

Métabolisme hydro-électrolytique

V. Vlaeminck

UE3 \ Bases moléculaires et cellulaires des
pathologies

OBJECTIF

Connaitre les notions
essentielles du **métabolisme HE**
pour **l'interprétation d'un**
ionogramme sanguin

PLAN

3

1. Répartition de l'eau et des électrolytes
2. Variations pathologiques de l'eau
3. Variations pathologiques des électrolytes

CONNAISSANCES ANTERIEURES

4

- **Equilibre** de l'eau et des électrolytes dans les différents compartiments hydriques
- **Pression osmotique :**

Rôle du Na^+



- Les mvts du Na^+ sont accompagnés de mvts d' H_2O

5

1. Répartition de l'eau et des électrolytes

- L'eau
- Les électrolytes
- La pression osmotique

6

L'eau

- Eau totale : **60-65% du poids du corps**
- Variable selon :
 - Âge
 - Sexe
 - Adiposité



75 %



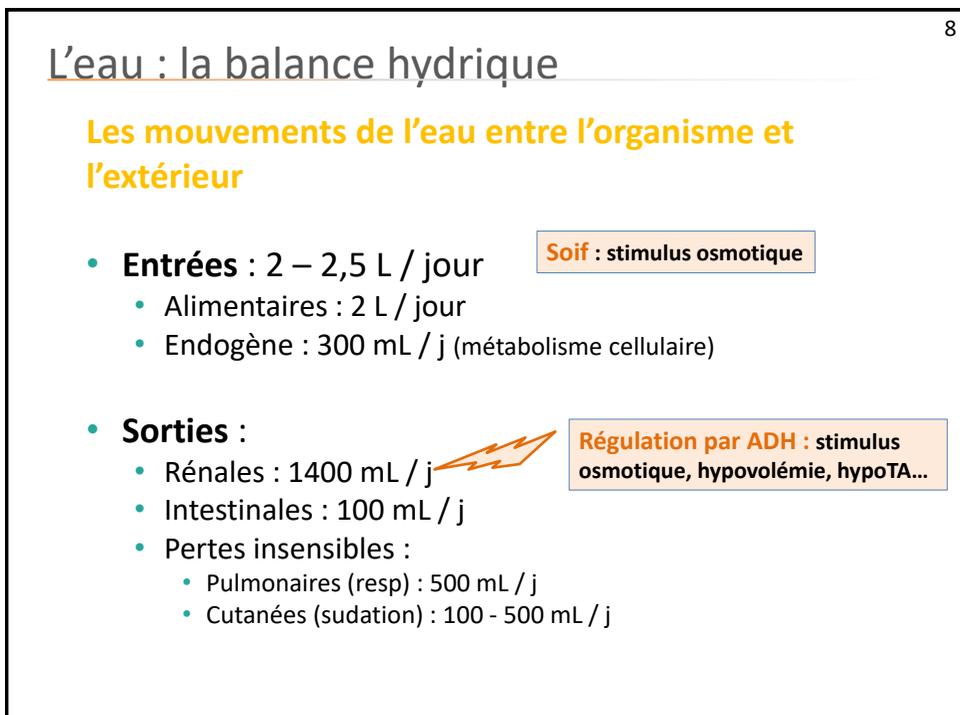
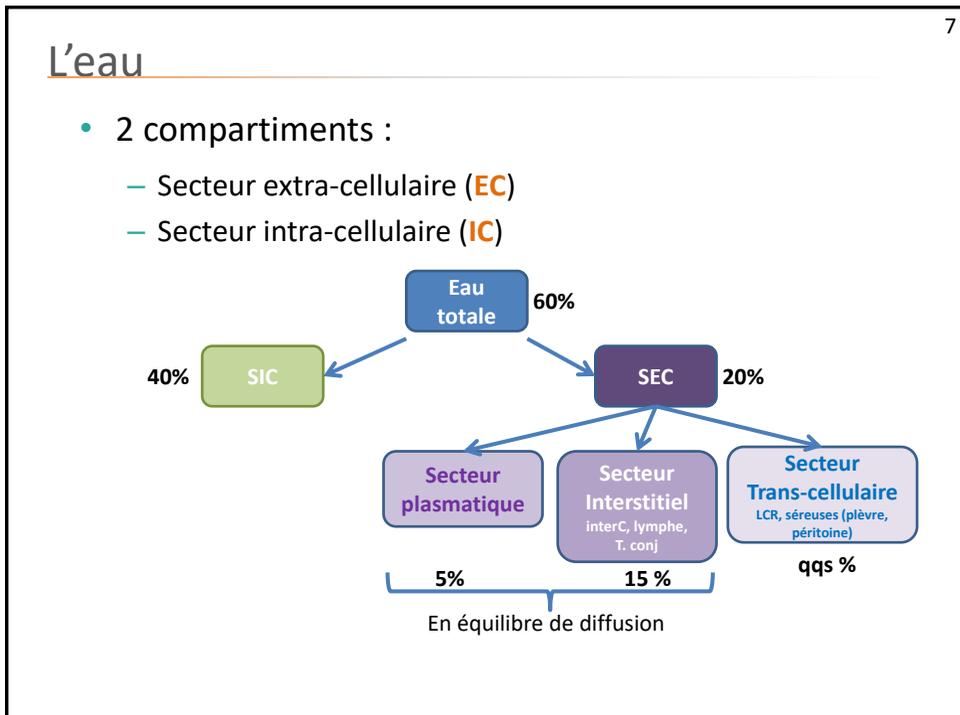
70 %



60 %



55 %

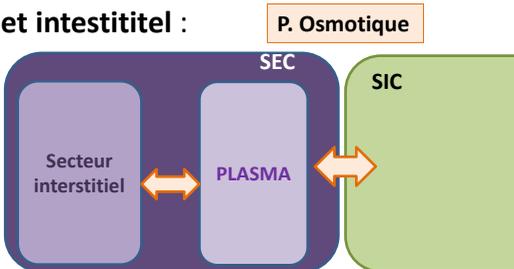


9

L'eau

Les mouvements de l'eau entre les compartiments

- **Entre espaces IC et EC**
 - À travers la **mbane cellulaire**
 - Loi d'iso-osmolarité
- **Entre secteurs plasmatique et interstitiel :**
 - À travers la **mbane capillaire**
 - Forces de Starling



P. Hydrostatique (fait sortir l'eau des capillaires)
P. Oncotique (retient l'eau des capillaires)

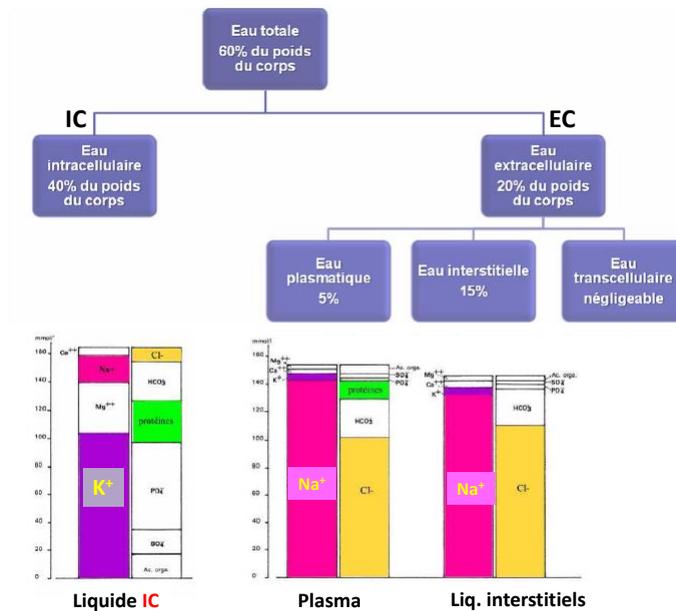
10

1. Répartition de l'eau et des électrolytes

- L'eau
- Les électrolytes
- La pression osmotique

11

Les électrolytes



12

Les électrolytes

- Répartition dans le secteur plasmatique
 - Unités d'Equivalents : mEq
- ↳ Permet d'évaluer l'équilibre électrique du milieu
- 1 Eq = poids atomique / valence
- 1 mEq de Na^+ = $23 / 1 = 23$ mg
 1 mEq de Ca^{++} = $40 / 2 = 20$ mg

13

Les électrolytes

Les cations du secteur plasmatique :

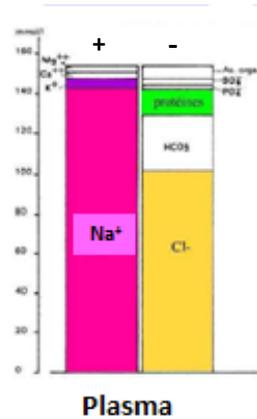
Na⁺ 142 mEq / L

K⁺ 5 mEq / L

Ca⁺⁺ 5 mEq / L

Mg⁺⁺ 3 mEq / L

⇒ total de 155 mEq / L de cations



14

Les électrolytes

Les anions du secteur plasmatique :

Cl⁻ 103 mEq / L

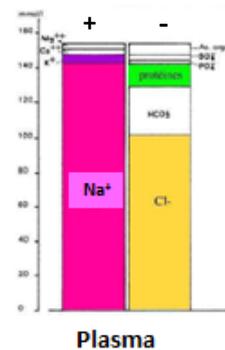
HCO₃⁻ 27 mEq / L

Phosphates 2 mEq / L

Sulfates 1 mEq / L

⇒ total de 133 mEq / L d'anions

Manque 22 mEq pour maintien équilibre électrique : apportés par les charges des constituants organiques (**ions protéinates**)



15

Les électrolytes

Ionogramme sanguin

Concentrations d'ions

Natrémie, kaliémie, chlorémie...

Pb : si le volume se modifie indépendamment des ions : concentration ou dilution relative

⇒ **évaluer l'hémoconcentration ou l'hémodilution:**

Ht, Hb, protidémie

16

Les électrolytes

Ionogramme sanguin

Qqs ml prélevés sur anticoagulant

- Iono simple : Na^+ , K^+ , Cl^- (cot B12)
- Complet : id. + HCO_3^- et protides totaux (cot B23)

Na: 135-145 mmol/L

K: 3,5-4,5,mmol/L

Cl: 98-108 mmol/L

HCO_3^- : 23-30 mmol/L

Protéines:60-76 g/L

Unité de référence : mmol
mEq = mmol * valence

17

Les électrolytes

Ionurie

Cot B12

Qtité d'ions éliminés par 24h

Natriurie : 100 – 200 mmol / 24h

Chlorurie: 100 – 200 mmol / 24h

Kaliurie : 50 – 100 mmol / 24h

Intérêt de la natriurie : dépend de la natrémie
(mécanismes régulateurs)

$$Na_u / K_u > 1$$

18

Les électrolytes

Le TA (trou anionique)

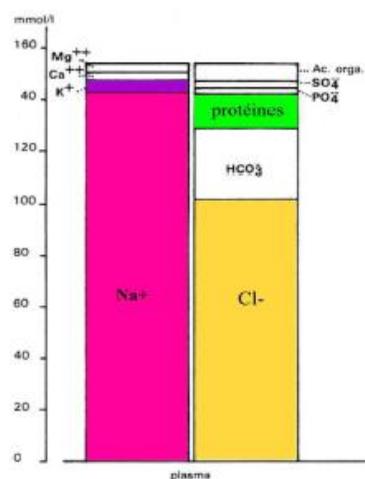
$$[Na] - [Cl + HCO_3] = 8-16 \text{ mmol/L}$$

$$\text{ou } Na + K - (Cl + HCO_3) = 16 \pm 4$$

↗ TA : anions « indosés »

Ex: corps cétoniques, lactates,
méthanol, éthanol, etc...

Acidoses métaboliques à TA N ou aN



1. Répartition de l'eau et des électrolytes

- L'eau
- Les électrolytes
- **La pression osmotique**

La pression osmotique

- **Osmolarité plasmatique** = [particules osmotiques] dans 1 L de plasma
- **Gradient osmotique** : différence d'osmolarité EC / IC
- **L'eau** : diffusion **passive** du milieu le – concentré au + concentré
- **Electrolytes** : transport **actif**

Principal facteur de l'osmolarité sg
= ADH

Osmoles actives (produisent gradient osmot)

Na+

K+

Glucose

(mannitol, glycérol)

Osmoles inactives

Urée

(méthanol, éthanol, éthylène-glycol)

Calcul de l'OsmP = $2[\text{Na}] + \text{urée} + \text{glycémie} = 2[\text{Na}] + 10 = 280-295 \text{ mOsm / L}$

Mesure de l'OsmP : toutes les substances osmotiques, actives et inactives, y compris celles non dosées par le iono : donc toujours > à l'Osm calculée : **Trou Osmolaire N < 10**

21

La tonicité plasmatique = *osmolarité efficace*

- = somme des osmoles **actives** dosées par le iono sg
- = $2[\text{Na}] + \text{glycémie} = 285 \text{ mOsm/L}$ (270-290)
- **Osmoles actives** = produisent le **gradient osmotique** :
- donc la **tonicité plasmatique** est à l'origine des **mvts d'eau**
- donc la **tonicité plasmatique** détermine l'état **d'hydratation IC**

Hypernatrémie = reflet d'une **hypertoncité plasmatique**

Hyponatrémie = d'une **hypotoncité plasmatique**

22

PLAN

1. Répartition de l'eau et des électrolytes
2. Variations pathologiques de l'eau
3. Variations pathologiques des électrolytes

DEC « isotonique » 23

Pertes en eau = pertes en sel

SEC	SIC
295	295

N

- ↘ compartiment EC alors que le vol IC reste inchangé
- Osm EC inchangée

DEC pure

- ✓ Osm N
- ✓ Ionogramme N (natrémie N)
- ✓ Hémococoncentration : Protidémie ↗ Ht ↗
- ✓ Oligurie
- ✓ Ionurie ↘ (sauf si étio = pertes rénales)

Signes cliniques de la DEC 24

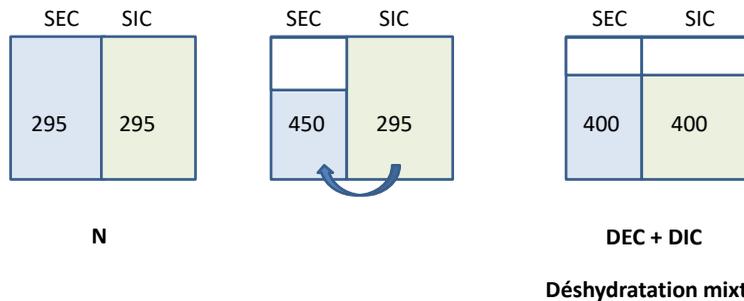


- Pli cutané persistant
- Hypotonie des globes oculaires
- Diminution TA
- Aplatissement des veines superficielles
- Accélération pouls
- Dépression fontanelles n-né

DEC « hypertonique »

25

Pertes en eau > pertes en sel

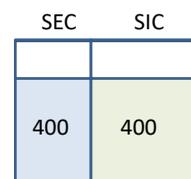


- ↘ vol EC et ↗ Osm
- Donc : mvt d'eau pour égaliser les 2 osm
- **Final** ↘ vol secteurs EC et IC
↗ Osm secteurs EC et IC

DEC « hypertonique »

26

- **Les signes de la DEC**
- **Les signes de la DIC**
 - Sécheresse langue (« rôtie ») et muqueuses
 - Soif ++
 - Tr neuro (somnolence, fièvre)
- **Biologie**
 - Osm augmentée
 - Natrémie ↗
 - Hémococoncentration (prot ↗, Ht ↗)
 - Oligurie
 - Ionurie anormale

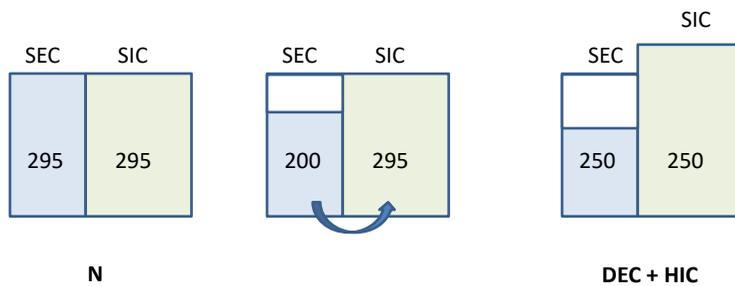


DEC + DIC
Déshydratation mixte

27

DEC « hypotonique »

Pertes en eau < pertes en sel

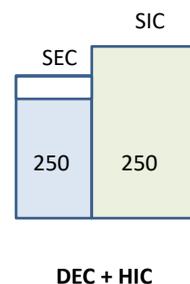


- ↘ Osm ds secteur EC
- Donc : mvt d'eau pour égaliser les 2 osm
- **Final** : ↘ vol secteur EC et ↗ secteur IC
 - ↳ Osm secteurs EC et IC

28

DEC hypotonique

- **Les signes de la DEC**
- **Les signes de l'HIC**
 - Dégoût de l'eau, nausées, vomissements
 - obnubilation mentale
 - HTIC (œdème cérébral) : urgence vitale
- **Biologie**
 - Osm ↘
 - Ionogramme : ↘ Natrémie
 - Hémococoncentration (prot ↗, Ht ↗)
 - Oligurie
 - Ionurie ↘

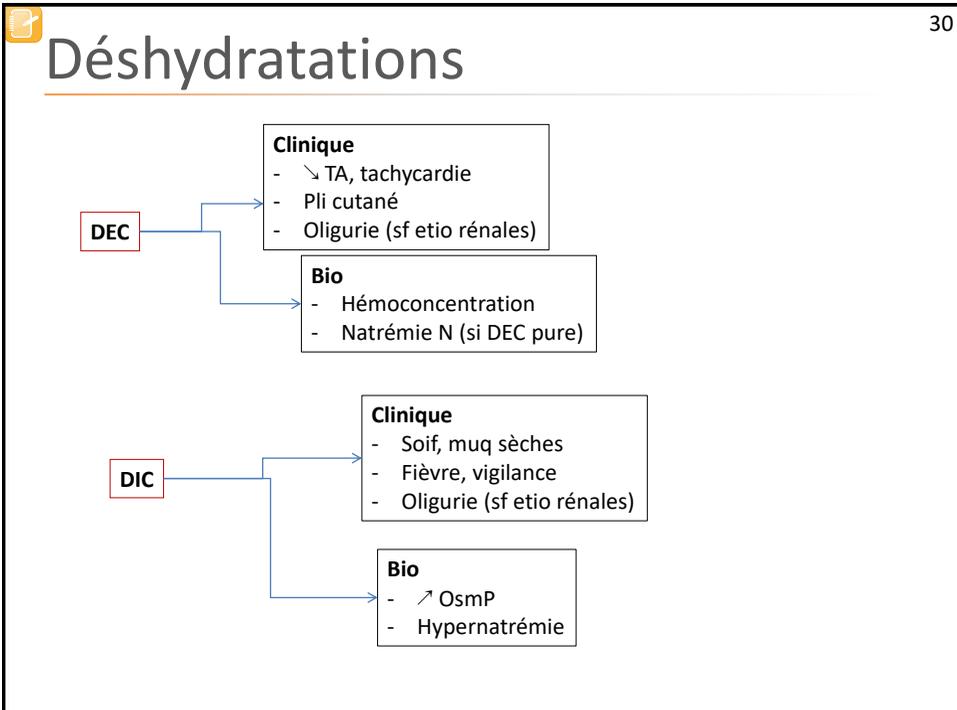


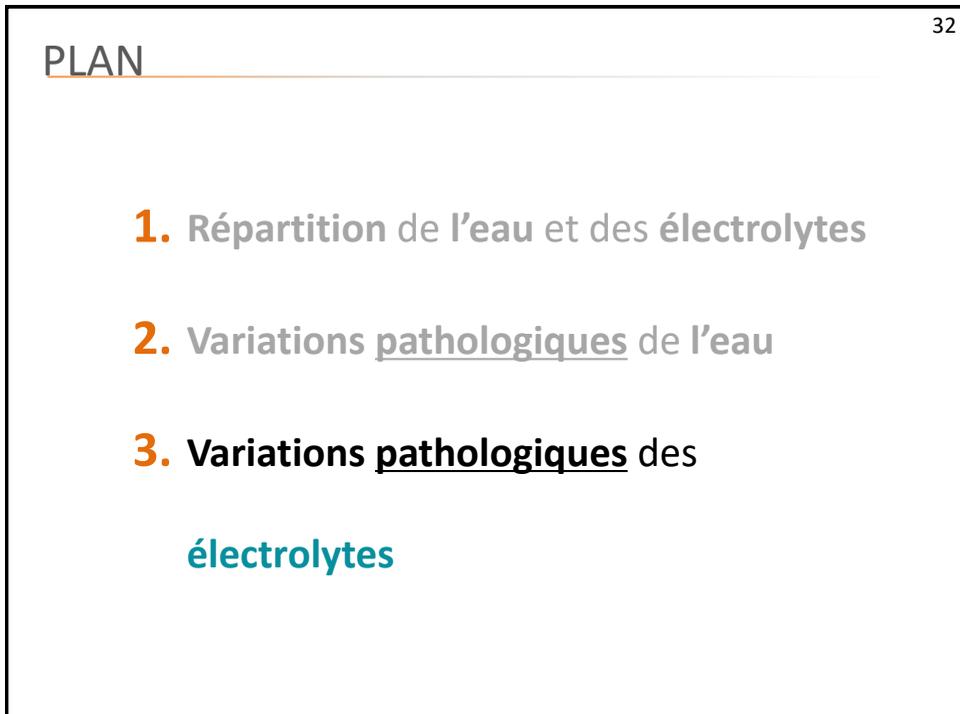
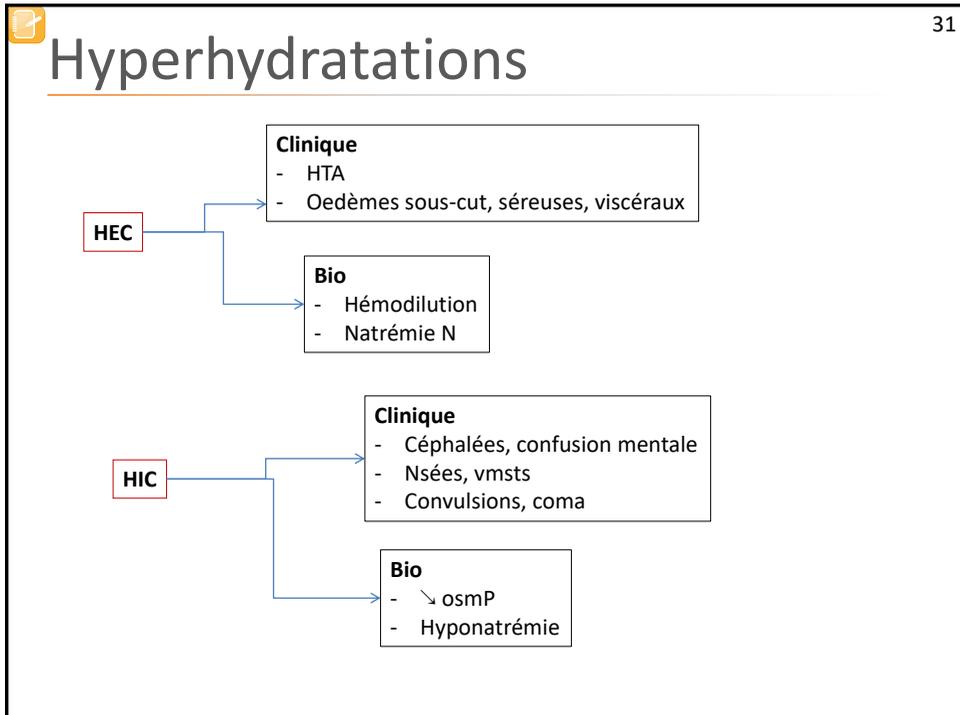
La tonicité plasmatique

- = somme des osmoles actives dosées par le iono sg
- = $2[\text{Na}] + \text{glycémie} = 270\text{-}290 \text{ mOsm / L}$
- **Osmoles actives** : produisent le **gradient osmotique**
 - donc la **tonicité plasmatique** est à l'origine des **mvts d'eau**
 - Et détermine l'état **d'hydratation IC**

Hypernatrémie = reflet d'une **hypertoncité plasmatique** → **DIC**

Hyponatrémie = d'une **hypotoncité plasmatique** → **HIC**





Na⁺

33

- Perte de sodium // eau (pas de perte de Na isolée)
- **Sodium : Secteur EC**

Nécessaire au maintien du VEC

C'est le contenu en sodium qui régule le VEC

Perte de sodium : VEC ↘

Contenu en sodium ↗ : VEC ↗



≠ NATREMIE : [Na] plasmatique

Régule le volume IC

Appréciation du volume IC = Natrémie

Appréciation du volume EC = Capital Sodé

Hyponatrémie

34

Devant hypoNa : évaluation de la tonicité plasm

Hyponatrémie
Hypotonique

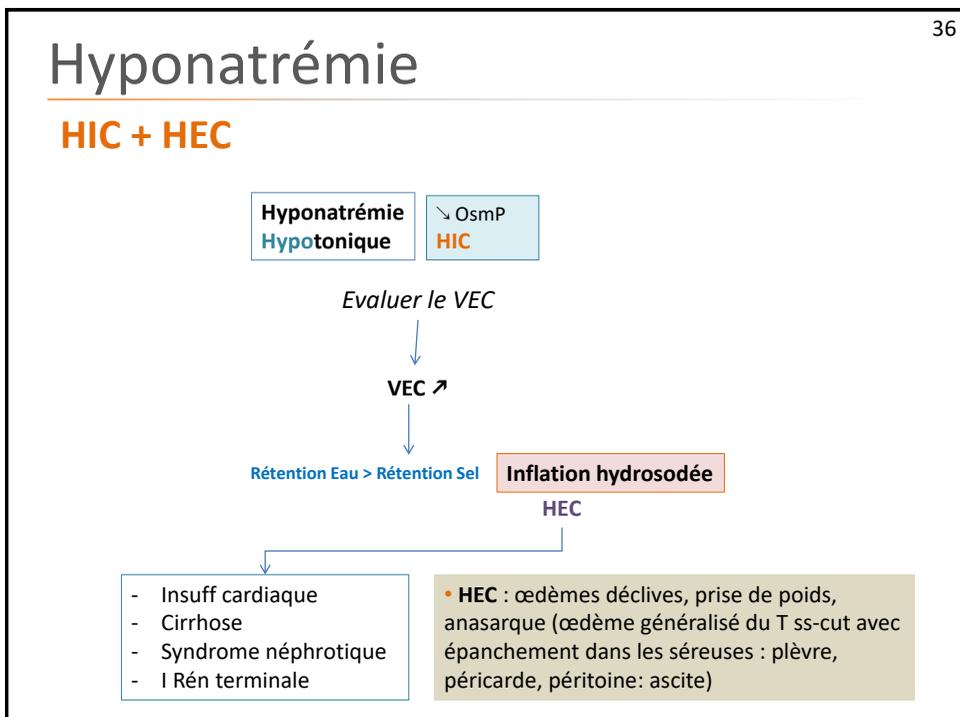
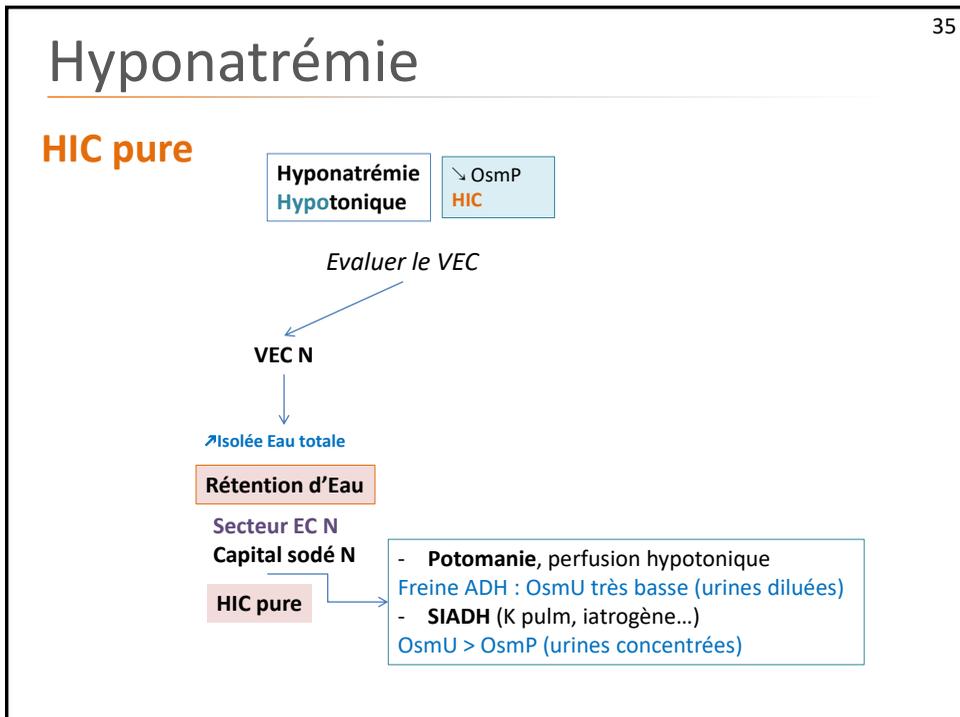
Hyponatrémie
Hypertonique

- **HyperGlycémie :**

Hyperosm : d'où **DIC** et hyponatrémie « de dilution »

- Idem toutes les autres substances osm **actives** (Mannitol, Glycérol) :

- OsmP mesurée > calculée
- **Trou osm** >10 mOsm/L



Hyponatrémie

37

HIC + DEC

Hyponatrémie Hypotonique \ OsmP
HIC

↓

VEC ↘

↓

Perte Na > Perte Eau

↓

Déplétion Na DEC

↓

NaU > 20 mmol/L *pertes rénales*

- Néphropathie
- Abus diurétiques +/- régime désodé
- Insuff Surrén (déficit en MC)

NaU < 20 mmol/L *pertes extra-rénales*

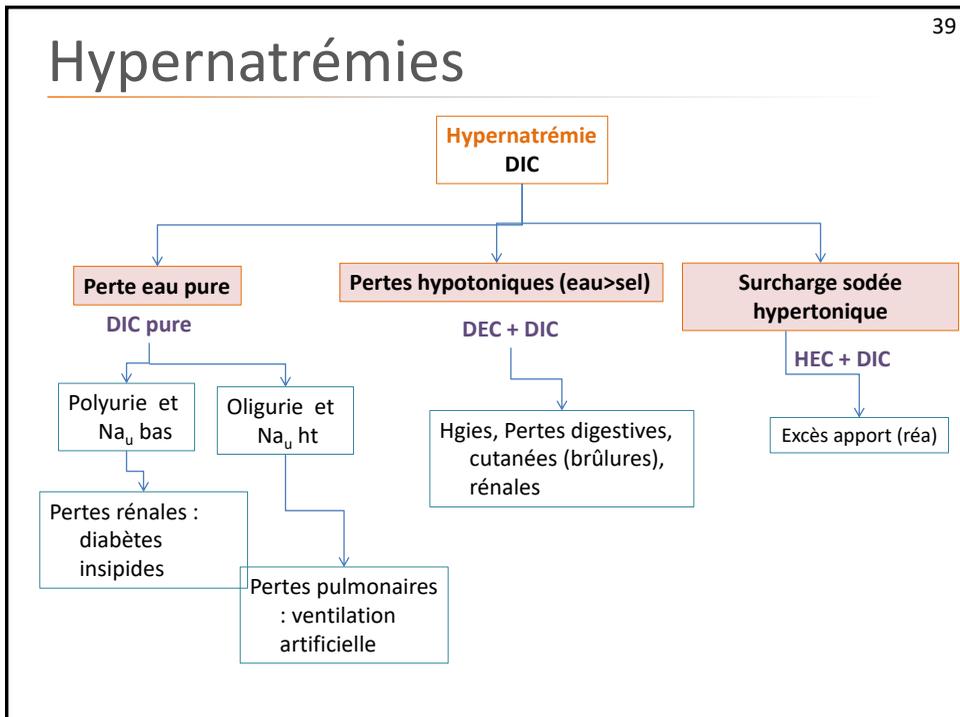
- Pertes digestives : vomissements, diarrhée
- cutanées

Na⁺ - Hypernatrémie

38

3 mécanismes :

- 1) un **défaut d'apport d'eau** : rare, car capacité du rein à concentrer et soif (à risque : nourrissons, sujets âgés, psy)
DIC pure
- 2) une **perte excessive d'eau** :
Pure : **DI central** : carence en ADH (chirurgie hypophysaire, trauma crânien)
DI néphrogénique : insensibilité rénale à l'ADH
DIC pure Polyurie et Na_u bas
- Perte d'eau > pertes sels** : **DEC** hypertonique, puis **DIC**
Hémorragies, pertes digestives, cutanées (brûlures), rénales
- 3) exceptionnellement un **apport de sodium augmenté**
Excès apport (réa)



40

A RETENIR

- L'appréciation de l'état d'hydratation du **secteur IC** repose sur la biologie :
 - Natrémie et OsmP**
- L'appréciation de l'état d'hydratation du **secteur EC** repose sur
 - **clinique :**
 - TA, pls : secteur plasmatique
 - poids, état cutané (œdèmes, pli) : secteur interstitiel
 - **biologie : protidémie et Ht**
Apport de l'osmU et de la NaU pour apprécier le statut volémique
- Intérêt de recherche prise Mts et fuites ioniques

K⁺

41

Principal cation IC

Cellule musculaire sq = plus gde réserve potassique

Rôle ++ dans l'activité neuro-musculaire (card et sq)

[K⁺] dans plasma : finement régulée : 3,5 à 5 mmol/L

Contrôle de l'homéostasie :

- Activité NaK-ATPase cell. (contrebalance fuite K⁺ de l'IC vers l'EC)
Catécho, insuline : stimulent entrée K⁺ dans cellule
Acidose mbque : bloque entrée cellulaire du K⁺ (et aussi ↗ fuite passive de K vers l'EC)
- HyperK⁺ → Aldostérone → Rein : ↗ kaliurèse

K⁺ - Hyperkaliémie

42

Attention aux fausses hyper K (libération de K de l'IC vers l'EC) :

- Hémolyse lors d'un plvt difficile, avec garrot trop serré
- Centrifugation trop tardive du tube (acheminement dans les 4h)
- ↗ GB ou ↗ plq

Symptomatologie due aux modif des potentiels de membrane (modif du gradient potassique entre IC et EC)

Urgence ttt

Risque arrêt cardiaque > 7 mmol/l

1. Signes cardiaques

Repolarisation accélérée, anomalies conduction auriculaire, A-V, intraV, bradycardie puis asystolie

2. Signes neuro-musculaires

Faiblesse musculaire, crampes → paralysie flasque

⇒ pratique immédiate d'un ECG devant toute suspicion d'hyperkaliémie

K⁺ - Hyperkaliémie

43

3 types d'ETIOLOGIES

Excès apport K⁺

Rare
Contexte I Rénale
Doses massives K⁺ po ou IV

↗ Transfert IC → EC

Acidose métabolique (↗0,5 mmol/L pour chaque ↘ de 0,1 de pH)
Lyse cellulaire (rhabdomyolyse, lyse tumorale, brûlures étendues, hgje digestive sévère)

↘ Excrétion rénale du K⁺

I Rénale aiguë (Pic vital, surtout si anurie ou si due à cause d'hyperK : rhabdomyolyse, hémolyse)
Déficit en MinéraloCorticoïdes : Mie Addison, iatrogènes (IEC, ARA2)

- ✓ Recherche d'une fausse hyperkaliémie
- ✓ Evaluation des apports potassiques
- ✓ Recherche de cause évidente de transfert du secteur IC vers EC
- ✓ Recherche d'une lyse cellulaire
- ✓ Kaliurèse
- ✓ Recherche de facteurs favorisant l'hyperkaliémie.

K⁺ - Hypokaliémie

44

[K⁺] < 3,5 mmol/L

Mise en jeu Pic vital (card)

1. **Signes cardiaques** (hyperpolarisation mbnaire) : retard repolarisation ventriculaire, tr rythme supraV et V (TdP)



2. **Signes musculaires** : crampes, myalgies, paralysie (mbs infs puis ascendante)
3. **Signes digestifs** : constipation, ileus paralytique
3. **Signes rénaux** : néphropathie hypokaliémique (si déplétion chronique en K⁺)

K⁺ - Hypokaliémie

45

Etiologies

1) Ecarter une hypok par ↗ **transfert EC vers IC**

- **alcalose** métabolique ou respiratoire
- traitement **insuline** dans l'acido-cétose
- agents **β-adrénergiques** endogènes (phéochromocytome) ou iatrogènes (salbutamol)

K⁺ - Hypokaliémie

46

Etiologies

2) Réponse rénale appropriée ($K_u < 20$ mmol/L) : **Pertes extra rénales**

- Carence apport : rare, anorexie mentale (+ vmsts, laxatifs, diurétiques)
- Diarrhées, laxatifs, fistule digestive

3) Réponse rénale inappropriée ($K_u > 20$ mmol/L) : **Pertes rénales**

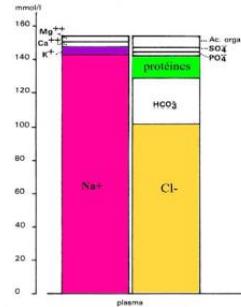
- Hyperaldostéronismes
- Tubulopathies
- Vmsts, aspiration gastrique (perte H⁺ Cl⁻) : natriurèse et kaliurèse associées à la bicarbonaturie ; hypok aggravée si + alcalose mbque

Cl⁻ - Le chlore

47

Hyperchlorémies

- hypertonicité plasmatique : hypernatrémie
- apport excessif Cl
- remplacement d'anions si ∇ HCO₃⁻
(acidose métabolique ou compensation alcalose respiratoire)



Hypochlorémies

- hypotonicité plasmatique : hyponatrémie
- fuite digestive ou rénale
- \nearrow HCO₃⁻ (alcalose métabolique ou compensation acidose respiratoire)

A RETENIR

48

- Penser à faire réaliser un **ECG** en cas de **dyskaliémie** ; risque **d'arrêt cardiaque** en cas d'hyperkaliémie
- La concentration de **HCO₃⁻** permet d'orienter vers un **trouble de l'équilibre acide-base**