

UE 2
BIOLOGIE DU
DEVELOPPEMENT
EMBRYONNAIRE

FICHE DE COURS 1
INTRODUCTION, HISTOIRE ET
THEORIES

SOMMAIRE

I.	QU'EST-CE QUE LA BIOLOGIE DU DEVELOPPEMENT ?	p.3
II.	LES ETAPES DU DEVELOPPEMENT	p.4
III.	LES TISSUS FONDATEURS	p.5
IV.	DEVELOPPEMENTS MOSAÏQUES OU A REGULATIONS	p.7
V.	LES OUTILS DE COMMUNICATION CHEZ L'EMBRYON	p.8
VI.	MORPHOGENESE ET MORPHOGENE	p.12
	ANNALES	p.13
	CORRECTION ANNALES	p.13

 : *notion essentielle à connaître.*

I. Qu'est-ce que la biologie du développement ?

La biologie du développement essaie de décrypter :

- Les **processus de la construction** d'un organisme adulte
- La **continuité de la vie, la reproduction** d'une génération à la suivante
- Le **vieillessement**

Des enjeux sociétaux et thérapeutiques appliqués à l'espèce Humaine :


Comprendre le développement humain :	<ul style="list-style-type: none">➤ Maîtrise de la reproduction et aide à la procréation (PMA)➤ Fécondation <i>in vitro</i> (FIV)...
Comprendre et expliquer les maladies génétiques congénitales :	<ul style="list-style-type: none">➤ Identifier les gènes impliqués➤ Diagnostiquer➤ Guérir
Comprendre et expliquer les effets de l'environnement :	<ul style="list-style-type: none">➤ Tabagisme➤ Alcoolisme➤ Effet des médicaments
Comprendre les cancers :	<ul style="list-style-type: none">➤ Les proto-oncogènes et les gènes suppresseurs de tumeurs jouent des rôles fondamentaux dans le développement embryonnaire.
Mettre au point des thérapies :	<ul style="list-style-type: none">➤ Clonage thérapeutique➤ Reprogrammation cellulaire➤ Utilisation des cellules souches ESC et iPSc.

II. Les étapes du développement

1) La fécondation	- Formation du zygote par fusion d'un spermatozoïde et d'un ovule.
2) Le clivage	- Succession de divisions cellulaires rapides - Formation d'une blastula → un blastocyte : ➤ Ensemble de cellules organisées autour d'une cavité.
3) La gastrulation	- Initiation de la mise en place du plan d'organisation primaire de l'embryon : ➤ 3 feuillets ➤ 3 axes - Mouvements cellulaires et tissulaires.
4) La neurulation	- Achèvement de la mise en place du plan d'organisation primaire de l'embryon - Formation d'un tube → le tube neural.
5) L'organogenèse	- Individualisation des tissus et des organes à partir des 3 feuillets - Acquisition de la forme propre à l'individu - Coordination du fonctionnement des organes.
6) La croissance	/

Les étapes sont à connaître ainsi que leur ordre et leurs caractéristiques.

Depuis 1940, l'essor de la génétique, de la biologie moléculaire et de la biologie cellulaire permettent de proposer aujourd'hui :

- Des processus de développement qui reposent sur des **activités cellulaires, tissulaires et génétiques coordonnées dans l'espace et le temps** : 
 - **Proliférations**
 - **Communications**
 - **Divisions asymétriques**
 - **Changements de formes**
 - **Déplacement des cellules ou des tissus**
 - **Regroupement de cellules ou de tissus**
 - **Différenciation**
 - **Apoptose**
 - **Inductions**
- Pour aboutir à un **plan d'organisation commun**.

III. Les tissus fondateurs

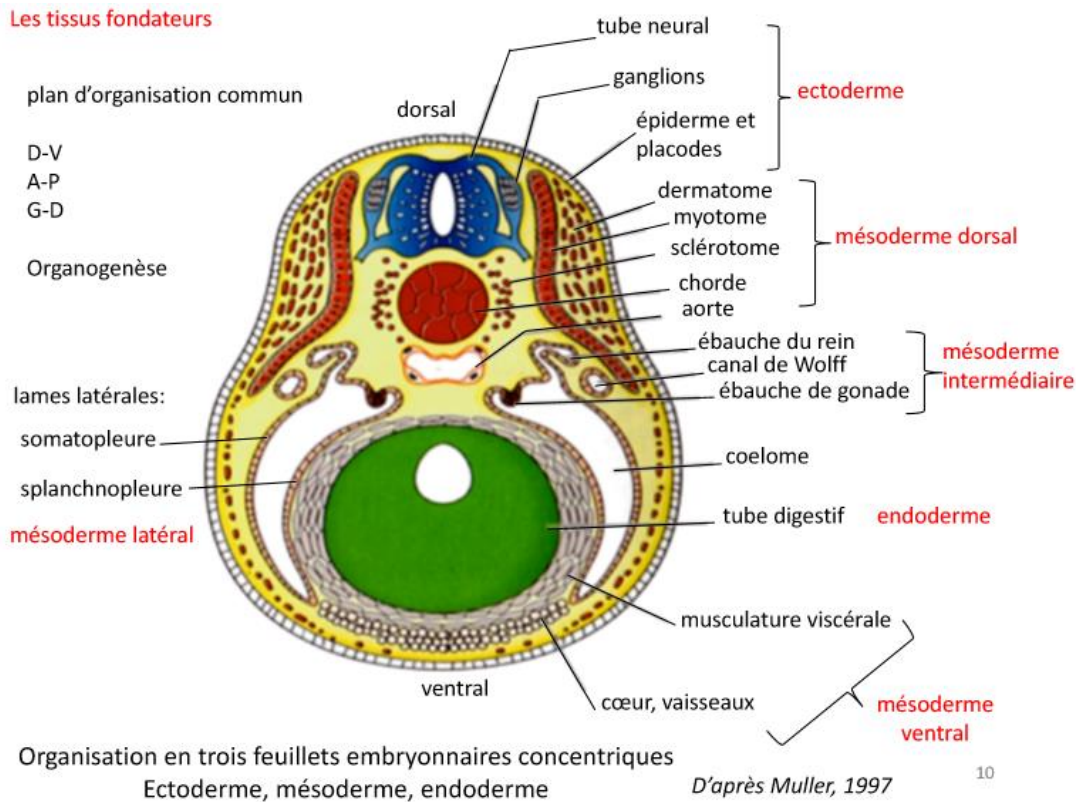


Schéma très important +++★

Organisation en 3 feuillets concentriques	Dérivés ★	
Ectoderme	<ul style="list-style-type: none"> - Tube neural - Ganglions - Epiderme → plus certains nombres de placodes 	
Mésoderme	Dorsal	<ul style="list-style-type: none"> - Chorde - Somites qui se différencient en : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dermatome → donnera le derme ➤ Myotome → donnera les muscles ➤ Sclérotome → donnera le squelette
	Intermédiaire	<ul style="list-style-type: none"> - Ebauche des reins - Canal de Wolff - Ebauche des gonades
	Latéral/lames latérales	<ul style="list-style-type: none"> - 2 assises de cellules délimitent le coelome : <ul style="list-style-type: none"> ➤ La somatopleure → externe ➤ La splanchnopleure → interne.
	Ventral	<ul style="list-style-type: none"> - Cellules, qui vont donner : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le cœur ➤ Les vaisseaux - Musculature viscérale.
Endoderme	<ul style="list-style-type: none"> - Tube digestif 	

Tableau à connaître par cœur.

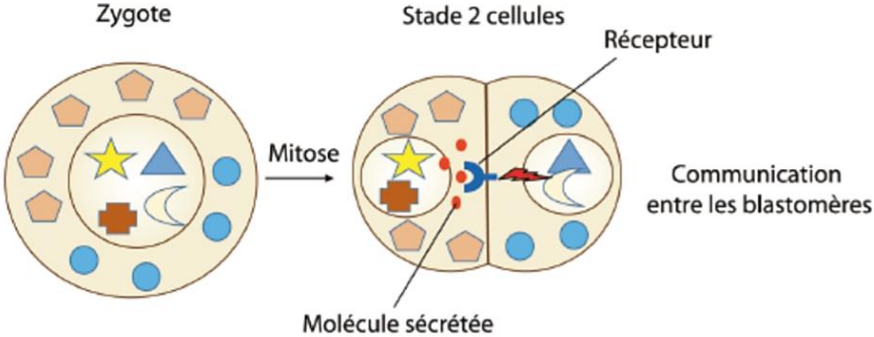
Les principaux dérivés des feuillets embryonnaires :

Feuillets			Dérivés
Ectoderme		Neurectoderme	Cerveau, Moëlle épinière
		Crêtes neurales	Squelette de la face, Ganglions et fibres des nerfs crâniens, Cellules pigmentaires, Médullosurrénales
		Epiderme	Peau, Dents, Placodes
Mésoderme	Axial	Chorde	-
	Somites	Dermatome	Derme
		Sclérotome	Squelette vertébral
		Syndétome	Tendons
		Myotome	Muscles
	Intermédiaire	Gononéphrotome	Reins, Gonades
	Lames latérales	Somatopleure	Péricarde, Derme latéral, crêtes génitales, Charpente conjonctive des muscles
Splanchnopleure		Muscles lisses, Rate, Coeur Appareil circulatoire, Mésentère	
Endoderme		Trachée, Poumons, Thyroïde, Tube digestif, Foie, Pancréas	

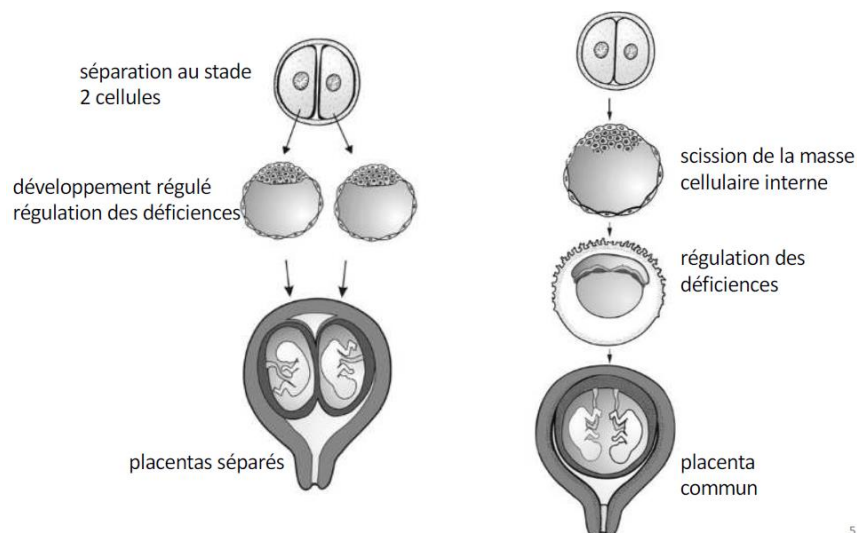
IV. Développements mosaïques ou à régulations

A- Développement mosaïque

1) Processus du développement à régulation :

Schéma	
Au cours du développement	<ul style="list-style-type: none"> - L'environnement (cellules, matrice extracellulaires) régule la destinée des cellules. ★
Communication ★	<ul style="list-style-type: none"> - Les cellules communiquent entre elles. - Si 2 cellules communiquent, c'est que : <ul style="list-style-type: none"> ➢ L'une parle, ➢ L'autre écoute, comprend le message et réagit en conséquence.
Les métazoaires ★	<ul style="list-style-type: none"> - Ont inventé : <ul style="list-style-type: none"> ➢ Des outils de communications ➢ Ainsi que des signaux ➢ Et des récepteurs ➢ permettant de recevoir ces signaux.

B- Développement régulé : une preuve vivante, le cas des jumeaux monozygotes = vrais jumeaux



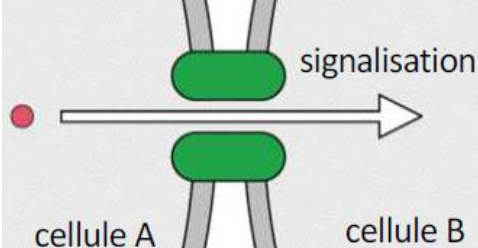
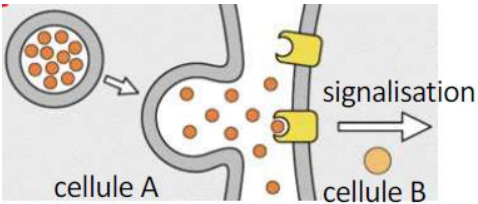
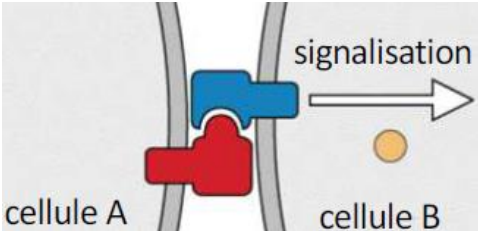
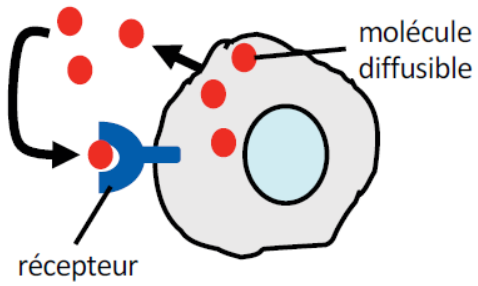
Ce schéma montre qu'il existe différents types de grossesse pour des jumeaux, et ce, en fonction du développement des structures du blastocyste.

Les structures peuvent être doubles → Chaque fœtus dispose de ses propres structures (placenta, chorion...).

Les structures peuvent être uniques → Les fœtus se partagent les mêmes structures (placenta, chorion...).

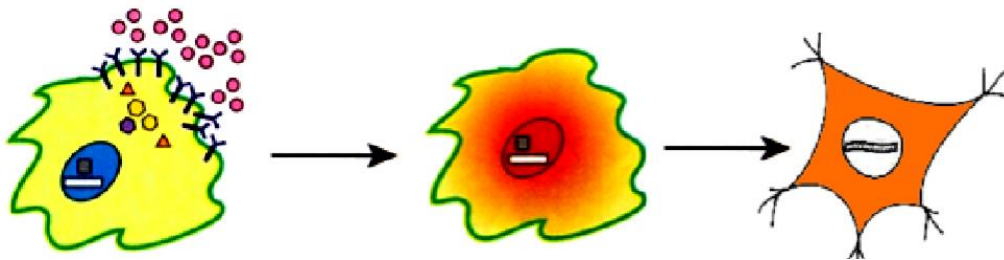
V. Les outils de communications chez l'embryon

- Au cours du développement embryonnaire précoce, le **système sanguin n'est pas ou peu développé.** ★
- Toute communication va donc nécessairement se réaliser à **très courte distance.** ★
- Ce n'est que bien plus tard que le système sanguin véhiculera les hormones et les facteurs de croissance à longue distance.
- La communication se fait de différentes façons :

<p>Par jonctions gap</p> <p>★</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Assurent le passage de petites substances d'une cellule à une autre. 	
<p>Par diffusion, communication paracrine</p> <p>★</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Une cellule émettrice sécrète une molécule à un moment précis du développement - Cette molécule est reconnue par un récepteur spécifique sur la cellule cible, qui délivre une information à cette dernière. 	
<p>Par contact direct</p> <p>★</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les 2 cellules interagissent par des molécules spécifiques transmembranaires qui se reconnaissent. - Leur interaction physique induit un signal dans la cellule cible. 	
<p>Par communication autocrine</p> <p>★</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A un moment donné du développement, une cellule sécrète une molécule diffusible qu'elle reconnaît elle-même : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Activant ainsi une voie de signalisation. 	

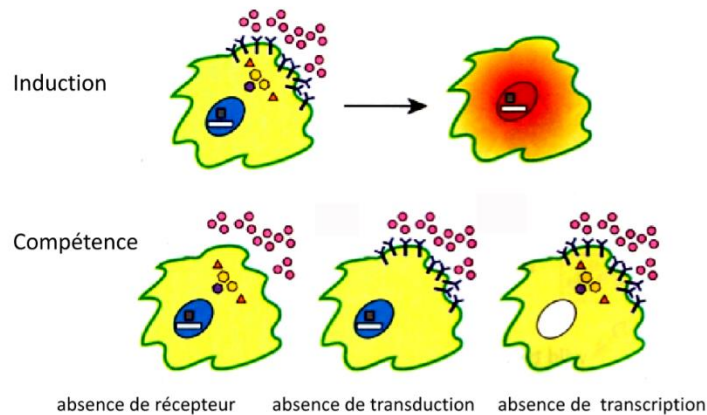
A- Les inductions

Les inductions embryonnaires	<ul style="list-style-type: none"> - Agissent au stade 32 cellules ★ - Se réalisent à différents stades du développement - Correspondent à la mise en place de systèmes multifactoriels
Systèmes multifactoriels	<ul style="list-style-type: none"> - Des inducteurs diffusibles - Des récepteurs spécifiques - La transduction du signal - L'activation du génome
Réponses aux systèmes	<ul style="list-style-type: none"> - Engagement dans une voie de différenciation - Changement de forme - Acquisition d'une mobilité.



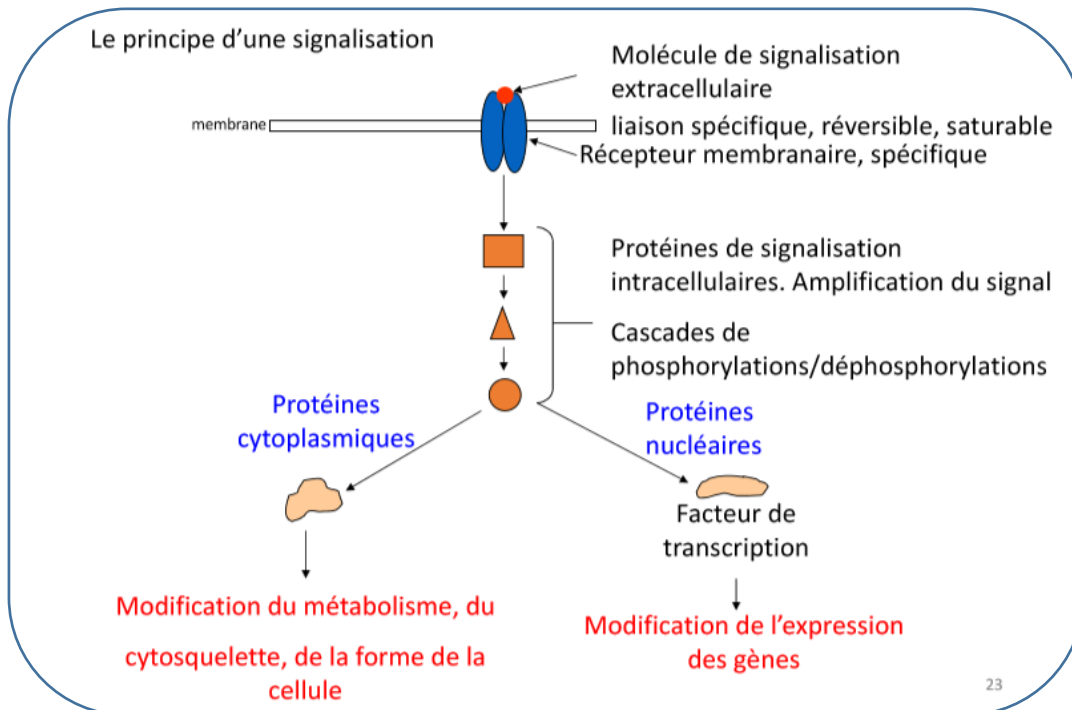
B- La compétence :

La compétence	<ul style="list-style-type: none"> - Indissociable de la notion d'induction - Implique que les cellules soient compétentes pour recevoir le signal émis. ★
Différents niveaux de défaillance ★	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de récepteur - Absence de transduction des signaux - Absence de transcription.



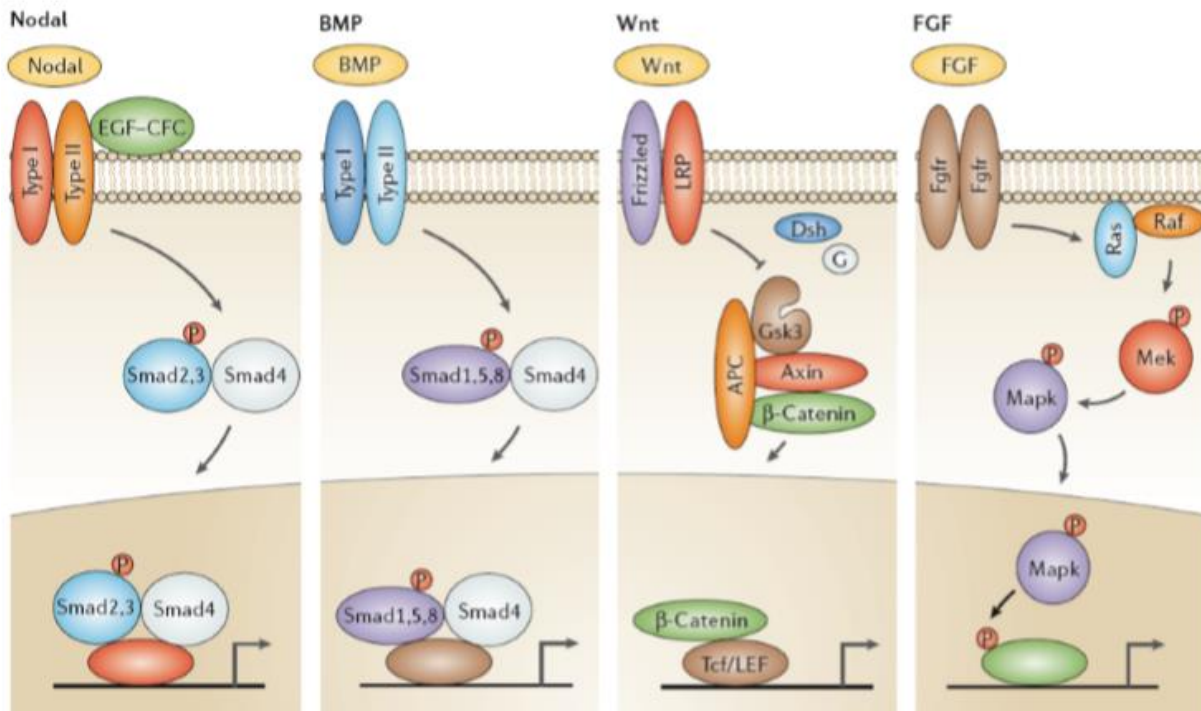
Les notions d'induction et de compétence sont importantes à comprendre.

C- Le principe d'une signalisation



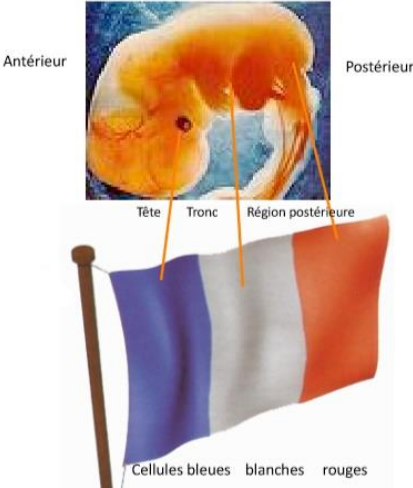
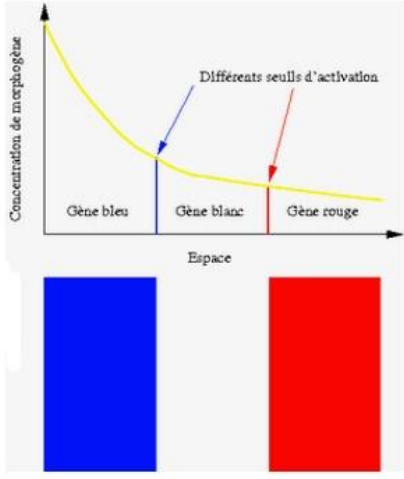
Une molécule de signalisation inductrice extracellulaire	Est capable de se lier à son récepteur de manière : <ul style="list-style-type: none"> - Spécifique ★ - Réversible ★ - Et saturable
Le récepteur membranaire	- Reconnaît spécifiquement la molécule ★
Des protéines de signalisation intracellulaire ★	- Amplifient le signal : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Par une cascade de signalisation de type phosphorylations/déphosphorylations.
Les protéines cibles de la cascade de signalisation ★	Peuvent être : <ul style="list-style-type: none"> - Des protéines cytoplasmiques capables de modifier : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le métabolisme cellulaire, ➤ Le cytosquelette, ➤ La forme de la cellule. - Des protéines nucléaires (facteurs de transcription) assurant : <ul style="list-style-type: none"> ➤ La modification (activation ou répression) de l'expression des gènes du développement.

D- 4 voies de signalisation



<p>Types de ligands</p> <p>★</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Différents de sa famille : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nodal ➤ BMP ➤ Wnt ➤ FGF
<p>Rôle des ligands</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se fixent sur des récepteurs transmembranaires différents qui : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Induisent des protéines cytoplasmiques différentes qui induisent à leur tour des facteurs de transcription qui modifient l'expression de différents gènes du développement. - Interviennent dans les voies de signalisation au cours du développement.
<p>Nodal, BMP, Wnt, FGF</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sont appelés des « morphogènes » ★ <ul style="list-style-type: none"> ➤ car ils activent des voies de signalisation modulant la forme des cellules, des tissus, les organes...

VI. Morphogenèse et morphogène

<p>Origine</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Le morphogène est produit à partir d'une source ★ : ➤ Un tissu ➤ Une cellule ➤ Un groupe de cellules...
<p>Rôle ★</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Il diffuse dans l'embryon. - Sa concentration dans l'embryon forme un gradient depuis la source. - Le destin des cellules de l'organisme dépend de la distance entre la source et la cellule qui reçoit le morphogène.
<p>Gradient/seuil ★</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 2 seuils d'activation permettant de définir 3 régions (<i>champs morphogéniques</i>) : ➤ Les cellules les plus proches de la source → destin « bleu » : région antérieure de l'embryon ➤ Celles situées un peu plus loin → destin « blanc » : région troncale de l'embryon ➤ Celles encore plus loin → destin « rouge » : région postérieure de l'embryon. <div style="text-align: center;">  </div>
<p>Caractéristiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Chaque cellule de l'embryon : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reçoit une certaine dose de morphogène en fonction de sa position par rapport à la source ★ ➤ Et répond à cette information de position par l'expression d'un caractère. - Si on ajoute des effets de seuil : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Une région de l'embryon peut être divisée plusieurs zones qui expriment des caractères différents. <div style="text-align: center;">  </div>

La notion de morphogène est très importante, tout comme l'exemple du drapeau français et du gradient de concentration.

ANNALES

2011 :

QCM 51. Parmi les propositions suivantes concernant les œufs à développement mosaïque la(es)quelle(s) est (sont) exacte(s) ?

- A. Le devenir et les caractéristiques des cellules sont déterminés à chaque division
- B. Des déterminants cytoplasmiques sont présents dans les cellules et peuvent réguler les déficiences
- C. L'environnement régule la destinée des cellules
- D. La division cellulaire peut être asymétrique.

2012 :

QCM 51 Cochez la ou les propositions exactes. En embryologie, le modèle du « drapeau français » proposé par Wolpert en 1967 permet d'expliquer :

- A. Le développement mosaïque des embryons de vertébrés.
- B. Le développement à régulation des embryons de vertébrés.
- C. L'effet d'un morphogène sur le développement des embryons de vertébrés.
- D. L'effet d'un morphogène sur la mise en place des axes embryonnaires.
- E. Les conséquences de la rotation du cortex de l'œuf après la fécondation.

CORRECTION DES ANNALES

2011 :

QCM 51 : AD

- A. VRAI : à chaque division les cellules filles se répartissent des déterminants différents.
- B. FAUX : c'est la définition du développement à régulation.
- C. FAUX : le devenir des cellules est prédéterminé par les déterminants nucléaires ; c'est dans le développement à régulation que l'environnement régule la destinée des cellules.
- D. VRAI.

2012 :

QCM 51 : C

- A. FAUX : c'est Weismann qui propose que le développement soit mosaïque.
- B. FAUX : c'est Driesch qui montre que le développement est régulé.
- C. VRAI : Le morphogène induit du bleu, blanc et rouge (=modèle du « Drapeau Français »), ce qui équivaut à endoderme, mésoderme et ectoderme (=développement des embryons de vertébrés)
- D. FAUX : le morphogène ne peut pas mettre en place les différents axes embryonnaires, mais il peut participer à la régionalisation antéro-postérieur.
- E. FAUX : La rotation corticale n'a rien à voir avec le modèle du Drapeau Français, ce modèle explique juste l'existence d'une relation dose/effets avec les morphogènes.