



HAL
open science

Facteurs prédictifs du pH au cordon à la naissance

Olga Malai

► **To cite this version:**

Olga Malai. Facteurs prédictifs du pH au cordon à la naissance. Gynécologie et obstétrique. 2018. dumas-02483355

HAL Id: dumas-02483355

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02483355v1>

Submitted on 18 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DE VERSAILLES-SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES

U. F. R. des Sciences de la Santé Simone Veil

ÉCOLE DE SAGES-FEMMES – HÔPITAL DE POISSY

Mémoire pour obtenir le

Diplôme d'État de Sage-Femme

Présenté et soutenu publiquement

Le 19/09/2018

Par

MALAI Olga

Facteurs prédictifs du pH au cordon à la naissance

DIRECTEUR DU MÉMOIRE :

Dr GAVARD Laurent

Praticien Hospitalier, L. Mourier

Colombes

LE JURY : HERICHER Eléonore -

SF enseignante

ETCHEMENDIGARAY Christine -

Directrice de l'école de SF

BERVEILLER Paul -

PHU CHIPS

AVERTISSEMENT

Ce mémoire est le fruit d'un travail approuvé par le jury de soutenance et réalisé dans le but d'obtenir le diplôme d'Etat de sage-femme. Ce document est mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite expose son auteur à des poursuites pénales.

REMERCIEMENTS

Je souhaite adresser mes remerciements aux personnes m'ayant apporté leur aide lors de l'élaboration de ce mémoire :

- Je tiens à remercier en premier lieu Docteur Laurent Gavard qui a accepté de diriger ce mémoire. Un immense merci pour vos encouragements, vos conseils, et le temps que vous m'avez accordé sans compter tout au long de la réalisation de ce travail. Votre recul et vos compétences dans le domaine de la recherche m'ont été très précieux pour mener à bien ce mémoire.
- Merci à toute l'équipe des archives de Louis Mourier de m'avoir permis d'accéder aux dossiers de la maternité et de m'avoir aider pour la sélection de ceux-ci.
- Merci à la SF Pauline Blanc-Petitjean pour sa précieuse aide lors de la réalisation de mes statistiques.
- Merci à mes professeurs Mme Anne Rousseau, Sophie Prudhomme, Sophie Baumman, pour tous leurs conseils.
- Merci à tous ceux qui m'ont encouragée et accompagnée pendant ces cinq années d'études de sage-femme et notamment lors de ce travail de mémoire.
- Un merci tout particulier à mes parents et ma famille pour leur présence, leur confiance et leur soutien inconditionnel.

SOMMAIRE

I. RÉSUMÉ	5
II. INTRODUCTION	7
1. Physiopathologie de l'acidose néonatale et exploration de l'équilibre acido-basique (EAB) du fœtus à la naissance.	8
2. Principes de diagnostic et de surveillance d'un pH néonatal bas	10
3. Facteurs prédictifs de l'acidose néonatale	13
III. MATÉRIEL ET MÉTHODES	18
1. Hypothèse et Objectif	18
2. Le type d'étude et la Population	18
3. Stratégie d'analyse	20
4. Obligations éthiques et réglementaires	22
IV. ANALYSE STATISTIQUE ET RÉSULTATS	23
1. Description générale de la population d'étude	23
2. Principaux résultats	24
V. DISCUSSION	37
1. Résumé des résultats	37
2. Discussion des résultats	38
3. Les points forts	44
4. Limites et biais	45
5. Implications et perspectives	46
VI. CONCLUSION	47
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	49
ABRÉVIATIONS	54
ANNEXE	55

Facteurs prédictifs du pH au cordon à la naissance

Résumé

Contexte : La survenue d'un pH bas en salle de naissance reste un événement difficile à prévoir, et est associée à de nombreux facteurs liés aux caractéristiques des patientes, aux modalités du travail et aux pratiques obstétricales. Il est parfois difficile de distinguer une réponse physiologique d'adaptation fœtale d'une véritable souffrance fœtale justifiant un examen de seconde ligne ou une extraction rapide.

Objectif: Identifier les facteurs de risque en ante et per-partum associés au pH bas au cordon à la naissance et les intégrer dans un modèle prédictif de ce pH, pour chercher à améliorer la prise en charge obstétricale des patientes potentiellement à risque, et ainsi potentiellement réduire le risque d'acidose fœtale et de complications néonatales associées.

Matériels et méthodes: Il s'agit d'une étude descriptive, rétrospective, monocentrique, réalisée sur la population de l'Hôpital Louis Mourier, maternité de niveau III à Colombes. La population a été choisie en fonction du pH à la naissance, répartie en 10 tranches de pH, retenant au final 195 dossiers. Nous avons cherché à identifier les facteurs prédictifs d'acidose néonatale, analyser les 195 ERCF et les intégrer dans un modèle prédictif de ce pH.

Résultats: Cette étude a permis d'identifier les facteurs de risque associés à une baisse du pH en analyse univariée: nulliparité, accouchement par voie basse instrumentale, liquide amniotique méconial, tracé cardiaque fœtal anormal pendant le travail (selon la classification du CNGOF) et lors des efforts expulsifs (selon la classification du Gilstrap), suspicion de RCIU et poids de naissance <10e percentile. L'analyse avec régression logistique conditionnelle a permis de contrôler les facteurs de risques significatifs ($p < 0,2$) et a retrouvé comme facteurs dépendants prédictifs du pH néonatal : tracé cardiaque fœtal anormal de type 1, 2 et 3 pendant la phase 2 du travail, les RCF de type ralentissements périodiques, bradycardie 90-110/min, bradycardie < 90min lors des efforts expulsifs. La durée des anomalies du RCF était corrélée au pH de manière significative. L'équation linéaire multiple comportant les variables ayant obtenu un $p \leq 0.20$ lors de l'analyse multivariée avait une valeur du R^2 à 0.44 ($p < 0.0001$). Le pH a été correctement prédit dans 77% des cas.

Conclusion: Cette étude a permis de créer un des premiers modèles prédictif du pH basé essentiellement sur le RCF. D'autres variables restent à identifier pour l'améliorer.

Mots-clés: acidose néonatale, pH au cordon, facteurs prédictifs, Rythme cardiaque fœtal

Predictive factors of umbilical cord blood pH at birth

Abstract

Context: The occurrence of a low pH in the delivery room remains a difficult event to predict, and is associated with many factors related to patient characteristics, terms of labor and delivery practices. Sometimes it's difficult to distinguish a physiological response of fetal adaptation from a true fetal distress which would scrutinize second line or fast extraction.

Objective: Identifying risk factors in ante and intrapartum associated with low cord pH at birth and integrate them into a predictive model of this pH, in seeking to improve the obstetric management of potentially at-risk patients, thus potentially reduce the risk of fetal acidosis and associated neonatal complications

Materials and Methods: This is a descriptive, retrospective, monocentric study performed on the population of Louis Mourier Hospital, Level III maternity hospital in Colombes. The population was selected according to the pH at birth, distributed into 10 slices pH, holding the final 195 files. We sought to identify the perinatal factors predictive of neonatal acidosis, analyze the 195 ERCF and integrate them into a predictive model of this pH.

Results: This study identified risk factors associated with decreased pH in univariate analysis: nulliparity, instrumental vaginal delivery, meconium amniotic fluid, abnormal fetal heart pattern during labor (as classified by CNGOF), and expulsive efforts (according to Gilstrap classification), suspicion of IUGR (Intrauterine growth restriction) and <10th percentile birth weight. Conditional logistic regression analysis was used to control significant risk factors ($p < 0.2$) and was found as independent predictive factors of neonatal pH: abnormal fetal cardiac pattern of type 1,2 and 3 during phase 2 of work, periodic slowdown type FHR, bradycardia 90-110 / min, bradycardia <90min during expulsive efforts. The duration of RCF abnormalities was correlated significantly with pH. The multiple linear equation containing variables having obtained $p < 0.2$ during the multivariate analysis had a value of R^2 in 0.44 ($p < 0.0001$). The pH was correctly predicted in 77% of cases.

Conclusion: This study allowed to create one of the first models predictive of the pH based essentially on the FHR. Other variables remain to identify to improve it.

Key-words: Neonatal acidosis, neonatal pH, predictive factors, Fetal heart rate

I. INTRODUCTION

Le pH artériel au cordon ombilical à la naissance est considéré comme un élément majeur de l'évaluation du nouveau-né et fait partie, à ce titre, des examens préconisés de manière systématique pour toute naissance par les recommandations pour la pratique clinique (RPC) du CNGOF [1] [2]. En effet, la mesure des gaz du sang du cordon, réalisée quotidiennement par les sages-femmes en salle de naissance, est un reflet de l'oxygénation du fœtus au cours du travail permettant ainsi de faire le diagnostic d'acidose néonatale [3].

Selon l'étude de Victory *et al.*[4], les valeurs normales des pH artériel au cordon sont de 7,24 +/- 0,07. En cas de perturbation des échanges gazeux materno-fœtaux au cours du travail, une acidose métabolique peut survenir témoignant d'une agression hypoxique prolongée et conséquence des mécanismes d'adaptation du fœtus à cette agression. Si l'acidose fœtale est définie par un pH artériel au cordon inférieur à 7,15 à la naissance [5], de nombreux auteurs s'accordent sur le fait que le risque de complications néonatales est significativement plus important pour les pH < à 7,00 associé à un déficit de base > 12 mmol/l [3] [6] [7]. La fréquence des acidoses néonatales avec un pH < 7,00 se situe autour de 0,5 % des naissances à terme [1].

Un pH au cordon <7 est un des critères permettant de faire le diagnostic d'asphyxie intra-partum [8], qui peut être responsable de complications néonatales sévères avec de lourdes conséquences à long terme chez l'enfant [6].

Dans un but de prévention de la survenue d'une acidose métabolique, la surveillance per-partum repose principalement sur l'analyse du rythme cardiaque fœtal (RCF) pendant le travail afin de dépister les situations à risque d'asphyxie per-partum [9] [10].

Il est parfois difficile de distinguer une réponse physiologique d'adaptation fœtale d'une véritable souffrance fœtale justifiant un examen de seconde ligne ou une extraction rapide.

La survenue d'un pH bas en salle de naissance reste donc un événement difficile à prévoir, et est associée à de nombreux facteurs liés aux caractéristiques des patientes, aux modalités du travail et aux pratiques obstétricales [11].

Au cours de mes stages en salle de naissance, j'ai pu constater une variabilité dans la prise en charge des patientes qui présentent des anomalies du RCF pendant le travail, ou qui sont dans un contexte obstétrical potentiellement à risque d'acidose néonatale, et les difficultés que l'on peut avoir à prédire à la fois l'état néonatal et le pH au cordon de l'enfant à la naissance.

L'étude que m'a proposée de réaliser le Dr Laurent Gavard, Praticien Hospitalier à l'hôpital Louis Mourier de Colombes, visant à étudier les facteurs associés au pH artériel au cordon à la naissance et à les intégrer dans un modèle prédictif de ce pH, m'a donc paru être un moyen pertinent pour chercher à améliorer la prise en charge obstétricale des patientes potentiellement à risque, et ainsi potentiellement réduire le risque d'acidose fœtale et de complications néonatales associées.

1. Physiopathologie de l'acidose néonatale et exploration de l'équilibre acido-basique (EAB) du fœtus à la naissance.

L'altération des échanges gazeux fœto-placentaires entraîne une diminution d'apport d'oxygène avec pour conséquence une hypoxémie, une hypoxie, une acidose et à un stade ultime, l'asphyxie. À chaque étape, le fœtus va mettre en œuvre des mécanismes de défense.

L'hypoxémie se définit comme la baisse de la teneur en pO₂ dans le sang artériel circulant. Si le déficit en oxygène persiste, on aboutit à une hypoxie, c'est-à-dire une diminution d'O₂ au niveau des tissus périphériques [12]. L'hypoxie fœtale peut se produire lorsque l'oxygénation maternelle est compromise, que la perfusion maternelle du placenta est réduite ou que l'administration de sang oxygéné du placenta au fœtus est entravée. Le phénomène d'acidose métabolique s'installe après une exposition prolongée à l'hypoxie: il est donc plus long à l'installation mais aussi à la disparition [13]. Lorsque tous les mécanismes de compensation sont dépassés, l'asphyxie s'installe.

Une acidose per-partum est objectivée par la mesure des gaz du sang au cordon ombilical, à la naissance [13] [14].

L'analyse de l'EAB à partir des prélèvements du cordon ombilical est actuellement considérée comme l'examen de référence pour le diagnostic de l'acidose périnatale. Celui-ci repose sur le prélèvement du sang de l'artère ombilicale avec l'association de 2 critères : un pH < 7 unités et un DB ≥ 12 mmol/l [15].

Une mesure du pH seul est insuffisante. L'analyse des gaz du sang est particulièrement importante pour authentifier l'acidose métabolique ou l'éliminer.

Selon l'étude de Victory et al. [4], sur 20 456 singletons à terme, les valeurs normales des pH et des excès de base au cordon sont les suivantes :

— artériel : pH = 7,24 +/- 0,07, BE = 5,6 +/- 3,0 mmol/l,

— veineux : pH = 7,33 +/- 0,06, BE = 4,5 +/- 2,4 mmol/l.

On parle d'acidose, généralement, pour un pH < 7,15. Une acidose grave est définie par un pH < 7 sur l'artère ombilicale, et témoigne d'un trouble des échanges gazeux placentaires susceptible d'être associé à des séquelles neurologiques [16].

Une acidose peut avoir deux origines éventuellement associées : respiratoire et métabolique. Il est reconnu que la composante la plus à risque pour le fœtus et le nouveau-né est l'acidose métabolique, diagnostiquée par le déficit de base supérieur à 12 mmol/l ou un taux de lactates > 7 mmol/l au cordon, est susceptible d'être associée à des lésions hypoxo-ischémiques du cerveau [17]. L'accumulation d'acide lactique peut épuiser le système tampon et entraîner une acidose métabolique associée à un faible pH fœtal, une détresse fœtale et un faible score d'Apgar [13]. Le phénomène est long à apparaître mais aussi à disparaître, le taux d'acide lactique pouvant rester élevé plusieurs heures après correction de l'hypoxie et participer à la constitution de lésions viscérales parfois irréversibles.

Pour compenser et préserver ses fonctions nobles, le fœtus augmente sa réponse sympathique. La libération de catécholamines provoque une vasoconstriction périphérique et une redistribution du sang vers le cerveau et le cœur, dont le fonctionnement est prioritairement maintenu aux dépens de la circulation périphérique. Enfin l'asphyxie survient lorsque les capacités d'adaptation du fœtus sont dépassées. Cependant, l'asphyxie aiguë périnatale est malgré tout une cause minoritaire de l'encéphalopathie néonatale, et très minoritaire de la paralysie cérébrale [18].

Cependant, l'asphyxie aiguë périnatale est malgré tout une cause minoritaire de l'encéphalopathie néonatale et très minoritaire de la paralysie cérébrale (10%), les 90% sont secondaires à des événements antérieurs au travail [18].

Pour établir ce lien de causalité il faut utiliser tous les moyens à notre disposition capables de diagnostiquer ce type d'asphyxie. Les recommandations de pratique clinique (RPC) publiées en 2007 sur le sujet permettent une vision globale des différentes méthodes à notre disposition. Selon les dernières recommandations du CNGOF « *il est souhaitable de réaliser systématiquement une gazométrie au cordon (artérielle et si possible veineuse). Si sa réalisation systématique n'est pas possible, il est recommandé de l'effectuer en cas d'anomalies du RCF* » [1].

2. Principes de diagnostic et de surveillance d'un pH néonatal bas

Il est absolument évident qu'aucun paramètre de surveillance du travail ne dispose à lui seul d'une valeur statistique suffisante (valeur prédictive négative, valeur prédictive positive, sensibilité, spécificité) pour être capable d'évaluer parfaitement la situation et les événements anténataux, et prédire le risque néonatal. La plupart des paramètres dont nous disposons ont une bonne sensibilité et une faible spécificité, à l'exemple du RCF [10].

Dans un but de prévention de la survenue d'une acidose métabolique, la surveillance per-partum repose principalement sur l'analyse du rythme cardiaque fœtal (RCF) pendant le travail afin de dépister les situations à risque d'asphyxie per-partum [9] [10]. Selon HAS, en 2002 le monitoring fœtal en France prenait place dans 99% des suivis de travail. Cette surveillance peut être continue ou intermittente.

L'analyse du RCF comporte un taux élevé de faux positifs pour la prédiction de l'acidose fœtale et les aspects non rassurants ou intermédiaires nécessitent la mise en œuvre de moyens dits de second niveau pour préciser l'état fœtal (comme la mesure du pH au scalp) [10]. Malgré la faible spécificité du RCF, la survenue d'anomalies au cours du travail, et en particulier de décélérations, reste l'un des facteurs de risque d'acidose profonde les plus importants. Une variabilité diminuée et les ralentissements tardifs présentent des éléments non rassurants en cas de RCF intermédiaire. Une variabilité absente ou minimale est un aspect lié à l'acidose, qu'elle soit isolée ou associée à des ralentissements tardifs avec perte des accélérations [19] [20] [21] [22] [23].

L'analyse du rythme cardiaque fœtal (RCF) est un exercice difficile et propice à de nombreuses interprétations subjectives, conduisant à une grande variabilité d'analyse inter et intra-observateurs [24].

De nombreuses classifications du RCF ont été établies afin de tenter de limiter cette variabilité. Les classifications prises en compte aujourd'hui sont celle du Collège national des gynécologues et obstétriciens français (CNGOF) et celle de la Fédération internationale de gynécologie obstétrique (FIGO) [25].

Afin d'analyser le tracé du RCF, cinq critères sont utilisés par l'ensemble des sociétés savantes : le rythme de base, la variabilité, la réactivité, les ralentissements et la tocométrie (externe ou interne). Ils sont à évaluer régulièrement au cours du travail et à noter sur le partogramme. Il est indispensable que l'enregistrement du RCF et de l'activité utérine soient de bonne qualité afin que l'analyse soit juste.

La classification du RCF proposée par le CNGOF en 2007 comporte 5 catégories :

- rythme normal (peu ou pas de risque d'acidose) ;
- risque faible d'acidose ;
- risque d'acidose ;
- risque élevé d'acidose ;
- risque majeur d'acidose.

Dans un but de faciliter son application, Carbonne *et al* en 2013 ont publié un tableau de synthèse de cette classification à 5 niveaux, comportant des codes couleur en fonction de la sévérité du risque [26] (Tableau 1). Ces recommandations ont eu l'avantage d'homogénéiser les terminologies et les principes d'analyse du RCF. Elles sont appliquées aujourd'hui dans de nombreuses maternités en France.

Tableau 1 : Classification du rythme cardiaque fœtal selon le CNGOF (recommandations pour la pratique clinique CNGOF 2007)

Dénomination CNGOF	RDB (bpm)	Variabilité	Accélérations*	Ralentissements
Normal	• 110 - 160 bpm	• 6-25 bpm	• Présentes	• Pas de ralentissements
Quasi-normal - Faible risque d'acidose	• 160-180 bpm • 100-110 bpm	• 3-5 bpm < 40 min	• Présente ou absentes	• Précoces • Variables (<60 sec et 60 bpm d'amplitude) • Prolongé isolé < 3 min
	L'association de plusieurs critères fait passer à un RCF intermédiaire			
Intermédiaire - Risque d'acidose	• > 180 bpm isolé • 90-100 bpm	• 3-5 bpm > 40 min • >25 bpm	• Présentes ou absentes	• Tardifs non répétés • Variables (>60 sec et ≥ 60 bpm d'amplitude) • Prolongé > 3min
	L'association de plusieurs critères fait passer à un RCF pathologique			
Pathologique - Risque important d'acidose	• > 180 bpm si associé à autre critère • < 90 bpm	• 3-5 bpm > 60 min • Sinusoidal	• Présentes ou absentes	• Tardifs répétés • Variables > 60 sec ou sévères • Prolongé > 3min répétés
Preterminal - Risque majeur d'acidose	• Absence totale de variabilité (< 3bpm) et de réactivité avec ou sans ralentissements ou bradycardie			

* La présence d'accélération a un caractère rassurant. L'absence isolée d'accélération n'est pas considérée en soi comme pathologique.

- **L'analyse du RCF pendant la phase d'expulsion et la prédiction d'une acidose néonatale.**

La phase expulsive est à haut risque pour le fœtus. En effet, si pendant la phase passive le fœtus n'est soumis qu'aux forces mécaniques automatiques (contractions utérines), il est soumis pendant la phase active aux forces mécaniques volontaires (efforts expulsifs). Ces deux forces augmentent la pression intra-amniotique jusqu'à des valeurs qui peuvent atteindre 250 mmHg et qui diminuent la perfusion placentaire et funiculaire. Les échanges en O₂ et en CO₂ diminuent avec d'une part, une augmentation du taux fœtal en CO₂ (acidose respiratoire) et d'autre part, une diminution des apports en O₂ (acidose métabolique) [27]. Le pH diminue de 0.01 à 0.02 unités par effort de poussée [28].

Les efforts expulsifs ou phase active du deuxième stade du travail sont depuis les dernières recommandations du Collège des Gynécologues et Obstétriciens Français (CNGOF) en 2007 limités à une durée de 30 minutes avec un Rythme Cardiaque Fœtal (RCF) normal. Au-delà de cette durée, les recommandations incitent à une extraction instrumentale « *Les études faites sur l'expulsion ne permettent pas de donner des recommandations précises sur la durée des efforts expulsifs. Elles permettent cependant de dire qu'il est préférable d'envisager une extraction instrumentale en l'absence d'anomalies du RCF quand la durée de l'expulsion dépasse la moyenne admise (30 minutes chez la primipare) pour cette phase* » [29]

Les anomalies du rythme cardiaque fœtal sont très fréquentes pendant la deuxième phase du travail et sont rapportées dans 75 à 95 % des cas [30]. Krebs et al. [31] ont rapporté 14 % de ralentissements uniformes précoces, 5 % de ralentissements tardifs et 53 % de ralentissements variables. Selon Melchior [32], en phase d'expulsion, les tracés normaux représentent moins de 25 % des cas. À l'inverse, la sensibilité des anomalies du RCF pour dépister une acidose pendant la deuxième phase du travail n'est pas de 100 %. Ainsi Honjo et Yamaguchi en utilisant les définitions de l'Institut national de santé américain (NICHD) ont rapporté 1,3 % d'acidose métabolique ou mixte alors que le RCF était normal [33] [34].

L'interprétation du RCF est particulièrement difficile pendant l'expulsion. La distinction entre bradycardie et ralentissement prolongé est donc parfois très difficile. Lors de l'expulsion, la compression de la tête peut stimuler fortement les réflexes vagues et entraîner des ralentissements uniformes précoces, des ralentissements prolongés ou des bradycardies

d'installation rapide, tandis que la compression du cordon entraîne des ralentissements variables.

Plusieurs classifications ont été utilisées dans les études qui concernent la deuxième phase du travail. La classification de **Gilstrap**, qui porte sur les anomalies du RCF lors des efforts expulsifs, s'intéresse aux bradycardies et aux tachycardies. Dans son étude, le type d'acidémie (pH artériel ombilical inférieur à 7,2) survenant chez les nouveau-nés présentant des anomalies de la fréquence cardiaque fœtale de base au deuxième stade, a été évalué chez 277 grossesses à terme. Une acidémie artérielle ombilicale est survenue chez 40% des nouveau-nés présentant une bradycardie modérée à sévère, 30% avec une bradycardie légère et 22% avec une tachycardie, contre seulement 6% de ceux avec un RCF normal, avec un $p < 0.05$ dans chacune des trois comparaisons. Cette étude a conclu que les anomalies RCF de deuxième stade de travail peuvent prédire quels nouveau-nés sont à risque accru d'avoir un pH artériel ombilical inférieur à 7,2 à la naissance. La détermination sélective du pH artériel ombilical et de l'analyse des gaz du sang peut être utile pour évaluer rétrospectivement la prise en charge intra-partum [35] [36].

Lors de l'expulsion, la sécurité fœtale passe non seulement par une analyse rigoureuse du rythme cardiaque fœtal mais aussi par l'optimisation des collaborations entre sage-femme et parturiente d'une part, entre sage-femme et obstétricien d'autre part.

Les anomalies du RCF sont un des principaux facteurs de risque d'acidose néonatale sévère. Cependant, l'asphyxie fœtale et l'encéphalopathie néonatale peuvent survenir dans plus de 60% des cas sans facteur de risque [37].

3. Facteurs prédictifs de l'acidose néonatale dans la littérature

Si les mécanismes de l'acidose fœtale, les critères diagnostiques de l'asphyxie per-partum et ses conséquences semblent aujourd'hui bien connus et relativement consensuels, les moyens de l'anticiper et de l'identifier au cours du travail sont limités et souvent pris en défaut.

L'examen des données existantes sur l'équilibre acide-base maternel-fœtal pendant la grossesse met en évidence les facteurs associés aux dérèglements de l'état acido-basique et à l'impact des dérangements sur l'issue fœtale [12].

Le RCF en particulier a une spécificité médiocre pris isolément, et nous allons chercher à identifier des facteurs de risque, associés à un pH bas à la naissance, dont la présence pourrait permettre d'améliorer la spécificité des tests diagnostiques.

En effet, l'étude réalisée par Pommereau-Lathelize et al. [38] a mis en évidence des facteurs anténataux et per-partum indépendamment associés à un pH artériel au cordon inférieur à 7,0 :

- un âge maternel supérieur à 35 ans
- un antécédent de décès périnatal
- un antécédent d'accouchement par césarienne
- une anesthésie générale
- un liquide méconial épais
- une rupture utérine
- des anomalies de RCF durant le travail

Ces facteurs sont associés à un risque plus élevé d'acidose mais leur valeur prédictive positive reste extrêmement limitée pris isolément [39].

Face à ces facteurs de risque, une vigilance accrue devra être de rigueur. Mais d'après les résultats de cette même étude, la très grande majorité des cas d'hypoxie aiguë survient chez des patientes à bas risque : les pathologies obstétricales ne contribuent qu'à une faible proportion des acidoses et asphyxies fœtales per-partum. Ainsi, la valeur prédictive positive de ces facteurs reste extrêmement limitée : la survenue d'une acidose néonatale profonde est un événement rare et difficile à prévoir [38].

Le contexte obstétrical (antécédents maternels et obstétricaux, présence d'un retard de croissance intra utérin, grossesse pathologique) et le déroulement du travail doivent être connus afin d'évaluer le risque d'acidose et d'adapter au mieux la conduite à tenir obstétricale. En cas de grossesse pathologique (HTA, pré éclampsie, diabète, allo-immunisation) ou de fœtus à risque (prématuré, retard de croissance intra-utérin, terme dépassé) le risque d'issue néonatale défavorable est en effet majoré [19]. En per-partum, des métrorragies, la survenue d'un hématome rétroplacentaire, une chorioamniotite, la présence de liquide amniotique méconial et l'hypercinésie utérine sont autant d'événements sentinelles aggravants.

Parmi les facteurs antepartum décrits dans la littérature, on retrouve **l'âge maternel** avancé, et notamment dans les études de Berglund, Badawi et Westgate [40] [41] [42]. Si Berglund retrouve un risque augmenté dès 30 ans, pour Badawi et al [41] c'est un âge ≥ 35 ans qui est décrit comme facteur de risque (FDR) avec un OR à 6.01 [1.28- 28.15], alors que pour Westgate [42] c'est un âge ≥ 41 ans qui est rapporté comme FDR avec un OR à 10.38 [2.12- 29].

La **nulliparité** est un facteur de risque d'acidose néonatale sévère, décrit dans l'étude de Westerhuis [43]. Une autre étude en population a retrouvé une multiplication par 5 du risque de convulsion néonatale chez les nullipares en rapport présumé à une asphyxie per-partum [34]. Dans cette situation, la durée généralement plus longue de la période du travail et de l'expulsion, exposent le fœtus à un risque plus élevé d'asphyxie.

L'antécédent d'**utérus cicatriciel** chez les patientes est significativement associé à la survenue d'acidose néonatale sévère, association retrouvée dans plusieurs études récentes dans la littérature [39] [43] [44].

Dans une étude irlandaise cas témoins réalisée en 2008 par Locatelli *et al.* [41], la présence de **pathologie vasculaire gestationnelle** était retrouvée comme facteur de risque associé d'acidose profonde. L'hypertension et la pré-éclampsie notamment, par le fait qu'il s'agit de pathologies vasculaires, induisent une baisse des échanges materno-fœtaux et donc peuvent aboutir à une hypoxie chronique.

Le **diabète gestationnel** a été rapporté également dans l'étude de Berglund *et al.* [40] et l'étude de Badawi *et al.* comme facteur de risque [41]. La pré-éclampsie est décrite par ce dernier comme un FDR d'acidose sévère avec un OR à 6.30 [2.25- 17.82] [41]. Parmi les critères qui semblent se dégager également comme facteurs de risque, on trouve dans l'étude de Badawi *et al.* [37] une anomalie de croissance à l'échographie de suivi de grossesse, notamment un **RCIU < 10^{ème} percentile**.

Quant aux facteurs de risque en per-partum, plusieurs auteurs ont montré que l'accouchement **après 41 SA** est en soi un facteur de risque de survenue d'acidose néonatale sévère, avec un risque majoré à 42 SA et au-delà [40] [41] [43].

Selon certaines études, l'utilisation de l'**ocytocine** est un facteur de survenue d'acidose sévère, notamment dans l'étude de Milsom *et al.* [19]. Ceci est expliqué par les effets de ce produit, en élevant la résistance vasculaire dans l'artère utérine et ombilicale, il entraîne ainsi une hyperstimulation, qui baisse les échanges placentaires. Une autre étude a retrouvé que l'emploi inadéquat de l'ocytocine augmente le taux d'acidose métabolique, le taux d'Apgar bas à 5 minutes et l'hospitalisation des enfants en soins intensif [45].

Concernant le **liquide amniotique méconial**, il est déjà reconnu comme associé à l'asphyxie néonatale par plusieurs études [19] [11] [38] [43] [46]. Par contre, sa présence n'est pas spécifique et n'est pas en soi un marqueur d'asphyxie. Quand l'hypoxie fœtale est

intermittente, l'activation du système sympatho-adrénergique se fait pendant les phases inter-critiques, ce qui entraîne une tachycardie fœtale et l'émission de méconium [47]. Ce marqueur peut être alors, utile comme signe d'alerte mais il n'est pas spécifique. Cependant l'existence d'un liquide teinté n'est pas suffisante pour considérer le fœtus comme à risque, car ce facteur n'est pas associé à l'acidose sévère. Des travaux comparant le taux des issues néonatales anormales, en cas de liquide clair et teinté, ont trouvé des taux similaires [47].

Badawi et *al.* [41] ont trouvé comme facteur de risque d'acidose sévère la **fièvre maternelle** pendant le travail dans leur étude, avec un OR = 3.82 [1.44 - 10.12].

Le tracé cardiaque anormal pendant le travail est le facteur le plus fortement associé à la survenue d'une acidose profonde, avec un OR allant de 7.25 [2.55-20.62] à 253 [26.70- 2397] selon les études [38] [42] [46] [48]. Toutefois, lors de l'analyse rétrospective, la présence d'anomalies du RCF sur le tracé ne veut pas dire forcément que la pratique d'une extraction plus précoce aurait pu éviter l'acidose sévère. En effet, les anomalies sont parfois de survenue brutale, en particulier en cas de complications aiguës (procidence du cordon, rupture utérine, hématome rétroplacentaire...) et dans ce cas, l'acidose est particulièrement fréquente malgré des décisions d'extraction fœtale rapides. La séquence anomalies du RCF-césarienne sous anesthésie générale-acidose témoigne alors juste de la gravité d'une situation qui est associée à une acidose [14].

Le **mode d'accouchement** est réputé jouer un rôle important dans la survenue d'une asphyxie per-partum. Dans la littérature, l'accouchement normal et la césarienne élective sont des facteurs protecteurs contre l'acidose sévère avec des OR à 0.31 [0.12- 0.76] [42] et 0.17 [0.05- 0.58] respectivement [41]. L'augmentation du taux de césarienne en cours de travail ne semble pas associée à une diminution du taux d'asphyxie per-partum. En effet, une étude irlandaise réalisée sur 77 350 nouveau-nés à terme a retrouvé que, malgré une augmentation du taux de césariennes de 6,9 à 15,1 % entre 1989 et 2000, le taux de mortalité périnatale n'avait pas changé (3,1/1 000) [49].

D'autre part, dans une cohorte italienne de De Franco, l'extraction par ventouse était un facteur associé à la survenue d'acidose sévère [50]. Ceci rejoint l'étude de Badawi qui montre qu'il y a 2.34 fois plus d'extraction instrumentale en cas d'asphyxie néonatale [41] et l'étude de Berglund qui trouve un taux élevé d'extraction instrumentale de 36,6% en cas d'acidose profonde [51]. Dans ces situations, il est bien sûr difficile de déterminer si l'acidose est liée à

l'extraction ou si l'extraction est juste le témoin d'une situation à risque d'acidose, auquel cas il est logique d'observer un lien entre acidose et extraction instrumentale.

Concernant les facteurs de risque en néonatal, Berglund dans son étude a retrouvé qu'un petit **poids de naissance** < 10^{ème} percentile était un facteur de risque d'acidose [51]. Cet auteur a également montré dans la même étude que le **poids de naissance** > 90^{ème} percentile est un facteur associé à la survenue d'acidose profonde.

Concernant le **score d'Apgar**, il faut souligner qu'un score bas à 5 minutes a une valeur pronostique basse concernant le devenir à long terme. Néanmoins, il est corrélé au devenir immédiat de l'enfant sous la forme d'une encéphalopathie anoxo-ischémique. La normalisation à cinq minutes d'un score d'Apgar bas à une minute n'est pas corrélée au devenir néonatal [52]. Dans l'étude cas-témoins de Hogan et al. [53] étudiant les nouveau-nés avec un score d'Apgar inférieur à 7 à 5 minutes, 70 % des nouveau-nés avec un Apgar inférieur à 4 ont eu une encéphalopathie, et 14 % en cas d'Apgar entre 4 et 6. Un pH au cordon < 7.15 était présent respectivement chez 69 % des nouveau-nés avec un score d'Apgar inférieur à 4 à 5 minutes, 54 % de ceux avec un score entre 4 et 6, et seulement 7 % de ceux ayant un score supérieur ou égal à 7. En cas de score d'Apgar inférieur à 4, 88% des fœtus ont présenté des anomalies du RCF en cours de travail, dont 38% étaient déjà présentes à l'admission, contre respectivement 69% et 8% pour les nouveau-nés avec un score entre 4 et 6. Si dans l'étude citée, il n'y a eu aucun cas d'encéphalopathie dans le groupe avec un score supérieur ou égal à 7, mais il est important de signaler qu'en cas d'acidose sévère, un score d'Apgar supérieur ou égal à 7 à cinq minutes diminue le risque d'encéphalopathie par rapport à un score inférieur à 7 mais il ne l'annule pas [54].

L'existence de ces facteurs de risque en ante-partum et en per-partum n'est pas en soi un signe d'asphyxie mais incite à une attention particulière au cours du travail. Le principal signe évocateur d'asphyxie per-partum est un rythme cardiaque fœtal anormal.

L'interprétation du RCF fœtal doit tenir compte des facteurs de risque. En cas de grossesse pathologique (HTA, pré-éclampsie, diabète, allo-immunisation, hyperthyroïdie), et/ou de fœtus « fragile » (prématuré, hypotrophie, terme dépassé, jumeau), le risque d'issue néonatale défavorable est augmenté [55]. En per-partum, les hémorragies et/ou l'hématome rétroplacentaire, l'infection intra-utérine, les anomalies du liquide amniotique (volume,

méconium), l'utilisation d'ocytociques [56] [19], et l'hyperactivité utérine [57] sont des facteurs aggravants. Cependant, un pH bas à la naissance et les complications liées à l'acidose néonatale peuvent survenir en l'absence de facteur de risque identifié (63 % des cas) [58].

II. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1) Hypothèses et objectifs

➤ **La question** de départ de notre étude est donc :

Est-il possible d'établir un modèle prédictif du pH au cordon tenant compte de l'analyse du RCF et des facteurs périnataux associés à une augmentation de l'acidose ?

➤ **Les hypothèses** de notre étude sont les suivantes :

1. L'analyse associée des facteurs périnataux, potentiellement prédictifs de pH bas à la naissance et des tracés des RCF pendant le travail permet d'améliorer la valeur diagnostique de l'acidose fœtale au cours du travail.
2. Nous pouvons créer un modèle incluant les différents facteurs associés à une diminution du pH en évaluant leur poids relatif.

➤ **L'objectif principal** de notre étude est la réalisation d'une équation de régression multiple, permettant de prédire le pH à la naissance.

Pour répondre à cet objectif, nous avons identifié les facteurs de risque maternels, fœtaux et obstétricaux en per-partum, associés dans la littérature à un pH bas à la naissance, et analysé le RCF pendant le travail.

2) Le type d'étude et la population

Il s'agit d'une étude descriptive, rétrospective, monocentrique, réalisée sur la population de l'Hôpital Louis Mourier, maternité de niveau III à Colombes.

Les données ont été recueillies à partir de 195 dossiers médicaux archivés à la maternité. Pour chaque tranche de pH (≤ 7.00 ; 7.01-7.05 ; 7.06-7.10 ; 7.11-7.15 ; 7.16-7.20 ; 7.21-7.25 ; 7.26-7.30 ; 7.31-7.35 ; 7.36-7.40 ; > 7.40), les dossiers ont été choisis au hasard en utilisant un logiciel de tirage au sort, afin d'avoir une représentation homogène des résultats possibles de pH.

- **Les patientes incluses** sont des patientes ayant accouché par les voies naturelles, avec une grossesse unique, à plus de 37 SA, ayant eu un enregistrement du RCF d'au moins 60 minutes avant l'accouchement, après mise en travail spontané.
- **Les critères d'exclusion** concernent les grossesses gémellaires, les patientes ayant accouché avant 37 SA, les accouchements par césarienne, une durée d'enregistrement du RCF < 60 minutes.

➤ **Les critères d'évaluation :**

1. Les critères connus avant le travail

- La parité
- L'indice de masse corporelle (IMC)
- RCIU connu: oui/non
- Pathologies maternelles connues
- Terme < 41 SA / > 41 SA

2. Les critères liés au travail:

- **L'analyse du RCF pendant le travail, selon une fiche de recueil (ANNEXE 1)**

L'analyse des RCF a été effectuée en double lecture par deux observateurs. Avant de débiter le recueil, les deux observateurs ont suivi un programme de formation d'analyse des RCF, à partir de la classification du RCF proposée par le **CNGOF en 2007**. L'analyse va distinguer le RCF avant le début des efforts expulsifs maternels appelé «RCF de travail», en phases 1 et 2, puis le RCF durant la phase 3, appelée «RCF d'expulsion».

Dans notre étude, le RCF de la phase 1 démarre lorsque la patiente était admise en salle de travail, ce qui correspond dans la majorité des cas au moment de la pose de péridurale. Cette phase prend fin une heure avant le début des efforts expulsifs (EE).

La phase 2 correspond à la période de l'heure qui précède les efforts expulsifs. Nous avons séparé ces deux phases car il nous a semblé que cette période d'une heure avant le début des EE avait plus de probabilité d'être associée au pH que la période précédente.

L'analyse du RCF au cours des efforts expulsifs a été réalisée à partir d'une adaptation de la classification de **Gilstrap** [36], cette classification (G) étant la seule spécifique de la phase d'expulsion qui montre une différence claire entre différents types de tracé facilement identifiables. Nous avons réparti les tracés en 4 types :

0 : normal (G)

1 : ralentissement avec récupération (E)

2 : tachycardie $\geq 160/\text{min}$ (G)

3 : bradycardie 90-110/min (G)

4 : bradycardie $< 90/\text{min}$ (G)

Les critères (G) sont ceux présents dans la classification de Gilstrap, et le critère (E) est celui que nous avons rajouté.

Autres critères liés au travail :

- Liquide teinté ou méconial: oui/non
- Extraction instrumentale / Voie basse spontanée
- Durée du travail

3. Les critères issus de l'accouchement:

- Poids à la naissance
- pH artériel au cordon

3) Stratégies d'analyse

Recueil des données :

Les données périnatales ont été extraites à partir de la base de données enregistrée

informatiquement dans le logiciel DIAMM/G de l'hôpital Louis Mourier.

Les tracés des RCF ont été analysés et classés sans connaître les éléments cliniques anténataux des patientes, ni les critères liés au travail, ni ceux issus de l'accouchement, ceci dans le but d'éviter toute influence de ces données dans l'interprétation des RCF.

Traitement des données (différents tests statistiques) :

Nous avons exploré des relations entre plusieurs variables qualitatives ou quantitatives, à 2 ou plusieurs catégories au moyen des tests statistiques.

- **Variables qualitatives à 2 catégories**

Des analyses univariées ont été réalisées pour l'étude des différentes variables maternelles, fœtales et néonatales et les moyennes des tranches de pH, en utilisant de manière appropriée les tests de Student ou de Fisher. Pour les variables qualitatives explicatives à plus de 2 catégories, l'analyse de la variance – ANOVA a été employée.

- **Variables quantitatives**

Une analyse de corrélation entre le pH et des variables analysées a été utilisée pour mesurer l'évolution du pH en fonction de ces variables, ceci permettant la visualisation des nuages de points et d'obtenir l'équation de la droite de régression.

Pour l'ensemble des tests, nous avons considéré le résultat comme significatif si la valeur de p était inférieure à 0.05.

Analyse des résultats :

Dans un premier temps, un test univarié a été utilisé pour étudier l'association ou la corrélation entre les variables étudiées et le pH.

Dans un deuxième temps, une analyse multivariée a été réalisée en intégrant les variables antepartum, perpartum et postnatales potentiellement associées au pH, ainsi que toutes les anomalies du RCF.

Dans un troisième temps, seules les variables pour lesquelles une valeur de $p < 0.20$ a été obtenue ont été intégrées dans le modèle final d'analyse multivariée par régression multiple afin de prédire le pH au cordon en fonction des variables retenues. Dans un deuxième temps,

les autres variables ont été intégrées afin de déterminer si la prédictivité du modèle est améliorée.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel GraphPad InStat 3.05 et avec le logiciel Stata 12.

4) Obligations éthiques et réglementaires

Cette étude a été réalisée selon les règles éthiques en matière de publication médicale, à savoir le respect du secret médical, ainsi que la protection des personnes.

Le recueil de données a débuté après avoir obtenu l'autorisation d'accès aux dossiers médicaux des personnes responsables du pôle.

Un avis consultatif du Comité de Protection des Personnes du groupement hospitalier a été demandé de principe avant d'envisager une publication des données.

L'anonymat des patientes a été respecté dans la mesure où leur nom a été associé à un numéro IPP, et ceci conservé dans un dossier sécurisé.

III. RÉSULTATS ET ANALYSE STATISTIQUE

1. Description générale de la population d'étude

La population initiale reposait sur l'ensemble des patientes ayant accouché à l'hôpital Louis Mourier entre le 01/01/14 et le 31/12/2015 soit 6723 patientes.

Tableau 1. Nombre de dossiers par catégorie de pH, nombre et motif de non utilisation des dossiers, et nombre de patientes par catégorie de pH dans la population potentielle d'étude.

Classe de pH (10)	Nb de dossiers (195)	Dossiers non utilisés (79)	Nb total (3268)
< 7.00	12	9 8 césariennes ; 1 non trouvé	21 (0,64%)
7.01 – 7.05	21	13 8 césariennes ; 4 non trouvés ; 1 RCF <1h	33 (1,01%)
7.06 – 7.10	20	6 4 césariennes ; 1 non trouvé ; 1 RCF < 1h	63 (1,92%)
7.11 – 7.15	19	5 3 césariennes ; 2 non trouvés	182 (5,56%)
7.16 – 7.20	21	6 2 RCF <1h ; 2 non trouvés ; 2 pas de dossier	403 (12,33%)
7.21 – 7.25	20	7 3 césariennes ; 3 non trouvés ; 1 RCF < 1h	655 (20,04%)
7.26 – 7.30	21	3 1 césarienne ; 1 RCF <1h ; 1 non trouvé	829 (25,36%)
7.31 – 7.35	21	8 5 césariennes ; 2 RCF <1h ; 1 non trouvé	669 (20,47%)
7.36 – 7.40	20	12 4 césariennes ; 5 non trouvés ; 3 RCF <1h	300 (9,17%)
> 7.40	20	10 1 césarienne ; 2 non trouvés ; 2 RCF absents ; 2 pH veineux ; 3 RCF < 1h	113 (3,45%)

Après exclusion des patientes non incluables (hors césariennes), la population potentielle d'étude comprenait 3268 patientes (travail à terme, spontané, en présentation céphalique).

Au départ, les données ont été recueillies à partir de 210 dossiers médicaux. Ce nombre de dossiers a été choisi par rapport au nombre limité de patients ayant un $\text{pH} < 7$, ce qui représentait 21 dossiers. Comme notre étude porte sur l'analyse de 10 tranches de pH (≤ 7.00 ; 7.01-7.05 ; 7.06-7.10 ; 7.11-7.15 ; 7.16-7.20 ; 7.21-7.25 ; 7.26-7.30 ; 7.31-7.35 ; 7.36-7.40 ; > 7.40), nous avons donc tiré au sort 21 autres dossiers pour chaque catégorie de pH , ce qui représentait au total 210 dossiers à étudier.

Nous avons finalement pris la décision d'exclure les césariennes en raison de l'absence de possibilité de déterminer avec certitude le RCF entre le moment du passage de la salle de naissance jusqu'à la naissance de l'enfant. De la même manière, nous avons secondairement pris la décision de ne pas inclure les patientes pour lesquelles l'enregistrement du RCF était inférieur à 1h car il nous a semblé que les données du RCF seraient moins pertinentes pour ces cas.

Cette exclusion de dossiers, a considérablement diminué la population à étudier, passant de 210 à 134. Nous avons donc décidé de faire un tirage supplémentaire, afin de remplacer les dossiers manquants, dans la mesure des disponibilités des dossiers pour chaque catégorie de pH , pour arriver au final à 195 patientes au total.

Sur ces 195 dossiers, 12 dossiers correspondaient à un $\text{pH} < 7$, et entre 19 et 21 dossiers pour les autres catégories de pH . Des contraintes liées au temps ne nous ont permis d'augmenter le nombre de dossiers inclus, mais nous avons estimé que cet échantillon était cependant suffisant pour réaliser l'étude.

2. Principaux résultats

2.1 Antécédents maternels et déroulement de la grossesse

Le Tableau 2 montre les facteurs de risque connus avant le travail associés à l'acidose en analyse univariée : parité, antécédent de césarienne, terme dépassé, suspicion de RCIU, pathologies maternelles, BMI.

2.1.1 Parité

Nous pouvons constater que la **nulliparité** était associée à une diminution significative du pH à la naissance ($\mathbf{p=0.003}$).

2.1.2 Utérus cicatriciel

Cette étude n'a pas montré une association significative entre le pH bas et l'utérus cicatriciel ($p=0.416$). Le faible nombre de patientes ayant cet antécédent est peut-être responsable de ce résultat, puisque seulement 7.2% des patientes étaient concernées.

Tableau 2. Association du pH aux caractéristiques connues avant le travail.

Variable	% (n)	Moyenne pH [IC 95%]		IC 95% de la différence	p
		oui	non		
Nulliparité	54.4 (89)	7.18 [7.21 - 7.27]	7.24 [7.16 - 7.21]	0.018 - 0.094	0.003
ATCD de césarienne	7.2 (14)	7.18 [7.08 - 7.27]	7.22 [7.20 - 7.24]	-0.06 - 0.136	0.416
Terme dépassé	20 (39)	7.20 [7.16 - 7.24]	7.22 [7.20 - 7.24]	-0.023 - 0.069	0.327
Suspicion de RCIU	3.6 (7)	7.14 [7.05 - 7.23]	7.22 [7.20 - 7.24]	-0.009 - 0.166	0.07
Pathologie maternelle	12.3 (24)	7.22 [7.17-7.28]	7.21 [7.19 - 7.23]	-0.068 - 0.046	0.70
Diabète	11.3 (22)	7.22 [7.17 - 7.28]	7.21 [7.19 - 7.23]	-0.075 - 0.05	0.69
HTA	1 (2)	7.21 [6.96 - 7.46]	7.21 [7.19 - 7.23]	-0.124 - 0.132	0.87
BMI > 25	33.7 (65)	7.20 [7.16 - 7.23]	7.22 [7.20 - 7.24]	-0.02 - 0.065	0.298
BMI > 30	8.3 (16)	7.18 [7.1 - 7.26]	7.22 [7.20 - 7.24]	-0.043 - 0.121	0.325

2.1.3 Terme dépassé

Le terme dépassé n'était pas associé à une diminution du pH à la naissance ($p=0.327$).

2.1.4 Suspicion de RCIU

Il n'y avait pas d'association significative entre le pH et une suspicion anténatale de RCIU ($p=0.07$). Cependant la différence de pH à la naissance était nette entre les patientes ayant une suspicion de RCIU (7.14) et celles n'en ayant pas (7.22). Le faible nombre de patientes ayant une suspicion de RCIU (3.6%) peut probablement expliquer le résultat.

2.1.5 Pathologie maternelle

Notre étude n'a pas montré une association statistiquement significative entre le pH et les différentes pathologies maternelles, le diabète et HTA pendant la grossesse ($p=0.70$), avec des pH à la naissance tout à fait identiques.

2.1.6 BMI

Il n'y avait pas d'association significative entre le pH et l'indice de masse corporelle >25 ($p=0.298$) ou >30 ($p=0.325$), même si la différence observée était plus importante pour un BMI supérieur à 30.

2.2. Caractéristiques du travail et à la naissance

Tableau 3. Association du pH aux caractéristiques au cours du travail et à la naissance.

Variable	% (n)	Moyenne pH [IC 95%]		IC 95% de la différence	p
		oui	non		
PDN < 10 ^e percentile	7.2 (14)	7.20 [7.12 - 7.28]	7.21 [7.19 - 7.23]	-0.071 - 0.092	0.785
PDN > 90 ^e percentile	8.7 (17)	7.30 [7.24 - 7.36]	7.21 [7.19 - 7.23]	-0.159 - -0.348	0.004
Voie basse spontanée	74.4 (145)	7.24 [7.22 - 7.27]	7.13 [7.09 - 7.16]	-0.158 - -0.078	<0.001
LA clair	79.5 (155)	7.23 [7.21 - 7.25]	7.16 [7.12 - 7.21]	-0.117 - -0.151	0.012
LA teinté	7.7 (15)	7.19 [7.09-7.29]	7.22 [7.20 - 7.24]	-0.081 - 0.123	0.665
LA méconial	12.8 (25)	7.14 [7.09 - 7.19]	7.22 [7.20 - 7.25]	0.03 - 0.136	0.003

LA : liquide amniotique ; PDN : poids de naissance.

2.2.1 La durée du travail

La durée des efforts expulsifs était corrélée à une diminution du pH (R^2 -0.244 ; $p = 0.001$)

Il semble qu'il n'y ait aucune association significative entre l'augmentation de la durée du travail global et la diminution du pH ($p=0.686$), ni la durée de la phase 1 ($p = 0.606$).

2.2.2 Couleur du liquide amniotique

Le liquide amniotique méconial était associé à une diminution du pH ($p=0.003$). Le liquide amniotique teinté n'était pas associé significativement au pH ($p=0.665$). À l'inverse, un

liquide amniotique clair était associé à une augmentation significative du pH ($p=0.012$).

2.2.3 Voie d'accouchement

Il y avait une différence significative de pH moyen entre les patientes ayant accouché par voie basse spontanée (7.24) et celles ayant accouché par voie basse instrumentale (7.13 ; $p<0.001$).

2.2.4 Poids de naissance

Il existait une corrélation positive entre le pH et le poids de naissance ($R^2 = 0.228$; $p=0.001$).

Un PDN $<10^{\text{e}}$ percentile n'était pas associé significativement à une diminution du pH ($p=0.785$).

Par contre, un PDN $>90^{\text{e}}$ percentile était associé à un pH significativement plus élevé (7.30 vs 7.21) ($p<0.004$).

2.3 Anomalies du RCF en cours de travail

2.3.1 Le RCF en phase 1 ($>1h$ avant le début des efforts expulsifs)

2.3.1.1 Type d'anomalies

Tableau 4. Association entre le pH et le type d'anomalies au cours de la phase 1.

Variable	% (n)	Moyenne pH [IC 95%]		IC 95% de la différence	p
		oui	non		
Anomalies RCF	73.8 (144)	7.20 [7.18 - 7.22]	7.26 [7.22 - 7.3]	0.016 – 0.105	0.008
Type 1	71.8(140)	7.20 [7.18 - 7.22]	7.25 [7.21 - 7.29]	0.006 – 0.094	0.028
Type 2	27.2 (53)	7.16 [7.13 - 7.20]	7.23 [7.21 - 7.26]	0.027 – 0.11	0.001
Type 3	5.6 (11)	7.17 [7.07 - 7.28]	7.22 [7.20 - 7.24]	-0.061 – 0.149	0.377

Les anomalies du RCF étaient associées à une diminution du pH à la naissance ($p=0.008$), Seules les anomalies de type 1 et 2 étaient associées à une diminution significative du pH moyen, respectivement de 0.05 et 0.07, par rapport au groupe de patientes ne présentant pas ces anomalies.

Les anomalies de type 3 n'étaient pas associées à une diminution significative du pH, mais le nombre de patientes présentant ces anomalies était faible (5.6%).

Pour les RCF inclus dans notre étude, il n'y avait aucune anomalie de type 4 durant les phases 1 et 2.

2.3.1.2 Durée des anomalies

Tableau 5. Corrélation entre le pH et la durée des anomalies durant la phase 1 du travail

Type d'anomalie	Coefficient de corrélation (R ²)	p
0	0.121	0.092
Tout type (1, 2, 3)	-0.131	0.068
1	-0.073	0.31
2	-0.219	0.002
3	-0.187	0.009

La durée du travail sans anomalie était corrélée à une augmentation non significative du pH (p=0.092).

La durée des anomalies du RCF de type 2 et 3 durant la phase 1 du travail étaient associées significativement à une diminution du pH (p=0.002 et p=0.009).

2.3.2 RCF en phase 2 (heure avant le début des efforts expulsifs)

2.3.2.1 Type d'anomalies

Tableau 6. Association entre le pH et le type d'anomalies du RCF au cours de la phase 2.

Variable	% (n)	Moyenne pH [IC 95%]		IC 95% de la différence	p
		oui	non		
Anomalies RCF	85.1 (166)	7.20 [7.18 - 7.22]	7.28 [7.22 - 7.33]	0.014 – 0.131	0.017
Type 1	73.8 (144)	7.21 [7.19 - 7.23]	7.22 [7.18 - 7.26]	-0.042 – 0.519	0.83
Type 2	34.9 (68)	7.15 [7.13 - 7.18]	7.25 [7.22 - 7.27]	0.056 – 0.129	<0.001
Type 3	15.4 (30)	7.12 [7.08 – 7.17]	7.23 [7.21 - 7.25]	0.055 – 0.158	<0.001

Au cours de la phase 2, les anomalies du RCF de tout type, ainsi que les anomalies de type 2 et 3 étaient fortement associées à une baisse du pH à la naissance ($p < 0.001$), de 0.1 et 0.11 points respectivement.

2.3.2.2 Durée des anomalies

Tableau 7. Corrélation entre le pH et la durée des anomalies durant la phase 2 du travail.

Type d'anomalie	Coefficient de corrélation (R^2)	p
Tout type (1, 2, 3)	-0.31	<0.001
0	0.309	<0.001
1	-0.041	0.573
2	-0.315	<0.001
3	-0.192	0.007

La durée sans anomalie du RCF était corrélée positivement au pH de manière significative ($R^2 = 0.309$). À l'inverse la durée des anomalies de type 2 et 3 était corrélée négativement au pH de manière significative.

2.3.3 RCF lors des efforts expulsifs (EE)

2.3.3.1 Type d'anomalies (tableaux 8, 9)

La durée des efforts expulsifs était corrélée de manière négative au pH à la naissance ($r^2 = -0.244$; $p < 0.001$).

Les anomalies du RCF lors des efforts expulsifs étaient significativement associées à la diminution du pH ($p < 0.001$).

Le RCF normal, de type 0 selon la classification, est associé de manière significative à une augmentation du pH (7.26 vs 7.20 ; $p = 0.003$).

Les anomalies du RCF de type 3 et 4 étaient associées de manière significative à une diminution du pH ($p < 0.001$).

Les anomalies de type 1 et 2, et l'association des anomalies de type 1 et 2 n'étaient pas associées de manière significative avec une diminution du pH, mais le p étant proche de 0.05

ce résultat était peut-être lié à un manque de puissance.

L'association d'anomalies de type 1 et 3 ne concernant que deux patientes, il est difficile de pouvoir conclure sur leur signification.

Il y avait une forte association entre le type d'anomalie la plus sévère au cours de la phase expulsive et le pH moyen à la naissance ($p < 0.0001$). L'absence d'anomalies étaient associée à un pH moyen le plus élevé de **7.33**, alors que l'anomalie la plus sévère de type 4 correspondante à une bradycardie < 90 bat/minute était associée au pH le plus bas, avec une moyenne de **7.07**.

Tableau 8. Association entre le pH et le type d'anomalies présentes lors des efforts expulsifs.

Variable	% (n)	Moyenne pH [IC 95%]		IC 95% de la différence	p
		oui	non		
Anomalies RCF	89.7 (175)	7.20 [7.18 - 7.22]	7.33 [7.29 - 7.38]	0.089 – 0.179	<0.001
Type 0	29.2 (57)	7.26 [7.22 – 7.29]	7.20 [7.17 – 7.22]	0.103 – 0.022	0.003
Type 1	75.9 (148)	7.20 [7.18 - 7.22]	7.25 [7.20 - 7.29]	-0.001 – 0.093	0.054
Type 2	9.2 (18)	7.16 [7.10 - 7.22]	7.22 [7.20 - 7.24]	-0.007 – 0.122	0.079
Type 3	27.7 (54)	7.16 [7.13 – 7.19]	7.24 [7.21 - 7.26]	0.037 – 0.116	<0.001
Type 4	8.7 (17)	7.06 [7.00-7.12]	7.23 [7.21 – 7.25]	0.106 – 0.228	<0.001
Association d'anomalies	9.7 (19)	7.17 [7.11 – 7.24]	7.22 [7.20 – 7.24]	-0.02 – 0.112	0.161
Type 1-2	8.2 (16)	7.16 [7.09 – 7.22]	7.22 [7.20 – 7.24]	-0.003 – 0.129	0.061
Type 1-3	1 (2)	7.21 [5.53 – 9.17]	7.21 [7.19 – 7.23]	-1.927 – 1.946	0.962

Tableau 9. Association entre l’anomalie la plus sévère au cours des efforts expulsifs et le pH.

Type d’anomalie	% (n)	pH moyen (±DS)	Analyse de variance
0 (normal)	10.3 (20)	7.33 (0.088)	P <0.0001
1	49.7 (97)	7.24 (0.132)	
2	7.2 (14)	7.19 (0.123)	
3	23.6 (46)	7.17 (0.109)	
4	9.2 (18)	7.07 (0.135)	

2.3.3.2 Durée des anomalies du RCF

Tableau 10. Corrélation entre le pH et la durée des anomalies durant la phase d’expulsion.

Type d’anomalie	Coefficient de corrélacion (R^2)	p
0	0.174	0.015
1	-0.223	0.002
2	-0.108	0.1333
3	-0.251	<0.001
4	-0.326	<0.001

Cette étude a retrouvé une corrélation négative entre le pH et la durée des anomalies au cours des efforts expulsifs de type 1 ($p=0.002$), et de type 3 et 4 ($p<0.001$). Plus la durée d’une anomalie est importante, plus importante est la baisse du pH. Et à l’inverse, pour l’anomalie de type 0 qui est le RCF normal, plus la durée de RCF normal est grande, plus le pH est élevé.

2.4 Analyse multivariée des facteurs prédictifs du pH à la naissance

L’analyse multivariée a porté sur les variables significativement associées au pH lors de

l'analyse univariée, ainsi que la durée de toutes les anomalies du RCF car ces variables semblaient être les plus fortement associées au pH durant l'analyse univariée (tableau 11).

En dehors des anomalies du RCF, plus aucune variable n'était associée de manière significative au pH à la naissance, en particulier la nulliparité ($p=0.975$).

Les variables initialement associées à une augmentation du pH durant l'analyse univariée n'étaient plus significatives en analyse multivariée, que ce soit l'absence d'anomalie du RCF durant les efforts expulsifs ($p=0.365$), le poids de naissance ($p=0.943$) et le poids de naissance $> 90^{\text{e}}$ percentile ($p=0.246$).

Tableau 11. Analyse multivariée intégrant les variables ante partum, per partum et postnatales associées au pH.

Variables	Coefficient	p	IC95%
Nulliparité	-0.0005935	0.975	-0.0374 – 0.0362
Suspicion RCIU	-0.0744653	0.094	-0.1617 – 0.127
PDN $> 90^{\text{e}}$ percentile	0.0370786	0.246	-0.0258 – 0.1
Liquide amniotique méconial	-0.0447684	0.064	-0.09211 – 0.0026
Phase 1 – Anomalie RCF type 1 (min)	0.0000636	0.602	-0.000177 – 0.0003
Phase 1 – Anomalie RCF type 2 (/min)	-0.0010651	0.036	-0.002062 – -0.0001
Phase 1 – Anomalie RCF type 3 (/min)	-0.001075	0.365	-0.0034 – 0.0013
Phase 2 – Anomalie RCF type 1 (/min)	-0.0008771	0.02	-0.0016 – -0.0001
Phase 2 – Anomalie RCF type 2 (/min)	-0.0024035	<0.001	-0.0036 – -0.0012
Phase 2 – Anomalie RCF type 3 (/min)	-0.0031452	0.001	-0.005 – -0.01
EE – Anomalie RCF type 0 (/min)	0.0009745	0.381	-0.0012 – 0.0032
EE – Anomalie RCF type 1 (/min)	-0.0024781	<0.001	-0.0058 – -0.0012
EE – Anomalie RCF type 2 (min)	0.0024698	0.294	-0.0022 – 0.00709
EE – Anomalie RCF type 3 (/min)	-0.0074219	<0.001	-0.0106 – -0.0042
EE – Anomalie RCF type 4 (/min)	-0.0245485	<0.001	-0.0332 – -0.0158
EE – Association anomalie RCF type 1 et 2	-0.0906332	0.102	-0.1993 – 0.018
Poids de naissance (xg)	0.00000181	0.943	-0.000048 – 0.0005
Accouchement voie basse spontané	0.0260791	0.2	-0.0139 – 0.066

2.5 Modèle final prédictif du pH à la naissance

Le modèle final de régression multiple comprend uniquement les variables pour lesquelles la valeur du **p** était égale ou inférieure à **0.2** lors de l'analyse multivariée, car ce sont les variables qui ont le plus de probabilité d'être associées au pH, indépendamment d'un manque de puissance de notre étude pour le mettre en évidence.

Le modèle final a donc inclus les variables suivantes : suspicion RCIU, Liquide amniotique méconial, Anomalie RCF type 2 de la phase 1, Anomalie RCF type 1, 2 et 3 de la phase 2, Anomalie RCF type 1, 3, 4 et l'association des anomalies 1 et 2 de la phase des efforts expulsifs, Accouchement par voie basse spontanée.

Tableau 12. Modèle final de prédiction du pH à la naissance

Variable	Coefficient	p	IC95%
Suspicion RCIU	-0.0755267	0.059	-0.1541 – 0.003
Liquide amniotique méconial	-0.04273	0.069	-0.0885 – 0.0034
Phase 1 – Anomalie RCF type 2 (/min)	-0.0011734	0.014	-0.0021 - -0.0024
Phase 2 – Anomalie RCF type 1 (/min)	-0.009765	0.005	-0.0017 - -0.0003
Phase 2 – Anomalie RCF type 2 (/min)	-0.0026555	< 0.001	-0.00381 - -0.0015
Phase 2 – Anomalie RCF type 3 (/min)	-0.0033531	< 0.001	-0.0051 - -0.0016
EE – Anomalie RCF type 1 (/min)	-0.0025505	<0.001	-0.0037 - -0.0014
EE – Anomalie RCF type 3 (/min)	-0.0074818	<0.001	-0.0106 - -0.0043
EE – Anomalie RCF type 4 (/min)	-0.0252732	<0.001	-0.0106 - -0.0043
EE – Association anomalie RCF type 1 et 2	-0.0446172	0.106	-0.099 - 0.0096
Accouchement voie basse spontané	0.0256351	0.194	-0.0131 – 0.0644

Seules les variables pour lesquelles les analyses multivariées montraient un $p \leq 0.2$ sur les analyses antérieures ont été incluses dans le modèle.

EE : efforts expulsifs.

2.6 Équation de régression linéaire multiple

De l'analyse par régression multiple a été déduite l'équation suivante :

$$\text{pH} = 7.334457 + 0.0256351 \times (\text{Accouchement VBS}) - 0.0755267x (\text{suspicion RCIU}) - 0.042573 \times (\text{LAM}) - 0.0011734 \times (\text{ARCF type 2 P1}) \times t - 0.0009765 \times (\text{ARCF type 1 P2}) \times t - 0.0026555 \times (\text{ARCF type 2 P2}) \times t - 0.0033531 \times (\text{ARCF type 3 P2}) \times t - 0.0025505 \times (\text{ARCF type 1 EE}) \times t - 0.0074818 \times (\text{ARCF type 3 EE}) \times t - 0.0252732 \times (\text{ARCF type 4 EE}) \times t - 0.0447172 \times (\text{ARCF type 1+2 EE})$$

Cotation :

- Variables : 0/1
- temps t : min

La valeur du R^2 ajusté est de **0.44** ($p < 0.0001$). Cela signifie que seulement 44% de la variabilité du pH observé peut être expliquée par les variables utilisées.

2.7 Moyenne des différences entre pH prédit et pH réel

La différence moyenne entre pH prédit et pH réel était de **0.08232** [IC95% 0.0746 – 0.090] allant d'une différence de 0.002 à 0.236.

2.8 Valeur prédictive d'une valeur seuil de pH prédit à 7.20

Tableau 13. Valeur d'une valeur seuil de pH prédit à 7.20 pour prédire un pH réel < 7.20 ou \geq 7.20

	Ph \geq 7.20 réel	pH <7.20 réel
pH \geq 7,20 prédit	90	27
pH < 7,20 prédit	17	61

Le pH a été correctement prédit dans **77.4%**, soit dans 78.20% pour un pH < 7.20, et dans 76.92% pour un pH \geq 7.20 (Tableau 13).

Dans 8.7%, le pH prédit était < 7.20 alors que le pH réel était \geq 7.20. Dans ces cas, le pH prédit était situé entre 7.098 et 7.193, et dans 58.8% (10/17) le pH prédit était \geq 7.15.

À l'inverse, dans 13.8%, le pH a été prédit \geq 7.20 alors que le pH réel était < 7.20. Dans ces cas, le pH prédit était entre 7.201 et 7.302 alors que le pH réel était situé entre 7.04 et 7.19.

Dans 13 cas (48.1%), le pH réel était situé entre 7.04 et 7.09 dont un seul cas < 7.05, et dans

14 cas (51.9%), le pH réel était situé entre 7.10 et 7.19.

Tableau 14. Sensibilité, spécificité, valeur prédictive d'un test retrouvant un pH ≥ 7.20 pour prédire le pH réel en fonction du seuil de pH réel considéré.

	Seuil de pH réel			
	pH ≥ 7.20	pH ≥ 7.15	pH ≥ 7.10	pH ≥ 7.05
Sensibilité	84.1	78.6	71.7	67.4
Spécificité	69.3	73.9	74	95.5
VPP	76.9	84.6	88.9	99.2
VPN	78.2	65.4	47.4	27.3

VPP : valeur prédictive positive; VPN : valeur prédictive négative.

Un seuil de pH prédit ≥ 7.20 a une sensibilité variant 84.1% à 67.4% pour prédire un pH selon la valeur seuil de pH réel choisi, entre 7.20 et 7.05 respectivement (Tableau 15).

Si l'on fixe le seuil de pH réel à 7.20, alors un pH prédit ≥ 7.20 a une valeur prédictive positive de 76.9% pour dépister un pH effectivement ≥ 7.20 , augmentant jusqu'à 99.2% pour une valeur de pH réel ≥ 7.05 .

À l'inverse, un seuil de pH prédit < 7.20 a une sensibilité variant de 69.3% à 95.5% selon la valeur cible de pH réel choisie, entre 7.20 et 7.05 respectivement (Tableau 15). Un pH prédit < 7.2 a une valeur prédictive positive de 78.2% pour prédire un pH effectivement < 7.20 .

Tableau 15. Sensibilité, spécificité, valeur prédictive d'un test retrouvant un pH < 7.20 pour prédire le pH réel en fonction du seuil considéré.

	Seuil de pH réel			
	pH < 7.20	pH < 7.15	pH < 7.10	pH < 7.05
Sensibilité	69.3	73.9	74	95.5
Spécificité	84.1	78.6	71.7	67.4
VPP	78.2	65.4	47.4	27.3
VPN	76.9	84.6	88.9	99.2

2.9 Prédiction du pH réel en fonction des catégories de pH prédit

Tableau 16. Valeur du pH réel en fonction des catégories de pH prédit.

		n	pH réel			
			< 7.20	< 7.15	< 7.10	< 7.05
pH prédit	< 7.10	24	23	20	14	11
	7.10 - 7.14	20	15	13	12	8
	7.15 - 7.19	34	23	18	11	2
	7.20 - 7.24	35	16	10	7	0
	7.25 - 7.29	47	10	7	6	1
	≥ 7.30	35	1	1	0	0

Le tableau 16 indique le nombre de patientes ayant un pH réel inférieur à un seuil donné, (entre 7.05 et 7.20) en fonction de la valeur du pH prédit classé en différentes catégories. Lorsque le pH prédit a été inférieur à 7.10, il y a 23 cas sur 24 où le pH a été inférieur à 7.20 (95.8%).

Lorsque le pH prédit était situé entre 7.15 et 7.19, seules 2 patientes sur 34 avaient un pH < 7.05 (5.9%), et une seule sur 47 lorsque le pH prédit était situé entre 7.25 et 7.29 (2.1%).

Lorsque le pH prédit a été supérieur ou égal à 7.30, il n'y a qu'un cas sur 35 où le pH a été inférieur à 7.20 (entre 7.10 et 7.15), soit 2.9%.

IV. DISCUSSION

1) Résumé des résultats

Parmi les facteurs de risque connus avant le travail associés à l'acidose, nous pouvons constater que seule la **nulliparité** apparaît comme étant un facteur statistiquement significatif en analyse univariée, mais qui disparaît en analyse multivariée. Pour les autres variables connues avant le travail : antécédent de césarienne, terme dépassé, suspicion de RCIU, pathologies maternelles et BMI, cette étude n'a pas montré une association significative avec le pH néonatal.

Concernant les facteurs de risque connus pendant le travail, cette étude a montré que le **liquide amniotique méconial** était associé à une diminution significative du pH, mais uniquement en analyse univariée. L'accouchement voie basse spontanée et le poids de naissance >90^e percentile étaient associés à une augmentation significative du pH, mais uniquement en analyse univariée.

La durée des efforts expulsifs était significativement associée à une diminution du pH.

Durant la phase 1 (> 1 heure avant les efforts expulsifs), les anomalies du RCF de type 1 et 2, ainsi que la durée des anomalies du RCF de type 2 et 3 étaient associées ou corrélées de manière significative à une diminution du pH.

Au cours de la phase 2, les anomalies de type 2 et 3 et la durée de ces anomalies étaient fortement associées et corrélées à une diminution du pH à la naissance (**p<0.001**). À l'inverse, la durée sans anomalie de RCF était corrélée à un pH plus élevé.

Au cours de la phase d'expulsion, la durée des efforts expulsifs était corrélée de manière négative au pH à la naissance ($r^2 = -0.244$; **p<0.001**). Il y avait une forte association entre la survenue d'anomalies du RCF et le pH moyen à la naissance (**p<0.0001**). Cette étude a montré une association significative entre le pH et la durée des anomalies de type 1, 3 et 4 au cours des efforts expulsifs.

En analyse multivariée, seules la durée des anomalies du RCF durant la phase 1 (anomalie de type 2), la phase 2 (anomalies de type 1,2,3), et la phase d'expulsion (anomalies type 1, 3,4) était associée à une diminution significative du pH.

L'équation linéaire multiple comportant les variables ayant obtenu un $p \leq 0.20$ lors de l'analyse multivariée avait une valeur du R^2 à 0.44 (**p<0.0001**).

La différence moyenne entre le pH prédit à partir du modèle final et le pH réel était de 0.08 [IC95% 0.0746 – 0.090], variant d'une différence de 0.002 à 0.236.

Lorsque le seuil de pH prédit était fixé à 7.20, le pH réel était correctement prédit dans 77.4%. Un pH prédit ≥ 7.20 avait une sensibilité de 84.1% pour prédire un pH réel ≥ 7.20 , et une valeur prédictive positive de 99.2% pour prédire un pH ≥ 7.05 .

À l'inverse, un pH < 7.20 avait une sensibilité de 95.5% pour dépister les enfants avec un pH < 7.05 , et une valeur prédictive positive de 78.2% pour prédire un pH réel < 7.20 .

Lorsque le pH prédit était inférieur à 7.10, le pH réel était inférieur à 7.20 dans 95.8% (23/24). À l'inverse, lorsque le pH prédit était supérieur ou égale à 7.30, le pH réel était inférieur à 7.20 dans seulement 2.9% (1/35).

Discussion des résultats

L'**objectif principal** de notre étude était la réalisation d'une équation de régression linéaire multiple, permettant de prédire le pH à la naissance.

Pour répondre à cet objectif, nous avons identifié les facteurs de risque maternels, fœtaux et obstétricaux en per-partum, associés dans la littérature à un pH bas à la naissance, et analysé le RCF pendant le travail, afin de confirmer en analyse univariée et multivariée les facteurs associées de manière significative au pH dans notre population d'étude limitée aux patientes à terme, avec un fœtus en présentation céphalique, avec une mise en travail spontané et ayant accouché par voie basse.

1. Description générale de la population

Dans notre étude, la fréquence de la population ayant un pH <7 est de 0.6%, ce qui est en concordance avec les valeurs des différentes études dans la littérature où la fréquence des acidoses néonatales avec un pH $< 7,00$ se situe autour de 0,5 % des naissances à terme [59] ou qui varient entre 0,4 et 1,1 % [4] [43].

2. Association du pH aux caractéristiques connues avant le travail.

Nous pouvons constater que seule la **nulliparité** apparaît comme étant un facteur de risque statistiquement significatif (**p=0.003**) pour les variables anténatales et durant le travail hors

les anomalies RCF, et seulement en analyse univariée. La nulliparité est un facteur de risque d'acidose néonatale sévère, décrit dans l'étude de Westerhuis [43], Cahill ($p < 0.01$) [60]. Dans ces deux études, les anomalies du RCF n'ont pas été prises en compte, ce qui pourrait expliquer la différence entre leurs résultats et ceux de notre étude. Une autre étude réalisée par Martinez-Biarge et al. a retrouvé qu'elle était associée au risque d'accident ischémique cérébral néonatal et [61]. Une autre étude en population a retrouvé une multiplication par 5 du risque de convulsion néonatale chez les nullipares en rapport présumé à une asphyxie per-partum [34]. Dans cette situation, la durée généralement plus longue de la période du travail et de l'expulsion, exposerait le fœtus à un risque plus élevé d'asphyxie. Le fait que la durée des efforts expulsifs était corrélée de manière négative au pH à la naissance ($r^2 = -0.244$; $p < 0.001$) dans notre étude pourrait aller dans ce sens. Cependant, nous n'avons pas analysé la corrélation entre parité et durée des efforts expulsifs pour le confirmer.

Nous n'avons pas trouvé d'association significative entre le pH et une suspicion anténatale de RCIU, ni un poids de naissance effectivement inférieur au 10^e percentile. Cependant la différence de pH à la naissance était nette entre les patientes ayant une suspicion de RCIU (7.14) et celles n'en ayant pas (7.22) et le résultat proche de la significativité ($p = 0.07$). Le faible nombre de patientes ayant une suspicion de RCIU (3.6%) dans notre population d'étude peut peut-être expliquer ce résultat non significatif.

3. Association du pH aux caractéristiques au cours du travail et à la naissance.

Concernant les facteurs de risque connus pendant le travail, cette étude a montré que le **liquide amniotique méconial** était associé de manière significative à une diminution du pH en analyse univariée. Ce résultat confirme l'association déjà décrite par plusieurs études [19] [11] [38] [43] [46] [61] [62]. Cependant, en analyse multivariée, cette variable n'était plus significative bien qu'avec un p proche de la significativité ($p = 0.064$). À l'inverse, un liquide amniotique clair était associé dans notre étude à une augmentation significative du pH. Cependant, l'absence d'intégration de cette variable dans l'analyse multivariée n'a pas permis pour le moment de déterminer sa signification avec certitude.

L'accouchement par voie basse instrumentale était associé significativement à une diminution du pH (7.13 vs 7.24) en analyse univariée. Ce résultat confirme les résultats de la littérature, où nous trouvons ce facteur de risque associé à l'acidose et aux conséquences neurologiques

ischémique en néonatal [40] [41] [50] [61]. Cependant, comme pour les autres facteurs de risque, ce facteur n'était pas non plus associé de manière significative en analyse multivariée lorsqu'on intégrait les variables liées à l'analyse du RCF. Dans les études de la littérature, les anomalies du RCF n'ont pas été prises en compte, ce qui pourrait expliquer la différence entre leurs résultats et ceux de notre étude.

Dans cette étude, la population a été choisie en fonction des pH, et non à partir des facteurs de risque mis en évidence dans les études précédentes. D'autre part, seules les patientes en travail spontané à terme ont été incluses. Cela explique que l'incidence de chaque facteur de risque varie selon les variables considérées, avec pour certaines variables un manque de puissance évident. Du fait de la méthodologie de l'étude choisie, l'absence d'association statistique entre les variables considérées et le pH ne signifie donc pas que celle-ci n'existe pas. Par exemple, cela explique pourquoi le pourcentage de patientes avec une pathologie type HTA (1%) et suspicion de RCIU (3.6%) est très faible. Cela pourrait expliquer que pour la suspicion de RCIU, on ne retrouve pas de différence significative alors que les nouveaux-nés avec suspicion de RCIU avaient un pH nettement inférieur à ceux sans suspicion de RCIU (7.14 vs 7.22; IC95% -0.009 - 0.166).

4. Anomalies du RCF en cours de travail

4.1 La durée et le type d'anomalie du RCF pendant la phase 1 et 2 du travail

Nous avons séparé le travail avant les efforts expulsifs entre la phase 1 et 2, puisqu'il nous a paru probable que les anomalies du RCF survenues proches de l'accouchement seraient plus fortement associées au pH que les anomalies survenant avant. Cette hypothèse s'est révélée exacte car en analyse multivariée, nous avons obtenu un résultat significatif seulement pour les anomalies de type 2 avec un risque intermédiaire d'acidose lors de la phase 1, en comparaison avec les anomalies du RCF de la phase 2, où les anomalies de type 1, 2 et 3 étaient associées à une baisse du pH à la naissance avec des coefficients plus importants.

Cette étude a permis de vérifier l'impact clinique des anomalies du RCF décrites par le CNGOF qui ont servi de base à la classification utilisée lors de ce travail.

Durant la phase 1, en analyse multivariée, seules les anomalies de type 2 étaient associées à une diminution significative du pH. Les anomalies de type 1 étaient associées à une baisse du

pH uniquement en analyse univariée, mais pas en analyse multivariée ce qui correspond à ce qui était attendu puisque les recommandations sont de ne pas agir dans cette situation à faible risque d'acidose. La survenue d'anomalies de type 3 (pathologique CNGOF) n'était pas associée à une diminution significative du pH. Le nombre de patientes présentant ces anomalies était faible (5.6%), un manque de puissance peut probablement expliquer ce résultat. En revanche leur durée était corrélée au pH de manière significative au pH comme attendu ($R^2=-0.187$; $p=0.009$).

Il n'y avait aucune anomalie de type 4 (préterminal CNGOF) durant les phases 1 et 2, résultat attendu puisque nous avons inclus uniquement les patientes ayant accouché par voie basse, et ce type de rythme justifie une extraction immédiate. Nous ne pouvions donc pas conclure sur la signification de ce type de tracé.

Durant la phase 2, les ARCF de type 2 et 3 étaient fortement associées à une baisse du pH à la naissance ($p<0.001$), de 0.1 et 0.11 points respectivement, et leur durée corrélée de manière négative au pH ($R^2=-0.315$, $p<0.001$ et $R^2=-0.192$, $p=0.007$, respectivement), ce qui a été confirmé en analyse multivariée avec des coefficients respectivement de $-0.0024/\text{min}$ et $-0.0031/\text{min}$. À l'inverse, de manière intéressante, la durée sans anomalie du RCF était corrélée positivement au pH de manière significative ($R^2=0.309$; $p<0.001$). En revanche, de manière inattendue, la durée des anomalies de type 1 était également associée de manière significative à une baisse du pH ($p=0.02$). Cependant, en analyse multivariée, le coefficient associé était beaucoup plus faible que celui associé aux anomalies de type 2 et 3 avec une baisse attendue de seulement $0.000088/\text{min}$, mais sur 60 minutes cela équivaldrait malgré tout à une baisse de 0.05 point du pH. Hors, comme nous l'avons déjà dit, ce type de rythme ne justifie normalement pas de prise en charge particulière selon la classification du CNGOF. Si ce résultat était confirmé, cela pourrait conduire à une modification des recommandations actuelles en incluant une remarque sur la prise en charge de la fin du travail en cas d'anomalies de type 1 prolongées. En revanche, nos résultats ont confirmé la signification pathologique des anomalies de type 2 et 3, sans pour autant avoir été capable de pouvoir préciser si les anomalies de type 3 étaient plus graves que les anomalies de type 2. Une augmentation de la population d'étude incluant plus de patientes avec des anomalies de type 3 pourrait peut-être plus facilement conclure sur cette question.

4.2 La durée et le type d'anomalie du RCF lors des efforts expulsifs

L'analyse du RCF est plus difficile au cours des EE en raison de pertes de signal fréquentes, d'où la nécessité d'utiliser une classification simple.

L'intérêt d'avoir pris la décision de réaliser une classification particulière pour les efforts expulsifs et de ne pas avoir choisi celle de Melchior [32], qui est la plus fréquemment recommandée, est que la différence entre les tracés décrits par Melchior est difficile, et les différences de pH entre les différents types de tracés faibles.

Nous avons utilisé la classification de Gilstrap [35] qui était simple à utiliser, et y avons rajouté les anomalies du RCF avec récupération afin de prendre en compte l'analyse des tracés que nous utilisons habituellement. Les résultats obtenus dans cette étude ont confirmé l'intérêt potentiel de cette classification. En effet, en dehors de l'anomalie de type 2 (tachycardie > 160/min), la survenue des trois autres anomalies ainsi que leur durée étaient associées à une diminution significative du pH, aussi bien en analyse univariée que multivariée. D'autre part, il y avait une forte association entre le type d'anomalie la plus sévère observée au cours de la phase expulsive et le pH moyen à la naissance ($p < 0.0001$), avec une diminution progressive du pH moyen observé.

Contrairement à ce qu'avait retrouvé Gilstrap [35], nous n'avons donc pas pu retrouver d'association significative entre les anomalies de type 2 et une baisse de pH, aussi bien en analyse univariée ($p = 0.079$) que multivariée ($p = 0.294$), alors que le pH moyen semblait malgré tout inférieur dans ce groupe par rapport au groupe ne présentant pas cette anomalie (7.16 vs 7.22). Le nombre de patientes ayant présenté ce type d'anomalie étant plus faible que pour les autres anomalies, ce résultat est peut-être lié à un manque de puissance.

Nous avons cherché à déterminer si l'association d'anomalies avait un effet additif sur le pH. Cependant, l'association des anomalies de type 1-2 ou 1-3 n'était pas associée de manière significative à une diminution du pH ce qui n'allait pas dans le sens de notre hypothèse. Pour l'association 1-2, le p était proche de 0.05 ($p = 0.061$) traduisant peut-être un manque de puissance. Pour l'association 1-3, une seule patiente ayant présenté ce type d'anomalie, il était impossible de conclure. Ces résultats ne permettent pas pour le moment de rajouter les associations d'anomalies dans la classification utilisée.

Ces résultats semblent donc confirmer la pertinence du choix de classification que nous avons faite pour l'analyse du RCF lors des EE, même si nous n'avons pu confirmer l'intérêt du type

2 sur notre population. Une confirmation sur une autre population de taille plus importante serait utile avant de pouvoir en recommander l'utilisation.

5. L'analyse multivariée et le modèle final de prédiction du pH néonatal

À notre connaissance, notre modèle est un des seuls à intégrer les anomalies du RCF pour prédire le pH à la naissance, et le premier basé sur la dernière classification du CNGOF. Nous n'avons en effet retrouvé qu'un article publié par Kianmanesh et al. en 1998 qui intégrait l'analyse du RCF dans son modèle de prédiction en se basant sur une classification différente (Hammacher 1974), et ils n'ont pris en compte que le RCF dans les 60 minutes précédant la mesure du pH, et n'ont pas distingué rythme de travail et d'expulsion [63]. Dans ces limites, ils ont retrouvé que les rythmes pré-pathologique et pathologique, correspondant à nos types 2 et 3 de la classification du CNGOF, étaient associés à un risque significatif d'acidémie, alors qu'un RCF normal dans les 30 minutes précédant le pH était lui associé à une forte diminution du risque d'acidémie, ce qui est concordant avec nos résultats.

À la différence de l'article de Kianmanesh, notre population d'étude était volontairement répartie de manière relativement équitable entre les différents types de pH, avec une population précise de patientes à bas risque avec un fœtus en présentation céphalique. Dans l'étude de Kianmanesh, avaient été incluses 70 cas avec un pH au scalp ou au cordon inférieur à 3 DS comparés à un groupe témoin de 70 cas, sans autre critère de sélection. Si bien, que dans le groupe avec un pH bas, 15.7% des cas étaient des fœtus en présentation du siège, ce qui constituait un facteur de risque d'acidose significatif (OR 4.16 ; $p=0.03$). En dehors des anomalies du RCF, cette étude avait retrouvé comme autre facteur de risque d'acidose la rupture des membranes prolongée > 24 heures avant mise en travail, survenue dans 16.2% des cas avec pH bas (OR 4.25 ; $p=0.02$). Dans notre population, seules 4 patientes présentaient une rupture prolongée des membranes, ce qui ne permettait pas de pouvoir déterminer son impact sur le pH.

Dans notre étude, l'analyse multivariée a retrouvé comme facteurs statistiquement associées au pH uniquement les anomalies du RCF. L'équation linéaire multiple comportant les variables ayant obtenu un $p \leq 0.20$ lors de l'analyse multivariée avait une valeur du R^2 à 0.44 ($p < 0.0001$).

Cela signifie que seulement 44% de la variabilité observée du pH peut être expliquée par notre modèle. Cela constitue une limite évidente du modèle dans sa prédictivité. Ce résultat n'est pas surprenant puisqu'aucune variable autre que les anomalies du RCF n'a pu être associée de manière significative au pH, et que l'on sait que le RCF à lui seul ne suffit pas à prédire le pH, ce qui justifiait notre étude. Donc, soit l'augmentation de la population d'étude, incluant plus de patientes avec un facteur de risque potentiel, soit le choix d'autres variables à définir, pourrait peut-être permettre d'améliorer la précision du modèle. Ce résultat est cependant meilleur que celui de l'étude citée précédemment qui retrouvait un R^2 de seulement 0.343 [63].

D'autre part, le modèle actuel inclut le type de voie d'accouchement, critère connu uniquement après la naissance. Cela en diminue donc l'intérêt potentiel comme aide à la décision au cours du travail. Dans cet objectif, le modèle à retenir ne devrait inclure que des variables anténatales.

En dépit de ces limites, notre étude a permis d'obtenir des résultats potentiellement intéressants en clinique. Un pH prédit ≥ 7.20 avait une sensibilité de 84.1% pour prédire un pH réel ≥ 7.20 , et une valeur prédictive positive de 99.2% pour prédire un pH ≥ 7.05 . À l'inverse, un pH < 7.20 avait une sensibilité de 95.5% pour dépister les enfants avec un pH < 7.05 , et une valeur prédictive positive de 78.2% pour prédire un pH réel < 7.20 . Lorsque le pH prédit était inférieur à 7.10, le pH réel était inférieur à 7.20 dans 95.8%. À l'inverse, lorsque le pH prédit était supérieur ou égale à 7.30, le pH réel était inférieur à 7.20 dans seulement 2.9%. Les seuils de 7.10 et 7.30 pourraient donc potentiellement servir respectivement pour agir, ou pour rassurer. La prédictivité de notre modèle était meilleure que celle obtenue par l'étude de Kianmanesh qui retrouvait une sensibilité allant de 29% à 74% pour dépister un pH réel $> 3DS$ sous la moyenne, entre un seuil situé entre 3DS et 1DS sous la moyenne.

1. Les points forts

- La corrélation entre les facteurs de risque prédictifs de l'acidose, le RCF pendant le travail et le pH a été peu évaluée dans la littérature. Il s'agit de la première étude utilisant les anomalies du RCF selon la classification du RCF recommandée par le CNGOF pour confirmer l'implication des facteurs évoqués, ni surtout de quantifier leur poids relatif, afin de pouvoir prédire de manière assez fiable le pH à la naissance.
- Les critères d'inclusion précis et ciblés représentent une force pour notre étude. En

effet, exclure toute pathologie importante, les césariennes, les accouchements prématurés, nous a permis de corrélérer les facteurs prédictifs du pH à l'état néonatal sur une population à bas risque et homogène, sur laquelle le modèle construit pourrait s'appliquer en clinique

- Pour chaque RCF, l'analyse et l'interprétation ont été faites par 2 observateurs, ce qui diminue les erreurs liées à ce type de recueil de données. De plus, l'analyse du RCF étant en aveugle (l'observateur ne connaissait pas l'issue néonatale au moment de la lecture du RCF), il n'a donc pas pu être influencé par la valeur du pH. L'issue néonatale n'était révélée qu'après avoir analysé et interprété le RCF et aucune modification de l'interprétation du RCF n'était effectuée après connaissance de l'issue néonatale.

2. Limites et biais

- Notre étude est unicentrique. Nous avons donc été confrontés aux pratiques d'un seul service, ce qui limite également l'extrapolation de nos résultats, si l'on considère que la prise en charge des patientes différant d'un service à l'autre puisse avoir un impact sur le pH indépendamment des facteurs étudiés.
- Le caractère rétrospectif de l'étude constitue un autre point faible. Cependant, les données ont été préalablement informatisées et recueillies de manière prospective par le personnel soignant. Il faut cependant l'envisager comme un travail préliminaire d'analyse des facteurs de risque d'acidose fœtale et les intégrer dans un modèle prédictif du pH néonatal, qui ouvre la voie à d'autres travaux multicentriques et prospectifs.
- La population avec un pH <7 était limitée à 12 dossiers, après avoir exclu les césariennes en urgence et les enregistrements du RCF $< 1h$, tandis que pour les autres 9 tranches de pH, il y avait entre 19 et 21 dossiers. Il aurait fallu élargir la période de recueil afin d'obtenir un nombre similaire de dossiers dans chaque catégorie de pH, ce qui aurait peut-être permis d'améliorer notre modèle prédictif.
- La variable « Liquide amniotique clair » n'a pas été intégrée dans l'analyse multivariée alors qu'elle était significativement associée au pH en analyse univariée.
- Comme précédemment dit, seulement 44% de la variabilité observée du pH peut être

expliquée par notre modèle. Cela constitue une limite évidente du modèle dans sa prédictivité. Ce résultat était prévisible puisqu'aucune variable autre que les anomalies du RCF n'a pu être associée de manière significative au pH, et que l'on sait que le RCF à lui seul ne suffit pas à prédire le pH.

- Le modèle, sous sa version actuelle, comprend une variable connue uniquement après la naissance qui est l'accouchement spontané, ce qui en limite l'utilisation potentielle durant le travail.

3. Implications et perspectives

Notre étude a permis de créer un des premiers modèles prédictif du pH basé essentiellement sur le RCF. D'autres variables restent à identifier pour l'améliorer, soit par l'augmentation de la population d'étude, incluant plus de patientes avec un facteur de risque potentiel, soit par le choix d'autres variables à définir, qui pourraient peut-être permettre d'améliorer la précision du modèle.

Dans les perspectives, il est envisagé de réaliser une deuxième partie d'étude sur 200 autres cas afin de déterminer la fiabilité et valider l'équation obtenue.

Il pourrait être envisageable également de réaliser une étude plus axée sur l'analyse du RCF lors de l'expulsion, notamment pour mieux analyser les anomalies du RCF à type de ralentissement avec récupération, afin de déterminer si l'amplitude des ralentissements a un effet sur le niveau de pH au cordon à la naissance.

Pour un travail ultérieur, il serait intéressant de déterminer la valeur du modèle pour dépister les acidoses métaboliques (18 cas avec des pH entre 6.94 et 7.05).

Il serait intéressant de présenter les résultats obtenus en réalisant une courbe ROC pour déterminer le seuil de pH ayant la meilleure sensibilité et la meilleure spécificité.

En l'absence de méthode plus pertinente actuellement, la prévention des pH bas à la naissance ne peut passer que par une meilleure formation à l'interprétation du RCF, par l'intégration de l'ensemble du contexte obstétrical et par une aide à la prise de décisions au cours du travail [14]. En attendant de disposer d'un outil plus spécifique que le rythme cardiaque fœtal, il faut s'attacher à analyser les tracés de la manière la plus complète possible, en prenant en considération le contexte clinique et la présence d'éventuels facteurs de risque, dans l'objectif

de baisser le nombre de nouveau-nés en état d'acidose sévère et de complications néonatales graves. Comme pour l'analyse du rythme cardiaque fœtal, des rappels réguliers sur les différents facteurs de risque associés à l'acidose néonatale dans la littérature, les intérêts de la mesure des gaz du sang et l'interprétation du bilan acido-basique au sang du cordon pourraient être utiles afin d'améliorer la prise en charge obstétricale des patientes avec des facteurs de risque identifiés, et de réduire le risque d'acidose et de complications néonatales. Enfin, la sage-femme est très souvent celle qui réalise les gaz du sang au cordon ombilical et doit donc veiller à effectuer le prélèvement selon les recommandations actuelles afin d'assurer une mesure au plus juste de l'équilibre acido-basique du nouveau-né. De plus, une analyse complète systématique des gaz du sang nous permettrait de connaître la nature de l'acidose, à savoir gazeuse ou métabolique, qui nous orienterait sur le type de surveillance à mettre en place chez l'enfant.

4. Conclusion

La survenue d'une baisse du pH au cordon à la naissance est un événement rare et difficile à prévoir et peut entraîner des conséquences graves et irréversibles pour l'enfant, d'où la volonté des équipes obstétricales de la dépister et de la diagnostiquer, grâce à différents moyens, notamment l'interprétation du RCF et en prenant en considération le contexte clinique et la présence d'éventuels facteurs de risque, prédictifs de l'acidose et de l'état néonatal.

L'objectif de cette étude était d'intégrer à l'analyse du RCF d'autres variables qui en augmenterait la valeur prédictive. C'est la première étude de cette nature basée sur la classification du RCF proposée par le CNGOF. Aucune variable ante ou per partum ne s'est révélée statistiquement significative lors de l'analyse multivariée, en dehors des anomalies du RCF. Bien que la prédictivité du modèle en soit par conséquent limitée, nos résultats montrent que selon le seuil de pH choisi, le modèle pourrait permettre d'exclure un $\text{pH} < 7.20$ ou 7.05 avec une grande fiabilité. Ces résultats demandent à être confirmés sur une autre cohorte avant d'être validés, et le modèle demande à être affiné en intégrant d'autres variables ou en augmentant la population d'étude afin d'avoir plus de patientes présentant des facteurs de risque potentiels.

L'étude a confirmé l'intérêt de la classification du RCF proposée par le CNGOF, et montré

l'intérêt potentiel d'une nouvelle classification du RCF lors de la phase d'expulsion.

Pour ma future carrière de sage-femme, cette étude m'a permis de progresser dans l'interprétation du RCF durant le travail, m'a apporté également des connaissances approfondies dans le mécanisme physiopathologique et le dépistage de l'acidose néonatale, en associant l'analyse des potentiels facteurs prédictifs de cette situation pathologique et l'interprétation du RCF durant le travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] « Recommandations pour la pratique clinique du CNGOF : modalités de surveillance fœtale pendant le travail. http://www.cngof.asso.fr/D_TELE/rpc_surv-foet_2007.pdf. » .
- [2] « CNGOF, B. Carbonne, E. Maisonneuve, Le pH au cordon reste-t-il le gold standard pour l'évaluation du nouveau-né? ; 38es Journées Nationales; Paris, 2014 ». .
- [3] E. Racinet, « Diagnostic de l'acidose métabolique à la naissance par la détermination du pH eucapnique; », *Gynécologie Obstétrique & Fertilité Volume 41, n° 9 pages 485-492*, sept-2013. .
- [4] R. Victory, D. Penava, O. da Silva, R. Natale, et B. Richardson, « Umbilical cord pH and base excess values in relation to neonatal morbidity for infants delivered preterm », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 189, n° 3, p. 803-807, sept. 2003.
- [5] J. T. Helwig, J. T. Parer, S. J. Kilpatrick, et R. K. Laros, « Umbilical cord blood acid-base state: what is normal? », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 174, n° 6, p. 1807-1812; discussion 1812-1814, juin 1996.
- [6] « Neonatal encephalopathy and neurologic outcome, second edition. Report of the American College of Obstetricians and Gynecologists' Task Force on Neonatal Encephalopathy », *Obstet Gynecol*, vol. 123, n° 4, p. 896-901, avr. 2014.
- [7] G. Boog, « Asphyxie périnatale et infirmité motrice d'origine cérébrale, I- Le diagnostic, ». *Gynécologie Obstétrique et Fertilité* 38(2010) 261-277, févr-2010.
- [8] B. Carbonne, E. Maisonneuve, et I. Sabri, « Asphyxie fœtale », in *43es Journées nationales de la Société Française de Médecine Périnatale (Monaco 13-15 novembre 2013)*, Springer, Paris, 2014, p. 207-225.
- [9] V. Z. Simunek, « Asphyxie périnatale à terme : diagnostic, pronostic, éléments de neuroprotection », avr. 2010.
- [10] A. Martin, « Rythme cardiaque foetal pendant le travail : définitions et interprétation », *J Gynecol Obstet Biol Reprod* 2008 ; 37 : S34-S45.
- [11] J. Pommereau-Lathelize, E. Maisonneuve, M. Jousse, L. Guilbaud, B. Carbonne, et F. Pierre, « Comparaison des taux d'acidose néonatale sévère et analyse des pratiques obstétricales dans deux maternités françaises », mars 2014.
- [12] S. Uzan, N. Berkane, L. Verstraete, E. Mathieu, et G. Bréart, « [Acid base balance in the fetus during labor: pathophysiology and exploration methods] », *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*, vol. 32, n° 1 Suppl, p. 1S68-78, févr. 2003.
- [13] L. Omo-Aghoja, « Maternal and Fetal Acid-Base Chemistry: A Major Determinant of Perinatal Outcome », *Ann Med Health Sci Res*, vol. 4, n° 1, p. 8-17, 2014.

- [14] CNGOF « Acidose néonatale sévère avec pH au cordon < 7,00. Facteurs de risque et évaluation des pratiques associées ». Avr 2012.
- [15] « Revue n°92 – Mars 2013 – Lecture pratique du RCF pendant le travail | Syngof ». .
- [16] B. Carbonne, E. Maisonneuve, et I. Sabri, « Asphyxie fœtale », in *43es Journées nationales de la Société Française de Médecine Périnatale (Monaco 13–15 novembre 2013)*, Springer, Paris, 2014, p. 207-225.
- [17] ACOG Committee on Obstetric Practice, « ACOG Committee Opinion No. 348, November 2006: Umbilical cord blood gas and acid-base analysis », *Obstet Gynecol*, vol. 108, n° 5, p. 1319-1322, nov. 2006.
- [18] "Recommandations pour la pratique clinique " Obstetrique; CNGOF; 2016.
- [19] I. Milsom, L. Ladfors, K. Thiringer, A. Niklasson, A. Odeback, et E. Thornberg, « Influence of maternal, obstetric and fetal risk factors on the prevalence of birth asphyxia at term in a Swedish urban population », *Acta Obstet Gynecol Scand*, vol. 81, n° 10, p. 909-917, oct. 2002.
- [20] M. D. Berkus, O. Langer, A. Samueloff, E. M. Xenakis, et N. T. Field, « Electronic fetal monitoring: what's reassuring? », *Acta Obstet Gynecol Scand*, vol. 78, n° 1, p. 15-21, janv. 1999.
- [21] J. T. Parer, T. King, S. Flanders, M. Fox, et S. J. Kilpatrick, « Fetal acidemia and electronic fetal heart rate patterns: is there evidence of an association? », *J. Matern. Fetal. Neonatal. Med.*, vol. 19, n° 5, p. 289-294, mai 2006.
- [22] K. P. Williams et F. Galerneau, « Intrapartum fetal heart rate patterns in the prediction of neonatal acidemia », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 188, n° 3, p. 820-823, mars 2003.
- [23] E. H. Dellinger, F. H. Boehm, et M. M. Crane, « Electronic fetal heart rate monitoring: early neonatal outcomes associated with normal rate, fetal stress, and fetal distress », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 182, n° 1 Pt 1, p. 214-220, janv. 2000.
- [24] S. P. Chauhan, C. K. Klauser, T. C. Woodring, M. Sanderson, E. F. Magann, et J. C. Morrison, « Intrapartum nonreassuring fetal heart rate tracing and prediction of adverse outcomes: interobserver variability », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 199, n° 6, p. 623.e1-5, déc. 2008.
- [25] G. H. Visser, D. Ayres-de-Campos, et FIGO Intrapartum Fetal Monitoring Expert Consensus Panel, « FIGO consensus guidelines on intrapartum fetal monitoring: Adjunctive technologies », *Int J Gynaecol Obstet*, vol. 131, n° 1, p. 25-29, oct. 2015.
- [26] B. Carbonne, M. Dreyfus, et J.-P. Schaal, « Classification CNGOF du rythme cardiaque fœtal : obstétriciens et sages-femmes au tableau ! », </data/revues/03682315/v42i6/S0368231513001701/>, sept. 2013.
- [27] O. Dupuis et A. Simon, « [Fetal monitoring during the active second stage of labor] »,

- J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*, vol. 37 Suppl 1, p. S93-100, févr. 2008.
- [28] B. Langer, B. Carbonne, F. Goffinet, F. Le Gouëff, N. Berkane, et M. Laville, « Fetal pulse oximetry and fetal heart rate monitoring during stage II of labour », *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.*, vol. 72 Suppl, p. S57-61, mars 1997.
- [29] « CNGOF - RECOMMANDATIONS POUR LA PRATIQUE MEDICALE - RPC - RÉFÉRENTIELS ». [En ligne]. Disponible sur: http://www.cngof.asso.fr/D_PAGES/PURPC_00.HTM. [Consulté le: 30-sept-2017].
- [30] E. Sheiner, A. Hadar, M. Hallak, M. Katz, M. Mazor, et I. Shoham-Vardi, « Clinical significance of fetal heart rate tracings during the second stage of labor », *Obstet Gynecol*, vol. 97, n° 5 Pt 1, p. 747-752, mai 2001.
- [31] H. B. Krebs, R. E. Petres, et L. J. Dunn, « Intrapartum fetal heart rate monitoring. VIII. Atypical variable decelerations », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 145, n° 3, p. 297-305, févr. 1983.
- [32] Melchior J., Cavagna J., Bernard N. Le rythme cardiaque fœtal pendant l'expulsion de l'accouchement normal Sixième journées nationales de médecine prénatale Paris: Arnette (1977).
- [33] S. Honjo et M. Yamaguchi, « Umbilical artery blood acid-base analysis and fetal heart rate baseline in the second stage of labor », *J. Obstet. Gynaecol. Res.*, vol. 27, n° 5, p. 249-254, oct. 2001.
- [34] B. Robinson, « A Review of NICHD Standardized Nomenclature for Cardiotocography: The Importance of Speaking a Common Language When Describing Electronic Fetal Monitoring », *Rev Obstet Gynecol*, vol. 1, n° 2, p. 56-60, 2008.
- [35] L. C. Gilstrap, J. C. Hauth, G. D. Hankins, et A. W. Beck, « Second-stage fetal heart rate abnormalities and type of neonatal acidemia », *Obstet Gynecol*, vol. 70, n° 2, p. 191-195, août 1987.
- [36] L. C. Gilstrap, K. J. Leveno, J. Burris, M. L. Williams, et B. B. Little, « Diagnosis of birth asphyxia on the basis of fetal pH, Apgar score, and newborn cerebral dysfunction », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 161, n° 3, p. 825-830, sept. 1989.
- [37] J. A. Low, L. L. Simpson, G. Tonni, et S. Chamberlain, « Limitations in the clinical prediction of intrapartum fetal asphyxia », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 172, n° 3, p. 801-804, mars 1995.
- [38] E. Maisonneuve *et al.*, « Risk factors for severe neonatal acidosis », *Obstet Gynecol*, vol. 118, n° 4, p. 818-823, oct. 2011.
- [39] J. A. Low, H. Pickersgill, H. Killen, et E. J. Derrick, « The prediction and prevention of intrapartum fetal asphyxia in term pregnancies », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 184, n° 4, p. 724-730, mars 2001.

- [40] S. Berglund, C. Grunewald, H. Pettersson, et S. Cnattingius, « Risk factors for asphyxia associated with substandard care during labor », *Acta Obstet Gynecol Scand*, vol. 89, n° 1, p. 39-48, 2010.
- [41] N. Badawi *et al.*, « Antepartum risk factors for newborn encephalopathy: the Western Australian case-control study », *BMJ*, vol. 317, n° 7172, p. 1549-1553, déc. 1998.
- [42] J. A. Westgate, A. J. Gunn, et T. R. Gunn, « Antecedents of neonatal encephalopathy with fetal acidaemia at term », *Br J Obstet Gynaecol*, vol. 106, n° 8, p. 774-782, août 1999.
- [43] M. E. M. H. Westerhuis *et al.*, « Prediction of neonatal metabolic acidosis in women with a singleton term pregnancy in cephalic presentation », *Am J Perinatol*, vol. 29, n° 3, p. 167-174, mars 2012.
- [44] « Smith GC, Pell JP, Dobbie R, Caesarean section and risk of unexplained stillbirth in subsequent pregnancy, *Lancet* 2003, 362- 9398, 1779-1784.pdf ». .
- [45] M. E. Oscarsson, I. Amer-Wählin, H. Rydhstroem, et K. Källén, « Outcome in obstetric care related to oxytocin use. A population-based study », *Acta Obstet Gynecol Scand*, vol. 85, n° 9, p. 1094-1098, 2006.
- [46] T. Ghi *et al.*, « Neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy in apparently low risk pregnancies: Retrospective analysis of the last five years at the University of Bologna », *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, vol. 23, n° 6, p. 516-521, juin 2010.
- [47] B. Carbonne, C. Cudeville, F. Maillard, F. Goffinet, et French Study Group on Fetal Pulse Oximetry, « Predictive value of pulse oximetry and fetal scalp blood pH in the case of meconium-stained amniotic fluid », *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.*, vol. 109, n° 1, p. 27-32, juill. 2003.
- [48] J. Pommereau-Lathelize, E. Maisonneuve, M. Jousse, L. Guilbaud, B. Carbonne, et F. Pierre, « Comparaison des taux d'acidose néonatale sévère et analyse des pratiques obstétricales dans deux maternités françaises », [/data/revues/03682315/v43i4/S0368231513001567/](#), mars 2014.
- [49] M. E. Foley, M. Alarab, L. Daly, D. Keane, K. Macquillan, et C. O'Herlihy, « Term neonatal asphyxial seizures and peripartum deaths: lack of correlation with a rising cesarean delivery rate », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 192, n° 1, p. 102-108, janv. 2005.
- [50] S. De Franco, S. Esposito, D. Rossaro, G. Bona, et F. Ferrero, « Risk factors in newborns with severe acidosis at birth », *Panminerva Med*, vol. 49, n° 1, p. 17-19, mars 2007.
- [51] S. Berglund, C. Grunewald, H. Pettersson, et S. Cnattingius, « Risk factors for asphyxia associated with substandard care during labor », *Acta Obstet Gynecol Scand*, vol. 89, n° 1, p. 39-48, 2010.
- [52] American Academy of Pediatrics, Committee on Fetus and Newborn et American

College of Obstetricians and Gynecologists and Committee on Obstetric Practice, « The Apgar score », *Pediatrics*, vol. 117, n° 4, p. 1444-1447, avr. 2006.

- [53] L. Hogan, I. Ingemarsson, K. Thorngren-Jerneck, et A. Herbst, « How often is a low 5-min Apgar score in term newborns due to asphyxia? », *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, vol. 130, n° 2, p. 169-175, févr. 2007.
- [54] T. M. Goodwin, I. Belai, P. Hernandez, M. Durand, et R. H. Paul, « Asphyxial complications in the term newborn with severe umbilical acidemia », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 167, n° 6, p. 1506-1512, déc. 1992.
- [55] K. Thorngren-Jerneck et A. Herbst, « Perinatal factors associated with cerebral palsy in children born in Sweden », *Obstet Gynecol*, vol. 108, n° 6, p. 1499-1505, déc. 2006.
- [56] A. Hadar, E. Sheiner, M. Hallak, M. Katz, M. Mazor, et I. Shoham-Vardi, « Abnormal fetal heart rate tracing patterns during the first stage of labor: effect on perinatal outcome », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 185, n° 4, p. 863-868, oct. 2001.
- [57] P. C. a. M. Bakker, P. H. J. Kurver, D. J. Kuik, et H. P. Van Geijn, « Elevated uterine activity increases the risk of fetal acidosis at birth », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 196, n° 4, p. 313.e1-6, avr. 2007.
- [58] J. A. Low, R. Victory, et E. J. Derrick, « Predictive value of electronic fetal monitoring for intrapartum fetal asphyxia with metabolic acidosis », *Obstet Gynecol*, vol. 93, n° 2, p. 285-291, févr. 1999.
- [59] E. MAISONNEUVE , L. GUILBAUD, "Acidose néonatale sévère avec pH au cordon < 7,00. Facteurs de risque et évaluation des pratiques associées" CNGOF ; 2013
- [60] A. G. Cahill, K. A. Roehl, A. O. Odibo, et G. A. Macones, « Association and prediction of neonatal acidemia », *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 207, n° 3, p. 206.e1-8, sept. 2012.
- [61] M. Martinez-Biarge, J. L. Y. Cheong, J. Diez-Sebastian, E. Mercuri, L. M. S. Dubowitz, et F. M. Cowan, « Risk Factors for Neonatal Arterial Ischemic Stroke: The Importance of the Intrapartum Period », *J. Pediatr.*, vol. 173, p. 62-68.e1, 2016.
- [62] V. E. Torbenson *et al.*, « Intrapartum factors associated with neonatal hypoxic ischemic encephalopathy: a case-controlled study », *BMC Pregnancy Childbirth*, vol. 17, n° 1, p. 415, déc. 2017.
- [63] R. N. A. Kianmanesh, F. P. H. A. Vandenbussche, C. S. Le, D. Oepkes, R. G. J. Westendorp, et M. J. N. C. Keirse, « A risk model approach to the prediction of fetal acidemia », *Journal of Perinatal Medicine - Official Journal of the WAPM*, vol. 26, n° 4, p. 270-277, 2009.

ABRÉVIATIONS

ACOG: American College of Obstetricians and Gynecologists

ANAES: Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé

AO : Artère Ombilicale

ATCD: Antécédents

AUC: Area Under the Curve

CNGOF: Collège National des Gynécologues et Obstétriciens Français.

CO₂ : Dioxyde de carbone

EAB : Equilibre acido-basique

EB: Excès de Base

EE : Efforts Expulsifs

ERCF: Enregistrement du Rythme Cardiaque Fœtal

FIGO : Fédération Internationale de Gynécologie et d'Obstétrique

IMC: Indice de Masse Corporelle

LA: Liquide Amniotique

NS: Non Significatif

O₂ : Oxygène

pH: potentiel Hydrogène

RCF: Rythme Cardiaque Fœtal

RPC: Recommandations pour la Pratique Clinique

RCIU: Retard de Croissance Intra Utérin

SA: Semaine d'Aménorrhée

2^{ème} Phase Anomalies < 1h avant l'expulsion : NON OUI

	0 Normal	1 Quasi-normal	2 Intermédiaire	3 Pathologique	4 Préterminal
Durée totale					

3^{ème} Phase Anomalies pendant l'expulsion (selon la classification de Gilstrap)

Durée efforts expulsifs : min
Anomalies : OUI NON

	0 Normal	1 Ralentissements avec récupération	2 Tachycardie ≥ 160 bpm	3 Bradycardie légère 90-110 bpm	4 Bradycardie sévère < 90 bpm
Durée totale					

Anomalie la plus sévère :

Ralentissements avec récupération : 1
Tachycardie ≥ 160bpm : 2
Bradycardie légère (90-120) : 3
Bradycardie sévère < 90 : 4