

TD info – le système renal

Introduction

Dans cette séance, vous allez travailler en **binôme** et faire une **recherche sur internet** pour répondre à la question :

« **Quelle physique est en jeu dans le fonctionnement du système rénal ?** »

Le but de cette recherche est :

- d'identifier le ou les **domaines de la physique** vers lesquels il faut se tourner pour comprendre ce fonctionnement ;
- d'identifier des **lois physiques impliquées** et comprendre dans quels mécanismes elles interviennent ;
- de se faire une idée des **problèmes** qu'on peut aborder avec ces outils : comment les **formuler**, comment les résoudre, quelles sont les **variables physiques** qu'il faut connaître, quels sont leurs **ordres de grandeur**.

En plus des notes du cours que vous venez d'avoir sur le système cardio-vasculaire, vous avez **deux « documents pour démarrer » (à la suite)**, qui peut vous donner des mots clés et des idées :

« *Les poissons boivent-ils ?* » *La gazette de Monaco*, 29 novembre 2013.

Deux figures sur le fonctionnement du néphron tirées de *Campbell, Biology* (2011)

(un document complémentaire, plus conséquent, est disponible sur le site de l'UE, <http://www.lptmc.jussieu.fr/user/barbi/ENSEIGNEMENT/BIOPHYS/GF/GrandesFonctions.html>)

Déroulement de la séance :

1. **Pendant 3/4 d'heure**, vous lisez le document joint et vos notes de cours, identifiez des mots clés puis vous cherchez librement sur internet des pistes, des lois, des principes.
2. **Au bout de 3/4 d'heure, on fait le point** : une petite discussion où chacun dira ce qu'il a trouvé et nous verrons ensemble quelles pistes poursuivre, en partageant éventuellement le travail entre binômes.
3. **Pendant l'heure suivante**, chaque binôme cherche d'**approfondir** la piste qu'il a choisie, en essayant alors d'être **quantitatif** : ce principe physique est-il vraiment pertinent ? Si oui, son effet doit être non négligeable. Peut-on le prouver par le calcul ?
4. **Au bout des deux heures**, vous rendez **un compte rendu par binôme** avec vos conclusions. N'oubliez pas de mettre toutes vos **références** (éventuellement dans une fiche jointe : utilisez un **éditeur de texte** pour pouvoir faire des copier-coller de textes, images ou liens web).

Le but de l'activité

Vous ne pourrez sans doute pas répondre à toutes ces questions ni à toutes les questions possibles liées au système physiologique étudié, mais vous pourrez :

- **vous familiariser avec ce type de questions**, apprendre à rechercher par vous même comment comprendre les mécanismes sous-jacents un système biologique donné ;
- commencer à **étudier les aspects qu'on développera ensuite** en cours-TD et en TP ;
- identifier d'autres aspects du problème que vous pourrez choisir comme **sujets pour vos projets**.

CHRONIQUE DU CSM

Les poissons boivent-ils ?

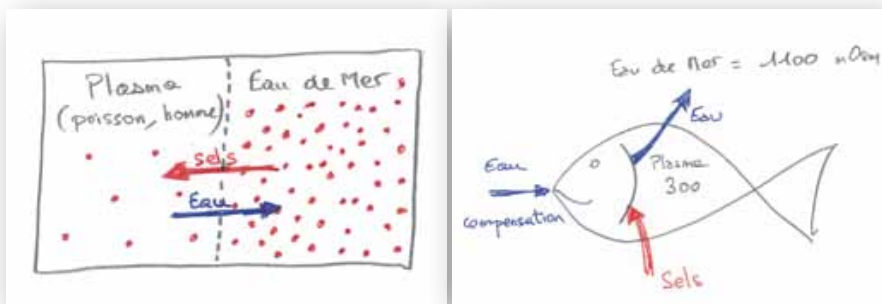
Les poissons et les animaux désertiques partagent le même problème : de façon inattendue, ils « meurent » de soif dans leurs milieux respectifs. Si cela semble évident dans le désert, c'est plus surprenant en mer, où l'eau est omniprésente. Alors comment peut-on mourir de soif en pleine mer ?

La caractéristique principale de l'eau de mer par rapport à l'eau douce est d'être salée : un litre d'eau de mer contient entre 30g de sel en Atlantique Nord à 40g en mer Rouge. Devant la principauté, la mer

trations. Les cellules vont ainsi se charger en sel tout en se déshydratant, elles se déforment, provoquant de sérieux dommages, voire la mort des cellules.

Dans un deuxième temps, l'eau de notre corps va être attirée pour les

activement l'excès en sel par leurs branchies. Néanmoins comme nous, ils perdent en permanence leur eau corporelle qui diffuse vers la mer à travers les branchies. Ils doivent donc boire sans arrêt de grandes quantités d'eau de mer.



Méditerranée en contient 38g. Ces différences tiennent compte des courants, de l'apport d'eau douce et surtout de l'évaporation, plus importante en Méditerranée qu'en Atlantique Nord. L'évaporation, non compensée par l'apport d'eau douce, atteint des records dans les mers fermées, comme la mer Morte (plus de 300g de sel par litre).

Regardons maintenant la salinité du sang (plasma) humain : elle est d'environ 9g/l, soit un peu moins du tiers de celle de l'eau de mer. Que se passe-t-il si nous buvons de l'eau de mer ?

L'eau de mer chez l'homme...

Dans notre tube digestif, plusieurs événements vont se produire. Tout d'abord, les cellules de notre tube digestif vont se trouver en contact avec l'eau de mer. Or, comme la salinité de ces deux milieux (on parle en fait d'osmolarité) est différente, l'eau de mer, plus salée que nos cellules, va attirer l'eau de nos cellules, par un mécanisme comparable au sel de notre salière qui attire l'humidité de l'air. De la même façon, le sel pénètre alors dans les cellules afin d'équilibrer les concen-

*“Water,
water,
everywhere,
Nor
any drop
to drink.”*

La Complainte
du vieux marin,
Samuel Taylor
Coleridge (1799)

mêmes raisons vers le tube digestif riche en eau de mer et donc en sel, provoquant de fortes diarrhées et des pertes d'eau. Simultanément, les sels vont envahir la totalité de notre système sanguin créant de fortes perturbations physiologiques. Malheureusement, nos reins, qui normalement éliminent l'excès de sel, ne sont pas capables de lutter contre un tel excès. Il faudra encore plus d'eau pour éliminer les sels, accélérant la déshydratation de notre corps et la baisse de la pression artérielle, on est ainsi déshydraté en pleine mer ! Les expériences de naufragé solitaire menées en 1952 par le Dr Alain Bombard au départ de Monaco sur un dinghy baptisé « l'Hérétique » ont montré qu'il n'était possible de survivre en buvant de l'eau de mer qu'à condition de compenser avec de l'eau douce : environ 350ml d'eau douce pour un litre d'eau de mer.

... chez le poisson...

Mais alors comment font les poissons pour boire l'eau de mer sans problème ? En fait, leur milieu intérieur a une salinité proche de celle des mammifères, mais contrairement à ces derniers, ils éliminent

... et chez le goéland

Chez d'autres organismes marins, comme le goéland ou les tortues de mer, l'excès en sel est éliminé par des glandes spéciales, appelées « glandes à sel » situées à proximité de l'œil ou des fosses nasales, laissant quelquefois croire que ces animaux pleurent. Ces organes spécialisés, branchies, glandes à sel, possèdent des

systèmes complexes d'excrétion de sel dont l'étude, au début des années 1970 a permis d'élaborer les bases des mécanismes de l'hypertension, pathologie qui met en jeu justement un défaut de l'excrétion en sel.

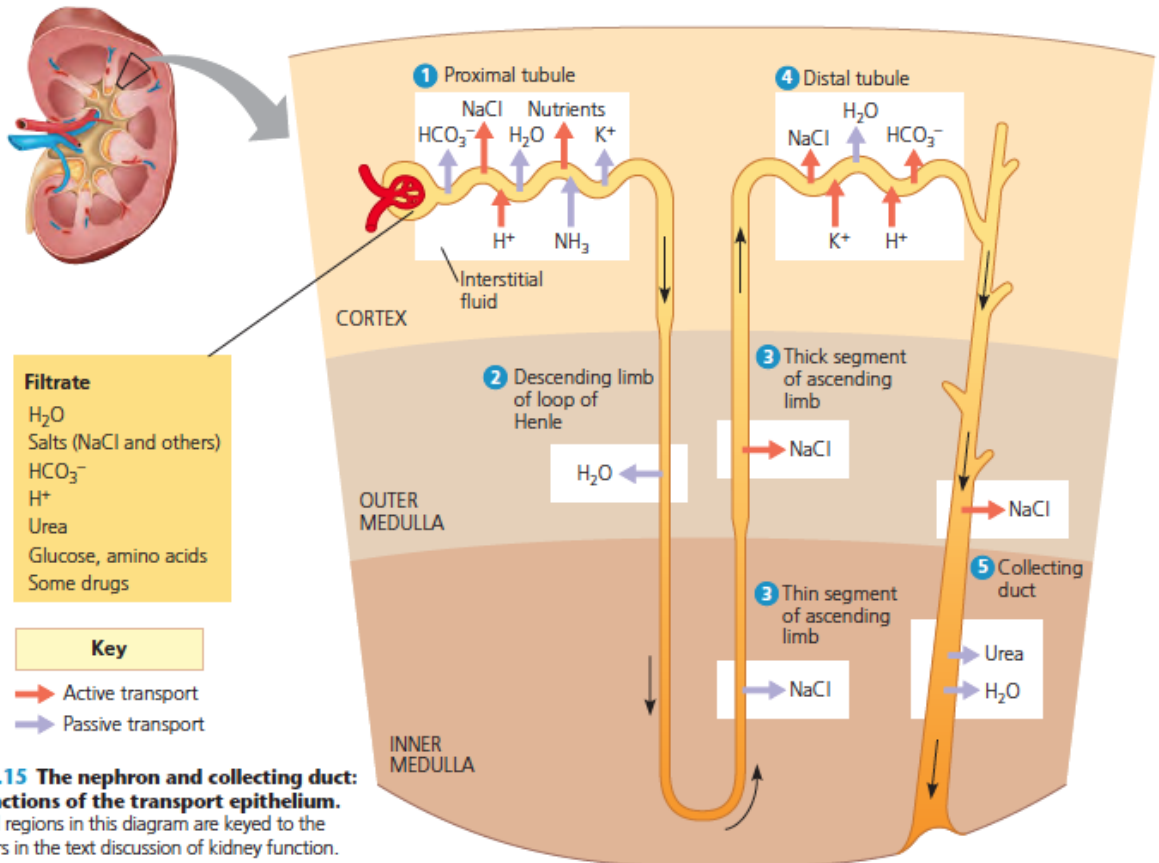
Survivre sans eau

Mais au fait, comment font les animaux désertiques pour survivre sans eau ? Ces animaux, comme la gerbille ou le rat-kangourou, deux petits mammifères vivant dans les déserts, sont capables grâce à des mécanismes similaires à ceux mis en jeu dans les branchies de poissons, de réabsorber l'eau au niveau de leurs reins et de fabriquer une urine six fois plus concentrée en sel que l'urine humaine. Ils peuvent vivre quasiment sans jamais boire, en ingérant simplement des graines contenant moins de 6% d'eau ! Ils luttent ainsi contre la déshydratation en économisant l'eau et en la recyclant, belle leçon pour l'homme, très dépensier en eau...

● Professeur Denis ALLEMAND

Directeur scientifique du Centre Scientifique de Monaco

Retrouvez la Chronique du CSM et d'autres informations sur www.centrescientifique.mc



▲ **Figure 44.15 The nephron and collecting duct: regional functions of the transport epithelium.**

The numbered regions in this diagram are keyed to the circled numbers in the text discussion of kidney function.

? Some cells lining tubules in the kidney synthesize organic solutes to maintain normal cell volume. Where in the kidney would you find these cells? Explain.

► **Figure 44.16 How the human kidney concentrates urine: the two-solute model.**

Two solutes contribute to the osmolarity of the interstitial fluid: NaCl (used as shorthand here to refer collectively to Na⁺ and Cl⁻) and urea. The loop of Henle maintains the interstitial gradient of NaCl, which increases continuously in concentration from the cortex to the inner medulla. Urea diffuses into the interstitial fluid of the medulla from the collecting duct (most of the urea in the filtrate remains in the collecting duct and is excreted). The filtrate makes three trips between the cortex and medulla: first down, then up, and then down again in the collecting duct. As the filtrate flows in the collecting duct past interstitial fluid of increasing osmolarity, more water moves out of the duct by osmosis. The loss of water concentrates the solutes, including urea, that will be excreted in the urine.

WHAT IF? The drug furosemide blocks the cotransporters for Na⁺ and Cl⁻ in the ascending limb of the loop of Henle. What effect would you expect this drug to have on urine volume?

