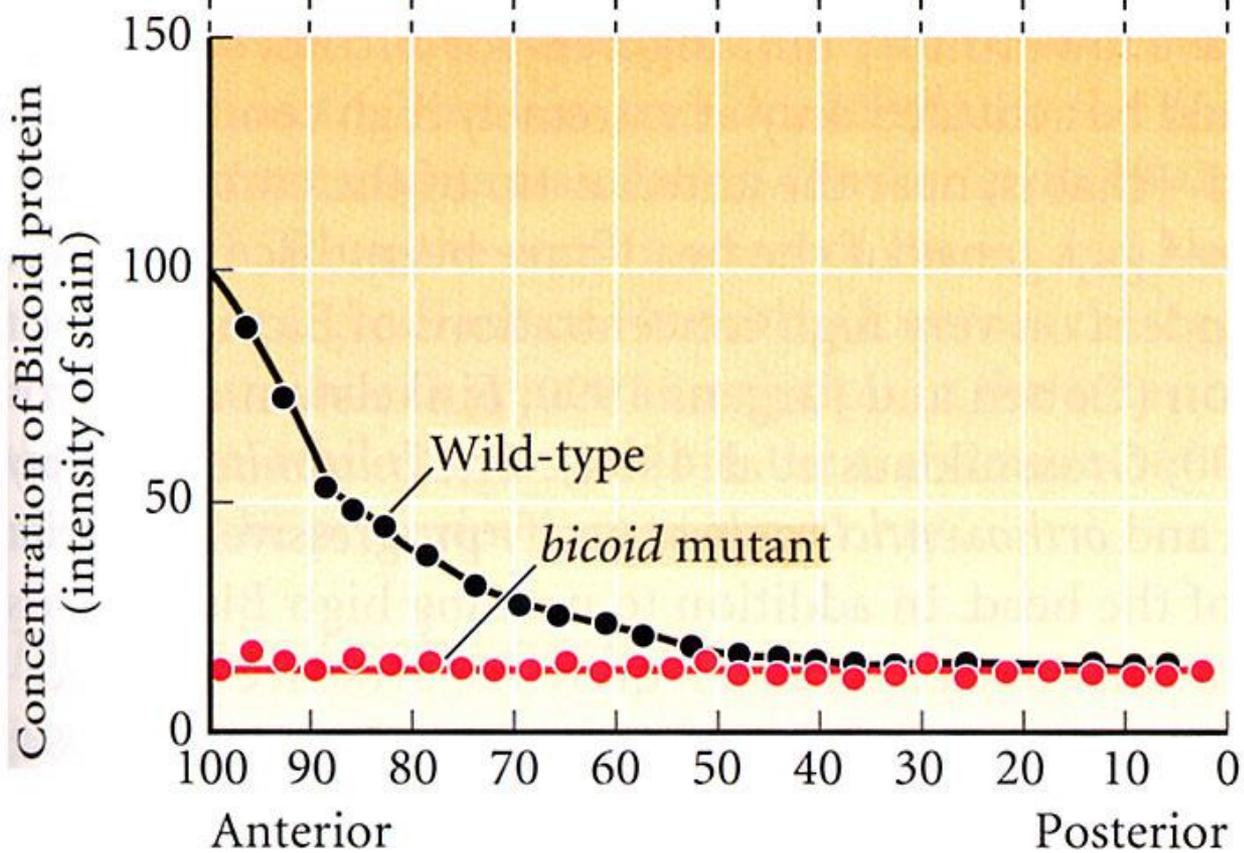
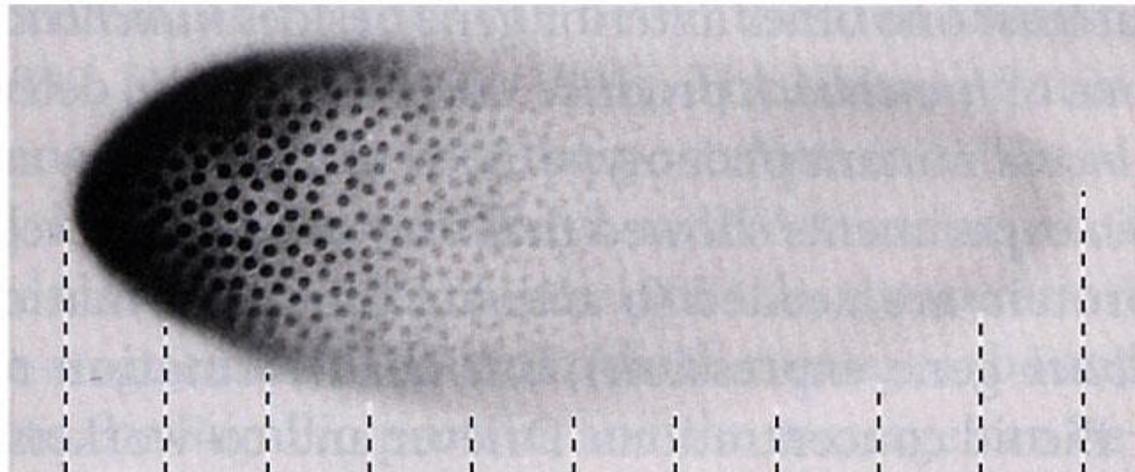
Protéine Bicoid

(Vue à la surface du blastoderme)





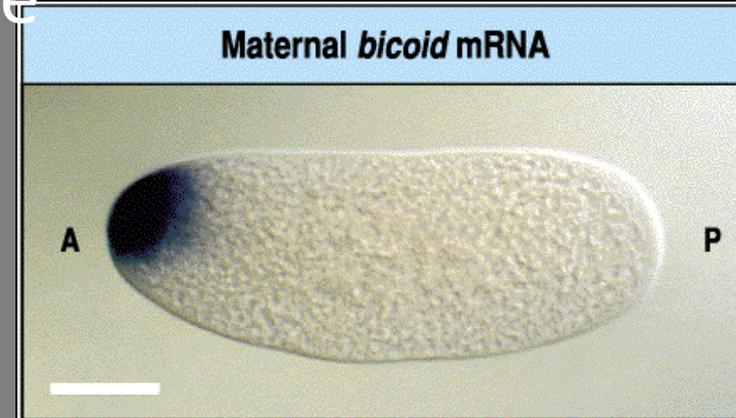
noyaux



# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure

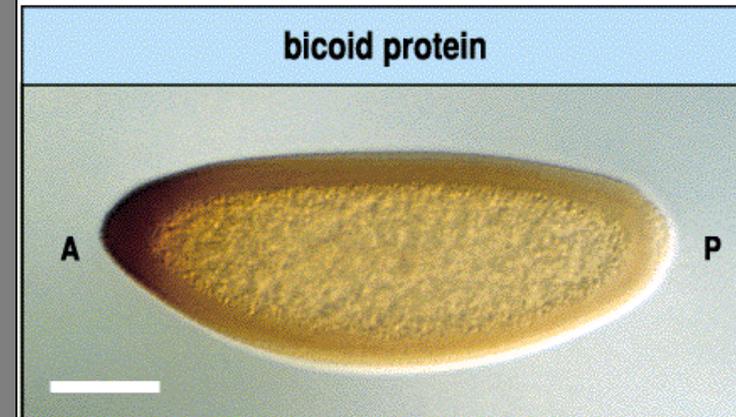
Œuf fécondé

Messagers *bicoid*

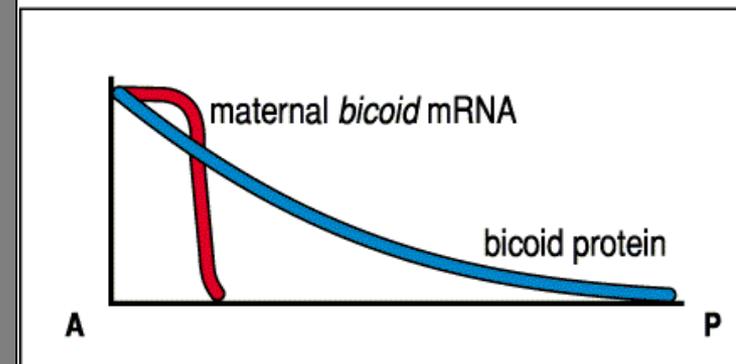


Œuf fécondé

Protéine Bicoid



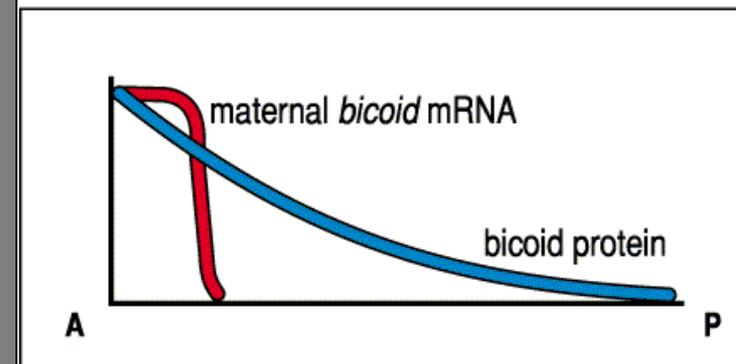
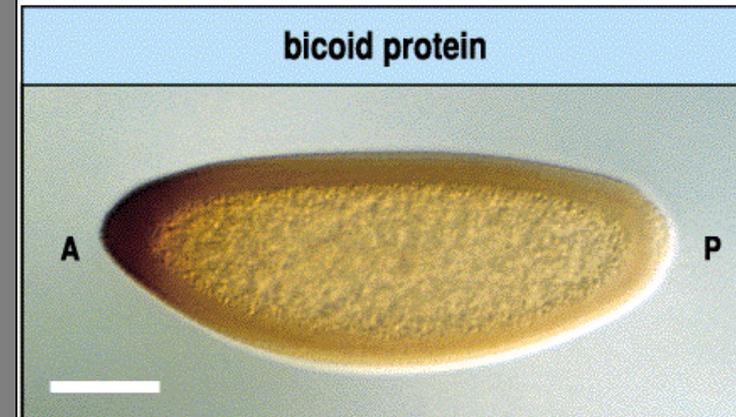
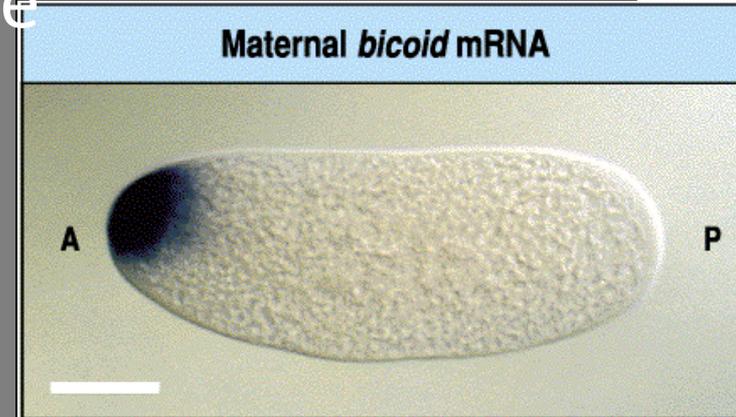
Formalisation



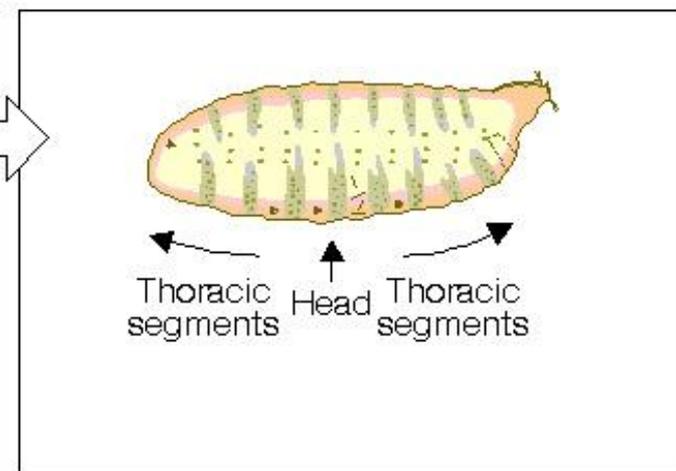
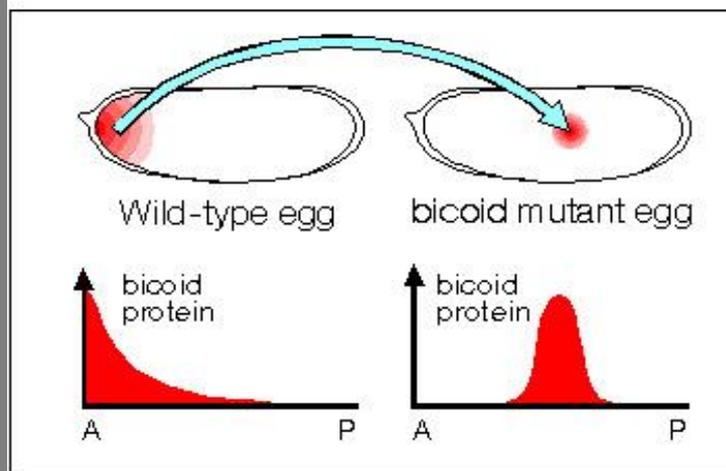
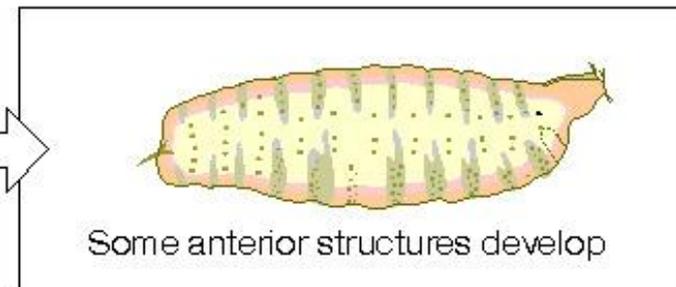
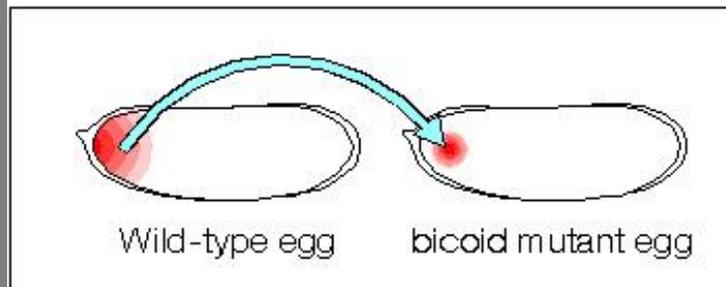
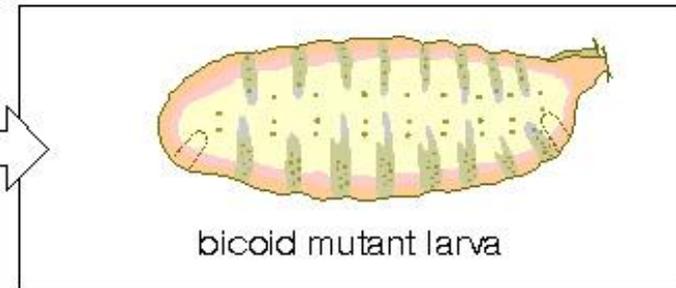
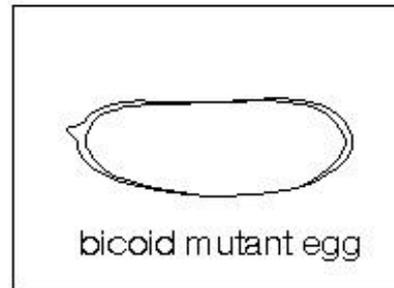
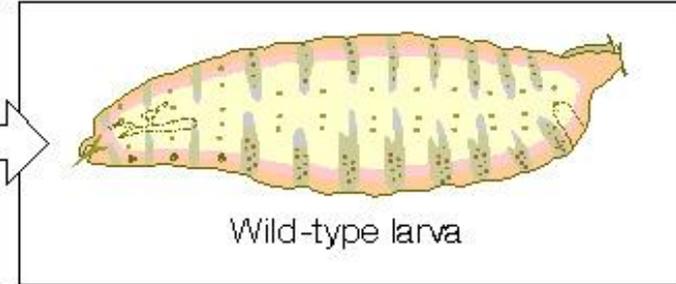
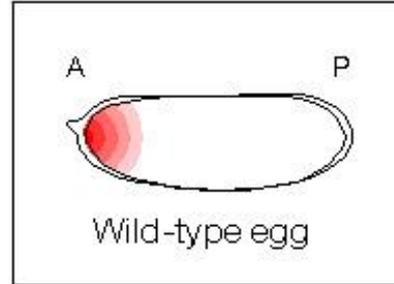
# Mutations à effet maternel affectant la polarité antéro-postérieure



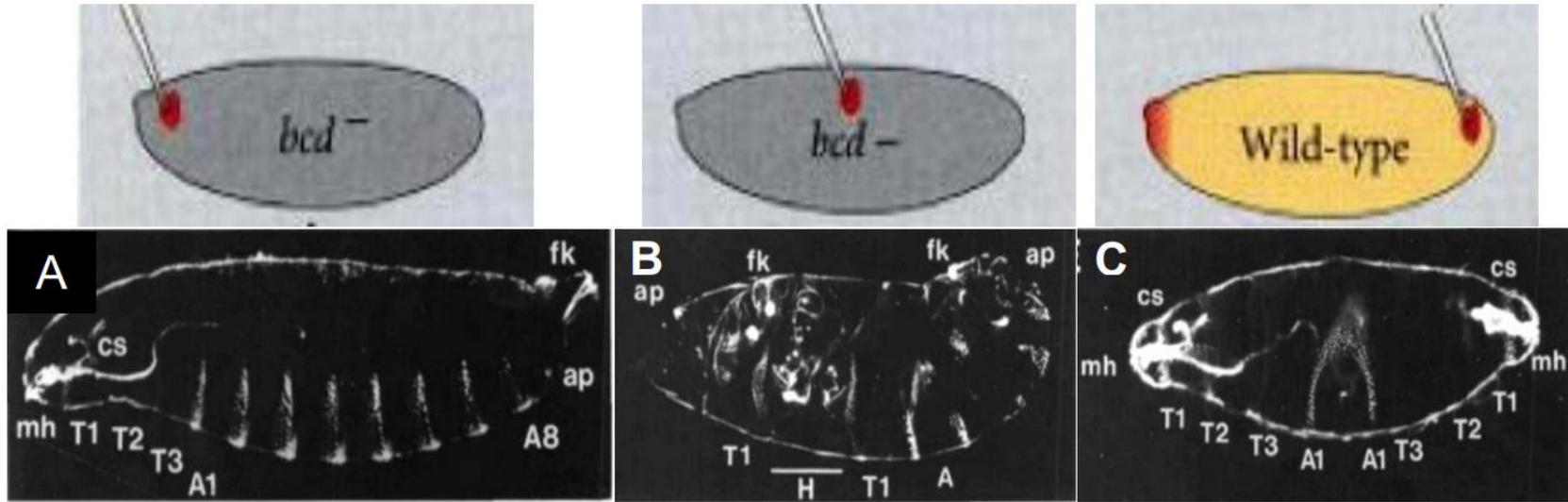
- => régulation spatiale de l'expression par distribution différentielle de **transcrits** dans l'ovocyte
- Diffusion de la protéine dans un embryon syncytial
- => Gradient de protéine sur l'axe AP



# Injection de cytoplasme (rappel)

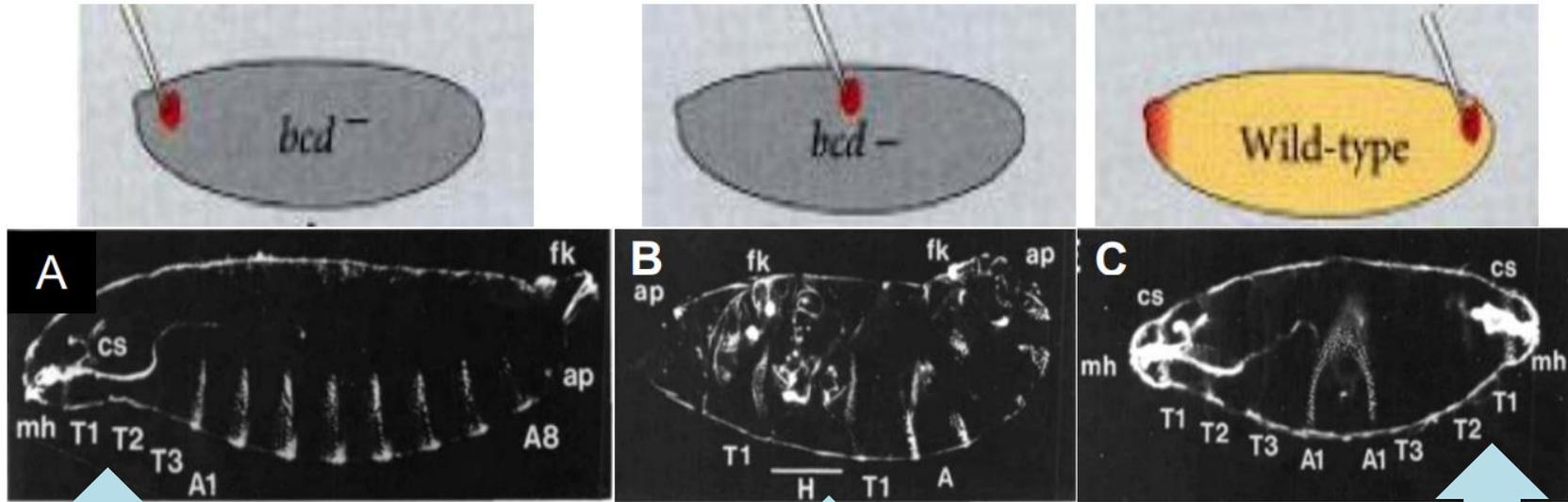


# Injection de mRNA *bcd*



**Figure 4 : Effet de l'injection d'ARNm *bicoid* synthétiques dans un embryon mutant *bcd* ou un embryon sauvage.** Le panel supérieur correspond aux expériences schématisées. Le panel inférieur montre les phénotypes cuticulaires associés. Vues latérales. *ap*= *anal plate* ("anus"), *mh*= *mouth hooks* (crochets mandibulaires, "bouche"), T = segments thoraciques, A = segments abdominaux.

# Injection de mRNA *bcd*



**Figure 4 :** Effet de l'injection d'ARNm *bicoid* synthétisés dans un embryon mutant *bcd* ou dans un embryon sauvage. Le panneau supérieur correspond aux expériences schématisées. Le panneau inférieur montre les phénotypes cuticulaires associés. Vues latérales. *ap*= *anal plate* ("anus"), *mh*= *mouth hooks* (crochets mandibulaires, "bouche"), T1-T3 = segments thoraciques, A = segments abdominaux.

Le mRNA de *bcd* est suffisant dans la région antérieure pour restaurer un axe AP complet chez un embryon mutant LOF de *bcd*.

Le mRNA de *bcd* est suffisant pour imposer une identité antérieure à la région abdominale moyenne

Le mRNA de *bcd* est suffisant pour imposer une identité antérieure à la région postérieure