

*UE2 : Histologie – Biologie du développement*

---

# Chapitre 3 : Le développement du membre

Docteur Bertrand FAVIER

---

Année universitaire 2010/2011

Université Joseph Fourier de Grenoble - Tous droits réservés.

# Le développement du membre

Avant propos

Description du développement du membre dans l'espèce humaine

La formation des axes

Morphogenèse et évolution

# Avant-propos : le développement de l'aile du poulet (1)

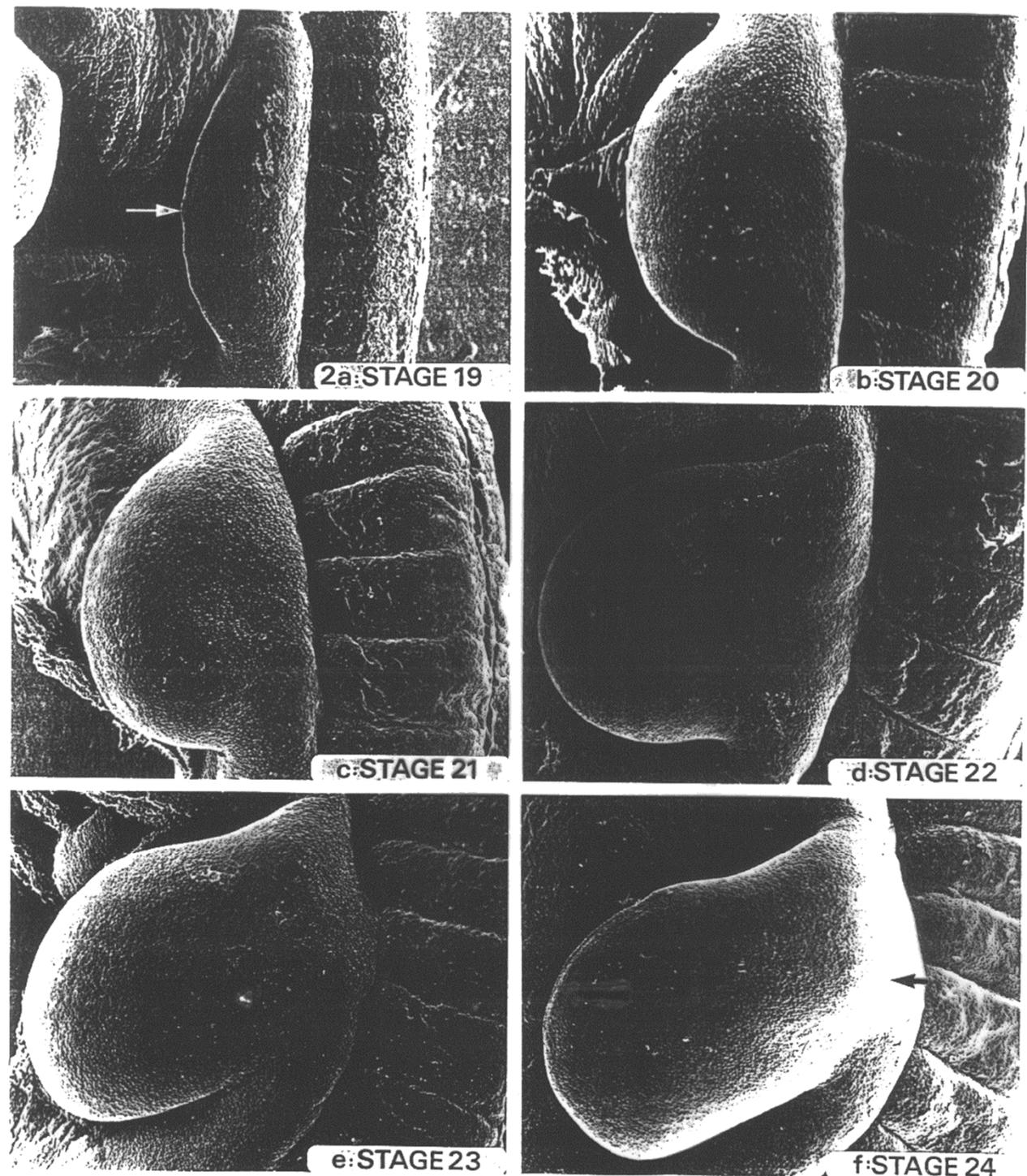


Fig. 2a-f. Scanning electron micrographs of wing buds from stages 19 to 24. a Stage 19; the apical ectodermal ridge is clearly seen at the distal tip of the limb bud (arrow).  $\times 77$ . b Stage 20.  $\times 103$ .

c Stage 21.  $\times 100$ . d Stage 22.  $\times 90$ . e Stage 23.  $\times 92$ . f Stage 24; the central bulge at the base of the limb indicates the contours of the underlying proximal cartilaginous humerus (arrow).  $\times 92$

## Avant-propos : le développement de l'aile du poulet (2)

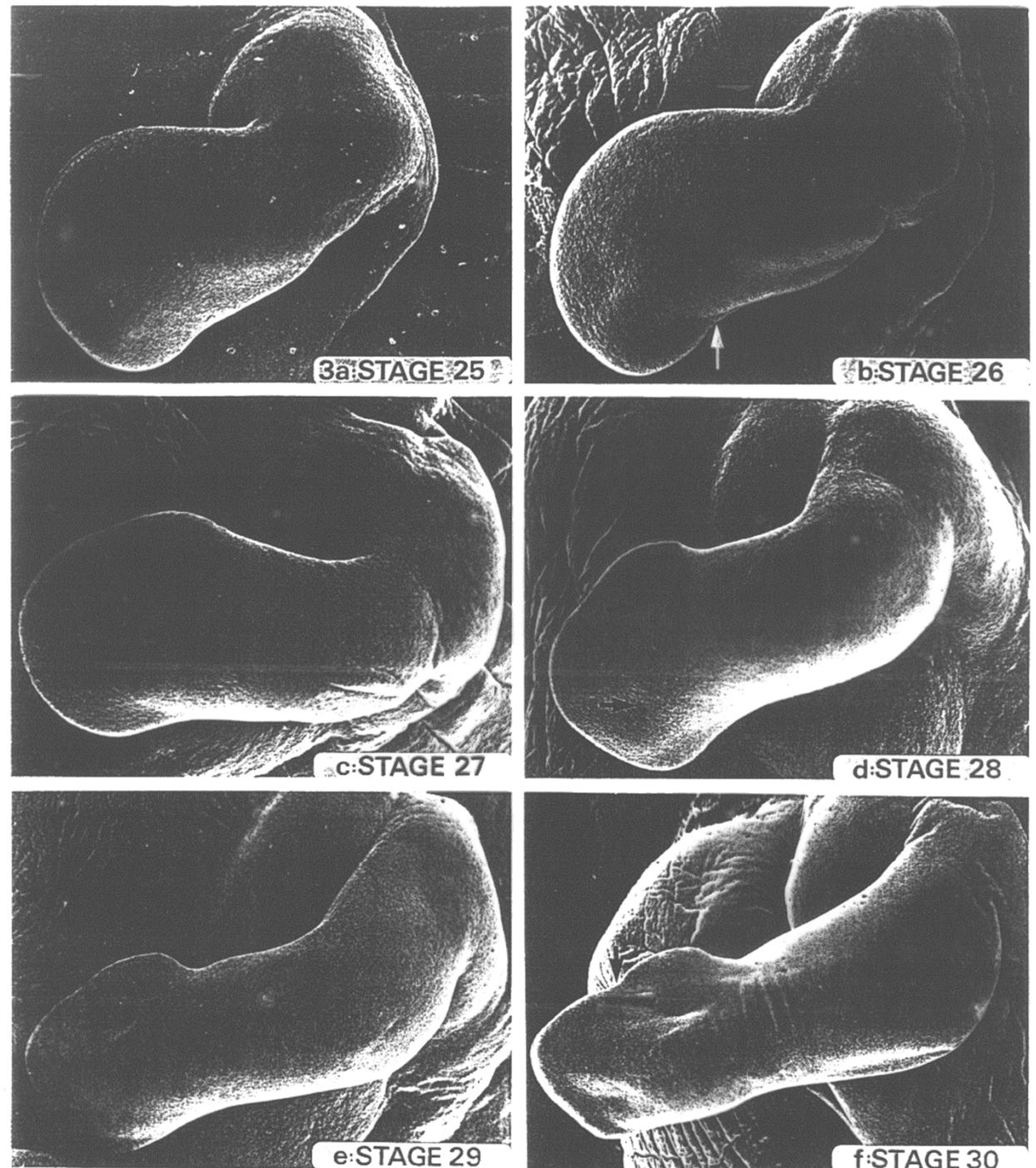


Fig. 3a-f. Scanning electron micrographs of wing buds from stages 25 to 30. a Stage 25; the depression in the posterior distal region of the wing bud may represent the space between digits III and IV (*arrow*).  $\times 76$ . b Stage 26; the change in contour of the posterior distal aspect of the wing bud may be due to cell death

in the PNZ (*arrow*).  $\times 79$ . c Stage 27.  $\times 62$ . d Stage 28; note the interdigital grooves (*arrows*).  $\times 60$ . e Stage 29; note the deepened interdigital grooves (*arrows*).  $\times 50$ . f Stage 30; note the distinct depression along the anterior distal border between digits II and III (*arrow*).  $\times 35$

## Avant-propos : le développement de l'aile du poulet (3)

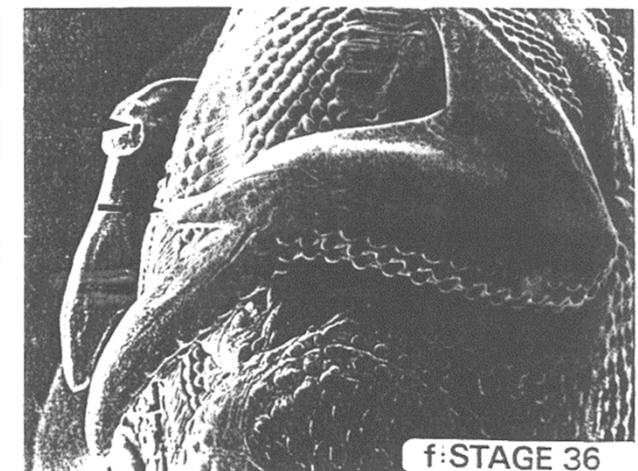
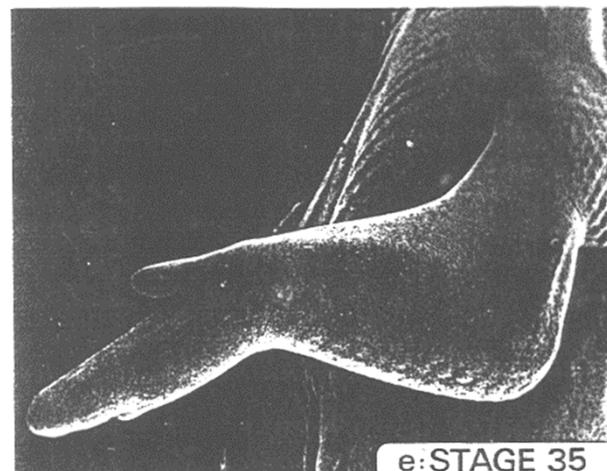
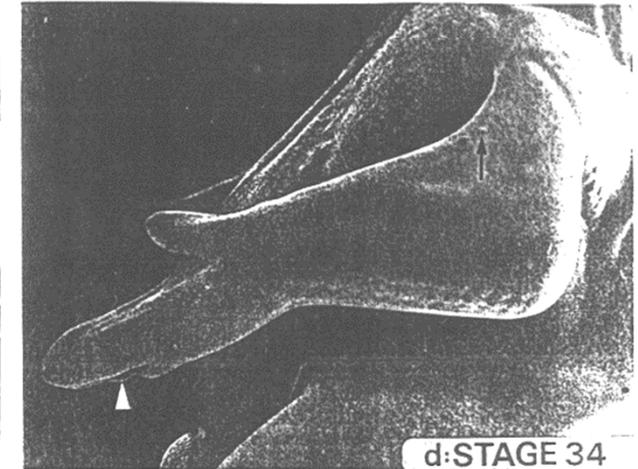
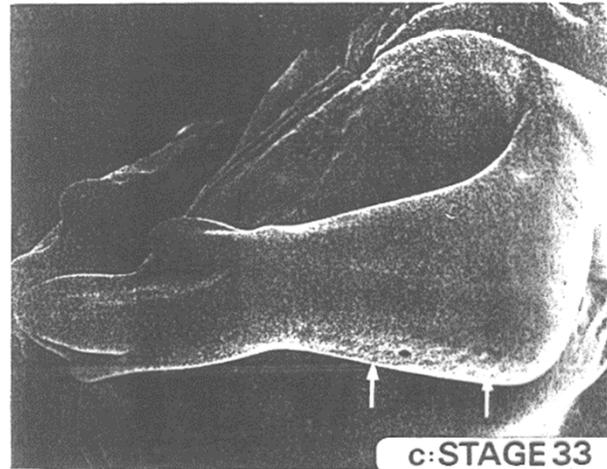
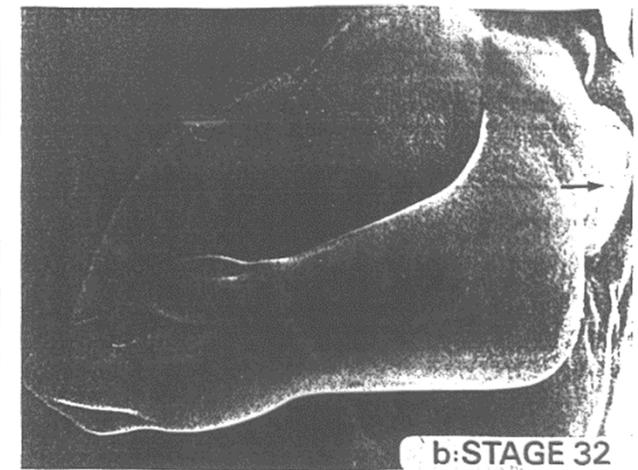
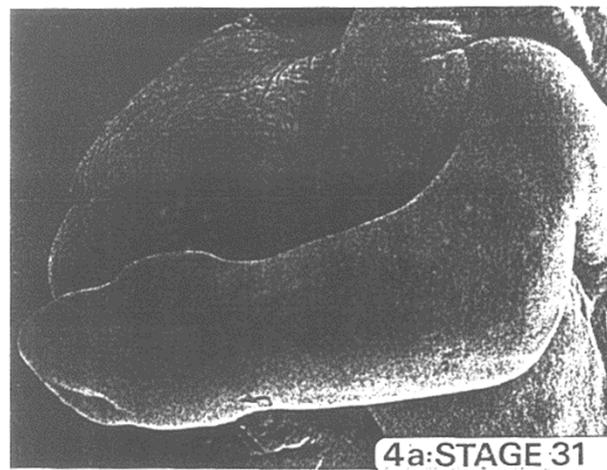
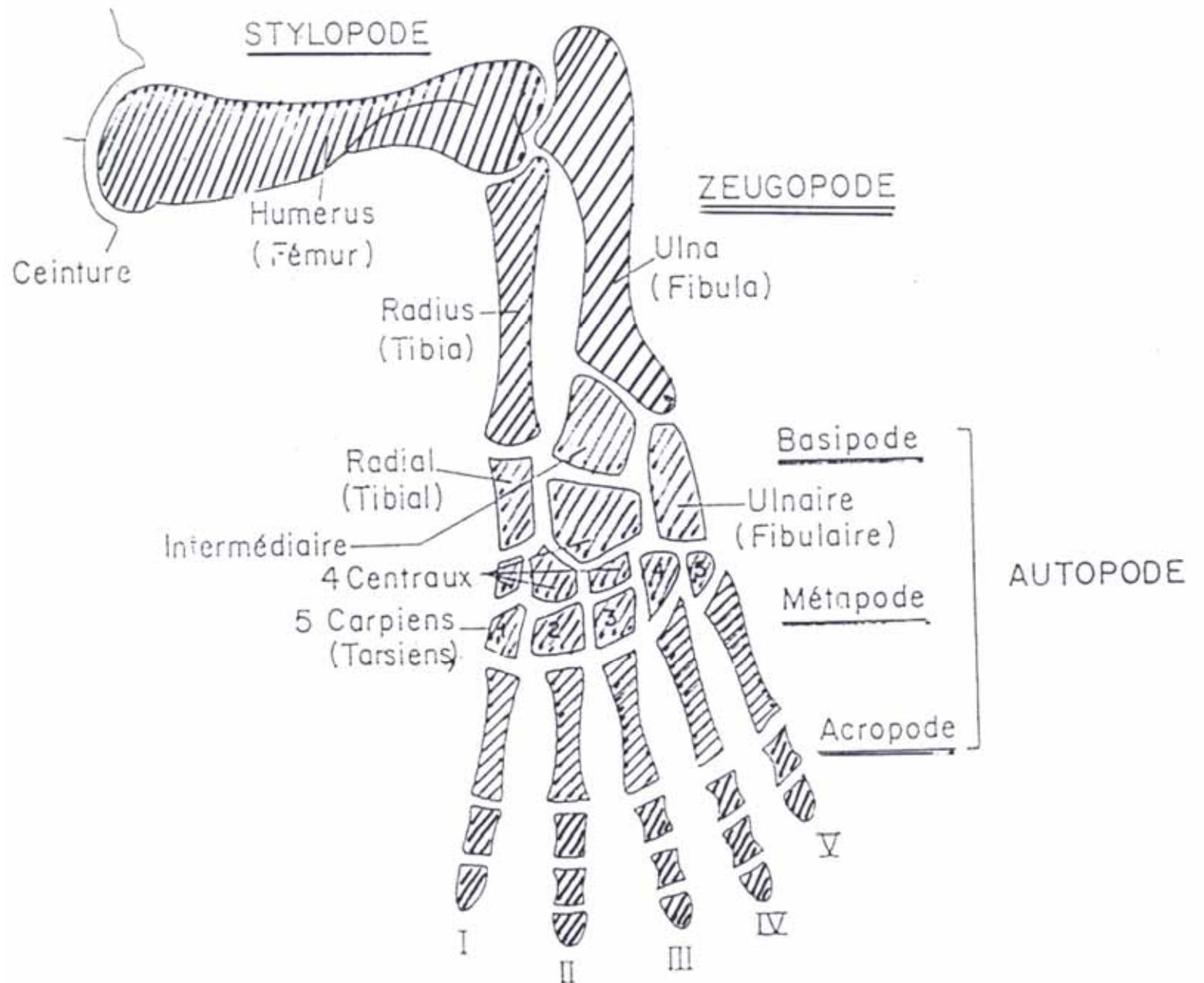


Fig. 4a–f. Scanning electron micrographs of wing buds from stages 31 to 36. a Stage 31.  $\times 34$ . b Stage 32; note the feather-germs in the shoulder region (*arrow*).  $\times 31$ . c Stage 33; note the double row of feather germs on the posterior margin of the wing (*arrows*).  $\times 29$ . d Stage 34; the protuberance on the posterior margin of dig-

it III is thought to be remnants of the web between digits III and IV (*arrow-head*). Note the feather germs on the proximal anterior margin of the limb (*arrow*).  $\times 23$ . e Stage 35.  $\times 21$ . f Stage 36; note the appearance of the claw on digit II (*arrows*).  $\times 20$

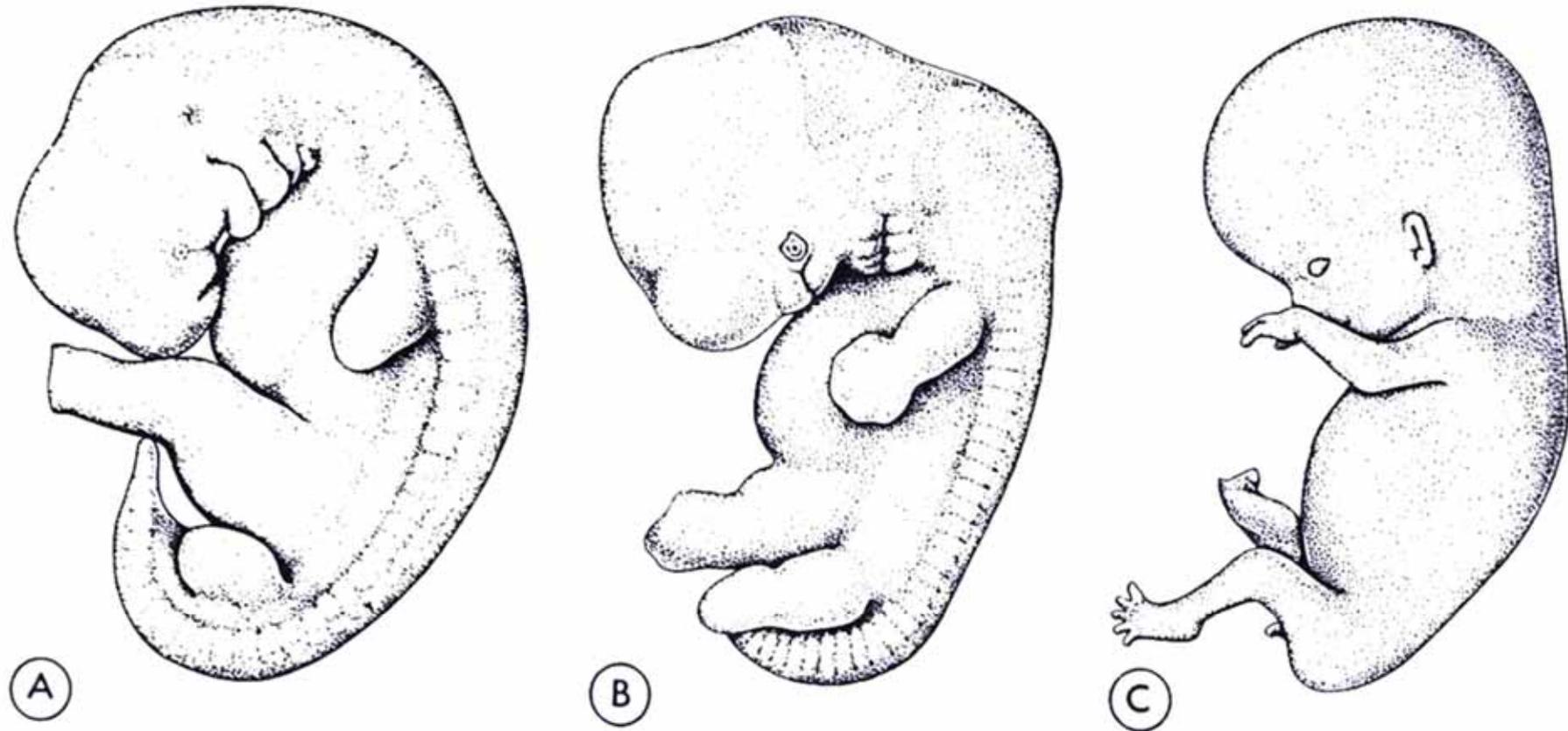
# Avant-propos : l'archétype du membre chiridien



# I. Description du développement du membre dans l'espèce humaine

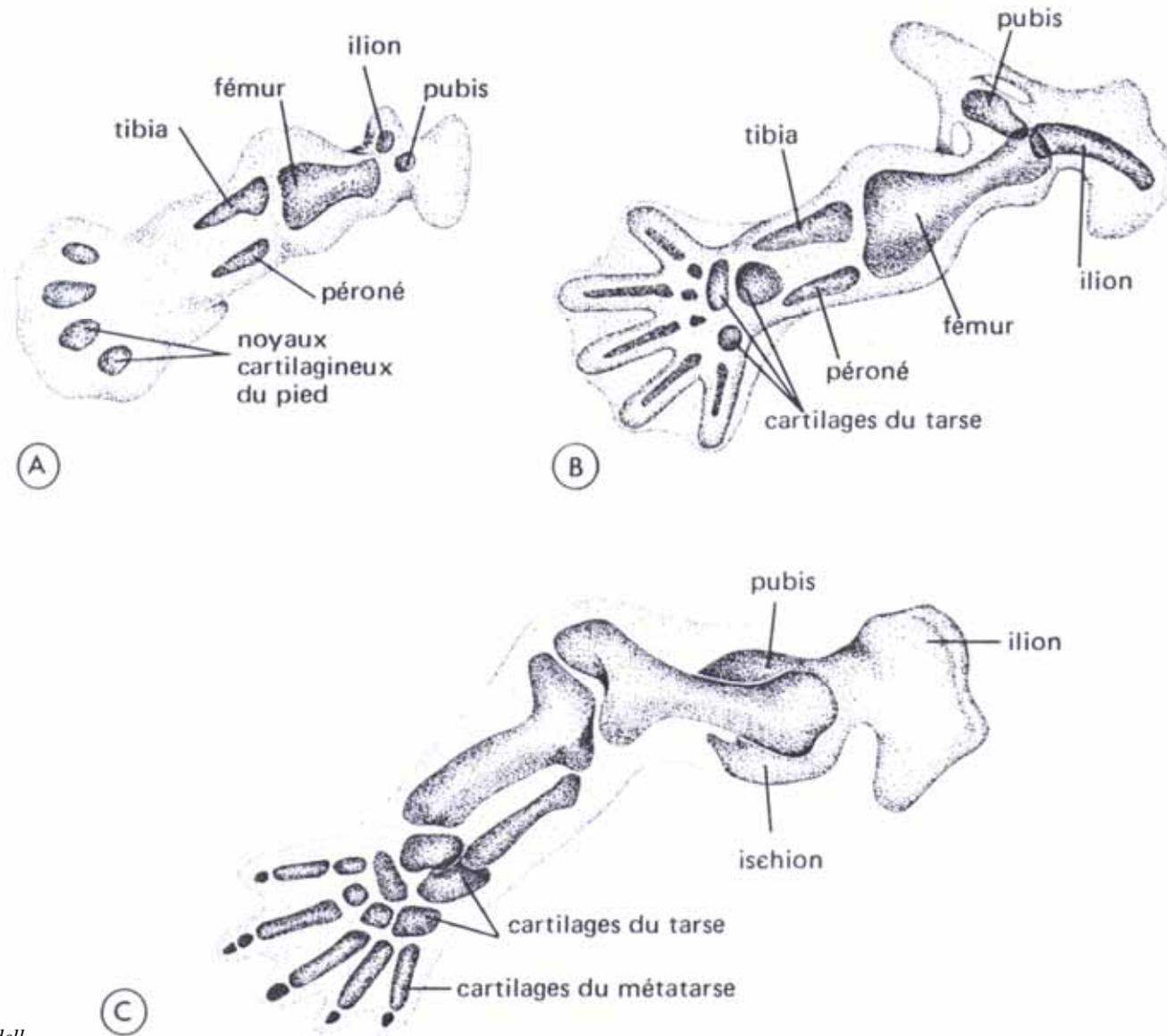
- 1) Formation et croissance du bourgeon
- 2) Condensation en cartilage
- 3) Ossification
- 4) Musculature
- 5) Articulations

# I. 1) Formation et croissance du bourgeon



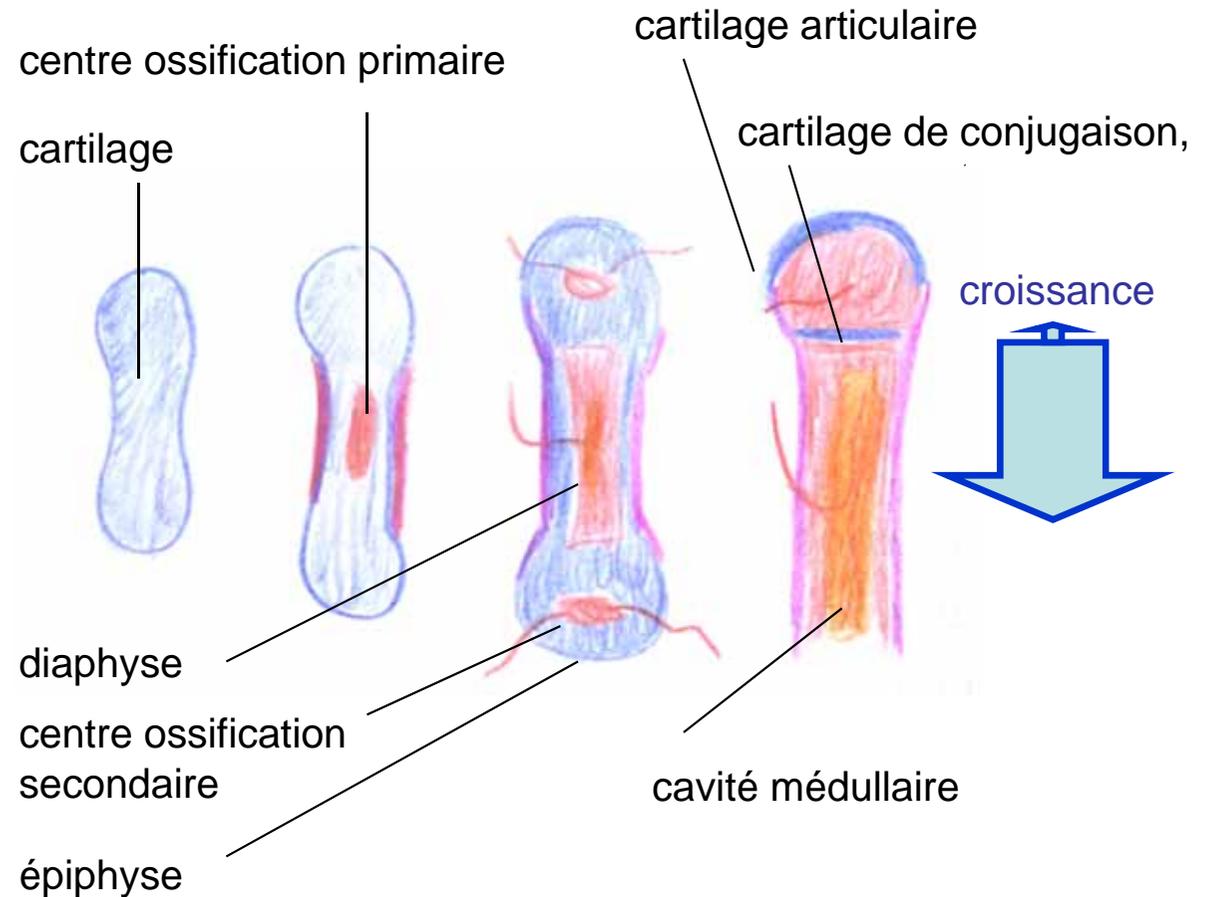
— Schémas d'embryons humains montrant le développement des bourgeons des membres. A) A 5 semaines; B) à 6 semaines; C) à 8 semaines. Remarquez le retard du développement des membres inférieurs par rapport aux membres supérieurs.

# I. 2) Condensation du mésenchyme en cartilage



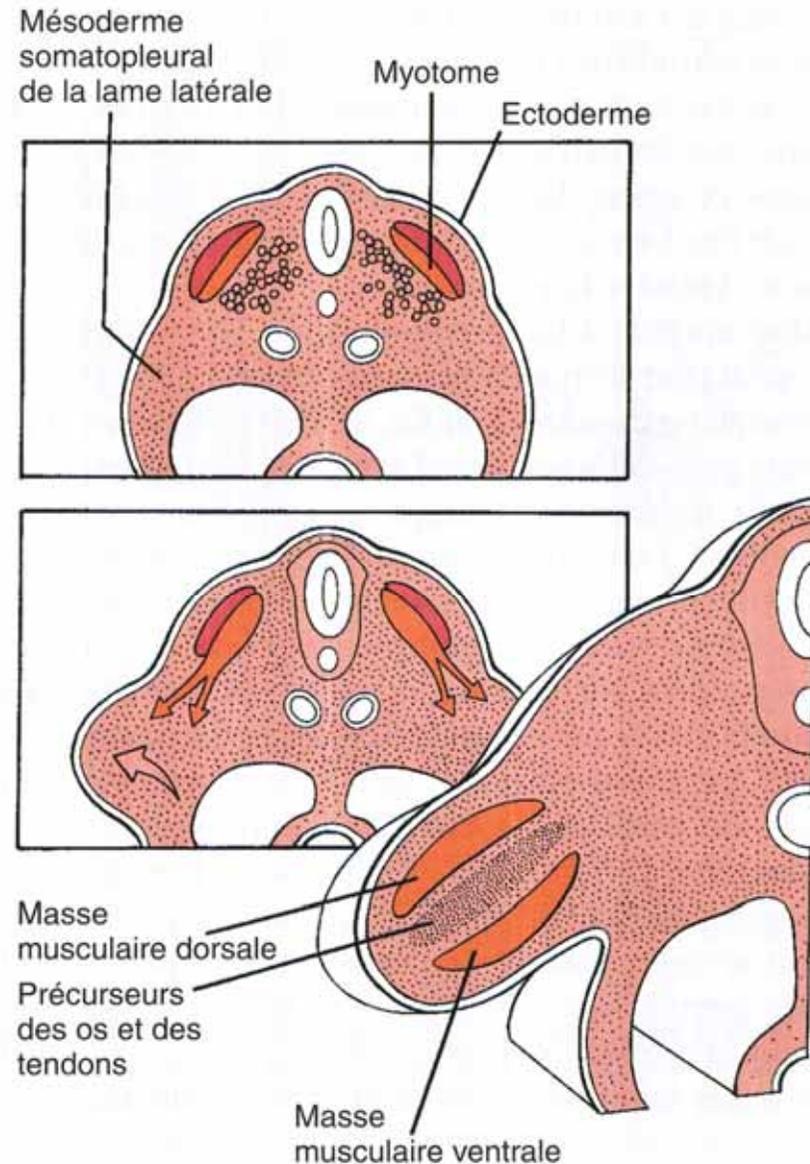
# I. 3) Ossification

- De la 7<sup>e</sup> à la 12<sup>e</sup> semaine
  - Selon axe proximo-distal
  - Sauf exceptions
- Enchondrale
  - Diaphyse
  - Épiphyses
- Persistance d'un cartilage de conjugaison

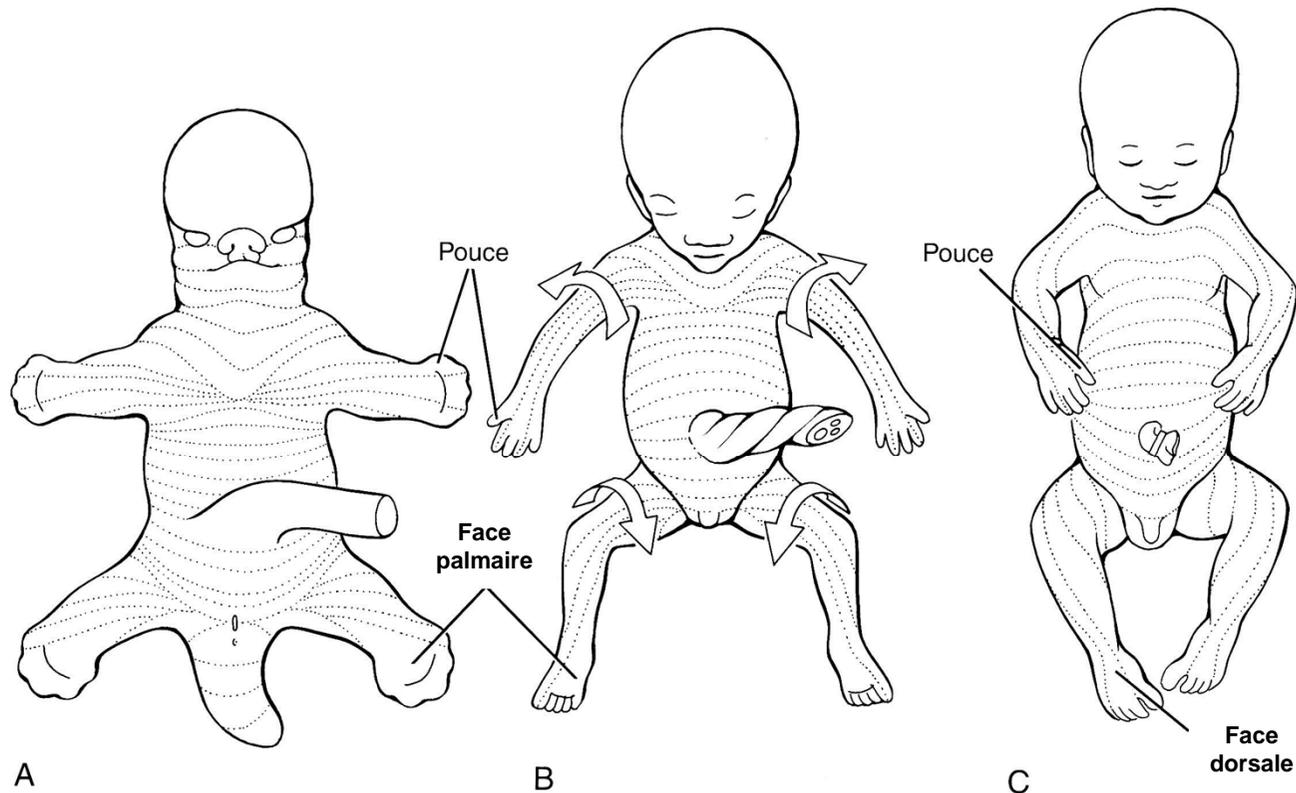


# I. 4) Muscles

- A partir des myotomes
  - Certains somites seulement
- Deux masses musculaires
  - Dorsale = extenseurs et supinateurs / abducteurs
  - Ventraux = fléchisseurs et pronateurs / adducteurs

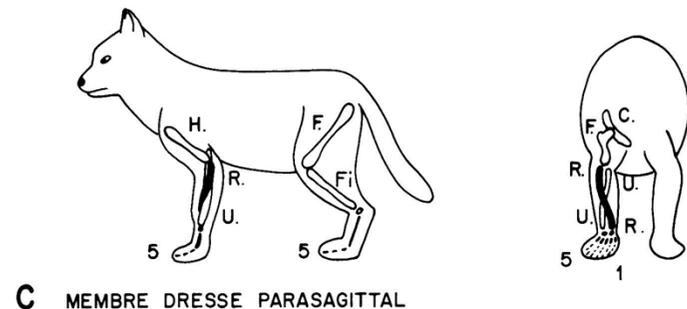
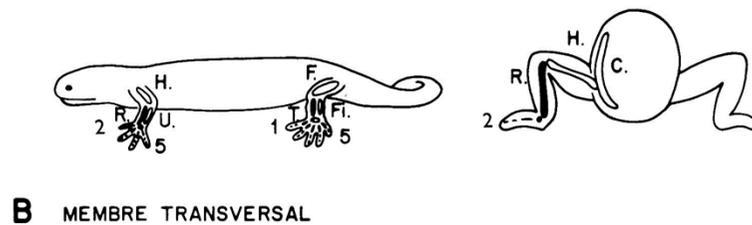
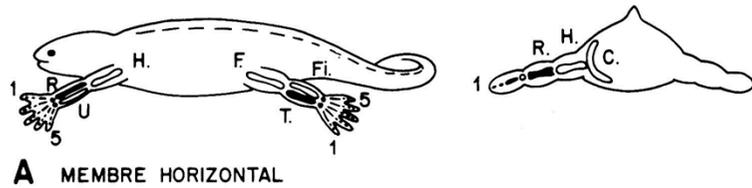


# I. 4) Muscles

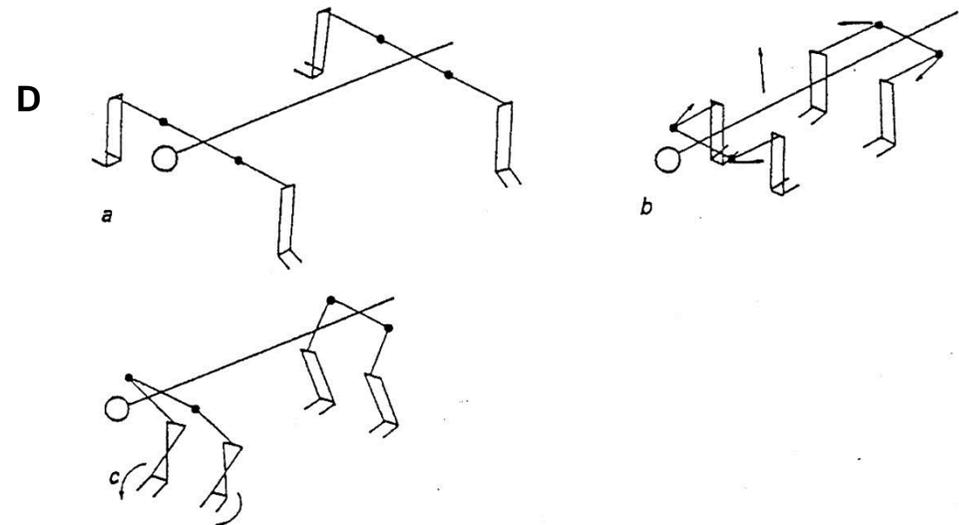


- Rotation des muscles et des membres entre la 6<sup>o</sup> et la 8<sup>o</sup> semaine

# Membre parasagittal, pronation et supination



- A Horizontal : hypothétique
- B Transversal : amphibiens et reptiles
- C Parasagittal : mammifères
  - Rotation des membres (Db)
  - Croisement des os du zeugopode antérieur = pronation (Dc)
  - Décroisement = supination



# I. 5) Articulations

- Condensation mésentymme entre ébauches (interzones)
- -> Tissu fibro-élastique
- ->
  - 2 cartilages articulaires
  - Zone conjonctive centrale
    - Ménisques et ligaments intra-articulaires
    - Cavité synoviale bordé tissu synovial
- Mésentymme autour des interzones -> capsule articulaire

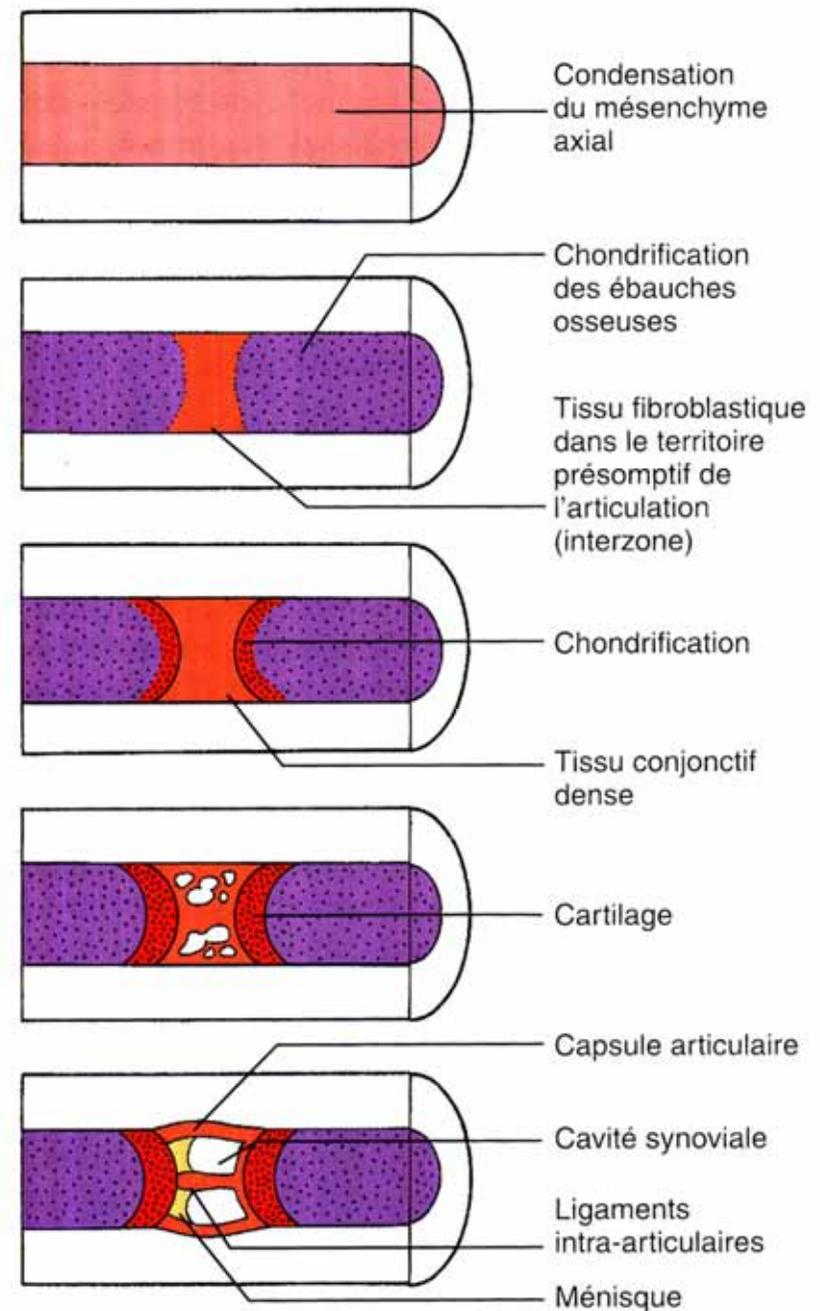
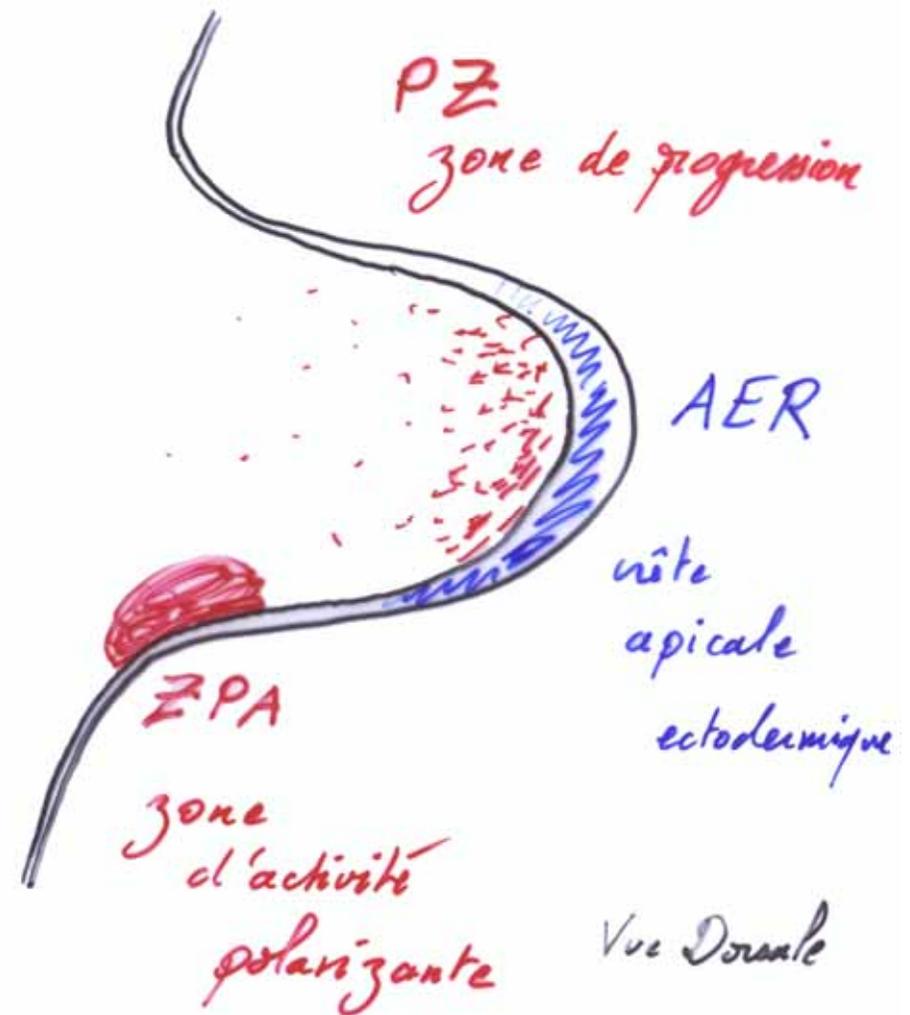
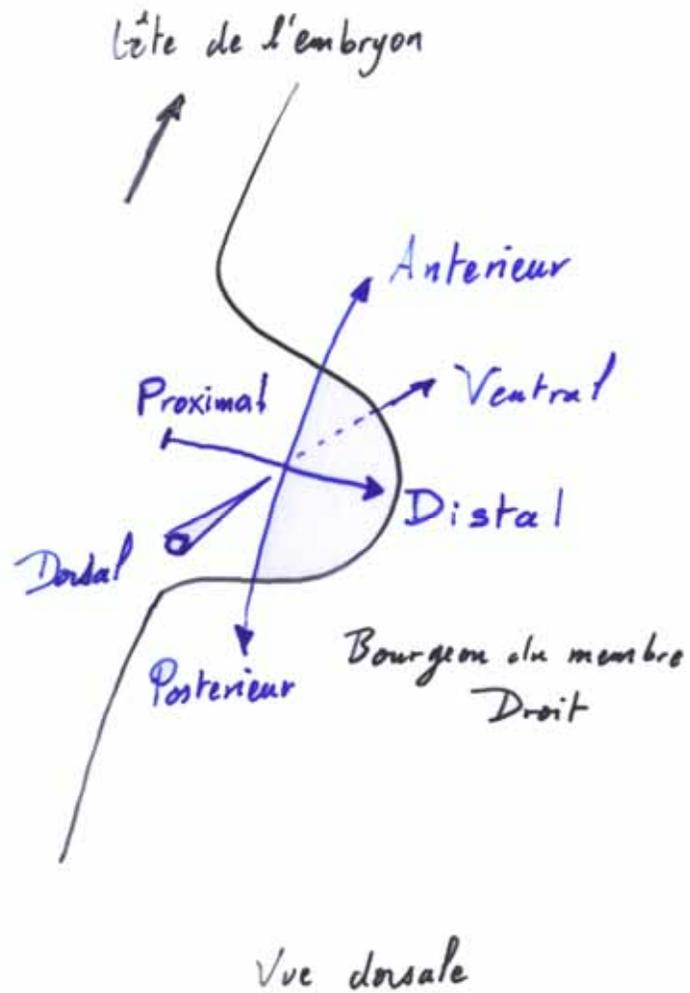


Fig. 11.6 Formation des articulations. Le cartilage, les ligaments et les éléments capsulaires se développent à partir des interzones des condensations du mésentymme axial à l'origine des os longs des membres.

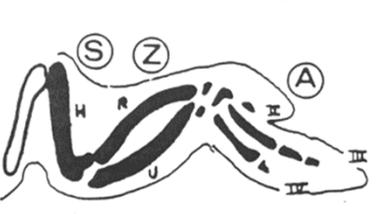
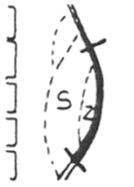
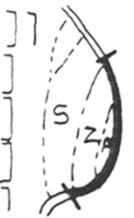
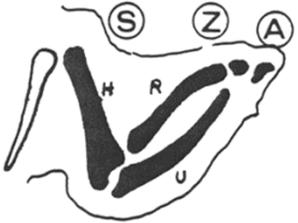
## II. Formation des axes du membre

- 1) Définitions des axes
- 2) La crête apicale ectodermique
- 3) La zone d'activité polarisante
- 4) La formation du bourgeon
- 5) La polarité dorso-ventrale

## II. 1) Définitions des axes

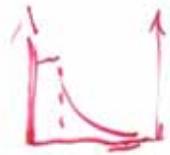


## II. 2) La crête apicale ectodermique

STADE de Hamburger et Hamilton	 aile normale
18 	 résultats
19 	
20 	
21 	

# II. 3) La zone d'activité polarisante

Hypothèse du morphogène :  
Profil de concentration en AR  
selon l'axe AP



P-----A

Humérus

Radius

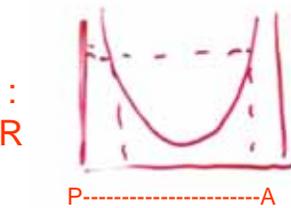
Ulna

Aile normal  
d'embryon de  
poulet de 11j

Antérieur

à 3 j.

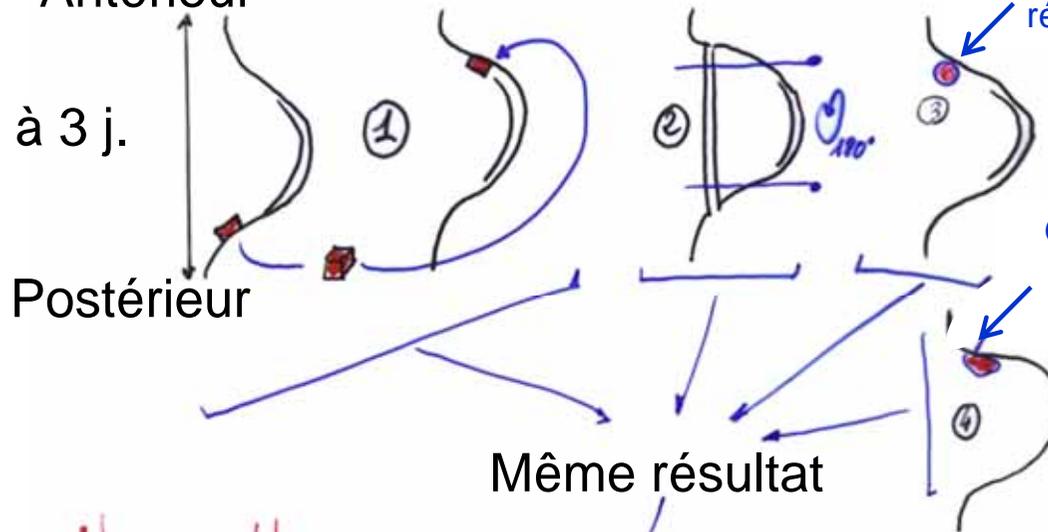
Postérieur



à 11 j.

P-----A

Hypothèse du morphogène :  
Profil de concentration en AR  
selon l'axe AP



Greffe d'une bille  
imprégnée d'acide  
rétinoïque (AR)

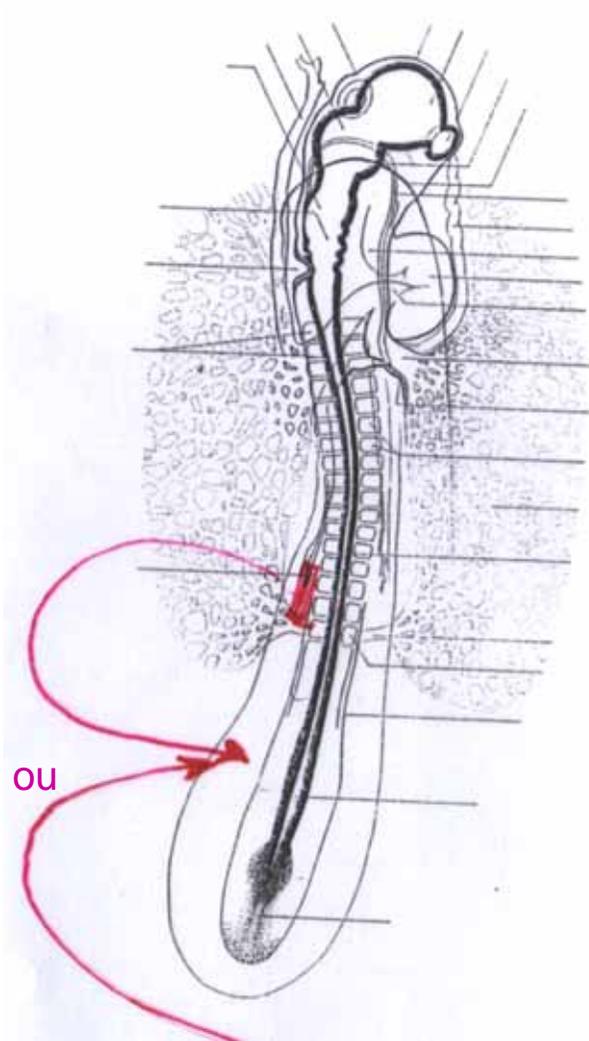
Greffe de cellules  
exprimant *Sonic  
hedgehog* (*Shh*)

Même résultat



Duplication  
en miroir de  
l'autopode

## II. 4) La formation du bourgeon

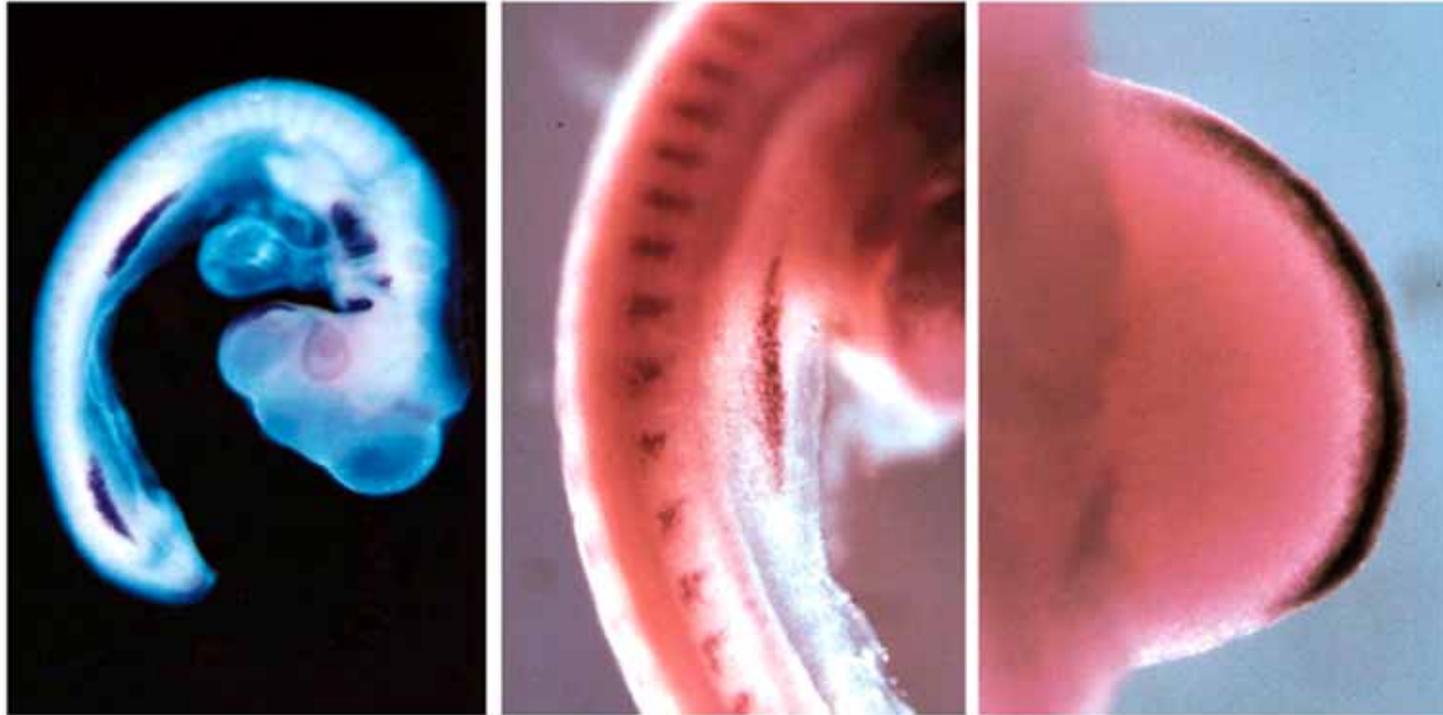


● bille imprégnée  
de FGF8



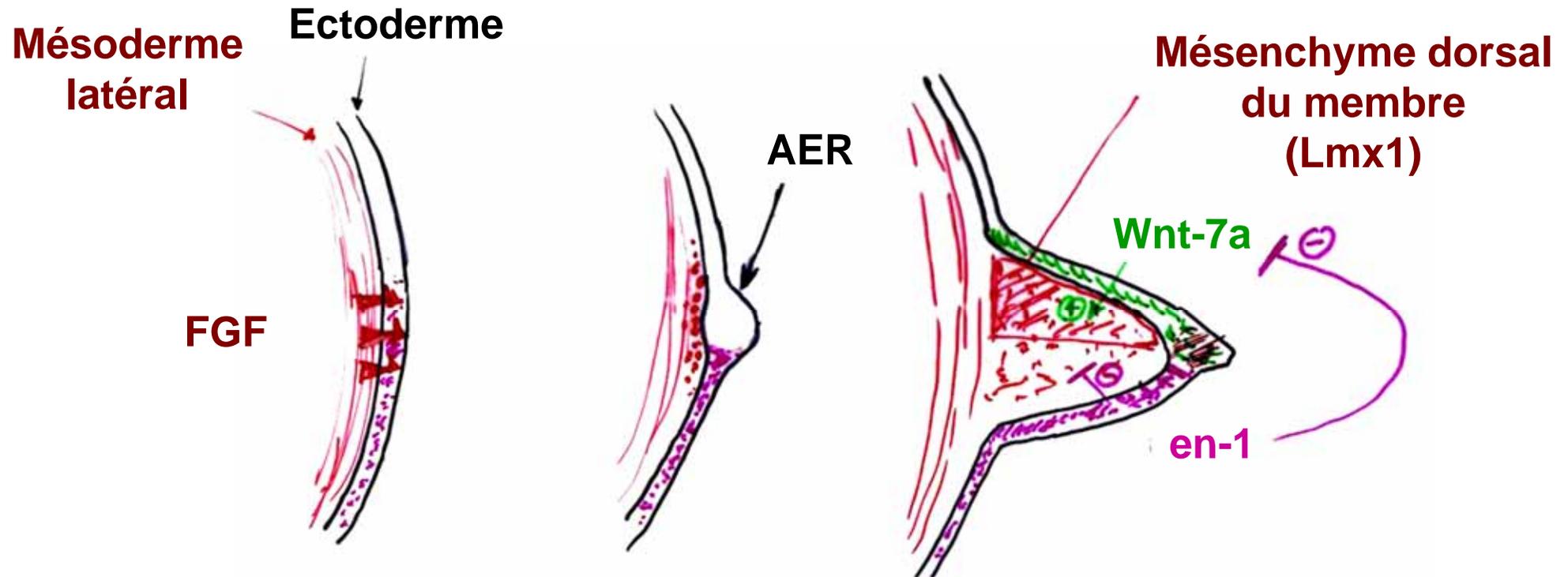
membre ectopique

## II. 4) La formation du bourgeon



**Expression de  
FGF8 dans  
l'AER**

## II. 5) La polarité dorso-ventrale



Induction du bourgeon  
du membre

Mise en place de la  
crête apicale  
ectodermique

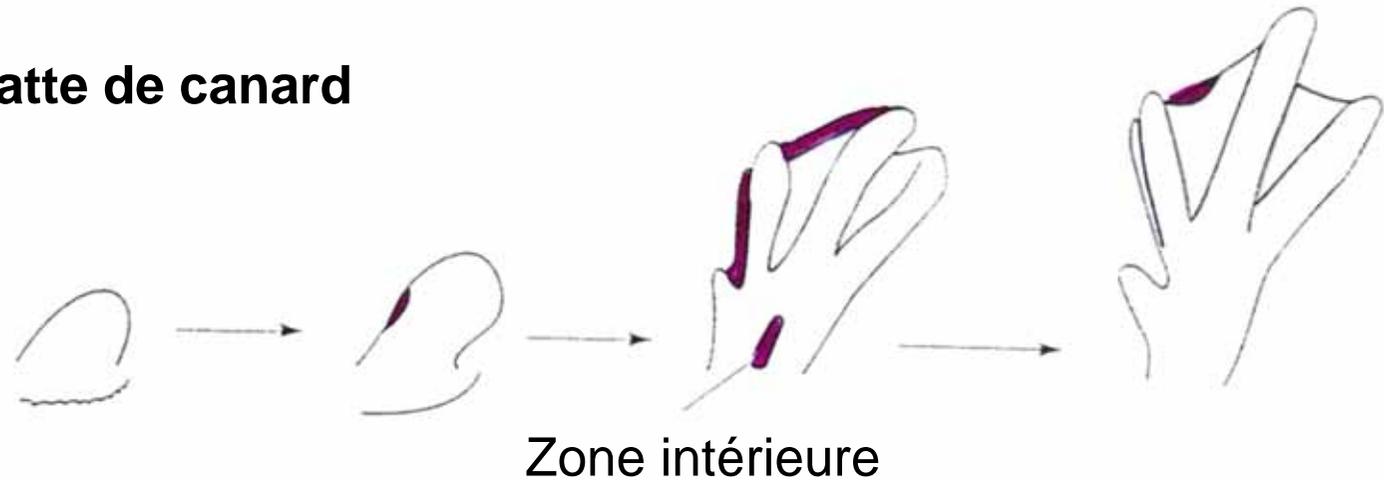
Dorsalisation du  
mésenchyme

# III. Morphogenèse et évolution

- 1) L'apoptose
- 2) La théorie des bifurcations de Shubin
- 3) Les doigts : une néoformation
- 4) Les homéogènes dans le membre

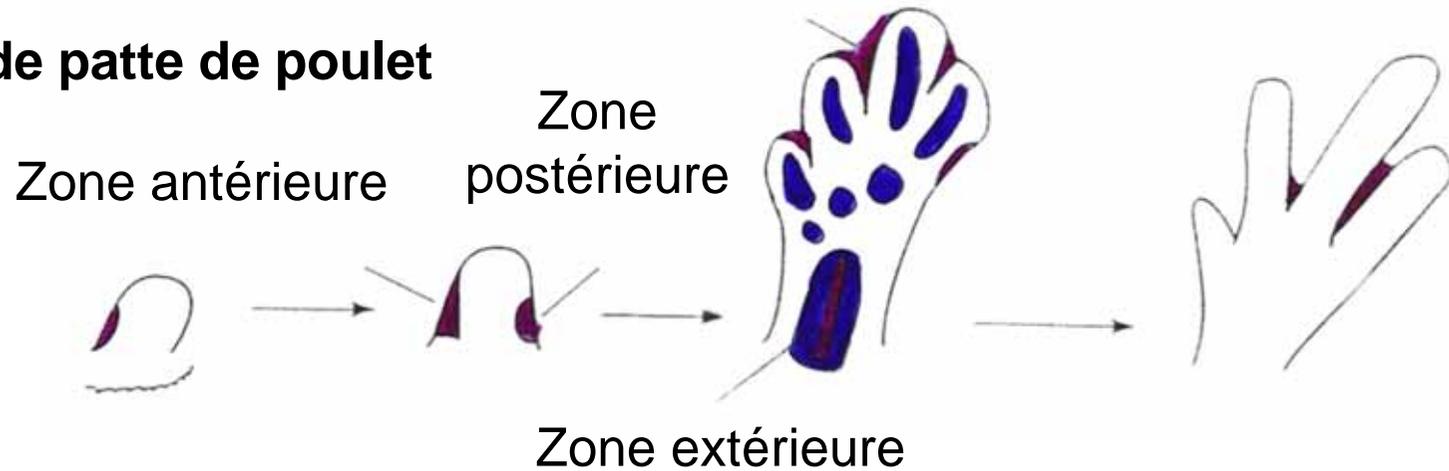
# III. 1) L'apoptose dans le membre

## Bourgeon de patte de canard



Zone interdigitée

## Bourgeon de patte de poulet

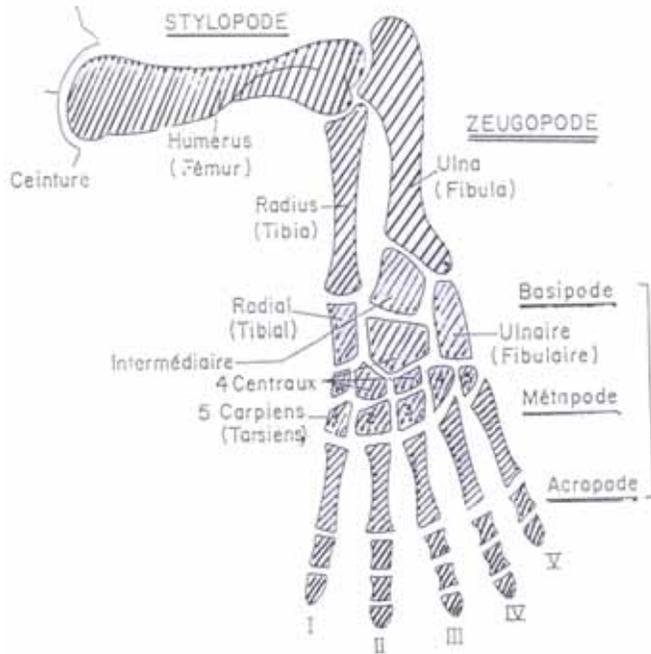


Zone antérieure

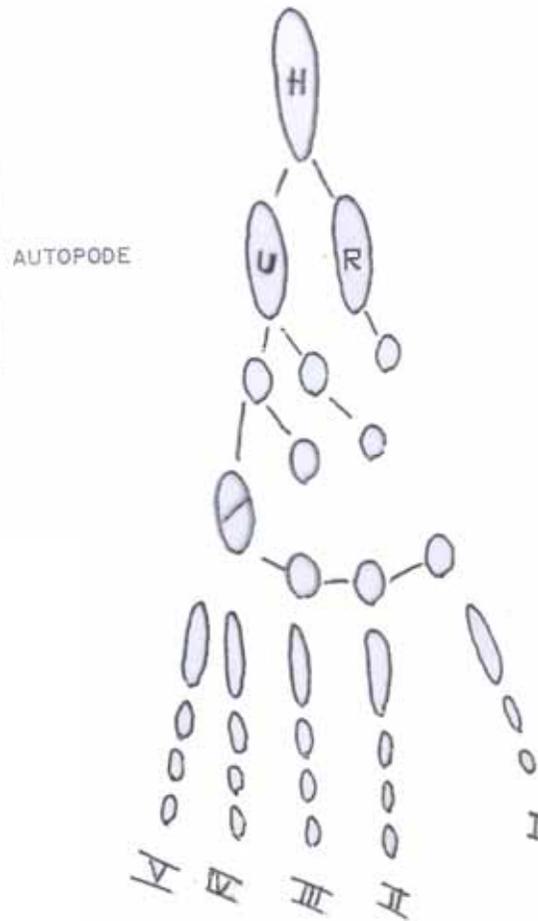
Zone postérieure

Zone extérieure

# III. 2) La théorie des bifurcations de Shubin

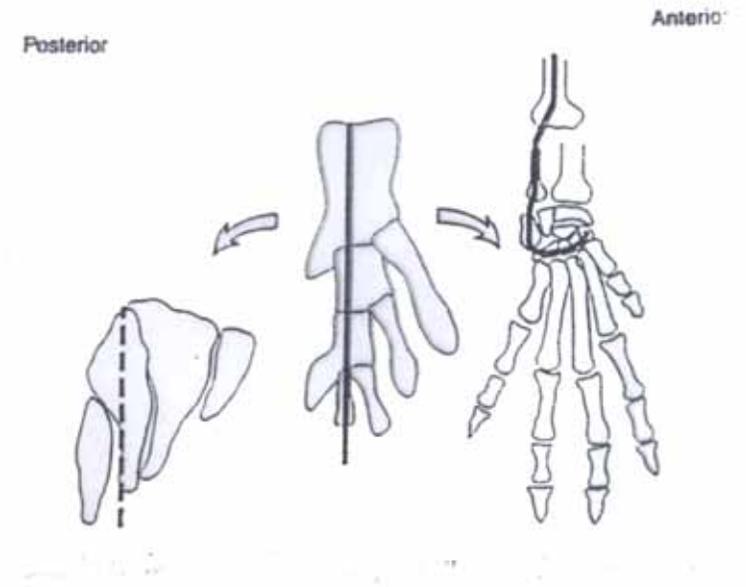


Ancienne conception d'un archétype du membre chéridien



La théorie des bifurcations

## Évolution de l'axe métaptérygien



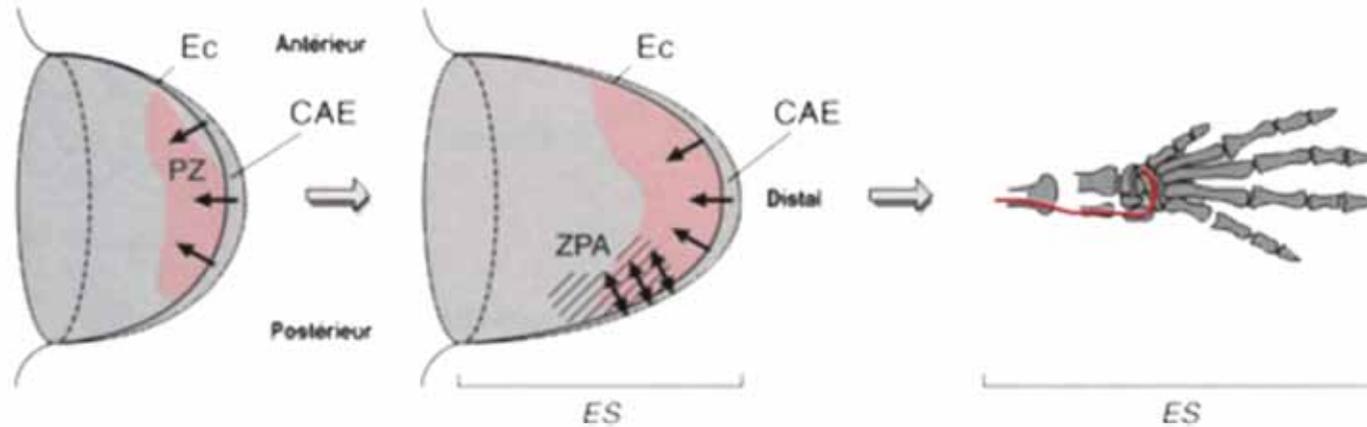
*Danio rerio*

*Eusthenopteron*

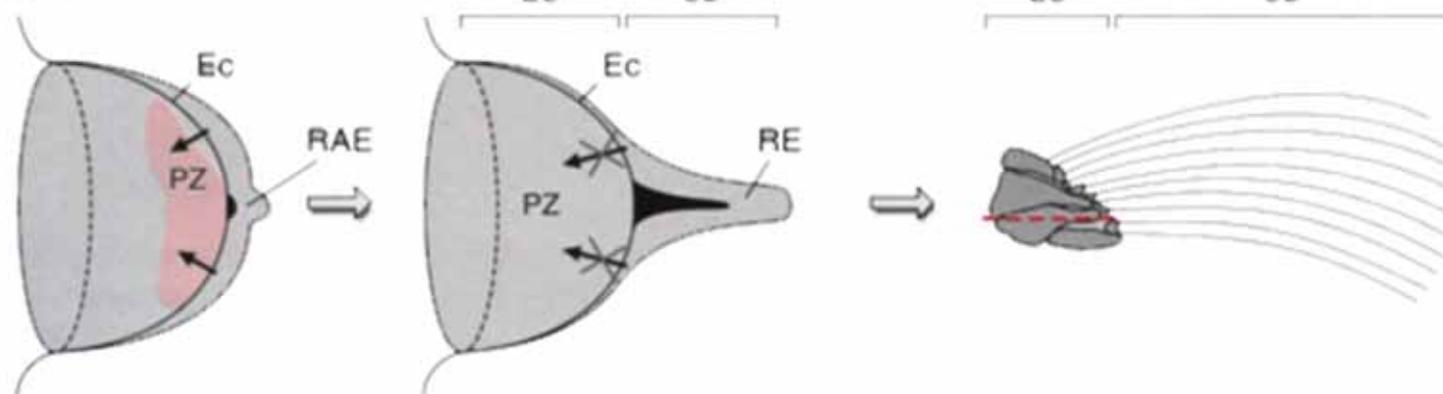
*Mus musculus*

# III. 3) Les doigts : une néoformation

## A. souris (*Mus*)

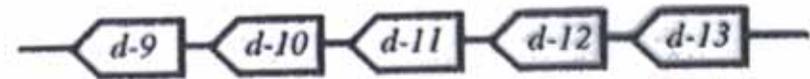
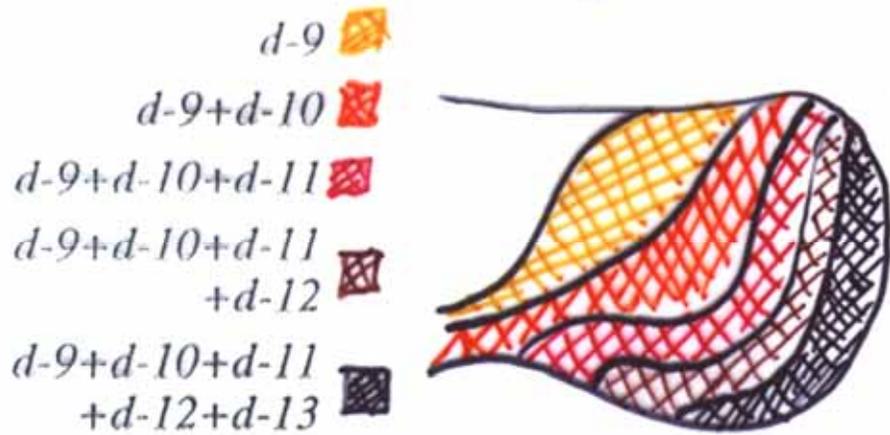


## B. poisson zèbre (*Danio*)

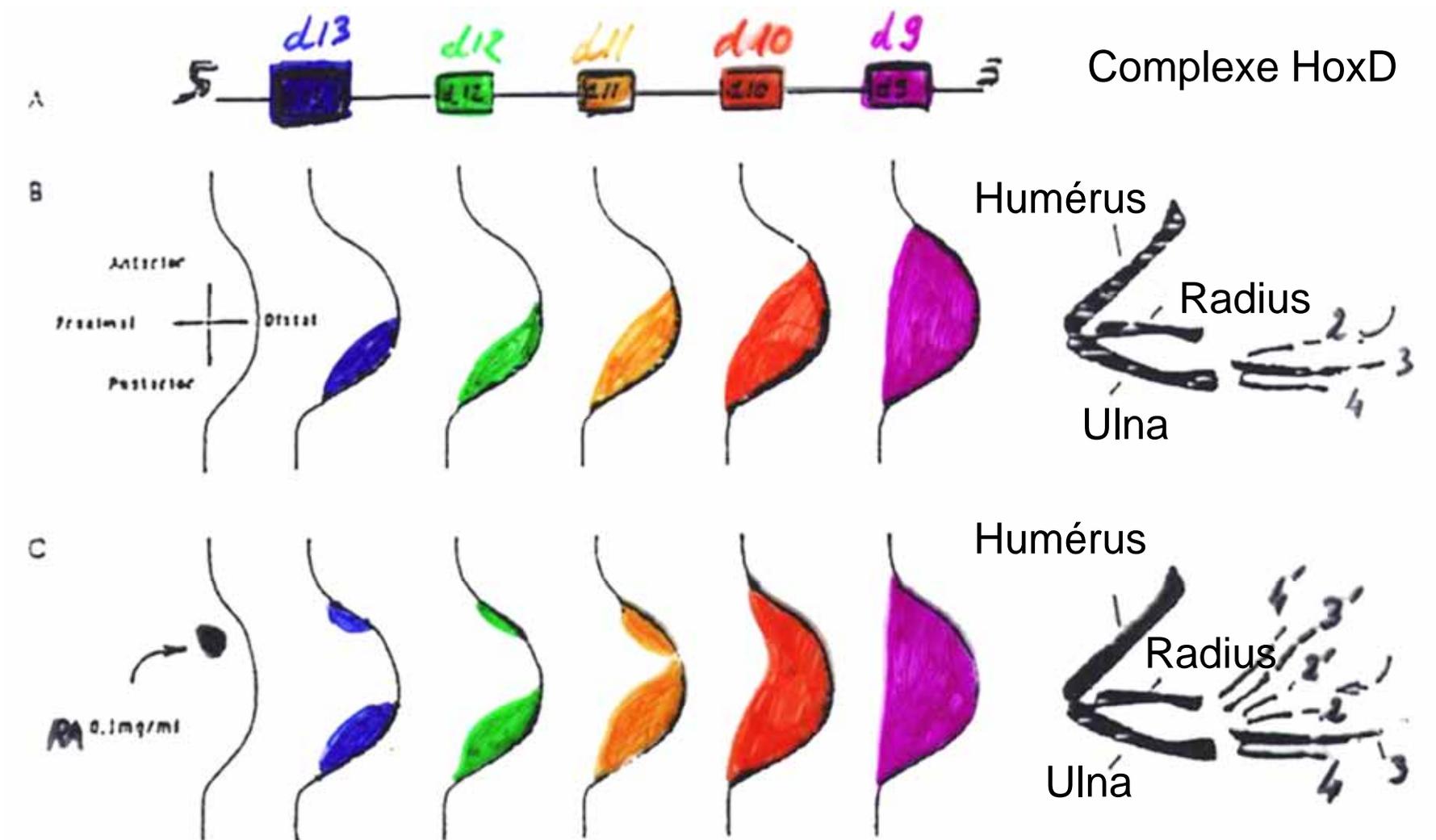


CAE : Crête Apicale Ectodermique  
Ec : Ectoderme  
ES : Endosquelette  
PZ : Zone de Progression  
RE : Repli Ectodermique  
SD : Squelette Dermique  
ZPA : Zone d'Activité Polarisante

# III. 4) Les homéogènes dans le membre

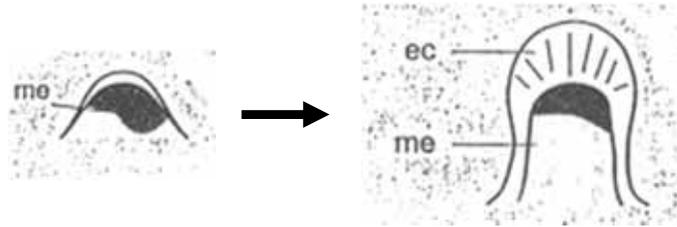


# III. 4) Les homéogènes et la duplication en miroir de l'autopode

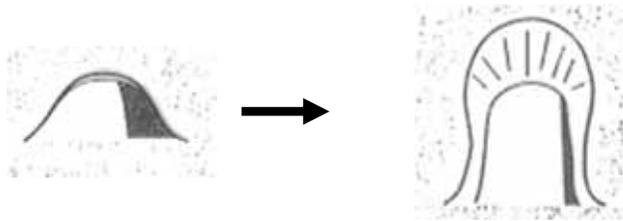


# III. 4) Les homéogènes

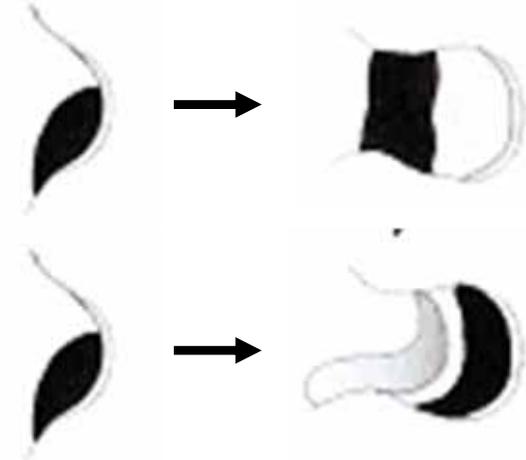
HoxA-11



HoxD-11



Poisson zèbre : *Danio*



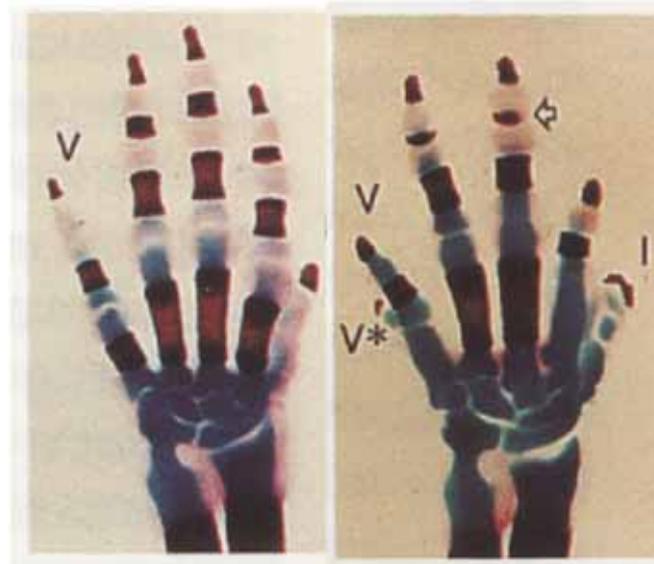
Souris : *Mus*

Synpolydactylie humaine  
causée par une mutation de  
HoxD13



sauvage

HoxD-13<sup>-/-</sup>



Pattes antérieures  
de souris : retard  
d'ossification  
localisé

# Mentions légales

L'ensemble de ce document relève des législations française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction de tout ou partie sont réservés pour les textes ainsi que pour l'ensemble des documents iconographiques, photographiques, vidéos et sonores.

Ce document est interdit à la vente ou à la location. Sa diffusion, duplication, mise à disposition du public (sous quelque forme ou support que ce soit), mise en réseau, partielles ou totales, sont strictement réservées à l'université Joseph Fourier de Grenoble.

L'utilisation de ce document est strictement réservée à l'usage privé des étudiants inscrits en 1<sup>ère</sup> année de Médecine ou de Pharmacie de l'Université Joseph Fourier de Grenoble, et non destinée à une utilisation collective, gratuite ou payante.