

Régulation endocrinienne

I. Concepts de base en endocrinologie

Introduction

Il existe 2 systèmes de communication dans l'organisme: **le système nerveux** et **le système endocrinien**.

Ils assurent la transmission d'informations à l'intérieur de l'organisme entre les tissus et les organes.

Il travaillent en synergie pour coordonner l'activité cellulaire dont dépend l'homéostasie

Introduction

Le système nerveux

- L'information est d'abord transmise sous forme d'un signal électrique (le potentiel d'action) puis par l'intermédiaire d'un signal chimique (neurotransmetteurs).
- Il s'agit d'un réseau câblé (neurones), dans la mesure où il ne se disperse pas à distance, il va d'un point à un autre.
- Action très localisée, rapide et brève.

Introduction

Le système endocrinien

- L'information est transmise sous forme d'un signal chimique (hormones)
- Il s'agit d'un réseau « wifi », il se disperse et se propage à distance souvent par la circulation sanguine.
- Action générale, lente mais durable.

Systèmes de communication de l'organisme



Système nerveux

Influx nerveux (signaux électriques)
Neurones

Effets immédiats
Brefs et localisés



Système endocrinien

Sécrétion d'hormones dans le sang (signaux chimiques)

Action lente et généralisée

Ces 2 systèmes :

interagissent l'un sur l'autre

coordonnent les fonctions de tous les systèmes du corps

Le système endocrinien

Rôles

- La reproduction et le développement sexuel
- Contrôle de la croissance et de la différenciation des tissus
- Situation de contraintes (infections, traumatismes, stress, soif...)
- Régulation de l'homéostasie (ph, température, maintien des concentrations d'eau, d'électrolytes, d'éléments nutritifs...)
- Le métabolisme énergétique et cellulaire
- Impliqué dans la plupart des processus physiologiques

Les glandes

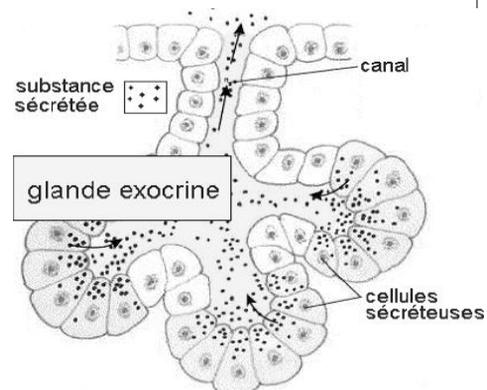
Le système endocrinien regroupe un ensemble d'organes glandulaires qui ont la propriété de fabriquer une sécrétion.

- **La glande** est un organe ayant pour fonction d'élaborer et sécréter certaines substances qui auront un effet sur un autre organe, ou tissu du corps (humain).

Glandes exocrines

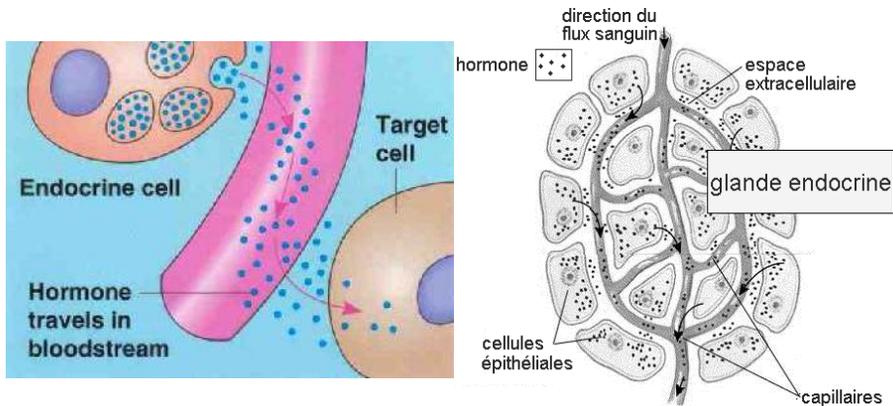
- **Glande exocrine** : glande dont les sécrétions écoulent dans les conduits excréteurs débouchant dans les cavités corporelles ou dans la lumière d'un organe.

- ✓ Les glandes sudoripares,
- ✓ Les glandes salivaires,
- ✓ Les glandes mammaires,
- ✓ Les glandes sébacées,
- ✓ Les glandes digestives
sécrétant des enzymes du pancréas, de l'intestin et de l'estomac.

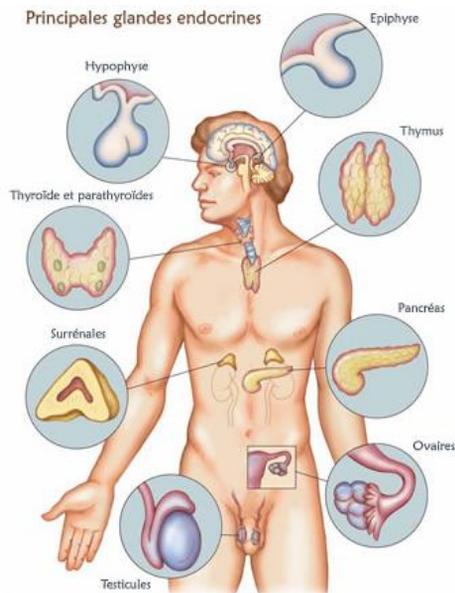


Glandes endocrines

- **Glande endocrine:** glande qui ne possède pas de canal excréteur et déverse leurs substances chimiques, les **hormones**, directement dans le sang.



- **Les glandes strictement endocrines :** l'hypophyse, la thyroïde, la parathyroïde, les glandes surrénales
- **Les glandes mixtes,** sont à la fois exocrines et endocrines (pancréas, gonades).



Les hormones ne sont pas produites uniquement par des glandes endocrines !

Savez vous qu'un grand nombre d'hormones sont aussi synthétisées par des cellules endocrines isolées non regroupées dans une glande endocrine?

- **Les tissus endocriniens, amas de cellules ou systèmes endocriniens diffus**

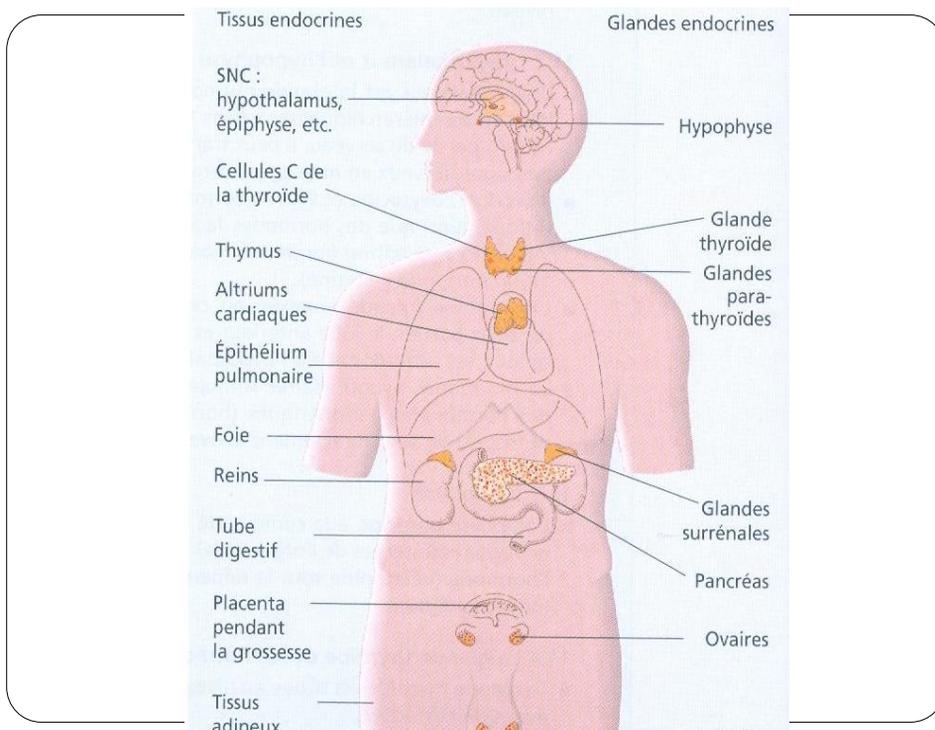
De nombreux tissus et organes ne font pas partie du SE proprement dit, contiennent des amas isolés de cellules hormonopoiétiques (capables à la fois d'une sécrétion endocrine et d'un autre rôle physiologique): **hypothalamus** (organe neuroendocrinien), **intestin grêle**, **l'estomac**, **rein**, **cœur**, **placenta**...

Par exemple

- ✓ **Le cœur** : qui est un organe dont le rôle principal est d'assurer la circulation sanguine dans le réseau vasculaire grâce à sa fonction contractile possède également des cellules endocrines qui sécrètent dans la circulation sanguine une hormone, le Peptide Natriurétique Auriculaire (ANP).
- ✓ **L'estomac** : sécrète la ghréline qui stimule l'appétit
- ✓ **L'adipocyte** : sécrète la leptine qui joue un rôle dans la satiété et diminue l'appétit.

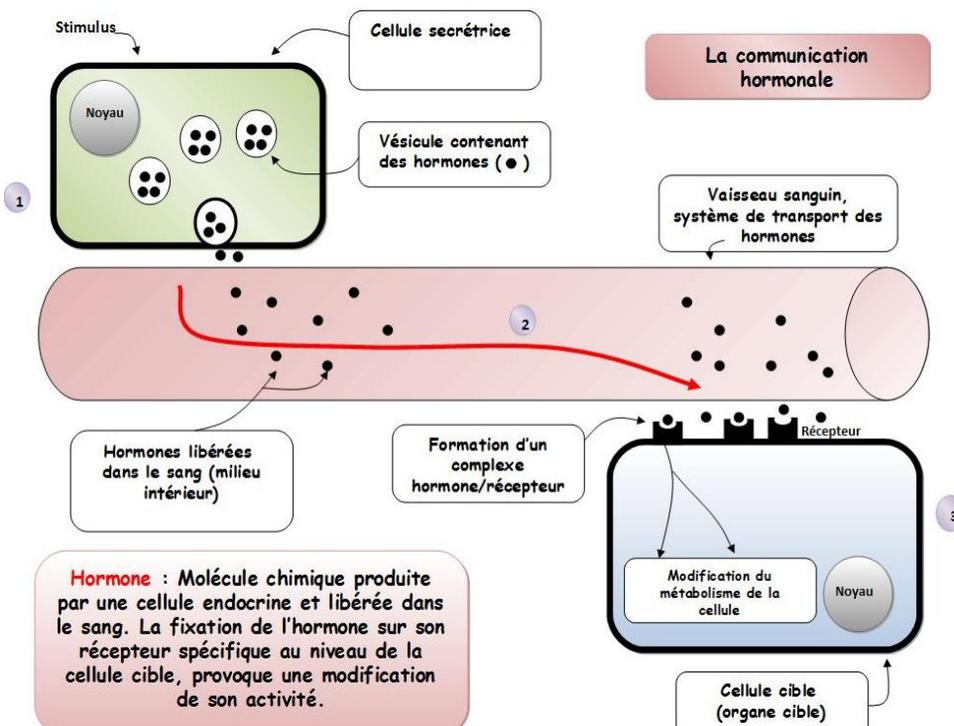
Mises au points

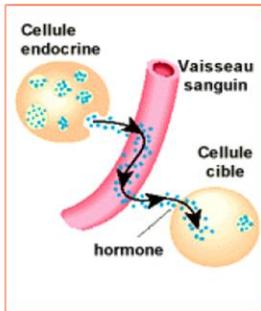
- **Organisation des épithéliums endocriniens**
- **Glandes** endocrines (thyroïde, hypophyse...)
- **Amas de cellules** endocrines (cellules de Leydig, îlots de Langerhans)
- **Système endocrinien diffus** (ex : cellules neuroendocrine du tube digestif, corps neuro-épithéliaux de l'arbre bronchique)



Les hormones

- L'**hormone** est une substance chimique élaborée par une cellule endocrine qui agit spécifiquement sur une cellule appelée **cellule-cible** (exerce un effet déterminé) par l'intermédiaire d'un **récepteur spécifique** qui la reconnaît.
- Seules les cellules cibles qui contiennent des récepteurs (membranaires ou intracellulaires) sont sensibles aux hormones
- Les récepteurs des hormones sont liés à des partenaires protéiques capables d'activer des voies de transduction



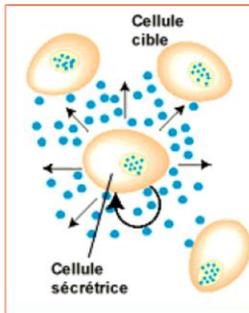


Hormone circulante

Sécrétée dans le sang par des glandes endocrines.

Ex. adrénaline, testostérone, oestrogènes, etc.

Mode endocrine



Hormone locale

Sécrétée localement par des cellules, elle agit sur les cellules voisines ou sur les cellules sécrétrices.

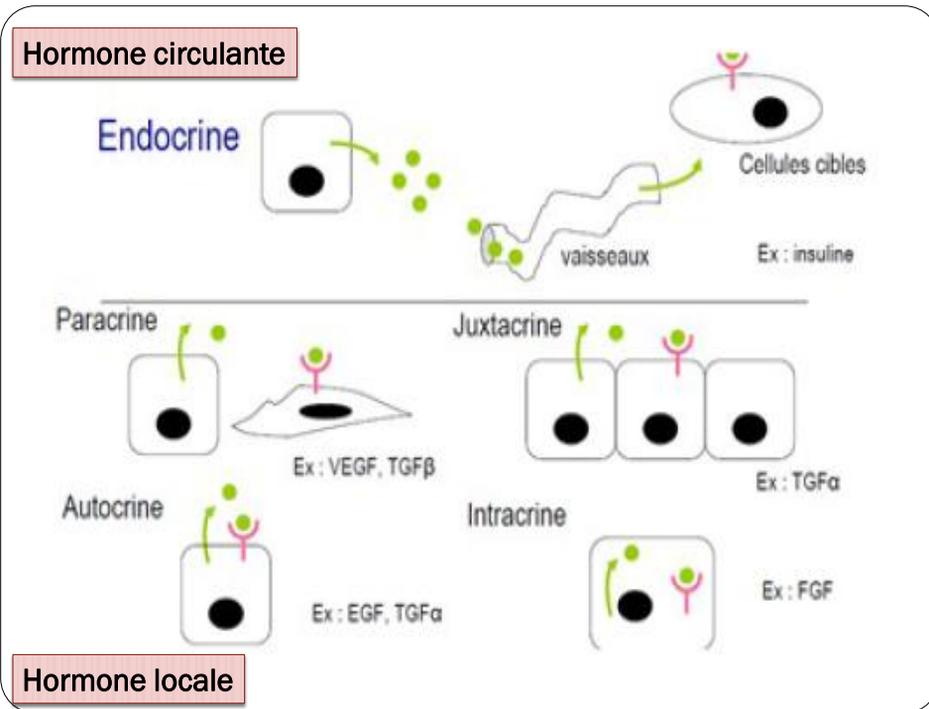
Ex. hormones responsables de l'inflammation

Mode paracrine ou autocrine

Particularités

Une hormone peut être:

- **Endocrine:** qui atteint la cellule cible par le système circulatoire (ex: l'insuline).
- **Paracrine:** qui agit sur une cellule cible voisine, contiguë, mais d'un autre type cellulaire (ex: VEGF).
- **Juxtacrine:** agissant sur une cellule cible contiguë du même type cellulaire (ex: TGF-A).
- **Autocrine:** la cellule cible est la cellule productrice elle-même (ex: EGF).
- **Intracrine:** la substance n'est pas sécrétée en dehors de la cellule mais agit directement en intracellulaire de la cellule productrice.



Quelques propriétés

- Une même glande endocrine peut sécréter plusieurs hormones.
- Une hormone donnée peut avoir des effets différents sur différentes cellules cibles.
- Un processus physiologique peut être contrôlé par plusieurs hormones.
- Il est fréquent que différentes structures endocrines agissent les unes sur les autres afin de moduler leurs fonctionnements.

Classification structurale

On distingue 4 catégories d'hormones en fonction de leur structure et synthèse:

- **Les amines biogènes:** dérivés d'acides aminés
- **Hormones peptidiques:** formées de chaînes d'acides aminés
- **Hormones stéroïdes:** dérivées du cholestérol
- **Les éicosanoïdes:** dérivées de l'acide arachidonique (AG polyinsaturé)

Classe chimique	Quelques exemples	Sites de production
Stéroïdes	Aldostérone, cortisol	Corticosurrénale
	Testostérone	Testicules
	Oestrogènes et progestérone	ovaires
Amines biogènes	Adrénaline et noradrénaline	Médullosurrénale
	T3 et T4 (hormones thyroïdiennes)	Thyroïde
	Histamine	Mastocytes des tissus conjonctifs
Peptides et protéines	Insuline, glucagon	Pancréas
	Toutes les hormones hypothalamiques de libération et d'inhibition	Hypothalamus
	Toutes les hormones de l'adénohypophyse	Adénohypophyse
Eicosanoïdes	Prostaglandines	Toutes les cellules sauf les globules rouges.

Classification fonctionnelle des hormones

- **Hormones d'action ubiquitaire:** ont des effets sur tous les types de cellules
- **Hormones d'action restreinte:** ont des effets que sur certains tissus ou organes

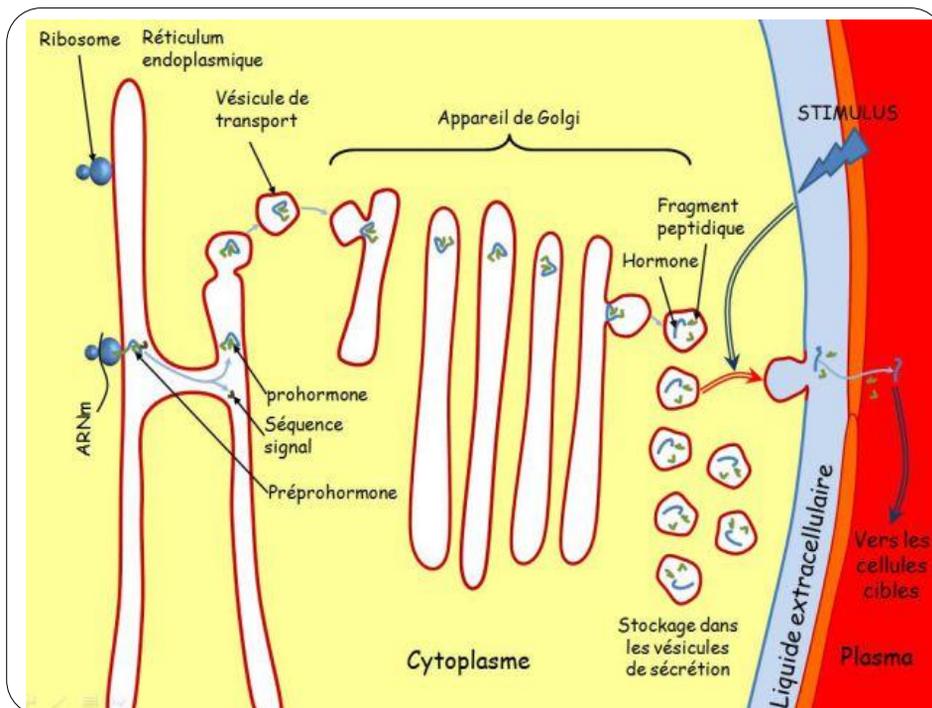
Le caractère restreint ou ubiquitaire de l'action d'une hormone dépend de son récepteur

Métabolisme des hormones

1. Biosynthèse des hormones

A) Les hormones peptidiques ou protéiques

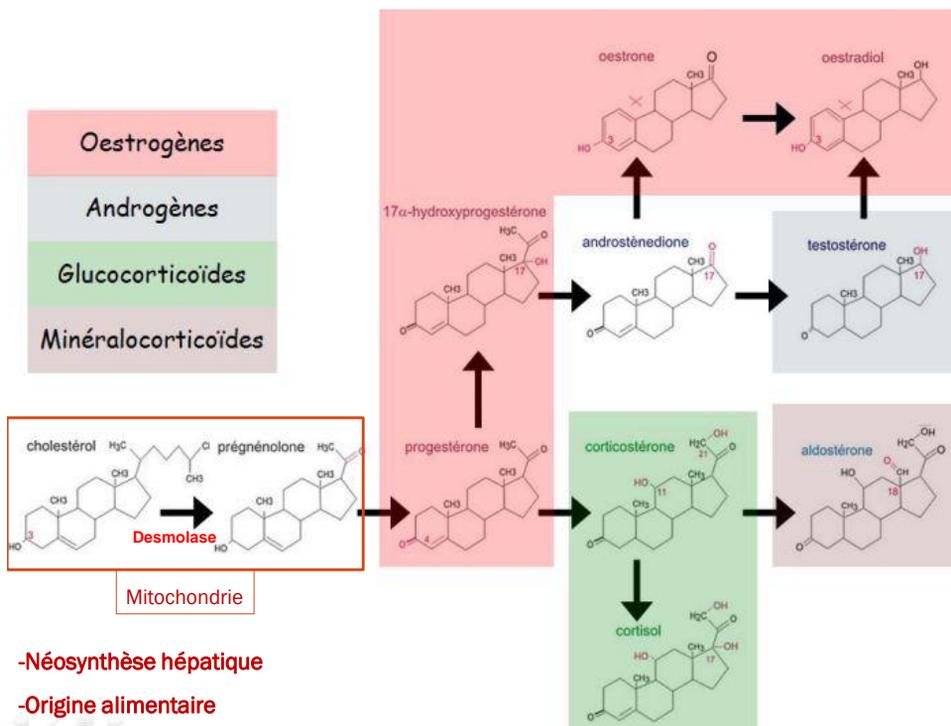
- Un fonctionnement qui suit le principe de synthèse des protéines. Il y a expression génique au niveau du noyau et formation de l'ARNm. L'ARNm est traduit au niveau des ribosomes, maturation dans le golgi et exocytose des vésicules vers l'extérieur.
- Ces hormones peuvent être constituées de seulement **3** acides aminés pour les plus petites comme la TRH jusqu'à plusieurs centaines pour les plus grosses (hormones protéiques).



1. Biosynthèse des hormones

B) Les hormones stéroïdes

- Elles sont synthétisées par la corticosurrénale, les gonades (ovaires et testicules) et le placenta chez la femme enceinte.
- Elles sont toutes produites à partir du cholestérol dans la **mitochondrie** puis le **réticulum endoplasmique lisse** grâce à des enzymes spécifiques.
- La biosynthèse débute par la coupure, dans la mitochondrie, de la chaîne latérale du cholestérol par une desmolase pour former le prégnénolone (**étape limitante**).
- Les stéroïdes sont des hormones liposolubles, interdisant leur stockage dans des vésicules de sécrétion. Il en résulte que ces hormones devront être **synthétisées à la demande**.



1. Biosynthèse des hormones

C) Les amines biogènes

Les Amines

Les catécholamines

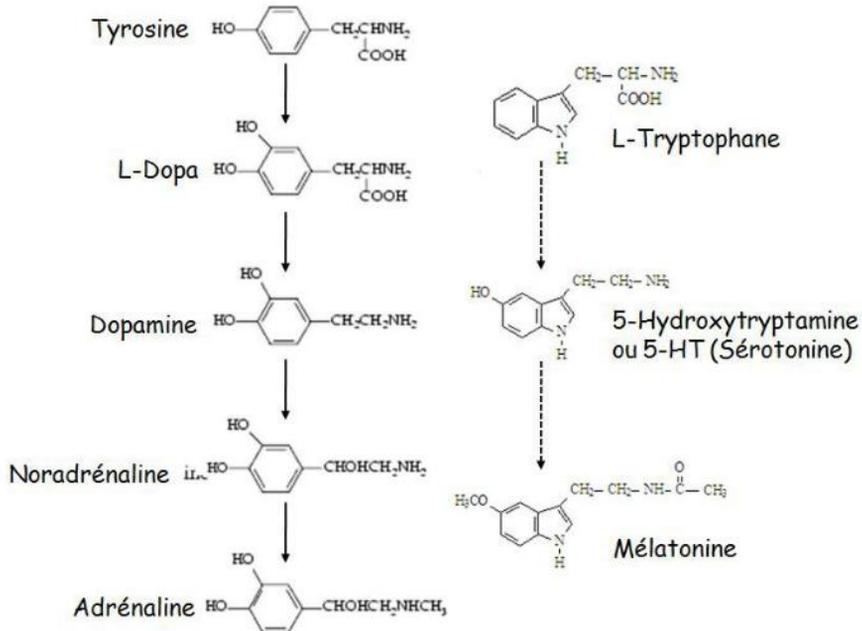
Même caractéristiques que les hormones peptidiques

Exemples:
Adrénalines, noradrénalines

Hormones thyroïdiennes

Même caractéristiques que les hormones stéroïdes

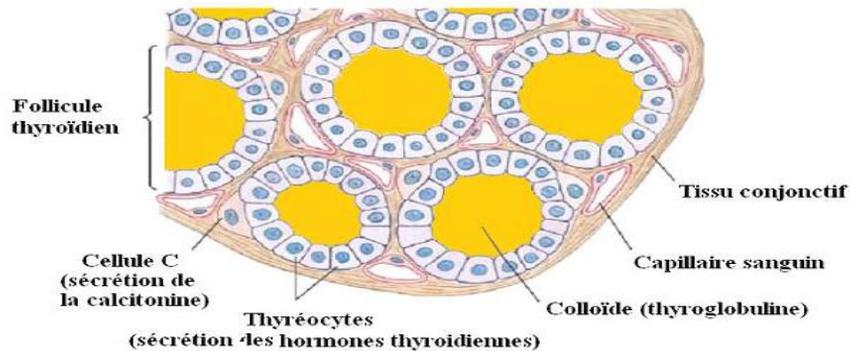
Exemples:
Thyroxine (T4)



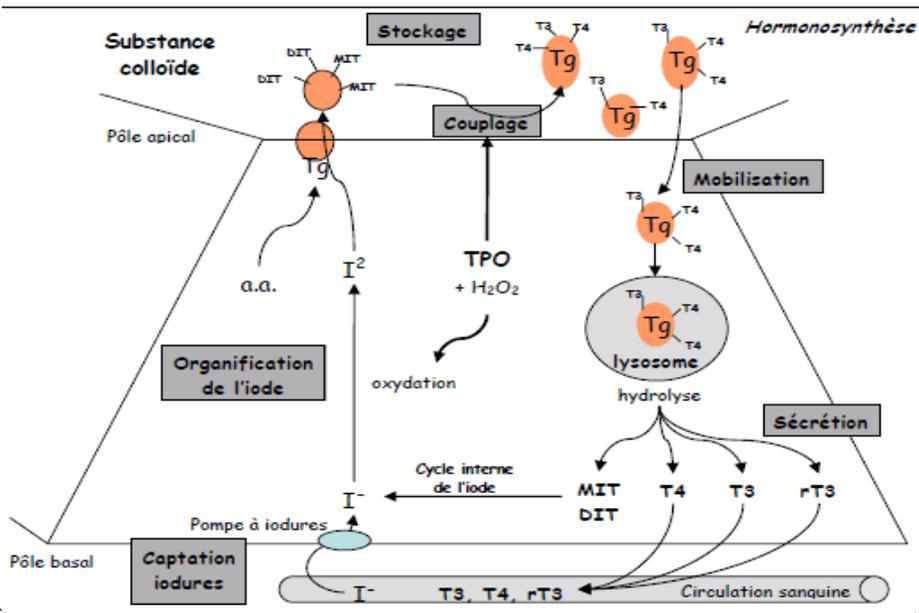
Synthèse des catécholamines à partir de la tyrosine et de la mélatonine à partir du tryptophane.

➤ Les hormones thyroïdiennes se forment par iodation de résidus tyrosyl au sein d'une grosse protéine, la thyroglobuline.

La condensation de deux résidus iodotyrosyl dans la thyroglobuline donne naissance à des iodothyronines (mono et di) qui sont finalement libérée par protéolyse de la thyroglobuline.



Les étapes de synthèse des hormones thyroïdiennes



1. Biosynthèse des hormones

D) Les éicosanoïdes

- Ce sont des médiateurs chimiques découverts récemment, dérivés d'une molécule de départ : l'acide arachidonique (C20), qui est un second messenger intracellulaire.
- A partir de cet acide arachidonique on trouve 2 types de produits : **les leucotriènes** et **les prostaglandines**.
- Ces molécules ont une action locale, **paracrine**, mais elles peuvent aussi avoir des actions plus éloignées, d'où leur classement dans les hormones.

2. Sécrétion des hormones

A) Hormones protéiques et polypeptidiques, catécholamines

- Par mécanisme d'exocytose au cours duquel la membrane des vésicules sécrétoires fusionne avec la membrane plasmique
- Un stimulus initial, de nature hormonale, électrique ou une *entrée de calcium* induit la migration de vésicules sécrétoires vers la membrane plasmique, guidées par les microtubules assez souvent
- L'élévation de la concentration du Ca^{++} est généralement le facteur déclenchant la sécrétion (l'exocytose)

2. Sécrétion des hormones

B) Hormones stéroïdes

- Liposolubles, ont un mode de sécrétion plus simple, puisqu'elles semblent diffuser librement à travers la membrane plasmique

3. Régulation de la sécrétion

D'importants mécanismes de régulation interviennent afin de maintenir le taux sanguin entre des valeurs minimum et maximum.

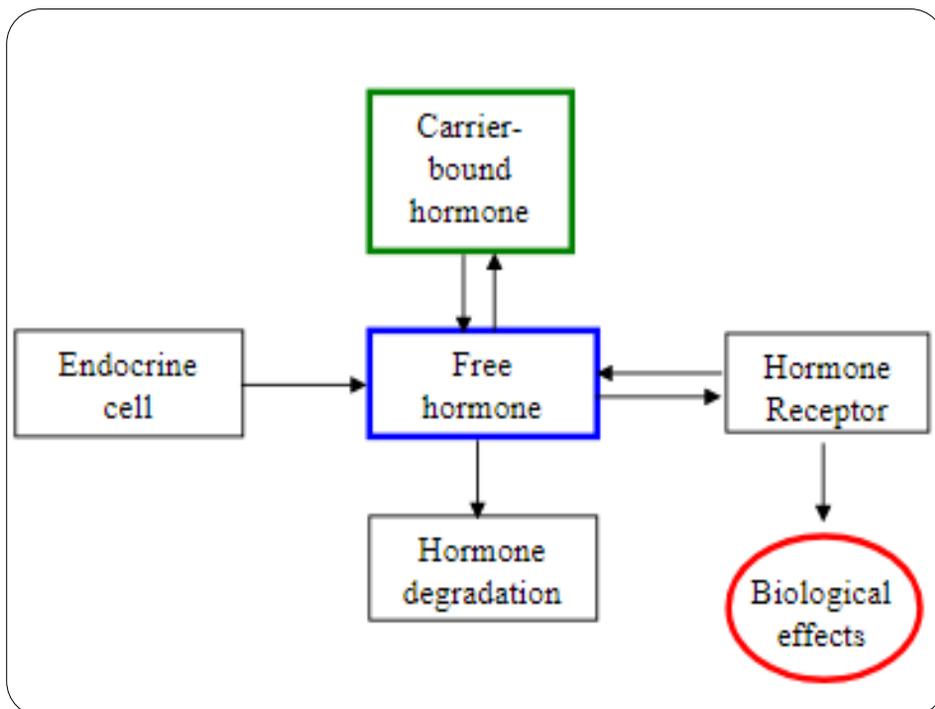
- **Mécanisme de rétroaction (feedback)** : d'une manière générale, un rétrocontrôle va s'exercer quand la concentration d'hormone circulante dans le sang contrôle en retour le fonctionnement de la glande endocrine qui l'a sécrétée.

➤ **Contrôle hormonal:** La libération d'une hormone par une glande peut elle-même être sous le contrôle d'une autre hormone. C'est le cas de la plupart des hormones de l'adénohypophyse qui sont sécrétées s'il y a signal venant de l'hypothalamus. Les hormones de l'adénohypophyse contrôlent à leur tour la libération d'autres glandes endocrines comme la thyroïde, les corticosurrénales et les gonades.

- **Contrôle nerveux :** des fibres nerveuses peuvent parfois directement stimuler la libération d'hormones. Par exemple:
- La libération de l'adrénaline par la médullosurrénale **lors de période de stress**.
 - **La tétée d'un nourrisson** amorce, par un arc réflexe passant par le SNC, la production d'ocytocine, hormone hypophysaire qui déclenche la sécrétion de lait par la glande mammaire.
- **Concentration sanguine de certaines métabolites:** exemple c'est le cas de glucose (le produit régulé par l'hormone)

4. Transport des hormones

- ✓ **Les hormones peptidiques et catécholamines:** facilement dissoutes dans le liquide extracellulaire et le plasma. Elles ne nécessitent donc souvent pas une molécule de transport (hormones presque toutes libres).
- ✓ **Les hormones stéroïdes et thyroïdiennes:** elles sont, en grande partie, prise en charge par des protéines transporteuses avec une liaison réversible. Ainsi seule la petite fraction **libre**, souvent inférieure à 10%, peut être immédiatement **active**



On trouve:

- **Des protéines de transport spécifiques;**

La **TBG** (thyroxin binding globulin) → les hormones thyroïdiennes.

La **SHBG** (sex hormon binding globulin) → les hormones sexuelles, testostérone et œstradiol.

- **Des protéines de transport non spécifiques;**

La **sérumalbumine**: une globuline qui fixe de manière non spécifique toutes les hormones, mais le transport est moins efficace.

Le rôle de la protéine transporteuse

- Facilite le transport des hormones liposolubles
- Protège les hormones dans le compartiment sanguin, pour éviter leur dégradation
- Retarde la perte des petites molécules hormonales par le mécanisme de filtration rénale

5. Demi-vie

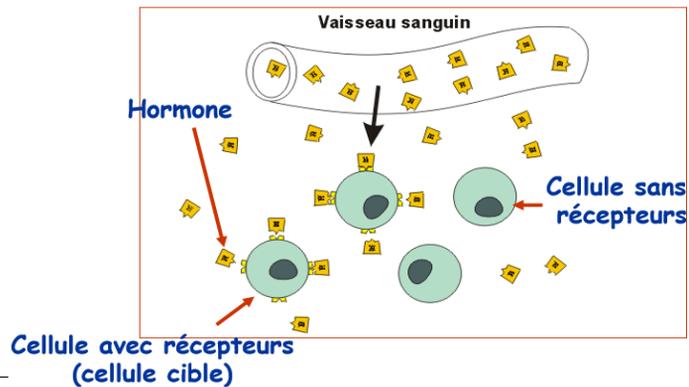
- ✓ **Les hormones peptidiques**, généralement dissoutes dans le plasma, elles ont une demi-vie courte, de l'ordre de **secondes à minutes**. Cet aspect nécessite, malgré le stock, que l'hormone soit sécrétée en permanence si l'action hormonale doit être maintenue.
- ✓ **Les hormones stéroïdes**: de par sa liaison avec la protéine de transport, l'excrétion et la dégradation de l'hormone sont ralenties, permettant à certaines des hormones stéroïdes d'avoir une demi-vie dépassant l'**heure**.

6. Catabolisme des hormones

La concentration des hormones dans le sang dépend de leur **taux de libération** mais aussi de leur **catabolisme**. Celui-ci **empêche leur accumulation** dans le sang au fur et à mesure de la sécrétion ce qui permet des changements de concentration indispensables au rôle modulateur de l'activité des tissus cibles.

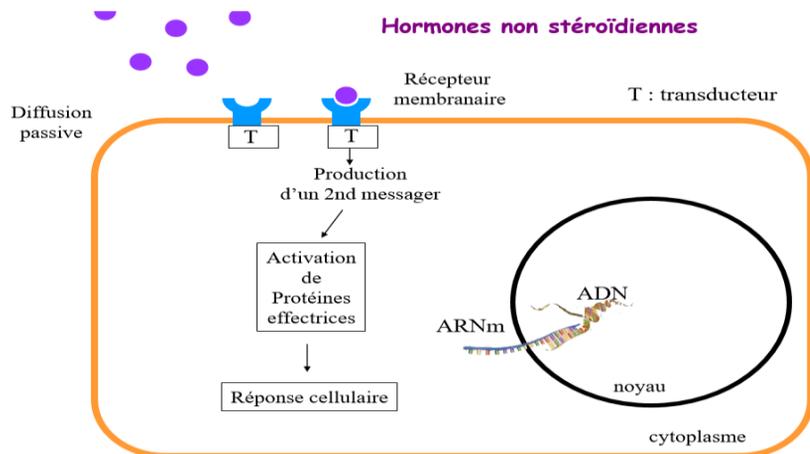
7. Mécanisme d'action des hormones

- Les récepteurs hormonaux permettent la reconnaissance de l'hormone par la cellule cible
- Ils sont spécifiques et sont soit membranaires ou intracellulaires
- Complexe: hormone-récepteur → activation de cascades métaboliques complexes → action hormonale.
- Une hormones peut avoir plusieurs types de récepteurs

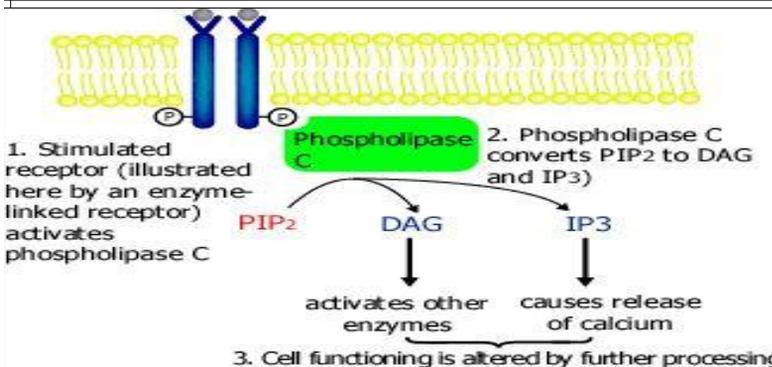
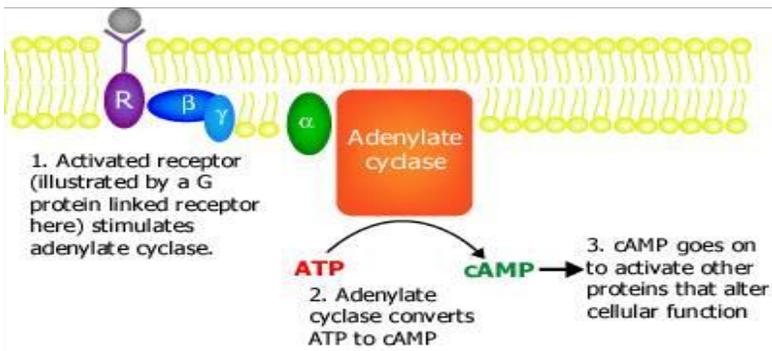
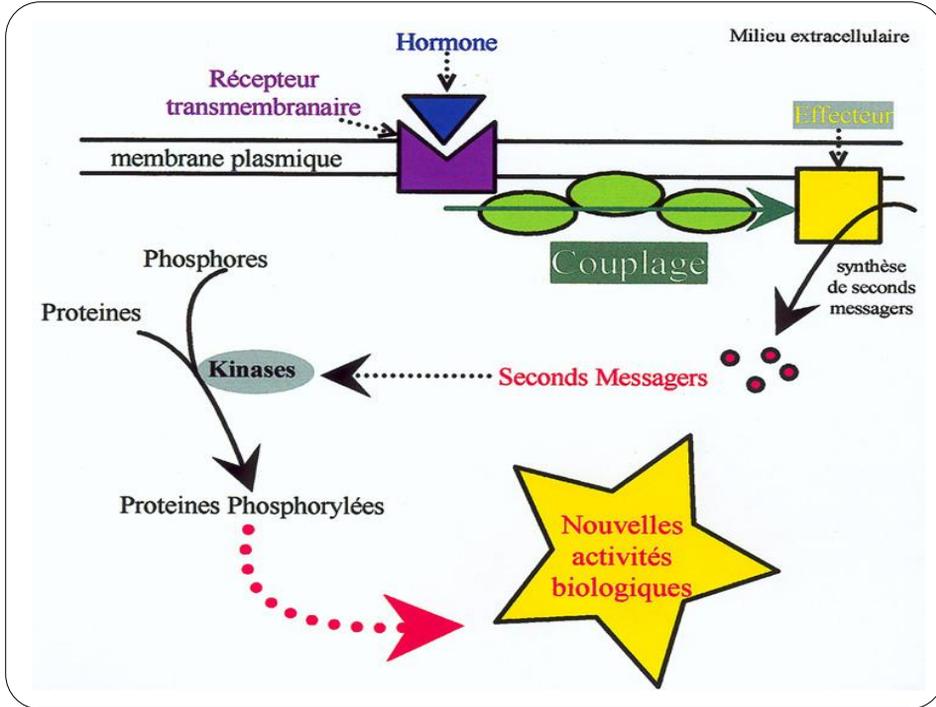


A) Récepteurs membranaires (Récepteurs des hormones peptidiques et catécholamines)

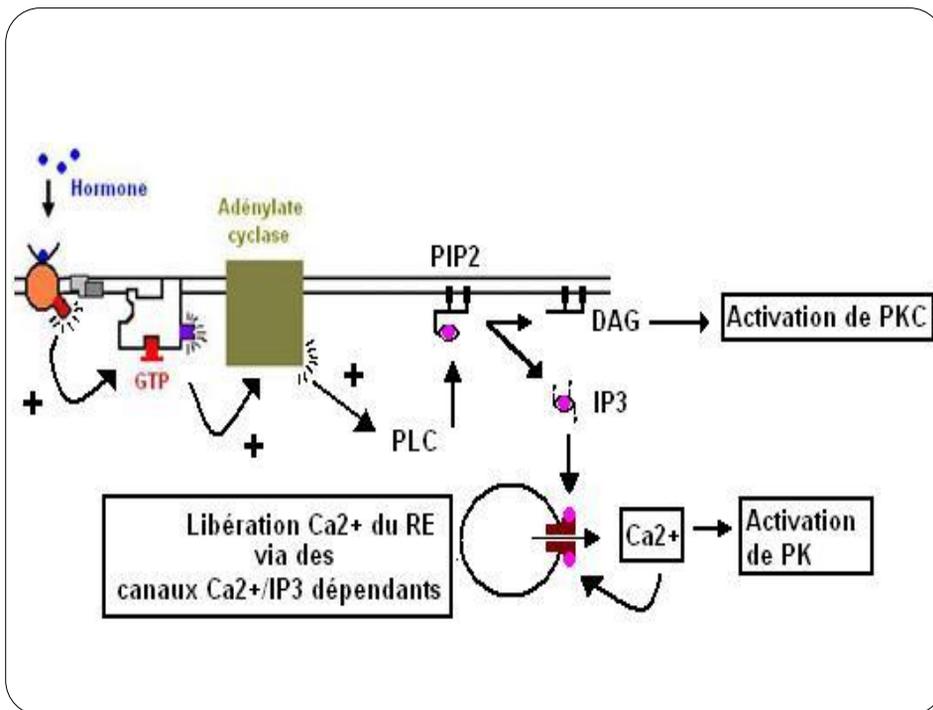
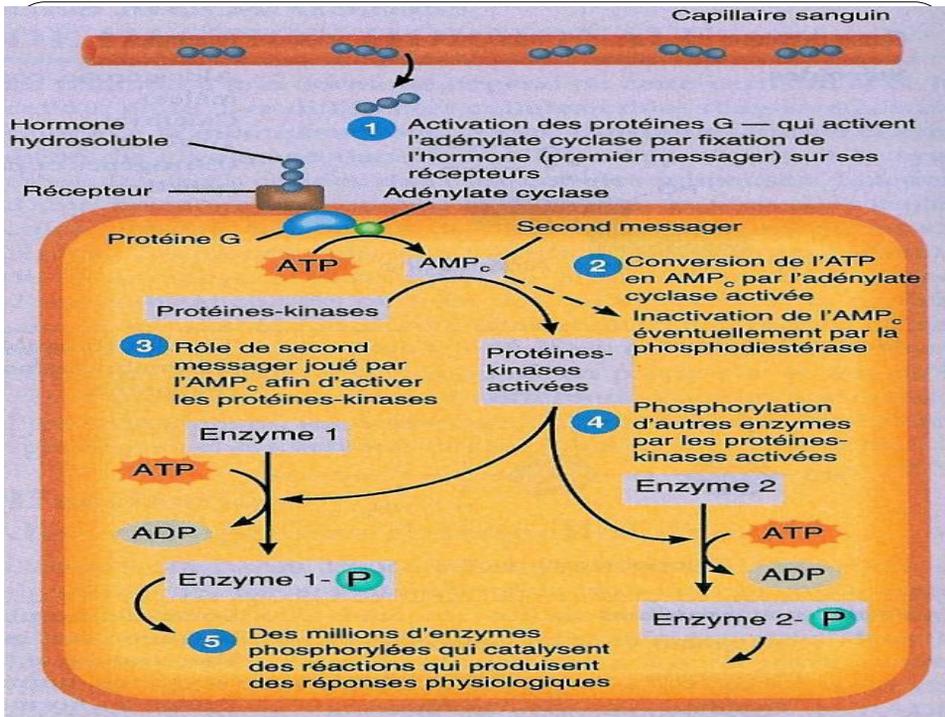
- Nécessité d'un récepteur membranaire
- Après activation du récepteur : nécessité d'un second messager (transduction du signal)



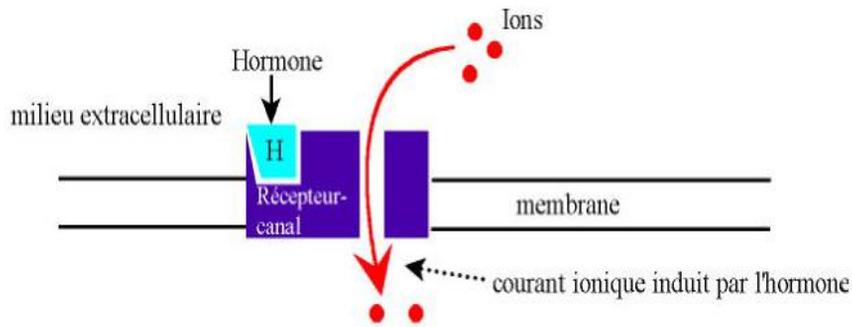
Exemple: voies AMPc et IP3+DAG



Seconds messagers



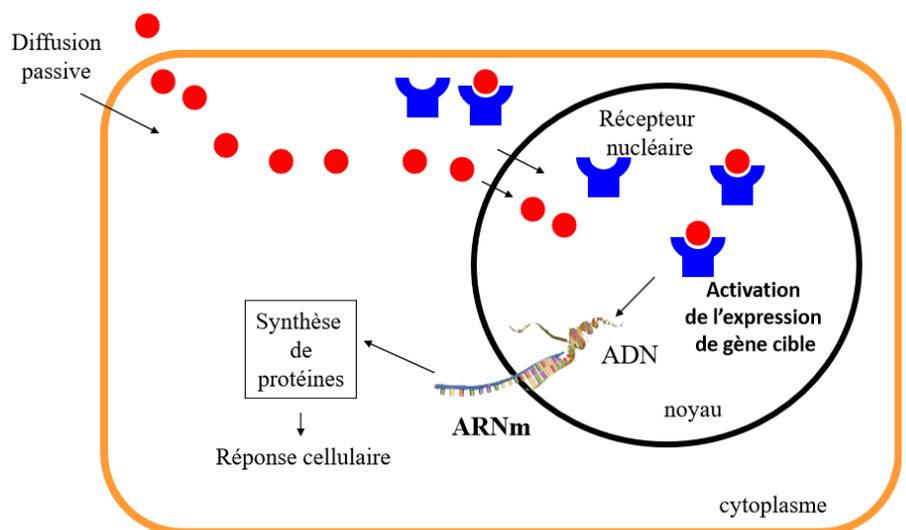
❖ Activation d'un récepteur-canal



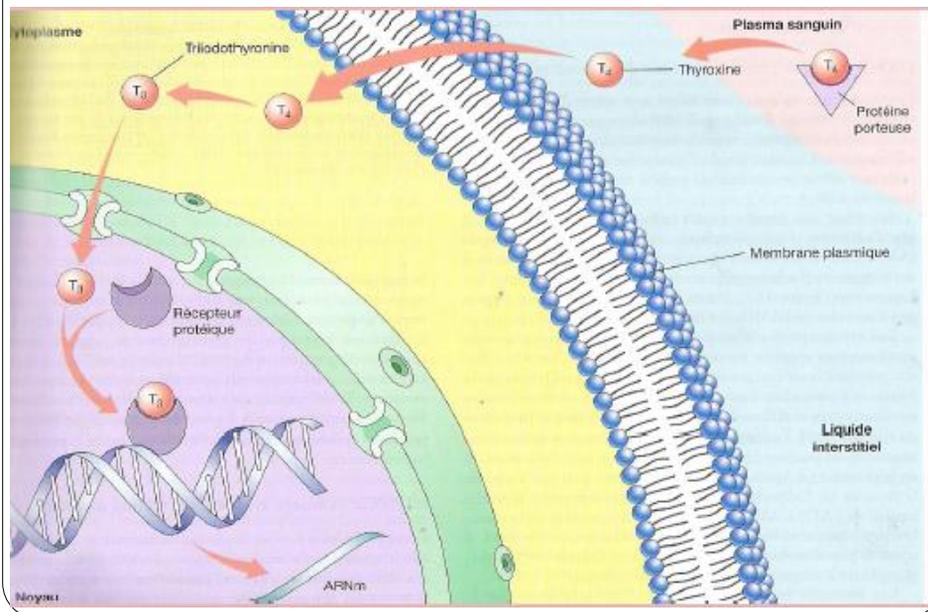
L'activation d'un récepteur-canal par une hormone crée un courant ionique qui provoque une réponse électrophysiologique de la cellule cible.

B) Récepteurs intracellulaires (récepteurs des hormones stéroïdes et thyroïdiennes)

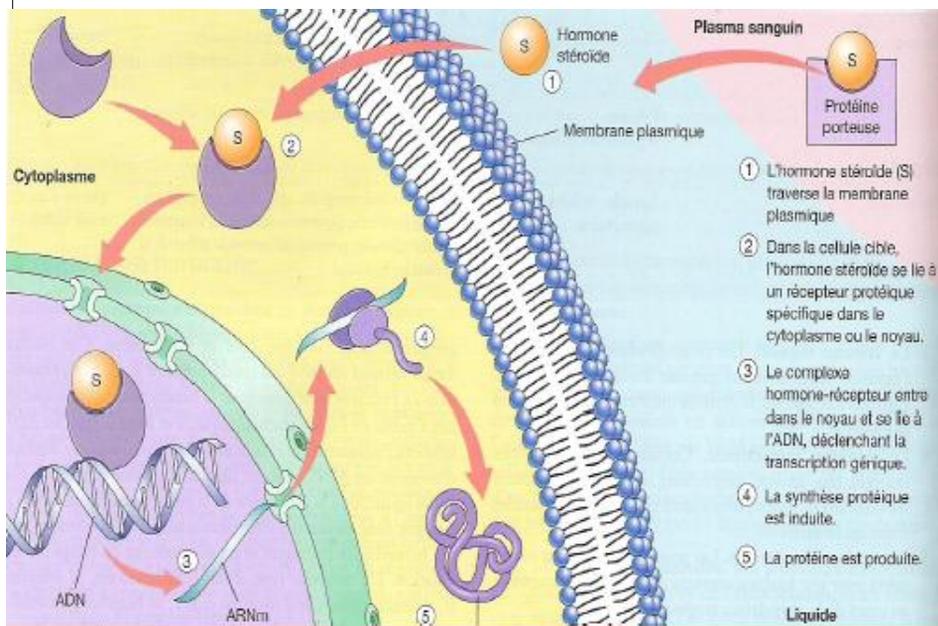
Peuvent traverser la membrane cellulaire sans récepteur → pas d'étape intermédiaire avec second messager



Hormones thyroïdiennes : récepteurs intracellulaires nucléaires



Hormones stéroïdes : récepteurs intracellulaires intracytoplasmique



8. Excrétion d'hormones

Après action, les hormones finissent par être détruites soit :

- Au niveau de la cellule cible
- Dans le foie et rein grâce à des systèmes enzymatiques
- Le produit de dégradation de l'hormone est excrété dans l'urine et dans la moindre mesure dans la matière fécale

Une hormone produit au moins un des effets suivants :

- ✓ Modification de la perméabilité de la membrane plasmique à la suite de l'ouverture des canaux ioniques
- ✓ Synthèse de protéines ou de molécules régulatrices
- ✓ Activation ou désactivation d'enzyme
- ✓ Déclenchement de l'action sécrétrice
- ✓ Stimulation de la mitose

10. Les interactions hormonales

Interaction permissive

Dans certains cas, l'action d'une hormone sur une variable physiologique ne peut être maximale qu'en présence d'une autre hormone qui, toute seule, n'agit pas sur cette variable physiologique.

Si la concentration de la thyroxine est anormalement basse, la maturation du système reproducteur sera retardée. On parle alors d'effet **permissif** de la thyroxine sur la maturation sexuelle puisque seule, elle n'a pas d'effet

Interaction synergique

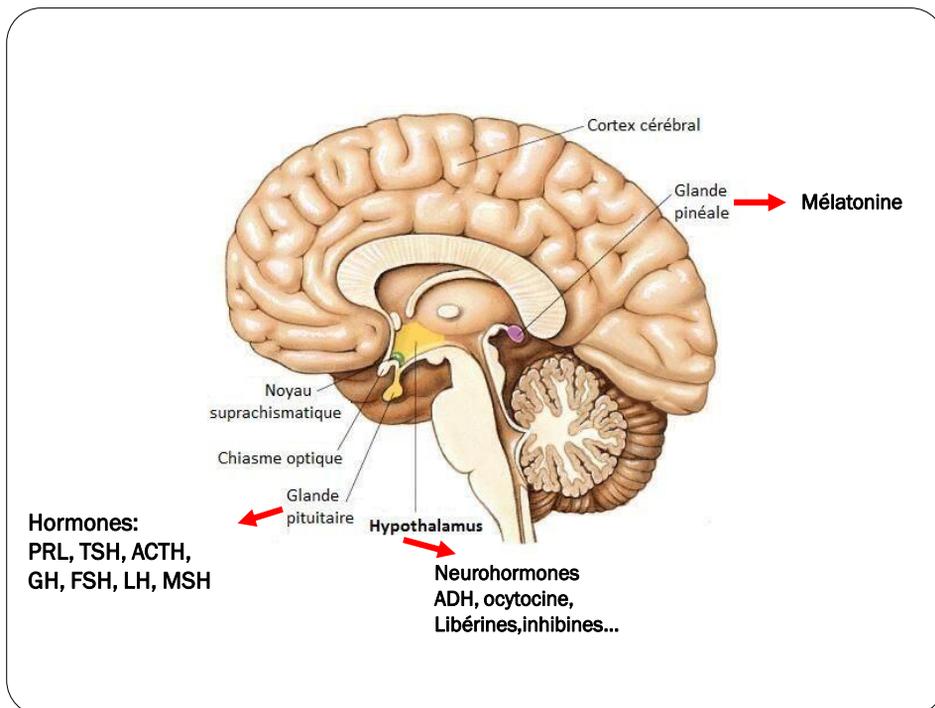
C'est le cas si deux ou plusieurs hormones, dont les effets sont identiques, voient leur action amplifiée lorsqu'elles sont combinées.
Ex: quand le glucagon et l'adrénaline sont présents en même temps, la quantité de glucose libérée atteint environ 150% de celle obtenue lorsqu'elles agissent seules.

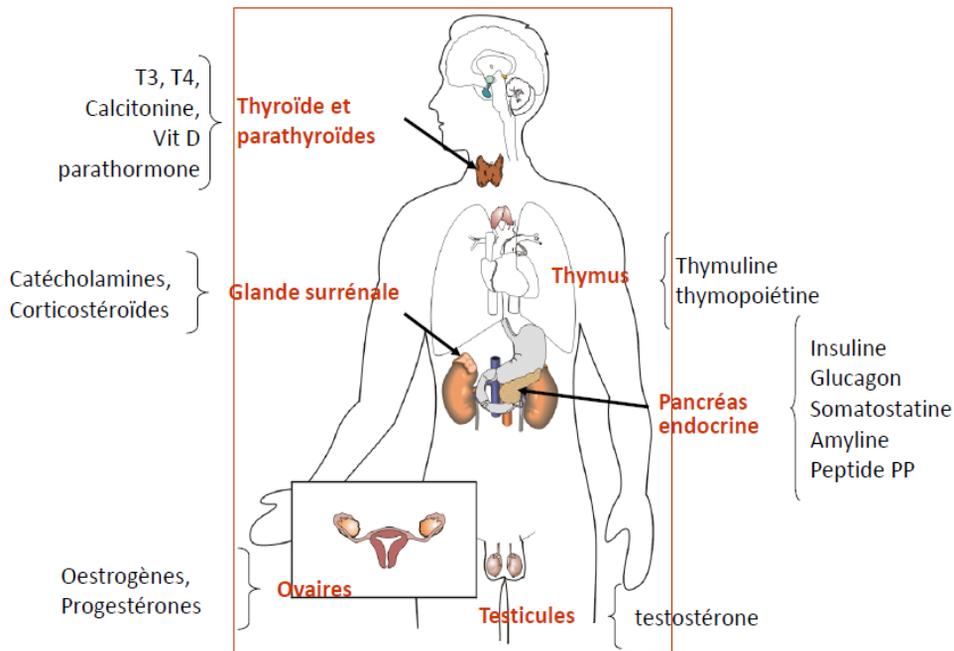
Interaction antagoniste

Une hormone s'oppose à une autre hormone.
Ex: l'insuline et le glucagon.

Régulation endocrinienne

II. Les glandes endocrines



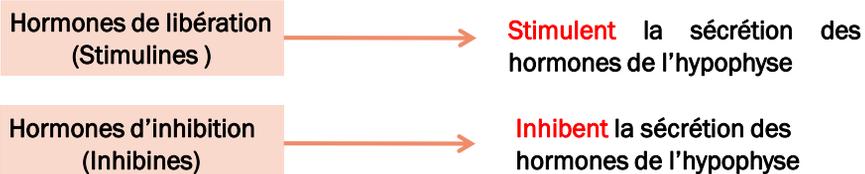


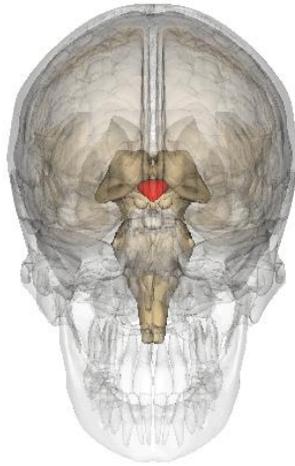
Hormones sécrétées par le TD, le TA, les reins, l'estomac...

1. L'hypothalamus

- ✓ L'hypothalamus est un centre nerveux intégrateur présentant une fonction endocrine
- ✓ C'est **le lien entre le SN et le SE**: transforme les signaux nerveux de l'organisme en une libération d'hormones au niveau de l'hypophyse
- ✓ Relié à l'hypophyse, il contrôle ses sécrétions

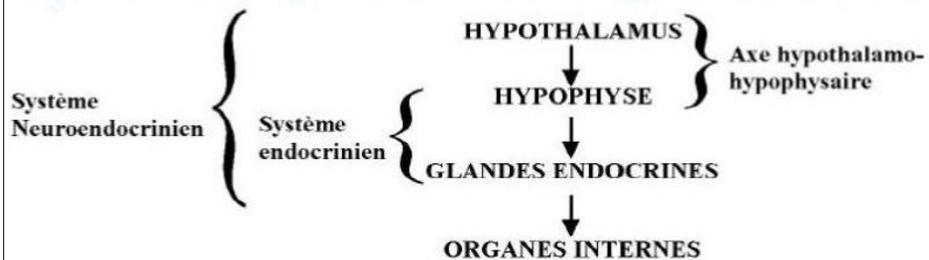
Sécrétions de l'hypothalamus

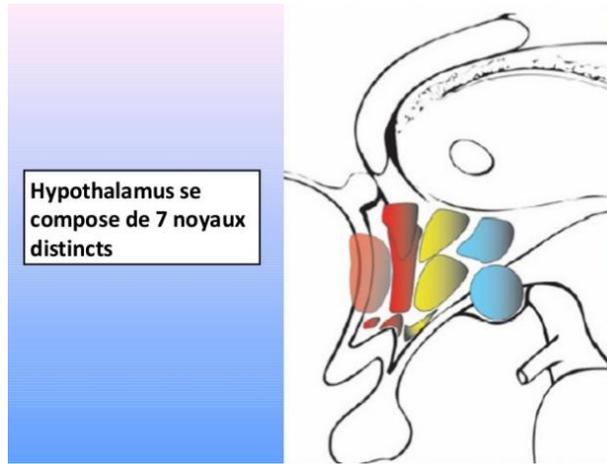




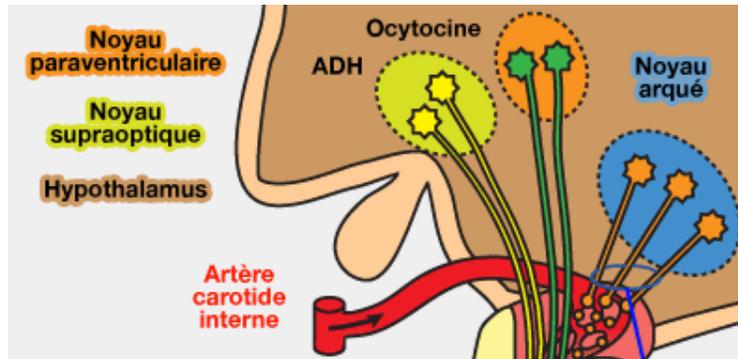
Hypothalamus et Hypophyse = chefs d'orchestre
de l'activité hormonale

Représentation de l'organisation hiérarchisée du système neuroendocrinien





Les 3 noyaux thalamiques impliqués dans le système **neuroendocrinien** sont: le **noyau arqué**, le **noyau supraoptique** et le **noyau paraventriculaire**



Le noyau arqué → Neurohormones hypophysiotropes → Glandes endocrines

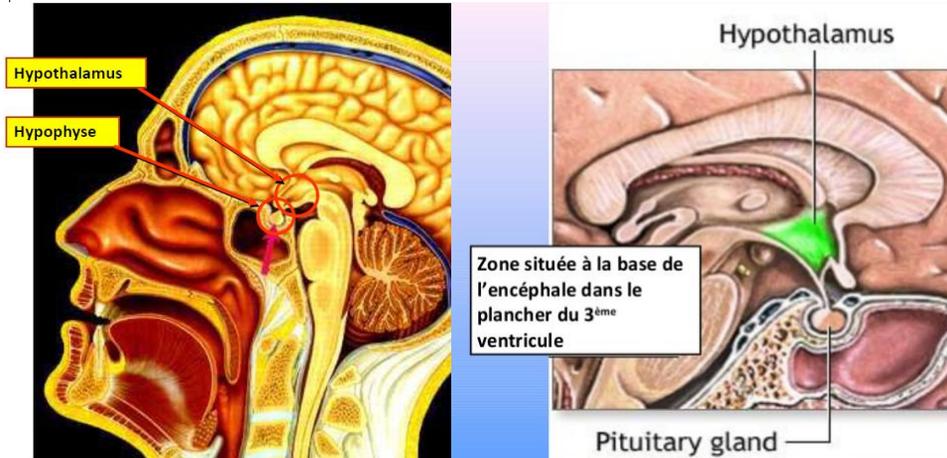
Le noyau supraoptique → ADH (vasopressine)

Le noyau paraventriculaire → Ocytocine

} Organes effecteurs

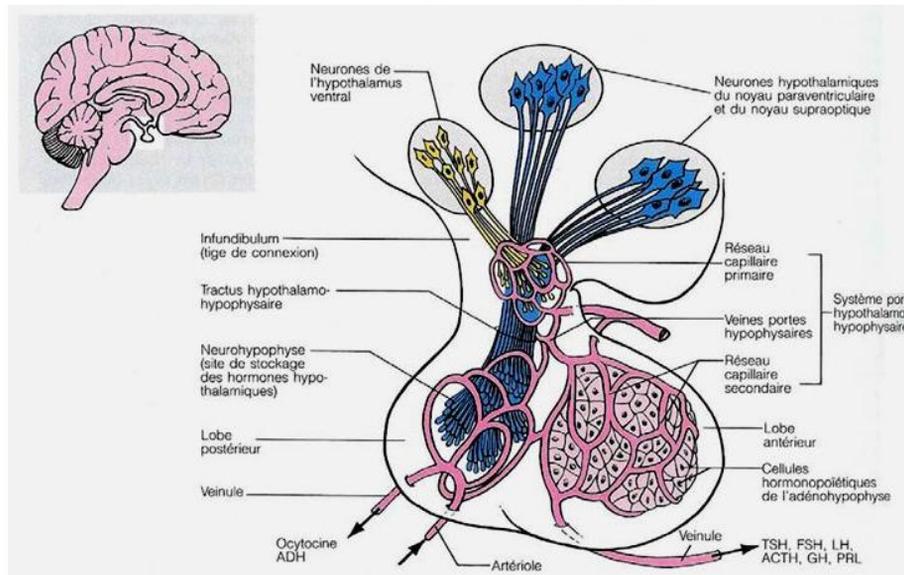
2. L'axe hypothalamo-hypophysaire

L'hypophyse et l'hypothalamus sont anatomiquement liés et représentent un seul organe fonctionnel: **le complexe hypothalamo-hypophysaire**



Des neurohormones sécrétées par l'hypothalamus assurent la liaison entre les 2 par **voie sanguine**

Anatomie de l'axe hypothalamo-hypophysaire

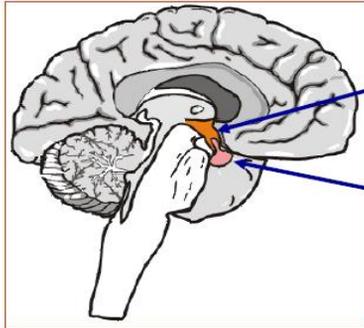


Système porte hypothalamo-hypophysaire est le réseaux capillaire qui permet la communication endocrine entre l'hypothalamus et l'antéhypophyse

2. L'hypophyse

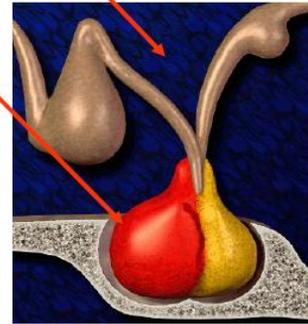
Appelée glande pituitaire a la taille d'un pois et située à la base du cerveau sous l'hypothalamus

Située à la base du cerveau,



Hypothalamus

Hypophyse

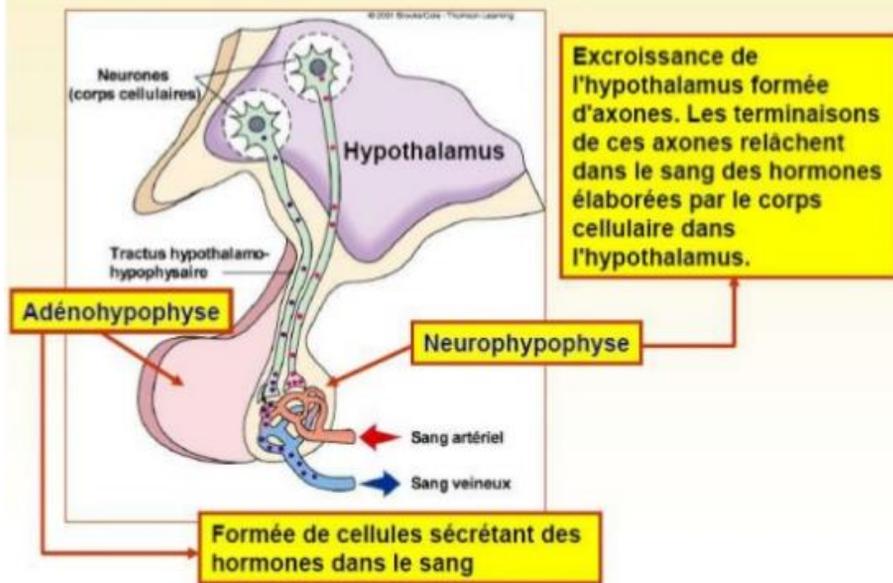


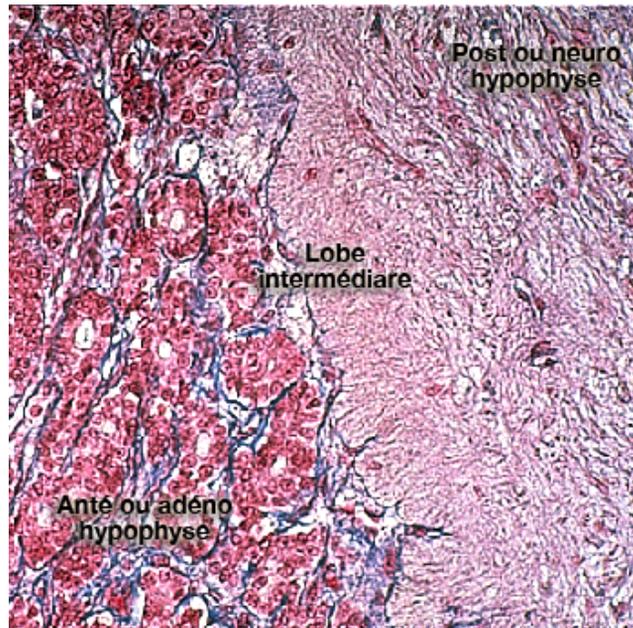
Hypophyse: 2 lobes

Antérieur: Adénohypophyse

Postérieur: Neurohypophyse

L'hypophyse : formée de deux parties

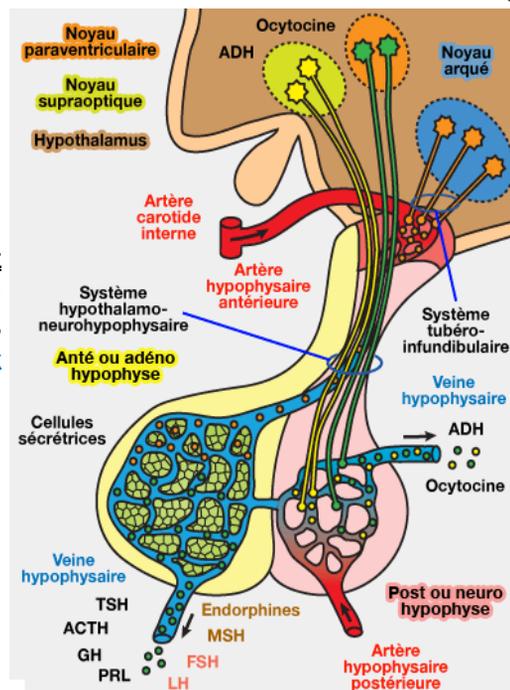




Constituée de deux parties distinctes anatomiquement, et fonctionnellement

Lobe postérieur ou **post hypophyse** : excroissance du tissu nerveux de l'hypothalamus = **Neurohypophyse**: tissu nerveux (neurohormones)

Lobe antérieur ou **hypophyse antérieure**, **adénohypophyse**, **anté-hypophyse**: **glande** (hormones)

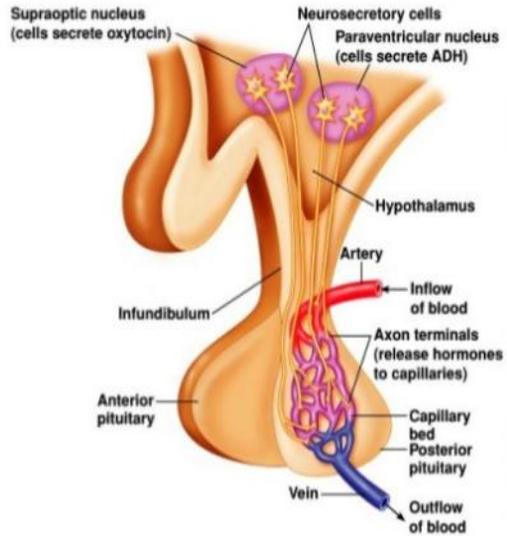


Posthypophyse

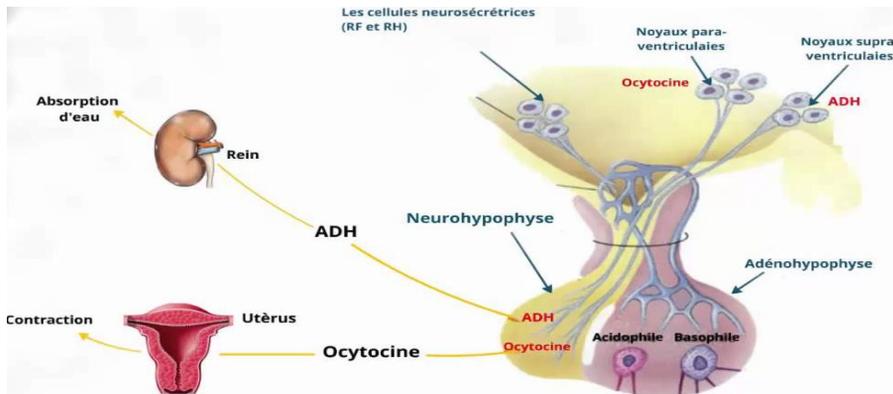
La Posthypophyse libère 2 neurohormones

1. L'hormone antidiurétique (ADH ou vasopressine)
2. L'ocytocine (OT)

- Hormones synthétisées par l'hypothalamus, véhiculées par les fibres nerveuses et stockées dans la **neurohypophyse**
- Libérées dans la circulation générale en fonction des besoins (vers organes cibles)

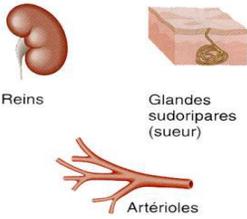


Hormones de la posthypophyse: Neurohormones



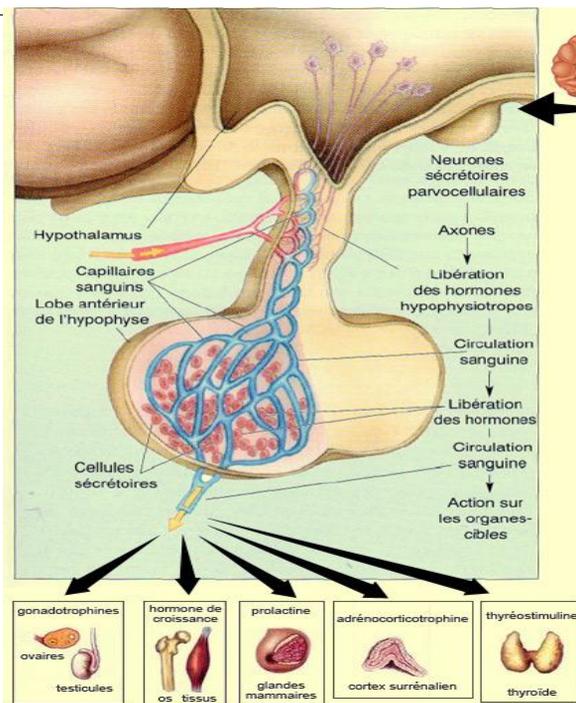
Glande	Hormone	Organes-cibles	Effets
NEUROHYPOPHYSE	Hormone antidiurétique (ADH)	Reins, vaisseaux sanguins, glandes sudoripares	Augmentation de la réabsorption de l'eau; vasoconstriction; réduction de la transpiration
	Ocytocine	Utérus, canaux des glandes mammaires	Contraction des muscles de l'utérus lors de l'accouchement; expulsion du lait lors de l'allaitement

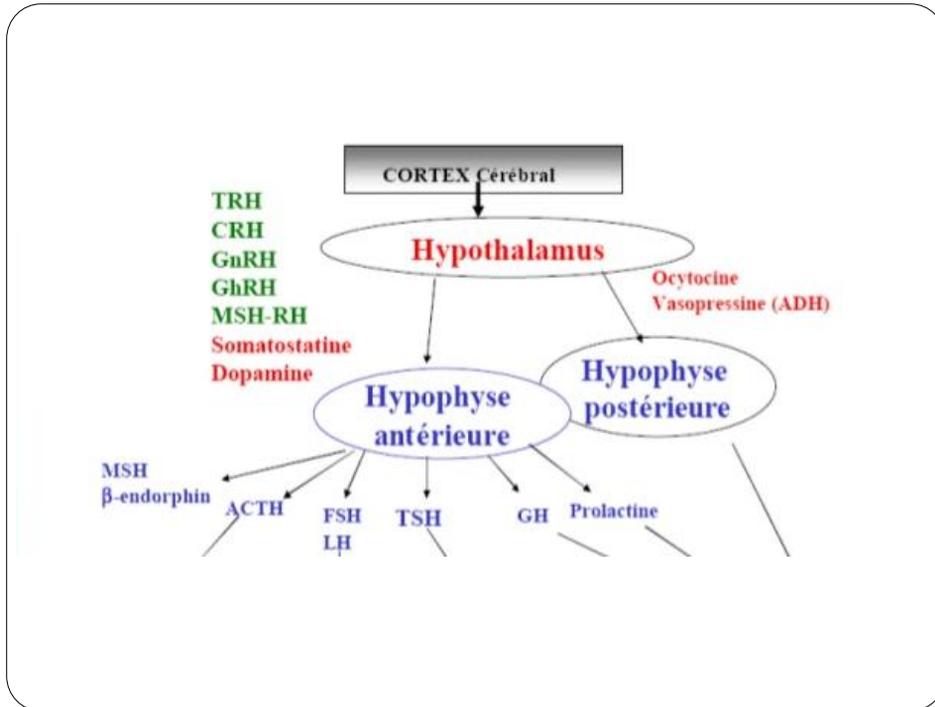
Hormones de la posthypophyse: Neurohormones

Hormones et tissus ciblés	Effets	Régulation de la sécrétion
<p style="text-align: center;">Ocytocine</p>  <p>glandes mammaires muscle lisse de l'utérus</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Stimulation de la contraction de l'utérus durant l'accouchement • Stimulation de la contraction des canaux des glandes mammaires causant l'éjection de lait 	<p>Sécrétion en réponse à une distension de l'utérus et à la stimulation des mamelons</p>
<p style="text-align: center;">ADH</p>  <p>Reins Glandes sudoripares (sueur) Artérioles</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la réabsorption de l'eau • Réduction de la transpiration • Élévation de la pression artérielle par vasoconstriction des artérioles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Élévation de la pression osmotique du plasma consécutive à une déshydratation, à une hypovolémie, à la douleur ou au stress • Inhibition lorsque la pression osmotique du sang est faible

Adénohypophyse

- Une véritable glande
- L'adénohypophyse libère 7 hormones
- L'adénohypophyse est contrôlée par des neurohormones de l'hypothalamus endocrine

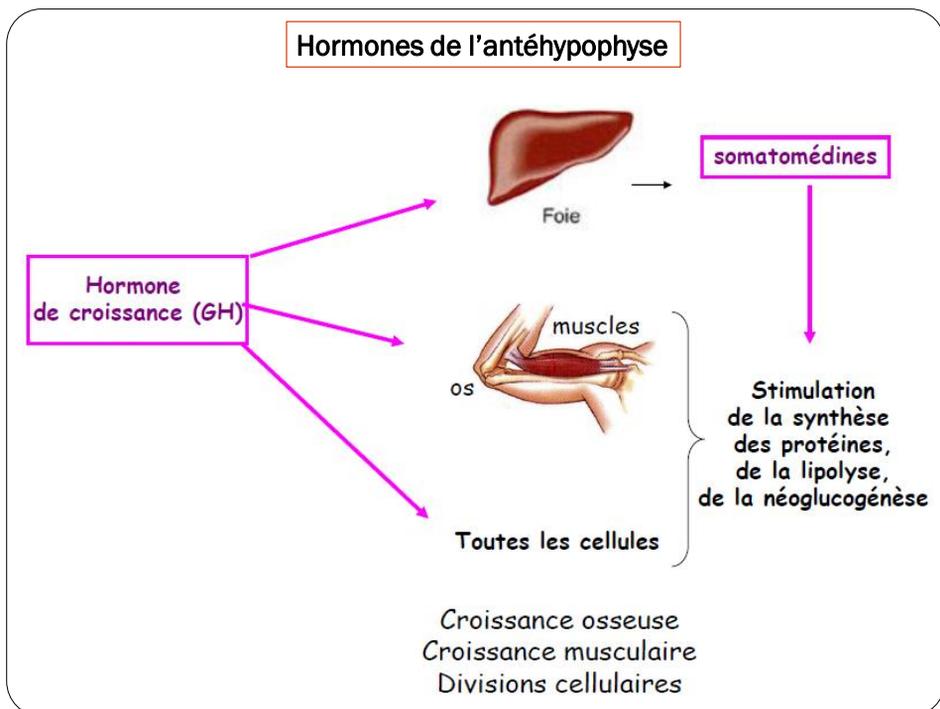


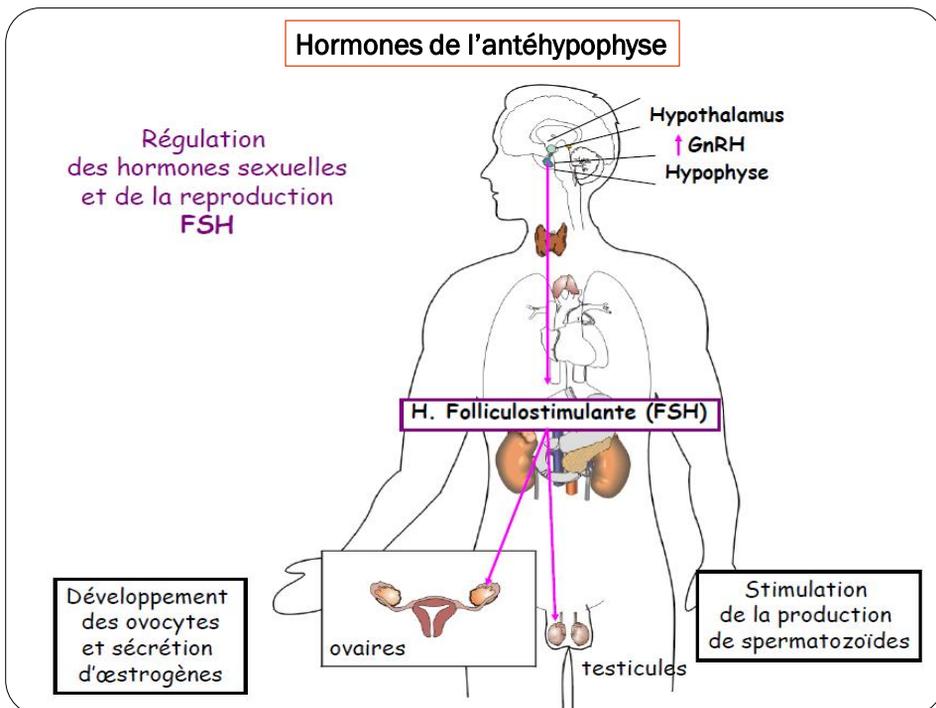
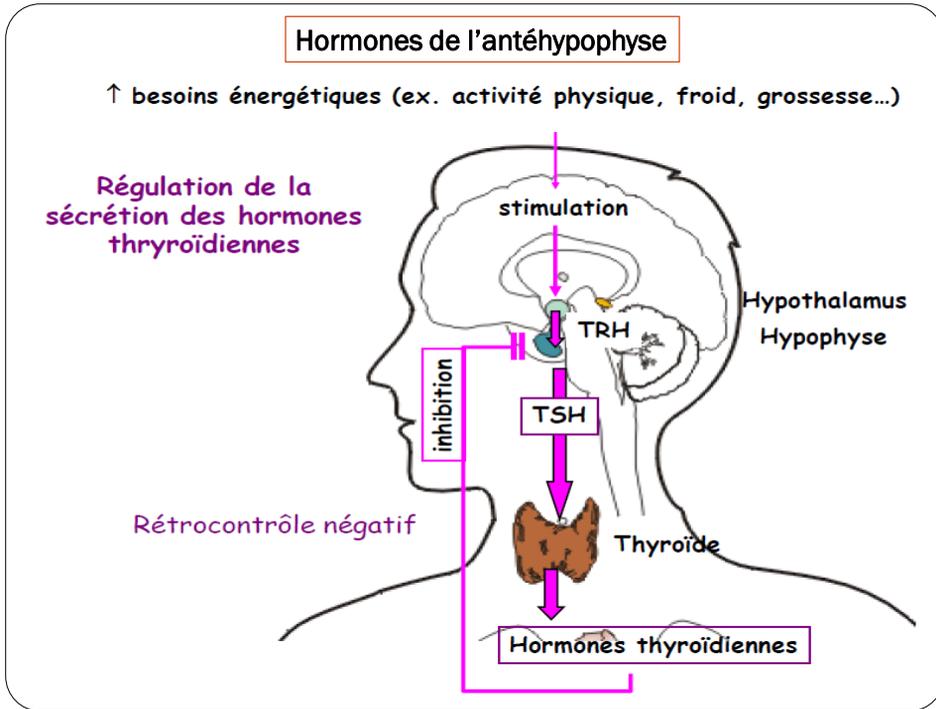


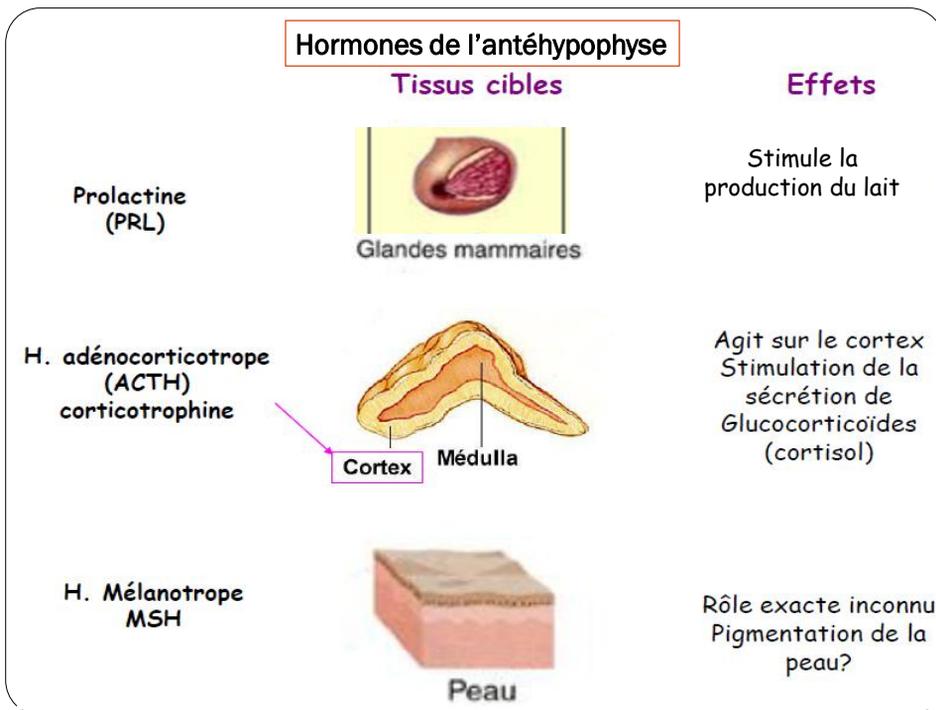
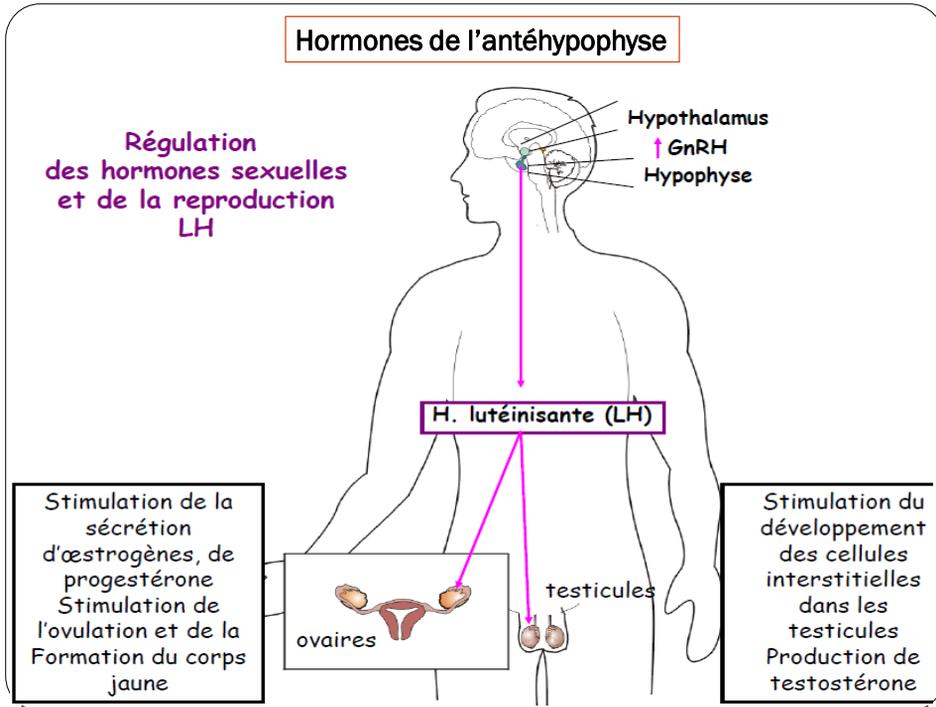
Les 7 Hormones de l'antéhypophyse et leur hormones de régulation hypothalamique

Hormones	Cellules sécrétrices	libérines	Inhibines
Hormone de croissance (GH)	somatotropes	Somatocrine (GHRH)	Somatostatine (GHIH)
Thyrotrophine ou Thyroestimuline (TSH)	thyrotropes	Thyréolibérine (TRH)	Somatostatine (GHIH)
H. Folliculostimulante (FSH)	gonadotropes	Gonadolibérine (GnRH)	
H. Lutéotrope (LH) ou lutéinisante	gonadotropes	Gonadolibérine (GnRH)	
Prolactine (PRL)	Lactotropes	H. de libération de la PRL (PRH, TRH)	PIH
H. adénocorticotrope (ACTH) corticotrophine	corticotropes	Corticolibérine (CRH)	
H. Mélanotrope MSH	corticotropes	CRH	dopamine

Hormones de l'antéhypophyse			
Glande	Hormone	Organes cibles	Effets
ADÉNOHYPOPHYSE	Hormone de croissance (GH)	Foie, muscles, os, cartilages, autres	Croissance; augmente la glycémie en épargnant le glucose
	Corticotrophine (ACTH)	Corticosurrénales	Stimule la sécrétion des glucocorticoïdes, des minéralocorticoïdes et des gonadocorticoïdes
	Thyréotrophine (TSH)	Thyroïde	Stimule la libération des hormones thyroïdiennes
	Pro lactine (PRL)	Glandes mammaires	Stimule la lactation
	Hormone lutéinisante (LH)	Ovaires, testicules	Stimule l'ovulation, la production ovarienne d'oestrogènes et de progestérone; stimule la production de testostérone
	Hormone folliculo-stimulante (FSH)	Ovaires, testicules	Stimule le développement du follicule ovarien et la production d'oestrogènes; stimule la spermatogénèse

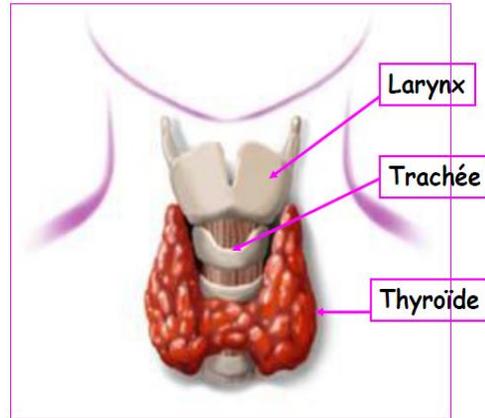




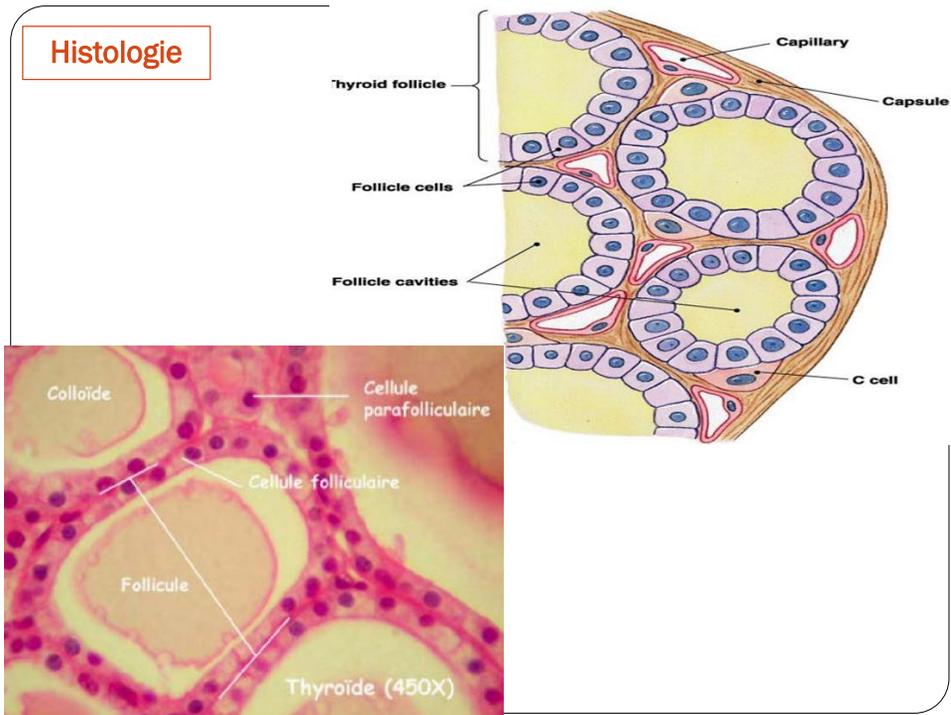


3. La thyroïde

- Glande située à la base du cou entre le larynx et la trachée.
- Forme de papillon
- Formée de deux lobes réunis par un pont transversal en avant de la trachée appelé : isthme
- Poids =15 à 20g
- Richement vascularisée
- Richement innervée



Histologie



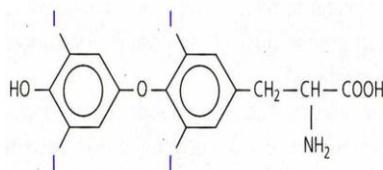
Comporte **deux** tissus endocrines distincts:

- L'un secrète les hormones thyroïdiennes (T3 – T4) : **99%** de la glande:
 - **Follicule** => formé d'épithélium simple de cellules folliculaires (thyrocytes) délimite une cavité = l'**espace folliculaire** contient la substance **colloïde** (lieu de stockage des hormones thyroïdiennes sous forme de thyroglobuline).
- Des cellules claires para-vésiculaires ; lieu de synthèse du calcitonine (hormone impliquée dans la régulation de la calcémie).

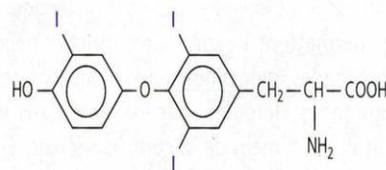
Hormones de la thyroïde

La thyroïde sécrète trois hormones :

- La **tri-iodothyronine (T3)** : Contenant **3** atomes d'iodes
- La **tétra-iodothyronine (T4) ou thyroxine** : Contenant **4** atomes d'iodes



tétra-iodothyronine ou T₄

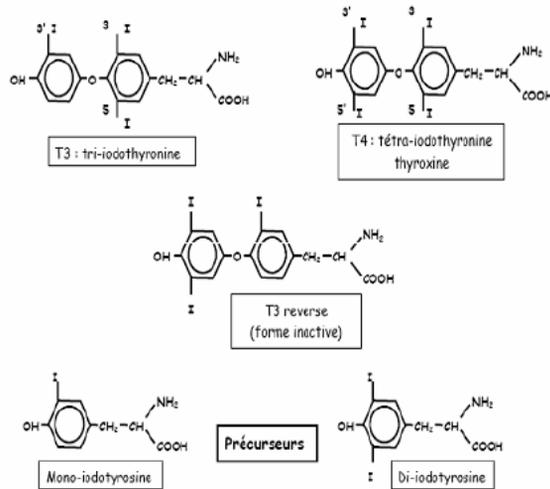


tri-iodothyronine ou T₃

- La **calcitonine**: Hormone peptidique synthétisée par les cellules parafolliculaires (ou cellules C)

● Structure HT

- la thyronine, formée
Par deux noyaux
aromatiques relié par
Un pont éther.



● HT se différencient
entre elles par le nombre
et la place variables des
Atomes d'iode.

Effets des hormones thyroïdiennes

Effets biologiques de T3 et T4

- Multiples sur tous les tissus de l'organisme
- Actions directes ou indirectes (potentialisation d'autres hormones)
- Indispensables à la croissance et au développement, en particulier pour le système nerveux central et pour l'os.
- Permettent la maturation et l'ossification du cartilage.
- Favorisent la sécrétion de GH

Effets des hormones thyroïdiennes

Effets métaboliques de T3 et T4

- Augmentation du métabolisme cellulaire, de la thermogénèse et de la consommation d'O₂

- Action hyperglycémiante

Augmentation de synthèse GLUT2, potentialisation de l'adrénaline, stimulation de la glycogénolyse, de la néoglucogenèse et de l'absorption intestinale de glucose

Avec en parallèle: une dégradation accrue de l'insuline

- Augmentation de la synthèse protéique (effet catabolisant à doses supra physiologiques)

- Augmentation de la lipolyse et effet hypocholestérolémiant

● Effets des HT sur la thermogénèse:

Hormones thyroïdiennes



Oxydation mitochondriale



↗ Consommation en O₂



↗ Métabolisme de base



Thermogénèse Obligatoire

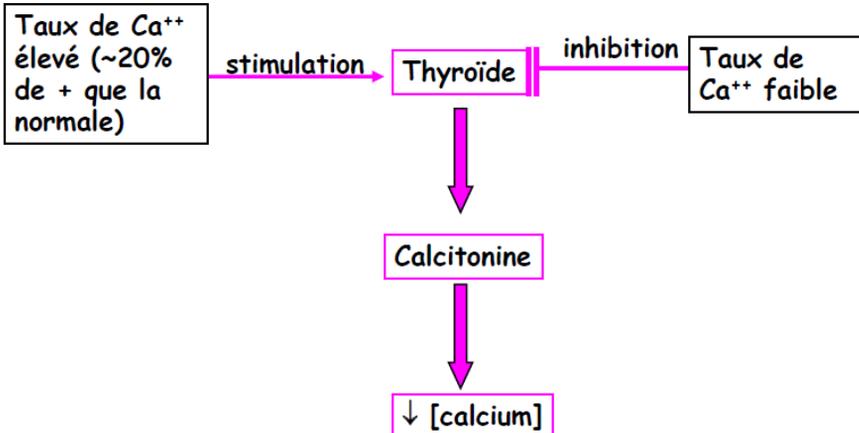
- Chaleur produite pour maintenir la chaleur corporelle

Effets des hormones thyroïdiennes

Effets tissulaires de T3 et T4

- **Croissance** : action directe sur l'ossification et potentialisation de la GH (augmentation du remodelage)
- **Système nerveux central** : maturation et connexions entre neurones
- **Cœur** : accélération du débit et du rythme cardiaque
- **Système digestif** : accélération du transit
- **Reins** : augmentation de la filtration glomérulaire et du débit sanguin rénal
- **Muscles** : augmentent la contraction
- Action trophique sur la peau et les phanères
- Stimule l'hématopoïèse

Effets de la calcitonine



Effet hypocalcémiant

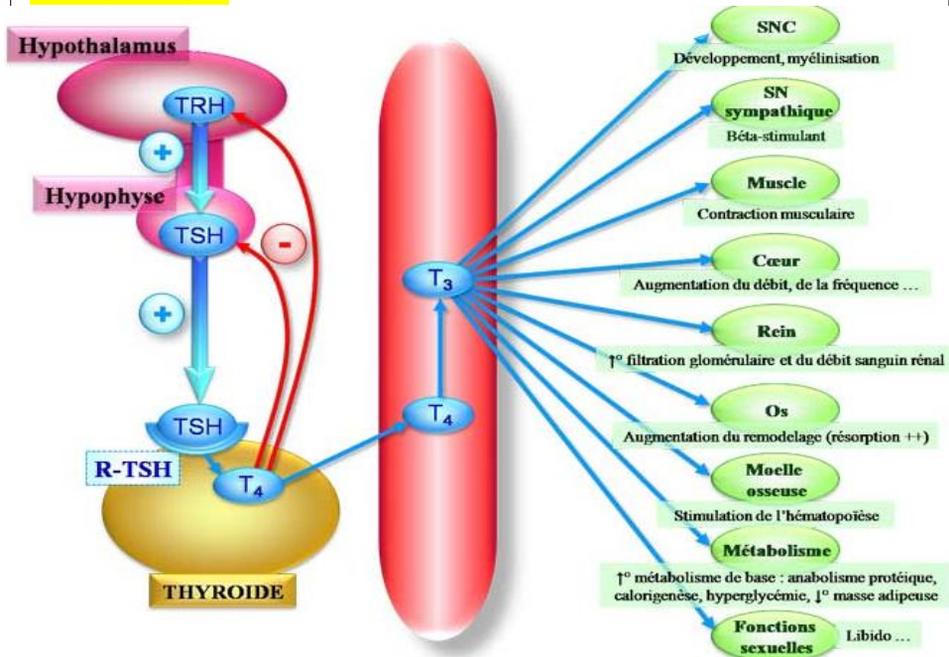
- Stimule la captation du calcium sanguin par l'os
- Inhibe la libération de calcium par les cellules osseuses

Effets de la TSH

Active toutes les étapes de synthèse des hormones thyroïdiennes:

- Captation de l'iode
- Synthèse de thyroglobuline
- Activation de la thyroperoxydase
- Endocytose de la thyroglobuline

Axe thyroïdote



L'autorégulation thyroïdienne

Correspond à des mécanismes transitoires permettant :

✓ **Le taux d'iode:**

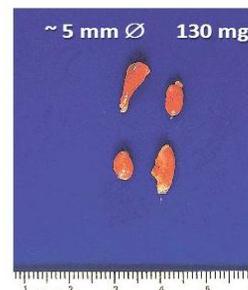
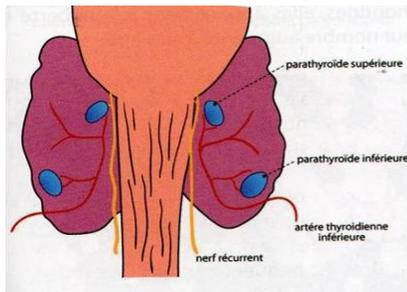
- Un blocage de l'iodation et de la sécrétion **en cas d'excès d'iode**
- Une **plus grande sensibilité** des **thyrocytes** à l'action de la TSH **en cas de carence en iode**
- La captation d'iode est d'autant plus forte et plus prolongée que la glande est pauvre en iode et inversement

✓ **L'état nutritionnel** conditionne le niveau de désiodation périphérique:

en cas de jeûne, de dénutrition ou d'hyper-catabolisme (la 5' désiodase est inhibée avec diminution des taux sanguins de T3 « active » et augmentation de ceux de T3 reverse)

4. La parathyroïde

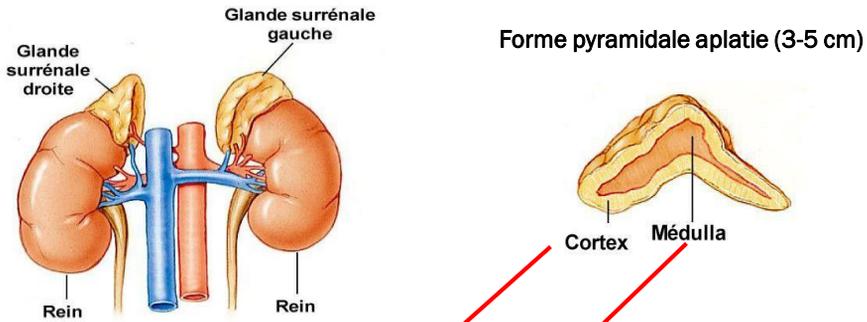
Petits amas de cellules situés sur la face postérieure de la thyroïde (généralement 4, peut atteindre 8) sécrètent la **parathormone** (PTH)



Effet hypercalcémiant (antagoniste de la calcitonine)

- Stimule la déminéralisation des os
- Stimule l'absorption intestinale du calcium
- Stimule la rétention de calcium par les reins

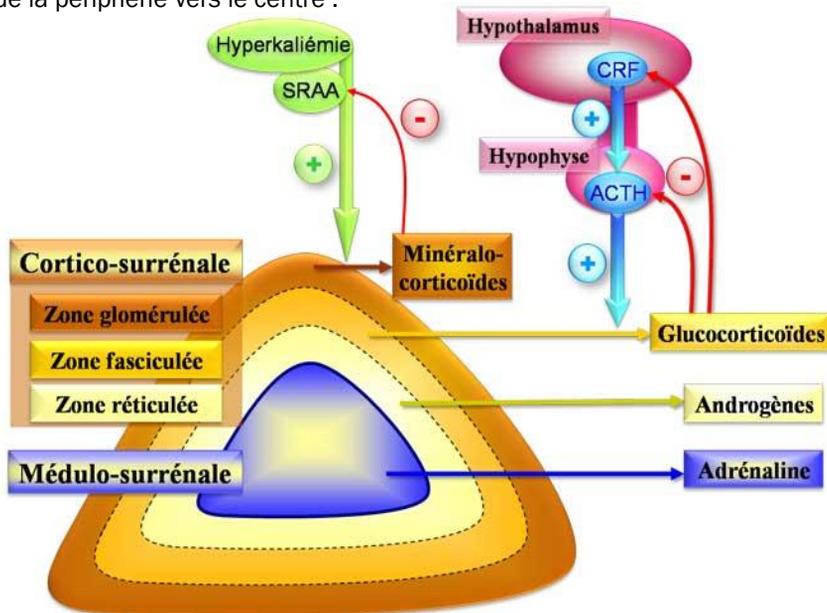
5. Les glandes surrénales



Le cortex de la surrénale (corticosurrénale) synthétise une trentaine d'hormones différentes appelées **corticostéroïdes**

La Médulla de la surrénale (médullosurrénale) sécrète **catécholamines** = adrénaline (~80%) et noradrénaline (~20%)

La **corticosurrénale** est divisée elle-même en **3 parties concentriques distinctes**, de la périphérie vers le centre :



I. La médullosurrénale

- Indépendante de l'hypophyse
- Sous contrôle du Système Nerveux Autonome (SNA)

- **Stimuli déclencheurs** : stress, hypotension artérielle, choc, hémorragie, effort musculaire, douleur, émotion, hypoglycémie

Les catécholamines sont des amines biogènes dérivées du noyau catéchol elles comprennent la dopamine, la noradrénaline (norépinéphrine) et l'adrénaline (épinéphrine)

- Élaborées également par les **extrémités synaptiques**

Effets

Activation/Augmentation	Inhibition/Diminution
<ul style="list-style-type: none"> - Débit cardiaque - Contractilité myocardique - Contractilité artérielle périphérique (vasoconstriction, prédominante à forte dose ⇒ HTA) - Broncho-dilatation - Glycémie - Lipolyse 	<ul style="list-style-type: none"> - Contractilité des coronaires et des artères des muscles squelettiques - Contractilité alvéolaire - Transit intestinal - Fermeture pupillaire (mydriase) - Contractilité vésicale

II. La corticosurrénale

1. Minéralocorticoïdes

- Le plus puissant est l'**Aldostérone**
- Intervient dans la régulation des concentrations des **sels minéraux sanguins** Sodium (ion⁺ le plus abondant dans le milieu extracellulaire) et Potassium
- Réduit l'excrétion rénale, sudorale, salivaire et digestive du sodium (ce qui entraîne une réduction de l'élimination de l'eau),
- Active au contraire l'élimination du potassium et régule l'équilibre acido-basique du sang.

La sécrétion de l'Aldostérone dépend de 4 mécanismes

- **Système Rénine-Angiotensine** stimulé par la pression artérielle (PA)
- Concentration plasmatique Na⁺/K⁺ (**augmentation** K⁺ et **diminution** Na⁺ => sécrétion Aldostérone, et inversement)
- Corticotrophine (ACTH), sécrétée lors d'un stress, elle augmente la sécrétion d'aldostérone
- **Facteur Natriurétique Auriculaire ou ANP**, sécrété par les oreillettes sous l'effet de l'augmentation de la PA, il inhibe la sécrétion de rénine et d'aldostérone, et **augmente** l'élimination de sodium urinaire, ce qui fait **diminuer** la PA

2. Glucocorticoïdes

- Les principaux glucocorticoïdes sont le **cortisol** (seul à être sécrété en quantité notable dans l'organisme), la **cortisone** et la **corticostérone**
- Ils influent sur le métabolisme cellulaire et contribuent à la résistance au stress:

- Augmentation de la protéolyse et de la lipolyse
- Augmentation de la glycémie par le biais de la néogluco-genèse
- Antiallergique, Anti-inflammatoires, Analgésique
- Augmente la sensibilité des fibres musculaires lisse aux agents hypertenseurs
- Inhibe l'activité ostéoblastique
- Diminution de la défense immunitaire

En excès, les glucocorticoïdes;

- Ralentissent le développement osseux
- Inhibent la réaction inflammatoire
- Freinent l'activité immunitaire
- Entraînent des dysfonctionnement cardiaques, digestifs et nerveux.

La régulation des glucocorticoïdes se fait par **rétro-inhibition**:

La **CRH** hypothalamique provoquant la sécrétion d'**ACTH**, qui déclenche elle-même la libération du **cortisol**. L'augmentation du cortisol inhibe en retour la sécrétion de CRH (axe corticotrope)

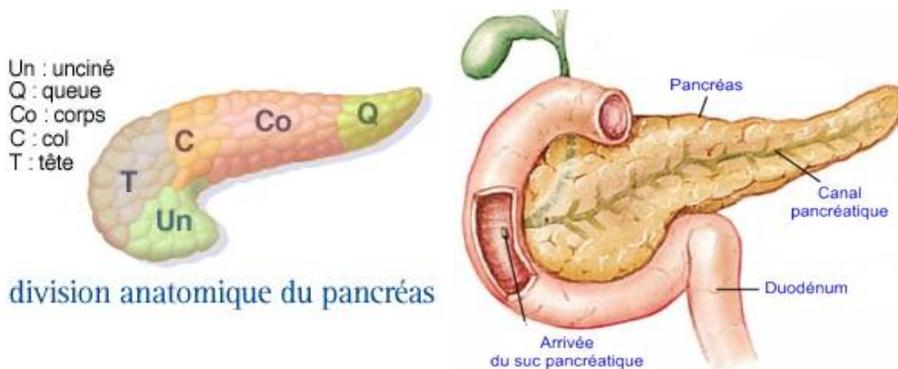
3. Gonadocorticoïdes

Les surrénales synthétisent et libèrent, avant la naissance et au moment de la puberté, des hormones sexuelles (**testostérone, œstrogènes et progestérone**). La quantité sécrétée est ensuite nettement moindre que la production gonadique, mais peut reprendre chez la femme après la ménopause

Une perte totale de sécrétions corticosurréaliennes conduit rapidement à la mort dans un délai de quelques jours à une semaine

6. Le pancréas

- Le pancréas est une glande abdominale, située à l'arrière de l'estomac annexée au tube digestif
- Le pancréas est constitué de trois parties: La tête, le corps et la queue
- Le pancréas comporte deux parties distinctes tant au niveau anatomique que fonctionnel : une partie exocrine et une partie endocrine

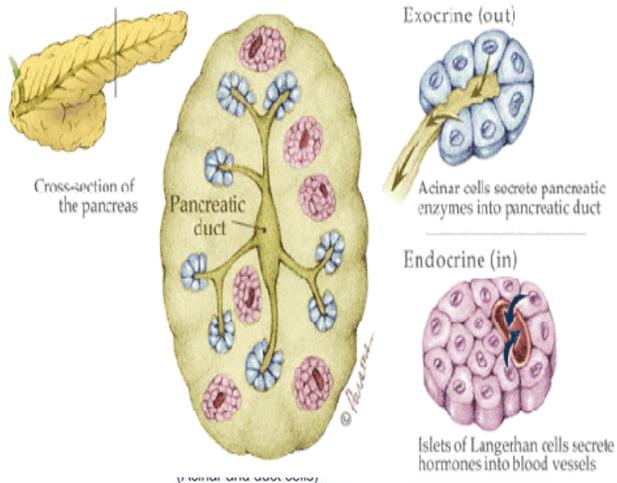


Partie exocrine

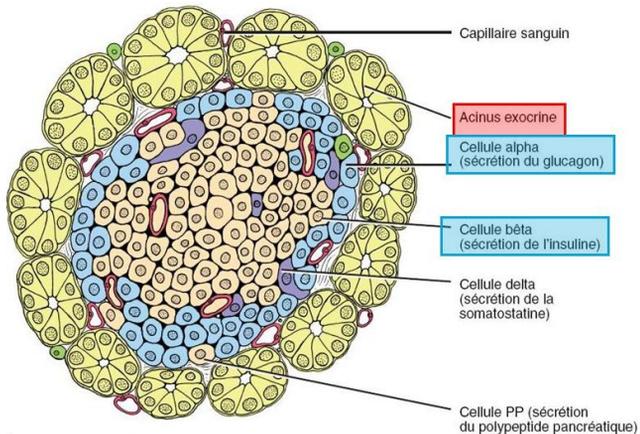
Cellules acineuses : production d'enzymes digestives (suc pancréatique) déversées dans le duodénum pour faciliter la digestion

Partie endocrine

Essentiellement dans la **queue** du pancréas, constituée d'îlots cellulaires appelés **îlots de Langerhans**, (formés de différents types de cellules) il sécrète 4 hormones



- ✓ **Les cellules β** : produisent l'insuline sont les plus nombreuses et sont localisées au centre de l'îlot
- ✓ **Les cellules α** : élaborent le glucagon et occupent une position périphérique
- ✓ **Les cellules δ** : produisent la somatostatine qui exerce un effet inhibiteur sur la sécrétion de l'insuline et du glucagon
- ✓ **Les cellules F ou PP** : synthétisent le polypeptide pancréatique



Physiologie du pancréas

- Le pancréas endocrine sécrète deux hormones peptidiques antagonistes impliquées dans le métabolisme du glucose:

Insuline: action hypoglycémiante

Glucagon: action hyperglycémiante

- Lorsque la glycémie augmente, il ya sécrétion d'insuline et inhibition de la sécrétion du glucagon
- Lorsque la glycémie diminue, il ya sécrétion du glucagon et inhibition de la sécrétion d'insuline

7. Les gonades

Sur le plan endocrinien, elles sécrètent, à partir de la puberté, des hormones sexuelles identiques aux hormones surrénaliennes.

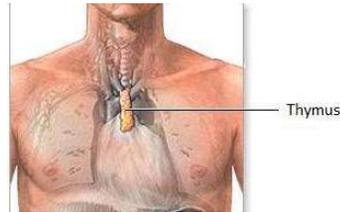
Les **œstrogènes et la testostérone** sont responsables de:

- La maturation des organes sexuels
- Développement des gamètes
- Développement corporel
- Pendant la grossesse, la **progestérone** est sécrétée surtout par le placenta.
- Les gonades sont régies par les gonadotrophines hypophysaires (LH et FSH)

8. Le thymus

C'est une glande bilobée située dans le thorax, en arrière du sternum. Elle varie de taille et d'activité selon l'âge, elle est plus volumineuse et plus active dans l'enfance, régressant ensuite progressivement.

Le thymus sécrète la **thymopoïétine** et la **thymosine** dont le rôle concerne l'immunité. Les lymphocytes immatures produits par la moelle osseuse, lors de leur passage dans le thymus, sous l'influence de ces hormones, se divisent rapidement et se transforment en Lymphocytes T.



9. La glande pinéale

Ou épiphyse, est une glande conique, située en arrière du 3^{ème} ventricule.

Elle sécrète, sur un rythme circadien et saisonnier, la **mélatonine** et réagit aux principaux neuro-médiateurs impliqués dans les phénomènes de la **thymie**

La mélatonine intervient sur:

- le comportement sexuel, en inhibant la libération de **LH-RH** chez l'enfant,
- les rythmes physiologiques de la température corporelle, du sommeil, de l'appétit

