

Equilibre acido-basique

Particularités néonatales

M. Kalenga
Néonatalogue
2023

Objectif pédagogique de la leçon :

- Présenter les particularités de l'équilibre A – B en période néonatale

Prérequis :

- Connaissance des notions de base sur l'équilibre A – B (leçon 1 et 2 Prof. JR Makulo). Les principes physiologiques présentés s'appliquent à tous âges.

Essentiel des notions de base (rappel)

L'équilibre A – B (dont le pH en est le principal indicateur) est un déterminant majeur de la physiologie du milieu intérieur et du fonctionnement des organes. Il est régulé par 3 principaux systèmes :

1. Les systèmes tampon :

- **Extracellulaire** : majoritairement **acide carbonique/bicarbonate** ($\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$) qui est le plus important de l'organisme.
- **Intracellulaire** : surtout **érythrocytaire**. La transformation **Hb** → **HbO₂** libère des ions H^+ qui s'associent aux ions $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ **éliminé au niveau des poumons**.

Autres : **ostéocytes** via les sels de calcium

2. Le système respiratoire : l'oxydation mitochondriale des acides organiques $\rightleftharpoons \text{CO}_2$ qui est éliminé via les poumons (charge acide volatile)

3. Le système rénal :

- Le métabolisme des acides fixes \rightleftharpoons **ions H^+ éliminés par les urines** (tube collecteur) en échange du Na^+ qui est retenu avec l'intervention du phosphate d'origine osseuse.
- Dans les urines les H^+ se fixent sur les phosphates monoacides (tamponnement) → acidité titrable ; Ou Ils se lient à l'ammoniac $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4^+$, éliminés sous forme de NH_4Cl .
- Le tubule proximal du néphron **réabsorbe aussi les ions HCO_3^- filtrés et en régénère**.

Néonatalogie : particularités

- Le nouveau-né = de la naissance à 28 jrs de vie
- L'âge gestationnel (calculé en semaines et jours post-conceptionnels) détermine le niveau de **maturation structurelle et fonctionnelle**,

- Nné à terme : ≥ 37 sem
- Nné prématuré : $< 37^{0/7}$ sem
 - $32^{0/7} - 36^{6/7}$: prématurité légère
 - $< 32^{0/7}$: grande prématurité
 - $< 28^{0/7}$: prématurité extrême

- Limite de la viabilité : entre 23 et 25 semaines

Maturation
anatomique et
fonctionnelle

Fréquence et
gravité des
troubles

Particularités néonatales de l'équilibre A-B

La différence se marque sur 3 aspects :

1. Physiologie et anatomie de transition
2. Causes spécifiques à la période néonatale
3. Approche thérapeutique des troubles de l'équilibre A-B

Anatomie et physiologie de transition

Caractéristiques de la période de transition :

- Une immaturité anatomique
- Une immaturité physiologique

Transition

La maturation est un processus continu qui ralentit au-delà de l'enfance



Foetus



Nouveau-né



Enfant



Adulte

Anatomie et physiologie de transition

Immaturité des systèmes de régulation de l'équilibre acidobasique :

- pH à composante acide légèrement dominante
- Immaturité du système respiratoire
- Immaturité du système rénal

Une prédisposition plus grande à une déstabilisation des systèmes tampons explique un plus grand risque de complications graves

Surtout chez les nouveau-nés prématurés

Anatomie et physiologie de transition

Le système respiratoire néonatal (1)

Avant la naissance :

- Poumon rempli de liquide pulmonaire ; alvéolisation incomplète
- pH légèrement acide (ci-dessous)
 - + légère hypercapnie
 - + légère baisse des bicarbonates

A la naissance :

- Résorption trans-épihéliale du liquide pulmonaire pendant le travail sous l'effet des catécholamines, puis lors des premières inspirations

- Cordon ombilical :

pH : $7,28 \pm 0,001$ / PCO_2 : $54,05 \pm 0,15$ mmHg / HCO_3^- : 24,5 mmol.L

Normalisation progressive du pH

- La multiplication alvéolaire (maturation) $\Leftrightarrow \pm 2$ ans
- Le volume pulmonaire totale augmente avec la cage thoracique \Leftrightarrow âge adulte

Anatomie et physiologie de transition

Le système respiratoire néonatal (2)

Fragilité des mécanismes respiratoires de régulation de l'équilibre A-B :

1. La régulation via les chémorécepteurs encore immature est rapidement dépassé
2. **Prématurité** → déficit en surfactant ; apnées d'origine centrale
3. **Asphyxie périnatale** = anoxo –ischémie pendant le travail et l'accouchement avec maladaptation à la naissance
 - ⇒ Dépression respiratoire (respiration inefficace ou absente)
 - ⇒ Aggravée si inhalation méconiale ← inspiration (gasp) dans un liquide amniotique méconial in utero
4. **Imprégnation médicamenteuse** (ex anesthésie générale maternelle)
 - ↳ Accumulation du CO₂ (hyercapnie) = rétention des ions H⁺
= ↓ pH = acidose respiratoire

Anatomie et physiologie de transition

Le système rénal néonatal

- La néphrogenèse s'étend de la 10^{ème} à la 35^{ème} semaine de gestation; la maturation de la fonction rénale se poursuit au cours de la 1^{ère} année de vie

⇒ Chez le nouveau-né :

- Formation insuffisante de NH_4^+ et d'acidité titrable
- Fonctions tubulaires immatures, **surtout chez le prématuré** :
 - Faible capacité de concentration des urines
 - Faible excrétion d'acides fixes (acidité titrable)
 - Faible rétention du Na^+
 - Faible réabsorption et faible régénération du HCO_3^-

→ Grande prédisposition à l'acidose métabolique

Conséquences de l'acidose chez le nouveau-né

(condition courante en soins intensifs néonataux)

- Vasodilatation périphérique (↓ réactivité vasculaire artériel)
Mécanisme : ↓ Ca⁺⁺ intracellulaire et ↑ activité de la voie de signalisation NO endothélium vasculaire
 - ⇒ Dépression cardio-vasculaire et baisse de la réponse aux amines vasopresseurs
 - ⇒ Majoration du risque d'hémorragie intraventriculaire
- Vasoconstriction pulmonaire aggravation de l'hypoxémie et risque d'hypertension artérielle pulmonaire (HTAP)
- Déviation droite de la courbe de dissociation de l'hémoglobine ⇒ baisse de l'affinité pour l'oxygène
- Hyperkaliémie
- Altération des mécanismes de défenses
- ...

Causes courantes de l'**acidose** en période néonatale

Conditions liées à l'accouchement

- Asphyxie périnatale (hypercapnie et hypoperfusion tissulaire) → acidose mixte
- Pathologies maternelles : diabète → acidose métabolique
- Médication maternelle : acetazolamide (Diamox®) → acidose métabolique
anesthésiques → acidose mixte

Causes courantes de l'**acidose** en période néonatale

Conditions néonatales

- Détresse respiratoire d'étiologies variées → acidose respiratoire
- Grande et extrême prématurité : perte tubulaire et faible régénération rénales de HCO_3^- , alimentation parentérale totale → acidose métabolique
- Stress thermique (hypothermie) → acidose métabolique
- Sepsis, Hypovolémie → acidose métabolique
- Extravasation sanguine / hémorragie intraventriculaire → acidose métabolique
- Persistance du canal artériel, Cardiopathies congénitales : hypoperfusion splanchnique (et rénale) → acidose métabolique

Causes spécifiques rares de l'acidose en période néonatale

- **Erreurs innées du métabolisme** : mutations de gènes affectant l'activité de certaines protéines (enzymes, transporteurs, protéines de structure) → accumulation du substrat non métabolisé (AA, glucides, AG, purines, pyrimidines ...), déficit du métabolite ± déviation du métabolisme → acide lactique.

⇒ **acidose métabolique, un des signes annonciateurs**

(associée ou pas à d'autres anomalies métaboliques : hypoglycémie, cétose, hyperamoniémie, hyperlactatémie ...)

Révélation souvent néonatale, après introduction de l'alimentation

Note sur l'asphyxie périnatale

Situation résultant d'une altération des échanges gazeux utéroplacentaires avec risque d'encéphalopathie anoxo-ischémique sévère

Physiopathologie complexe \Rightarrow **acidose majeure**

- **Initialement** : défaut d'instauration d'une respiration efficace
 \rightarrow **Accumulation du CO_2 (hypercémie)** = **rétenion des ions H^+**
= **\downarrow pH = acidose respiratoire**

Situation réversible si instauration rapide d'une respiration adéquate

Peut être aggravée si inhalation méconiale.

- **Si les perturbations perdurent** \rightarrow une anoxo-ischémie s'installe
 \Rightarrow **Métabolisme anaérobie + lactacidémie = \downarrow pH \rightarrow acidose métabolique**
 $\Rightarrow \Rightarrow$ ACIDOSE MIXTE

Le pH eucapnique (pHeuc)

A la naissance, le pH artériel ombilical permet d'évaluer le bien être du bébé et de prédire ± le devenir neurologique.

Seuil de gravité : pH < 7.20

Acidose sévère = pH < 7.00 → risque d'encéphalopathie avec lésions irréversibles

La composante **métabolique** de l'acidose détermine le risque de séquelles neurologiques ou de décès.

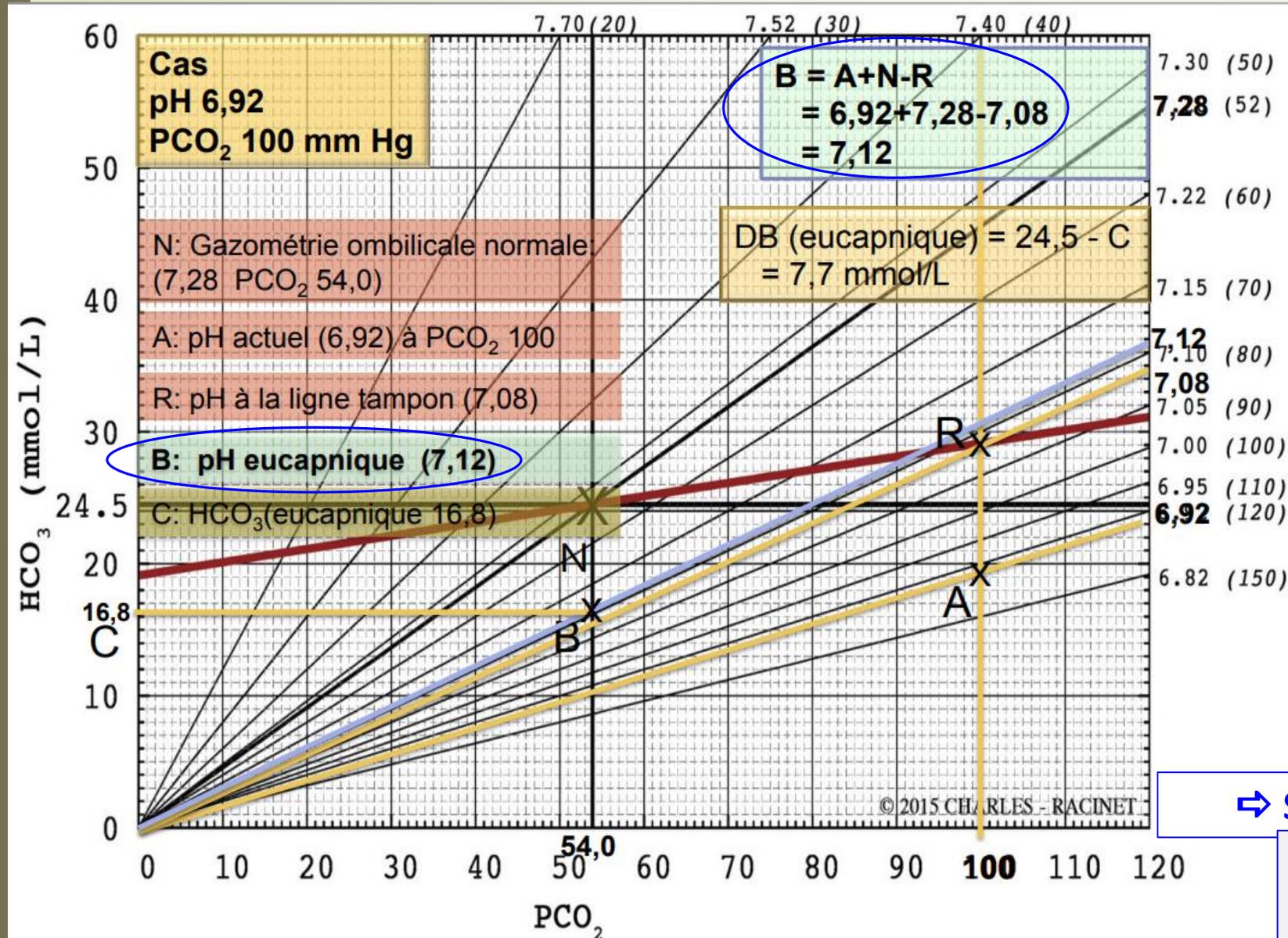
Ainsi, apprécier cette composante métabolique du pH est important pour juger du pronostic.

D'où la notion de **pH eucapnique** = normalisé pour la pression partielle en CO₂ (P_{CO2})

C. Racinet 2013

M.Kalenga 2023

pH eucapnique : Diagramme de Racinet – Charles, 2016



Calcul simplifié du pH eucapnique

pCO ₂ (mmHg)	Valeur à ajouter au pH
70	0,80
75	0,10
80	0,12
85	0,14
90	0,16
95	0,175
100	0,19
105	0,205
110	0,22

⇒ Seuil de sévérité = pH eucapnique < 7.10

Dans l'exemple sur le diagramme, :
 pH 6.92 avec pCO₂ 100 mmHg
 → pH eucapnique = 7.12

Prise en charge des troubles de l'équilibre A – B chez le Nné

Mesures préventives : dépistage des conditions à risque

- Dépistage prénatal : recherche de mutations connues
 - Sur liquide amniotique ou sur sang du cordon
 - Sur sang maternel : Test prénatal non invasif (NIPT)
- Dépistage postnatal
 - Dépistage de masse : phénylcétonurie (test original de Guthrie), tyrosinémie, déficit en biotinidase, homocystinurie, leucinose et la galactosémie, + troubles de l'oxydation des acides gras et d'autres acidémies organiques : sang séché sur buvard
 - Dépistage individualisé selon risques dans la famille : analyse ADN

Approches thérapeutiques des troubles A-B du nouveau-né

Mesures générales = priorité de la PEC

- Instaurer/optimaliser le support respiratoire
 - ⇒ correction de la composante respiratoire (épuration du CO₂)
- Optimiser le support hémodynamique
 - corriger déshydratation éventuelle
 - Optimiser le volume sanguin
- Transfusion si nécessaire
- ...

Approches thérapeutiques des troubles A-B du nouveau-né

Alcalinisation

- **Bicarbonate de sodium (NaHCO_3):**

Pas ou peu de place dans l'asphyxie périnatale

Risques :

- Hypercapnie par accumulation de CO_2 → Acidose paradoxale
- Hypermnatrémie (1 mL de NaHCO_3 à 8,4% = 1 mmol de Na^+).
→ hyperosmolarité, risque d'hémorragie intraventriculaire
- Hypocalcémie avec ses conséquences

Indications spécifiques de NaHCO_3 :

- Acidose par pertes d'ions bicarbonates par les urines (pertes tubulaires chez le grand prématuré) ou par les selles
- Acidose sévère ($\text{pH} < 7.20$) sans hypercapnie ne répondant pas aux mesures générales

Approches thérapeutiques des troubles A-B du nouveau-né

Alcalinisation

- **THAM** (trishydroxyméthyl-amino-méthane) : $C_4H_{11}NO_3$

Tampon synthétique essentiellement extracellulaire, réduction du CO_2

Élimination rénale

Effets secondaires : vasodilatation, hyperkaliémie, hypoglycémie, dépression respiratoire, nécrose vasculaire

En raison de l'hyperosmolarité des tampons courants, l'alcalinisation doit idéalement se faire sur une voie veineuse centrale.

Prise en charge des erreurs innées du métabolisme

Mesures spécifiques :

- Régime restrictif pour une substance dont le métabolisme est déficiente
- Administration d'un enzyme manquant ou d'un médicament pour renforcer l'activité enzymatique
- Autres : greffe d'un organe et thérapie génique
- Parfois nécessité d'épuration extrarénale

En bref

- L'immaturité fonctionnelle et anatomique aggravée parfois par certaines conditions particulières de la naissance prédisposent aux troubles de l'équilibre A – B en période néonatale. L'évaluation de cet équilibre est ainsi un indispensable des soins intensifs néonataux.
- Dans la grande majorité des cas, les mesures générales avec restauration des fonctions respiratoires et hémodynamiques permettent la correction des troubles de l'équilibre A – B chez le nouveau-né.
- Le recours aux tampons thérapeutiques doit rester exceptionnel car non dénué de complications parfois graves.
- La prise en charge des erreurs innées du métabolisme requiert souvent l'avis d'un expert pédiatrique en maladie métabolique.