

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERY

جامعة مولود معمري

FACULTE DE MEDECINE

كلية الطب

TIZI-OUZOU

تيزي وزو



Département de Pharmacie

N° D'ORDRE :

Mémoire de fin d'études

Présenté et soutenu publiquement

Le 21 juillet 2019

En vue de l'obtention du diplôme de Docteur en Pharmacie

Thème :

Conditions pré-analytiques des gaz du sang
Validation des seringues préparées avec de l'héparine liquide
Comparaison du prélèvement artériel et veineux périphérique

Réalisé par :

SAIDANI Sonia

SEBILI Ourida

HAMMAR Kenza

Encadré par :

Promotrice: D^r BELKAID Nawal

Co-promotrice: D^r OUMELLAL Madel

Membres de jury :

Pr. MAMOU M	MCA	Faculté de Médecine	UMMTO	Président de jury
Dr. CHIBAH	MAU	Faculté de Médecine	UMMTO	Examineur
Dr. DAHMANI D	MAHU	Faculté de Médecine	UMMTO	Examinatrice
Dr. BELKAID N	MAHU	Faculté de Médecine	UMMTO	Promotrice
Dr. OUMELLAL M	Résidente	Faculté de Médecine	UMMTO	Co-promotrice

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous remercions ALLAH le tout puissant qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous adressons nos profonds remerciements à notre promotrice Dr BELKAID Nawal qui s'est toujours montrée à l'écoute, pour son aide et ses véritables appuis tout au long de notre travail.

Nous remercions Pr. MAMOU pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Nous remercions également les membres du jury Dr.DAHMANI, Dr .CHIBAH pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent au Dr OUMELLAL pour son aide si précieuse, ses qualités humaines et son plus grand soutien.

Nous voudrions également exprimer nos remerciements les plus sincères à toute l'équipe médicale et paramédicale du service de Pneumo-phtisiologie plus particulièrement au Pr. ABDELLAZIZ pour son aide si précieuse, aux résidentes, ainsi qu'aux infirmières du service, et à tout le personnel du laboratoire de biochimie pour leur grand soutien.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A ma très chère mère Fatima, qui a œuvré pour ma réussite, de part son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie,

A mon cher père Slimane, qui a toujours cru en moi et a mis en ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse mes études,

A mes frères MOUH, MERZOUK, BRAHIM, ET RAVAH, pour tout l'intérêt qu'ils portent à mon travail et mes études depuis que j'étais enfant. A mes belles sœurs Sabrina et Souhila

A ma sœur NASSIMA, merci pour l'intérêt que tu as toujours manifesté à mon égard, pour ton soutien et ta bienveillance

A mon fiancé AGHILES et ma belle-famille pour leur soutien et l'intérêt qu'ils portent à mon égard

A mes binômes : Kahina et Kenza avec qui j'ai partagé des moments inoubliables tout au long de notre cursus et pendant la réalisation de ce travail.

A toute ma famille et mes amis

SONIA

Je remercie dieu de m'avoir donné le courage, et la persévérance dans la vie.

JE DÉDIE CE MÉMOIRE

A ma chère mère, quoique je fasse ou je dise je ne saurai point te remercier pour ton soutiens et tes encouragements mais surtout ton optimisme pour que je réussisse.

A mon cher frère hamid, mes sœurs : Karima, Souhila, Sara ; les meilleurs de ma vie.

A Mes petits neveux : Cynthia, Ilyane, Moumouh

Aux meilleures personnes que j'ai connu pendant toute ma vie : Kenza, Sylia, Racha, Lydia, Mennad, Said, Hocine,

A ma confidente Sonia avec qui je partage toute ma vie, et mon cher binôme Kenza avec qui j'ai partagé de meilleurs moments.

A mes cousins et cousines adorés.

A toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin pour réussir.

Kahina-Ourida

Dédicaces

Avant toute chose, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir accordé le courage, la force et la patience, à fin de réaliser mes rêves.

Je dédie ce travail

A ma très chère mère KARIMA sans qui j'aurais jeté l'éponge plus d'une fois, pour les sacrifices qu'elle a fait et ne cesse d'en faire, trouve ici le témoignage de mon grand amour et respect. Puisse dieu le tout puissant te garder pour nous tous.

A mon très cher père KAMAL, qui a toujours cru en moi et a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse, merci de me soutenir dans tous les projets que j'entreprends et pour toutes ces innombrables choses, qui font ce que je suis aujourd'hui.

A mes chères sœurs KAMELIA et CELINA, exemples de générosité et de réussite, merci pour l'intérêt que vous avez toujours manifesté à mon égard.

A mes chers frères MOUMOUH et YANIS, exemples de sagesse et de bienveillance, que dieu vous protège.

A ma grand-mère BAZIE, mes adorables oncles HAMID et AMAR, ma généreuse tante MALIKA, puisse dieu vous garder pour moi.

A mon mari FARID, à qui je dois tant. Merci pour tout ce que tu m'apportes, ton soutien, ta tendresse, ta compréhension, ta confiance, ton amour qui me remplissent de bonheur.

A ma belle-famille, merci pour votre soutien. Avec tout mon amour, ma reconnaissance et mon profond respect.

A mes chères amies KARIMA, SONIA et KAFIYA, je vous aime.

KENZA

LISTE DES ABBREVIATIONS

BPCO : Broncho-pneumopathie chronique

cCa^{2+} : Concentration du calcium ionisé

cH^+ : Concentration en H^+

$cHCO_3^-$: Concentration des bicarbonates

cK^+ : Concentration du potassium ionisé

cNa^+ : Concentration du sodium ionisé

ctHb : Concentration totale en hémoglobine

DPG : Diphosphoglycérates

eBase : excès de base

FHHbe : Fraction de l'hémoglobine réduite

FHbO₂ : Fraction de l'hémoglobine oxygénée

FiO₂ : Fraction d'oxygène dans l'air inspiré

Hb : Hémoglobine

HbCO : Carboxyhémoglobine

HbCO₂ : Carbaminohémoglobine

HbF : Hémoglobine fœtale

HbH : Désoxyhémoglobine

HbO₂ : Oxyhémoglobine

HbO₂H : carbaminohémoglobine

HTA : Hypertension artérielle

IC : Intervalle de confiance

ISO : organisation internationale de de standardisation

IV : Intraveineux

MetHb : Méthémoglobine

LISTE DES ABBREVIATIONS

mmHg : Millimètre de mercure

mM /L: milli mole par litre

PaO₂ : Pression partielle de l'oxygène dans le sang artériel

PaCO₂ : Pression partielle de dioxyde de carbone dans le sang artériel

PCO₂ : Pression partielle de dioxyde de carbone

pH : Potentiel hydrogène

pH_{cor} : pH corrigé

pH_v : Ph veineux

PID : Pneumopathie interstitielle dyspnéïsante.

PO : Per os

PvO₂ : Pression partielle de l'oxygène dans le sang veineux

PvCO₂ : Pression partielle du dioxyde de carbone dans le sang veineux.

PvCO_{2cor} : Pression en dioxyde de Carbone veineux corrigée.

SaO₂ : Saturation en oxygène du sang artériel

SpvO₂ : saturation veineuse périphérique en Oxygène

SFBC : Société française de Biologie clinique

SHb : Sulfhémoglobine

SNC : Système nerveux central

SO₂ : Saturation en oxygène

TAP : Trou anionique plasmatique

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma général de la régulation de l'équilibre acido-basique.(5)	10
Figure 2 : Rôle des chémorécepteurs centraux, aortiques et carotidiens dans la régulation de l'équilibre acido-basique(5)	11
Figure 3: Rôle du poumon dans la régulation de l'équilibre acido-basique(5).....	12
Figure 4: mécanisme de l'acidose respiratoire et compensation métabolique.(11)	15
Figure 5 : Mécanisme de l'alcalose respiratoire et compensation métabolique.(11).....	17
Figure 1: Mécanisme de l'acidose métabolique et compensation ventilatoire.(11).....	18
Figure 7: Mécanisme de l'alcalose métabolique et la compensation ventilatoire.(11).....	18
Figure 8: courbe de dissociation de l'hémoglobine (courbe de Barcroft)(23).....	26
Figure 9: Seringue héparinée originale. Figure 10: Seringue héparinée reconstituée.	46
Figure 11 : Prélèvement de sang depuis l'artère radiale	46
Figure 12 : Schéma récapitulatif des étapes de recueil des données.....	48
Figure 13:Automate d'analyse des gaz du sang « ABL 800 ».....	48
Figure 14 : Diagramme en secteur de la population selon le sexe. Figure 15: Diagramme en secteur de l'âge	53
Figure 16: Diagramme en bâtons du motif d'hospitalisation.....	53
Figure 17: Représentation graphique de la courbe de Bland et Altman et des limites de suivi et d'interprétation SFBC pour les concentrations en H ⁺	54
Figure 18: Régression de Passing Bablok entre pH sur prélèvement artériel sur seringue originale et reconstituée	55
Figure 19: Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour les concentrations en HCO ₃ ⁻	57
Figure 20: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	58
Figure 21: Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation SFBC pour la PCO ₂	60
Figure 22: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	61
Figure 23: Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour la PO ₂	63
Figure 24: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	64
Figure 25: Représentation graphique de Bland et Altman pour la SO ₂	66
Figure 26 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	67
Figure 27: Représentation graphique de Bland et Altman pour la ctHb.....	68
Figure 28: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	69
Figure 29: Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation SFBC de la FHbO ₂	70
Figure 30: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	71
Figure 31: Représentation graphique de Bland et Altman de la FHHbe.	73
Figure 32: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	74
Figure 33: Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation SFBC pour le Na ⁺	75
Figure 34: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	76
Figure 35: Représentation graphique de Bland et Altman des valeurs de K ⁺	78

LISTE DES FIGURES

Figure 36 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	79
Figure 37: Représentation graphique de Bland et Altman pour le Ca^{2+}	81
Figure 38: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	82
Figure 39: Interprétation de la gazométrie artérielle.....	84
Figure 40: Comparaison de la concordance de l'interprétation de la gazométrie artérielle et veineuse.....	84
Figure 41 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour la concentration en H^+	85
Figure 42: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	86
Figure 43: Comparaison après calcul du pH corrigée selon satO_2	88
Figure 44 : Représentation graphique de Bland et Altman pour HCO_3^-	89
Figure 45: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.....	90
Figure 46: Représentation graphique de Bland et Altman de la PCO_2	92
Figure 47 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	93
Figure 48: Comparaison après calcul de la PCO_2 corrigée selon satO_2	94
Figure 49: Représentation graphique de Bland et Altman et limites d'interprétation SFBC pour la PO_2	95
Figure 50 :Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	96
Figure 51: Représentation graphique de Bland et Altman de la SO_2	98
Figure 52: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	99
Figure 53 : Représentation graphique de Bland et Altman de la ctHb.	100
Figure 54: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	101
Figure 55: Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation SFBC pour la FHbO_2	102
Figure 56: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	103
Figure 57: Représentation graphique de Bland et Altman de la FHHbe.	104
Figure 58: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	105
Figure 59: Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour cNa^+	106
Figure 60: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	107
Figure 61 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour la cK^+	109
Figure 62: Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	110
Figure 63: Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour cCa^{2+}	112
Figure 64 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	113

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Récapitulatif des types de prélèvement, leurs principaux usages cliniques et le type de dispositif utilisé(22).....	38
Tableau 2: Statistiques descriptives de la concentration en H ⁺	54
Tableau 3: Evaluation de l'exactitude des valeurs du pH	56
Tableau 4: Statistiques descriptives des concentrations en HCO ₃ ⁻	57
Tableau 5: Evaluation de l'exactitude des valeurs de HCO ₃ ⁻	59
Tableau 6: Statistiques descriptives des valeurs de la PCO ₂	60
Tableau 7: Evaluation de l'exactitude des valeurs de la PCO ₂	62
Tableau 8: Statistiques descriptives pour les valeurs de PO ₂	63
Tableau 9: Evaluation de l'exactitude des valeurs de la PO ₂	65
Tableau 10: Statistiques descriptives de la SO ₂	66
Tableau 11: Statistiques descriptives de la ctHb.....	68
Tableau 12: Statistiques descriptives de la FHbO ₂	70
Tableau 13: Evaluation de l'exactitude de la FHbO ₂	72
Tableau 14: Statistiques descriptives de la FHHbe.....	73
Tableau 15: Statistiques descriptives pour les valeurs de Na ⁺	75
Tableau 16: Evaluation de l'exactitude de la cNa ⁺	77
Tableau 17: Statistiques descriptives pour les valeurs de cK ⁺	78
Tableau 18: Evaluation de l'exactitude de la cK ⁺	80
Tableau 19: Statistiques descriptives pour les valeurs de Ca ²⁺	81
Tableau 20: Evaluation de l'exactitude de cCa ²⁺	83
Tableau 21: statistiques descriptives de la concentration en H ⁺	85
Tableau 22: Evaluation de l'exactitude de cH ⁺	87
Tableau 23: Statistiques descriptives de HCO ₃ ⁻	89
Tableau 24: Evaluation de l'exactitude de HCO ₃ ⁻	91
Tableau 25: Statistiques descriptives de la PCO ₂	92
Tableau 26: Evaluation de l'exactitude de la PCO ₂	94
Tableau 27 : Statistiques descriptives pour la PO ₂	95
Tableau 28: Evaluation de l'exactitude pour les valeurs de la PO ₂	97
Tableau 29: Statistiques descriptives de la SO ₂	98
Tableau 30 : Statistiques descriptives de la ctHb.....	100
Tableau 31 : Statistiques descriptives de la FHbO ₂	102
Tableau 32 : Evaluation de l'exactitude de la FHbO ₂	103
Tableau 33: Statistiques descriptives de la FHHbe.....	104
Tableau 34: Statistiques descriptives des valeurs de cNa ⁺	106
Tableau 35: Evaluation de l'exactitude des valeurs de cNa ⁺	108
Tableau 36: Statistiques descriptives de cK ⁺	109
Tableau 37: Evaluation de l'exactitude des valeurs de cK ⁺	111
Tableau 38 : Statistiques descriptives de cCa ²⁺	112
Tableau 39 : Evaluation de l'exactitude des valeurs de cCa ²⁺	114

Table des matières

Liste des abréviations	i
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	v
Table de matières.....	vii
Introduction générale.....	1
Objectifs.....	2

REVUE DE LA LITTERATURE

CHAPITRE I : EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE

1 Généralités sur les acides et les bases.....	5
1.1 Définitions des acides et des bases	5
1.1.1 Définition de Bronsted-Lowry	5
1.1.2 Définition d'Arrhenius	6
1.2 Le pH	6
2 Généralités sur les gaz du sang.....	6
2.1 La pression partielle d'un gaz dans le sang	7
2.1.1 La PaO ₂	7
2.1.2 La PaCO ₂	7
2.2 La SaO ₂ ou saturation en oxygène de l'hémoglobine.....	7
3 Physiologie de l'équilibre acido-basique.....	8
3.1 Les tampons	8
3.1.1 Tampons intracellulaires	8
3.1.2 Tampons extracellulaires.....	10
3.2 La ventilation	11
3.3 La régulation rénale	12
3.3.1. Rappel anatomo-histologique du rein (6, 7).(voir annexe VIII)	12
3.3.2. Rôle du rein dans l'équilibre acido-basique	12
4. Troubles de l'équilibre acido-basique	14
4.1. Anomalies respiratoires	14

Table des matières

4.1.1.	Acidose respiratoire	14
4.1.2.	Alcalose respiratoire.....	16
4.2.	Anomalies métaboliques.....	18
4.2.1.	Acidose métabolique.....	18
4.2.2.	Alcalose métabolique	19
4.3.	Désordres mixtes de l'équilibre acido-basique :.....	21
4.3.1.	Acidose mixte	21
4.3.2.	Alcalose mixte	21
5.	Troubles d'oxygénation	22
5.1.	L'hypoxie.....	22
5.2.	L'hypercapnie.....	22

CHAPITRE II : EXPLORATION D'UNE GAZOMETRIE

1	Définition de la gazométrie	24
2	Indications.....	24
3	Contre-indications.....	24
4.	Exploration des gaz du sang	24
4.1.	pH (potentiel d'hydrogène)	24
4.2.	Gaz du sang et paramètres d'oxymétrie	25
4.2.1.	La PCO ₂	25
4.2.3.	La FiO ₂	25
4.2.4.	SaO ₂	25
4.2.5.	CtHb.....	26
4.3.	Paramètres connexes.....	27
4.3.1.	Les bicarbonates HCO ₃ ⁻	27
4.3.4.	Le sodium Na ⁺	28
4.3.5.	Le chlorure (Cl ⁻).....	28
4.3.6.	Le potassium (K ⁺)	29
4.3.7.	Calcium ionisé (Ca ²⁺).....	29
4.3.8.	Le trou anionique plasmatique (TAP).....	30

CHAPITRE III : Conditions pré-analytiques

1.	Définition de la phase pré-analytique	32
2.	Les spécificités et la complexité de la phase pré-analytique.....	32

Table des matières

3. Etapes de la phase pré-analytique.....	32
3.1. Prescription médicale	32
3.2. Le prélèvement	33
3.1.1 Le prélèvement artériel.....	34
3.2.2. Le prélèvement de sang capillaire.....	35
3.2.3. Le prélèvement du sang veineux.....	35
3.2.4. Prélèvement du sang de cordon	36
4 L'anticoagulant	39
4.1. Description.....	39
4.2. Mode d'action.....	39
4.3. Formes et recommandations d'utilisations.....	39
5 Conservation des échantillons	40
6 Transport des échantillons	40
7 Réception des échantillons.....	41
7.1. Enregistrement de la réception des échantillons.....	41
7.2. Critères de conformité des échantillons.....	41

PARTIE PRATIQUE

MATERIELS ET METHODES

1 Type et contexte de l'étude	44
2 Population d'étude	44
2.1. Définition.....	44
2.2. Critères d'inclusion.....	44
2.3. Critères de non inclusion	44
2.4. Critères d'exclusion.....	44
3. Matériels et méthodes	45
3.1. Matériels	45
3.1.1. Equipements.....	45
3.1.2. Matériels de prélèvement.....	45
3.1.3. Autres	45
3.2. Méthodes et protocoles d'étude.....	45
3.2.1. Recueil des renseignements (voir annexe : Fiche de renseignement).....	45

Table des matières

3.2.2.	Le prélèvement.....	46
3.2.3.	Traitement des prélèvements	47
3.2.4.	Principe du dosage	48
3.2.5.	Méthodes statistiques.....	50

RESULTATS ET DISCUSSION

1	Etude descriptive de la population.....	53
1.1.	Sexe et âge	53
1.2.	Motif d'hospitalisation	53
2.	Validation de la gazométrie sur les seringues reconstituées	54
2.1.	Concentration en H ⁺	54
2.1.1.	Etude descriptive.....	54
2.1.2.	Comparaison de Bland Altman.....	54
2.1.3.	Régression de Passing and Bablok.....	55
2.1.4.	Evaluation de l'exactitude	56
2.2.	HCO ₃ ⁻	57
2.2.1.	Etude descriptive.....	57
3.1.2	Tableau 4: Statistiques descriptives des concentrations en HCO ₃ ⁻	57
2.2.2.	Comparaison de Bland Altman.....	57
3.2.3.	Régression de passing et Pablok	58
2.2.4.	Evaluation de l'exactitude	59
2.3.	PCO ₂	60
2.3.1.	Etude descriptive.....	60
2.3.2.	Comparaison de Bland Altman	60
2.3.3.	Régression de Passing and Bablok.....	61
2.3.4.	Test d'exactitude	62
2.4.	PO ₂	63
2.4.1.	Etude descriptive.....	63
2.4.2.	Comparaison de Bland Altman.....	63
	Figure 24 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.	64
2.4.4.	Evaluation de l'exactitude	64
2.5.	SO ₂	66
2.5.1.	Etude descriptive.....	66

Table des matières

2.5.2. Comparaison de Bland Altman.....	66
2.5.3. Régression de Passing and Bablok.....	67
2.5.4. Test d'exactitude.....	67
2.6. ctHb.....	68
2.6.1. Etude descriptive.....	68
2.6.2. Comparaison de Bland Altman.....	68
2.6.3. Régression de Passing and Bablok.....	69
2.6.4. Evaluation de l'exactitude :.....	69
2.7. FHbO ₂	70
2.7.1. Etude descriptive.....	70
2.7.2. Comparaison de Bland Altman.....	70
2.7.3. Régression de Passing and Bablok.....	71
2.7.4. Evaluation de l'exactitude.....	72
2.8. FHHbe.....	73
2.8.1. Etude descriptive.....	73
2.8.2. Comparaison de Bland Altman.....	73
2.8.3. Régression de Passing and Bablok.....	74
Evaluation de l'exactitude.....	74
2.9. Na ⁺	75
2.9.1. Etude descriptive.....	75
2.9.2. Comparaison de Bland Altman.....	75
2.9.3. Régression de Passing and Bablok.....	76
2.9.4. Evaluation de l'exactitude.....	77
2.10. K ⁺	78
2.10.1. Etude descriptive.....	78
2.10.2. Comparaison de Bland Altman.....	78
2.10.3. Régression de Passing and Bablok.....	79
2.10.4. Test d'exactitude.....	80
2.11. Ca ²⁺	81
2.11.1. Etude descriptive.....	81
2.11.2. Comparaison de Bland Altman.....	81
2.11.3. Régression de Passing and Bablok.....	82
2.11.4. Evaluation de l'exactitude.....	83
3. Comparaison de la gazométrie sur sang artériel et sang veineux sur seringues reconstituées.....	84

Table des matières

3.1. Étude descriptive sur la concordance d'interprétation sur sang artériel et veineux périphérique	84
3.2. Etude comparative selon les normes SFBC.....	85
3.2.1. Concentration en H ⁺	85
3.2.2. HCO ₃ ⁻	89
3.2.3. PCO ₂	92
3.2.4. PO ₂	95
3.2.5. SO ₂	98
3.2.6. ctHb	100
3.2.7. FHbO ₂	102
3.2.8. FHHbe	104
3.2.9. Na ⁺	106
3.2.10. cK ⁺	109
3.2.11. cCa ²⁺	112
4. Discussion	115
Conclusion	119
Bibliographie	
Annexes	

Introduction générale

La mesure des gaz du sang, pH et les paramètres connexes, a pour but d'estimer la qualité et l'efficacité de la ventilation, l'oxygénation, l'équilibre acido-basique et le degré de l'homéostasie. Ces analyses servent principalement à évaluer l'état des patients en situation d'urgence ou d'épisode de soins critiques. (22, 42)

La phase pré-analytique constitue un grand défi pour les professionnels du laboratoire pour un prélèvement de gazométrie. Sa qualité conditionne la justesse et l'exactitude des résultats biologiques, le type de prélèvement quant à lui, est l'étape la plus importante dans cette phase. (35)

Quel que soit le type de prélèvement, l'anticoagulant utilisé dans les seringues est l'héparine lyophilisé sous ses différents sels de lithium, de sodium et d'ammonium. (22)

La gazométrie se fait habituellement sur sang artériel, cependant, elle nécessite un geste délicat et invasif, avec des risques infectieux, perforation, hématome, thrombose, faux anévrysmes, fistules artério-veineuses, accident vasculaire cérébral (41).

Ces risques qui constituent un réel problème en plus de la difficulté et la délicatesse du prélèvement, ont attiré l'attention de nombreux chercheurs pour l'améliorer au profit des patients et des cliniciens en étudiant ces paramètres sur le sang veineux périphérique. (41, 50,51, 53)

De nombreuses études, figurant dans la littérature, ont été effectuées dans ce contexte, pour rechercher d'éventuelles corrélations entre les valeurs des gaz du sang, pH, paramètres connexes, du sang artériel et veineux périphérique. (50, 51, 53)

A travers notre étude nous visons à évaluer l'influence de certaines variations effectuées dans l'étape pré-analytiques sur la qualité et la fiabilité des résultats.

Objectifs

Les objectifs de notre étude s'articulent ainsi :

Objectif principal

- Validation des seringues reconstituées par l'héparine liquide.

Objectif secondaire

- Estimation de la faisabilité de la gazométrie sur sang veineux.

REVUE DE LA
LITTERATURE

CHAPITRE I
EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE

1 Généralités sur les acides et les bases

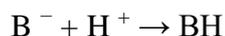
1.1 Définitions des acides et des bases

1.1.1 Définition de Bronsted-Lowry

Un acide est une entité capable de céder un proton H^+ :



Une base est une entité capable d'accepter un proton H^+ :

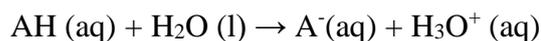


Une réaction acido-basique est donc une réaction au cours de laquelle il y a un transfert de proton d'un acide vers une base.

Selon leur pouvoir de se dissocier dans l'eau, on classe les acides et les bases en :

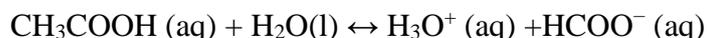
➤ Acide fort et acide faible

Un acide fort est une espèce qui se dissocie complètement en ses ions constitutifs en solution aqueuse, la réaction ci-dessous est déplacée vers la droite :



Au contraire un acide faible ne se dissocie pas complètement.

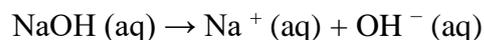
Exemple du vinaigre dans l'eau qui se dissocie partiellement pour former les ions hydroniums.



La réaction est réversible (1)

➤ Base forte et base faible

Une base forte se dissocie complètement en solution aqueuse. L'exemple type est celui de l'hydroxyde de sodium qui se dissocie complètement pour donner des ions sodium et des ions hydroxyde :



La réaction est déplacée vers la droite.

Contrairement à une base faible qui est partiellement dissociée. Exemple de l'ammoniac dans l'eau :



➤ Couple acido-basique

Dans une réaction acido-basique de Bronsted-Lowry, l'acide conjugué est l'espèce formée après que la base ait accepté un proton. Au contraire, la base conjuguée est l'espèce formée après que l'acide a donné un proton. Les deux espèces conjuguées l'une de l'autre forment un couple

acide-base ou couple acido-basique, elles ont la même formule moléculaire à part que l'acide a un H^+ excédentaire par rapport à sa base conjuguée(1).

1.1.2 Définition d'Arrhenius

Les acides et les bases en solution

À partir de la composition d'une solution en cations et anions on peut déduire son caractère acido-basique :

- Acide si la somme des concentrations des cations est inférieure à la somme des Concentrations des anions.
- Basique si la somme des concentrations des cations est supérieure à la somme des concentrations des anions.
- Neutre si la somme des concentrations des cations égale à la somme des concentrations des anions(1, 2)

1.2 Le pH

Potentiel Hydrogène : Le pH est une échelle de mesure logarithmique de 0 à 14, avec pour référence l'eau pure, qui a un $pH=7$, dit neutre.

C'est une mesure de l'activité des protons, donc de l'acidité ou la basicité d'une solution. (1)

L'activité chimique des ions hydrogènes est traduite par la formule suivante :

$$PH = - \log ([H^+])$$

➤ Echelle de pH

- Une solution aqueuse est neutre si $[H_3O^+] = [OH^-]$: le $pH=7$;
- Une solution est dite acide si $[H_3O^+] > [OH^-]$: le $pH < 7$;
- Une solution est dite basique si $[H_3O^+] < [OH^-]$: le $pH > 7$.

2 Généralités sur les gaz du sang

Le terme gaz du sang comprend la mesure des gaz dissous dans le sang (O_2 et CO_2) et ceux liés chimiquement à des composants du sang tels que le dioxygène et le monoxyde de carbone qui se lient aux hématies.

La mesure des gaz du sang permet d'évaluer la capacité des poumons à fournir de l'oxygène aux tissus (oxygénation) et extraire le gaz carbonique qu'ils ont produit (ventilation) ainsi que la capacité des reins à réabsorber ou à excréter des bicarbonates (pour couvrir les besoins de l'équilibre acido-basique).

2.1 La pression partielle d'un gaz dans le sang

C'est la pression exercée par le gaz à l'état dissous, c'est-à-dire dans l'état où il franchit la barrière alvéolocapillaire pour passer du poumon dans le sang (oxygène) ou du sang au poumon (gaz carbonique).

2.1.1 La PaO₂

C'est la pression partielle exercée par l'oxygène dissous dans le sang artériel, la norme est de 70 à 95mmHg. Elle reflète l'oxygénation du sang par les poumons, et diminue avec l'âge.

PaO₂ basse → **hypoxie** due à un apport insuffisant en oxygène par rapport aux besoins des tissus de l'organisme.

PaO₂ élevée → **hyperoxie** due à une oxygénation trop importante notamment lors de L'administration d'oxygène dans les services de soins intensifs. (3)

2.1.2 La PaCO₂

Est la pression partielle exercée par le gaz carbonique dissous dans le sang artériel, la norme est de 35 à 45 mmHg. Elle reflète la ventilation pulmonaire :

- Toute baisse de la ventilation augmente la PaCO₂ ;
- Toute augmentation de la ventilation baisse la PaCO₂, et ne varie pas avec l'âge.

PaCO₂ basse ⇒ **hypocapnie.**

PaCO₂ élevée ⇒ **hypercapnie. (3)**

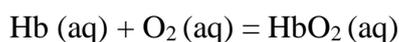
2.2 La SaO₂ ou saturation en oxygène de l'hémoglobine

C'est le pourcentage d'O₂ fixé sur l'hémoglobine qui transporte l'oxygène dans le sang par rapport à la quantité totale qui pourrait être liée à l'hémoglobine.

Le transport de l'oxygène se trouve sous deux formes

- 2% sous forme dissoute
- 98% de l'O₂ est lié à l'hémoglobine des globules rouges (sous forme combiné)

La réaction de l'hémoglobine avec l'O₂ va donner de l'oxyhémoglobine



$$\text{SaO}_2 = (\text{quantité d'O}_2 \text{ lié à l'Hb} / \text{quantité maximale}) \times 100$$

La SaO₂ dépend de la PaO₂ et peut être modifiée par le pH , le CO₂ , la température et concentration de 2,3 Diphosphoglycérate (DPG, métabolite de la glycolyse dans les hématies (3).

3 Physiologie de l'équilibre acido-basique

L'équilibre acido-basique est l'ensemble des mécanismes du corps humain qui permettent de maintenir constant le pH physiologique. Tout écart de cet état d'équilibre peut entraîner des perturbations graves parfois incompatibles avec la vie.

Dans l'organisme humain, le fonctionnement optimal des cellules est conditionné par un pH artériel compris entre 7.38 – 7.42. (2)

Une variation en dehors de cet intervalle fait aussitôt appel aux 3 majeurs systèmes de régulation :

- Systèmes tampons ;
- La ventilation (poumons) ;
- La régulation rénale.

Chronologie

Les systèmes tampons sont les premiers à intervenir pour stabiliser le pH, leur action est rapide et immédiate.

La ventilation ensuite, si les systèmes tampons sont dépassés, d'autant aussi rapide, prend en charge presque 75% des perturbations de l'équilibre acido-basique. Les reins sont les derniers à entrer en œuvre prenant en charge les perturbations résiduelles du pH. (5)

3.1 Les tampons

Un tampon est une solution :

- D'acide faible et sa base conjuguée ;
- De base faible et son acide conjugué.

Cette base est capable de capter des ions H^+ et l'acide faible libère ces ions minimisant ainsi les variations du pH.

$$pH = pK_a + \log\left(\frac{[BASE]}{[ACIDE]}\right)$$

Le pouvoir tampon est maximal quand le $pH = pK_a$.

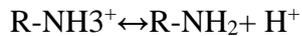
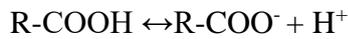
C'est le premier mécanisme protégeant les cellules contre la production continue d'acides ou contre une agression acide externe. Ils sont très efficaces, car ils maintiennent localement le pH constant face à un apport continu d'ions H^+ . Les systèmes tampons sont instantanés et automatiques, mais rapidement dépassés. Leur action est limitée. (4)

3.1.1 Tampons intracellulaires

Ce sont surtout les ions phosphates, les protéines et l'hémoglobine.

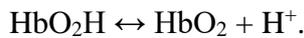
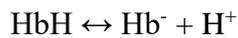
3.1.1.1. Tampons protéinates/protéines

Les protéines du sang peuvent soit capter des protons à partir de leurs groupements carboxyles (COO^-), soit libérer des protons au niveau des groupements amines (NH_3^+). (4)



3.1.1.2. Rôle tampon de l'hémoglobine

Le rôle essentiel de l'hémoglobine est le transport d'oxygène.



L'association du CO_2 avec l' H_2O aboutit à un H^+ et HCO_3^- , cette réaction est lente dans le plasma mais accélérée dans les globules rouges grâce à l'anhydrase carbonique. Les ions H^+ résultants se combinent donc à l'hémoglobine tandis que le bicarbonate sort du globule rouge pour être transporté vers le plasma.

On a deux formes de l'Hb :

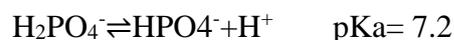
- La forme réduite Hb^- / HbH ($\text{pK}_a = 7.83$).
- La forme oxydée $\text{HbO}_2 / \text{HbO}_2\text{H}$ ($\text{pK}_a = 6.6$).

L'Hb oxygénée et relativement acide capte moins d'ions H^+ et en libère d'avantage que l'Hb réduite qui est moins acide. De ce fait, si de l'Hb est oxygénée en HbO_2 dans les poumons, des ions H^+ sont libérés : ils compensent partiellement l'augmentation du pH. On admet que la forme réduite est le tampon le plus fort car son pK_a est le plus proche du pH.

Le CO_2 peut aussi directement se combiner à l'Hb formant ainsi la carbaminohémoglobine (CO_2Hb). Ici encore, l'Hb a une plus grande affinité pour le CO_2 que l' HbO_2 , ce qui favorise la prise en charge du CO_2 au niveau des tissus et sa libération au niveau des alvéoles. Cette particularité s'appelle l'effet **HALDANE**.

3.1.1.3. Tampons phosphates

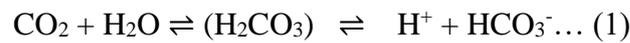
L'acide tri phosphorique H_3PO_4 est un triacide possédant 3 pK_a mais seulement le pK_a de la deuxième acidité est proche du pH sanguin et donc le plus efficace.



3.1.2 Tampons extracellulaires

3.1.2.1 Bicarbonate/acide carbonique ($\text{HCO}_3^- / \text{H}_2\text{CO}_3$)

En soi le bicarbonate est loin d'être un tampon idéal pour l'organisme (il vire à $\text{pH} = 6,1$), mais il est abondant et il agit comme courroie de transmission entre les cellules productrices de H^+ et la ventilation alvéolaire capable d'éliminer efficacement le CO_2 .



Selon l'équation d'**HANDERSON – HASSELBACH** on a :

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log [\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3]$$

Selon l'équation (1) :

Un apport de H^+ va déplacer l'équilibre à gauche et aboutira à la production de CO_2 et de même un apport de bicarbonates aboutira à la formation du CO_2 .



A l'inverse, une augmentation de la concentration de CO_2 déplace l'équation vers la droite et aboutit à la dissociation de l'acide carbonique en H^+ et bicarbonates(4).



3.1.2.2 Les phosphates au niveau urinaire

Le phosphate a un rôle plus important au niveau urinaire qu'au niveau intracellulaire :

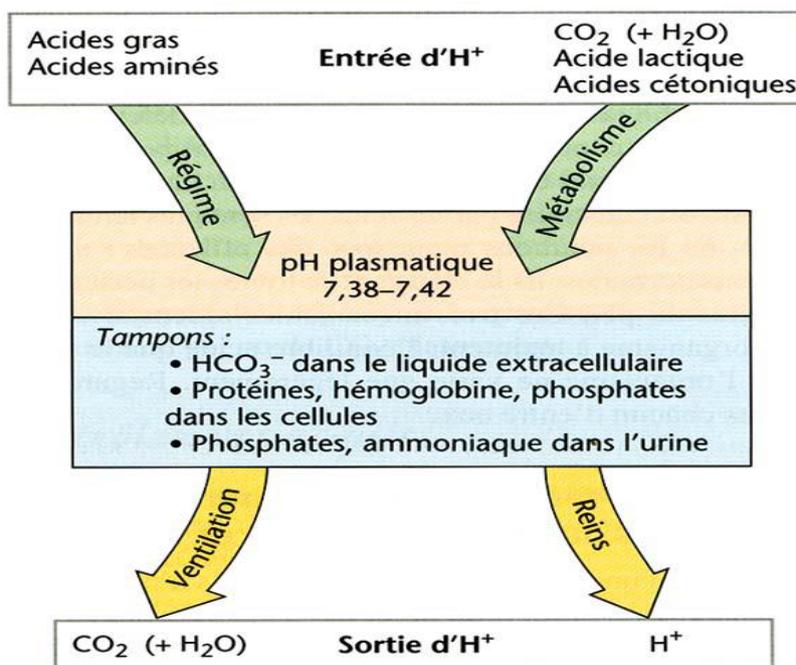


Figure 2: Schéma général de la régulation de l'équilibre acido-basique. (5)

3.2 La ventilation

Le système respiratoire, bien que plus lent que les systèmes tampons chimiques, a une Capacité de régulation du pH supérieure à l'ensemble de ces tampons.

Les chémorécepteurs aortiques et carotidiens sont stimulés par la concentration en H⁺ plasmatique et permettent la stimulation des centres respiratoires ainsi que l'augmentation de la ventilation, l'élimination du CO₂ issu de la conversion des H⁺ en H₂CO₃.

Les ions H⁺ ne traversent pas la barrière hémato-encéphalique. Mais les changements de pH modifient la PCO₂ et le CO₂ stimulant ainsi les chémorécepteurs centraux.

Tout changement de la ventilation entraîne donc une modification de l'équilibre acido-basique.

Celle-ci va ajuster le pH par l'intermédiaire de deux stimuli : le H⁺ et la PCO₂.

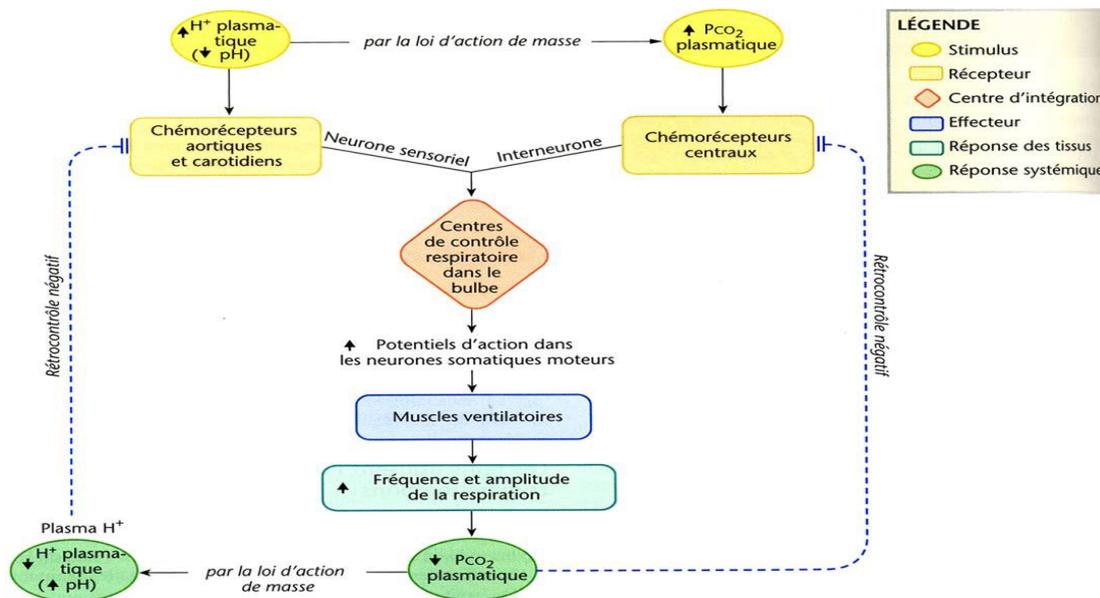


Figure 3 : Rôle des chémorécepteurs centraux, aortiques et carotidiens dans la régulation de l'équilibre acido-basique(5)

- Une hypoventilation va entraîner l'augmentation de la PCO₂, donc du CO₂ dissous et déplace l'équation vers la droite avec une augmentation des ions H⁺.



- Une hyperventilation va induire l'augmentation de l'expiration du CO_2 et ainsi la diminution de la PCO_2 .

L'équation se déplace vers la gauche, augmentant l'acide carbonique, diminuant les ions H^+ et augmentant donc le pH.



La régulation ventilatoire du pH plasmatique

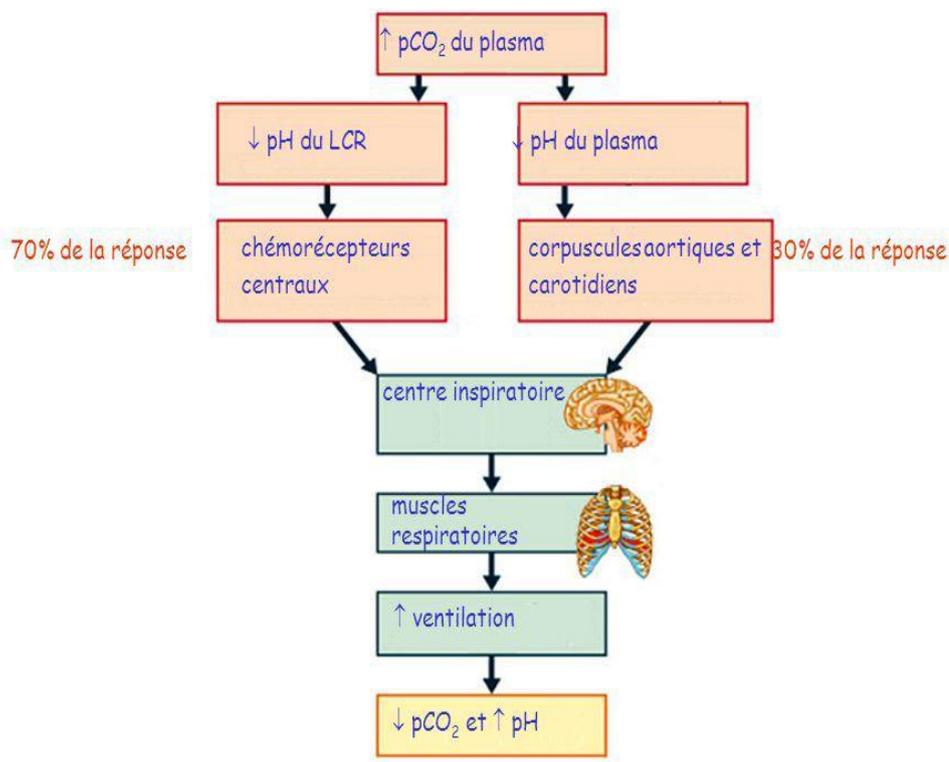


Figure 4: Rôle du poumon dans la régulation de l'équilibre acido-basique(5)

3.3 La régulation rénale

Le rein intervient lentement et prend en charge 25% de compensation que le poumon n'a pas effectuée.

3.3.1. Rappel anatomo-histologique du rein (6, 7).(voir annexe VIII)

3.3.2. Rôle du rein dans l'équilibre acido-basique

Le rein a pour rôles de :

- Excréter les ions H^+ .
- Augmenter ou diminuer le taux de réabsorption des ions HCO_3^- .

Cette régulation se fait en deux étapes :

- Réabsorption des bicarbonates filtrés ;
- Excrétion des ions H^+ sous forme d'acidité titrable et d'ammonium.

3.3.2.1. Réabsorption des bicarbonates filtrés (voir annexe)

Presque tout le bicarbonate filtré est réabsorbé chez un sujet sain avec un taux de réabsorption maximal de 28 mmol/l.

- 80% dans le tube contourné proximal ;
- 10% dans l'anse de Henlé ;
- 5% dans le tube collecteur(2, 8).

NB : Lors de la réabsorption des HCO_3^- , les ions H^+ sont secrétés dans le liquide tubulaire mais il n'y a pas d'excrétion d'acide nette.

3.3.2.2. Contrôle de l'excrétion d'acide

Au niveau des canaux collecteurs corticaux, des tubules connecteurs et des tubules collecteurs initiaux, dans la partie distale du néphron, il existe des cellules spécialisées dites intercalaires. Ces cellules sont riches en anhydrase carbonique et comportent des H^+ ATPases ou des ATPases échangeant H^+ contre K^+ . Les bicarbonates sont mobilisés par des contretransports HCO_3^-/Cl^- .

Les cellules de type A interviennent en cas d'acidose, alors que les cellules de type B sont activées en cas d'alcalose(9, 10). (**voir annexe I**)

3.3.2.3. Excrétion des H^+ sous forme d'acidité titrable

L'acidité titrable est la charge acide prise en charge par des sels d'acide faible, dont le pKa est proche du pH urinaire. Les principaux tampons concernés sont :

- ▶ Phosphate : $HPO_4^{2-} + H^+ \leftrightarrow H_2PO_4^-$ (pka =7.2) ;
- ▶ Créatinine (pka = 4.9) ;
- ▶ Acide urique (pka = 5.7).

Les caractéristiques de l'acidité titrable sont les suivantes :

- ▶ Forme non régulée d'élimination de la charge acide ;

► mais modulée par le pH urinaire (l'acidité titrable est maximale à pH urinaire acide en situation physiologique ; elle diminue en cas de pH urinaire alcalin).

L'excrétion de H^+ sous forme d'acidité titrable est très peu modulable(2).

3.3.2.4. Excrétion des H^+ sous forme d'ammonium

Elle correspond à la prise en charge des H^+ par le NH_3 (couple NH_3/NH_4^+). L'ammoniac (NH_3) est produit à partir de l'alpha cétooglutarate (produit du métabolisme de la glutamine d'origine hépatique) dans la cellule tubulaire proximale. Après un transit tubulaire complexe, comprenant une réabsorption par la branche ascendante large de l'anse de Henlé, le NH_3 est finalement sécrété dans le canal collecteur où il prend en charge instantanément un ion H^+ (2).

4. Troubles de l'équilibre acido-basique

Les troubles acido-basiques sont des modifications pathologiques de la pression partielle du dioxyde de carbone (PCO_2) ou du bicarbonate plasmatique (HCO_3^-) qui produisent typiquement des anomalies des valeurs du pH artériel ; ces anomalies dépendent essentiellement du degré de compensation physiologique (11).

Les troubles acido-basiques primaires sont définis comme métaboliques ou respiratoires, en fonction du contexte clinique, de la cause primitive de la variation du pH.

On peut les classer en 4 types :

- Acidose respiratoire ;
- Alcalose respiratoire ;
- Acidose métabolique ;
- Alcalose métabolique.

On peut également retrouver des troubles mixtes à savoir :

- Acidose mixte ;
- Alcalose mixte.

4.1. Anomalies respiratoires

4.1.1. Acidose respiratoire

4.1.1.1. Définition

L'acidose respiratoire se définit comme une augmentation primitive de la $PaCO_2$ (Hypercapnie) par hypoventilation alvéolaire responsable d'une baisse du pH, qui est plus au moins importante en fonction de l'augmentation des bicarbonates secondaire à la réponse rénale.

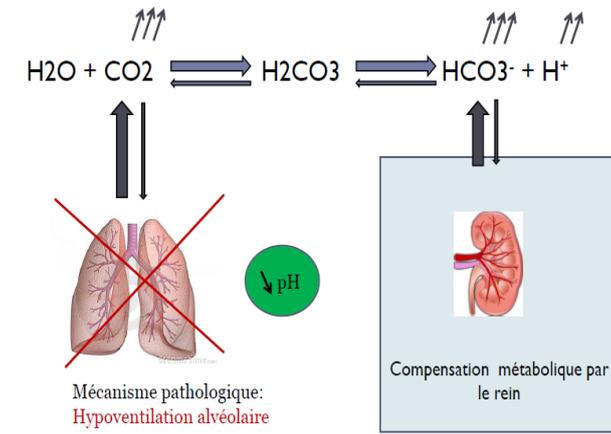


Figure 5: mécanisme de l'acidose respiratoire et compensation métabolique.(11)

La réponse physiologique secondaire

$\uparrow \text{PaCO}_2 \Rightarrow \uparrow \text{H}^+ (\text{pH} \downarrow)$

$\uparrow \text{Tampon } \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$

↑ La compensation rénale qui intervient par :

- Augmentation de l'élimination des H^+ en NH_4^+ ;
- Réabsorption de HCO_3^- ;
- Parallèlement à la réabsorption de HCO_3^- , le chlore diminue pour maintenir l'électro neutralité(2).

4.1.1.2.Types

4.1.1.2.1. Acidose respiratoire aiguë

Situation d'hypercapnie aiguë, l'élévation des bicarbonates est absente ou très modestes, car contrairement à l'acidose métabolique, l'acidose respiratoire aiguë ne dispose pas de phénomènes de compensation à effet rapide car l'adaptation rénale est longue à mettre en route, donc les tampons intracellulaires restent les seuls moyens de protection.

4.1.1.2.2. Acidose respiratoire chronique

L'acidose respiratoire chronique est une acidose latente correspondant à une tendance de l'organisme à toujours se trouver dans la partie la plus acide de la fourchette de tolérance du pH. Une telle acidose latente chronique peut être provoquée par le simple effet inhibant de stress sur la respiration. Elle passe inaperçue à courts termes (asymptomatique), mais elle peut entraîner à moyen et surtout à long termes une fatigue profonde de l'organisme et un état inflammatoire chronique propice au développement de nombreuses affections. (12)

Dans cette situation d'hypercapnie chronique, l'élévation des bicarbonates est importante et traduit l'adaptation rénale, le pH néanmoins reste modérément acide.

Les deux situations (hypercapnie aiguë et chronique) permettent de différencier une insuffisance respiratoire aiguë d'une insuffisance respiratoire chronique(12).

4.1.1.3.Symptomatologie

La symptomatologie est fonction de la vitesse et du degré de l'élévation de PCO_2 . Le CO_2 diffuse rapidement à travers la barrière hémato encéphalique. La symptomatologie résulte donc de concentrations élevées de CO_2 et d'un pH bas dans le SNC et de l'hypoxie associée.

L'acidose respiratoire aiguë (ou chronique décompensée) entraîne des céphalées, polypnée, hypertension artérielle, sueurs, une confusion, de l'anxiété, une somnolence et de la stupeur (narcose au CO_2).

L'acidose respiratoire chronique (stable) et se développant lentement (comme dans les BPCO) peut être bien tolérée, mais les patients peuvent souffrir de perte de mémoire, des troubles du sommeil d'une somnolence diurne excessive et de modifications de la personnalité (12).

4.1.1.4.Diagnostic

Le diagnostic est :

- Biologique : La mesure du gaz du sang artériel, du pH et d'ionogramme sanguin permet la reconnaissance de l'acidose respiratoire et de la compensation rénale : $pH < 7.38$ et $PaCO_2 > 45\text{mmHg}$ avec HCO_3^- normaux ou modérément élevés.
- Clinique : l'acidose est habituellement évidente à l'interrogatoire et l'examen clinique(2, 13).

4.1.1.5. Etiologies (voir annexe IX)

4.1.1.6. Traitement (voir annexe IX)

4.1.2. Alcalose respiratoire

4.1.2.1.Définition

L'alcalose respiratoire ou ventilatoire se définit comme une baisse primitive de la $PaCO_2$ (hypocapnie) responsable d'une élévation du pH artériel au-dessus de 7,42 d'origine respiratoire. L'hypocapnie traduit l'hyperventilation alvéolaire. Les bicarbonates peuvent être normaux ou diminués si l'hyperventilation alvéolaire se prolonge.

L'alcalose respiratoire peut être associée à une hyperkaliémie et à une hyperexcitabilité neuromusculaire (crise de tétanie) par une diminution du calcium ionisé dans le sang, et /ou hypokaliémie.

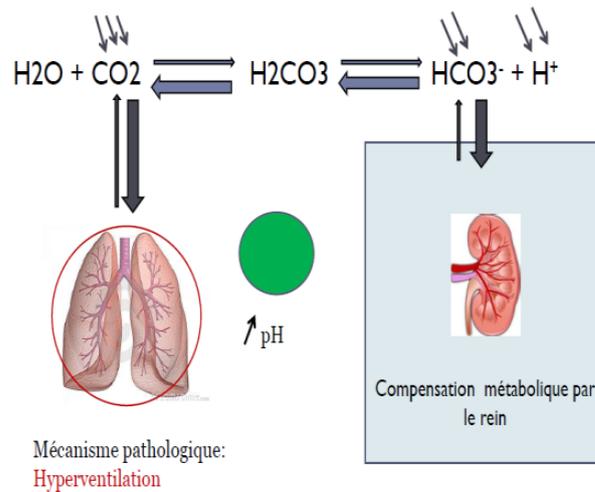


Figure 6 : Mécanisme de l'alcalose respiratoire et compensation métabolique. (11)

4.1.2.2. Diagnostic :

- **Clinique :** Si une hypoxie est présente, la cause doit en être vigoureusement recherchée. Les causes sont souvent apparentes d'après les antécédents et les résultats de l'examen clinique.
- **Gazométrie**
 - pH > 7,45 ;
 - PaCO₂ basse ;
 - HCO₃⁻ basse ou normal.

4.1.2.3. Types

4.1.2.3.1. Alcalose respiratoire aiguë

Au cours de cette alcalose, la personne peut perdre conscience mais le temps de ventilation reviendra vite à la normale après une mise en hyperventilation, les protons sortent du milieu intracellulaire :



4.1.2.3.2. Alcalose respiratoire chronique

Pour chaque diminution de 10 mmHg de la PaCO₂ dans le sang, il y'a une diminution de 5mmol/l de bicarbonates par pertes urinaires d'une part, et diminution de l'excrétion urinaire d'ammonium d'une autre part, qui à l'origine de la rétention extracellulaire d'ions H⁺. Cette compensation est dite métabolique (2,13).

4.1.2.4 Symptomatologie

Les symptômes d'une alcalose respiratoire sont liés à une diminution des niveaux de dioxyde de carbone du sang

- La symptomatologie est fonction de la vitesse et de l'amplitude de la chute de PCO_2 . L'alcalose respiratoire aiguë provoque des lipothymies, une confusion, des paresthésies péri-buccales et périphériques, des crampes et des syncopes. Le mécanisme probable est une modification du flux sanguin cérébral et du pH. Une tachypnée ou une hyperpnée est souvent le seul signe ; un spasme carpopédal peut survenir dans les cas graves en raison de la diminution des taux de Ca ionisé dans le sang (qui entre dans les cellules par échange d'ions hydrogène $[H^+]$).
- L'alcalose respiratoire chronique est habituellement asymptomatique et n'a pas de symptômes caractéristiques(14).

4.2. Anomalies métaboliques

4.2.1. Acidose métabolique

4.2.1.1. Définition

L'acidose métabolique est caractérisée par une diminution du pH liée à une baisse des bicarbonates qui sont soit consommés, soit perdus. Elle est associée à une hypocapnie par mécanisme chimique et surtout par une hyperventilation alvéolaire compensatrice. L'importance de cette hyperventilation alvéolaire est fonction des patients et des pathologies associées.

- Si l'hyperventilation alvéolaire est majeure, elle peut conduire à un épuisement des muscles respiratoires et à une acidose mixte.
- Si l'hyperventilation alvéolaire est insuffisante, elle majore l'acidose(15).

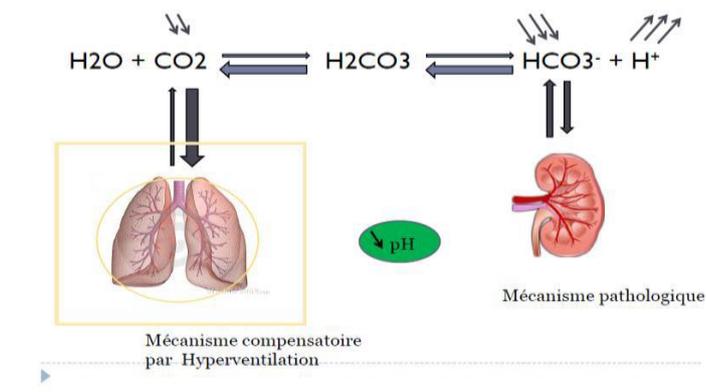


Figure 7: Mécanisme de l'acidose métabolique et compensation ventilatoire.(11)

4.2.1.2.Symptomatologie

Le tableau clinique est dominé par la cause de l'acidose métabolique.

- Une acidémie modérée est, à elle seule, asymptomatique. Une acidémie plus sévère ($\text{pH} < 7,10$) peut entraîner des nausées, des vomissements et une sensation de malaise.

Le signe le plus caractéristique est une hyperpnée dite « dyspnée *sine materia* » (respirations longues et profondes du patient à une vitesse normale), reflétant une augmentation compensatoire de la ventilation alvéolaire ; cette hyperpnée n'est pas accompagnée d'une sensation de dyspnée.

- Une acidose grave, aiguë prédispose à un dysfonctionnement cardiaque avec hypotension et choc, aux troubles du rythme ventriculaires et au coma. L'acidose chronique suscite des troubles de la minéralisation osseuse (p. ex., rachitisme, ostéomalacie, ostéopénie) (14).

4.2.1.3. Diagnostic

- Clinique : interrogatoire et examen clinique.
- Gaz du sang
 - Baisse du pH ;
 - Baisse des bicarbonates ;
 - Baisse de la PaCO_2 qui correspond à la réponse respiratoire. Le rein intervient en dernier pour éliminer l'excès d'acide restant et rétablir la carbonatémie.

4.2.1.4 Traitement (voir annexe 9)

4.2.2. Alcalose métabolique

4.2.2.1.Définition

L'alcalose métabolique est caractérisée par une augmentation du pH liée à une augmentation des bicarbonates. Elle est associée à une hypercapnie ou une normocapnie par mécanisme chimique et par hypoventilation alvéolaire compensatrice modérée et peu efficace(15).

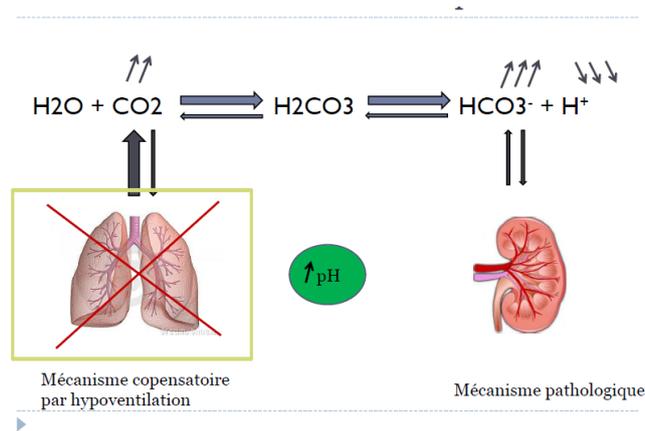


Figure 7 : Mécanisme de l'alcalose métabolique et la compensation ventilatoire. (11)

4.2.2.2.Symptomatologie

La symptomatologie de l'alcalémie légère est habituellement liée à l'étiologie sous-jacente. Une alcalémie plus grave augmente la liaison protéinique du Ca^{++} ionisé, entraînant une hypocalcémie, des céphalées, une léthargie et une hyperréactivité neuromusculaire, parfois associée à des syndromes confusionnels, une tétanie et des convulsions. L'alcalémie abaisse également le seuil des symptômes angineux et des troubles du rythme cardiaque. Une hypokaliémie concomitante peut susciter une asthénie.

4.2.2.3.Diagnostic

- **Clinique** : Le diagnostic de la cause est habituellement clinique
- **Gaz du sang**
 - $\text{pH} > 7,45$;
 - $\text{HCO}_3^- > 26 \text{ mmol /L}$.
 - Compensation du poumon par augmentation de la PaCO_2 . La réponse ventilatoire est limitée par l'hypoxie qu'elle induit(15).

4.2.2.4.Etiologies (voir annexe 9)

4.2.2.5.Classification

1. Alcalose métabolique chlorosensible hypochlorémique ;
2. Alcalose métabolique chlororésistante normochlorémique ;
3. Alcalose métabolique de causes diverses.

4.2.2.5.1. Alcalose métabolique chlorosensible : implique la perte ou l'excès de sécrétion de Cl^- ; elle se corrige généralement par une administration IV de solution contenant du NaCl .

- Pertes digestives : vomissements, aspiration gastrique.

- Pertes rénales : diurétiques « furosémide », excrétion de Na^+ , K^+ , Cl^- supérieure aux bicarbonates(2).

4.2.2.5.2. Alcalose métabolique chlororésistante

Ne se corrige pas avec des solutions contenant du NaCl et implique généralement une carence grave en Mg et/ou en K ou un excès de minéralocorticoïdes.

- Avec HTA : Hyperaldostéronisme primaire, syndrome de cushing

- Sans HTA : Syndrome de BARTTER, Dépression potassique profonde.

4.2.2.6. Traitement (voir annexe 9)

4.3. Désordres mixtes de l'équilibre acido-basique :

4.3.1. Acidose mixte

C'est une chute sévère du pH avec élévation de PCO_2 . On note aussi : Effondrement du taux de bicarbonates, élévation aiguë du K^+ , Cl^- , et du trou anionique.

Le caractère mixte de l'acidose signe la faillite des mécanismes compensatoires.

4.3.2. Alcalose mixte

50 % des malades des soins intensifs représentent une alcalose mixte.

Elle se définit par un pH élevé ou très élevé, PCO_2 basse, HCO_3^- élevé, K^+ bas, et Cl^- bas.

N.B : Il faut ventiler pour avoir un pH acceptable, et non pour avoir une PCO_2 normale.

On peut retrouver également des désordres complexes de l'équilibre acide-base, empêchant l'expression des mécanismes de compensation et constituant un danger grave.

Il s'agit d'une :

- Acidose respiratoires + alcalose métabolique ;
- Alcalose respiratoire + acidose métabolique.

5. Troubles d'oxygénation

Chez un sujet normal, des mécanismes compensateurs interviennent pour maintenir des gaz du sang dans les normes, quand l'apport en oxygène cellulaire n'est plus suffisant :

- Quand le besoin augmente (effort, digestion, grossesse...) : polypnée.
- Quand l'apport diminue (altitude) : polyglobulie.

A un degré de plus, la mise en jeu de ces mécanismes de compensation ne permet plus le maintien d'une gazométrie normale : il s'agit alors d'une insuffisance respiratoire.(16)

5.1.L'hypoxie

L'hypoxie se définit par un manque d'apport en oxygène au niveau des tissus de l'organisme. Elle entraîne l'apparition :

- D'une polypnée et d'une cyanose quand la quantité d'hémoglobine réduite dépasse 5 g/dl de sang. Elle dépend d'un poids d'hémoglobine et non d'un pourcentage, ce qui explique la possibilité de son absence clinique en cas d'anémie, même s'il existe une insuffisance respiratoire.
- D'une polyglobulie qui est induite par la production d'érythropoïétine par le rein en réaction à l'hypoxie.

L'hypoxie chronique provoque une vasoconstriction pulmonaire avec augmentation des résistances vasculaires et hypertension artérielle pulmonaire, une augmentation du travail du ventricule droit, et à terme une insuffisance cardiaque droite.(16)

5.2.L'hypercapnie

Le CO₂ est vasodilatateur périphérique, vasoconstricteur central et cardio-dépresseur. L'hypercapnie peut donc toujours entraîner à la fois des sueurs, un larmoiement, une injection conjonctivale et par ailleurs une hypertension artérielle systémique et une acidose.(16)

CHAPITRE II
EXPLORATION DE LA GAZOMETRIE

1 Définition de la gazométrie

Les gaz du sang, ou gazométrie sanguine, désignent l'examen sanguin permettant d'évaluer la fonction respiratoire d'un patient. Les analyses des gaz sanguins, du pH et des paramètres connexes permettent au clinicien d'évaluer le degré d'oxygénation et la qualité de la ventilation, de même que les facteurs respiratoires et métaboliques qui participent à l'équilibre acido-basique du patient(17, 18).

2 Indications

- En urgence ou en réanimation, l'appréciation de la fonction respiratoire et de l'équilibre acido-basique : permet le diagnostic et la quantification du trouble initial, et la vérification de l'efficacité de la thérapeutique ; (exemples : Crise d'asthme sévère, exacerbation de dyspnée sur BPCO ou fibrose pulmonaire, état de choc ...)
- Diagnostic et surveillance d'une affection respiratoire chronique ;
- Adaptation de l'oxygénothérapie chez les malades souffrant de troubles respiratoires ;
- Surveillance de la progression d'une maladie cardiaque ou pulmonaire(19).

3 Contre-indications

Troubles de l'hémostase :

- Facteurs de la coagulation perturbés ;
- Thromboses artérielles ;
- Patient porteur de fistule artério-veineuse ;
- Hématome secondaire à une mauvaise compression, ou à des essais de ponction infructueux. ;
- Patients sous anticoagulants (contre-indication relative).

4. Exploration des gaz du sang

L'exploration des gaz du sang permet l'analyse :

- Du pH ;
- Des gaz du sang et paramètres d'oxymétrie ;
- Des paramètres connexes.

4.1. pH (potentiel d'hydrogène)

Le pH est défini comme le logarithme négatif de la concentration en ions H^+ d'une solution.

La valeur de référence physiologique est entre 7,38 et 7,42.

Un pH artériel inférieur à 6.9 ou supérieur à 7.9 étant généralement incompatible avec la

vie(17).

- $\text{pH} < 7.38 \rightarrow$ Acidose.
- $\text{pH} > 7.42 \rightarrow$ Alcalose.

4.2. Gaz du sang et paramètres d'oxymétrie

4.2.1. La PCO_2

Pression partielle de dioxyde de carbone dans une phase gazeuse en équilibre avec le sang. Elle correspond à la quantité résiduelle de dioxyde de carbone dans le sang après élimination de l'excès de dioxyde de carbone au niveau pulmonaire(20, 21).

La PCO_2 définit l'origine respiratoire des troubles de l'équilibre acido-basique.

4.2.2. La PaO_2

Pression partielle de l'oxygène dans une phase gazeuse en équilibre avec le sang artériel, elle permet d'évaluer la manière dont l'oxygène est capable de se déplacer depuis les poumons vers le sang. Elle reflète de ce fait la quantité d'oxygène transportée par le sang et délivrée aux organes. La valeur normale est supérieure à 80 mmHg(22).

4.2.3. La FiO_2

Elle est définie comme la fraction d'oxygène dans l'air inspiré. A l'air ambiant la FiO_2 est égale à 21%.

Lorsque le patient est sous oxygène, la FiO_2 augmente jusqu'à 100%, cependant elle est maintenue en dessous de 50% pour éviter les effets toxiques de l'oxygène. Chaque litre/min de ce dernier ajoute 4 points en pourcentage à la FiO_2 pour les 3 premiers litres puis seulement 3% pour les litres suivants.

Le rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, parfois appelé l'indice de Carrico, est une comparaison entre le niveau d'oxygène présent dans le sang et la concentration d'oxygène dans l'air inspiré. Il permet de déterminer la gravité du trouble de transfert de l'oxygène depuis les poumons vers le sang.

Un rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 300$ sous ventilation mécanique est, selon la théorie de Berlin, un critère de diagnostic du syndrome de détresse respiratoire aigu.(23)

4.2.4. SaO_2

Elle est définie comme la saturation en oxygène ; rapport entre la quantité d'oxygène liée à l'hémoglobine et la capacité maximale de fixation d'oxygène. Exprimée par un pourcentage, elle permet d'évaluer la quantité d'oxygène fixée sur l'hémoglobine. La valeur normale est entre 95% et 100%(23).

$$\text{SaO}_2 = \text{HbO}_2 / \text{Hb totale.}$$

Une courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine appelée courbe de Barcroft illustre les variations de la SaO₂ selon la PaO₂ dans des conditions normales de pH, PCO₂ et température. On se situe dans les capillaires pulmonaires riches en O₂ (≈100 mmHg). Comme la quantité d'O₂ dissoute dans le sang est largement suffisante, l'Hb n'a aucune raison de relarguer de l'oxygène. Sa saturation est quasiment totale (98%).

En descendant l'arbre vasculaire, la PO₂ du sang diminue à cause de la consommation. Pour continuer à approvisionner les cellules il faut un renouvellement de l'O₂ dissous ; c'est le rôle de l'Hb. On assiste donc à une désaturation de l'Hb(2).

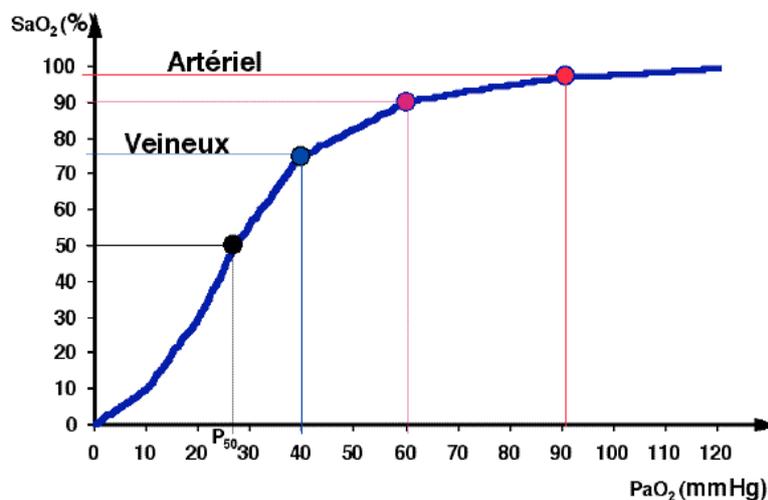


Figure 8 : Courbe de dissociation de l'hémoglobine (courbe de Barcroft) (23)

P50 : la P50 est la PO₂ pour laquelle la SaO₂ est à 50 %. Dans des conditions normales de pH, PCO₂ et de température, P50 = 27 mmHg.

Point veineux : le sang veineux a une PvO₂ autour de 40 mmHg pour une SaO₂ à 75% (23, 24).

4.2.5. CtHb

Concentration totale en hémoglobine.

Sa valeur normale varie entre 12-16 g/dl chez la femme et entre 13-18 g/dl chez l'homme.

4.2.6. Hb O₂

L'oxyhémoglobine représente la forme d'hémoglobine combinée à l'oxygène (O₂).

Une baisse du pH diminue l'affinité de l'hémoglobine pour l'oxygène(17, 25).

4.2.7. COHb

La carboxyhémoglobine constitue la fraction de l'hémoglobine combinée au monoxyde de carbone et inapte au transport de l'oxygène.

Sa valeur doit être <2% de l'hémoglobine totale.

Le taux de COHb augmente en présence d'intoxication par le monoxyde de carbone (CO) (17, 22).

4.2.8. HbH

Représente la désoxyhémoglobine qui est la forme non liée de l'hémoglobine (réduite).

4.2.9. HbF

Forme d'hémoglobine présente chez le fœtus et qui peut persister au-delà des premières semaines de la vie dans certaines conditions.

Valeur normale : < 1%(25).

4.2.10. SHb

La sulfhémoglobine représente la forme d'hémoglobine liée irréversiblement à l'hydrogène sulfuré à la suite d'une exposition à des composés soufrés (p. ex. sulfamidés)(25).

4.2.11. MetHb

La MetHb est une forme oxydée d'hémoglobine qui ne peut fixer l'O₂, étant donné l'oxydation du fer à l'état ferrique (Fe³⁺) (7,104). À cause de l'oxydation de l'hémoglobine, le sang contient un peu de MetHb (<1,5 % de l'Hb total)(22, 25).

4.3. Paramètres connexes

4.3.1. Les bicarbonates HCO₃⁻

Le HCO₃⁻ est une base conjuguée de l'acide carbonique H₂CO₃, il constitue le principal tampon de l'organisme et participe ainsi à maintenir l'équilibre acido-basique. Sa concentration est régulée principalement par les reins en favorisant leur rétention ou excrétion, elle est directement proportionnelle au pH. La valeur normale se situe entre 22 et 28 mmol/l(17).

Le dosage des bicarbonates est effectué au même temps que les gaz du sang, quand on suspecte un déséquilibre acido-basique (alcalose ou acidose) :

- Le HCO₃⁻ augmente (> 28 mmol/L) en cas d'alcalose métabolique(18) ;
- Il diminue en cas d'acidose métabolique (< 22 mmol/L) (4, 26).

4.3.2. Excès de bases « BE »

Quantité d'acide ou de base qu'il faut ajouter à un échantillon de sang in vitro pour obtenir un pH de 7,4, la PCO₂ étant maintenue à 40 mmHg; son calcul contribue à cerner le paramètre en cause dans un déséquilibre acido-basique(22, 27).

Son calcul repose sur l'équation de Van Slyke, qui exploite les valeurs des ions bicarbonates et de l'hémoglobine(27).

$$BE = ([HCO_3^-] - 24,4 + (2,3 \times [Hb] + 7,7) \times (pH - 7,4)) \times (1 - 0,23 \times [Hb])$$

Le calcul de l'excès de base standard (du sang total) repose sur la valeur de l'hémoglobine, elle-même fondée sur la mesure de l'hématocrite(20).

En théorie, l'excès de base est plus représentatif de la quantité de bases dans le sang que la fraction bicarbonatée seule, puisqu'il rend compte de tous les systèmes tampons du sang, le deuxième système en importance après le système bicarbonate étant celui qui dépend de l'hémoglobine(18, 22).

4.3.3. Les Lactates (CH₃-CHOH-COO⁻)

Le lactate est un produit de la glycolyse (métabolisme cellulaire anaérobie) qui sert d'indicateur du degré d'hypoxie dans l'organisme. Son dosage est utile au diagnostic et au suivi des patients atteints d'acidose lactique.

Sa concentration plasmatique est normalement inférieure à 2 mmol/l et sa demi-vie normale est brève, inférieure à 10 minutes(22, 28, 29).

4.3.4. Le sodium Na⁺

Le sodium (Na⁺) est le cation le plus abondant (90 %) dans les liquides extracellulaires. Il est responsable de la moitié de la force osmotique du plasma. Le sodium est un élément important dans l'évaluation de l'équilibre acido-basique et de l'équilibre hydrique.

4.3.5. Le chlorure (Cl⁻)

Le chlorure (Cl⁻) est le plus abondant des anions extracellulaires. Ensemble, les ions Na⁺ et Cl⁻ représentent la majorité des éléments responsables de la pression osmotique du plasma. Ainsi, comme le sodium, le chlorure joue un rôle important dans la préservation de la pression osmotique et l'équilibre catio-anionique dans les liquides extracellulaires(12).

Généralement, la concentration plasmatique en chlorure varie avec celle du sodium. Sur le plan clinique, le dosage du chlorure est principalement utile au diagnostic différentiel des acidoses

métaboliques, qui se répartissent en deux groupes, les acidoses à trou ionique élevé et les acidoses hyperchlorémique (à trou anionique normal)(20).

4.3.6. Le potassium (K^+)

Le potassium (K^+) est le cation intracellulaire le plus abondant, sa concentration intracellulaire en potassium est préservée grâce à la pompe Na^+/K^+ ATPase qui joue un rôle crucial dans la transmission de l'influx nerveux, la contractilité des muscles cardiaques, et la régulation du pH(30).

- L'hypokaliémie : se définit par une concentration de $k^+ < 3,5$ mmol/L

Etiologies :

- Causes rénales : diurétiques, hypercorticisme....
- Causes extra-rénales : alcalose, diarrhée, vomissements, carence d'apport(30, 31)...

- L'hyperkaliémie : se définit par une concentration de $k^+ > 5$ mmol/L

Etiologies :

- Défaut d'élimination rénale ;
- Transfert : acidose, médicaments, rhabdomyolyse, déshydratation...;
- Excès d'apport (13, 30).

La vie du patient est menacée si le taux de potassium excède 6,5 ou 7,0 mmol/L(13, 30).

4.3.7. Calcium ionisé (Ca^{2+})

Chez l'adulte, la majorité (99 %) du calcium est stocké dans les os et les dents, et le reste (1 %) est distribué entre les cellules des tissus mous (muscles, vaisseaux sanguins, adipocytes) et le liquide extracellulaire (liquide interstitiel et plasma). Près de 40 % du calcium plasmatique est lié aux protéines (principalement à l'albumine, et de 5 à 10 % à divers anions comme le phosphate et les bicarbonates). Le calcium stabilise les membranes plasmatiques et module la perméabilité cellulaire, de même que l'excitabilité neuromusculaire.

Le calcium ionisé (Ca^{2+}) est la forme biologiquement active du calcium et représente entre 50 et 55 % du calcium total(20).

Il faut prélever le sang destiné au dosage du calcium ionisé dans des conditions d'anaérobie et l'analyser rapidement pour réduire au minimum l'altération du pH (32). En effet, le pH sanguin a une grande incidence sur la proportion de calcium lié aux protéines, car les protons H^+ concurrencent le calcium pour la liaison aux protéines. La baisse du pH déclenche la dissociation du calcium et des protéines, entraînant ainsi l'augmentation du taux de calcium ionisé. À la baisse du pH de 0,1 unités, correspond une hausse de 0,05 mmol/L du taux de

calcium ionisé. Inversement, l'augmentation du pH entraîne la baisse du taux de calcium ionisé (33).

4.3.8. Le trou anionique plasmatique (TAP)

$$\text{TAP} = ([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{Cl}^-] + [\text{HCO}_3^-])$$

Le trou anionique renseigne sur les anions du plasma qui ne sont pas mesurés, comme les protéines et les acides organiques(12, 20).

Le trou anionique est utile au diagnostic différentiel des acidoses métaboliques :

- Les acidoses à TAP élevé témoignent de la présence de grandes quantités d'acides organiques
- Les acidoses à TAP normal sont plutôt liées à une déplétion en bicarbonates(20).
- Le seuil normal ne fait pas l'unanimité. Un trou anionique de l'ordre de 12 mmol/L est considéré normal ; quand les taux de calcium ionisé, de magnésium ou de potassium sont bas, une légère élévation est possible en absence d'acidose métabolique, parce que la baisse des taux de ces cations non mesurés s'accompagne d'une diminution des anions mesurés (Cl⁻ et bicarbonates) (13). Un seuil d'environ 20 mmol/L est donc proposé en vue du dépistage de la cause d'une acidose métabolique (20).

Remarque :

Le TAP connaît cependant des limites d'interprétation principalement en rapport avec des variations principales d'albumine : TAP corrigé = TAP calculé + 0,25 (40 – albumine mesurée)

- Une hypo albuminémie → baisse TAP → alcalose
- Hyper albuminémie → acidose(2).

CHAPITRE III

Conditions pré-analytiques de la gazométrie

1. Définition de la phase pré-analytique

La norme ISO 15189, définit la phase pré-analytique comme étapes commençant chronologiquement par la prescription des analyses par le clinicien, comprenant la demande d'analyse, la préparation du patient, le prélèvement de spécimen, l'acheminement jusqu'au laboratoire et au sein du laboratoire et finissant au début du processus analytique(34).

2. Les spécificités et la complexité de la phase pré-analytique

Cette phase constitue un grand défi pour les professionnels des laboratoires(35). En effet, sa qualité conditionne la justesse et l'exactitude des résultats biologiques (36). Selon une étude au Ghana, sur 4.7% d'erreurs globales d'analyses, 3.7% sont des erreurs pré-analytiques(37). Ceci est majoritairement dû au fait que :

- Elle comprend plusieurs manipulations et interventions humaines à savoir le personnel infirmier, le personnel de laboratoire, les médecins, les techniciens ;
- La majeure partie de cette phase se déroule à l'extérieur du laboratoire donc en dehors de son contrôle ;
- Il n'existe pas de normes pour définir la qualité de cette phase contrairement à la phase analytique(38).

3. Etapes de la phase pré-analytique

3.1. Prescription médicale

Les prélèvements doivent être associés à une feuille de demande d'examens conforme à la réglementation en vigueur. Cette demande doit comprendre précisément et lisiblement tous les renseignements nécessaires à la bonne exécution des examens et à l'interprétation de leurs résultats (19) :

- Identification du patient : nom et prénom, le nom marital dans le cas échéant ;
- Age du patient ;
- Sexe du patient ;
- Identification du prescripteur et du service demandeur ;
- Signature du prescripteur ;
- Identification et Signature du préleveur ;
- Nature des prélèvements : sang veineux, artériel, capillaire... ;
- Nature des examens à réaliser (gaz du sang ou gazométrie dans notre cas) ;
- Date du prélèvement de chaque échantillon ;

• Pour une gazométrie les paramètres suivants doivent être mentionnés car il peut être nécessaire de corriger les résultats de certaines analyses en tenant compte de ces paramètres (17, 39) :

- La température du patient ;
 - Le type de ventilation (spontanée, assistée ou contrôlée) ;
 - La fraction d'O₂ dans l'air inspiré (FIO₂) ;
 - Le débit d'O₂.
- Les renseignements cliniques nécessaires à l'interprétation.

3.2. Le prélèvement

Un prélèvement biologique est un acte de soins permettant l'obtention d'un échantillon biologique.

Plusieurs types d'échantillons peuvent servir à l'analyse des gaz sanguins. Les échantillons de sang artériel et veineux mêlé permettent d'évaluer la ventilation, l'oxygénation et l'équilibre acido-basique. D'autres types d'échantillons (sang Capillaire, veineux central ou périphérique ou de cordon) fournissent moins d'information (17, 39).

Le choix de l'échantillon à prélever revient au prescripteur et dépend des circonstances cliniques et des pratiques de l'établissement.

➤ Tout prélèvement en vue de l'analyse des gaz sanguins doit absolument être fait dans des conditions strictes d'anaérobiose. Il faut donc éviter tout contact avec l'air, qu'il s'agisse d'air ambiant, d'air contenu dans une tubulure ou de bulles d'air pouvant se former pendant le prélèvement (17). Il importe d'appliquer les mesures suivantes immédiatement après tout prélèvement effectué avec une seringue :

- tenir la seringue à la verticale et en expulser l'air ;
- retirer l'aiguille de la seringue ;
- couvrir l'extrémité de la seringue avec un bouchon.

➤ Quel que soit le type d'échantillon, l'anticoagulant utilisé est l'héparine.

➤ Il faut éviter le stress, car il peut avoir une incidence sur les gaz sanguins, le pH et les paramètres connexes (40).

3.1.1 Le prélèvement artériel

Le sang artériel est réservé à des usages précis, car son prélèvement comporte plusieurs risques. En effet, le prélèvement peut causer des complications telles qu'une hémorragie, la formation d'un hématome, la thrombose, le vasospasme, des altérations neurovasculaires dans la partie distale du membre et l'infection (41). L'insertion de la canule artérielle est une démarche très invasive qui comporte un risque de thrombose et d'embolie, mais elle permet d'obtenir plusieurs échantillons consécutifs dans le cadre du suivi des patients nécessitant une surveillance hémodynamique continue.

3.2.1.1. Usages

L'échantillon de sang artériel permet d'évaluer les échanges gazeux pulmonaires par la mesure de la PO_2 puisque la composition du sang artériel est uniforme partout dans le Corps (18, 41). C'est là le principal avantage du sang artériel sur les autres types d'échantillons sanguins. La PO_2 est un indicateur de l'oxygénation du sang dans les poumons et renseigne sur la quantité d' O_2 acheminé vers les tissus périphériques (42).

L'échantillon de sang artériel permet également d'évaluer la ventilation par la mesure de la PCO_2 , de même que l'équilibre acido-basique (18).

3.2.1.2. Sites de prélèvement

Les principaux vaisseaux dans lesquels le sang artériel est prélevé, à l'aiguille ou au moyen d'une canule, sont l'artère radiale, l'artère brachiale, l'artère fémorale et le cordon ombilical(43).

3.2.1.3. Précautions

- Avant le prélèvement, il faut obligatoirement effectuer le test d'Allen qui permet de s'assurer que l'artère ulnaire du patient est fonctionnelle et qu'elle peut suppléer l'artère radiale au cas où celle-ci serait lésée lors du prélèvement.
- Immédiatement après le prélèvement, il faut évacuer l'air de la seringue pour éviter la contamination de l'échantillon par une bulle d'air (41). Le sang doit ensuite être mélangé à l'héparine qui couvre les parois de la seringue. Comme l'absence d'air empêche de mélanger efficacement le sang en retournant la seringue, il faut faire rouler la seringue entre les paumes des mains pendant au moins cinq secondes. Plus la seringue est petite, plus il sera difficile de mélanger le sang à l'héparine et plus il faudra faire rouler la seringue entre

les mains longtemps. Il est important de s'assurer que le sang est suffisamment mélangé (41).

3.2.2. Le prélèvement de sang capillaire

Le sang capillaire est un mélange de sang provenant des artérioles, des Veinules, des vaisseaux capillaires et du liquide interstitiel et intracellulaire, obtenu par ponction capillaire.(44)

3.2.2.1. Usages

- Le prélèvement capillaire convient surtout en pédiatrie afin de recueillir une petite quantité de sang, mais peut également être prélevé chez un patient adulte (44, 45).
- Il peut également servir à doser des analytes comme le potassium, la bilirubine, le lactate et l'hématocrite(44, 46).

3.2.2.2. Sites de prélèvement

La ponction capillaire peut être faite sur les doigts, le talon, le cuir chevelu ou le lobe de l'oreille. Le choix du point de ponction dépend de l'état clinique du patient et des directives établies dans l'établissement.

Il est recommandé de réchauffer le point de ponction. Grâce au réchauffement, qui doit permettre à la surface de la peau d'atteindre 42°C, le débit sanguin peut être septuplé(42).

Le sang capillaire provenant d'un point de ponction réchauffé est appelé sang artérialisé (44). L'analyse du pH et des gaz sanguins doit s'effectuer sur sang artérialisé (42, 44, 47).

3.2.3. Le prélèvement du sang veineux

3.2.3.1. Prélèvement du sang veineux mêlé

Le sang veineux mêlé étant prélevé au moyen d'une canule placée dans l'artère pulmonaire, il est représentatif de la moyenne de tous les retours veineux vers le cœur (18). Comme aucun intervalle de référence n'est généralement fourni, le clinicien compare les valeurs mesurées dans ce type de sang aux valeurs obtenues avec un échantillon de sang artériel prélevé au même moment, afin de compléter son évaluation de la fonction respiratoire par celle de la fonction cardio-pulmonaire (18, 39). Ce type d'échantillon permet également de dépister le shunt intra pulmonaire(39) .

3.2.3.2. Prélèvement de sang veineux central

Le sang veineux central est prélevé au moyen d'une canule placée dans la veine cave inférieure ou supérieure, ou la veine ombilicale chez le nouveau-né. Si la canule est placée dans la veine cave, elle est la plupart du temps insérée dans la veine sous-clavière (48). Le sang prélevé ainsi

n'est donc pas entièrement mêlé, mais il est représentatif de la moyenne des retours veineux provenant du haut ou du bas du corps. Une excellente concordance de pH, de PCO₂ et de bicarbonates a été rapportée entre le sang veineux central et le sang artériel dans différentes situations cliniques (48, 49).

3.2.3.3. Prélèvement de sang veineux périphérique

Le sang veineux périphérique convient à la mesure du pH et des HCO₃⁻ en vue de l'évaluation de l'équilibre acido-basique (17, 31, 39, 50-52). La PO₂ veineuse n'est quant à elle pas un indicateur de la fonction pulmonaire, mais elle renseigne plutôt sur l'utilisation de l'O₂ par les tissus voisins, qui est liée au métabolisme et à l'irrigation sanguine des tissus (18). Chaque établissement doit alors déterminer s'il faut ou non rapporter la PO₂ veineuse.(53)

Amélioration de la validité du sang veineux périphérique pour la prédiction des anomalies artérielles par correction de la PvCO₂ et du PH_V en utilisant la SpvO₂ :

Le gradient des gaz du sang artériel et veineux dépend du flux sanguin local qui peut être évalué par la SpvO₂.

Ainsi, la PvCO₂ et le PH_V peuvent être corrigés par la SpvO₂ comme suit :

$$PvCO_{2 \text{ cor}} = PvCO_2 - 0.30 \times (75 - SpvO_2)$$

$$PH_{v \text{ cor}} = PH_V + 0.001 \times (75 - SpvO_2).$$

Après cette correction, la variabilité du gradient des gaz du sang artériel et veineux décroît considérablement. La PvCO₂ corrigée devient donc plus valide pour prédire les anomalies artérielles.(54)

Afin d'éviter la contamination de l'échantillon par l'air ambiant, donc une éventuelle altération de la PCO₂ et du pH, il faut recueillir la quantité optimale de sang dans le tube sous vide pour éviter l'aspiration d'air quand le tube est retiré du barillet.

Si l'analyse de la PO₂ veineuse est demandée, il faut prélever le sang dans une seringue et non dans des tubes sous vide (39).

3.2.4. Prélèvement du sang de cordon

Le sang de cordon ombilical peut être prélevé immédiatement après l'accouchement. L'analyse du pH et des gaz sanguins sur cet échantillon permet de documenter l'équilibre acido-basique du nouveau-né à la naissance dans un cadre d'amélioration de la qualité, afin d'assurer la prise en charge adéquate du nouveau-né (55). Idéalement, des échantillons de sang artériel et de sang veineux seront prélevés du cordon ombilical. L'analyse en

laboratoire permet de vérifier que le prélèvement a bien été fait dans une des deux artères ombilicales et non dans la veine ombilicale. Si un seul échantillon peut être obtenu, il est préférable de prélever du sang artériel, qui renseigne mieux sur l'oxygénation du nouveau-né (55).

Tableau 1: Récapitulatif des types de prélèvement, leurs principaux usages cliniques et le type de dispositif utilisé(22)

Type de prélèvement	Paramètres mesurés	Usages cliniques	dispositifs
artériel	PO ₂ PCO ₂ pH HCO ₃ ⁻	Évaluation de : -l'oxygénation -la ventilation -l'équilibre acido-basique	Seringue héparinée
capillaire	PO ₂ (certaines indications) PCO ₂ pH HCO ₃ ⁻	Évaluation de : -l'équilibre acido-basique -l'oxygénation (certaines indications)	Tube capillaire hépariné
Veineux mêlé	PO ₂ PCO ₂ pH HCO ₃ ⁻	Comparaison avec les valeurs du sang artériel	Seringue héparinée pour prélever dans un cathéter mis en place dans l'artère pulmonaire
Veineux central	PCO ₂ pH HCO ₃ ⁻	Évaluation de -l'équilibre acido-basique	Seringue héparinée
Veineux périphérique	PCO ₂ pH HCO ₃ ⁻	Évaluation de -l'équilibre acido-basique	Seringue héparinée ou tube sous vide
Sang du cordon	PO ₂ PCO ₂ pH HCO ₃	Évaluation de : -l'oxygénation -la ventilation -l'équilibre acido-basique.	Seringue héparinée

4 L'anticoagulant

Quel que soit le type d'échantillon, l'anticoagulant utilisé est **l'héparine**.

4.1. Description

L'héparine est un dérivé naturel dont le poids moléculaire varie entre 5000 et 30000 Da. C'est un glycosaminoglycane sulfaté constitué de répétitions de deux dimères ; l'acide alpha-L-iduronique lié à une alpha-D-glucosamine (80%) et un acide beta-D-glucuronique lié à une alpha-D-glucosamine (20%). Elle est extraite à partir d'organes d'animaux tels que les poumons et intestins de bœufs et porcs.(56, 57)

4.2. Mode d'action

L'héparine agit seulement en présence de son cofacteur qui est l'antithrombine III(57, 58).

L'héparine a la capacité de fixer les ions chargés positivement, principalement le calcium. Des préparations d'héparine saturées en calcium (préparations dites équilibrées) sont employées afin de réduire au minimum la chélation, par

l'héparine, du calcium présent dans l'échantillon (59, 60)

4.3. Formes et recommandations d'utilisations

Divers sels d'héparine tels les sels de lithium, de sodium et d'ammonium sont utilisés comme anticoagulants pour la collecte des échantillons de sang destinés aux analyses de biologie médicale.(61)

Le type de sel peut modifier le résultat du dosage du sodium si le sel d'héparine utilisé est celui du sodium et faussement augmenter le taux de l'urée si le sel utilisé est l'ammonium. L'utilisation d'une solution d'héparine faiblement concentrée (entre 10 et 20 UI/ml) permet d'atténuer l'augmentation artificielle des taux de ces analytes, mais n'élimine pas le risque de contamination. Il est donc préférable d'utiliser le sel de lithium(18, 39, 62).

Il est recommandé d'utiliser une préparation lyophilisée plutôt que liquide afin d'éviter l'effet de dilution (18, 39, 62, 63). Il faut toutefois prendre particulièrement soin de bien mélanger l'échantillon pour éviter la formation de microcaillots, car l'héparine lyophilisée est difficile à mettre en solution.

Une seringue jetable en plastique, d'une capacité de 1 à 3 ml de sang, est couramment utilisée pour prélever le sang artériel ou veineux (39). Il convient de remplir au moins la moitié de la seringue afin d'éviter que l'excès d'héparine se lie au calcium ionisé (59).

5 Conservation des échantillons

Selon la norme ISO, la durée de conservation correspond au temps écoulé entre le prélèvement et l'analyse, et elle inclut le temps de transport et de réception au laboratoire. Les exigences concernant la durée optimale, la durée maximale et les conditions de conservation des échantillons avant l'analyse sont établies par les spécialistes du laboratoire(34). Les critères de conformité des échantillons peuvent mener au rejet d'un échantillon si les exigences de conservation n'ont pas été respectées. Lorsqu'un échantillon est analysé alors que la durée maximale fixée est dépassée ou que les conditions de conservation n'ont pas été respectées, et que la qualité des résultats peut en souffrir, il faut en faire mention dans le rapport conformément aux procédures du laboratoire (34).

Afin de réduire au minimum les effets du métabolisme cellulaire, qui se poursuit dans l'échantillon après le prélèvement, il est recommandé de conserver les seringues de plastique à la température ambiante (17, 64-66) et d'effectuer les analyses dans un délai de 30 à 60 minutes après le prélèvement (64, 65, 67).

Le métabolisme cellulaire implique une consommation d'O₂, et une production de CO₂ et de lactate qui entraîne une baisse du pH. Toutefois, les variations de la *PO*₂, de la *PCO*₂, du pH, et des taux de calcium ionisé et de lactate ne sont pas cliniquement significatives si le délai de 30 à 60 minutes est respecté. Ces variations sont toutefois plus importantes si la concentration du sang en leucocytes, en plaquettes et en réticulocytes est élevée (17, 39, 64, 66).

L'incidence clinique d'un excès de lactate est réduite au minimum en réalisant l'analyse moins de 30 minutes après le prélèvement(29, 39).

La réfrigération des échantillons est déconseillée si le dosage des électrolytes est demandé (39, 64, 68).

6 Transport des échantillons

Comme le prescrit la norme ISO 15189, le laboratoire s'assure que les échantillons sont transportés (34) :

- dans un délai approprié, compte tenu de la nature de l'analyse demandée ;
- à la température recommandée ;
- d'une manière qui garantit l'intégrité de l'échantillon ;
- d'une manière qui garantit la sécurité du public et du personnel, conformément aux exigences établies.

7 Réception des échantillons

Il faut vérifier l'intégrité et la traçabilité des échantillons sur réception au laboratoire. Toute situation susceptible de nuire à la qualité de l'échantillon doit être consignée (34).

7.1. Enregistrement de la réception des échantillons

Tous les échantillons reçus sont inscrits dans un registre, sur une feuille de travail, dans un système informatique ou tout autre système comparable. La date et l'heure de réception et/ou d'enregistrement des échantillons dans le système informatique doivent être consignées. Si possible, l'identité de la personne recevant l'échantillon doit également être enregistrée (34, 69).

7.2. Critères de conformité des échantillons

Comme le prescrit la norme ISO 15189, le personnel autorisé doit évaluer les échantillons reçus afin de s'assurer qu'ils satisfont aux critères de conformité pertinents en vue des examens prescrits (34). Les critères de conformité d'un échantillon sont établis par les spécialistes de laboratoire(34) . Il faut tout mettre en œuvre afin de préserver l'intégrité de l'échantillon et d'éviter de retarder l'analyse, sans perdre de vue les impératifs de sécurité du patient (69, 70). Seuls les échantillons pouvant entraîner l'obtention de résultats erronés devraient être rejetés. Les échantillons de sang artériel et de sang de cordon sont considérés comme des échantillons uniques et ne devraient pas être rejetés. Le prescripteur devrait être consulté avant le rejet d'échantillons qui exigent une technique de prélèvement réfractive comme le prélèvement par voie artérielle. Étant donné que les échantillons de sang destiné à la mesure du pH et des gaz sanguins sont recueillis dans des situations d'urgence ou d'épisodes de soins critiques, il importe de réaliser qu'ils sont représentatifs d'un état clinique précis et qu'un deuxième prélèvement ne pourra pas reproduire cet état.(34, 69)

**PARTIE
PRATIQUE**

**MATERIELS ET
METHODES**

La gazométrie artérielle constitue une analyse précieuse pour les médecins, tant à visée d'aide au diagnostic, au pronostic et à la décision thérapeutique pour le patient.

Cependant, il s'agit d'une procédure douloureuse et invasive exposant le patient à un risque faible mais réel de complication. (41)

Depuis quelques années, divers auteurs se sont intéressés aux techniques alternatives permettant de diminuer le recours à la gazométrie artérielle : l'analyse des gaz du sang veineux. (50, 51,53)

Actuellement, la non disponibilité des seringues héparinées originales pousse les praticiens du service de pneumologie du CHU TIZI OUZOU à reconstituer des seringues avec de l'héparine liquide.

L'objectif de notre étude est donc de valider des seringues reconstituées en héparine liquide d'une part, et de comparer le PH, les gaz du sang et les paramètres connexes entre le sang artériel et sang veineux, d'une autre part.

1 Type et contexte de l'étude

Il s'agit d'une étude analytique, étalée sur une période de 3 mois, de Février jusqu'à Avril 2019 au niveau du service de pneumo-phtisiologie et du service du laboratoire central du centre hospitalo-universitaire de Tizi-Ouzou unité BELLOUA.

2 Population d'étude

2.1.Définition

Notre étude est portée sur 46 patients, dont l'âge varie entre 30 à 100 ans, entre hospitalisés et suivis pour des pathologies pulmonaires différentes (BPCO, exacerbation de l'asthme, pneumopathie interstitielle diffuse, fibrose pulmonaire).

2.2.Critères d'inclusion

Tout patient hospitalisé ou suivit au service de pneumo-phtisiologie et qui nécessite une gazométrie.

2.3.Critères de non inclusion

- Patients anémiques, et présentant des risques hémorragiques ou thrombotiques.

2.4. Critères d'exclusion

- Coagulation des prélèvements ;
- Temps d'acheminement au laboratoire dépassé ;
- Ponction du sang veineux par erreur ;
- Volume de sang prélevé insuffisant.

3. Matériels et méthodes

3.1. Matériels

3.1.1. Equipements

- ✓ Gazomètre ABL800.

3.1.2. Matériels de prélèvement

- ✓ Gants stériles (à usage unique) ;
- ✓ Garrot en plastique ;
- ✓ Antiseptique (la Bétadine) ;
- ✓ Compresses ;
- ✓ Sparadrap ;
- ✓ Seringue héparinée RADIOMETER PICO ;
- ✓ Seringues 2ml, reconstituées avec 0.5ml d'héparine liquide.

3.1.3. Autres

- ✓ Un saturomètre ;
- ✓ Un thermomètre.

3.2. Méthodes et protocoles d'étude

3.2.1. Recueil des renseignements (voir annexe : Fiche de renseignement)

Les informations ont été récoltées à partir des dossiers des malades hospitalisés, et au moyen d'un questionnaire pour les patients suivis, la fiche de renseignements comporte 3 parties.

Partie 1 : données sociodémographiques

- Age, sexe.

Partie 2 : données cliniques

- La pathologie ;
- Autres maladies sous-jacentes ;
- Patient sous oxygénothérapie ou à l'air ambiant ;
- Traitements.

Partie 3 : données biologiques

- Température corporelle ;

- Saturation en O₂ ;
- FiO₂

Les données sont recueillies après prélèvement des patients et analyse par l'automate ABL800.

3.2.2. Le prélèvement

Le prélèvement est effectué sur des patients hospitalisés en pneumologie ou suivis pour des pathologies respiratoires, chaque patient est préparé pour trois prélèvements au même moment ; un prélèvement du sang artériel par deux seringues héparinées (originale et reconstituée), et un prélèvement du sang veineux sur seringue reconstituée.

3.2.2.1. Préparation des seringues reconstituées

Se fait par l'ajout d'un volume de 0.5ml d'héparine liquide « héparinate de Sodium, 5000 UI/ml » à une seringue simple 2ml, par aspiration puis enfoncement du piston doucement et délicatement de sorte que toute la surface interne soit tapissée par cet anticoagulant, à la fin de cette opération l'héparine est éliminée.



Figure 9 : Seringue héparinée originale. Figure 10 : Seringue héparinée reconstituée.

3.2.2.2. Protocole de prélèvement

- **Prélèvement artériel**

Effectué par des spécialistes en pneumo-physiologie, au niveau de l'artère radiale par des seringues héparinées et/ou reconstituées par l'héparine liquide, sous condition de respecter les règles de stérilité, d'avoir un volume suffisant de sang prélevé pour être analysé.

Les infirmiers et tout personnel autres que les médecins spécialistes dans le service de pneumo-physiologie ne sont pas autorisés à effectuer un prélèvement artériel.



Figure 11: Prélèvement de sang depuis l'artère radiale

- **Prélèvement veineux**

Réalisé par un médecin ou un infirmier, se fait habituellement au pli du coude (en cas de problème sur la face dorsale de la main), sur seringue héparinée reconstituée en respectant les mêmes conditions d'asepsies, volume de sang prélevé suffisant, au même temps que le prélèvement artériel.

3.2.3. Traitement des prélèvements

3.2.3.1. Transport et conservation

Les échantillons sont acheminés au laboratoire dans les 10 minutes qui suivent le prélèvement.

3.2.3.2. Réception des échantillons

Tous les échantillons reçus sont inscrits dans un registre et dans le système informatique de l'automate ABL800. L'identité du patient, le type de prélèvement, la date et l'heure, FiO₂, température corporelle doivent être mentionnés.

Il faut s'assurer que les échantillons ne sont pas coagulés, et que le volume de sang est suffisant pour effectuer l'analyse.

Remarque : L'enregistrement des informations sur l'automate se fait au même temps que l'analyse biochimique, lors de l'aspiration du sang.

3.2.3.3. L'analyse biochimique

Une calibration systématique est programmée chaque 2h, un contrôle qualité est effectué chaque jour. Avant de procéder à l'analyse la vérification de la validité des paramètres « signalés en vert sur l'automate » est nécessaire.

Dès la réception de l'échantillon, la seringue est placée au niveau du module d'aspiration, l'échantillon de sang est automatiquement mélangé et analysé.

- Les paramètres dosés au niveau de notre laboratoire sont les suivants :
 - pH
 - Gaz du sang : PCO₂, PO₂ ;
 - Oxymétrie : ctHb, SO₂, FO₂Hbe, FHHbe ;
 - Ionogramme : cK⁺, cNa⁺, cCa²⁺ ;
- Paramètres calculés :
 - Etat acido-basique : cHCO₃⁻, eBase ;

3.2.3.4. Enregistrement des résultats

Les résultats sont enregistrés dans le système informatique de l'automate pour garantir la traçabilité des échantillons.

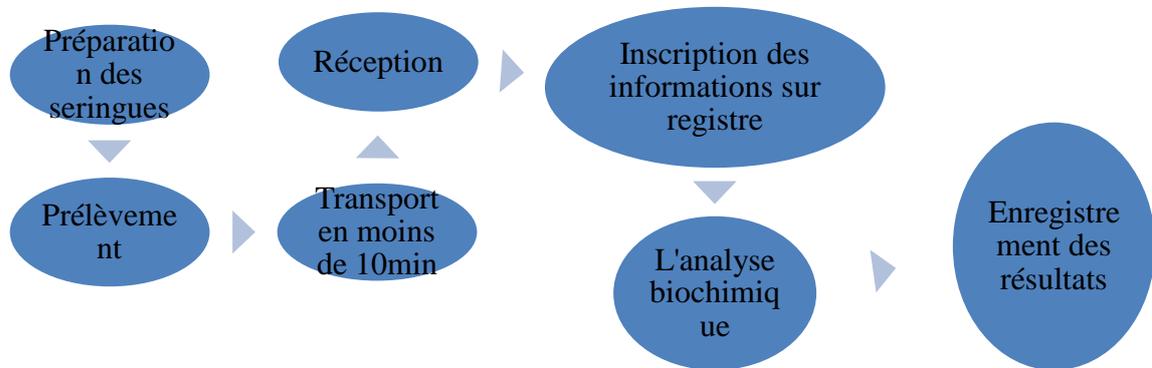


Figure 12 : Schéma récapitulatif des étapes de recueil des données.

3.2.4. Principe du dosage

3.2.4.1. Automate ABL800

C'est un système de mesure des gaz du sang, de l'oxymétrie, des électrolytes et des métabolites. Il permet de mesurer un panel complet de dix-huit paramètres (PH, PCO₂, PO₂, SO₂, ctHb, Hct_c, FO₂Hbe, FHHbe, FMetHb, FHbF, cK⁺, cNa⁺, cCa²⁺, cCl⁻, cGlu, cLac, cHCO₃⁻, eBase), dans un délai très court, sur un même échantillon.



Figure 13 : Automate d'analyse des gaz du sang « ABL 800 ».

3.2.4.2. Principes de mesure des différents paramètres

3.2.4.2.1. Paramètres mesurés par potentiométrie

- **pH**

Le pH est mesuré grâce à l'extrémité de l'électrode pourvue d'une membrane de verre sensible aux protons (H^+). Le gradient de concentration en H^+ de part et d'autre de la membrane produit une différence de potentiel mesurée avec un potentiomètre qui détermine le pH par l'équation de Nernst.

- **PCO₂**

La valeur de la pCO₂ est également déterminée par la mesure de la différence de potentiel entre les deux électrodes en verre. Le système d'électrode est semblable à celui du pH sauf que l'échantillon est séparé par une membrane perméable au CO₂ mais imperméable aux ions H⁺. La diffusion du CO₂ à travers cette membrane cause une variation du pH par la réaction suivante :



La variation du pH entraîne un potentiel proportionnel à la pCO₂.

- **Calcium ionisé et les électrolytes**

Le dosage du calcium ionisé et les électrolytes est semblable au principe du dosage de pH, elles possèdent une membrane sélective pour l'ion à mesurer, la différence de potentiel produite par l'ion traversant la membrane est proportionnelle au logarithme de sa concentration.

3.2.4.2.2. Paramètres mesurés par ampérométrie

- **PO₂**

La détermination de la PO₂ se fait par la mesure d'un courant électrique produit par des réactions d'oxydoréductions de l'oxygène qui traverse sa membrane sélective. La réduction de l'O₂ produit un courant électrique proportionnel à l'oxygène présent dans l'échantillon.

3.2.4.2.3. Paramètres mesurés par capteurs optiques

- **Hémoglobine**

La mesure de la concentration d'hémoglobine par le système optique est basée sur un spectromètre à 128 longueurs d'onde. Ce système utilise la méthode de spectroscopie d'absorption dans le visible.

3.2.5. Méthodes statistiques

- Les données recueillies ont été saisi sur WORD et EXCEL versions 2016.
- L'exploitation des résultats est réalisée sur XLSTAT version 2019, qui permet de procéder à la comparaison selon les recommandations SFBC :

➤ **Diagramme de différences de Bland Altman.**

La graphique de Bland Altman permet d'estimer les différences entre deux méthodes en fonction des moyennes de leurs concentrations, et de définir son écart type et son IC95%.

➤ **Régression linéaire de Passing Bablok**

La Régression linéaire de Passing Bablok permet de tester la linéarité et la corrélation entre les deux variables afin de vérifier que la relation entre les deux méthodes de mesure est stable sur le domaine d'étude, et cela par comparaison de P-value avec alpha.

➤ **Confrontation des discordances rencontrées aux limites d'acceptabilité d'interprétation et/ou de suivi de SFBC.**

Les résultats discordants ne sont pas toujours rejetés s'ils n'interfèrent pas significativement l'interprétation clinique du résultat.

➤ **Calcul du biais d'inexactitude à des concentrations différentes**

Les résultats sont comparés à des limites d'exactitudes du SFBC. Cette étape permet d'identifier le type d'erreurs qui pourraient se produire.

L'objectif de notre étude est de valider la gazométrie sur les seringues héparinées reconstituées d'une part et de comparer la gazométrie artérielle et veineuse d'une autre part.

Nous pouvons donc émettre les hypothèses suivantes :

- Hypothèse nulle H0
 - ✓ La différence entre les gaz du sang sur seringues héparinées et sur seringues reconstituées est négligeable.
 - ✓ La différence entre les gaz du sang sur sang artériel et sang veineux périphérique est négligeable.
- Hypothèse alternative H1
 - ✓ La différence entre les gaz du sang sur seringues héparinées et sur seringues reconstituées est significative.
 - ✓ La différence entre les gaz du sang sur sang artériel et sang veineux périphérique est significative.

Les tests utilisés pour l'analyse statistique sont les suivants :

- **Test de Student** : est un test permettant de comparer les moyennes de deux groupes d'échantillons.
- **Test de Khi2** : permet de comparer les proportions observées, et de rejeter ou non l'hypothèse nulle.
- **Coefficient de corrélation de Bravais-Pearson** : mesure la qualité de la relation linéaire entre les deux échantillons, il permet également de rejeter ou non l'hypothèse nulle avec un risque d'erreur $<5\%$.

**RESULTATS ET
DISCUSSION**

1 Etude descriptive de la population

L'étude est réalisée sur 46 patients hospitalisés ou suivis au sein du service pneumo-phtisiologie.

1.1. Sexe et âge

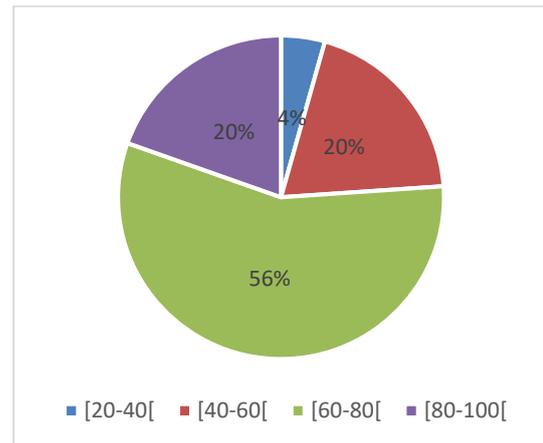
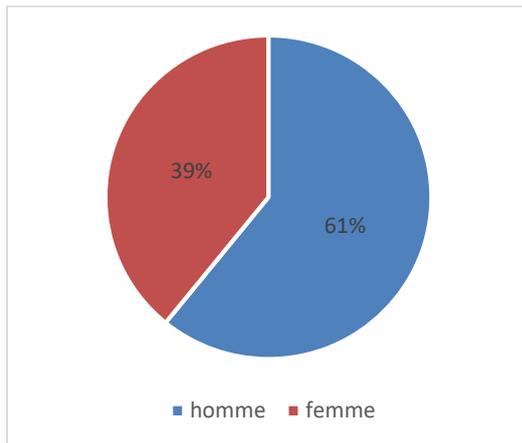
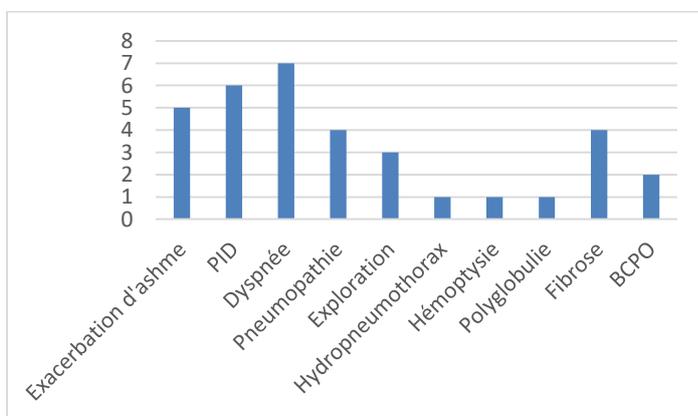


Figure 14 : Diagramme en secteur de la population selon le sexe. Figure 15 : Diagramme en secteur de l'âge

Interprétation : 61% des patients sont de sexe masculin.

Plus de la moitié (56%) des patients ont entre 60-80 ans. Les jeunes adultes représentent une minorité.

1.2. Motif d'hospitalisation



Interprétation : la dyspnée et la PID représentent les motifs d'hospitalisation les plus rencontrés.

Figure 16 : Diagramme en bâtons du motif d'hospitalisation.

2. Validation de la gazométrie sur les seringues reconstituées

2.1. Concentration en H^+

Etant donné que les limites de suivi et d'interprétation SFBC pour le PH sont données en concentration de H^+ , nous avons utilisé la concentration en H^+ (mol/L) pour l'étude du PH.

2.1.1. Etude descriptive

Les résultats de 18 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 2: Statistiques descriptives de la concentration en H^+

variables	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s. héparinée mol/l x 10^{-8}	18	3.097	5.093	3.771	0.554
s. reconstituée mol/l x 10^{-8}	18	3.119	8.710	3.957	1.253

2.1.2. Comparaison de Bland Altman

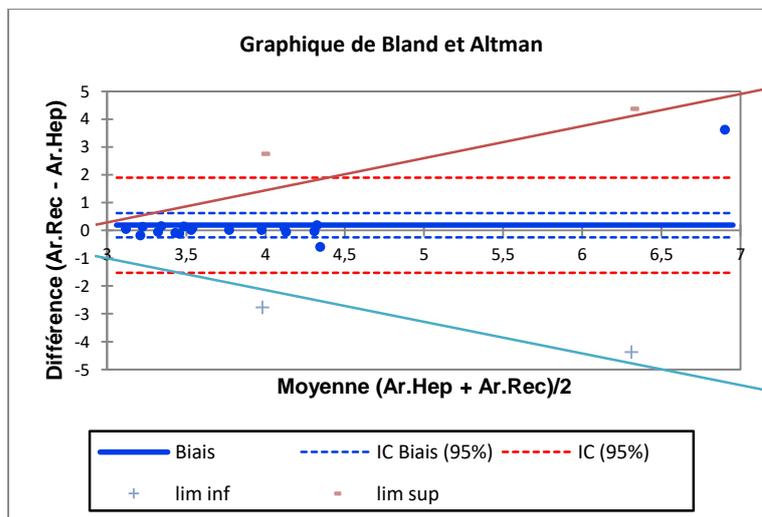


Figure 17 : Représentation graphique de la courbe de Bland et Altman et des limites de suivi et d'interprétation SFBC pour les concentrations en H^+ .

Interprétation

Différence	0,186
t (Valeur observée)	0,901
t (Valeur critique)	2,110
DDL	17
p-value (bilatérale)	0,380

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »

La majorité des différences sont réparties d'une façon homogène dans IC 95%.

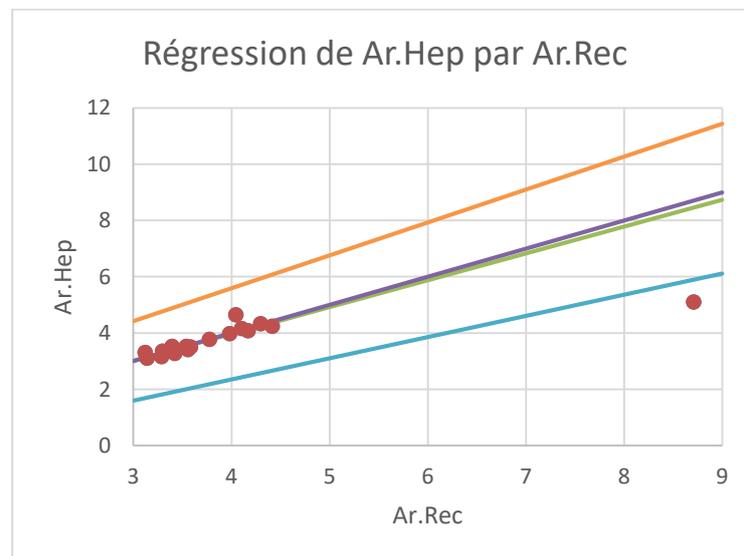
La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée originale. Cependant, cette différence reste dans les normes.

On identifie un seul point (6.901, 3.616) qui sort de l'IC 95%.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve que tous les points entrent dans ces normes.

Le p-value est supérieur à alpha, ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

2.1.3. Régression de Passing and Bablok



Couple : 18
Pente : 0.953
Origine : 2.3695

Figure 18 : Régression de Passing Bablok entre pH sur prélèvement artériel sur seringue originale et reconstituée

Interprétation

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux prélèvements	0.979	0.05

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

2.1.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons de concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en concentration et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 3: Evaluation de l'exactitude des valeurs du pH

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	3.10	3.97	4.07	4.33
Valeur par la méthode testée	3.14	3.98	4.17	4.30
Différence (mol /l) et %	-0.04 (-1.29%)	-0.01 (-0.25%)	-0.1 (-2.46%)	0.03 (0.69%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 4%	+/- 4%	+/- 4%	+/- 4%
conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est vérifiée pour toutes les concentrations choisies.

2.2.HCO₃⁻

2.2.1. Etude descriptive

Les résultats de 18 patients sont retenus pour ce paramètre.

3.1.2 Tableau 4: Statistiques descriptives des concentrations en HCO₃⁻

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s. héparinée mmol /l	18	19.300	42.200	28.756	6.089
s. reconstituée mmol/l	18	20.700	42.200	28.022	5.003

2.2.2. Comparaison de Bland Altman

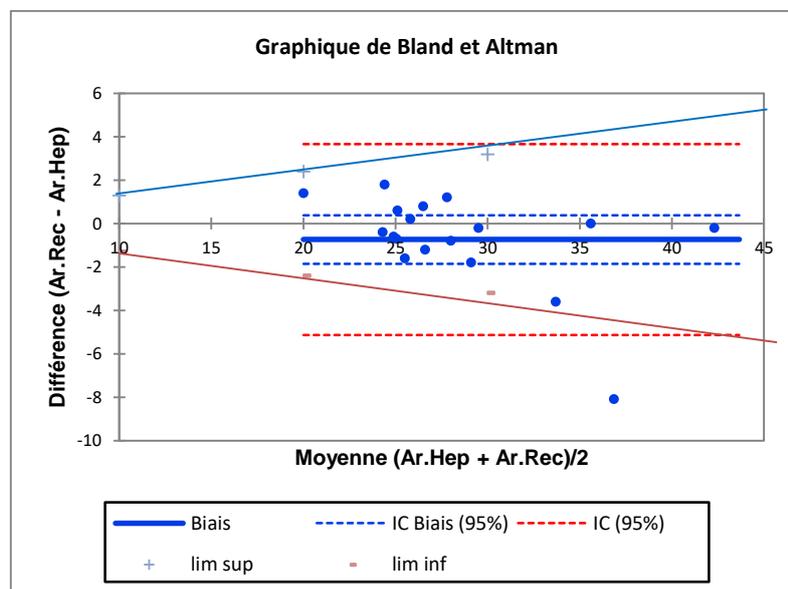


Figure 19 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour les concentrations en HCO₃⁻

Interprétation

Différence	-0,733
t (Valeur observée)	-1,387

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »

t (Valeur critique)	2,110
DDL	17
p-value (bilatérale)	0,183
alpha	0,05

La majorité des différences sont réparties dans IC 95%.

La moyenne des différences est négative, ce qui montre que le sang sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats légèrement inférieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée originale.

P-value est supérieur à alpha, ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

On identifie un point (36.850 ; -8.1) qui sort de l'IC 95%.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on retrouve que seul le même point (36.850 ; -8.1) est hors normes.

2.2.3. Régression de Passing and Bablok

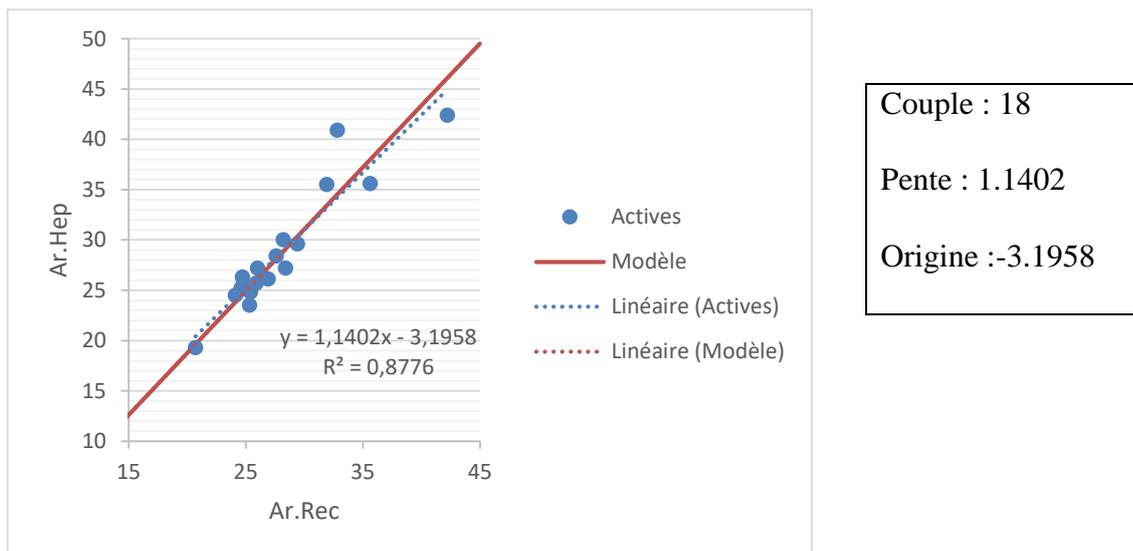


Figure 20 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.979	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

2.2.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons de concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en concentration et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 5: Evaluation de l'exactitude des valeurs de HCO₃-

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	19.3	26.3	29.6	42.4
Valeur par la méthode testée	20.7	24.7	29.4	42.2
Différence (mmol/l) et %	-1.4 (-7.25%)	1.6 (6.08%)	0.2 (0.66%)	0.2 (0.47%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 12%	+/- 10%	+/- 10%	+/- 8%
conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est vérifiée pour les 4 valeurs

2.3.PCO₂

2.3.1. Etude descriptive

Les résultats de 18 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 6: Statistiques descriptives des valeurs de la PCO₂.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s. héparinée (mmHg)	18	23.90	92.70	47.27	20.34
s. reconstituée	18	27.90	181.00	51.11	35.87

2.3.2. Comparaison de Bland Altman

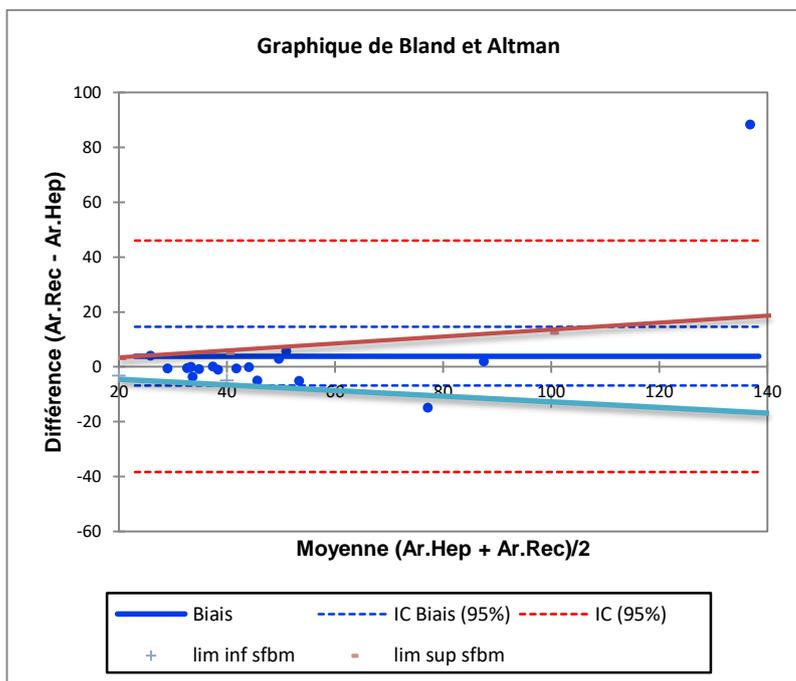


Figure 21 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation SFBC pour la PCO₂.

Interprétation

Différence	3,844
t (Valeur observée)	0,757
t (Valeur critique)	2,110
DDL	17
p-value (bilatérale)	0,459
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »

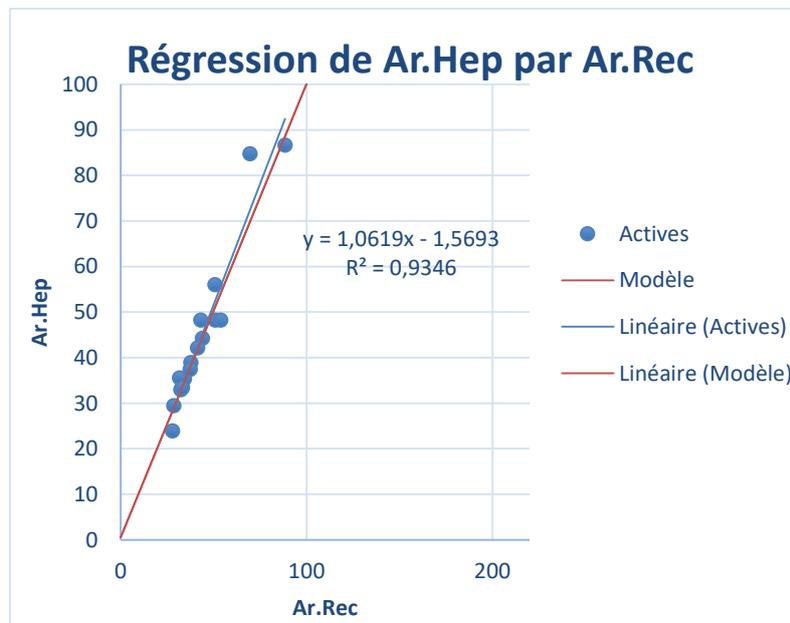
La majorité des différences sont réparties d'une façon homogène dans IC 95%.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée originale.

P-value est supérieure à alpha, ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

On identifie un point (136.85 ; 88.3) qui sort de l'IC 95%.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on retrouve que seul le même point (136.85 ; 88.3) sort de ces normes.

2.3.3. Régression de Passing and Bablok

Couple : 17 « sans la valeur aberrante »

Pente : 1.06

Origine :- 1.57

Figure 22 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.979	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

2.3.4. Test d'exactitude

- On a choisi 4 échantillons à des concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en mmHg et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 7: Evaluation de l'exactitude des valeurs de la PCO₂

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	29.4	38.9	42.1	86.6
Valeur par la méthode testée	28.7	37.8	41.4	88.5
Différence (mmHg) et %	0.7 (2.38%)	1.1 (2.83%)	0.7 (1.66%)	-1.9(-2.19%)
Limite acceptable d'exactitude SFB	+/-10%	+/- 8%	+/-8%	+/- 8%
conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est vérifiée pour toutes les valeurs de la PCO₂ étudiées.

2.4.PO₂

2.4.1. Etude descriptive

Les résultats de 19 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 8: Statistiques descriptives pour les valeurs de PO₂

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s. héparinée (mmHg)	19	33.00	104.00	63.73	21.30
s. reconstituée	19	31.90	109.00	64.79	20.64

2.4.2. Comparaison de Bland Altman

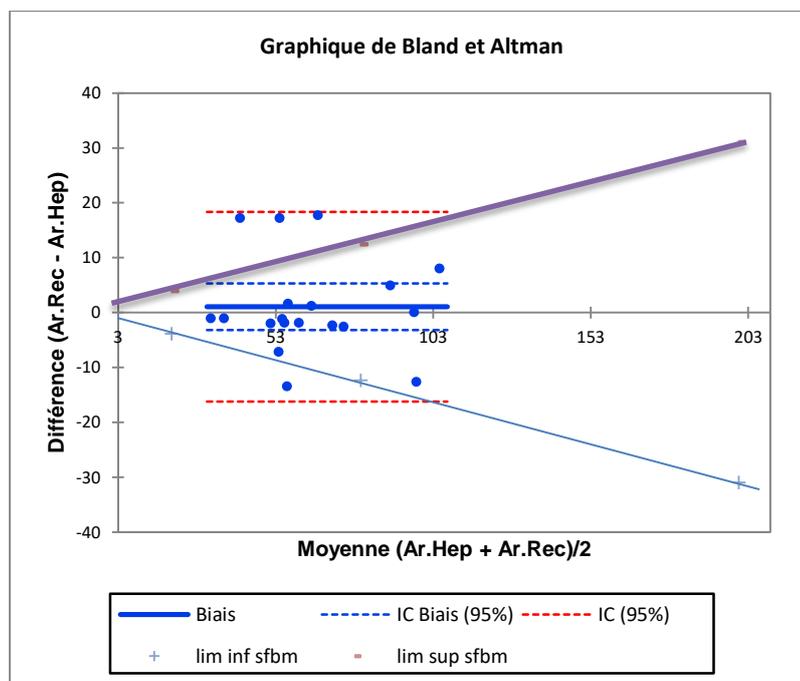


Figure 23 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour la PO₂.

Interprétation

Différence	1,063
t (Valeur observée)	0,526
t (Valeur critique)	2,101
DDL	18
p-value (bilatérale)	0,605
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »

Toutes les différences sont réparties dans IC 95%. Par contre plusieurs observations sortent de l'IC 95% du biais.

Cependant le P-value est supérieure à alpha ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang sur seringue reconstituée donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve que 4 points n'entrent pas dans ces normes : (41.7 ; 17.2), (54.3 ; 17.2), (66.45 ; 17.7), (56.75 ; -13.5).

2.4.3. Régression de Passing and Bablok

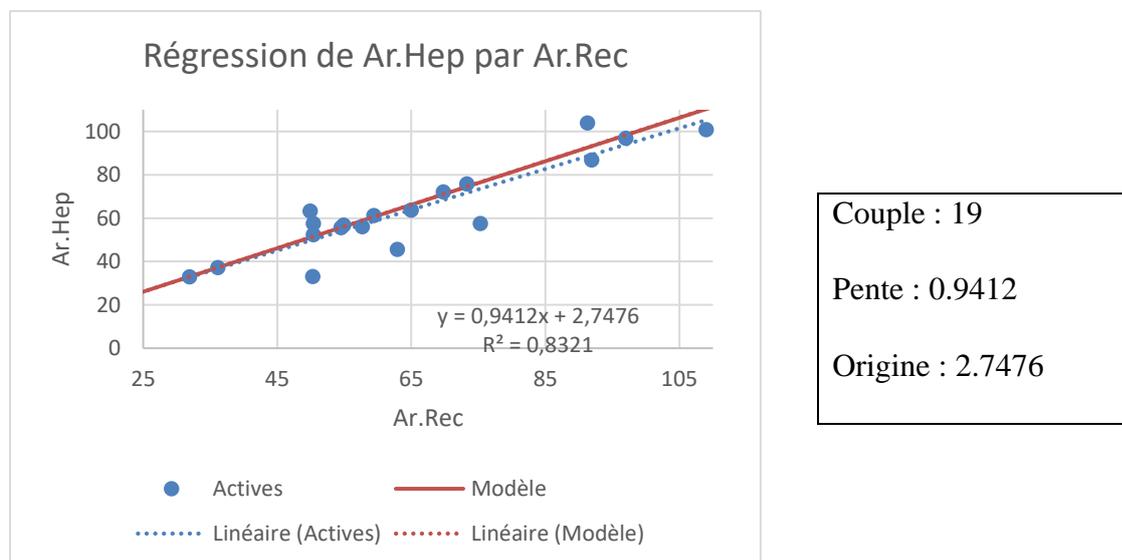


Figure 24 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.985	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

2.4.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons à des concentrations différentes.

- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en mmHg et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 9: Evaluation de l'exactitude des valeurs de la PO₂

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	33	75.9	87	101
Valeur par la méthode testée	31.9	73.3	91.9	109
Différence	1.1 (3.33 %)	2.6 (3.43%)	-4.9 (-5.6%)	-8 (-7.92%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 10%	+/- 8%	+/- 8 %	+/- 8 %
Conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est vérifiée pour toutes valeurs.

2.5.SO₂

2.5.1. Etude descriptive

Les résultats de 18 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 10: Statistiques descriptives de la SO₂.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s. héparinée	18	53.100	98.000	86.072	13.209
s. reconstituée	18	58.100	98.500	87.044	10.640

2.5.2. Comparaison de Bland Altman

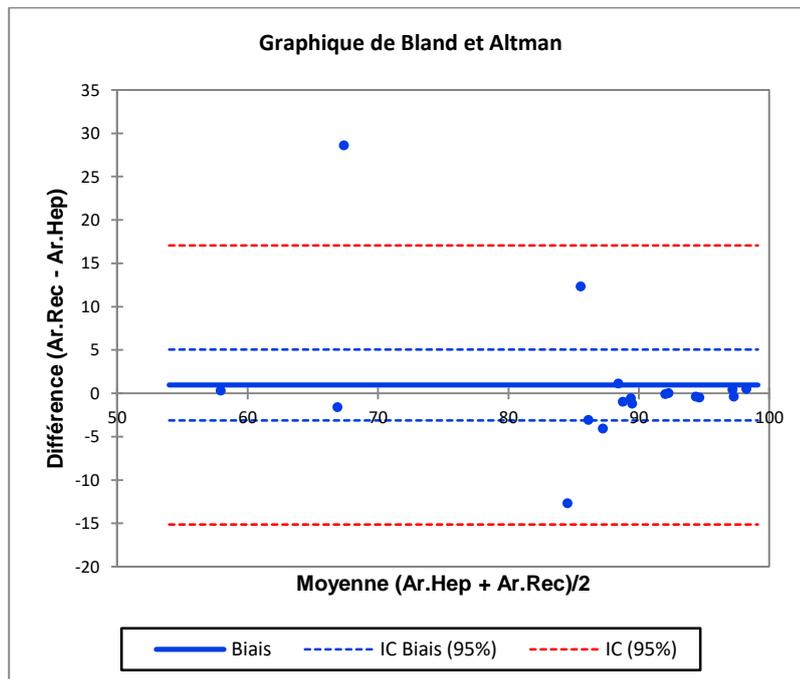


Figure 25 : Représentation graphique de Bland et Altman pour la SO₂.

Interprétation

Différence	0,972
t (Valeur observée)	0,502
t (Valeur critique)	2,110
DDL	17
p-value (bilatérale)	0,622
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »

La majorité des différences sont réparties dans IC 95%.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée originale.

On trouve un seul point qui sort de l'IC 95% : (67.400 ; 28.700).

Cependant le P-value est supérieure à alpha ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

2.5.3. Régression de Passing and Bablok

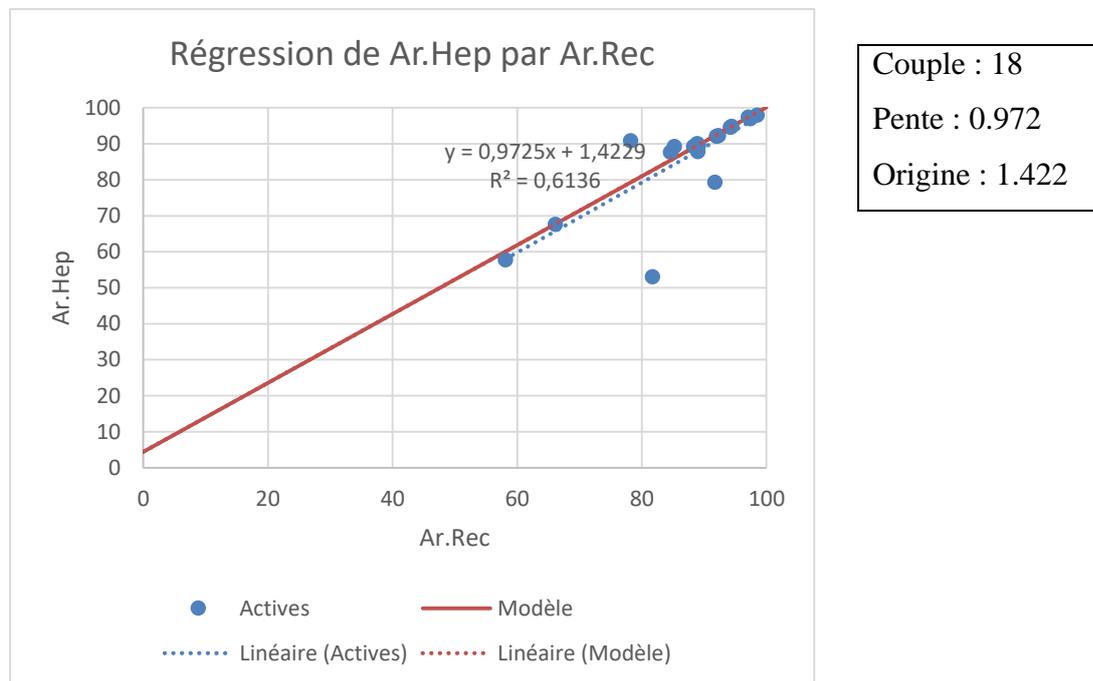


Figure 26 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	1.000	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

2.5.4. **Test d'exactitude** : évaluation impossible à réaliser par absence des valeurs de référence d'inexactitude.

2.6. ctHb

2.6.1. Etude descriptive

Les résultats de 18 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 11: Statistiques descriptives de la ctHb.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s. héparinée g/dl	18	7.600	17.700	14.533	2.494
s. reconstituée	18	7.800	18.100	14.122	2.802

2.6.2. Comparaison de Bland Altman

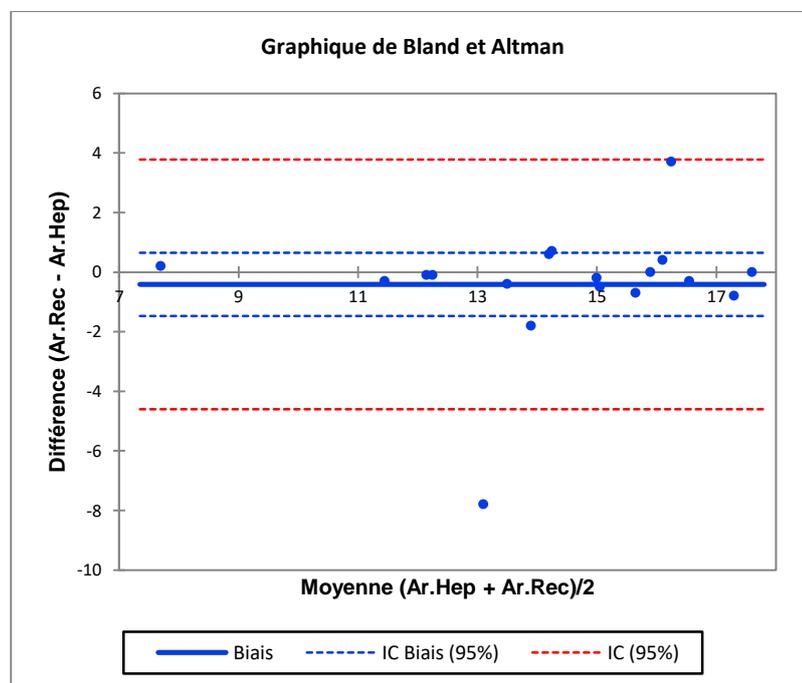


Figure 27 : Représentation graphique de Bland et Altman pour la ctHb.

Interprétation

Différence	-0,411
t (Valeur observée)	-0,817
t (Valeur critique)	2,110
DDL	17
p-value (bilatérale)	0,425
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »

La majorité des différences sont réparties d'une façon homogène dans IC 95%.

La moyenne des différences est négative, ce qui montre que le sang sur seringue reconstituée donne des résultats légèrement inférieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée.

On identifie un point (13.100 ; -7.800) qui sort de l'IC 95%.

L'interprétation selon les normes de suivi et d'interprétation n'est pas réalisée par absence de ces dernières pour ce paramètre.

Cependant le P-value est supérieure à alpha ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

2.6.3. Régression de Passing and Bablok

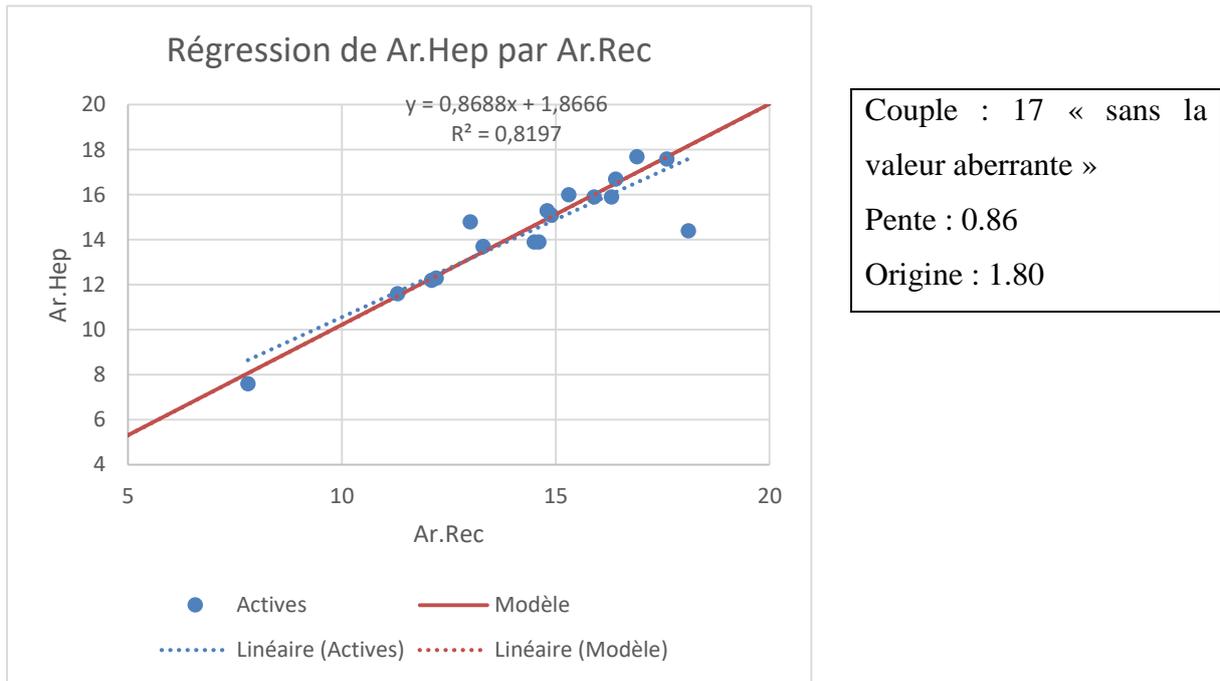


Figure 28 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.979	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire

2.6.4. Evaluation de l'exactitude : non réalisée par absence de limites d'inexactitude.

2.7. FHbO₂

2.7.1. Etude descriptive

Les résultats de 17 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 12: Statistiques descriptives de la FHbO₂.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s. héparinée %	17	52.600	97.200	85.041	13.440
s. reconstituée%	17	57.600	97.700	86.041	10.794

2.7.2. Comparaison de Bland Altman

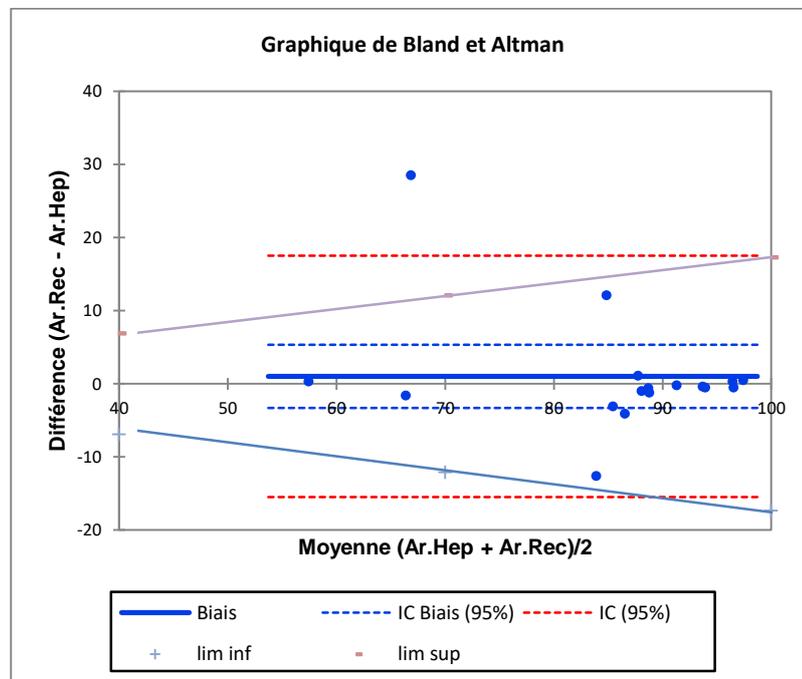


Figure 29 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation SFBC de la FHbO₂.

Interprétation

Différence	1,000
t (Valeur observée)	0,490
t (Valeur critique)	2,120
DDL	16
p-value (bilatérale)	0,631
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »

La majorité des différences sont réparties d'une façon homogène dans IC 95%.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée originale.

On identifie un point (66.850 ; 28.500) qui sort de l'IC 95%.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on retrouve que seul le même point (66.850 ; 28.500) sort de ces normes.

Cependant le P-value est supérieure à alpha ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

2.7.3. Régression de Passing and Bablok

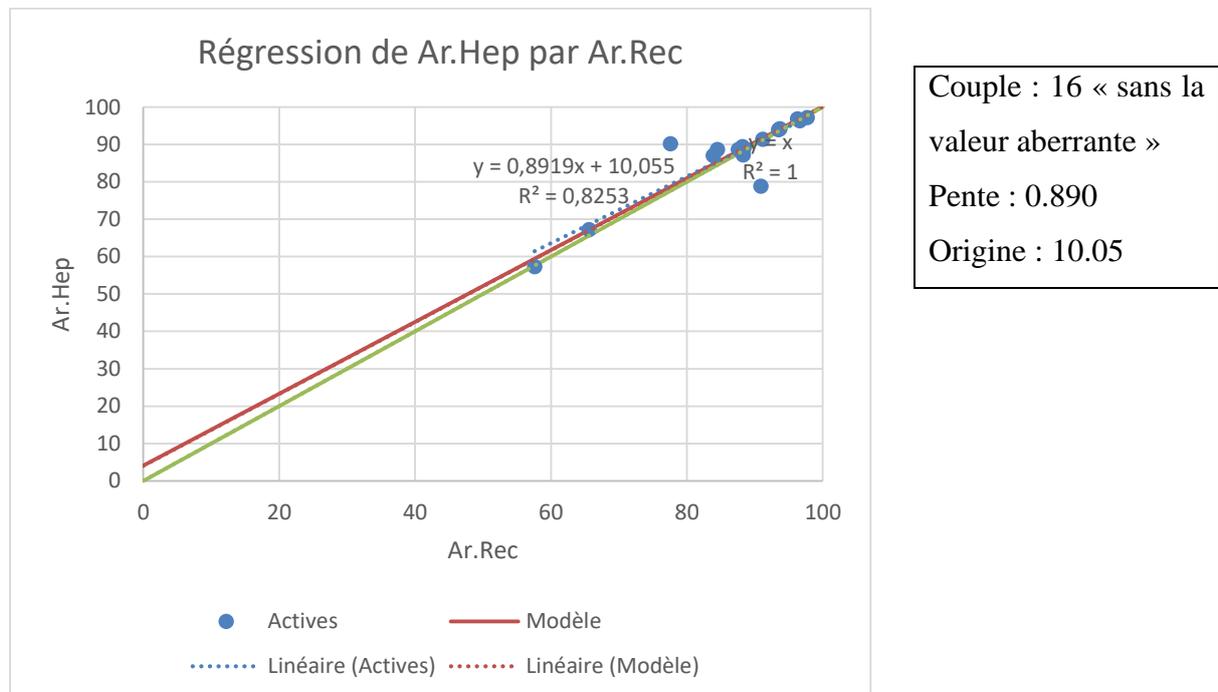


Figure 30 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.964	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire

2.7.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons à des concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 13: Evaluation de l'exactitude de la FHbO₂.

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	57.3	87.2	96.8	97.2
Valeur par la méthode testée	57.6	88.3	96.3	97.7
Différence %	-0.3 (-0.52%)	-1.1 (-1.26%)	0.5 (0.52%)	-0.5 (-0.51%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 10 %	+/- 10 %	+/- 10%	+/- 10 %
conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est vérifiée pour toutes les valeurs.

2.8. FHHbe

2.8.1. Etude descriptive

Les résultats de 17 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 14: Statistiques descriptives de la FHHbe.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s. héparinée	17	2.000	46.600	14.159	13.440
s. reconstituée	17	1.500	41.600	13.159	10.794

2.8.2. Comparaison de Bland Altman

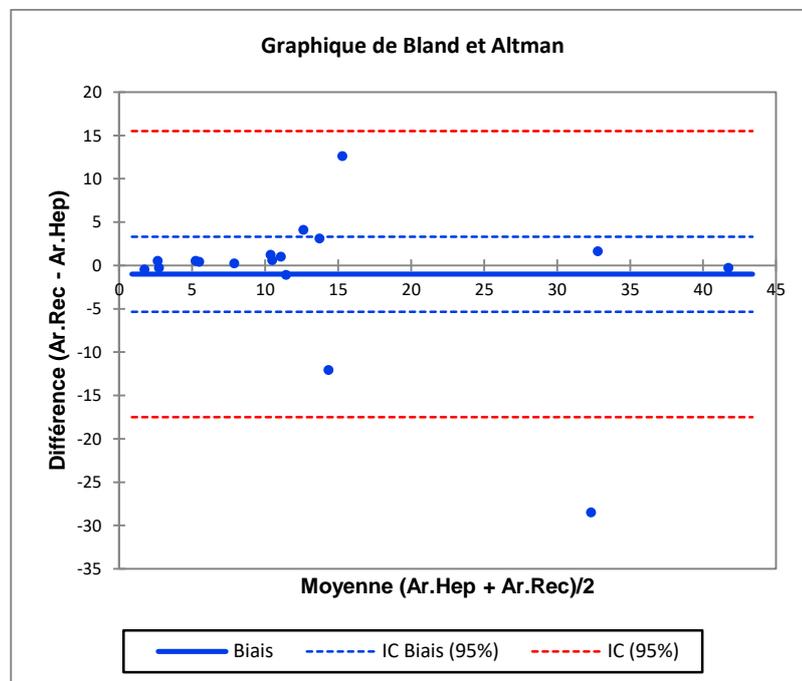


Figure 31 : Représentation graphique de Bland et Altman de la FHHbe.

Interprétation

Différence	-1,000
t (Valeur observée)	-0,490
t (Valeur critique)	2,120
DDL	16
p-value (bilatérale)	0,631
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »

La majorité des différences sont réparties d'une façon homogène dans IC 95%.

La moyenne des différences est négative, ce qui montre que le sang sur seringue reconstituée donne des résultats légèrement inférieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée.

On identifie un point (32.350 ; -28.500) qui sort de l'IC 95%.

L'interprétation selon les normes de suivi et d'interprétation est non réalisée par absence de ces dernières.

P-value est supérieure à alpha, ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

2.8.3. Régression de Passing and Bablok

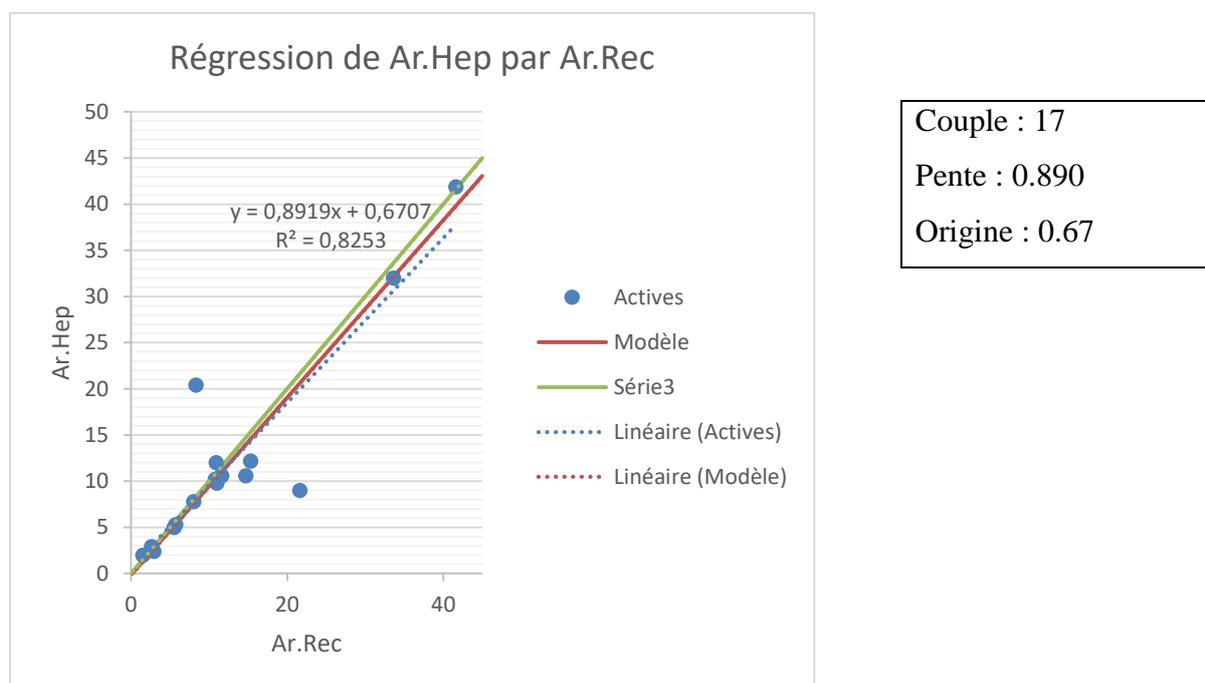


Figure 32 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.964	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

Evaluation de l'exactitude : non réalisée par absence de limites d'inexactitude.

2.9. Na⁺

2.9.1. Etude descriptive

Les résultats de 18 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 15: Statistiques descriptives pour les valeurs de Na⁺

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s.héparinée mmol/l	18	128.00	152.00	137.11	6.05
s. reconstituée	18	121.00	148.00	136.94	6.75

2.9.2. Comparaison de Bland Altman

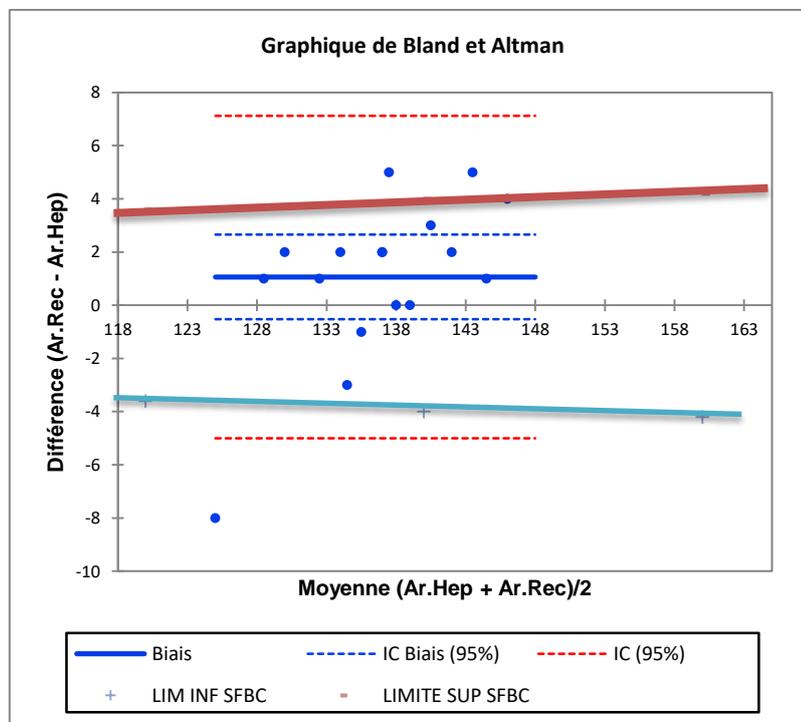


Figure 33 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation SFBC pour le Na⁺.

Interprétation

Différence	1,059
t (Valeur observée)	1,412
t (Valeur critique)	2,120
DDL	16
p-value (bilatérale)	0,177
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »

La majorité des différences sont réparties dans IC 95%.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée originale.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve trois points (125 ; -8), (135 ; 5), et (143.5 ; 5) qui n'entrent pas dans ces normes.

P-value est supérieure à alpha ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

2.9.3. Régression de Passing and Bablok

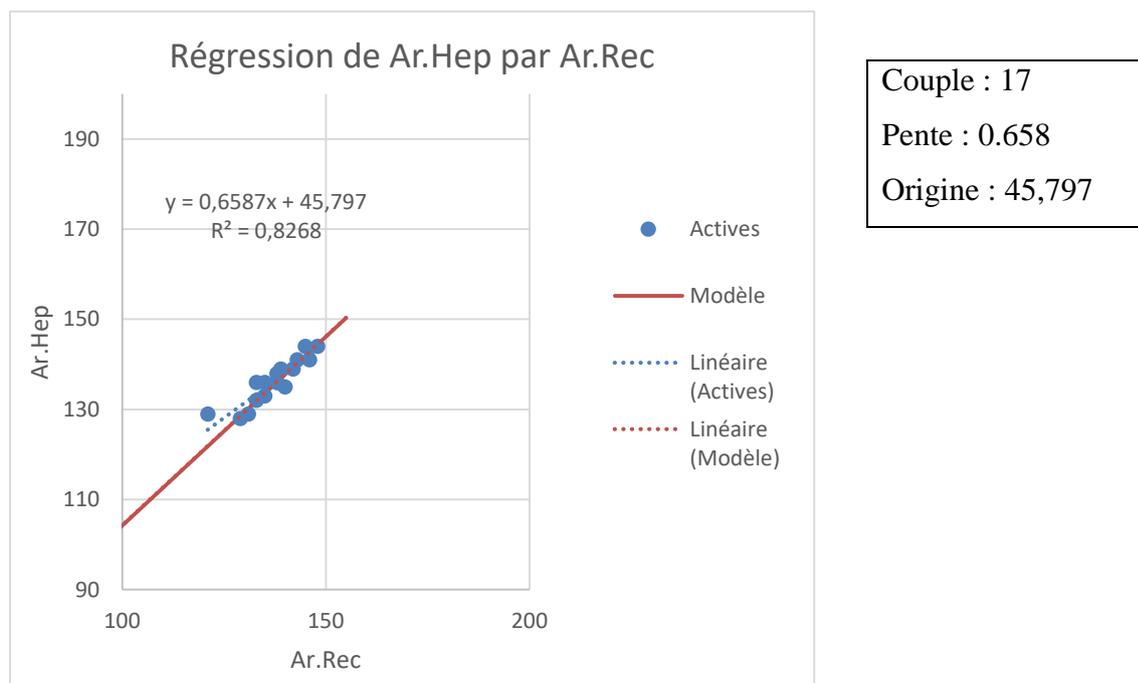


Figure 34 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.979	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire

2.9.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons à des concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en concentration et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 16: Evaluation de l'exactitude de la cNa⁺

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	128	136	139	144
Valeur par la méthode testée	129	135	139	145
Différence (mmol/l) et %	-1 (-1.55%)	1(0.74%)	0	-1(-0.69%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/-2 %	+/-1.8 %	+/- 1.8%	+/-1.6 %
conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est vérifiée pour toutes les valeurs testées de Na⁺.

2.10. K⁺

2.10.1. Etude descriptive

Les résultats de 18 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 17: Statistiques descriptives pour les valeurs de cK⁺.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s.héparinée mmol/l	18	3.6	4.7	4.111	0.371
s. reconstituée	18	2.5	5.5	3.772	0.658

2.10.2. Comparaison de Bland Altman

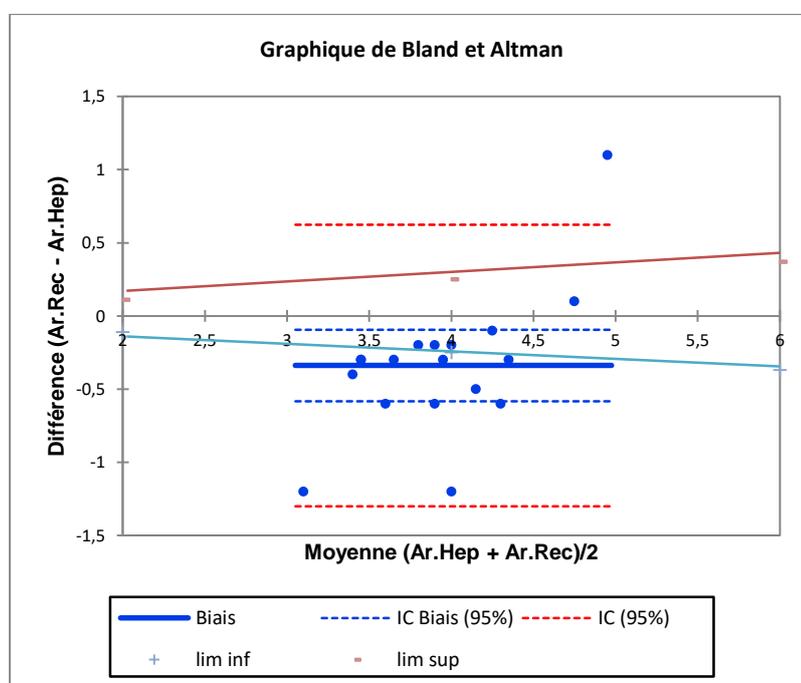


Figure 35 : Représentation graphique de Bland et Altman des valeurs de K⁺.

Interprétation

Différence	-0,339
t (Valeur observée)	-2,927
t (Valeur critique)	2,110
DDL	17
p-value (bilatérale)	0,009
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a « la différence entre les deux prélèvements est différente de 0 »

La majorité des différences sont réparties dans IC 95%.

La moyenne des différences est négative, ce qui montre que le sang sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats inférieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée originale.

On trouve un seul point en dehors de l'IC 95% : (4.95, 1.100).

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve que la majorité des points sortent des limites d'acceptabilité.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, la différence entre les moyennes est significative.

2.10.3. Régression de Passing and Bablok

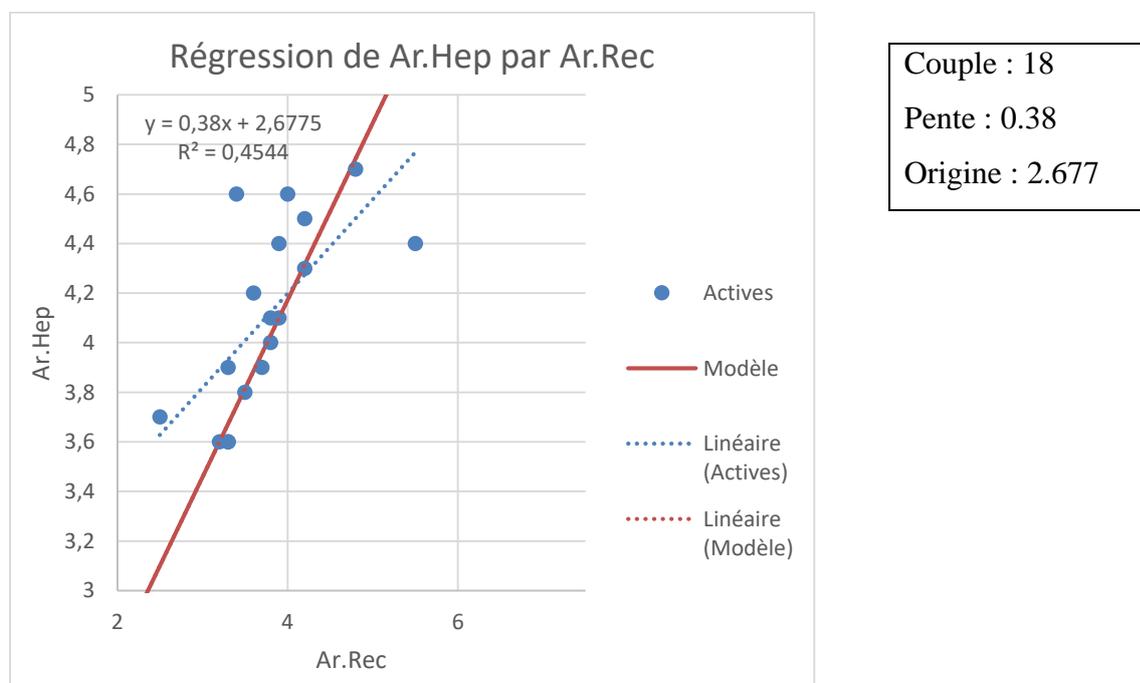


Figure 36 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.964	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont corrélées avec un faible coefficient, la relation entre les variables est linéaire.

2.10.4. Test d'exactitude

- On a choisi 4 échantillons à des concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en concentration et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 18: Evaluation de l'exactitude de la cK⁺.

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	3.7	3.9	4.3	4.7
Valeur par la méthode testée	2.5	3.7	4.2	4.8
Différence (mmol/l) et %	1.2 (32.43%)	0.2 (5.12%)	0.1 (2.33%)	-0.1 (-2.13%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/-3.5 %	+/-3.5 %	+/-3.5 %	+/-3.5 %
conclusion	NON VALIDE	NON VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est à vérifier pour les valeurs basses de K⁺.

2.11. Ca²⁺

2.11.1. Etude descriptive

Les résultats de 14 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 19: Statistiques descriptives pour les valeurs de Ca²⁺.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s. héparinée mmol/l	14	2.590	5.720	4.646	0.692
s. reconstituée	14	0.820	5.020	3.208	1.057

2.11.2. Comparaison de Bland Altman

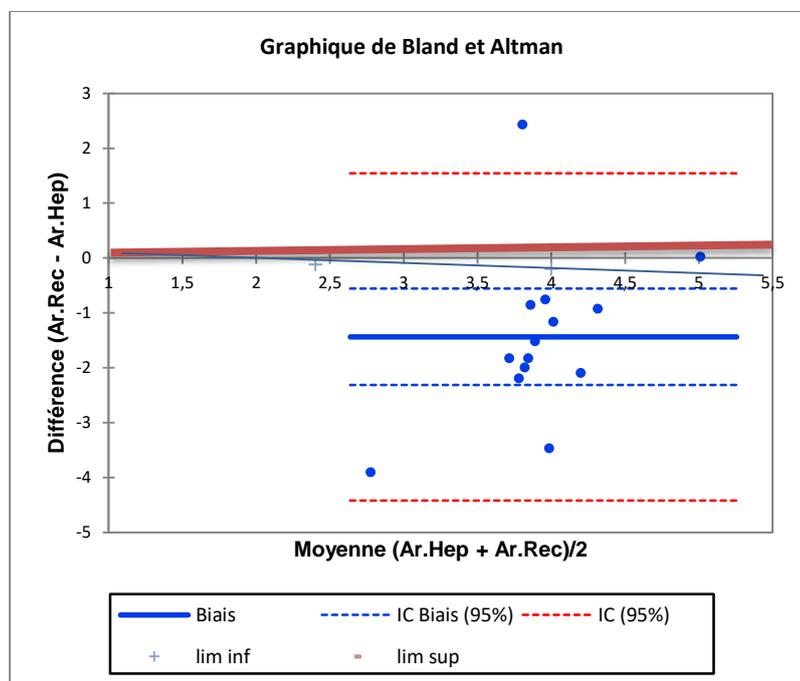


Figure 37 : Représentation graphique de Bland et Altman pour le Ca²⁺.

Interprétation

Différence	-1,438
t (Valeur observée)	-3,536
t (Valeur critique)	2,160
DDL	13
p-value (bilatérale)	0,004
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a « la différence entre les deux prélèvements est différente de 0 »

La majorité des différences sont réparties dans IC 95% et l'IC 95% du biais.

Cependant, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve que presque tous les points sortent des limites d'acceptabilité.

La moyenne des différences est négative, ce qui montre que le sang sur seringue reconstituée donne des résultats légèrement inférieurs aux résultats fournis par la seringue héparinée.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, la différence entre les moyennes est significative.

1.11.3 .Régression de Passing and Bablok

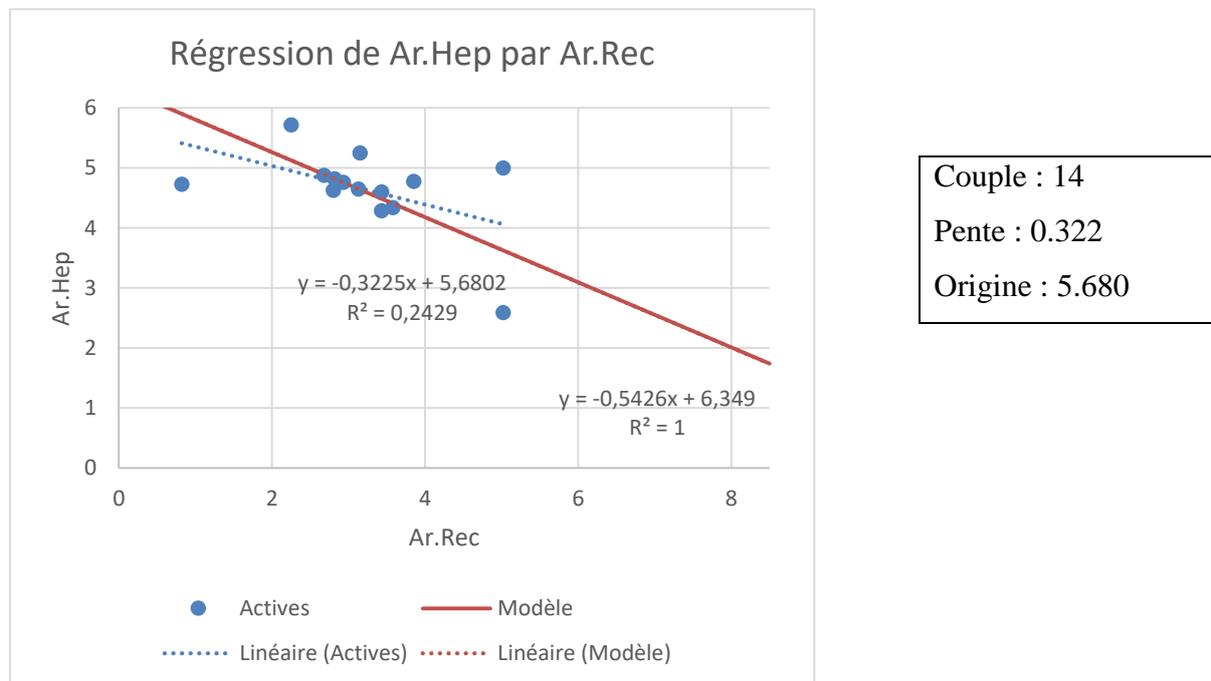


Figure 38 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	1.000	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont faiblement corrélées, la relation entre les variables est linéaire

2.11.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons « à des niveaux des décision cliniques »
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en concentration et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.
- Les résultats font apparaître une erreur systématique.

Tableau 20: Evaluation de l'exactitude de cCa^{2+}

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	2.59	4.29	4.82	5.25
Valeur par la méthode testée	5.02	3.43	2.82	3.13
Différence (mmol/l) et %	-2.43 (-93.82%)	0.86 (20%)	2(41.5%)	2.12 (40.38%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 2.3%	+/- 2.3%	+/-2.3 %	+/-2.3 %
conclusion	NON VALIDE	NON VALIDE	NON VALIDE	NON VALIDE

Interprétation : l'exactitude est à vérifier pour toutes les valeurs.

3. Comparaison de la gazométrie sur sang artériel et sang veineux sur seringues reconstituées

3.1. Étude descriptive sur la concordance d'interprétation sur sang artériel et veineux périphérique

Il est normal que les valeurs du pH et gaz du sang soient différentes entre un milieu artériel et veineux. Mais on se pose la question sur la possibilité d'interprétation de la gazométrie veineuse selon des normes appropriées.

La population soumise à cette comparaison « 27 » est décrite comme suit :

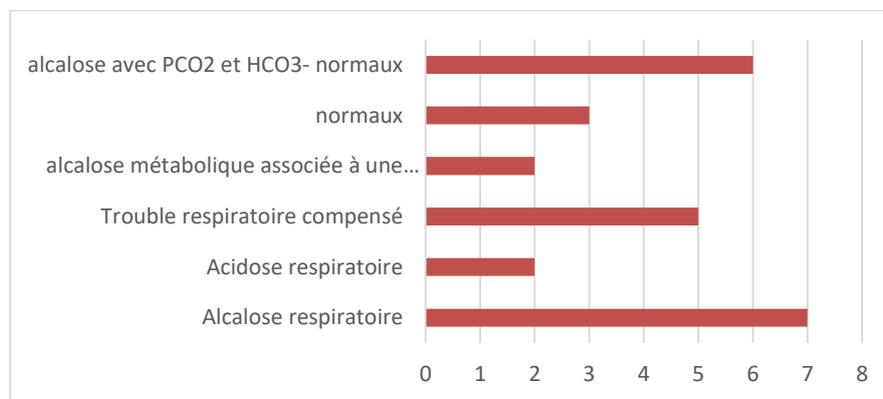


Figure 39 : Interprétation de la gazométrie artérielle

Interprétation : la majorité des cas étudiés présentaient des alcaloses qui sont essentiellement respiratoires.

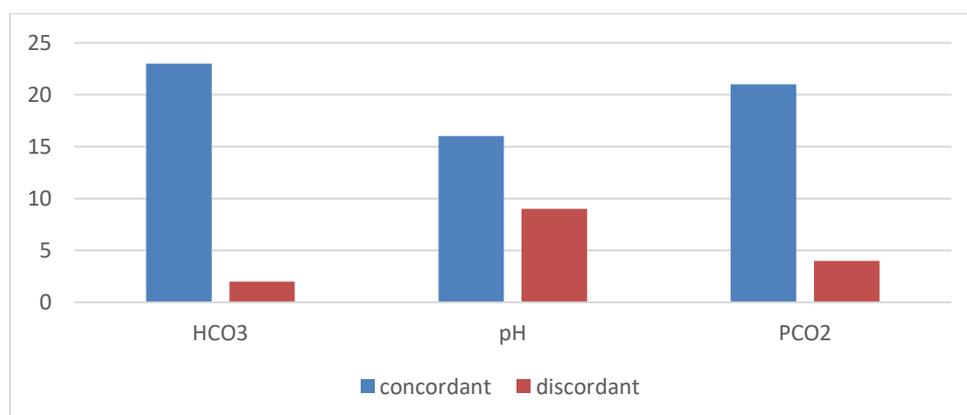


Figure 40 : Comparaison de la concordance de l'interprétation de la gazométrie artérielle et veineuse

L'application du test statistique KHI2 d'ajustement après correction de YATH a montré les résultats suivants :

- **pH : Khi2 = 8.67, P=0.0032**

$p < 0.05 \implies$ il existe une discordance significative dans l'interprétation du pH sur sang artériel ou veineux.

- **HCO₃⁻ : Khi2 = 0.52, P=0.470**

$P > 0.05 \implies$ l'interprétation du pH sur sang artériel ou veineux est concordante.

- **PCO₂: Khi2 = 2.47, P=0.118**

$P > 0.05 \implies$ l'interprétation du pH sur sang artériel ou veineux est concordante.

3.2. Etude comparative selon les normes SFBC

3.2.1. Concentration en H⁺

3.2.1.1. Etude descriptive

Les résultats de 27 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 21: statistiques descriptives de la concentration en H⁺.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
Sang artériel mol/l x 10 ⁻⁸	27	3.076	5.012	3.721	0.413
Sang veineux mol/l x 10 ⁻⁸	27	3.236	5.093	4.034	0.475

3.2.1.2. Comparaison de Bland Altman

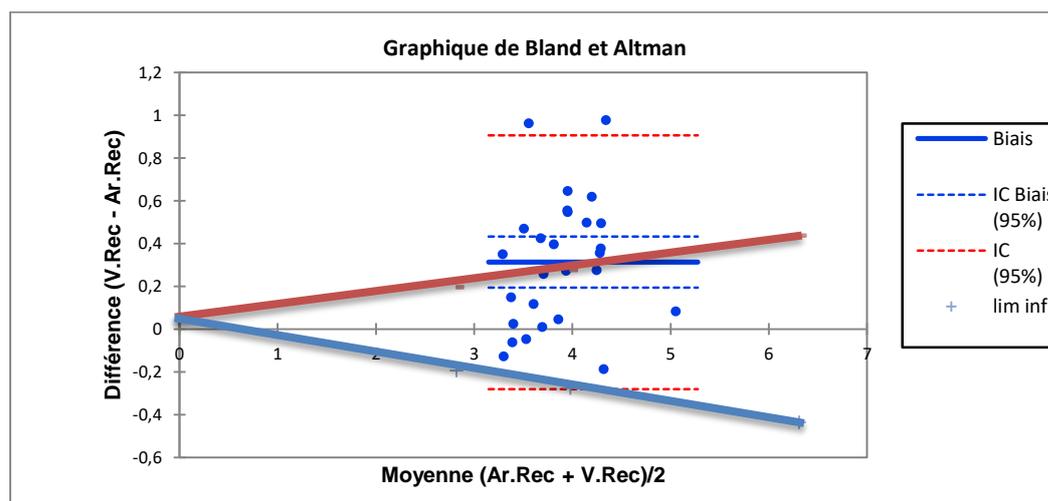


Figure 41 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour la concentration en H⁺

Interprétation

Différence	0,313
en pH	0.035
t (Valeur observée)	5,368
t (Valeur critique)	2,056
DDL	26
p-value (bilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est inférieur au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a « la différence entre les deux prélèvements est différente de 0 »

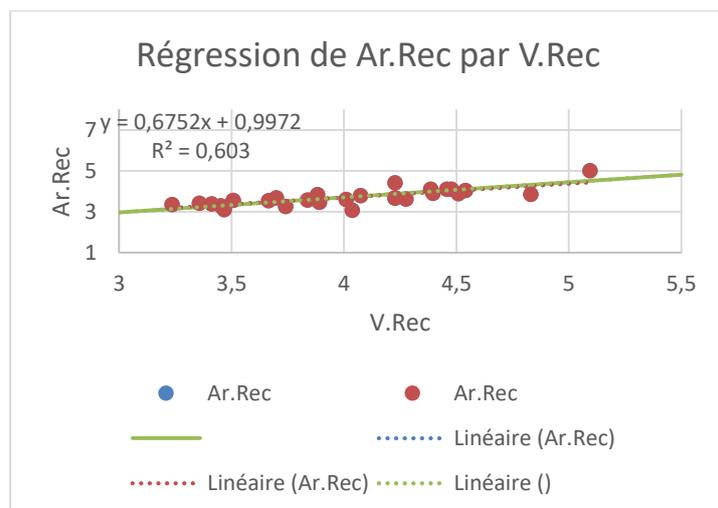
La majorité des différences sont réparties d'une façon dans l'IC 95% mais beaucoup sont en dehors de l'IC 95% du biais acceptable.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang veineux sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats supérieurs aux résultats fournis par le sang artériel sur la seringue héparinée reconstituée.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve que plus de la moitié des points sont en dehors des limites.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, la différence entre les moyennes est significative.

3.2.1.3. Régression de Passing and Bablok



Couple : 27
 Pente : 0.6752
 Origine : 0.9972

Figure 42 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.879	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

3.2.1.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons à des concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en concentration (mol/l) et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 22: Evaluation de l'exactitude de cH⁺

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	3.39	3.855	4.41	5.01
Valeur par la méthode testée	3.41	4.831	4.23	5.09
Différence (mol/l) et %	-0.02 (-0.59%)	-0.97 (-25.31%)	0.18 (4%)	-0.08 (-1.6%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 4%	+/- 4%	+/- 4%	+/- 4%
conclusion	VALIDE	Non VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est vérifiée uniquement pour les valeurs qui sont à l'intérieur des limites SFBC.

3.2.1.5. Comparaison du pH artériel et pH veineux corrigé selon satO_2

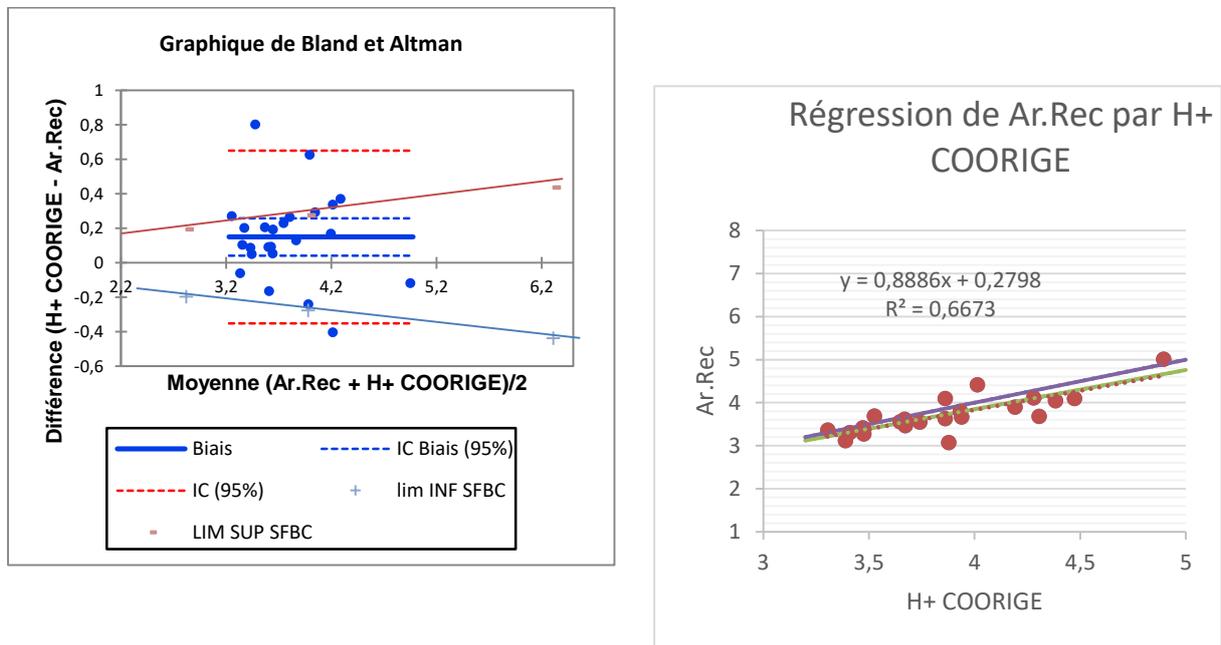


Figure 43: Comparaison après calcul du pH corrigée selon satO_2

Interprétation

On remarque une amélioration « diminution du nombre d valeurs hors normes SFBC et augmentation significative du coefficient de corrélation ».

3.2.2. HCO_3^-

3.2.2.1. Etude descriptive

Les résultats de 26 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 23: Statistiques descriptives de HCO_3^- .

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
Sang artériel mmol/l	26	20.500	36.200	26.296	3.554
Sang veineux	26	20.400	41.800	26.950	4.238

3.2.2.2. Comparaison de Bland Altman

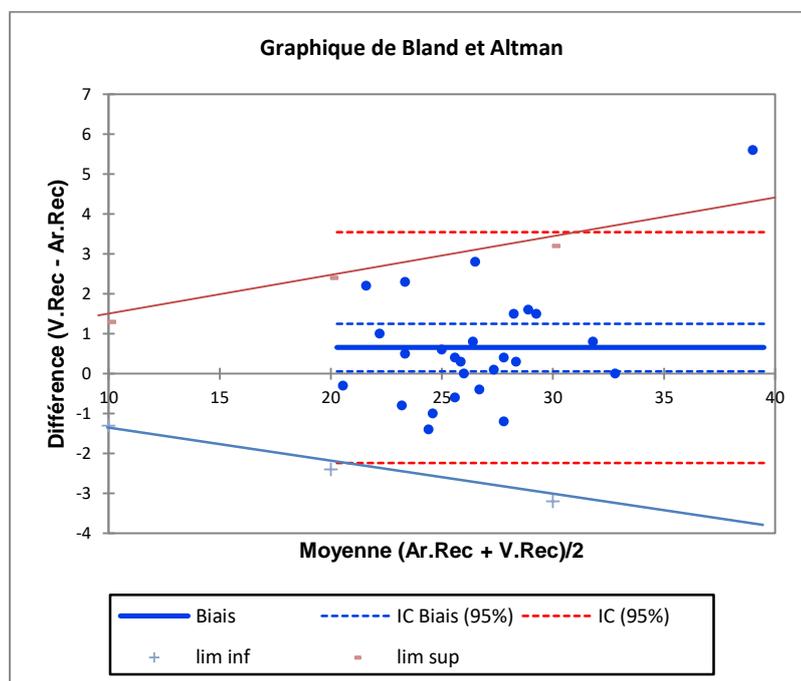


Figure 44 : Représentation graphique de Bland et Altman pour HCO_3^-

Interprétation

Différence	0,654	Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a « la différence entre les deux prélèvements est différente de 0 ».
t (Valeur observée)	2,262	
t (Valeur critique)	2,060	
DDL	25	
p-value (bilatérale)	0,033	
alpha	0,05	

La majorité des différences sont réparties dans l'IC 95%.

La moyenne des différences est légèrement positive, ce qui montre que le sang veineux sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par le sang artériel sur seringue héparinée reconstituée.

On identifie un point (39.000 ; 5.600) qui sort de l'IC 95%.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, la différence entre les moyennes est significative.

Cependant, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve que seul le même point (39.000 ; 5.600) sort de ces normes.

3.2.2.3. Régression de Passing and Bablok

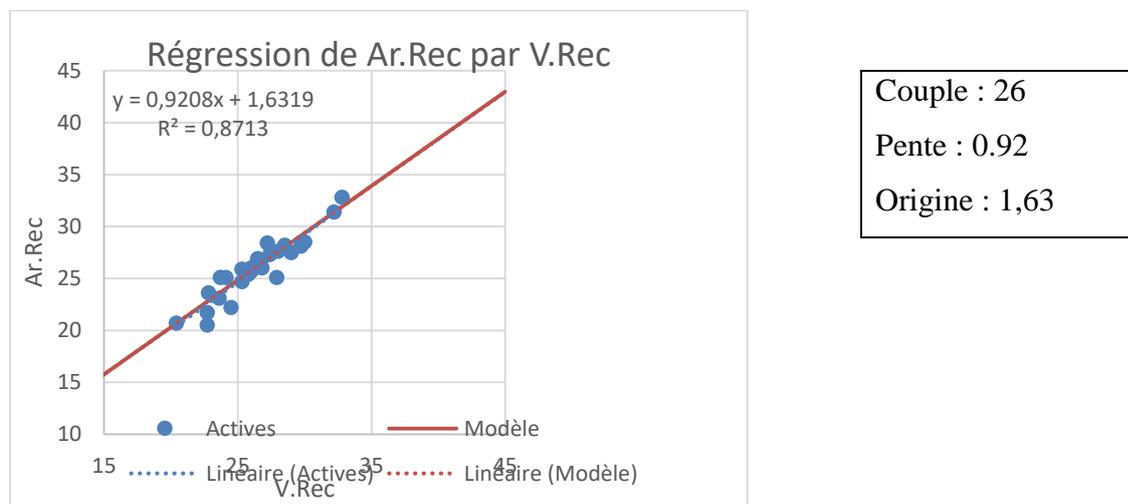


Figure 45 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.879	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

3.2.2.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons de concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en concentration et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 24: Evaluation de l'exactitude de HCO_3^-

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	20.5	24.7	28.2	31.4
Valeur par la méthode testée	22.7	25.3	28.5	32.2
Différence (mmol/l) et %	-2.2 (-10.73 %)	-0.6 (-2.43%)	-0.3 (-1.06%)	-0.8 (-2.55%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 12%	+/-10 %	+/-10 %	+/-8- %
Conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est vérifiée pour toutes les valeurs.

3.2.3. PCO₂

3.2.3.1. Etude descriptive :

Les résultats de 25 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 25: Statistiques descriptives de la PCO₂.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
Sang.artériel mmHg	25	26.100	69.700	40.564	10.560
Sang veineux	25	34.800	82.200	49.108	12.056

3.2.3.2. Comparaison de Bland Altman

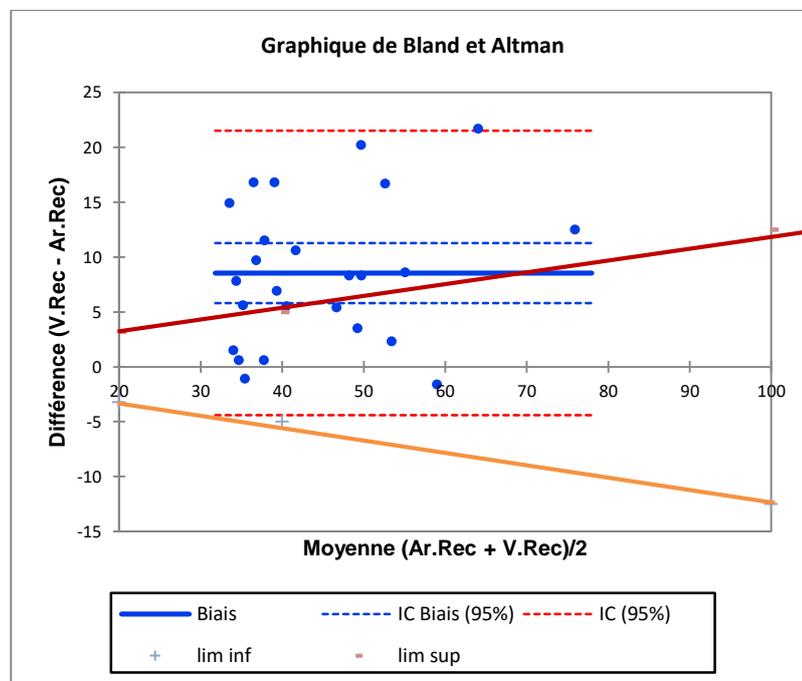


Figure 46 : Représentation graphique de Bland et Altman de la PCO₂.

Interprétation

Différence	8,544
t (Valeur observée)	6,460
t (Valeur critique)	2,064
DDL	24
p-value (bilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a « la différence entre les deux prélèvements est différente de 0 ».

La majorité des différences sont réparties dans IC 95%.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang veineux donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par le sang artériel.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on remarque que 8 points seulement sont inclus dans les normes.

Et étant donné que le p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, la différence entre les moyennes est significative.

3.2.3.3. Régression de Passing and Bablok

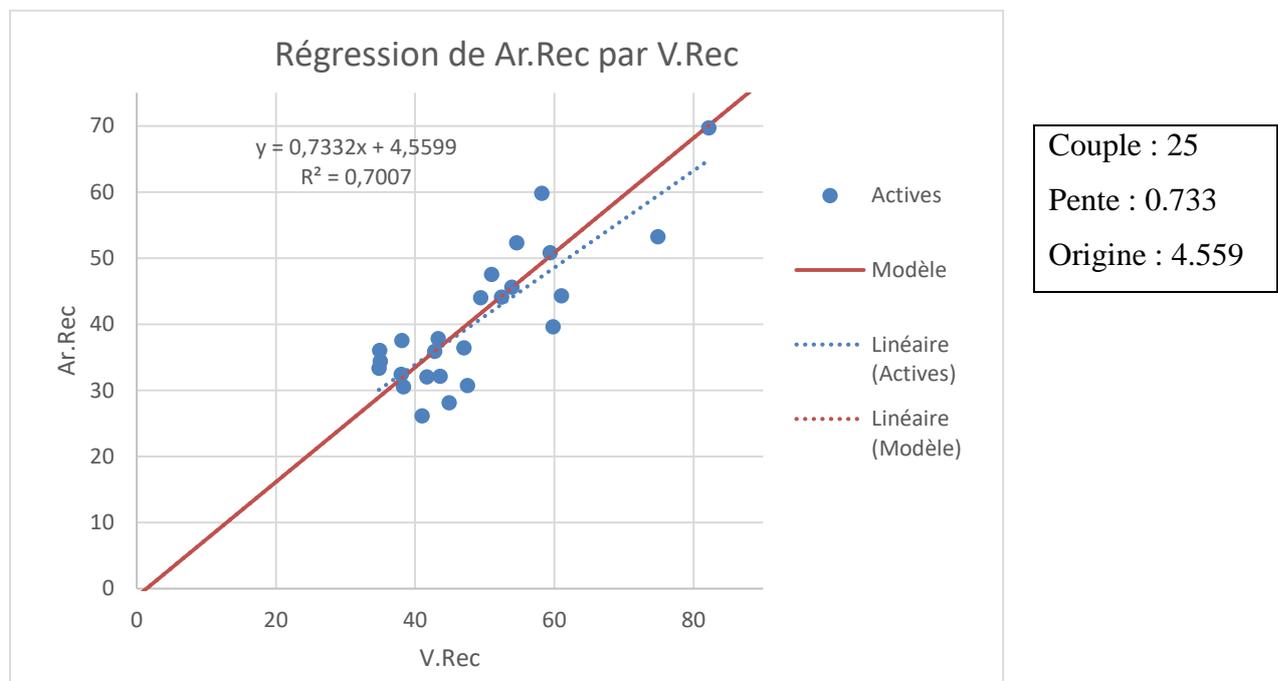


Figure 47 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.996	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

3.2.3.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons « à des niveaux des décision cliniques »
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence, exprimée en mmHg et en pourcentage, est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 26: Evaluation de l'exactitude de la PCO₂

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	33.3	37.5	47.5	53.2
Valeur par la méthode testée	34.8	38.1	51	74.9
Différence mmHg et %	-1.5 (-4.5%)	-0.6 (-1.6%)	-3.5 (-7.37%)	-21.7 (-40.7%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/-10 %	+/-8 %	+/-8 %	+/- 8%
conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est vérifiée pour toutes les valeurs qui sont à l'intérieur des limites d'acceptabilité SFBC.

3.2.3.5. Comparaison valeurs PCO₂ veineuse corrigée par SaO₂ veineuse

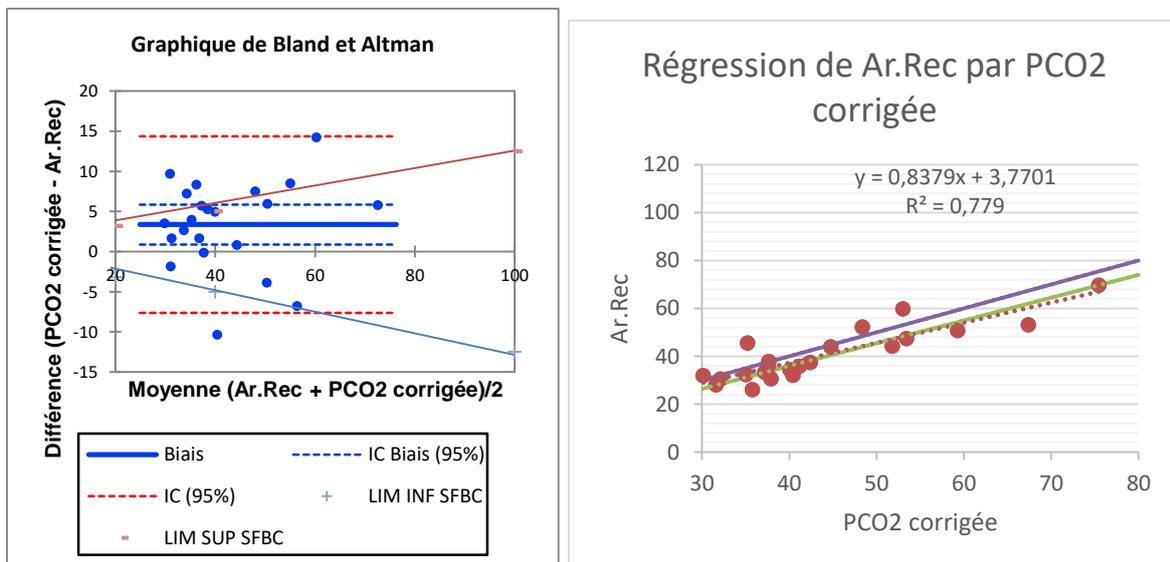


Figure 48 : Comparaison après calcul de la PCO₂ corrigée selon SavO₂

Interprétation

On remarque une amélioration « diminution du nombre d valeurs hors normes SFBC et augmentation significative du coefficient de corrélation

3.2.4. PO₂

3.2.4.1. Etude descriptive

Les résultats de 26 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 27 : Statistiques descriptives pour la PO₂.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
Sang artériel (mmHg)	26	31.900	135.000	71.008	24.299
Sang veineux	26	14.200	80.300	39.135	14.964

3.2.4.2. Comparaison de Bland Altman

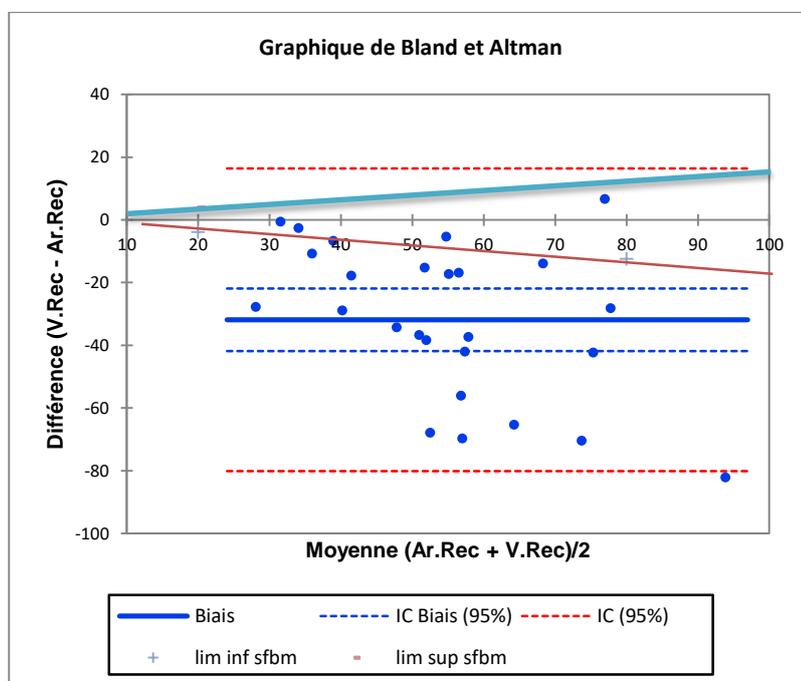


Figure 49 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites d'interprétation SFBC pour la PO₂.

Interprétation

Différence	-31,873
t (Valeur observée)	-6,603
t (Valeur critique)	2,060
DDL	25
p-value (bilatérale)	< 0,0001
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a « la différence entre les deux prélèvements est différente de 0 »

Toutes les différences sont réparties dans IC 95% mais pas dans l'IC 95% du biais.

La moyenne des différences est négative, ce qui montre que le sang veineux donne des résultats très inférieurs aux résultats fournis par le sang artériel.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve que la majorité des points ne sont pas incluses dans les normes d'acceptabilité SFBC.

Et étant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, la différence entre les moyennes est significative.

3.2.4.3. Régression de Passing and Bablok

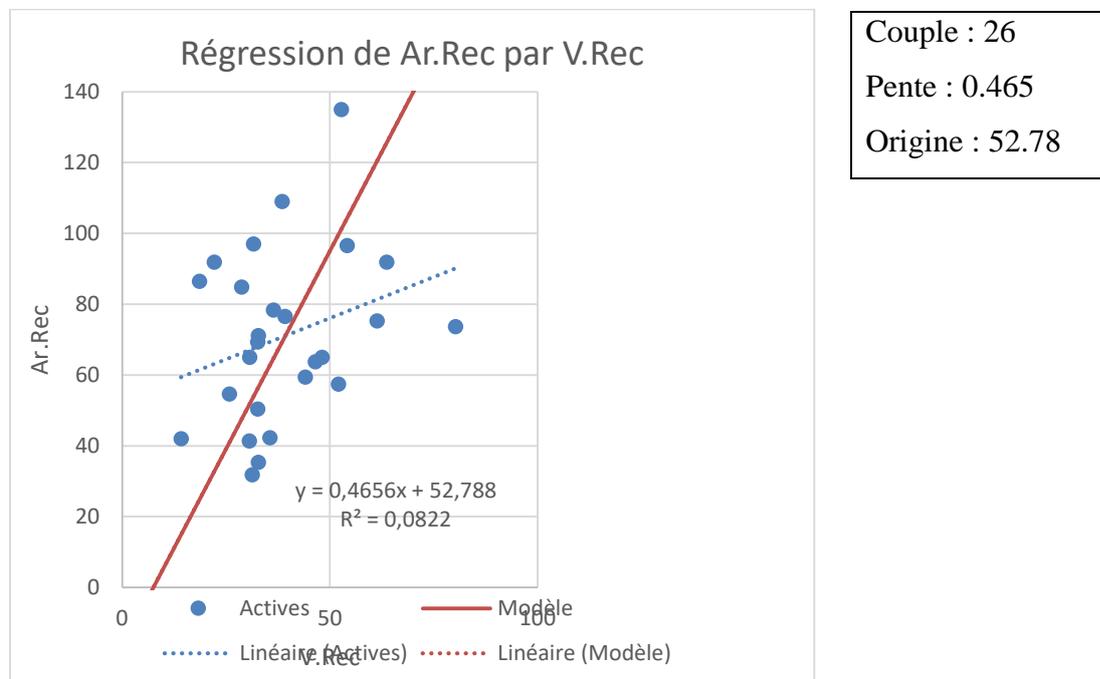


Figure 50 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.570	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont corrélées et la relation est linéaire.

3.2.4.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons à des concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en mmHg et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 28: Evaluation de l'exactitude pour les valeurs de la PO₂

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	42.3	75.3	91.1	109
Valeur par la méthode testée	35.6	61.4	63.7	38.5
Différence mmHg et %	6.7 (15.84 %)	13.9 (18.46%)	27.4 (30%)	70.5 (64.68%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 10%	+/-8 %	+/-8 %	+/-8 %
conclusion	NON VALIDE	NON VALIDE	NON VALIDE	NON VALIDE

Interprétation : L'exactitude est à vérifier pour toutes les valeurs.

3.2.5. SO₂

3.2.5.1. Etude descriptive

Les résultats de 25 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 29: Statistiques descriptives de la SO₂.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
Sang artériel (%)	25	53.100	98.500	86.096	13.526
Sang veineux	25	12.700	92.000	61.112	19.302

3.2.5.2. Comparaison de Bland Altman

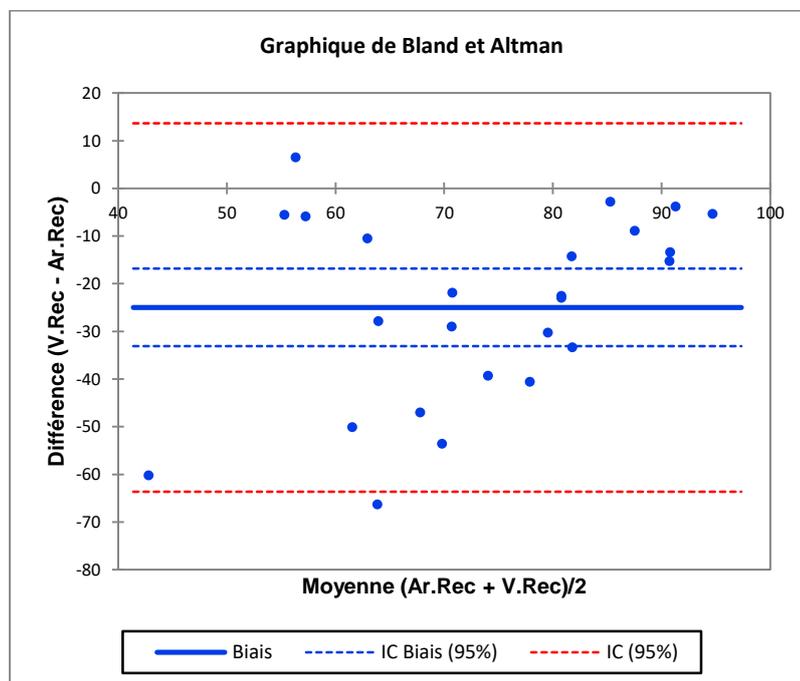


Figure 51 : Représentation graphique de Bland et Altman de la SO₂.

Interprétation

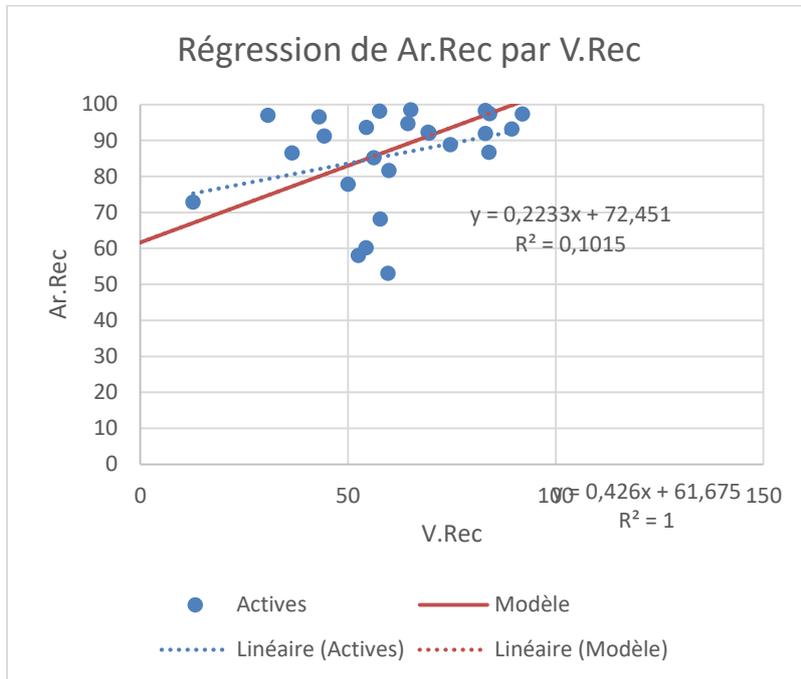
La majorité des différences sont réparties d'une façon hétérogène dans l'IC 95%.

La moyenne des différences est négative, ce qui montre que le sang veineux sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats très inférieurs aux résultats fournis par le sang artériel sur seringue héparinée reconstituée.

On trouve un seul point qui sort de l'IC 95% : (63.850 ; -66.300).

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, la différence entre les moyennes est significative.

3.2.5.3. Régression de Passing and Bablok



Couple : 25
Pente : 0.2233
Origine : 72.451

Figure 52 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.518	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

3.2.5.4. Evaluation de l'exactitude : ce test est non réalisé par absence de limites d'inexactitude pour ce paramètre.

3.2.6. ctHb

3.2.6.1. Etude descriptive

Les résultats de 25 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 30 : Statistiques descriptives de la ctHb.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
Sang artériel (mol/l)	25	1.200	20.800	13.160	3.862
Sang veineux	25	2.400	20.400	13.964	3.425

3.2.6.2. Comparaison de Bland Altman

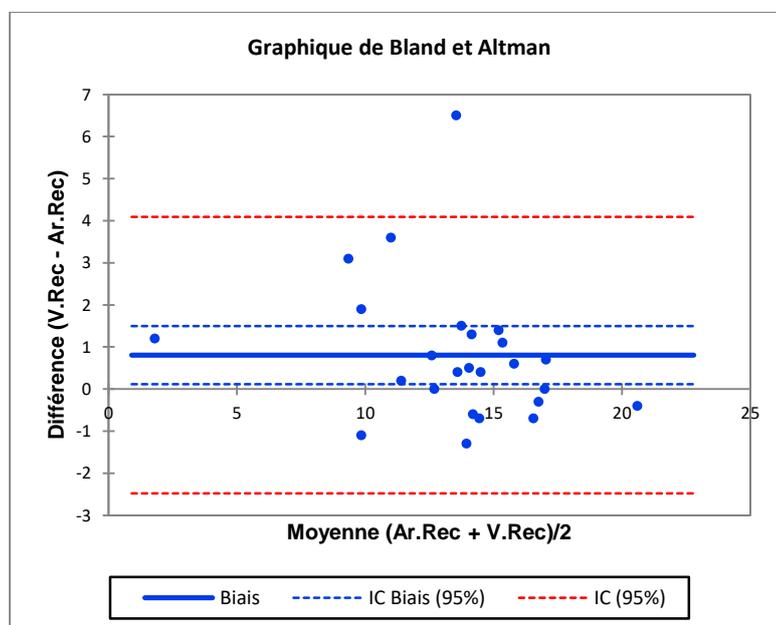


Figure 53 : Représentation graphique de Bland et Altman de la ctHb.

Interprétation

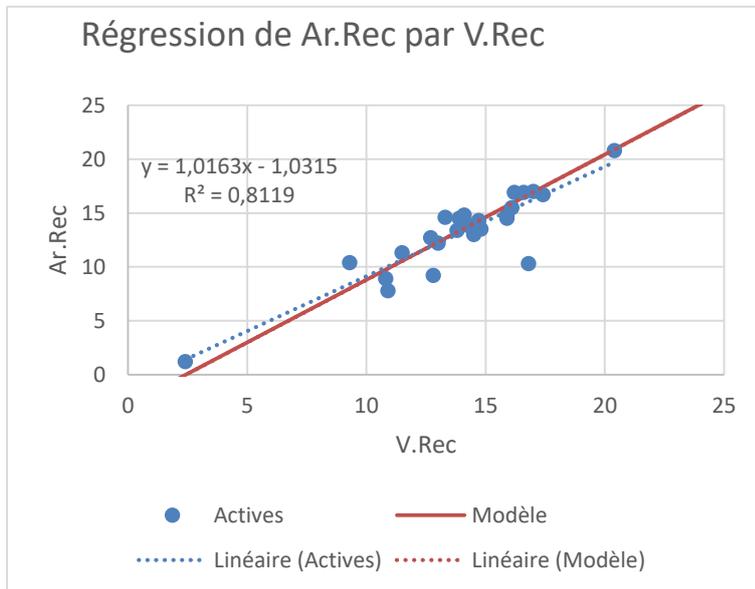
La majorité des différences sont réparties dans l'IC 95%.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang veineux sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats supérieurs aux résultats fournis par le sang artériel sur seringue héparinée reconstituée.

On identifie un point (13.550 ; 6.500) qui sort de l'IC 95%.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, la différence entre les moyennes est significative.

3.2.6.3. Régression de Passing and Bablok



Couple : 25
 Pente : 1.0163
 Origine : -1.0315

Figure 54 : Représentation graphique de la droite de

régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.996	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire

Evaluation de l'exactitude : ce test n'est pas réalisé par absence des limites d'inexactitude.

3.2.7. FHbO₂

3.2.7.1. Etude descriptive

Les résultats de 24 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 31 : Statistiques descriptives de la FHbO₂.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
Sang artériel	24	52.600	97.700	85.075	13.616
Sang veineux	24	12.600	91.300	60.900	18.190

3.2.7.2. Comparaison de Bland Altman

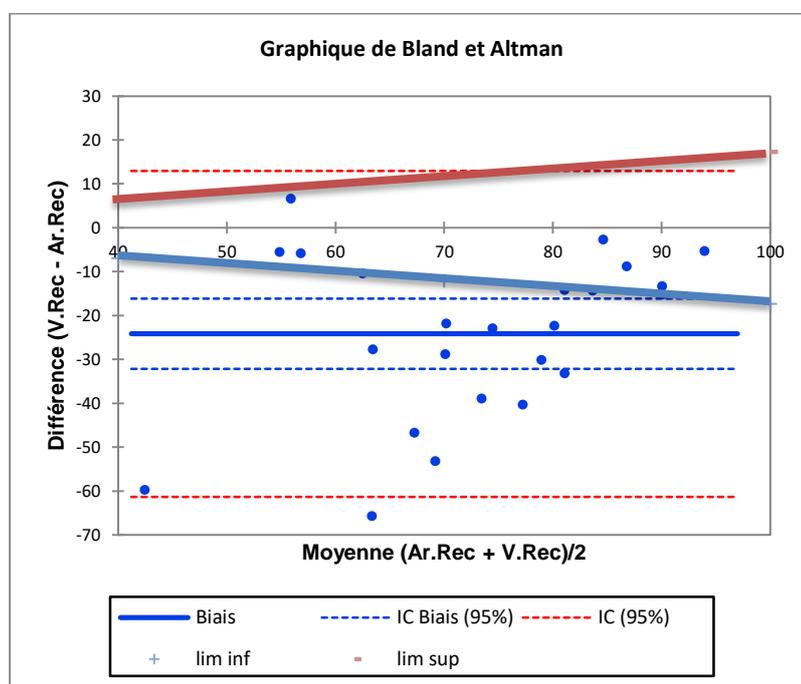


Figure 55 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation SFBC pour la FHbO₂.

Interprétation

La majorité des différences sont réparties dans IC 95%.

La moyenne des différences est négative, ce qui montre que le sang veineux sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats inférieurs aux résultats fournis par le sang artériel sur seringue héparinée reconstituée.

On identifie un point (63.350 ; -65.700) qui sort de l'IC 95%.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve que la majorité des points sortent de ces normes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, la différence entre les moyennes est significative.

3.2.7.3. Régression de Passing and Bablok

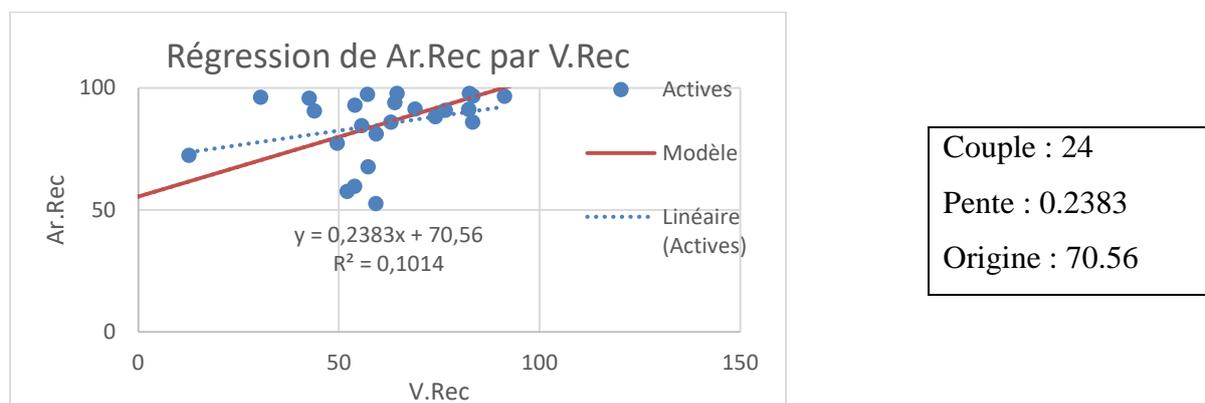


Figure 56 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.847	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont corrélées.

3.2.7.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons à des concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en concentration et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 32 : Evaluation de l'exactitude de la FHbO₂

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	57.6	86	96.6	96.7
Valeur par la méthode testée	52.1	83.3	91.3	83.4
Différence	5.5 (9.55 %)	2.7 (3.14%)	5.3 (5.48%)	13.3 (13.75%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 10%	+/-10 %	+/-10 %	+/-10 %

conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	NON VALIDE

Interprétation : l'exactitude est à vérifier pour les valeurs non incluses dans l'intervalle des limites acceptables en FhbO₂.

3.2.8. FHHbe

3.2.8.1. Etude descriptive

Les résultats de 23 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 33: Statistiques descriptives de la FHHbe.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
s. héparinée (%)	23	1.500	41.600	12.926	12.010
s. reconstituée	23	7.900	86.600	39.391	19.290

3.2.8.2. Comparaison de Bland Altman

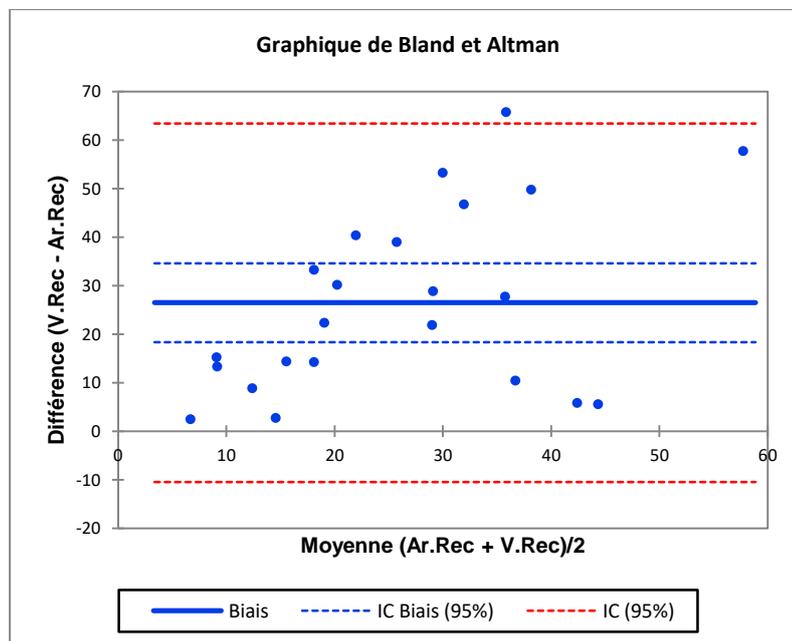


Figure 57 : Représentation graphique de Bland et Altman de la FHHbe.

Interprétation

La majorité des différences sont réparties dans IC 95%.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang veineux sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats supérieurs aux résultats fournis par le sang artériel sur seringue héparinée reconstituée.

On identifie un point (35.850 ; 65.700) qui sort de l'IC 95%.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, la différence entre les moyennes est significative.

3.2.8.3. Régression de Passing and Bablok

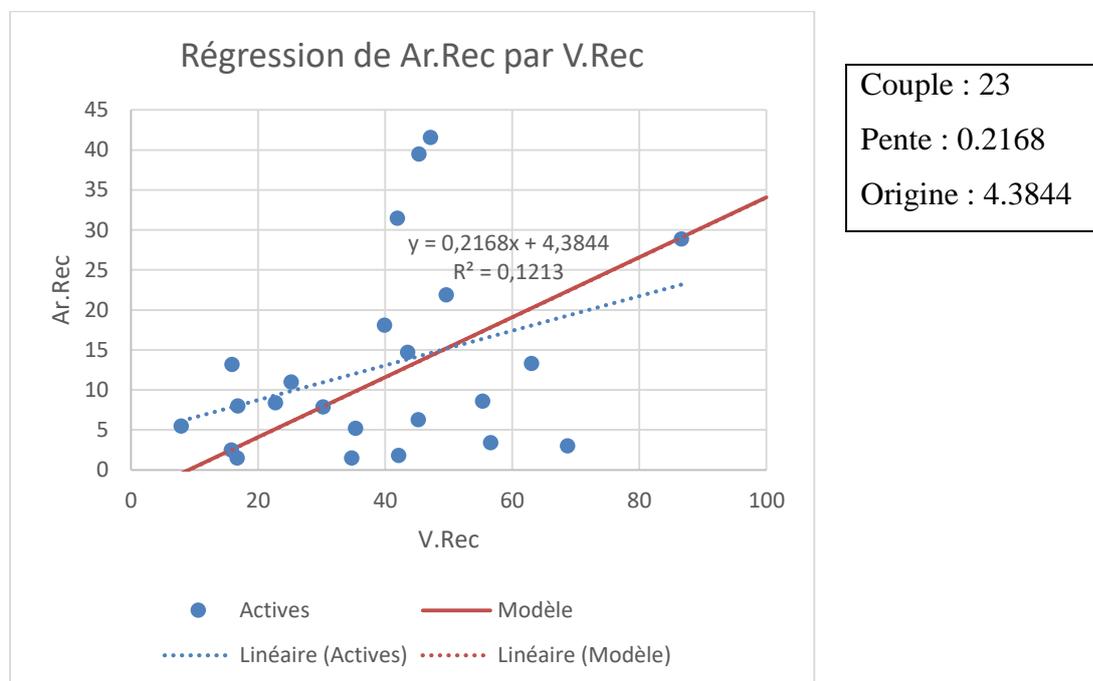


Figure 58 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.526	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont faiblement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

3.2.8.4. Evaluation de l'exactitude : test non réalisé par absence de limites d'inexactitude pour ce paramètre.

3.2.9. Na⁺

3.2.9.1. Etude descriptive

Les résultats de 18 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 34: Statistiques descriptives des valeurs de cNa⁺.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
Sang artériel (mol/l)	27	121.000	169.00	135.296	10.629
Sang veineux	27	118.000	168.00	136.370	10.330

3.2.9.2. Comparaison de Bland Altman

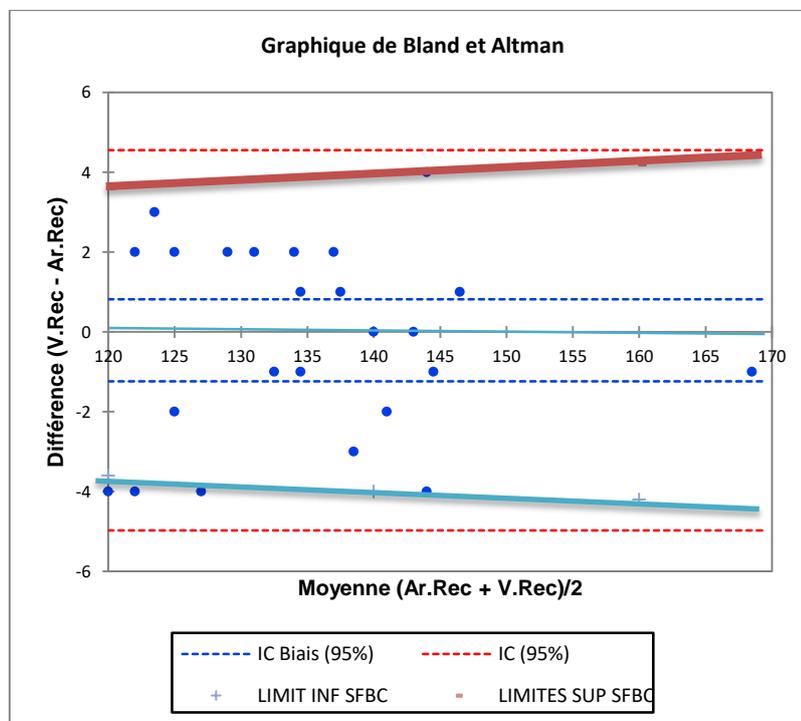


Figure 59 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour cNa⁺.

Interprétation

Différence	-0,208
t (Valeur observée)	-0,420
t (Valeur critique)	2,069
DDL	23
p-value (bilatérale)	0,679
alpha	0,05

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »

La majorité des différences sont réparties dans IC 95%.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang veineux sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par le sang artériel sur seringue héparinée reconstituée.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve que 2 points uniquement ne sont pas inclus dans ces normes.

P-value est supérieure à alpha ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

3.2.9.3. Régression de Passing and Bablok

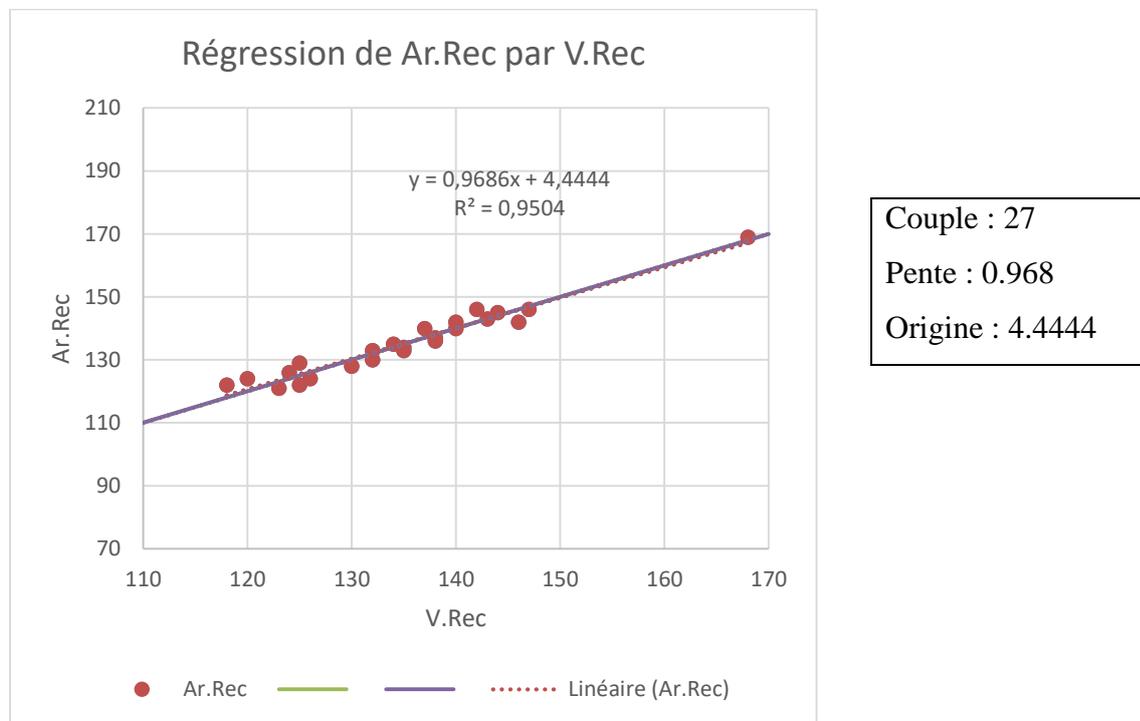


Figure 60 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.443	0.05

Interprétation : P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

3.2.9.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons à des concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence, exprimée en concentration et en pourcentage, est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 35: Evaluation de l'exactitude des valeurs de cNa^+

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	121	135	145	169
Valeur par la méthode testée	123	134	144	168
Différence	-2(-1.7 %)	1(0.74%)	1(0.69%)	1(0.59%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/-2 %	+/-1.8 %	+/-1.8 %	+/-1.6 %
conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est vérifiée pour toutes les valeurs.

3.2.10. cK⁺

3.2.10.1. Etude descriptive

Les résultats de 27 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 36: Statistiques descriptives de cK⁺.

	nombre	min	max	moyenne	Ecart-type
Sang artériel (mol/l)	27	2.500	6.700	3.896	0.831
Sang veineux	27	3.000	4.900	3.926	0.531

3.2.10.2. Comparaison de Bland Altman

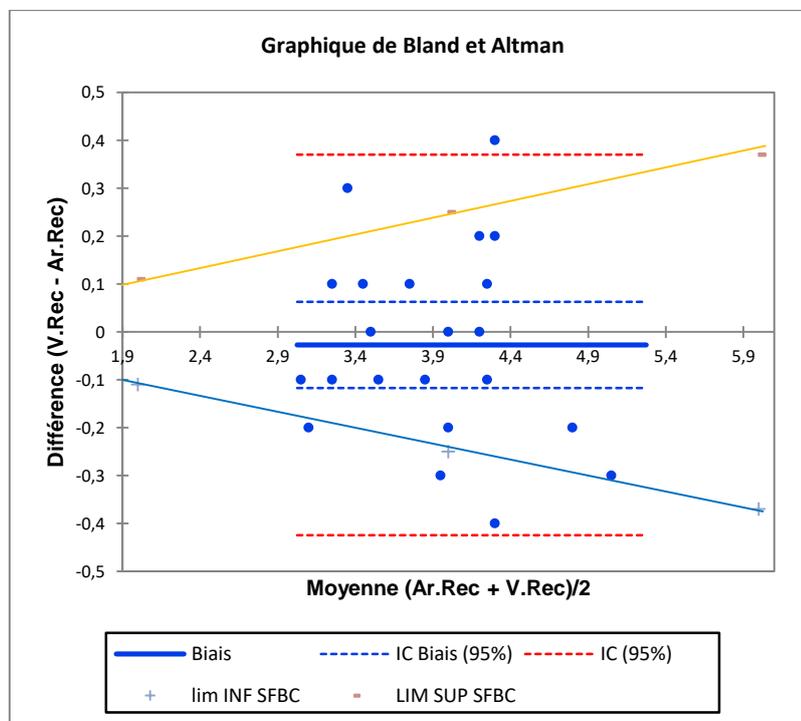


Figure 61 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour la cK⁺.

Interprétation

Différence	-0,027	Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil alpha=0,05, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H0 « la différence entre les deux prélèvements égale à 0 »
t (Valeur observée)	-0,631	
t (Valeur critique)	2,080	
DDL	21	
p-value (bilatérale)	0,535	
alpha	0,05	

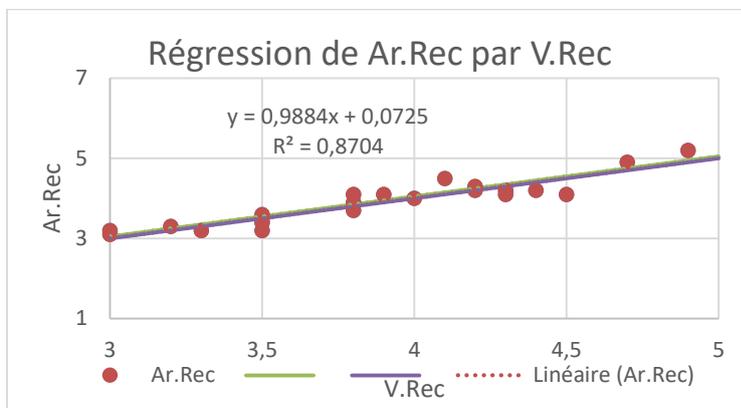
La majorité des différences sont réparties dans IC 95%.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang veineux sur seringue héparinée reconstituée donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par le sang artériel sur seringue reconstituée.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve 4 points sortent des limites d'acceptabilité.

P-value est supérieure à alpha, ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable.

3.2.10.3. Régression de Passing and Bablok



Couple : 27
Pente : 0.9884
Origine : 0.0725

Figure 62 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.879	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

3.2.10.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons à des concentrations différentes.
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en concentration et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 37: Evaluation de l'exactitude des valeurs de cK^+

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	3.1	3.7	4.3	4.9
Valeur par la méthode testée	3	3.8	4.2	4.7
Différence (mol/l) et %	0.1 (3.23%)	-0.1 (-2.7%)	0.1 (2.32%)	0.2 (4%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 3.5%	+/-3.5 %	+/-3.5 %	+/-3.5 %
conclusion	VALIDE	VALIDE	VALIDE	NON VALIDE

Interprétation : l'exactitude est à vérifier pour certaines valeurs de cK^+ .

3.2.11. cCa²⁺

3.2.11.1. Etude descriptive

Les résultats de 20 patients sont retenus pour ce paramètre.

Tableau 38 : Statistiques descriptives de cCa²⁺.

	nombre	min	max	moyenne	Écart-type
Sang artériel	20	0.820	5.180	3.220	1.234
Sang veineux	20	1.810	5.090	3.415	0.828

3.2.11.2. Comparaison de Bland Altman

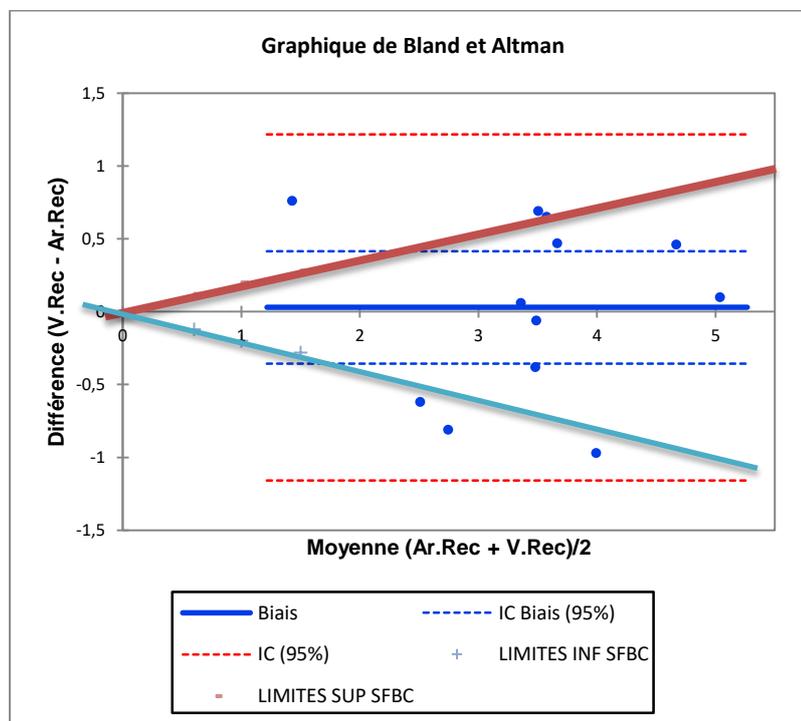


Figure 63 : Représentation graphique de Bland et Altman et limites de suivi et d'interprétation pour cCa²⁺.

Interprétation

La majorité des différences sont réparties dans IC 95% mais pas dans l'IC 95% du biais.

La moyenne des différences est positive, ce qui montre que le sang veineux donne des résultats légèrement supérieurs aux résultats fournis par le sang artériel.

D'une autre part, si on interprète selon les normes d'acceptabilité SFBC de suivi et d'interprétation, on trouve que plusieurs points sortent des limites d'acceptabilité. P-value est

supérieure à alpha, ce qui signifie que la différence entre les moyennes est négligeable du point de vue analytique.

3.2.11.3. Régression de Passing and Bablok

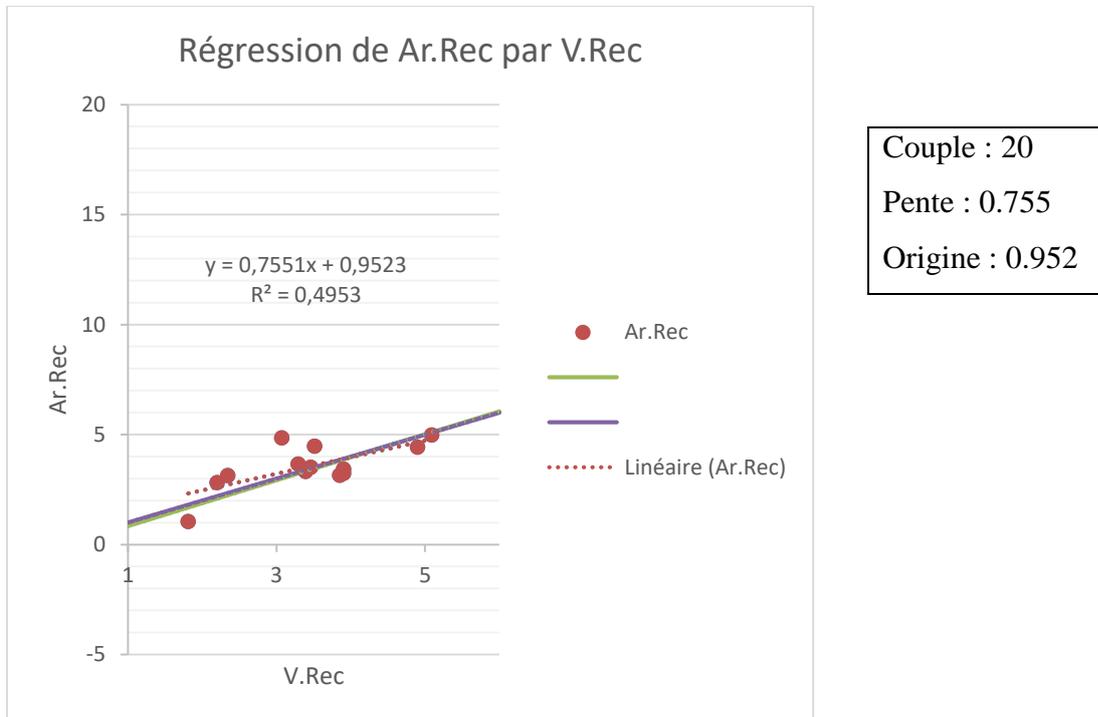


Figure 64 : Représentation graphique de la droite de régression des deux méthodes.

Test de linéarité	p-value	alpha
Relation entre les deux	0.988	0.05

Interprétation

P-value > alpha ; les deux droites sont parfaitement corrélées, la relation entre les variables est linéaire.

3.2.11.4. Evaluation de l'exactitude

- On a choisi 4 échantillons « à des niveaux des décision cliniques »
- Les valeurs observées sont comparées à la valeur cible. La différence exprimée en concentration et en pourcentage est comparée aux limites d'inexactitude.

Tableau 39 : Evaluation de l'exactitude des valeurs de cCa²⁺

	1	2	3	4
Valeur de référence cible	1.05	2.82	3.52	4.99
Valeur par la méthode testée	1.81	2.2	3.46	5.09
Différence (mol/l) et %	-0.76 (-50.7 %)	0.62 (21.99%)	0.06 (1.70%)	-0.1 (-2%)
Limite acceptable d'exactitude SFBC	+/- 2.3%	+/-2.3 %	+/-2.3 %	+/-2.3 %
conclusion	NON VALIDE	NON VALIDE	VALIDE	VALIDE

Interprétation : l'exactitude est à vérifier pour les valeurs basses de Ca²⁺.

4. Discussion

La gazométrie est prescrite pour l'estimation de la ventilation « PCO_2 », l'oxygénation « PO_2 », la situation acidobasique « pH et HCO_3^- » et l'état hémodynamique « pH et lactates » du patient. Selon plusieurs études, la comparabilité des résultats sur sang veineux et artériel dépend de la pathologie « respiratoire ou métabolique ».

L'objectif de notre étude était essentiellement la validation des seringues héparinées reconstituées et la comparaison de la gazométrie artérielle et veineuse périphérique.

4.1. Validation de seringues reconstituées

L'étude a utilisé des échantillons appariés d'une population de malades hospitalisés ou suivis au service de pneumo-phtisiologie.

Les valeurs de p des tests de student appliqués pour la comparaison étaient non significatives pour tous les paramètres à l'exception du K^+ et le calcium ionisé.

Les courbes de différence de Bland Altman ont montré que les limites d'accord absolus 95% sont optimales pour le pH , HCO_3^- , PCO_2 et les paramètres connexes liés avec des p values > 0.05 et des coefficients de corrélation $R^2 > 0.87$, sauf pour :

- **PO_2** : 15% des valeurs sont en dehors des limites SFBC, on suspecte probablement une contamination par l'air ambiant, la procédure de préparation doit être rigoureuse avec pose d'une gomme sur l'aiguille.
- **La natrémie** : reste comparable même si on a remarqué une légère augmentation pour les prélèvements sur seringue reconstituée car la natrémie est largement élevée par rapport aux quantités apportées par l'héparinate de Na. Les différences sont non significatives et répondent aux normes SFBC.
- **Le K^+ et Ca^{2+}** : sont les deux paramètres influencés, les différences sont significatives et les la majorité des valeurs sont dehors des limites SFBC. Cela peut être expliqué par le fait que l'héparine utilisée est héparinate sodique alors que l'héparine des seringues PICO « originales » est de l'héparine de Li dont les charges négatives sont saturées par le Zn ce qui limite la fixation des cations.

Des résultats similaires ont été décrits par d'autres études (71).

Notre étude a montré qu'il existe un accord important entre les deux milieux de prélèvement, et que par conséquent ils sont comparables et ils peuvent être utilisés de manière interchangeable sauf pour le K^+ et le calcium ionisé.

4.2. Comparaison de la gazométrie sur sang artériel et sang veineux périphérique

Plusieurs études se sont intéressées à la possibilité du remplacement du prélèvement artériel par le prélèvement veineux et elles ont conclu que la concordance des résultats est influencée par le type de la pathologie « respiratoire ou métabolique », les paramètres respiratoires sont les plus influencés (17, 18, 31, 39, 50, 51, 52, 53).

Certains ont proposés des formules mathématiques pour déduire les valeurs artérielles à partir des valeurs veineuses en utilisant la SaO_2 comme paramètre de correction (54).

Dans notre étude, dont les troubles respiratoires sont les plus prédominants, des résultats semblables ont été trouvés.

Sur le plan qualitatif « concordance d'interprétation des résultats selon les normes artérielles et veineuses », la discordance est significative pour le pH et non significative pour le HCO_3^- et la PCO_2 .

Sur le plan quantitatif, la comparaison selon les normes iso 15189 et limites SFBC d'interprétation a révélé les résultats suivants :

- **Pour le pH, la PCO_2** : les différences sont significatives « $p > 0.05$ » et plus de 50% des valeurs sont en dehors des limites SFBC.

La relation est linéaire avec des coefficients de corrélation > 0.67 .

La correction des valeurs par la SaO_2 diminue la discordance.

La moyenne des différences « veineux – artérielle » du pH est de -0.035, résultats retrouvées dans plusieurs études (72).

- **HCO_3^-** : les résultats sont comparables et ils peuvent être utilisés de manière interchangeable.
- **Na^+ , K^+ , Ca^{2+}** : les différences sont non significatives et dans les limites SFBC.

Les résultats de plusieurs études diffèrent selon le contexte pathologique de la population d'étude pour certains paramètres ainsi :

- **pH** : Selon les travaux de Malatesha et al, les travaux de Brandenburg et de PARVIZI « urgences cardio-thoraciques hôpital Iran », le pH veineux est inférieur au pH artériel « - 0.03 » et une forte corrélation ($r=0.97$) entre le pH artériel et veineux dans l'acidocétose diabétique.

L'étude Rudkin en 2012 a conclu que la mesure du pH sur sang veineux peut être utilisée au lieu du sang artériel avec une précision clinique acceptable, et cela dans le cas d'acidocétose diabétique, maladies pulmonaires obstructives. Donc pas de correction nécessaire.

Par contre d'après l'étude de Malinoski publié en Novembre 2005, la mesure n'est pas interchangeable pour les patients post-traumatiques ventilés en réanimation (72).

Selon les mêmes travaux

- **PO₂** : présente des différences un peu importantes, certains propose la mesure de la SatpO₂ comme alternative « non fiable en cas de vasoconstriction périphérique ».
- **Pour les bicarbonates** : pas de correction nécessaire, une bonne corrélation pour toutes les valeurs et surtout pour les valeurs normales.
- **Pour la PCO₂** :

Selon les travaux Kim et Kelly en 2013, la Différence est -5.4 pour les patients qui ne sont pas en état de choc, les valeurs sont interchangeable cliniquement aux valeurs artérielles.

Par contre, la PCO₂ sur sang artériel ne peut pas être substitué par le sang veineux pour les patients mécaniquement ventilés (73, 74).

Selon l'étude faite par Razi et Moosavi en 2013, ils ont évalué la validité des gaz du sang artériels et veineux pour les patients avec BPCO, ils ont observé que la différence de PCO₂ entre sang artériels et veineux est énorme quand la SPvO₂ < 70%, et une variabilité importante entre les valeurs de SPvO₂ variant de 14% à 99% (75).

Dans le méta analyse « Bloom 2014, Lim 2010, Kelly 2010 », la PCO₂ veineuse est bonne comme test de dépistage mais insuffisante pour l'étude de la ventilation (76).

Et ils ont déduit que :

- Si $PCO_2 < 45$ mmHg : pas d'hypercapnie et si $PCO_2 > 45$ mmHg : GDS artériels

- **Lactates :**

Bloom 2014:

Pour cut off = 2 mmol/l: 36% FP et 18% FP si cut off = 4 mmol/l.

Limites de l'étude:

- Non disponibilité des seringues originales pour effectuer le prélèvement veineux ce qui a influencé certains de nos résultats.
- Non calibration de certains paramètres connexes : lactates.
- Difficulté d'effectuer 03 prélèvements sur le même patient a réduit la taille de la population.

Conclusion

La gazométrie est une mesure précieuse pour le clinicien afin d'établir le diagnostic, le pronostic et la stratégie thérapeutique pour le patient. Néanmoins, les risques du prélèvement artériel nous ont incités à effectuer cette étude.

Les résultats obtenus ont permis de déduire que :

Les seringues reconstituées par l'héparine liquide, peuvent être utilisées pour une gazométrie en substitution aux seringues héparinées originales, pour les paramètres pH, PO₂, PCO₂, HCO₃⁻, Na⁺, à l'exception de K⁺ et Ca²⁺ qui ont été probablement influencés par la substitution de l'héparinate de Li par l'héparinate sodique.

Quant à la comparaison de la gazométrie sur sang artériel et veineux périphérique sur seringues reconstituées héparinées, elle a conclu :

Une discordance significative pour le pH et non significative pour la pCO₂ et les HCO₃⁻, sur le plan qualitatif.

Une discordance significative pour le pH et la PCO₂, quant aux ions Na⁺, K⁺, Ca²⁺, et HCO₃⁻ sont interchangeables sur le plan quantitatif.

Nos résultats, en général, sont concordants avec les études faites sur la comparaison de la gazométrie entre le sang artériel et veineux. Néanmoins la majorité a été réalisée sur des patients ayant des pathologies spécifiques, alors que notre étude a été réalisée sur des patients ayant des pathologies respiratoires différentes, de ce fait, on recommande une étude similaire sur des patients présentant une même pathologie.

Perspectives :

- Utiliser une gomme pour couvrir la seringue reconstituée après le prélèvement ;
- Réaliser une étude similaire sur une pathologie spécifique.

Synthèse bibliographique

1. Ouertatani , Dumon A .Evolution historique des concepts d'acide et de base.2007
2. Belkaid N. Equilibre acido-basique. Faculté de médecine, Tizi OuzouUMMTO. 2016.
3. Vitola NM .interprétation de la gazométrie sanguine.2017
4. Kimberg.P. Équilibre acido-basique du sang.Défaillance organique et processus dégénératifs. IFSI Dijon2016.
5. Levy.P. Equilibre acido-basique. Université Joseph Fourier de Grenoble2011-2012.
6. Parratte B et Al .Bases anatomo-fonctionnelles de l'appareil urinaire.2007
7. Mehni. Biochimie du rein . cours de 4^{ème} année Pharmacie. CHU TIZI OUZOU 2017.
8. Tortora GJ .Anatomie et physiologie du rein 2018.
9. Ichai C.Troubles acido-basique.réanimation et urgences.2010
10. Kutchaw.L. La structure et la fonction du rein. 2014.
11. Belkaid N. Equilibre acido-basique. cours de biochimie clinique Faculté de Médecine de Tizi Ouzou UMMTO. 2016.
12. Flamant M, Azar H .Troubles de l'équilibre acido-basique et désordres hydro-électrolytique.La revue du praticien 2008.
13. Anglès MGeO. 219- Troubles de l'équilibre acido-basique et désordres électrolytiques. CHU Purpan – Toulouse.
14. SakhraouiR . Troubles de l'équilibre acido-basique. Service des UMC CHUMustapha.
15. Oufella H, Offensdat.Troubles de l'équilibre acido-basique.La revue du praticien.2003
16. KREMPF M Muris M, PONTIER S. INSUFFISANCE RESPIRATOIRE CHRONIQUE. 2008.
17. Davis M D WBK, E. SS, D. RR. AARC clinical practice guideline: blood gas analysis and hemoximetry. Respiratory care. 2013;58(10):1694-703.
18. Malley WJ. Clinical blood gases assessment and intervention. Elsevier Saunders; 2005.
19. MURAT P. LA PHASE PRÉ-ANALYTIQUE DES ANALYSES DE BIOLOGIE MÉDICALE .RÔLE DU PHISP : COMMENT LE BIOLOGISTE ASSURE LA MAÎTRISE DE CETTE ÉTAPE ? l'École Nationale de la Santé Publique: RENNES, 2003.
20. Hasan A. Handbook of Blood Gas/Acid–Base interpretation. 2009.
21. DÉSORDRES DE L'ÉQUILIBRE ACIDE-BASE. 9782340-025998_Nephrologieindb. 2018.

Synthèse bibliographique

22. Ordre professionnel des technologistes médicaux du Québec, Québec. Odcd. Guide sur les gaz sanguins, le pH et les paramètres connexes. 2018.
23. Benisty Y. L'oxymètre de pouls.2009
24. Fiche explicative pour la courbe de Barcroft.
25. LEFRANCOIS R.Pouvoir tampon du sang humain.1970
26. Gaz du sang : interprétation des analyses. 2013.
27. Higgins.C. Base Excess: the basics. acutecaretestingorg. 2017.
28. Ichai C. La lactatémie. CHU de Nice2014.
29. Toffaletti J, Hammes M E, Gray A, Lineberry B, B. A. Lactate Measured in Diluted and Undiluted Whole Blood. Clinical chemistry and laboratory medicine. 1992;38(12):2430-4.
30. Gougoux.A. L'hypokaliémie et l'hyperkaliémie : Pour y voir clair. Le clinicien. 2002:137-1.
31. Simundic M A. Preanalytical errors in blood gas testing. 2015.
32. Paul D'Orazio, John G. Toffaletti, Jesper Wandrup MD. Ionized Calcium Determinations: Pre-collection Variables, Specimen Choice, Collection, and Handling; Approved Guideline. C31-A2. 2001;21(10).
33. Heggins C, C S. Ionized calcium. the acute care testing handbook. 2007.
34. Gendt L. Phase pré-analytique et norme NF EN ISO 15189. SPECTRA BIOLOGIE 2010.
35. Ana-Maria S, Giuseppe L. Preanalytical phase – a continuous challenge for laboratory professionals. Biochimica Medica. 2012:145-9.
36. Simundic A M, Cornes M, Grankvist K, Lippi G, Nybo M, Kovalevskaya S, et al. Survey of national guidelines, education and training on phlebotomy in 28 European countries: an original report by the European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) working group for the preanalytical phase (WG-PA). Clinical chemistry and laboratory medicine. 2013;51(8):1585-93.
37. Samuel A. Sakyi. Evaluation of analytical errors in a clinical chemistry laboratory: a 3 year experience. Annals of medical and health sciences research. 2015;5(1):8-12.
38. Narayanan S, G GW. Preanalytical Variables and Their Influence on the Quality of Laboratory Results. eJIFCC.13(1).
39. INSTITUTE. CALS. Blood Gas and pH Analysis and related measurements. Approved guideline. C46-A2. 2009.

Synthèse bibliographique

40. INSTITUTE CALS. Procedures and Devices for the Collection of Diagnostic Capillary Blood Specimens; Approved Standard—Sixth Edition GP42-A6. 2008.
41. INSTITUTE. CALS. CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. Procedures for the Collection of Arterial Blood Specimens; Approved Standard GP43-A4. 2004;24(28).
42. INSTITUTE CALS. Blood Gas and pH Analysis and Related Measurements; Approved Guideline—Second Edition. C46-A2. 2009.
43. Leblanc M E NL, godbout C. pratique clinique : la canule artérielle. 2015;12(1).
44. institute cals. Procedures and Devices for the Collection of Diagnostic Capillary Blood Specimens; Approved Standard. GP42-A6

45. Quebec Opdtmd. GUIDE DE PRÉLÈVEMENT DE SANG PAR PONCTION CAPILLAIRE AUX FINS D'ANALYSE.
46. Guideline ACP. Capillary Blood Gas Sampling for Neonatal & Pediatric Patients. Respiratory care. 2001;46(5):506-13.
47. HUGHES JMB. Blood gas estimations from arterialized capillary blood versus arterial puncture: are they different? European Respiratory Journal. 1996;9(2):184-5.
48. Higgins.C. Central venous blood gas analysis. acutecaretesting.org. 2011.
49. Salem.A. Correlation between Arterial and Central Venous Blood Gas Values in Critically Ill Patients. International Journal of Advanced Research. 2014;2(4):1031-8.
50. Latrémouille A EP, Baud F, Mégarbane B, Fievet M L, Clavié F. Étude des gaz du sang veineux dans l'arrêt cardio-respiratoire en pré-hospitalier. Journal Européen des Urgences. 2004;17:8.
51. Fujinaga J, Kuriyama A, Fukuoka T. Comparison of peripheral venous and arterial blood gas analysis. Respirology. 2014;19:767-70.
52. O'Connor T M, Barry P J, Jahangir A, Finn C, Buckley B M, A. E-G. Comparison of arterial and venous blood gases and the effects of analysis delay and air contamination on arterial samples in patients with chronic obstructive pulmonary disease and healthy controls. Respiration; international review of thoracic diseases. 2011;81(1):18-25.
53. A-M Kelly RM, E Kyle. Venous pH can safely replace arterial pH in the initial evaluation of patients in the emergency Department. Emerg Med J. 2001;340-2.

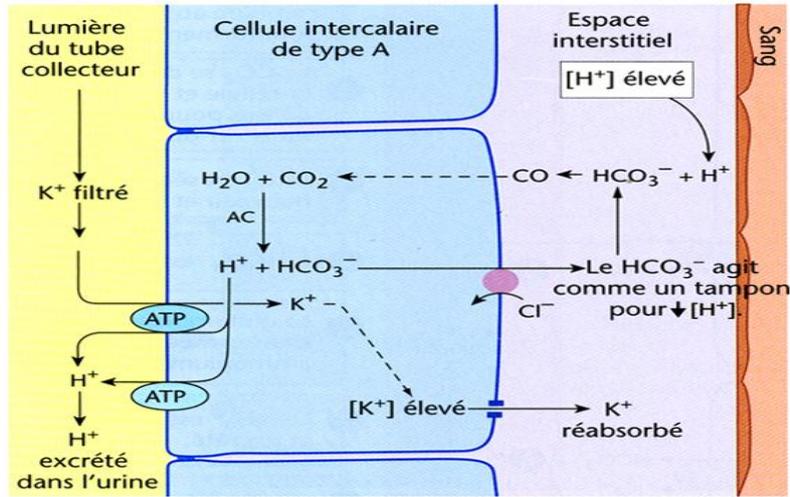
Synthèse bibliographique

54. Lemoel F, Govciyan S, El Omri M, Marquette CH, Levraut J. Improving the validity of peripheral venous blood gas analysis as an estimate of arterial blood gas by correcting the venous values with SvO(2). *The Journal of emergency medicine*. 2013;44(3):709-16.
55. Higgins.C. Umbilical-cord blood gas analysis. *acutecaretestingorg*. 2014.
56. CSA G. Trousse d'outils pour les établissements effectuant la collecte d'échantillons et pour les laboratoires médicaux. 2011.
57. SCHIELE.F. ANTI-COAGULANTS : PRINCIPES ET REGLES D'UTILISATION DES HEPARINES. 2001.
58. Sheshadri Narayanan. the preanalytical phase an important component of laboratory medicine. *Am J Clin Patho*. 2000;113:429-52.
59. Toffaletti.J, Ernst.P, Hunt.P, Abrams.B. Dry Electrolyte-Balanced Heparinized Syringes Evaluated for Determining Ionized Calcium and Other Electrolytes in Whole Blood. *CLINCHEM*. 1991;37(10):1730-3.
60. Higgins.C. The use of heparin in preparing samples for blood-gas analysis 2007 [updated APRIL].
61. Sheshadri N. The Preanalytic Phase : an Important Component of Laboratory Medicine. *Am J Clin Pathol*. 2000;113:429-52.
62. JF. Mollard. Mesure du PH et des gaz du sang: précautions pre-analytiques. 1995:17-7.
63. Dukic.L, Kopcinovic.L M, Dorotic.A, Baršic.I. Blood gas testing and related measurements: National recommendations on behalf of the Croatian Society of Medical Biochemistry and Laboratory Medicine. *The journal of Croatian Society of Medical Biochemistry and Laboratory Medicine*. 2017:318-36.
64. Malley.William J. *Clinical Blood Gases Assessment and Intervention*. Deuxième édition. .
65. Mohammadhoseini E, Safavi E, Seifi S, Seifirad S, Firoozbakhsh S, S. P. Effect of Sample Storage Temperature and Time Delay on Blood Gases, Bicarbonate and pH in Human Arterial Blood Samples. *Iranian Red Crescent medical journal*. 2015;17(3):e13577.
66. Schmidt C , O M-P. Stability of pO₂, pCO₂ and pH in Heparinized Whole Blood Samples: Influence of Storage Temperature with Regard to Leukocyte Count and Syringe Materia. *Eur J Clin Chem Clin Biochem*. 1992;30:767-73.
67. Smajić J, Kadić D, Hasić S, N. S. Effects of post-sampling analysis time, type of blood samples and collection tubes on values of blood gas testing. *Med Glas (Zenica)*. 2015;12(2).

Synthèse bibliographique

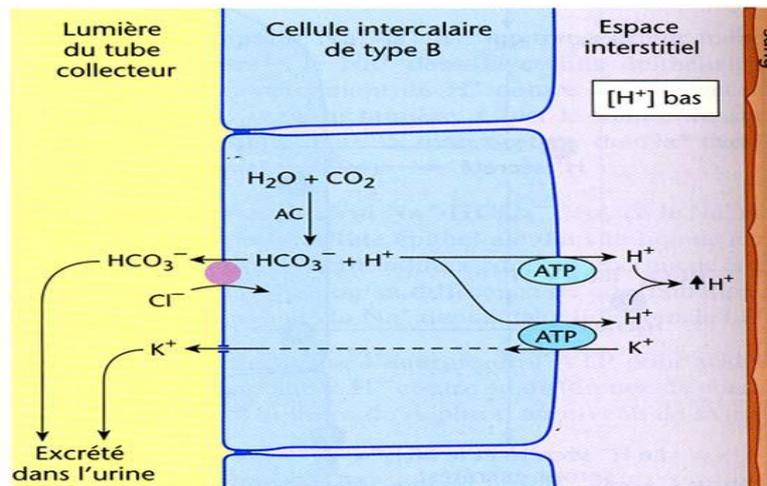
68. Ferreira K P Vieira Silva S RP, D AMAMKMC, L C. Stability of blood gases when refrigerated. *NZ J Med Lab Science*. 2012;66(2):42-5.
69. Quebec Opdtmd. GUIDE DE GESTION DE LA QUALITÉ DANS LES LABORATOIRES DEBIOLOGIE MÉDICALE.
70. Quebec Opdtmd. NORMES DE PRATIQUE DU TECHNOLOGISTE MÉDICAL.
71. Sandeep k, pallavi G. Is liquid heparin comparable to dry balanced heparin for blood gas sampling in intensive care unit?. *Jan 2014 18(1): 14-20. India*.
72. Scott, Rudkin , Christopher, Kahn, Jennifer, Oman et al. Prospective correlation of arterial vs venous blood gas measurements in trauma patients. *AJEM*. (2012) 30, 1371–1377. California.
73. RaKim B ,Park S, HoSikShi N, Jung, HarkRim Y .Correlation between peripheral venous and arterial blood gas measurements in patients admitted to the intensive care unit. *Kidney Res Clin Pract 32 (2013) 32–38*.
74. Kelly A M . Agreement between arterial and venous blood gases in emergency medical care. 2013.
75. Fabien L, Sandra G, Mouna E, MCharles M, and Jacques L. IMPROVING THE VALIDITY OF PERIPHERAL VENOUS BLOOD GAS ANALYSIS AS AN ESTIMATE OF ARTERIAL BLOOD GAS BY CORRECTING THE VENOUS VALUES WITH SvO₂. 709–716, 2013. Nice France.
76. Anne-Maree K, Joseph E. Can venous blood gas analysis replace arterial in emergency medical care. (2010) **22**, 493–498

(a) Fonction des cellules intercalaires de type A dans l'acidose.
 Le H^+ est excrété ; le HCO_3^- et le K^+ sont réabsorbés.

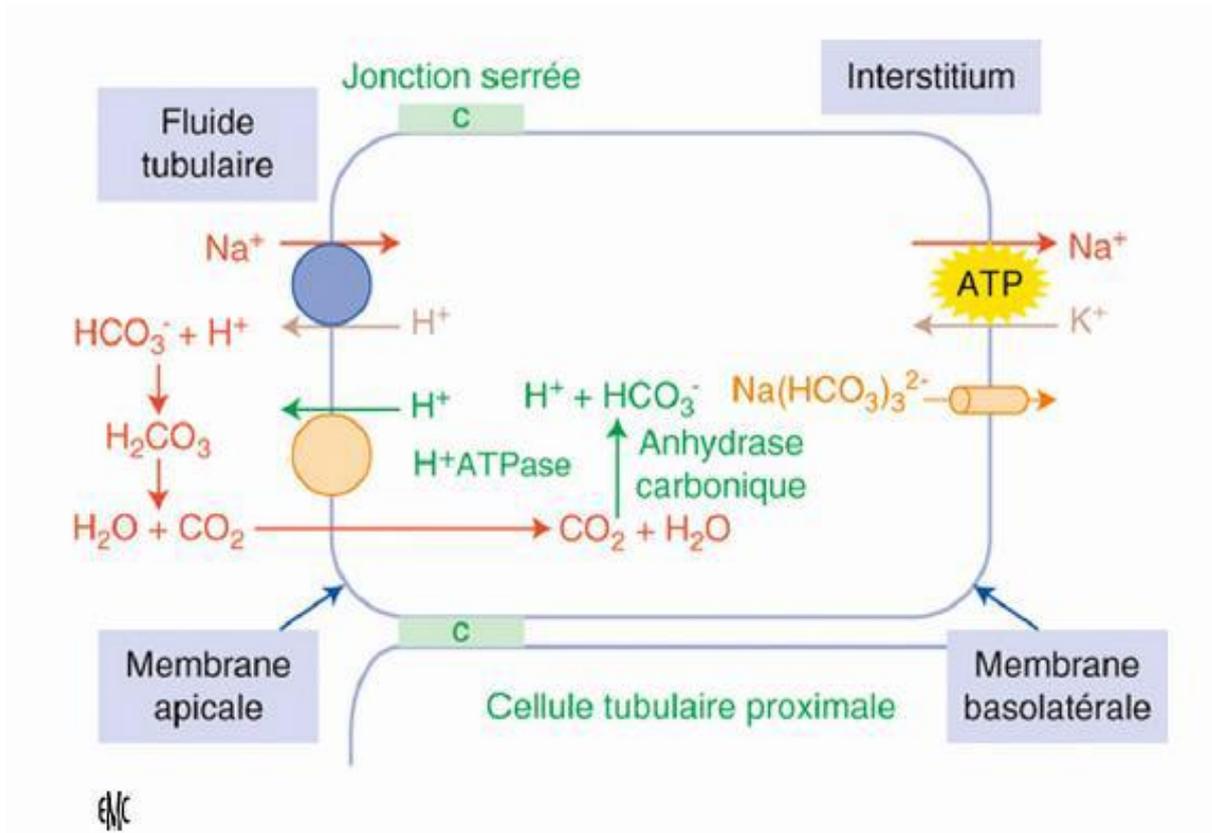


Cellule intercalaire de type A(2,6)

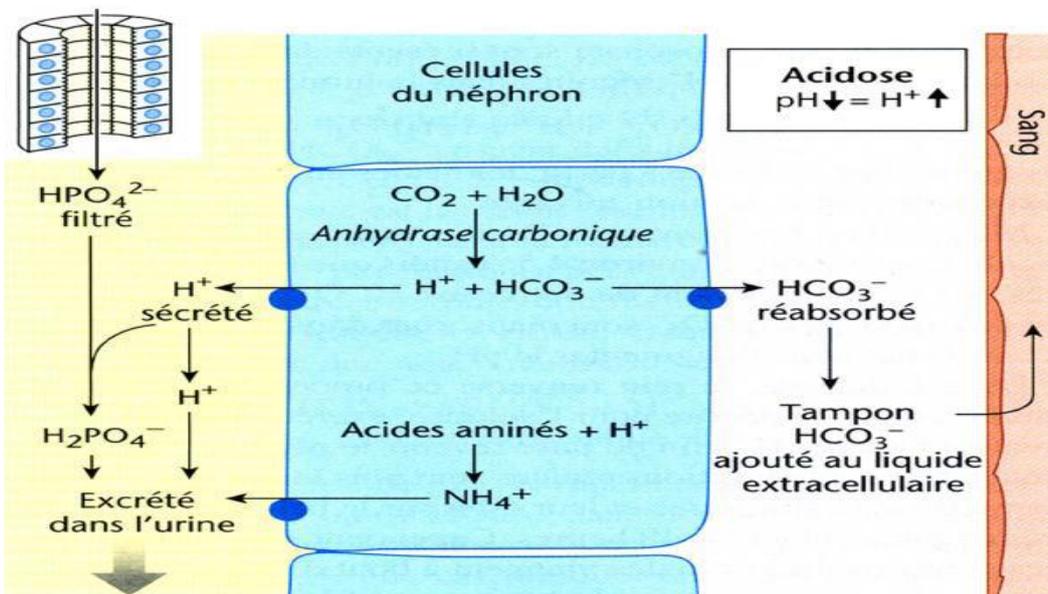
(b) Fonction des cellules intercalaires de type B dans l'alcalose.
 Le HCO_3^- et le K^+ sont excrétés ; le H^+ est réabsorbé.



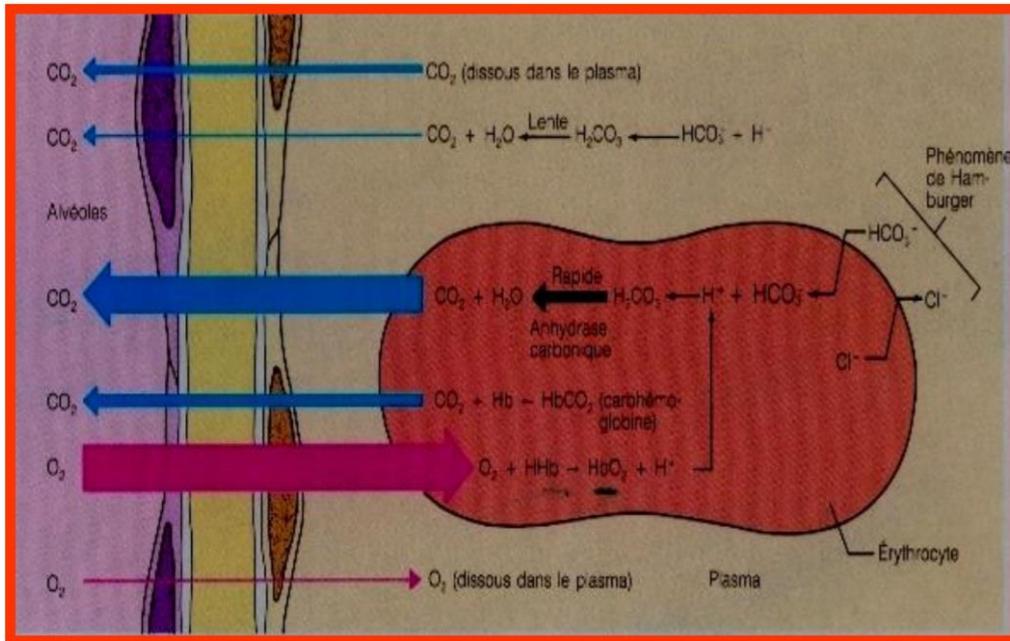
Cellule intercalaire de type B(2,6)



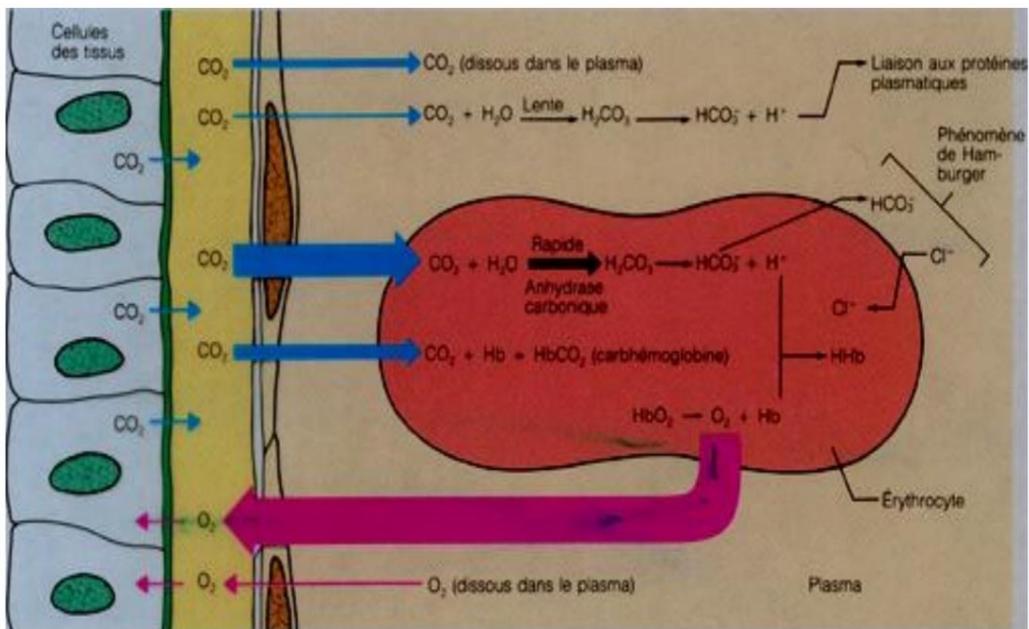
Réabsorption des bicarboates dans le TCP.(2,6)



Excrétion des ions H⁺ sous forme de phosphates et d'ammonium (2,6)



L'hémoglobine comme système tampon au niveau du poumon (2)



L'hémoglobine comme système tampon dans les tissus (2)

1. Effet Haldane

L'effet décrit par Haldane dit que « le sang transporte plus de CO_2 quand l'hémoglobine est sous sa forme désoxyhémoglobine, et relargue plus facilement le CO_2 quand l'hémoglobine passe sous la forme oxygénée » (1)

La quantité du CO_2 transportée dans le sang est fonction du degré d'oxygénation du sang. Plus la pression partielle de l'oxygène et la saturation de l'hémoglobine est faible, plus le sang peut transporter le CO_2 . Ce phénomène, est lié au fait que la désoxyhémoglobine a une forte tendance à former de la carbhémoglobine et à tamponner les ions hydrogène en se liant à eux(2)

2. Effet Bohr

L'effet Bohr est la diminution de l'affinité de l'hémoglobine pour l'oxygène (O_2) lors d'une augmentation de la pression partielle en dioxyde de carbone (CO_2) et, indirectement, d'une diminution de pH(1).

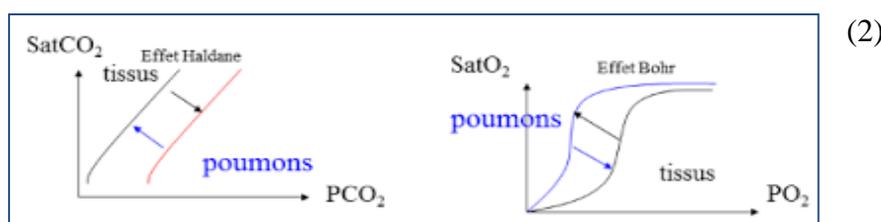
3. La relation entre effet Bohr et effet Haldane

En entrant dans la circulation systémique, le CO_2 abaisse le pH et facilite la dissociation de L'O_2 de l'oxyhémoglobine (effet Bohr), ce qui favorise en retour la formation de carbhémoglobine (effet Haldane), d'ions H^+ , et d'ions bicarbonates.(2)

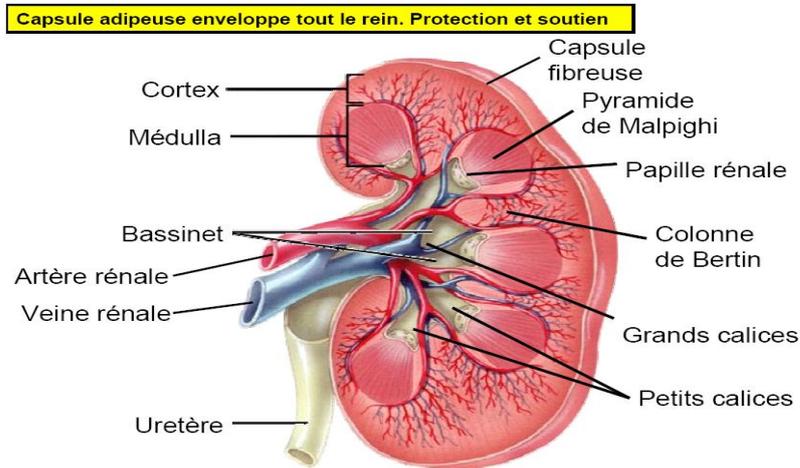
Dans la circulation pulmonaire, la situation est inversée : le captage de l'oxygène facilite la libération du CO_2 (conséquence de l'effet Haldane) (2)

A mesure que l'hémoglobine se sature en oxygène, les ions H^+ libérés se combinent aux ions HCO_3^- pour former le l'acide carbonique(H_2CO_3), et finalement, du CO_2 , ce qui concourt à la diffusion de ce dernier vers les alvéoles.

L'effet Haldane favorise donc l'échange de CO_2 tant dans les tissus que dans les poumons.



1. Coupe longitudinale du rein



Coupe longitudinale du rein (8)

Le rein est constituée de plus de 1 million de néphrons (unité fonctionnelle du rein). Chaque néphron est constitué d'un corpuscule rénal et d'un tubule rénal(7, 8).

2. Les éléments constitutifs du rein

2.1. Tube urinaires (ou urinifères)

Le tube urinaire est composé de deux parties radicalement différentes

- Le néphron : Un rein contient à la naissance un million de néphrons
- Le tube de Bellini

2.2. Le corpuscule de Malpighi

2.2.1. Les tubules

- Le tubule proximal
- Le tubule intermédiaire ou hanse de Henlé
- Le tubule distal
- Le tubule collecteur

2.2.2. Le tissu interstitiel

2.2.3. Architecture

- Corpuscule de Bowman
- Glomérule vasculaire
- Appareil juxta glomérulaire de Goormatigh

2.3. Le glomérule vasculaire

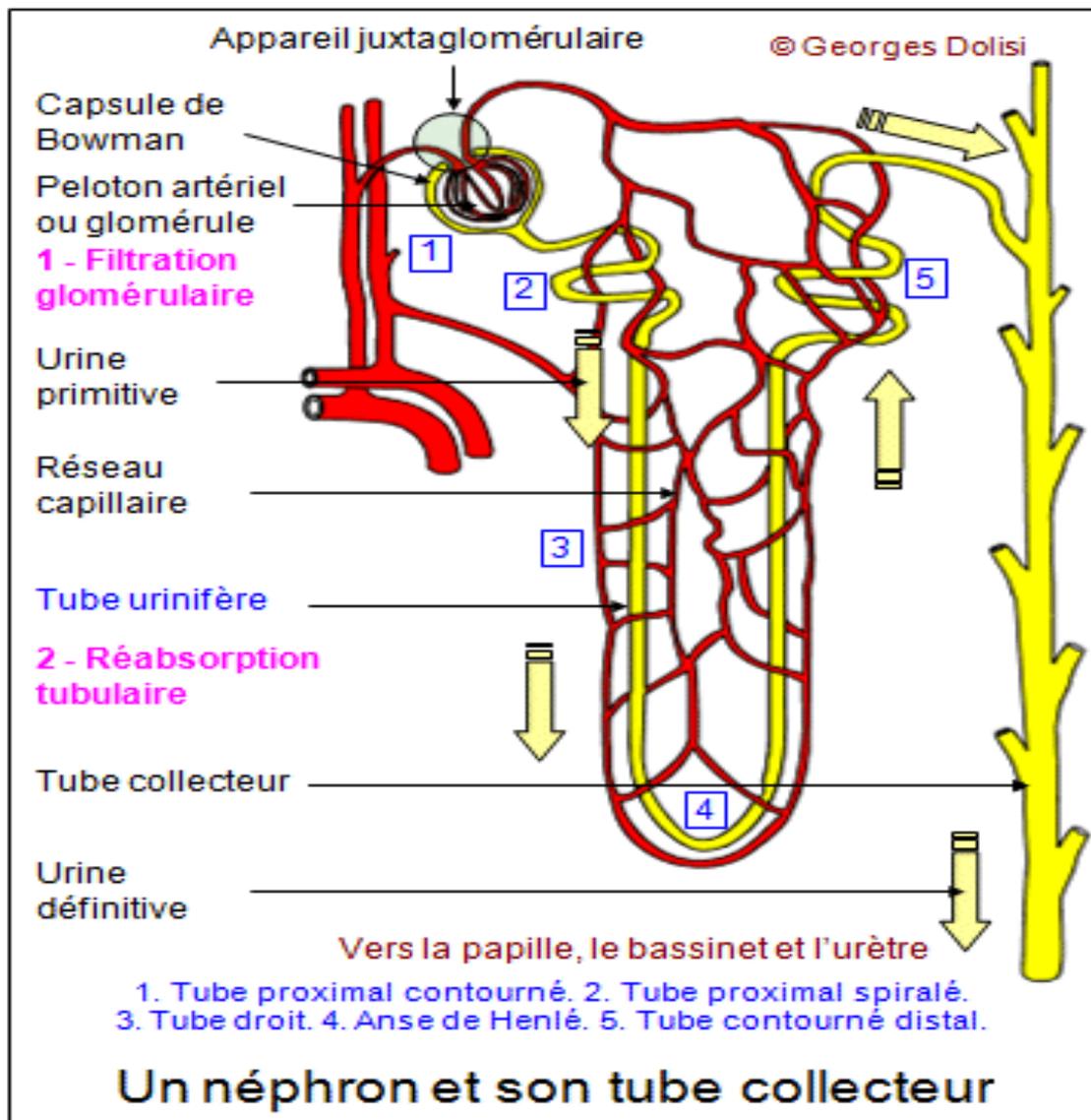


schéma de la structure du néphron et du tube collecteur(7)

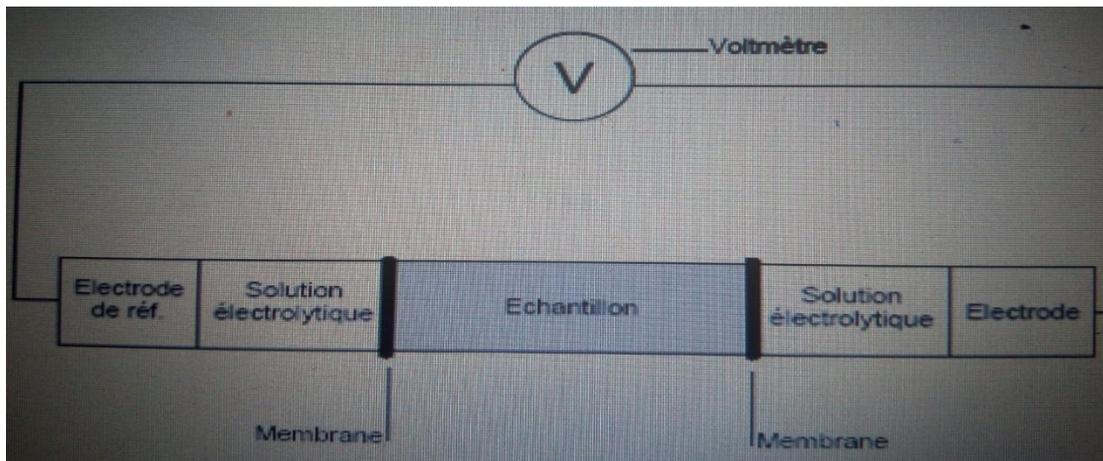
déséquilibre	Description	PH	PCO ₂ (mmHg)	Pao ₂ (mmHg)	HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	compensation	Valeurs après compensation	Causes
Acidose respiratoire	Les poumons ne peuvent pas éliminer le CO ₂	 <7,38	 > 45	 < 60	normal	Rénal : Hausse de l'excrétion d'ions H ⁺ Hausse de la réabsorption d'ions HCO ₃ ⁻	PH : <7,38 ↓ PCO ₂ : > 45 ↑ (mmHg) HCO ₃ ⁻ : > 28 ↑ (mmol/l)	-Maladies respiratoires (maladies pulmonaires obstructives chroniques) -Emploi d'opiacés -Insuffisance cardiaque.
Acidose métabolique	Présence d'acides non volatils	 <7,38	normale	 > 80	 < 22	Pulmonaire : Hyperventilation	PH : <7,38 ↓ PCO ₂ : < 35 ↓ (mmHg) HCO ₃ ⁻ : < 22 ↓ (mmol/l)	-Acidocétose diabétique -Diarrhée sévère -Intoxication (p. ex. éthylène glycol, méthanol, salicylates) - Choc septique -Insuffisance rénale chronique Sévère.
Alcalose respiratoire	Les poumons éliminent trop de CO ₂	 > 7,42	 < 35	aigüe < 70 Chronique 40-80	normal	Rénal : Baisse de l'excrétion d'ions H ⁺ Baisse de la réabsorption d'ions HCO ₃ ⁻	PH : > 7,42 ↑ PCO ₂ : < 35 ↓ (mmHg) HCO ₃ ⁻ : < 22 ↓	-Crise de panique avec hyperventilation -Intoxication par les salicylates en phase aigüe (suivie d'acidose métabolique avec trou anionique élevé)

Alcalose métabolique	Présence de substances alcalines	 > 7,42	normale	60-100	 > 28	Poumons : Hypoventilation	PH : > 7,42 ↑ PCO ₂ : > 45 ↑ HCO ₃ ⁻ : > 28 ↑ (mmol/l)	-Prise de diurétiques -Abus d'antiacides -Vomissements (perte d'HCl)
----------------------	----------------------------------	---	---------	--------	---	------------------------------	--	--

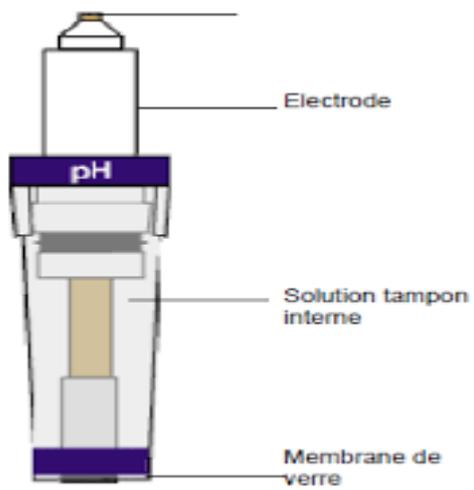
Trouble de l'équilibre acido-basique	Etiologies	Traitement
Acidose respiratoire	<ul style="list-style-type: none"> -Paralysie du muscle respiratoire ; -Hypoventilation d'origine centrale ; -Les pathologies pulmonaires obstructives, restrictives et parenchymateuses ; -Toutes causes d'insuffisance respiratoire chronique ; -Une dépression respiratoire due à des médicaments ou la prise de drogues ; Certaines formes d'obésité 	<p>C'est celui de la détresse respiratoire aiguë, et en premier lieu il convient de discuter s'il est nécessaire de recourir à la ventilation mécanique invasive ou non invasive.</p> <p>-NaHCO₃ presque toujours contre-indiqué.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> -L'hyperventilation : la cause la plus fréquente d'une alcalose respiratoire. Le CO₂ se diffusant rapidement à travers la barrière alvéolocapillaire, entraîne une hypocapnie, qui par le biais du tampon HCO₃⁻ provoque une fixation des ions H⁺ ; il y'a donc une augmentation du pH. Ce mécanisme sert par exemple à contrebalancer une acidose métabolique ; -Hypoxémie : anémie sévère, vie en haute ; -Stimulation des centres respiratoires « médicaments », d'une iatrogénie : mauvais réglage du respirateur chez un patient bénéficiant d'une ventilation mécanique, -l'augmentation des besoins métaboliques ; 	<p>-Le traitement repose sur le contrôle de la cause de l'hyperventilation alvéolaire. L'alcalose respiratoire n'est pas mortelle, donc aucune intervention visant à diminuer le pH n'est nécessaire.</p>

Alcalose respiratoire	<p>-Elle survient dans de nombreuses maladies graves. En outre, la douleur, l'anxiété et certaines pathologies du SNC (p. ex., accident vasculaire cérébral, crise épileptique [postcritique] ;</p> <p>-Maladies pulmonaires « pneumonie ».</p>	
Acidose métaboliques	<p>Le diagnostic étiologique d'une acidose métabolique repose sur le calcul du trou anionique plasmatique (TAP) qui est physiologiquement de 14 ± 2 mM/L.</p> <p>En présence d'une acidose métabolique :</p> <p>Si le TAP > 14 (± 2), il s'agit probablement d'une accumulation d'acides fixes (lactates, corps cétoniques, phosphates, sulfates, acides organiques d'origine toxique...) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soit par acidocétose : acidocétose diabétique, cétose de jeûne ou de l'éthylique (accumulation prédominante d'acide béta-hydroxybutyrique non évaluée par les bandelettes urinaires de cétonurie) ; • Par acidose lactique : acidose lactique des états de choc, des hypoxies cellulaires, des insuffisances hépatiques majeures ; • Par insuffisance rénale aiguë ou chronique (phosphates, sulfates, acides fixes) ; • Par intoxication aiguë : éthylène glycol, alcool méthylique, salicylate, ...etc. <p>Si le TAP est < 12 mM/L avec un rapport Chlorémie / Natrémie $> 0,78$, il s'agit d'une acidose hyperchlorémique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Par perte de bicarbonate d'origine digestive (perte infra pylorique par vomissement, diarrhée, fistule), ou rénale (acidose d'origine tubulaire proximale ou distale) ou médicamenteuse (inhibiteur de l'anhydrase carbonique) ; • Par apport excessif de chlore (perfusions abondantes de NaCl à 0,9%, de chlorhydrate d'arginine, de KCl...). 	<p>-Le traitement cible la cause sous-jacente. L'hémodialyse est nécessaire dans l'insuffisance rénale et parfois dans l'intoxication par l'éthylène-glycol, le méthanol et les salicylates.</p> <p>-Le traitement de l'acidose par le bicarbonate de sodium (NaHCO_3) n'est clairement indiqué que dans certaines circonstances et est probablement délétère dans d'autres.</p>

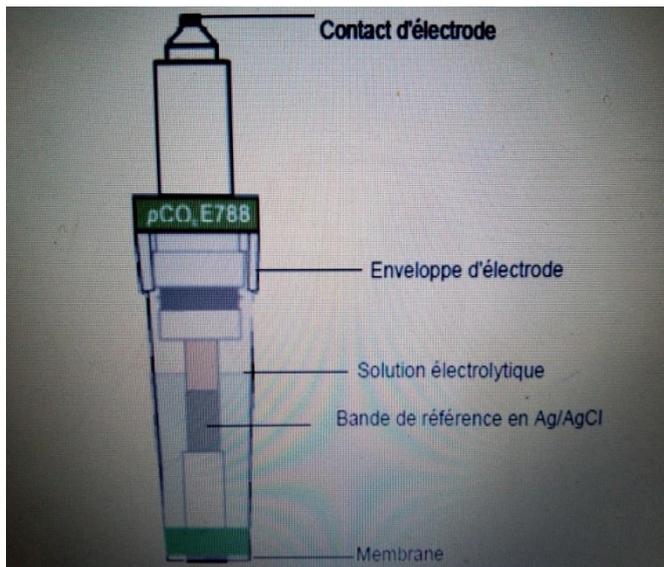
<p>Alcalose métabolique</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Surcharge primitives en HCO_3^-. -Pertes digestives ou rénales d'électrolytes et d'ions H^+. -Administration d'alcalins. - Transfusion massive. - Hypercalcémie: myélome: libération de tampons osseux(2). -Hyperaldostéronisme secondaire. - Adénome villoeux : Probablement secondaire à une déplétion potassique - Chloridorrhée congénitale : Perte fécale de Cl et rétention d'HCO_3^-. 	<ul style="list-style-type: none"> -Les affections sous-jacentes sont traitées, avec une attention particulière portée à la correction de l'hypovolémie et de l'hypokaliémie. -On administre en cas d'alcalose métabolique qui répond au Cl, du sérum physiologique à 0,9% IV. -Les patients qui ont une alcalose métabolique Chlororésistante bénéficient rarement d'une simple réhydratation. -Les patients qui ont une alcalose métabolique sévère ($\text{pH} > 7,6$) demandent parfois une correction plus urgente du pH sanguin. L'hémofiltration ou l'hémodialyse reste une option. -L'acétazolamide 250 à 375 mg po ou IV 1 fois/jour augmente l'excrétion d'HCO_3^- peut être utilisé dans certaines situations. -En cas d'alcalose métabolique grave ($\text{pH} > 7,6$) et d'insuffisance rénale accompagnée d'une impossibilité de subir une dialyse, l'acide chlorhydrique dans une solution IV de 0,1 à 0,2 molaire est un traitement sûr et efficace.
------------------------------------	--	--



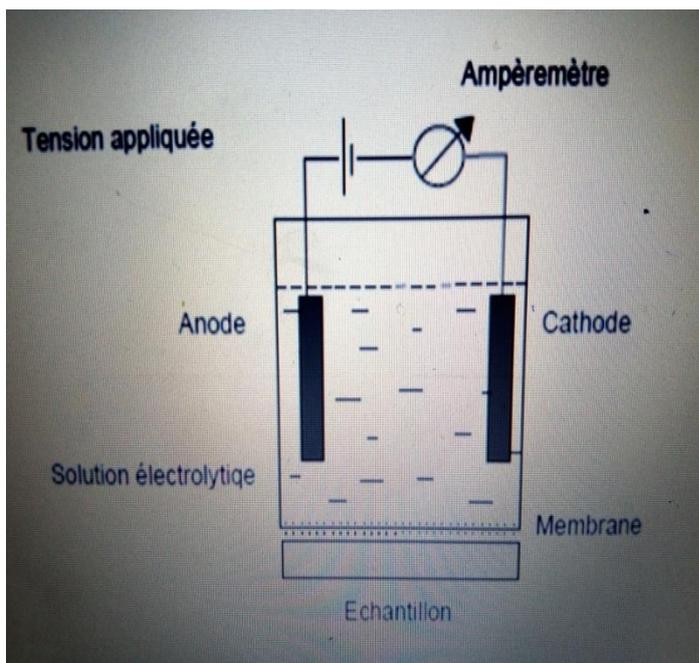
Représentation schématique d'une chaîne d'électrode



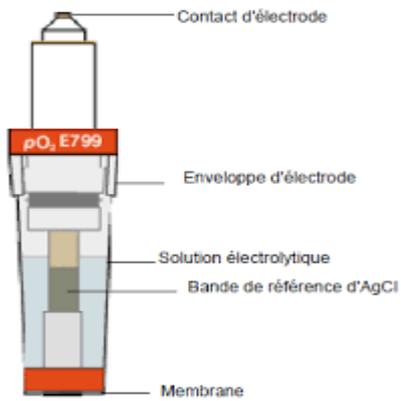
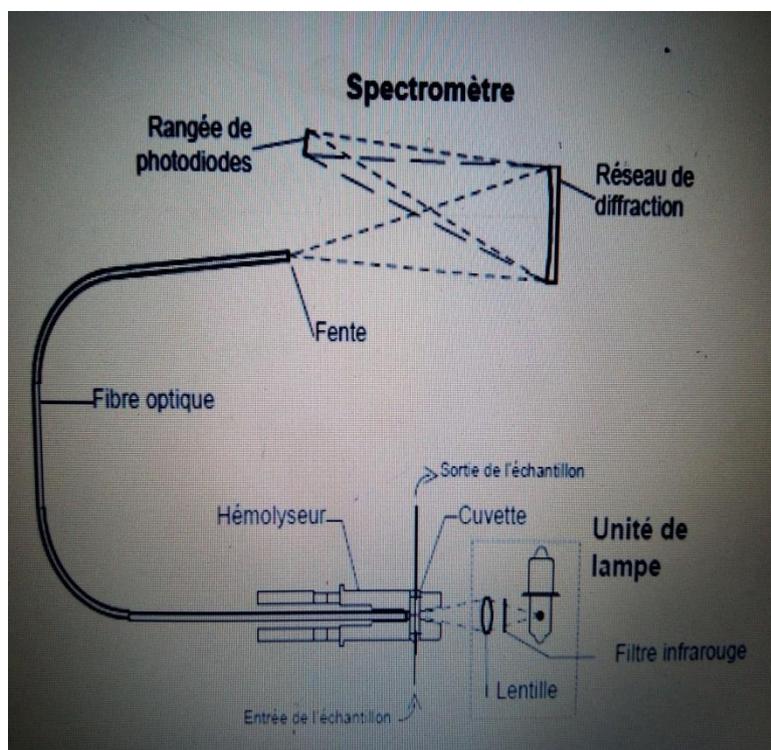
Electrode à pH E777



Electrode à PCO₂



Représentation schématique du circuit électrique pour la méthode ampérométrique

Electrode à PO_2 

Schématisation du système optique pour la mesure de la CtHb.

FICHE DE RENSEIGNEMENTS

Date d'hospitalisation :

Date du prélèvement :

Motif d'hospitalisation :

DONNEES SOCIODEMOGRAPHIQUES

Sexe : H F

Age :

Renseignements cliniques :

-
-
-
-

TRAITEMENTS REGULIERS : Oui non

Si oui le(s) quel(s) :

-
-
-
-
-

Résumé

La gazométrie sanguine se fait habituellement sur sang artériel, nécessitant un acte invasif et exposant le patient à des risques divers.

Notre objectif était d'étudier la possibilité d'effectuer le prélèvement sur sang veineux, en évaluant l'importance des écarts entre les différents paramètres sur les deux sites de prélèvement artériel et veineux, au niveau du service de pneumo-physiologie du CHU Tizi Ouzou unité Balloua.

Notre étude a été réalisée sur 46 patients, incluant les deux sexes âgés entre 20 et 100ans, hospitalisés et suivis pour des différentes maladies pulmonaires, 61% étaient du sexe masculin.

Après ce travail, nous avons validé les seringues reconstituées par l'héparine liquide, suite aux résultats reproductibles obtenus, en comparant deux prélèvements artériels du même patient sur deux seringues différentes ; originale et reconstituée héparinée, l'étude a été réalisée sur 18 patients.

Les résultats obtenus, par comparaison des différents paramètres entre le sang artériel et veineux sur 27 patients, étaient fortement corrélés pour les bicarbonates, K^+ , Na^+ et Ca^{2+} , très faiblement corrélés pour le PH et PCO_2 et Non corrélés pour la pO_2 .

Mots clés : gazométrie veineuse, gazométrie artérielle, calcium ionisé.

Abstract

Blood gas analysis is usually done on arterial blood, requiring an invasive procedure and exposing the patient to various risks.

Our objective was to study the possibility of venous blood sampling, by assessing the importance of the difference between the different parameters using the arterial and venous sampling sites, in the pneumo-physiology service of Tizi Ouzou University Hospital. Balloua unit.

Our study was conducted on 46 patients, including both sexes aged between 20 and 100 years, hospitalized and followed for various lung diseases, 61% were male.

After this work, we validated the syringes reconstituted by liquid heparin following the reproducible results obtained, by comparing two arterial samples from the same patient on two different syringes; original and reconstituted heparinized syringes, the study was performed on 18 patients.

The results obtained, by comparing the different parameters between the arterial and venous blood in 27 patients, were strongly correlated for bicarbonates, Na^+ , K^+ and Ca^{2+} , weakly correlated for PH and PCO_2 . Not correlated for PO_2 .

Key words: venous Blood gaz analysis, arterial blood gaz analysis, ionose calcium

