ACCUEIL

Frédéric Elie on ResearchGate

# Les hormones

***Frédéric Élie***

Copyright France.com

***La reproduction des articles, images ou graphiques de ce site, pour usage collectif, y compris dans le cadre des études scolaires et supérieures, est INTERDITE. Seuls sont autorisés les extraits, pour exemple ou illustration, à la seule condition de mentionner clairement l'auteur et la référence de l'article.***

*« Si vous de dites rien à votre brouillon, votre brouillon ne vous dira rien ! »*
*Jacques Breuneval, mathématicien, professeur à l'université Aix-Marseille I, 1980*

*Abstract : Dans le règne animal comme dans le règne végétal, les hormones ont un rôle biochimique important : en effet, la régulation de la formation de certaines coenzymes est assurée par des hormones. Ainsi, l'action biochimique des hormones est liée à l'augmentation et à la diminution des activités catalytiques des enzymes. Les hormones agissent sur l'augmentation de la synthèse des enzymes, et ce, au niveau chromosomique : cas des hormones stéroïdes (œstradiol, aldostérone chez les Vertébrés). Les hormones agissent aussi sur l'activation des enzymes déjà formées, par une réaction impliquant l'adénosine monophosphate cyclique (AMPc) : cas des hormones protéiques et peptidiques. D'un autre côté, que ce soit pour leur synthèse et leur libération dans l'organisme, les hormones dépendent fortement de certains autres composés biochimiques. Par exemple, la synthèse des hormones nécessite des vitamines ; leur fourniture d'énergie dépend des glucides ; certaines hormones sont synthétisées par des acides aminés non protéinogènes, comme l'arginine qui contribue à la synthèse des hormones de croissance : certains précurseurs des hormones sont des composés lipidiques. Les macro-éléments (tels le calcium) interviennent dans la libération d'hormones ; par exemple, l'iode contribue à la libération des hormones thyroïdiennes qui interviennent dans de multiples réactions et homéostasies biochimiques de l'organisme. Etc. Le présent article ne prétend pas décrire toute la complexité des interventions des hormones, mais se limite à en donner quelques définitions.*

*SOMMAIRE*
*1 – Définition, classement, importance*
*2 – Modes d'action des hormones*
*Références*

## 1 – Définition, classement, importance

Les hormones sont des composés chimiques synthétisés dans des cellules spécifiques de l'organisme. Elles sont mises à disposition soit directement et immédiatement dans le sang, soit de manière différée après stockage. Elles ont des fonctions régulatrices et adaptatives des cellules et des enzymes. Les quantités d'hormones requises pour assurer ces fonctions de manière dynamiquement équilibrée sont comprises dans des plages de valeurs assez restreintes. Un dépassement ou une diminution des taux d'hormones en-dehors de ces plages entraîne une perturbation des processus de régulation et d'adaptation de l'organisme de manière souvent systémique.
Les hormones sont classés selon leurs compositions chimiques ou selon la localisation de leur formation dans l'organisme :

► Selon la ***composition chimique*** (dans le règne animal) :

● Hormones formées de protéines et de peptides (référence [1]), avec des acides aminés très spécifiques. Exemples : insuline, glucagon, hormones tissulaires (formées dans des tissus spécialisés, voir ci-dessous), hormones formées dans le système nerveux central (SNC) ou neuro-hormones.
● Hormones formées de dérivés d'acides aminés. Exemples : adrénaline, noradrénaline, thyroxine.
● Hormones formées de dérivés du noyau isoprène (point 8 de la référence [2]). Exemple : néoténine chez les Insectes.

● Hormones formées de stéroïdes (voir points 3 et 8 de réf. [2]). Exemples : hormones sexuelles, corticosurrénales chez les Vertébrés, hormones de mue chez les Invertébrés.

► Selon les ***structures de l'organisme*** où les hormones sont formées :

● Dans les glandes spécifiques, dans les cellules épithéliales, d'où les hormones sont transmises au sang pour être véhiculées : glandes endocrines. Exemples : pancréozymine (fig. 11 de réf. [3]).
● Dans le SNC, hormones (neuro-hormones) formées par des neurones peptidergiques (utilisant des peptides) (voir par exemple réf. [4]), et transmises au sang. Exemple : hormones post-hypophyse telles que hormone antidiurétique (ADH, ou vasopressine).
● Dans les cellules spécialisées autres que les tissus glandulaires : tissus endocrines. Exemples : hormones gastro-intestinales. La portée de leurs actions est locale (car pas de transport par le sang).

Les processus de régulation et d'adaptation assurés par les hormones ont un rôle très important dans les fonctions et besoins physiologiques suivants :

● développement et croissance du corps et des organes, régénération ;
● activités, mouvements du corps, gestion du repos ;
● systèmes d'alarmes, réponses aux stress, protection de l'organisme ;
● maintien d'une synergie équilibrée de l'ensemble de l'organisme face aux fonctionnements déficitaires ou bien excessifs de certains organes ;
● maintien des constantes physiologiques et des équilibres dynamiques biochimiques.

Chez les Vertébrés, la plupart des hormones ne sont pas spécifiques à une espèce : elles sont propres aux organes ou tissus et aux fonctions qu'elles y assurent, et sont transposables d'une espèce à l'autre dès lors qu'elles sont concernées par un même organe et une même fonction. Cette transversalité inter-espèces des hormones permet de traiter certains dysfonctionnements hormonaux chez l'humain à l'aide d'hormones provenant d'autres vertébrés ; par exemple, dans le cas du diabète, les hormones pancréatiques de bovidés, sous forme purifiée, sont employées dans le traitement. L'intérêt principal est de n'avoir pas besoin de recourir à des synthèses biochimiques.
Les hormones agissent sur les enzymes (réf. [3]) qui interviennent dans le fonctionnement catalytique des cellules cibles. Elles exercent aussi leur propre régulation, en tant qu'agents de régulation des fonctions de l'organisme citées ci-dessus.

**2 – Modes d'action des hormones**

Les hormones agissent sur les activités catalytiques des enzymes dans les cellules cibles, soit en les renforçant, soit en les diminuant, selon les conditions biochimiques des environnements où elles ont lieu. Les récepteurs des hormones, chez la cellule cible, peuvent être au niveau de la membrane (récepteurs membranaires), dans le cytoplasme (récepteurs cytoplasmiques), ou dans le noyau (récepteurs nucléaires). Il y a deux principaux modes d'actions :

● L'hormone permet à l'enzyme d'exercer sa fonction ou de l'améliorer, celle-ci étant bloquée ou gênée par d'autres composés dans la cellule cible, les inhibiteurs enzymatiques : c'est le mode d'action de l'hormone par ***induction enzymatique***. À noter que l'induction enzymatique n'est pas réalisée uniquement par les hormones, de nombreux médicaments ayant cette fonction. D'ailleurs l'inhibition et l'induction enzymatiques font partie des facteurs d'interactions médicamenteuses qui agissent sur l'efficacité ou la toxicité des médicaments (voir par ex. réf. [5]).
Exemple : figure 1, hormones stéroïdes agissant comme dérépresseurs pour la synthèse de protéines.

● L'hormone active des enzymes, par fixation réversible sur elles de molécules (les effecteurs) qui agissent sur leur activité, et leur permet de fabriquer des substances spécifiques dans la transmission et l'amplification de signaux chimiques utilisables par le cellule cible : c'est le mode d'action par ***modulation***, fixation réversible d'effecteurs sur une enzyme modifiant provisoirement son activité. À noter que si la modulation désactive l'enzyme, on a affaire à une inhibition allostérique (réf. [3]).
Exemple : figure 2, hormone peptidique activant une enzyme permettant la synthèse de l'AMPc (cf. réf. [3]).

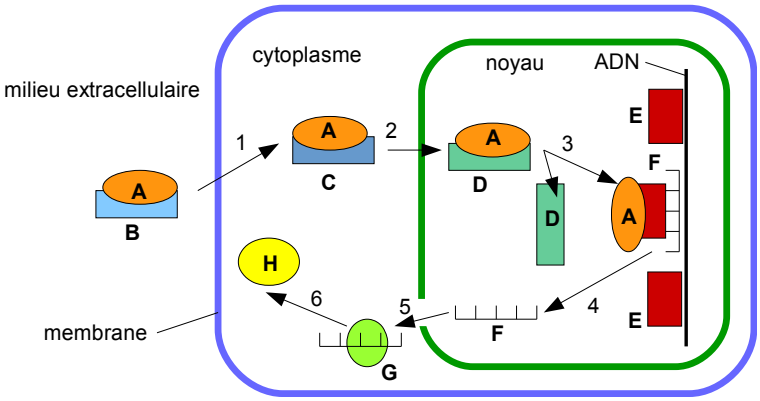
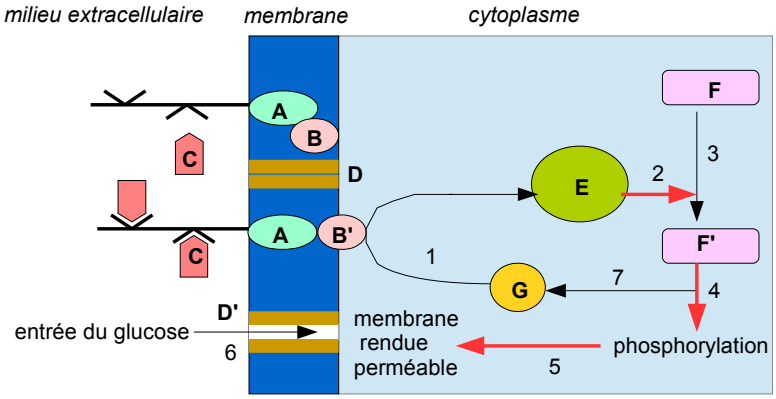



*figure 1 : schéma de principe de l'action des hormones stéroïdes contre l'action des répresseurs inhibant l'activité des enzymes ARN-polymérases (on dit que les hormones ont un rôle dérépresseur)*

1 - L'hormone stéroïde A est transportée par une protéine porteuse B (globuline porteuse), et traverse la membrane cellulaire.
2 - Dans le cytoplasme l'hormone se fixe au récepteur cytoplasmique C.
3 – Puis l'hormone pénètre dans le noyau, se fixe au récepteur nucléaire D. Le répresseur E inhibe la transcription, catalysée par l'enzyme ARN-polymérase, qui doit donner l'ARNm F. En se fixant sur le répresseur, l'hormone forme un complexe hormone-répresseur qui permet l'activité de l'enzyme.
4 – L'ARNm est alors disponible pour une traduction au niveau du ribosome G. L'hormone se sépare alors du répresseur.
5 – La traduction est réalisée au niveau du ribosome.
6 – Le processus aboutit à la protéine induite H, résultant de la traduction, dans le cytoplasme.




La cellule cible possède sur sa membrane des récepteurs spécifiques A sur lesquels les hormones C peuvent se fixer. Le récepteur est associé à une enzyme membranaire B qui est activée par l'hormone C lorsque celle-ci est fixée au récepteur. L'enzyme activée B' catalyse alors une série de réactions à l'intérieur de la cellule dont les effets sont spécifiques. Dans l'exemple de la figure, il s'agit de l'entrée du glucose devenue possible par l'augmentation de la perméabilité de la membrane au niveau des récepteurs : l'ouverture locale D' est déclenchée par ces réactions, et tant que les hormones ne sont pas fixées sur les récepteurs, l'entrée D est fermée.

1 - Ici, l'enzyme B est l'adénylcyclase ; lorsqu'elle est activée (B') par l'hormone C, elle catalyse la fabrication de l'AMPc (E) à partir de l'ATP (G).
2 et 3 – La concentration d'AMPc (E) augmentant, celui-ci permet à la protéine-kinase F d'être activée (F').
4 – La protéine-kinase activée F' produit la phosphorylation des protéines de la cellule cible.
5 et 6 – La perméabilité locale de la membrane est alors accrue, et permet l'entrée du glucose par l'ouverture D'.
7 – La protéine-kinase activée F' augmente la concentration d'ATP (G), ce qui a un effet amplificateur de l'enzyme B' dans la synthèse de l'AMPc.
Par ce mode d'action des hormones (appelées premiers messagers), les effets des enzymes spécifiques (appelées seconds messagers) sont amplifiés considérablement : la concentration d'AMPc augmente d'un facteur allant jusqu'à 100 par rapport à sa concentration initiale cellulaire (***théorie du « second messager »***). Cela fonctionne parce qu'il y a suffisamment de récepteurs spécifiques d'hormones sur la membrane cellulaire. Sans eux, la concentration extrêmement faible des hormones dans l'organisme (10-11 mol/L) ne permettrait pas l'amplification de leurs effets dans les cellules cibles. Celles-ci possèdent chacune en moyenne 10000 récepteurs spécifiques aux hormones, et elles ne sont pas la cible de toutes les hormones mais d'une partie d'entre elles, selon les propriétés de la cellule : par exemple, les cellules des tissus adipeux sont cibles de plusieurs types d'hormones comme l'adrénaline, l'insuline, glucagon, sécrétine, prostaglandine, ACTH, etc.

*figure 2 : activation des enzymes par des hormones peptidiques, permettant la fabrication de l'AMPc à partir de l'ATP, avec pour effet, par exemple, l'entrée du glucose dans la cellule à travers la membrane devenue ponctuellement perméable*

## Références


[1] Frédéric Élie : *Protéines et acides aminés* - site http://fred.elie.free.fr , décembre 2022
[2] Frédéric Élie : *Notions sur les lipides et les acides gras* - site http://fred.elie.free.fr , décembre 2022
[3] Frédéric Élie : *Notions sur les enzymes et coenzymes* - site http://fred.elie.free.fr, décembre 2022
[4] D. Le Bars, F. Adam : *Nocicepteurs et médiateurs dans la douleur aiguë inflammatoire*. Ann. Fr. Anesth. Réanim. 2002 ; 21 : 315-35. Site Researchgate.
[5] Sylvain Goutelle : *Influence des interactions sur l'efficacité et la toxicité des médicaments*. UV Pharmacologie-Toxicologie. DES Internat, mars 2018, ISPB Lyon 1. site https://ispb.univ-lyon1.fr