



# **ELECTROLYTES ET IONOGRAMME**

Pr Claude Bendavid  
UE appareil urinaire  
Année 2015-2016

# ELECTROLYTES ET IONOGRAMME

## Les objectifs <sup>(1)</sup>

### 1. Définir les électrolytes

### 2. Interpréter les unités :

- de concentration : unités pondérales, unités SI
- de charge électrique

### 3. Comprendre les notions :

- de dissociation électrolytique
- d'équilibre ionique
- de compartiments hydriques de l'organisme
  - Liquide extracellulaire (LE) : plasma sanguin, liquide interstitiel
  - Liquide intracellulaire (LI)
  - Échanges entre les compartiments
    - Pression osmotique (osmolarité, osmolalité)
    - Pression oncotique des protéines

# Les objectifs (2)

4. Connaître la composition normale en électrolytes des principaux compartiments hydriques de l'organisme
5. Savoir prescrire un ionogramme sanguin
6. Connaître, pour les principaux éléments du ionogramme :
  - Les méthodes de dosage
  - Les valeurs de référence
  - Les principales perturbations

# I. Les électrolytes

## A. Définition :

- Composés chimiques qui, dissous dans un solvant tel que l'eau, ont la propriété de se dissocier en ions de charges électriques opposées
- Tous les solutés physiologiques ne sont pas capables de dissociation : ex. glucose, urée, ...
- On trouve donc en solution, des molécules ionisées et des molécules non ionisées.

## B. Terminologie : Solution = Soluté + Solvant

## C. Leur dissociation donne naissance à des groupements

- simples :  $\text{ClNa} \quad \blacklozenge \quad \text{Cl}^- \quad + \quad \text{Na}^+$
- complexes :  $\text{PO}_4\text{HNa}_2 \quad \blacklozenge \quad \text{PO}_4\text{H}^{2-} \quad + \quad 2 \text{Na}^+$

## D. Il y a 2 types d'électrolytes :

### 1. Les électrolytes forts

- se dissocient, et sont donc ionisés.
- ce sont les acides forts (HCl), les bases fortes (NaOH), et leurs sels (le chlorure de sodium :  $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ )

### 2. Les électrolytes faibles

- ne se dissocient que partiellement
  - ex. : la plupart des acides organiques (acide acétique, acide aspartique, ...)
- a) Dans ce cas, la même molécule coexiste à la fois sous forme dissociée (ions) et sous forme non dissociée
- b) ♦ le rapport du Nb de mol dissociées/Nb total de mol est appelé coefficient de dissociation  $\alpha$  du soluté
- ♦  $(1 - \alpha)$  est la fraction de molécules non dissociées

## E. Les ions sont de 2 types : anions et cations

### 1. Ils migrent différemment dans un champ électrique :

a) **les cations** chargés positivement migrent vers la cathode :

Ex.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  ou  $\text{Mg}^{++}$

a) **les anions** chargés négativement migrent vers l'anode :

Ex:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3\text{H}^-$  , protéines

### 2. Dans tous les liquides physiologiques, la neutralité électrique doit être maintenue :

le nombre total de charges portées par les cations doit donc être **équilibré** par un nombre égal de charges portées par les anions

# II. Expression des résultats

## A. Les unités de concentration :

### 1. Le système international d'unités (SI)

**Système légal en France depuis 1961. Il est appliqué à la biologie française depuis 1978**

- a) Dans le SI, l'unité de matière s'exprime en mol  
( $1\text{mol} = 6,022 \times 10^{23}\text{unités}$ )  
(sous-multiples : mmol,  $\mu\text{mol}$ , nmol, pmol, ...)
- b) Les unités molaires correspondent au nombre de moles par litre (mol/l)
  - Ex : une solution 3M signifie une solution à 3 mol/l
- c) Ce choix se justifie par le fait que dans les processus biologiques, les réactions biochimiques se déroulent entre entités moléculaires
- d) Ex. du chlorure de sodium ClNa
  - 1 molécule-gramme (ou mole) = 58,5 g  
(Na : 23 + Cl : 35,5)
  - Une solution molaire de ClNa (1 mole/l ou 1 M) = 58,5 g/l

# II. Expression des résultats

## A. Les unités de concentration :

### 2. Les unités pondérales (g/l) sont donc aujourd'hui obsolètes

- Exception : quand la masse moléculaire  $M$  d'une substance n'est pas connue précisément (protéines totales ou protéine spécifique).

Dans ce cas, la concentration s'exprime encore en g/l (mg/l,  $\mu\text{g/l}$ )



## **B. Les unités de charges électriques :**

### **1. S'expriment en « équivalents » (Eq)**

ou en milliéquivalents (mEq)

### **2. Mesurent l'activité chimique d'un électrolyte donné** qui, elle-même, est fonction de la valence des ions

#### **a) Lorsqu'il s'agit d'un électrolyte monovalent : $\text{Na}^+$**

- L'activité en mEq est égale au nombre de mmol
- On dira ainsi que dans le plasma la concentration normale en sodium (natrémie) est de 142 mmol/l ou de 142 mEq/l

#### **b) Lorsqu'il s'agit d'un électrolyte bivalent : $\text{Ca}^{++}$**

- L'activité en mEq est égale au Nb de mmol x 2
- On dira ainsi que dans le plasma la concentration normale en calcium (calcémie) est de 2,50 mmol/l ou de 5 mEq/l

### III. Les compartiments hydriques de l'organisme

#### A. Le métabolisme des électrolytes est intimement lié à celui de l'eau

Les mouvements de l'eau entre chaque compartiment sont liés principalement aux mouvements des électrolytes

1. **L'eau est le solvant** dans lequel les électrolytes sont dissous

2. **L'eau totale** = 60% du poids corporel (50-70)

a) **Variations physiologiques avec :**

- i. les tissus : teneur + élevée dans tissus mous 70%;  
+ faible dans tissus durs (os, cartilage)
- ii. le % de masse maigre ou de masse grasse  
- 75% d'eau dans le muscle (athlète : 72%)  
- 10% d'eau dans le tissu adipeux (obèse : 40%)
- iii. le sexe : H 60%, F 50%
- iv. l'âge : nourrisson 75%, vieillard <50%

b) **En pathologie,**

- toute variation rapide du poids corporel doit faire suspecter une rétention ou une perte d'eau

## **B. L'organisme comprend deux grands secteurs hydriques**

### **1. Le secteur (liquide) extra-cellulaire (LEC) :**

**a) 20% du poids corporel (« milieu intérieur »)**

**b) Il est subdivisé en 2 parties :**

Riches en Na et Cl, pauvres en K et Phosphates

i. Le plasma sanguin (secteur vasculaire)

- l'eau plasmaticque représente environ 5% du poids corporel
- les solutés existent sous forme dissociée (électrolytes) et non dissociée (glucose, urée, ...)

ii. Les liquides interstitiels et la lymphe

- représentent 15% du poids corporel
- leur composition est celle d'un ultra-filtrat de plasma sanguin (pauvre en protéines)

### **2. Le secteur (liquide) intra-cellulaire (LIC) :**

**a) 40 à 50% du poids corporel**

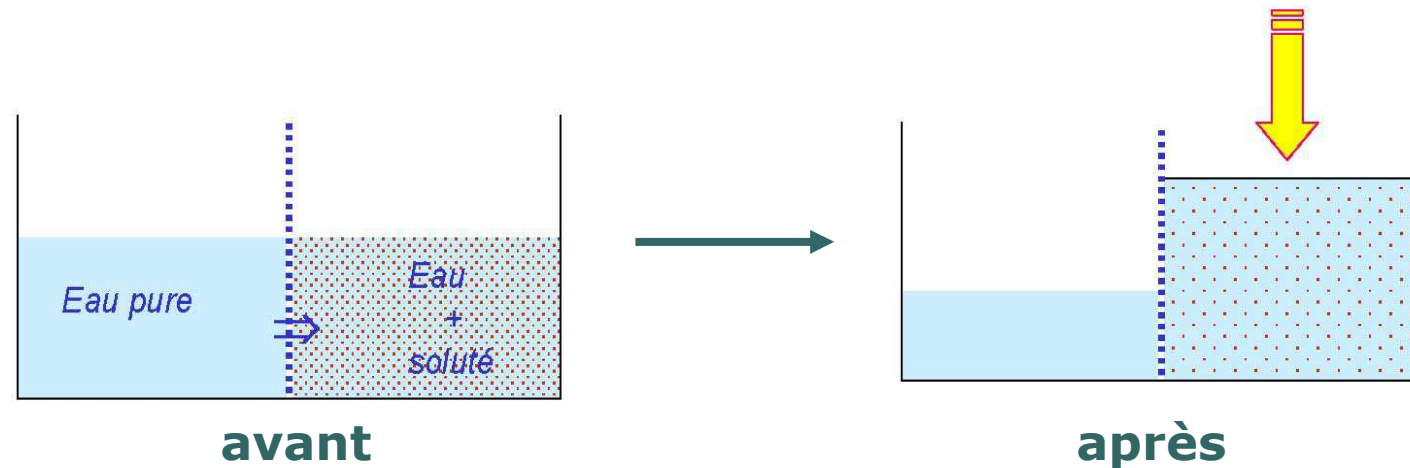
**b) Composition assez variable d'un tissu à l'autre, mais à noter :**

i. sa pauvreté en Na et Cl,

ii. sa richesse en K et Phosphates

## C. Les échanges entre LIC et LEC

1. **Les membranes plasmiques se comportent en partie comme des membranes semi-perméables.** Elles sont plus perméables à l'eau qu'aux solutés.
2. **Mise en évidence du pouvoir osmotique :** **P**



3. **La direction du flux de l'eau libre** dépend du gradient de pression osmotique entre le LIC et le LEC : l'eau va du milieu le moins concentré (hypotonique) vers le milieu le plus concentré (hypertonique)

#### **4. La pression osmotique (ou osmolarité)**

est proportionnelle au nombre de particules en solution

#### **5. L'osmolarité se mesure en osmoles (Osm) ou milliosmoles (mOsm)**

1 Osm est la pression osmotique exercée par une molécule-gramme de soluté dissout dans 1 l d'eau

##### **a) Cas du glucose**

(molécule non dissociée,  $M = 180\text{g}$ )

1 solution contenant 180 g de glucose/l d'eau développe une pression osmotique de 1 Osm

##### **b) Cas du ClNa**

(dissocié en 2 ions,  $M = 58,5\text{g}$ )

1 solution contenant 58,5 g de ClNa/l d'eau développe une pression osmotique de 2 Osm

**c) Cas du plasma sanguin : 2 modes d'expression**

- i. L'osmolarité** dépend du nombre d'osmoles contenues dans **1 litre de solution** : elle est d'environ de 300 mOsm
  
- ii. L'osmolalité** correspond au nombre d'osmoles contenues dans **1 Kg de solvant** (on se réfère au litre d'eau pure)

Cette nuance est importante pour le plasma qui ne contient que 93% d'eau (le volume restant : essentiellement les protéines et lipides).

L'osmolalité dans le cas du plasma est donc  $>$  l'osmolarité d'un facteur  $100/93$

## 6. Mesure du pouvoir osmotique :

### a) Méthode directe par osmométrie

- Mesure de la force à appliquer à l'aide d'un piston pour maintenir le volume de la solution
- Mesure de l'abaissement du point de congélation de la solution  
( $\Delta$  cryoscopique)  
On sait que ce point s'abaisse quand l'osmolarité croît.  
Il est de  $-1,86^{\circ}\text{C}$  pour une solution contenant 1 Osm/Kg d'eau
- Cas du plasma sanguin : son point de congélation est normalement de  $-0,56^{\circ}\text{C}$ . On peut alors calculer son osmolarité par le rapport :  
 $0,56/1,86 = 0,300$  Osm ou 300 mOsm

## 6. **Mesure du pouvoir osmotique :**

**b) Méthode indirecte : calcul approché à partir des concentrations des principaux solutés du plasma :**

- 2 (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>) + 10 si urée et glucose plasmatiques sont à concentrations normales (5 mmol/l)  
l'osmolarité du plasma normal est d'environ 300 à 310 mOsm (variation possible entre 280 et 400 mOsm)
- En pathologie, ajouter 1 mOsm par mmol/l supplémentaire de glucose ou d'urée



## D. Les échanges entre plasma et liquides interstitiels

1. **Règlent l'hydratation du secteur extracellulaire**
2. **La membrane des capillaires est**
  - librement **perméable** aux substances diffusibles électrolytiques
  - beaucoup **moins perméable** aux protéines, plus abondantes dans le plasma que dans le liquide interstitiel.
3. **Les protéines exercent donc dans les capillaires un pouvoir osmotique : il est faible**, mais il rend compte des flux d'eau entre liquides interstitiels et plasma : c'est la **pression oncotique**
4. **La contribution des protéines plasmatiques à la pression osmotique totale du plasma (300 mOsm)** est quantitativement négligeable : à peine 1 milliosmole, le reste étant développé par les autres constituants du plasma, dont 140 sont uniquement développés par l'ion  $\text{Na}^+$

## 5. Les échanges entre le plasma et le secteur interstitiel

sont régis par le rapport entre la pression hydrostatique (PH) et la pression oncotique (PO) dans les capillaires sanguins

## 6. La pression oncotique a pour expression :

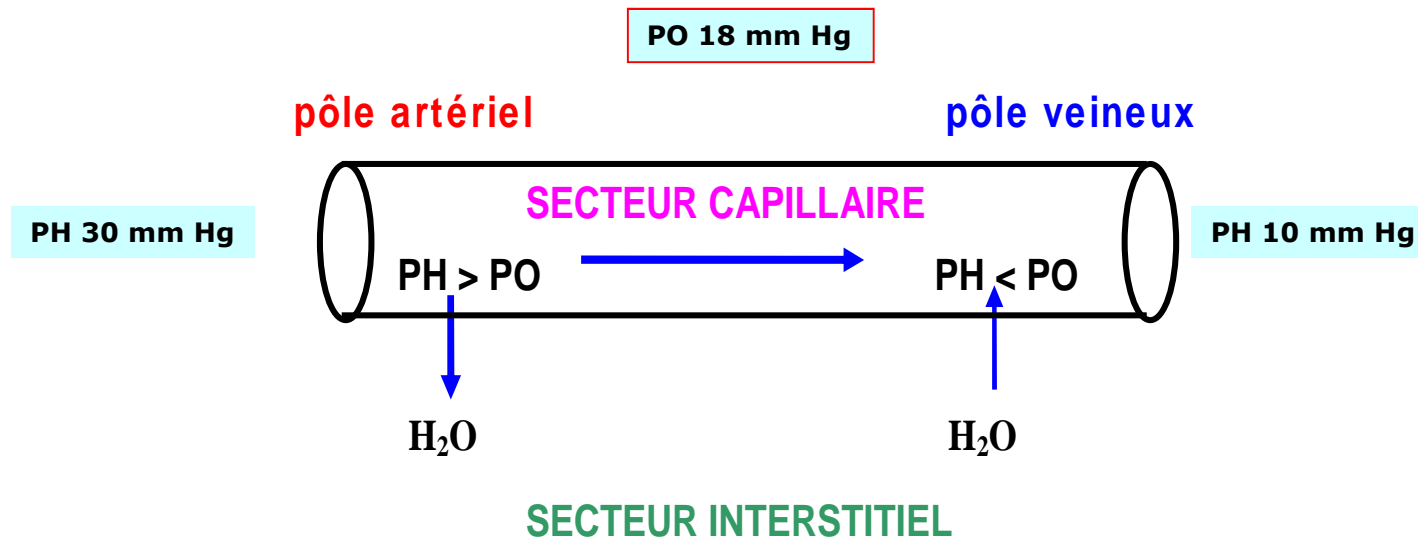
$P_{onc} = C/M$  , avec C=concentration en protéines  
et M= masse moléculaire

## 7. Si l'on applique cette relation :

- a) à la sérumalbumine (C=40 g/l, M = 66 000d), la  $P_{onc}$  correspondante est de  $40/66\ 000 = 0,60$  mOsm/l
- b) aux globulines plasmatiques :  
(C moyenne de 30 g/l et M moyenne de 200 000d) génèrent une  $P_{onc}$  de 0,15 mOsmol/l

## 8. La pression oncotique totale développée par les protéines plasmatiques est donc normalement de 0,75 mOsmol/l (dont 80 % liée à l'albumine)

# MOUVEMENTS DE L'EAU DANS LE CAPILLAIRE SANGUIN



## Schéma De Starling

PH : pression hydrostatique (liée à la force de propulsion du sang développée par le cœur)

PO : pression oncotique des protéines plasmatiques

## Conséquences :

- ❑ **Quand PH > PO**, il y a extravasation d'eau. Cette sortie d'eau entraîne avec elle des gaz dissous (O<sub>2</sub>), des sels minéraux et diverses molécules organiques
- ❑ **Quand PH < PO**, il y a rappel de l'eau dans le capillaire, entraînant par la même occasion des gaz dissous (CO<sub>2</sub>) et des déchets métaboliques

**En pathologie** : constitution d'oedèmes périphériques (hyper-hydratation du secteur interstitiel) en cas de : déplétion protéique du plasma (oedèmes de carence)  
d'insuffisance cardiaque (stase capillaire)

## E. Composition en électrolytes des principaux secteurs hydriques de l'organisme :

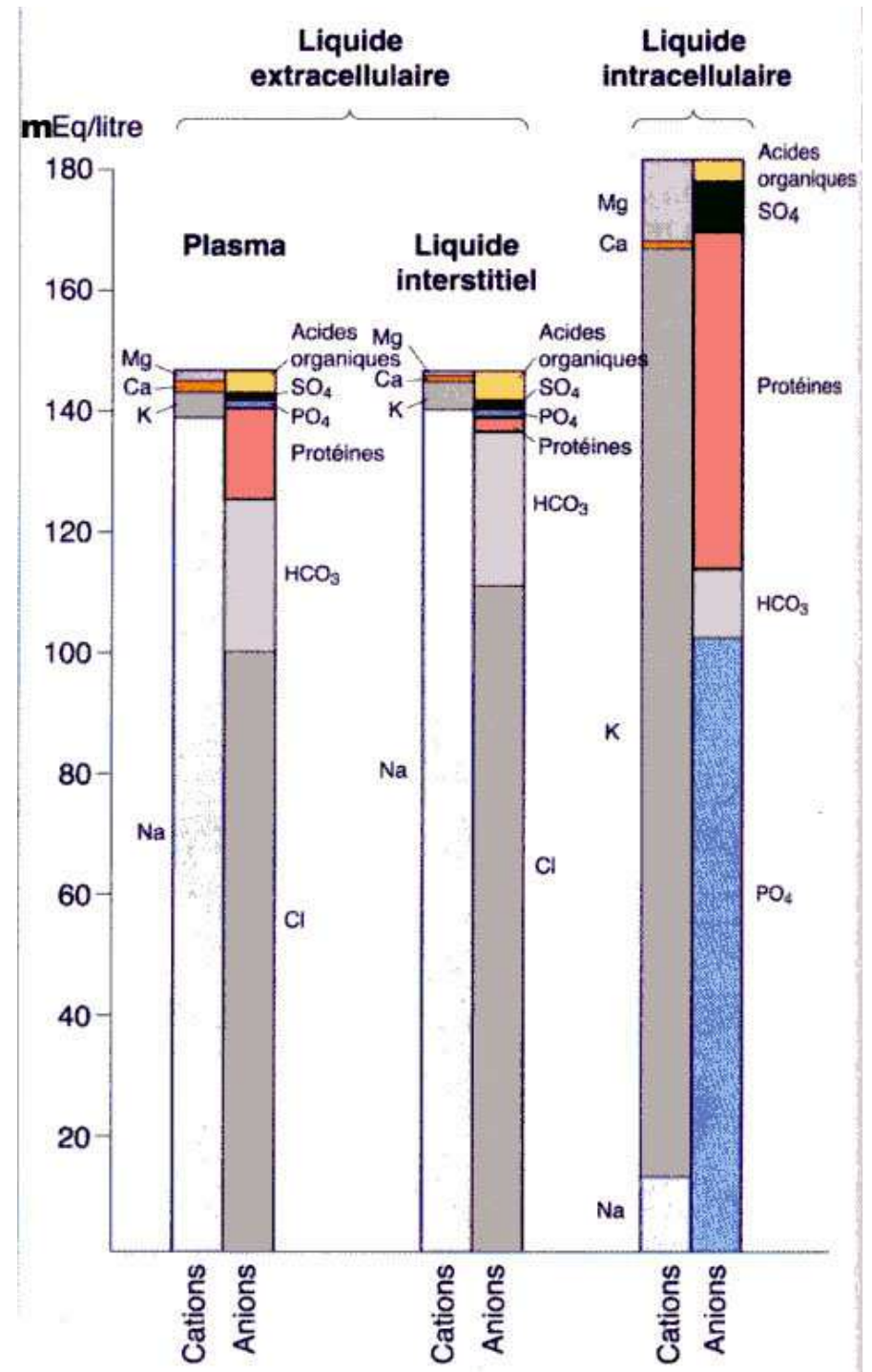
Les résultats sont exprimés en mEq/l  
 Pour la conversion en unités SI : tenir compte de la valence de l'ion  
 (ex. :  $\text{Ca}^{++}$  :  $5/2 = 2,50$  mmol/l)

Les protéines portent de très nombreuses charges

PLASMA				LIQUIDE INTERSTITIEL				LIQUIDE INTRACELLULAIRE			
Cations		Anions		Cations		Anions		Cations		Anions	
$\text{Na}^+$	142	$\text{Cl}^-$	103	$\text{Na}^+$	144	$\text{Cl}^-$	116	$\text{Na}^+$	10	$\text{Cl}^-$	5
$\text{K}^+$	5	$\text{CO}_3\text{H}^-$	27	$\text{K}^+$	5	$\text{CO}_3\text{H}^-$	29	$\text{K}^+$	140	$\text{CO}_3\text{H}^-$	12
$\text{Ca}^{++}$	5	$\text{PO}_4\text{H}^-$	2	$\text{Ca}^{++}$	3	$\text{PO}_4\text{H}^-$	2	$\text{Ca}^{++}$	2	$\text{PO}_4\text{H}^-$	100
$\text{Mg}^{++}$	3	$\text{SO}_4^{--}$	1	$\text{Mg}^{++}$	2	$\text{SO}_4^{--}$	1	$\text{Mg}^{++}$	35	$\text{SO}_4^{--}$	20
		Prot $^-$	16			Prot $^-$	1			Prot $^-$	30
		Ac. Org.	6			Ac. Org.	5			Ac. Org.	20
Total	155		155		154		154		187		187

# Schéma de Gamble

- ❑ On appelle **IONOGRAMME** la composition ionique d'un secteur hydrique
- ❑ Dans chaque secteur, sa représentation graphique montre une balance entre cations et anions
- ❑ La mesure du ionogramme se pratique :
  - dans le sang (ionogramme sanguin),
  - dans les urines (ionogramme urinaire)
  - dans tout autre liquide biologique



# IV. La prescription du ionogramme

## A. Le dosage des électrolytes

### 1. L'exploration de l'équilibre hydro-électrolytique

- s'apprécie par la mesure du ionogramme plasmatique, associé ou non à celle du ionogramme urinaire

### 2. C'est une prescription très (trop) répandue

- C'est l'une des analyses les plus prescrites : elle arrive au 9<sup>e</sup> rang de la biologie française (2004)
- Activité au CHU de Rennes :
  - plus de 250 000 ionogrammes sanguins
  - plus de 25 000 ionogrammes urinaires

## IV. La prescription du ionogramme

### A. Le dosage des électrolytes

#### 2. C'est un examen codifié par l'assurance maladie (NABM : nomenclature des actes de biologie médicale)

- Ionogramme sanguin simple :  $\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Cl}^-$  : cotation B15 (tarif de la lettre-clé « B » : 0,27 €)
- Ionogramme sanguin complet :  $\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Cl}^- + \text{Bicarbonates } \text{CO}_3\text{H}^-$  ( $\text{CO}_2$  total ou « réserve alcaline ») + Protéines totales : B29.
- Ionogramme sanguin étendu : idem +  $\text{Ca}^{++}$  (B8) + Phosphore (B7)
- Ionogramme urinaire :  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  (B14)

### **3. Recommandations de bonne pratique médicale**

- **Eviter la prescription systématique et répétée de l'examen si l'état du patient ne l'exige pas (hors réanimation, soins intensifs)**
  - Etre plus sélectif dans la prescription.
  - Si nécessaire, demander un complément d'analyse par appel téléphonique au laboratoire
  
- **Avant de prescrire de nouvelles analyses, vérifier si :**
  - Des résultats valides antérieurs ne sont pas déjà disponibles
  - Une demande n'est pas déjà en cours, avec des résultats en attente
  
- **Le ionogramme urinaire : Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> (B14)**
  - est principalement indiqué en néphrologie et en réanimation (bilan des entrées/sorties)



# V. Les principaux éléments du ionogramme

Les perturbations du métabolisme hydro-électrolytique font l'objet d'une surveillance étroite : du  $\text{Na}^+$  (fréquence), du  $\text{K}^+$  (gravité)

## A. Méthodes de dosage

- **Photométrie de flamme par émission :  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  (référence)**
- **Potentiométrie :  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$** 
  - Utilise une **électrode spécifique sélective aux ions (ISE)** On mesure la ddp créée par la présence des ions dans la solution
  - La mesure peut être réalisée :
    - Soit directement sur l'échantillon non dilué (potentiométrie directe)
    - Soit après dilution de l'échantillon (potentiométrie indirecte)

## B. Conditions préanalytiques des dosages

### 1. Échantillons :

- Prélèvements :
  - Sang veineux, artériel (si associé à la gazométrie sanguine) ou capillaire. Rejeter les prélèvements de sang hémolysés (libération du K<sup>+</sup> cellulaire)
  - Urines des 24h sans antiseptique
  - LCS, liquides de ponction, sueur, fèces
- Acheminement rapide au laboratoire
- Traitement du spécimen : centrifugation du tube de prélèvement
  - Si tube de sang sans anticoagulant (tube « sec ») : donne du sérum
  - Si tube de sang avec anticoagulant (héparine de Li) : donne du plasma. (Proscrire l'héparine de sodium, ou l'EDTA potassique).
- Parfois analyse sur sang total
- La centrifugation des urines élimine les cristaux urinaires
- Les échantillons traités peuvent être conservés qqes jours à +4°C si gel séparateur

### 2. Interférences possibles : conduisant à de fausses hyponatrémies lactescence (hypertriglycériidémies), hyperprotidémies

# Mesure potentiométrique par électrode sélective

## Le système de mesure

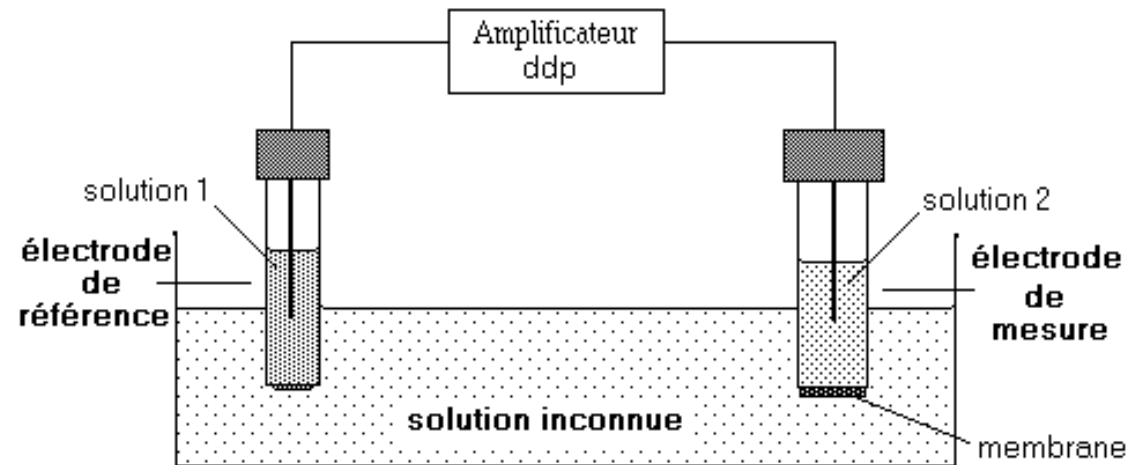
se comporte comme une pile :

- **L'électrode de référence**

au calomel ( $\text{HgCl}_2/\text{KCl}$ )  
ou au  $\text{AgCl}/\text{Ag}/\text{KCl}$  : elle  
donne un potentiel stable

- **L'électrode de mesure**

est une électrode à  
membrane sélective dont  
le potentiel va changer en  
fonction de l'activité de  
l'ion à doser



Les solutions 1 et 2 ont une composition connue

- **La mesure se fait comparativement à une solution étalon (standard)**

- **Dans des conditions expérimentales précises :**

- La ddp mesurée aux bornes du système est une fonction logarithmique de l'activité de l'ion à mesurer :  $E = K \log A + \text{Constante}$  (équation de Nernst)

- L'activité de l'ion en solution est liée à sa concentration par la relation :

$$A = g \cdot C \quad (g = \text{coefficient d'activité})$$

# V. Les principaux éléments du ionogramme

## A. Le sodium plasmatique : natrémie (Na<sup>+</sup>)

### 1. Principal cation extracellulaire de l'organisme (plasma et liquide interstitiel) :

- Rôle central dans l'équilibre hydro-électrolytique de l'organisme
- Son abondance dans les liquides extracellulaires et la quasi-imperméabilité des membranes cellulaires à cet ion lui confèrent un fort pouvoir osmotique
- Rôle prépondérant dans l'état d'hydratation des secteurs hydriques : il conditionne les mouvements d'eau intracellulaire et extracellulaire

### 2. Valeurs de référence : 135 à 145 mmol/l

## A. Le sodium plasmatique : natrémie (Na<sup>+</sup>)

### 3. Principales perturbations

#### a. Hyponatrémies : Na < 135 mmol/l

##### i. Pseudo-hyponatrémies

- présence de quantités anormalement élevées de composés osmotiquement actifs (hyperglycémie) (hypertoniques) faisant sortir l'eau des cellules
- présence de quantités anormalement élevées de substances entraînant une réduction du volume plasmatique (Hyperprotéinémies, Hyperlipidémies) (isotoniques) (problème des mesures indirectes)

### 3. Principales perturbations

#### a. Hyponatrémies : Na < 135 mmol/l

##### ii. Hyponatrémies vraies (hypotoniques)

- **avec volume extracellulaire diminué (hypovolémique)**  
Signes cliniques et biologiques de déshydratation extracellulaire liée à des pertes de sel (pli cutané, perte de poids, hypotonie des globes oculaires...):
  - pertes rénales : diurétiques
  - pertes digestives : vomissements, diarrhées
  - sueurs
- **avec volume extracellulaire normal (normovolémique)**  
Pas de signes de déshydratation extracellulaire
  - sécrétion inappropriée d'ADH (post-opératoire)
  - surcharge aqueuse (potomanie: polydipsie psychogène)
- **avec volume extracellulaire augmenté (hypervolémique)**  
Signes cliniques et biologiques d'hyperhydratation extracellulaire par rétention hydrosodée (état confusionnel, puis coma; hypertonie des globes oculaires, signe du godet, oedèmes périphériques, HTA, hypoprotidémie, baisse hématocrite, prise de poids)
  - insuffisance hépatique avec cirrhose ascitique,
  - syndrome néphrotique
  - insuffisance cardiaque

### 3. Principales perturbations

#### b. Hypernatrémies : $\text{Na} > 145 \text{ mmol/l}$

- ❑ S'accompagnent de signes de déshydratation cellulaire : soif, sécheresse des muqueuses, avec hyperosmolalité plasmatique
  
- ❑ Mécanisme : déplétion hydrique d'origine rénale ou extrarénale
  - Par insuffisance d'apport d'eau (nourrisson, coma)
  - Par perte excessive d'eau
    - hypersudation
    - coma du diabète sucré (sujet incapable de boire pour compenser ses pertes urinaires)
    - diabète insipide : insuffisance de sécrétion de l'ADH
  - Par surcharge en sel
    - intoxication par le sel (erreur de réanimation)
    - excès d'hormones minéralocorticostéroïdes

## B. Le potassium plasmatique : kaliémie (K<sup>+</sup>)

### 1. Principal cation cellulaire (98%)

La surveillance de la kaliémie est primordiale : ses variations entraînent de gros risques cardiovasculaires

### 2. Valeurs de référence : 3,5 à 4,5 mmol/l

### 3. Principales perturbations

#### a. Hypokaliémies : K < 3 mmol/l

- S'accompagnent de troubles de la repolarisation cardiaque, de paralysie du grêle (ileus)
- Mécanisme
  - Fuites digestives (vomissements, diarrhées, fistules)
  - Fuites rénales



## B. Le potassium plasmatique : kaliémie (K<sup>+</sup>)

### 3. Principales perturbations

#### b. Hyperkaliémies : K<sup>+</sup> > 5,5 mmol/l

- ❑ Le pronostic vital est en jeu pour K<sup>+</sup> > 6,5 mmol/l par arythmie ventriculaire
- ❑ S'accompagnent de :
  - troubles de la conduction cardiaque (onde T ample, espace PR allongé, disparition de l'onde P à l'ECG)
  - troubles neuromusculaires
- ❑ Mécanisme
  - Surcharge intraveineuse en K (nutrition parentérale)
  - Insuffisance rénale (rétention de K par défaut d'élimination rénale)
  - Insuffisance surrénale
  - Augmentation du catabolisme cellulaire (brûlures, hémorragies digestives)

## C. Le chlore plasmatique : chlorémie (Cl<sup>-</sup>)

**1. Principal anion des liquides extracellulaires**  
(plasma, liquide interstitiel)

**2. Valeurs de référence :** 95 à 105 mmol/l

**3. Principales perturbations**

**a) Hypochlorémies : Cl < 90 mmol/l**

➤ mécanisme

- Peuvent accompagner une hyponatrémie
- Vomissements abondants (riches en HCl)
- Insuffisance rénale avec acidose métabolique

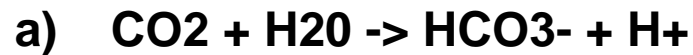
**b) Hyperchlorémies : Cl > 110 mmol/l**

➤ mécanisme

- Peuvent accompagner une hypernatrémie
- Hyperchlorémie avec acidose métabolique
  - pertes digestives de bicarbonates (diarrhées)
  - néphropathies tubulaires
- Hyperchlorémie avec alcalose respiratoire

## C. Les bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) cf cours pneumo

### 1. Principal tampon du pH sanguin



### 2. Valeurs de référence : 22 à 27 mmol/l

### 3. Principales perturbations

#### a) Diminution en cas d'acidose

➤ mécanisme

- Transformé en CO<sub>2</sub> par l'excès d'H<sup>+</sup>
- Élimination pulmonaire

#### b) Augmentation en cas d'alcalose

#### c) Notion de trou anionique

**Formule : TA = Na – (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + Cl<sup>-</sup>)**

- Normales autour de 13 mmol/l
- Si un acide endogène ou exogène est présent, sa charge négative est équilibrée par la baisse de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et Cl<sup>-</sup> : on a donc un trou anionique augmenté

## Trou anionique

TA plasma =  $\text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$  12 +/- 3 mmol/l

Exemple : si un acide organique chargé négatif est présent en excès, pour garder la neutralité on observe une baisse de  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{Cl}^-$  : le calcul montre alors une augmentation du trou anionique

PLASMA				LIQUIDE INTERSTITIEL				LIQUIDE INTRACELLULAIRE			
Cations		Anions		Cations		Anions		Cations		Anions	
$\text{Na}^+$	142	$\text{Cl}^-$	103	$\text{Na}^+$	144	$\text{Cl}^-$	116	$\text{Na}^+$	10	$\text{Cl}^-$	5
$\text{K}^+$	5	$\text{CO}_3\text{H}^-$	27	$\text{K}^+$	5	$\text{CO}_3\text{H}^-$	29	$\text{K}^+$	140	$\text{CO}_3\text{H}^-$	12
$\text{Ca}^{++}$	5	$\text{PO}_4\text{H}^-$	2	$\text{Ca}^{++}$	3	$\text{PO}_4\text{H}^-$	2	$\text{Ca}^{++}$	2	$\text{PO}_4\text{H}^-$	100
$\text{Mg}^{++}$	3	$\text{SO}_4^{--}$	1	$\text{Mg}^{++}$	2	$\text{SO}_4^{--}$	1	$\text{Mg}^{++}$	35	$\text{SO}_4^{--}$	20
		Prot $^-$	16			Prot $^-$	1			Prot $^-$	30
		Ac. Org.	6			Ac. Org.	5			Ac. Org.	20
Total	155		155		154		154		187		187

## **E. Le ionogramme urinaire**

- 1. On ne dose en pratique que le Na<sup>+</sup> et le K<sup>+</sup>**
- 2. Contrairement au ionogramme plasmatique, il n'existe pas de valeurs normales fixes**

- Le rein adapte l'excrétion urinaire des électrolytes de façon à équilibrer le bilan des entrées (apports alimentaires, production endogène) et les sorties de ces solutés (urines, sueurs, fèces)
- La connaissance de la diurèse des 24H est nécessaire
- Chez un sujet normal recevant un régime habituel, les concentrations urinaires normales sont les suivantes :
  - Sodium : 50 à 220 mmol/24H
  - Potassium : 25 à 130 mmol/24h

- 3. La capacité du rein à adapter l'excrétion de ces solutés est très large, elle est fonction :**

- Des apports alimentaires
- De l'état d'hydratation du sujet