



Royaume du Maroc المملكة المغربية

كلية الطب والصيدلة  
+0521.01+ | +015115+ Λ +0.0X0+  
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

Année 2020

Thèse N° 185/20

**ÉLABORATION DES NORMES SPIROMÉTRIQUES ADAPTÉES  
À LA POPULATION MAROCAINE**  
**Résultats issus de l'étude BOLD | <<Burden Of Lung Diseases >>**

THESE

PRESENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 16/12/2020

PAR

Mlle. DOS SANTOS VILHETE Didiena

Née le 15 Octobre 1993 à São tomé

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

MOTS-CLÉS :

Spirométrie – Valeurs de référence – Sujet adulte – Maroc

JURY

M. BENJELLOUN MOHAMED CHAKIB ..... PRÉSIDENT  
Professeur de Pneumo-physiologie

Mme. EL RHAZI KARIMA ..... RAPPORTEUR  
Professeur de Médecine communautaire

M. EL BIAZE MOHAMMED .....  
Professeur de Pneumo-physiologie

Mme. SERRAJ MOUNIA .....  
Professeur de Pneumo-physiologie

M. TACHFOUTI NABIL.....  
Professeur d'Epidémiologie clinique

} JUGES

# TABLE DES MATIÈRES

<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>5</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>7</b>
<b>I- INTRODUCTION GÉNÉRALE</b> .....	<b>8</b>
Épidémiologie des maladies respiratoires chroniques.....	9
Évolution historique des mesures de la fonction respiratoire .....	10
Les normes spirométriques actuelles et enjeux.....	25
Les normes spirométriques au Maroc.....	30
<b>II- OBJECTIFS DE L'ÉTUDE</b> .....	<b>33</b>
A- Objectif principal .....	34
B- Objectifs secondaires.....	34
<b>III- MATÉRIELS ET MÉTHODES</b> .....	<b>35</b>
A- Schéma d'étude.....	36
B- Population cible.....	36
1- Échantillonnage.....	36
2- Les critères d'inclusion.....	37
3- Les critères d'inclusion et d'exclusion.....	37
4- Calcul du Nombre de sujets nécessaires .....	38
C- Données collectées .....	39
1- Données Spirométriques.....	40
2- Données anthropométriques .....	41
D- Analyse statistique .....	433
E- Considérations éthiques.....	46
<b>IV RÉSULTATS</b> .....	<b>48</b>
A- Description de la population de l'étude.....	49
1- Description des données sociodémographiques :.....	49

2- Description des données anthropométriques :.....	50
B- Résultats de l'analyse univariée concernant l'association entre les données ventilatoires et les données sociodémographiques et anthropométriques.....	53
C- Résultats de l'analyse multivariée : .....	54
D- L'élaboration des équations de prédiction des valeurs de référence .....	56
V- DISCUSSION .....	59
VI- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	68
VII- RÉSUMÉ .....	70
VII- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	76

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>ATS</b>	: American Society
<b>BDCDA</b>	: Bronchodilatateur de Courte Durée d'Action
<b>BPCO</b>	: Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive
<b>CVF</b>	: Capacité Vitale Forcée
<b>CVI</b>	: Capacité Vitale Inspiratoire
<b>ECSC</b>	: European Community for Steel and Coal
<b>EFR</b>	: Explorations Fonctionnelles Respiratoires
<b>ERS</b>	: European Respiratory Society
<b>GBD</b>	: Global Burden of Diseases
<b>GLI</b>	: Global Lung Initiative
<b>GOLD</b>	: Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease
<b>IHME</b>	: Institute for Health Metrics and Evaluation
<b>IMC</b>	: Indice de Masse Corporelle
<b>LIN/LLN</b>	: Limite Inferieures de la Normale/Lower Limit of Normal
<b>LSN/ULN</b>	: Limite Supérieure de la Normale/ Upper Limite of Normal
<b>OMS</b>	: Organisation Mondiale de la Santé
<b>R</b>	: Coefficient de corrélation multiple
<b>R<sup>2</sup></b>	: Coefficient de détermination
<b>RSD</b>	: Residual Standard Deviation (Ecart type résiduel)
<b>SEE</b>	: Standard Error of the Estimate (Erreur type de l'estimation)
<b>TVM</b>	: Trouble Ventilatoire Mixte
<b>TVO</b>	: Trouble Ventilatoire Obstructif
<b>TVR</b>	: Trouble Ventilatoire Restrictif
<b>VEMS</b>	: Volume maximal expiré en 1 seconde
<b>VEMS<sub>6</sub></b>	: Volume expiratoire Maximum en 6 Secondes

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Gazomètre, 1819 .....	11
<b>Figure 2</b> : Spiromètre de John Hutchinson, 1846 .....	12
<b>Figure 3</b> : Version améliorée de la spirometrie , 1850 .....	13
<b>Figure 4</b> : Pulmonometeraméricain, 1860 .....	14
<b>Figure 5</b> : Spiromètre de Bowman, 1863 .....	15
<b>Figure 6</b> : Spiromètre du DrWeir Mitchell,1863 .....	15
<b>Figure 7</b> : Spiroscope de Gardiner Brown,1868 .....	16
<b>Figure 8</b> : Spiromètre de Casella, 1872 .....	16
<b>Figure 9</b> : Spiromètre de Barnes, 1875 .....	17
<b>Figure 10</b> :Spiromètre de Victor Jagielski, 1879 .....	17
<b>Figure 11</b> :Spiromètre de Rattray, 1882 .....	18
<b>Figure 12</b> : Spiromètre de Stanley, 1891 .....	18
<b>Figure 13</b> :Spiromètre de Shepard, 1892 .....	19
<b>Figure 14</b> :Spiromètre de Denison, 1899 .....	19
<b>Figure 15</b> : Spiromètre de Boudin, 1905 .....	20
<b>Figure 16</b> : Spiromètre de Tissot, 1927 .....	20
<b>Figure 17</b> : Spiromètre de Goiffon, 1935 .....	21
<b>Figure 18</b> : Spiromètre de Tiffeneau, 1945 .....	21
<b>Figure 19</b> : Spiromètre de Palmer, 1963.....	22
<b>Figure 20</b> : Spiromètre Mijnhardt, 1979 .....	22
<b>Figure 21</b> : Multispiro-PC, 1987 .....	23
<b>Figure 22</b> : Spirotrac III sous Windows, 1991 .....	23
<b>Figure 23</b> : Multispiro-PC, 1987 .....	24

<b>Figure 24</b> : Spirotrac III sous Windows, 1991 .	24
<b>Figure 25</b> : L'interprétation d'une spirométrie.	27
<b>Figure 26</b> : Classification de l'indice de masse corporel selon OMS.....	42
<b>Figure 27</b> :Illustration d'une distribution normale avec 5ème percentile (LIN), 95ème percentile (LSN), et le z-score .....	44
<b>Figure 28</b> : la population d'étude en fonction du sexe N=283.....	49

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I:</b> Caractéristiques anthropométriques et ventilatoires de l'échantillon des sujets adultes de plus de 40 ans dans la ville de Fès.....	51
<b>Tableau II:</b> Caractéristiques anthropométriques et ventilatoires de l'échantillon adulte de sexe masculin de plus de 40 ans dans la ville de Fès. ....	52
<b>Tableau III:</b> Caractéristiques anthropométriques et ventilatoires de l'échantillon adulte de sexe féminin de plus de 40 ans dans la ville de Fès.....	53
<b>Tableau IV:</b> Comparaison des données démographiques, anthropométriques et ventilatoires entre les deux sexes de la population de l'étude. ....	54
<b>Tableau V:</b> Analyse multivariée de l'association entre les données ventilatoires et les données démographiques et anthropométriques chez les hommes de plus de 40 ans dans la ville de Fès. ....	55
<b>Tableau VI:</b> Analyse multivariée de l'association entre les données ventilatoires et les données démographiques et anthropométriques chez les femmes de plus de 40 ans dans la ville de Fès. ....	56
<b>Tableau VII:</b> les valeurs moyennes, écart-types, limites inférieures de la normale du VEMS, la CVF, et le VEMS/CVF chez les adultes marocains de plus de 40 ans dans la ville de Fès.....	57
<b>Tableau VIII:</b> Comparaison de valeurs de spirométries prédites chez les hommes. ...	58
<b>Tableau IX:</b> Comparaison de valeurs de spirométries prédites chez les femmes. ....	58
<b>Tableau X :</b> Comparaison de nos valeurs de référence des VEMS, CVF et VEMS/CVF avec celles établies par les différentes équations de prédictions internationales pour un homme de 40 ans mesurant 175 cm de taille. ....	61
<b>Tableau XI:</b> Comparaison de nos valeurs de référence des VEMS, CVF et VEMS/CVF avec celles établies par les différentes équations de prédictions internationales pour une femme de 40 ans mesurant 160 cm de taille. ....	62



# INTRODUCTION

# GÉNÉRALE

## **A. Épidémiologie des maladies respiratoires chroniques**

Dans le monde actuellement, et selon les données établies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) de Washington, des centaines de millions de personnes souffrent chaque jour de maladies respiratoires chroniques (1).

Selon les estimations de 2015, 175 millions de personnes ont eu une broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) ce qui représente 2.48% de la population mondiale dont 105 millions d'hommes et 70 millions de femmes (1). Selon les mêmes organismes, 360 millions de personnes sont asthmatiques (environ 5% de la population mondiale) dont 170 millions d'hommes et 190 millions de femmes (2). La BPCO est responsable de 3.2 millions de décès en 2015 (5.71% des décès au monde) dont 1.9 millions de décès chez les hommes et 1.3 millions chez les femmes et l'asthme est responsable de 398 milles décès en 2015 (0.71%) dont 202 milles décès chez les hommes et 196 milles chez les femmes (1) (2). La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) est responsable d'une morbidité, d'une mortalité et de coûts de santé important. La projection en 2020 fait état de la BPCO comme 3<sup>ème</sup> cause de mortalité mondiale en 2030 (6<sup>ème</sup> en 1990) (3). La prévalence de la BPCO varie selon les pays, l'âge, et le sexe.

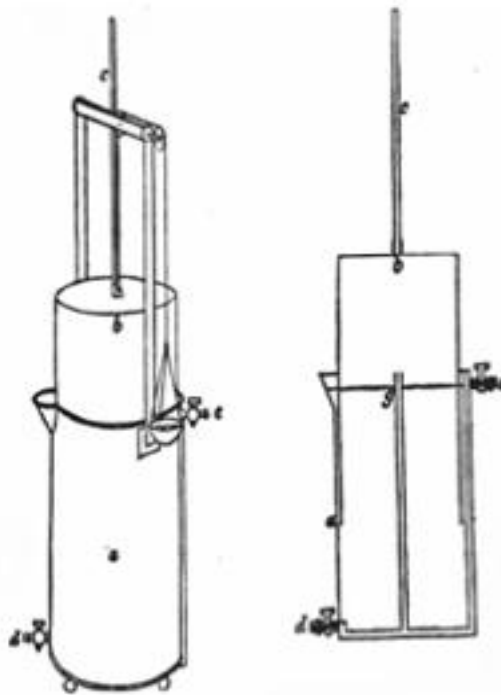
Les manifestations cliniques de la BPCO sont le résultat d'une interaction entre une prédisposition génétique et des facteurs environnementaux. Bien que le tabagisme actif reste le principal facteur de risque, d'autres facteurs comme l'exposition à des polluants en milieu professionnel sont mieux connus (4).

La prise en charge de ces pathologies est faite par les explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) qui comprennent la spirométrie et la débimétrie de pointe.

L'enjeu majeur des prochaines années repose sur la prévention et le dépistage précoce de cette affection au sein de la population générale. Le sevrage tabagique à tous les stades de la BPCO permet un ralentissement du déclin du VEMS et une amélioration de la survie globale.

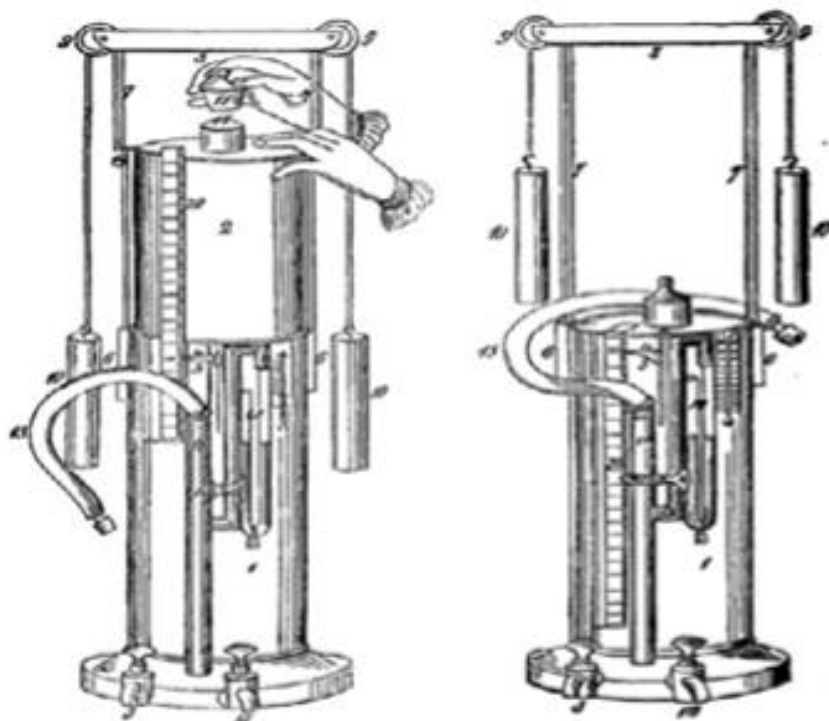
## **B. Évolution historique des mesures de la fonction respiratoire**

La première tentative de mesurer les volumes pulmonaires remonte au deuxième siècle lorsque Galien (Claudius Galenus de Pergame, AD 129 – vers 200–216), le célèbre médecin grec, a essayé de déterminer le volume respiratoire en faisant respirer un enfant dans une vessie. Longtemps après, le Napolitano Giovanni Alfonso Borelli (1608–1679) a aspiré une colonne d'eau dans un tube cylindrique et a mesuré le volume d'air déplacé par l'eau. Il a pris soin de fermer le nez pour éviter les fuites, encore un point à considérer aujourd'hui. Humphry Davy (1778–1829) a mesuré le volume résiduel de ses propres poumons en 1800 en inhalant un mélange d'hydrogène contenu dans un réservoir d'air mercuriel. En utilisant le même principe, Nestor Grehant (1838–1910), en 1864, a déterminé la capacité résiduelle fonctionnelle et le volume d'espace mort ; les deux utilisaient la respiration forcée. Un schéma de l'unité le plus ancien illustré pour que nous puissions suivre, appelé le gazomètre, est (figure 1) (5) (6).



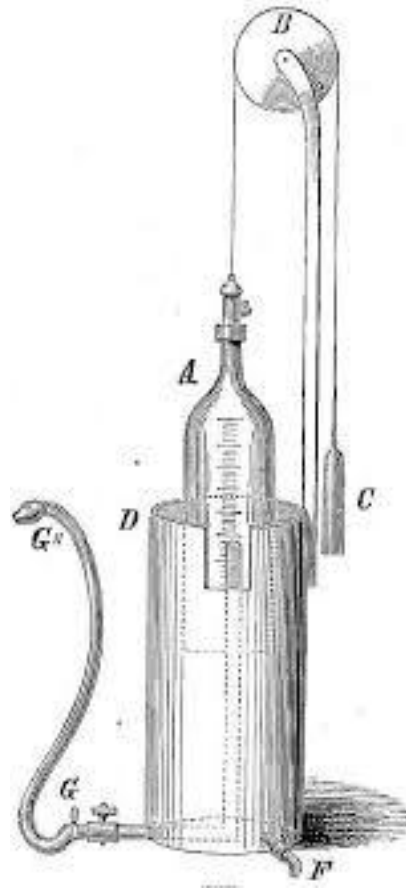
**Figure 1 : Gazomètre, 1819 (5).**

Cependant, le véritable début du test de la fonction pulmonaire moderne (PFT) peut être daté de 1846, lorsque John Hutchinson, un médecin anglais, a inventé le spiromètre en prenant un gazomètre commun et en le transformant en un instrument de précision pour mesurer le volume exhalé par les êtres humains. Le génie de Hutchinson, source d'inspiration pour ceux qui l'ont suivi, a été d'effectuer des mesures de la capacité vitale sur 2130 personnes montrant une corrélation entre la taille, l'âge, le poids et le volume de la capacité vitale. Il a inventé le terme capacité vitale expiratoire. Son travail a inspiré d'autres chercheurs et inventeurs. En quelques années, des versions améliorées de son spiromètre apparurent en Europe et aux États-Unis (figure 2) Hutchinson mérite une position de premier plan dans ce domaine et la reconnaissance de sa mémoire doit être sauvée. (5) (7).



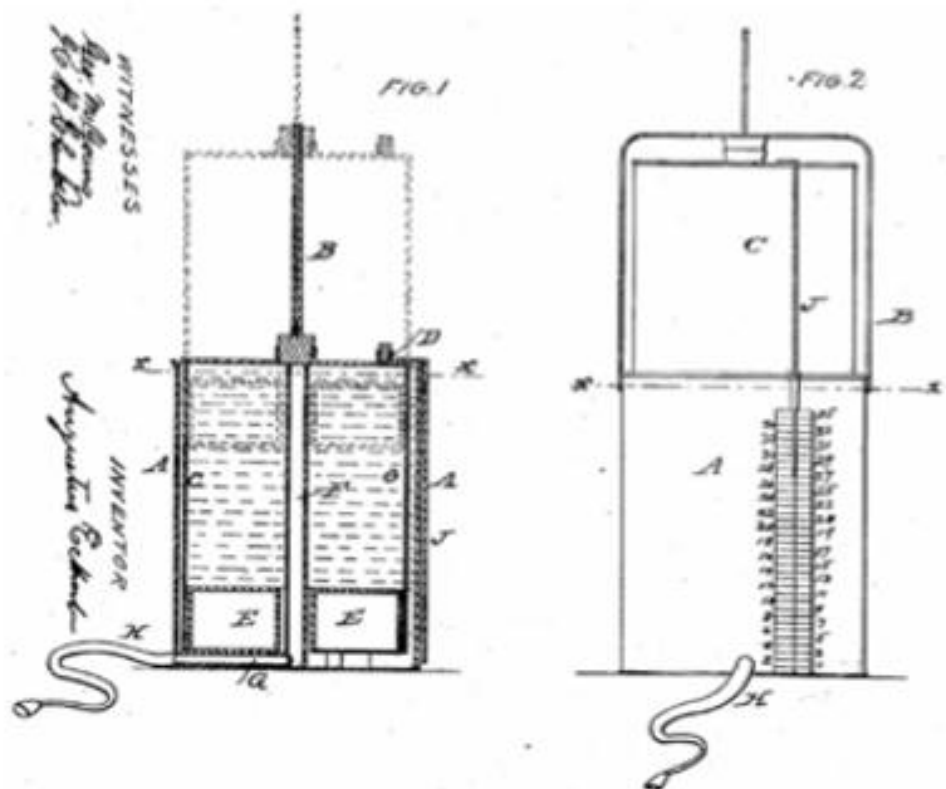
**Figure 2 : Spiromètre de John Hutchinson, 1846 (6).**

Notamment, seulement quatre ans après le traité de Hutchinson, sa conception originale du spiromètre semble avoir déjà été modifiée. Le développeur de cette unité mise à jour est inconnu et il n'a pas été nommé dans un texte allemand le décrivant (figure 3) (5) (8).



**Figure 3 : Version améliorée de la spirométrie 1850 (7).**

Il y a eu un écart de dix ans jusqu'à ce qu'un spiromètre étanche à l'eau et non pondéré soit présenté (Figure 4). Il s'agissait d'une barre de guidage (étiquetée « B » sur la figure) pour garder la cloche intérieure droite et une chambre étanche à l'eau dans la jante du fond de la cloche intérieure (bouée « E ») qui a servi la même chose comme contrepoids. Le liège (étiqueté "D" dans la figure) a été supprimé après qu'un effort de capacité vitale a été effectué et enregistré pour permettre à la cloche de revenir à sa position inférieure.



**Figure 4 : Pulmonometer américain, 1860 (8).**

Le 19<sup>ème</sup> siècle a été prolifique sur le sujet car plus de 50 variations sur les spiromètres peuvent facilement être trouvées qui sont peut-être moins importantes que celles présentées ici mais intéressantes pour le chercheur en histoire. Certains de ces instruments étaient extrêmement simples et ingénieux tandis que d'autres affichent de bons progrès et une sophistication. Plusieurs contributeurs ont travaillé pendant une longue période indiquant la quantité de préoccupation que le sujet a soulevée car la respiration est essentielle à vie.

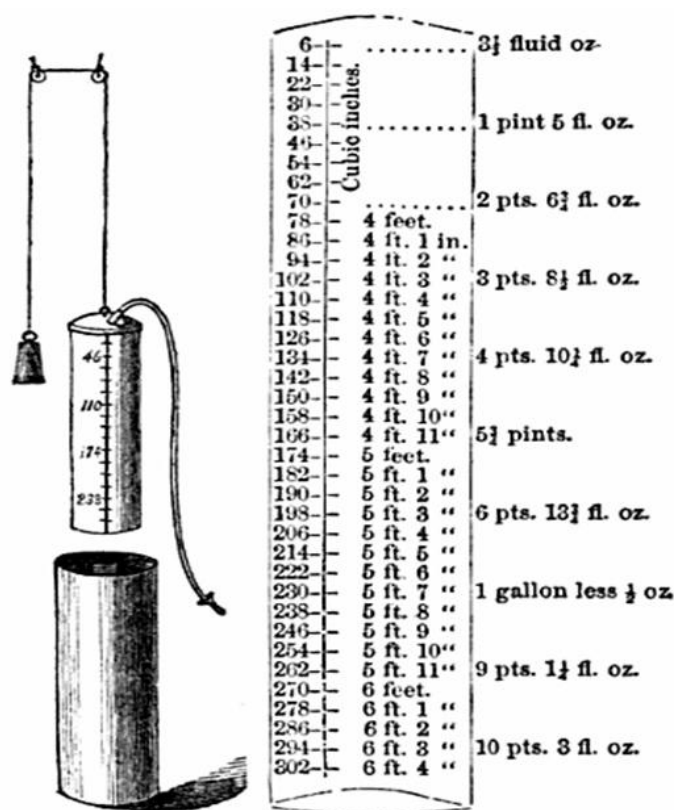


Figure 5 : Spiromètre de Bowman, 1863 (9).

Fig. 3.

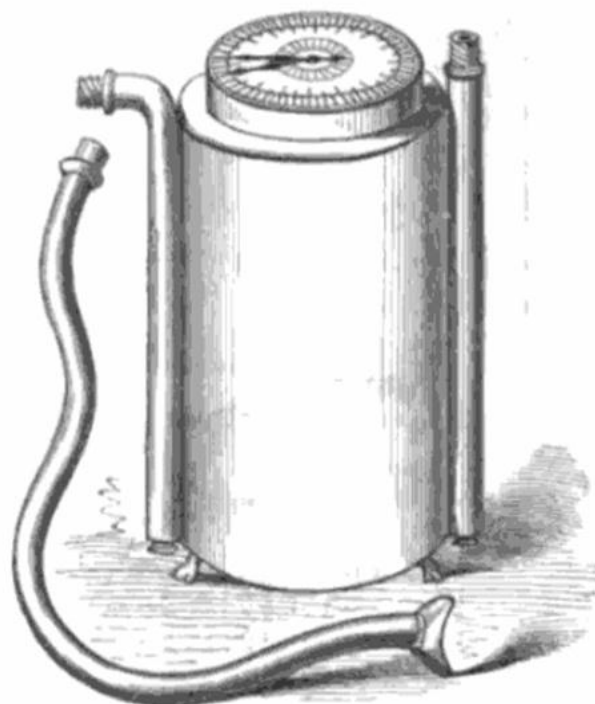
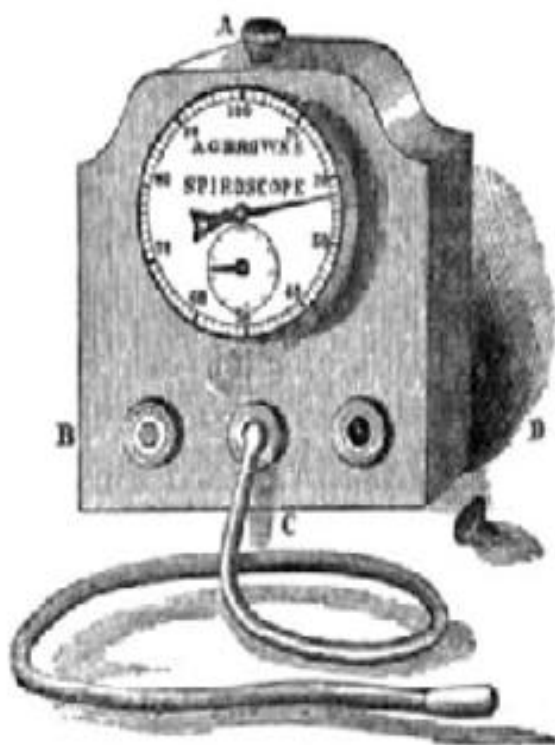
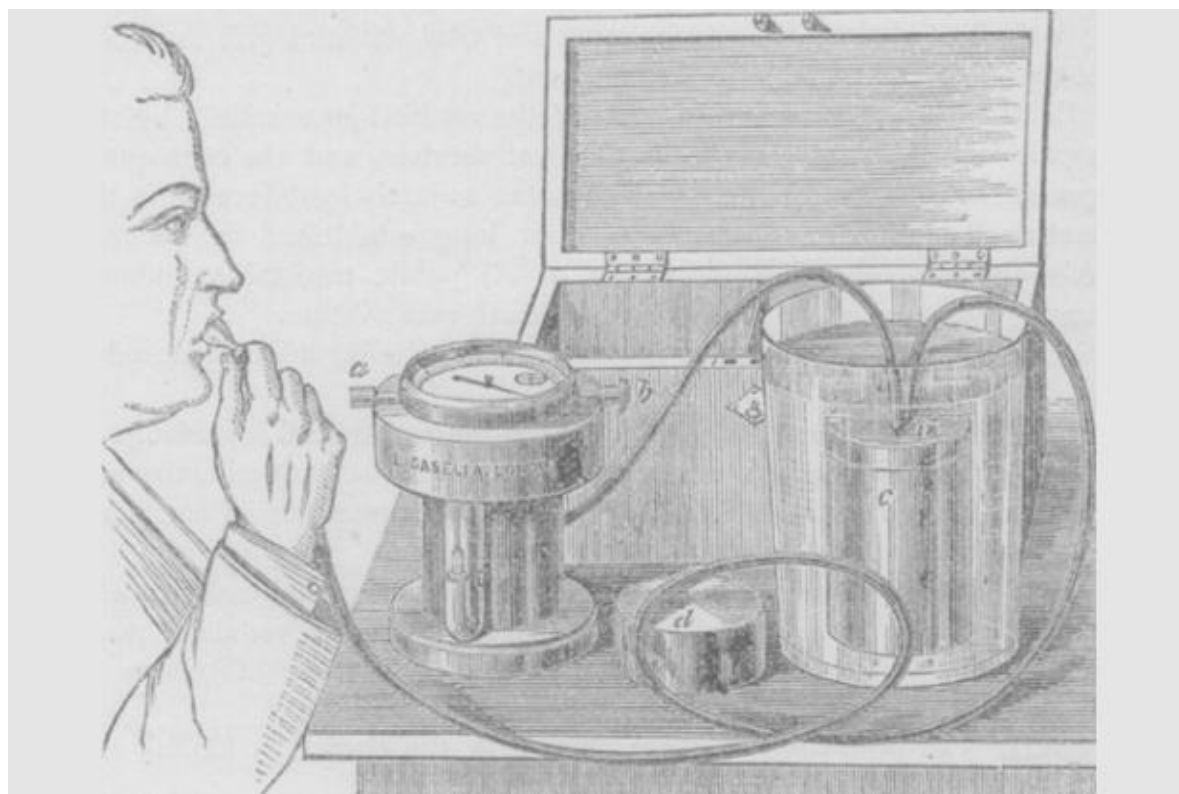


Figure 6 : Spiromètre du DrWeir Mitchell, 1863 (10).





**Figure 7 : Spiroscope de Gardiner Brown, 1868 (11).**



**Figure 8 : Spiromètre de Casella, 1872 (12).**

**SPIROMETER,  
FOR  
STRENGTHENING  
THE LUNGS.**



Figure 9 : Spiromètre de Barnes, 1875 (13).

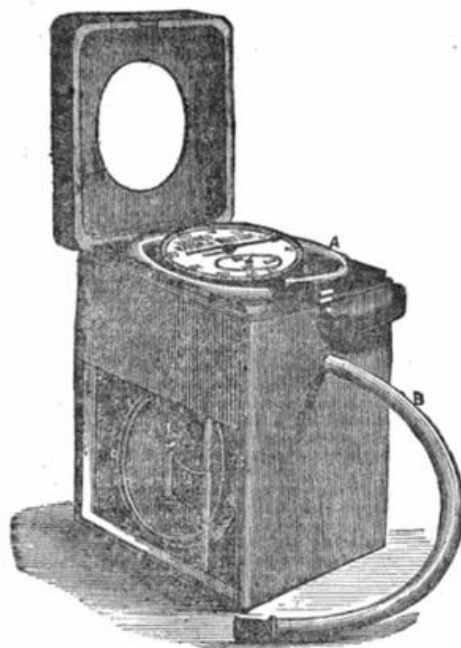


Figure 10 : Spiromètre de Victor Jagielski, 1879 (14) .

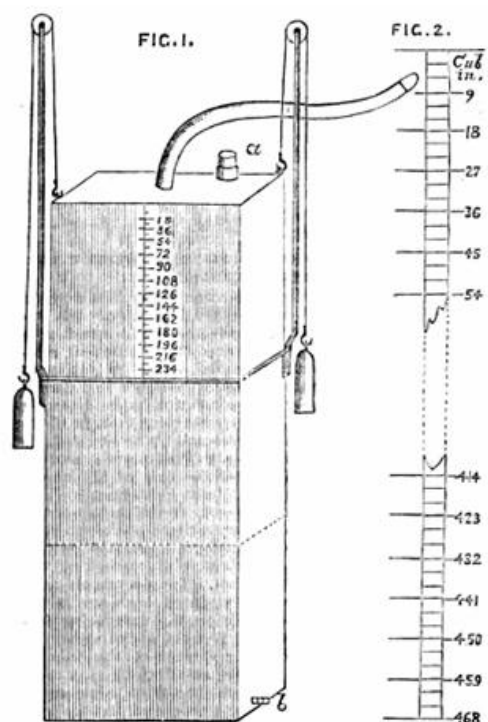


Figure 11 : Spiromètre de Rattray, 1882 (15).



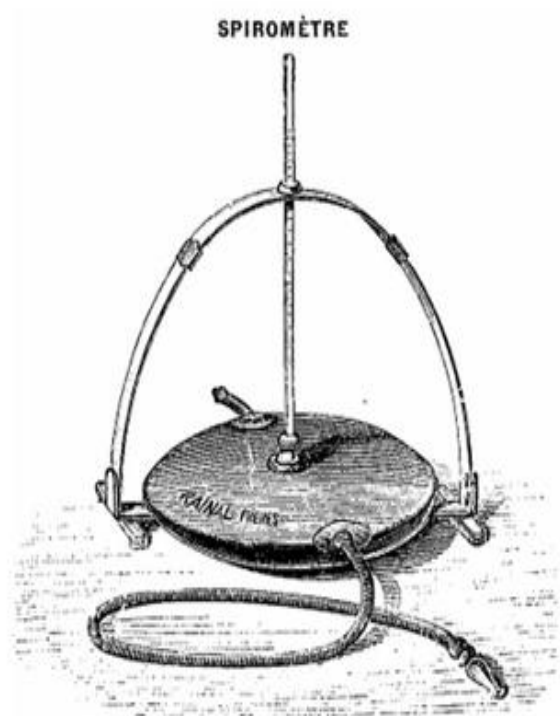
Figure 12 : Spiromètre de Stanley, 1891 (16).



Figure 13 : Spiromètre de Shepard, 1892 (17).

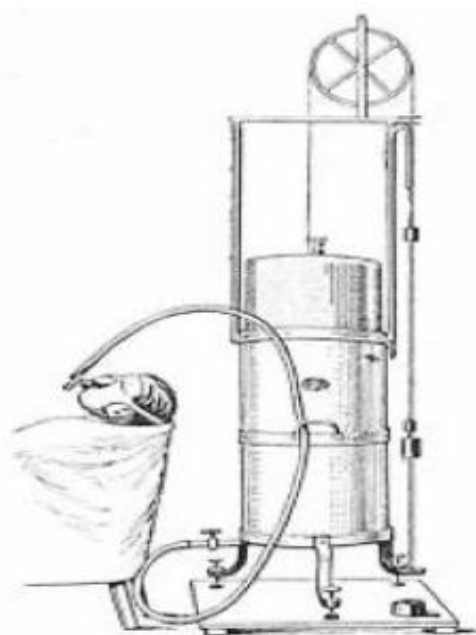


Figure 14 : Spiromètre de Denison, 1899 (18).



**Figure 15 : Spiromètre de Boudin, 1905 (19).**

En 1927, le physiologiste français Jules Tissot (1870–1950), a inventé un spiromètre à circuit fermé pour mesurer le métabolisme de base.



**Figure 16 : Spiromètre de Tissot, 1927 (20).**

Il a fallu un siècle après John Hutchinson pour que les enquêteurs français Tiffeneau et Pinelli (21) aient transformé les mesures spirométriques à la forme actuelle dans laquelle le VEMS et la CV expiratoire forcée ou inspiratoire (IVC et FVC) sont devenus des paramètres diagnostiques essentiels en médecine clinique.

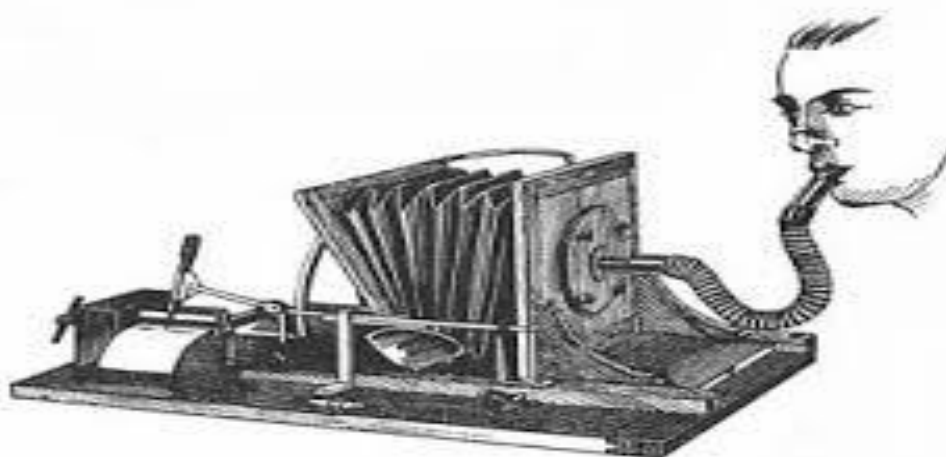


Fig. 1. — Spiromètre de Goiffon.

**Figure 17 : Spiromètre de Goiffon, 1935 (22).**



**Figure 18 : Spiromètre de Tiffeneau, 1945 (23).**

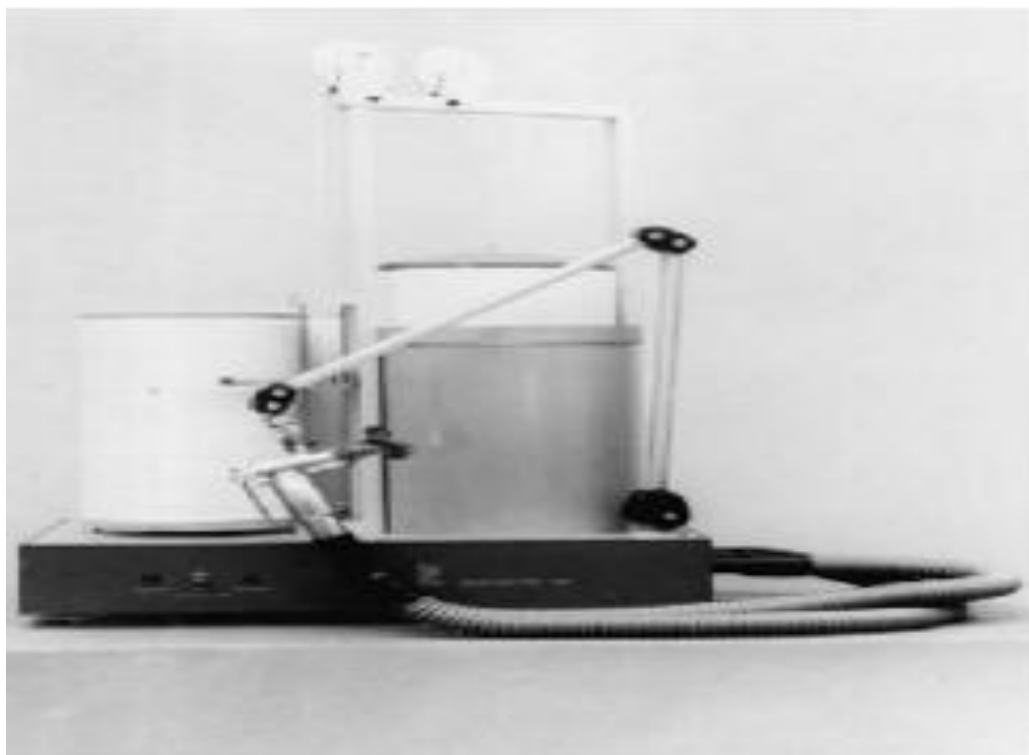


Figure 19 : Spiromètre de Palmer, 1963 (24).

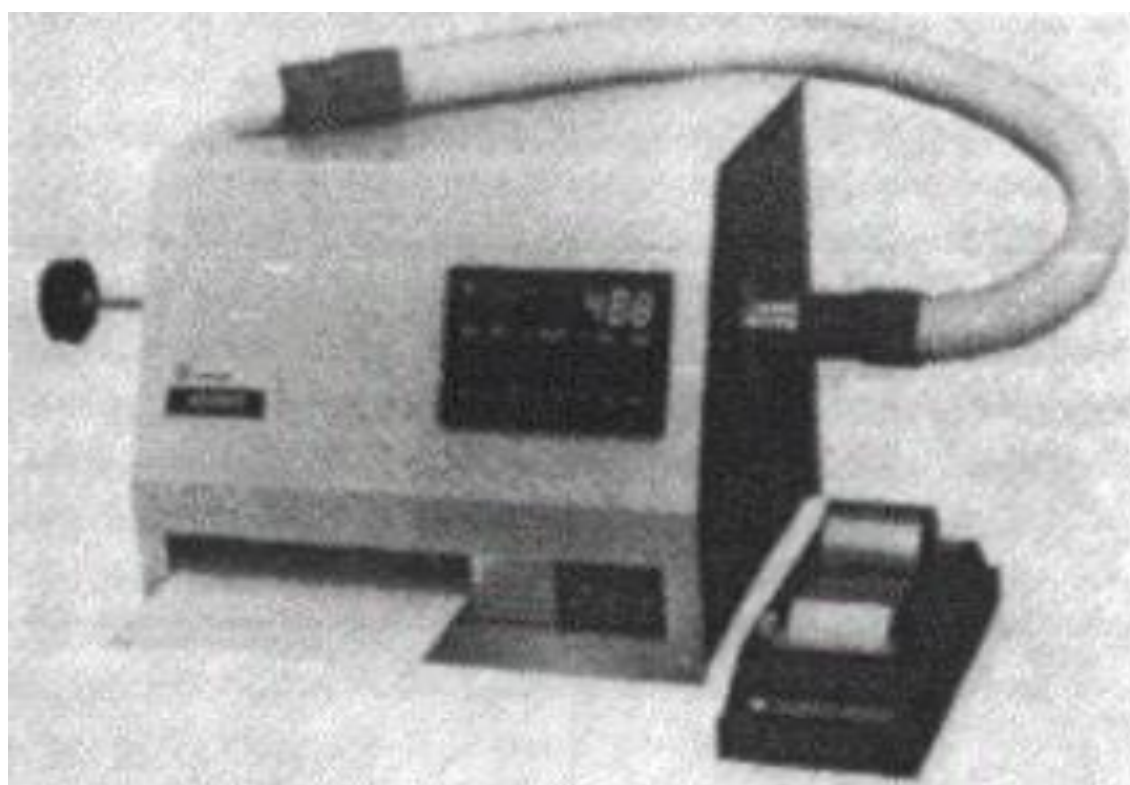
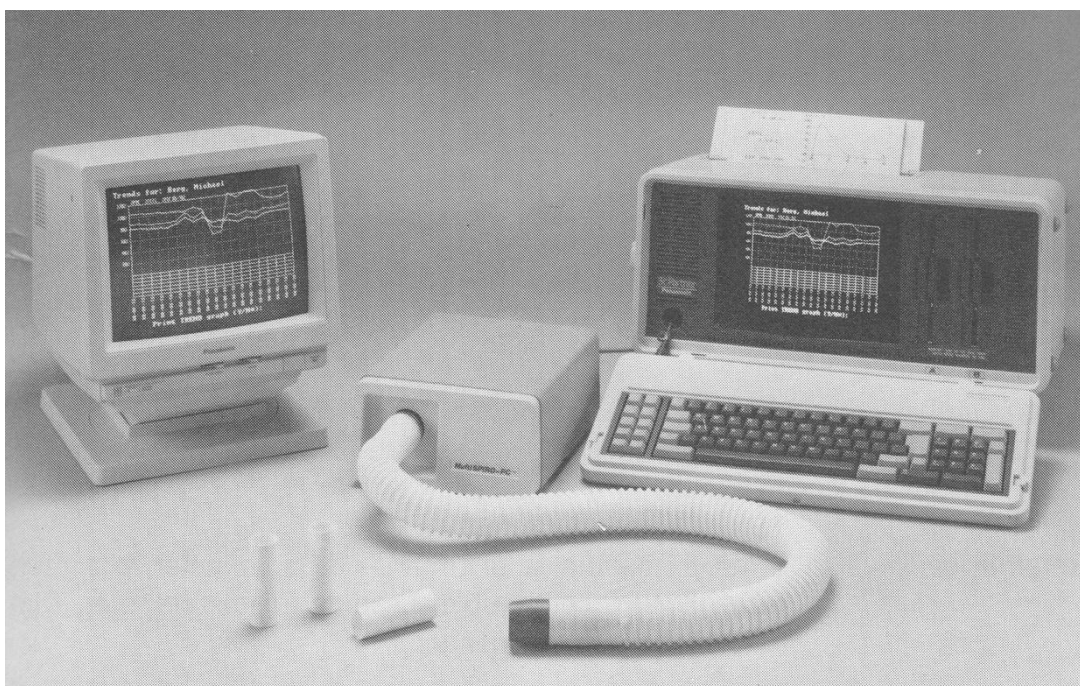


Figure 20 : Spiromètre Mijhardt, 1979 (25).





**Figure 21 : Multispiro-PC, 1987 (26).**



**Figure 22 : Spirotrac III sous Windows, 1991 (27) .**





**Figure 23 : Multispiro-PC, 1987 (28).**



**Figure 24 : Spirotrac III sous Windows, 1991 (29).**

En 2008, Advanced Medical Engineering a développé le premier spiromètre au monde sans fil avec détecteur d'inclinaison 3D pour un contrôle de qualité beaucoup plus important dans l'environnement de test. Les figures (1-24) tracent l'évolution historique du spiromètre jusqu'à nos jours.

## **C- Les normes spirométriques actuelles et enjeux**

La spirométrie est une méthode simple non invasive et constitue actuellement l'examen clé d'évaluation des maladies respiratoires chroniques obstructives d'allure restrictive et le meilleur outil standard de diagnostic le plus reproductible et objectif pour le dépistage des maladies respiratoires. Elle offre une évaluation du pronostic, permet un suivi évolutif des patients et aide à la gestion de ces maladies dans la pratique clinique.

L'interprétation d'une spirométrie repose sur 2 éléments (Fig. 25) :

1- l'aspect de la courbe.

2- la comparaison des valeurs spirométriques mesurées par rapport à des valeurs théoriques (de référence) établies chez des sujets sains.

La visualisation de la spirométrie repose sur le spirogramme qui peut être représenté de deux façons : courbe volume-temps et courbe débit-volume.

Une courbe normale présente :

- Un début de courbe avec pente d'emblée maximale et sans crochetage.
- Un aspect pointu du débit expiratoire de pointe (DEP).
- Une fin d'expiration en pente douce régulière sans crochetage.
- Une absence d'artéfacts tels que toux, effort inconstant, fin prématurée, glotte fermée, fuites, obstruction par langue, etc.

**La courbe débit -volume** (le débit en litres/seconde) est reportée sur l'axe des Y et le volume (en litres) sur l'axe des X. Cette représentation est la plus utile pour juger, par la première partie de l'essai de spirométrie, d'un bon départ et d'un bon effort. L'avantage de cette visualisation est de permettre de voir un débit de pointe ce qui fournit des informations sur l'effort fourni par le patient et sa technique au début du test.

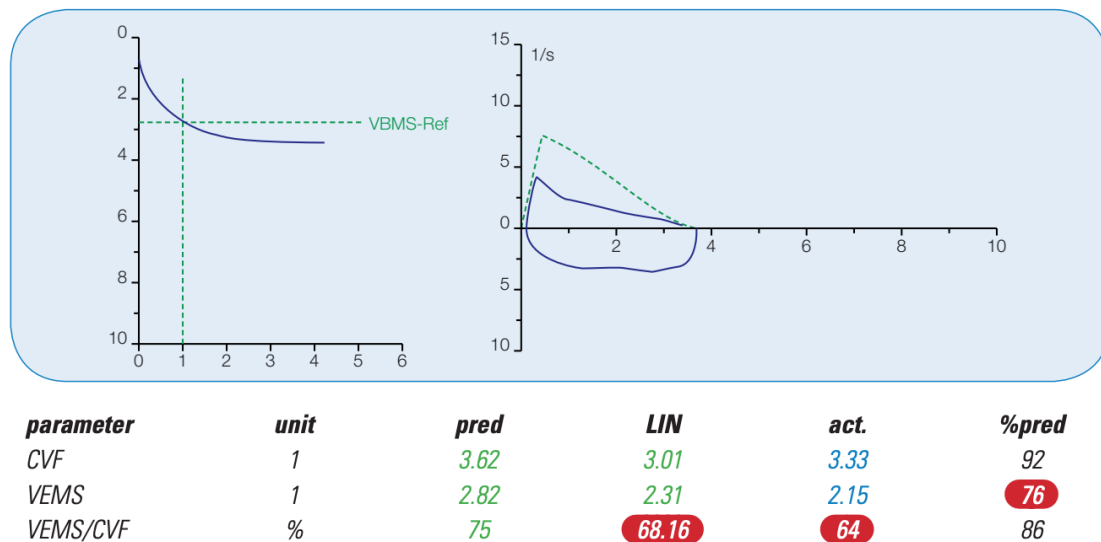
Les critères d'acceptabilité des courbes débit-volume sont les suivants :

- Au-dessous de la ligne horizontale se trouve l'inspiration ;
- Au-dessus de la ligne horizontale, se trouve l'expiration ;
- Les volumes se trouvent en horizontal ;
- Les débits se trouvent en vertical ;
- Il faut que le point de départ et le point d'arrivée de la courbe soient superposés : la boucle doit être fermée ;
- Il faut un départ brutal à l'expiration, donc un angle droit par rapport à la ligne horizontale des volumes ;
- Le débit de pointe doit être pointu ;
- Le tracé de la courbe doit être continu, sans accident ;

**La courbe volume-temps** (le volume en litres) est sur l'axe des Y et le temps (en secondes) sur l'axe des X. Cette représentation est la plus utile pour établir la longueur d'un essai de spirométrie, visualiser la partie terminale de la manœuvre et vérifier qu'un plateau a été atteint. L'avantage de cette visualisation est de permettre de voir de petites variations de volume à la fin de la manœuvre, permettant à l'opérateur une meilleure détection de la fin de la preuve.

Les critères d'acceptabilité de la courbe volume-temps sont les suivants :

- Le départ doit être brutal, à angle droit ;
- La courbe doit être dénuée de tout accident ;
- La courbe doit être totale, elle doit rejoindre le point de départ de l'inspiration.



**Figure 25 : L'interprétation d'une spirométrie.**

**La Capacité Vitale Forcée (CVF) :** capacité vitale effectuée par un mouvement expiratoire forcé maximal suivant une inspiration forcée.

**Le Volume Expiratoire Maximal Seconde (VEMS) :** c'est le volume d'air expiré au bout de 1 seconde de la CVF, c'est le volume expiratoire maximal au bout d'une seconde d'expiration.

**Le coefficient de Tiffeneau ou rapport de Tiffeneau–Pinelli** est un rapport obtenu par : le volume expiratoire maximale seconde (VEMS) divisé par la capacité vitale forcée (CVF) ;  $(VEMS/CVF) \times 100$ .

Pendant la première seconde de la manœuvre, un patient sain expire environ 80% de sa CVF.

Le VEMS (Volume Expiratoire Maximal Seconde) est un paramètre très important dans la spirométrie.

L'indice de Tiffeneau vous offre le rapport VEMS/CVF en pourcentage. Chez un patient obstructif, l'indice de Tiffeneau est en dessous de 70%.

Si le VEMS et la CVF diminuent et l'indice de Tiffeneau reste stable ou est même augmenté, ceci pourrait suggérer une restriction du volume pulmonaire.

Après 6 secondes, le paramètre volume maximal expiré en 6 secondes (VEM6) est atteint. Parfois on utilise le VEM6 au lieu de la CVF et le rapport VEMS/VEM6 au lieu du Tiffeneau.

**Le Volume Expiratoire Maximale 6 Secondes (VEMS 6) :** C'est le volume expiratoire maximal au bout de 6 secondes d'expiration.

Pour le deuxième critère d'interprétation des valeurs spirométriques, leurs comparaisons se font par rapport à des valeurs théoriques de référence établies chez des sujets sains.

Les directives actuelles de la spirométrie utilisent un pourcentage contradictoire de rapport  $(VEMS/CVF) \times 100$  pour définir l'obstruction des voies respiratoires. Le groupe de travail de l'American Thoracic Society / European Respiratory Society caractérise l'obstruction comme un % du rapport VEMS/CVF inférieur au cinquième percentile statistiquement défini de la normale. Cependant, de nombreuses publications récentes continuent d'utiliser le critère principal de la Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) qui définit l'obstruction comme un  $(VEMS/CV) \times 100 < 70\%$ . (30).

Des nombreux facteurs influencent les valeurs des volumes et débits respiratoires, rendant difficile les efforts de standardisation des normes à l'échelle planétaire. C'est le cas de l'âge, du sexe, de la race et de la morphologie. Cette dernière étant sous la dépendance de l'hérédité, de l'activité hormonale, des données climatologiques (31) (6).

L'American Thoracic Society (ATS) et l'European Respiratory Society (ERS) recommandent que l'élaboration des équations de prédiction des valeurs de références des explorations fonctionnelles respiratoires d'une population donnée doit être obtenue à partir des personnes en bonne santé (apparente) ayant les mêmes caractéristiques ethniques, anthropométriques, socio-économiques et environnementales ; appartenir aux mêmes tranches d'âge socio-économiques et environnementales que cette population (6).

Le groupe de travail de l'ERS sur la Global Lung Function Initiative (GLI) a défini les données de spirométrie minimum nécessaires pour l'établissement des équations de prédiction d'une population qui doivent être issues d'une population minimale de 300 volontaires sains (150 masculins et 150 féminins) pour être représentative (32).

Aux États-Unis, l'ATS recommande des équations issues du Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). Ces équations concernent 3 ethnicités : la caucasienne, l'afro-américaine, et la mexico-américaine (33).

Les équations de l'European Community for Steel and Coal (ECSC) sont les plus utilisées, chez l'adulte de 18 à 70 ans et par extrapolation au-delà de 70 ans. Ces équations de référence ont en commun d'être établies il y a plusieurs décennies et de reposer sur une approche mathématique rudimentaire, le modèle linéaire généralisé (34).

En 2012 la GLI a publié des équations universelles de prédiction de valeurs de références spirométriques chez les 2 sexes de sujets âgés entre 3 et 95 ans, basées sur l'approche Generalized Additive Models for Location Scale and Shape (GAMLSS) (35) (36). Ces équations ont établi les premières équations multiethniques avec les limites inférieures et supérieures de la normale (LIN et LSN) pour quatre groupes ethniques : caucasien, noir (afro-américains seulement), asiatiques du sud-est et asiatiques du nord-est. Les sujets n'appartenant pas à ces 4 groupes ont été inclus dans des équations qualifiées « pour autres groupes ethniques » qui ont été formulées à partir des valeurs moyennes des quatre premiers groupes (35). Les équations GLI 2012 ont été issues à partir des données de 33 pays. Les données marocaines n'étaient pas disponibles au moment de la collecte des données pour être incluses au GLI 2012.

Les valeurs de référence spirométriques pour les Caucasiens, les Afro-Américains et les Mexicains-Américains âgés de 8 à 80 ans ont été élaborées à partir de 7429 participants asymptomatiques et non-fumeurs à vie à la troisième enquête nationale sur la santé et la nutrition (NHANES III). Les examens de spirométrie ont suivi les recommandations de 1987 de l'American Thoracic Society, et la qualité des données a été continuellement surveillée et maintenue. Les sujets caucasiens avaient des valeurs moyennes de CVF et de VEMS plus élevées que les sujets mexicains-américains et afro-américains dans toutes les tranches d'âge. Cependant, les sujets caucasiens et mexico-américains avaient des valeurs CVF et VEMS similaires en ce qui concerne la taille et les sujets afro-américains avaient des valeurs inférieures. Ces différences peuvent être en partie dues à des différences de constitution corporelle : les mexicains-américains observés étaient plus petits que les sujets caucasiens du même âge, et les afro-américains ont en moyenne un rapport tronc/jambes plus petit que les caucasiens. Les valeurs de référence et les limites inférieures de la normale ont été dérivées à l'aide d'un modèle polynomial par morceaux avec l'âge et la taille comme prédicteur. Ces valeurs de référence couvrent une large tranche d'âge pour trois groupes raciaux /ethniques et devraient s'avérer utiles à des fins de diagnostic et de recherche (37). Nous pouvons conclure qu'il existe une différence entre ces populations.

### **D-Les normes spirométriques au Maroc**

Le Maroc est un pays en voie de développement qui vit une transition épidémiologique où l'incidence des maladies infectieuses est en baisse et les maladies chroniques dont l'asthme et la BPCO sont en augmentation.

Anthropologiquement, il existe 4 groupes ethniques au Maroc. Deux extrêmement majoritaires : les arabes et les Amazighes et deux minoritaires : les juifs

séfarades et les subsahariens. La contribution des arabes et Amazighes dans la constitution du pool génétique marocain est certes évidente, néanmoins, peu d'études ont été menées sur les populations marocaines. Une étude faite par They-They et Nadifi a montré une similitude dans la fréquence de l'allèle C677T dans les deux populations arabes et Amazighes étudiées. Ceci suggère une possibilité de brassage de pools géniques entre ces deux ethnicités. Bien qu'il n'existe pas de preuve d'un ancêtre commun ou de grandes vagues d'immigration entre ces populations.

De même une autre étude a été effectuée sur les populations du nord d'Afrique pour voir s'il y'a une différence génétique entre les arabes et les Amazighes. Cette étude a confirmé qu'il n'y a pas de différence entre ces 2 groupes ethniques (38).

En conclusion, les études faites jusqu'à maintenant sur les 2 groupes ethniques majoritaires au Maroc, à savoir les arabes et les Amazighes, n'ont pas décelé de différence génétique. Ce résultat rend tout échantillonnage aléatoire sur le plan géographique un échantillon valide sur le plan ethnique.

Pour l'élaboration des équations de régression prédictive de la spirométrie au Maroc, quelques études ont été réalisées dans la population des adultes marocains. (39). Ces études ont également évalué la compatibilité des différentes équations des autres populations avec la population marocaine comme l'objectif de caractériser les valeurs du débit expiratoire de pointe chez les adultes marocains sains non-fumeurs ; d'étudier la relation entre le débit expiratoire de pointe et les paramètres anthropométriques (le sexe, l'âge, la taille et le poids). Les valeurs de référence selon cette étude étaient calculées à partir des équations de prédictions suivantes :

– Chez les hommes de 18 à 86 ans :

- $CVF = -7.639 - 0.022 \text{ Âge} + 0.075 \text{ Taille}$  ;
- $VEMS = -4.403 - 0.029 \text{ Âge} + 0.054 \text{ Taille}$  ;
- $VEMS/CVF = 132.731 - 0.193 \text{ Âge} - 0.230 \text{ Taille}$



- Chez les femmes de 18 à 85 ans :
  - $CVF = - 3.913 - 0.014 \hat{\text{Age}} + 0.047 \text{ Taille} ;$
  - $VEMS = - 2.200 - 0.018 \hat{\text{Age}} + 0.035 \text{ Taille} ;$
  - $VEMS/CVF = 133.558 - 0.148 \hat{\text{Age}} - 0.244 \text{ Taille}$
- Chez les garçons et les adolescents de 3 A 17 ans :
  - $CVF = - 2.481 + 0.160 \hat{\text{Age}} + 0.023 \text{ Taille} ;$
  - $VEMS = - 2.178 + 0.131 \hat{\text{Age}} + 0.021 \text{ Taille} ;$
  - $VEMS/CVF = 102.019 - 0.721 \hat{\text{Age}}$
- Chez les filles et les adolescentes de 3 A 17 ans :
  - $CVF = -1.795 + 0.119 \hat{\text{Age}} + 0.019 \text{ Taille} ;$
  - $VEMS = - 1.838 + 0.092 \hat{\text{Age}} + 0.020 \text{ Taille} ;$
  - $VEMS/CVF = 100.801 - 0.430 \hat{\text{Age}}$

Les résultats de cette étude montrent aussi une forte corrélation positive entre le débit expiratoire de pointe débimétrique et le débit expiratoire de pointe spirométrique dans les deux sexes, une corrélation positive entre le débit expiratoire de pointe débimétrique et le VEMS dans le sexe masculin ainsi que le sexe féminin, une forte corrélation entre le débit expiratoire de pointe spirométrique et le VEMS (39).

La présente étude entre dans le cadre d'une étude BOLD I et elle vise l'établissement des valeurs de référence et des équations de prédictions spirométriques propres à la population marocaine et les comparer à celles préalablement établies.

# OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

## **A. Objectif principal**

Établir à partir d'un échantillon de la population marocaine de Fès les valeurs spirométriques de références et les comparer avec les autres équations élaborées lors de l'étude ancienne et aussi des autres populations

## **B. Objectifs secondaires**

- Étudier la relation entre les paramètres ventilatoires (VEMS, CVF) et les paramètres anthropométriques (sexe, âge, taille et poids).
- Mettre les méthodes normalisées à la disposition du plus grand nombre de pays / chercheurs intéressés.

# MATÉRIELS ET MÉTHODES

## **A. Schéma d'étude**

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une étude multicentrique BOLD I qui a été réalisée dans plusieurs régions du monde. Cette étude a intéressé des volontaires en bonne santé apparente, acceptant de participer à l'étude et ayant correctement réalisé la spirométrie. L'échantillon constitué pour les besoins de la présente étude a été tiré du BOLD partie 1 et n'a retenu que les vrais volontaires sains.

## **B. Population cible**

La population cible de l'étude BOLD I a été définie à l'intérieur d'une limite administrative pour laquelle d'autres types d'informations collectées régulièrement, telles que la pollution de l'air et les données de recensement, sont également disponibles.

Ainsi, L'arrondissement Saiss dans la ville de Fès a été choisi comme base d'échantillonnage et peut être considérée comme représentative de la population marocaine en ce qui concerne les données démographiques et socioéconomiques.

### **1. Échantillonnage**

Un échantillon aléatoire parmi les personnes non institutionnalisées vivant au sein de la population cible a été sélectionné en suivant la procédure de l'échantillonnage en grappe comme suit : dans un premier temps le choix des quartiers a été fait. Dans un second temps, les sujets répondant aux critères d'inclusion définis par un questionnaire standardisé ont été tirés au sort dans chaque domicile tiré aussi au sort parmi l'ensemble des domiciles appartenant aux quartiers choisis au départ.

## **2. Les critères d'inclusion**

Les critères d'inclusion étaient les suivants :

- Adultes âgés de 40 et plus,
- Tout sexe confondu,
- Manœuvre spirométrique bien faite et validée,
- Consentement verbal donné,
- Nationalité Marocaine.

## **3. Les critères d'inclusion et d'exclusion**

L'étude BOLD I a inclus tous les sujets adultes âgés de 40 et plus, tout sexe confondu, consentant à y participer même ceux ayant des antécédents de maladie respiratoire, d'autres tares associées ou des habitudes toxiques.

La présente étude intéressait un sous échantillon de l'étude BOLD I répondant à des critères d'inclusion et d'exclusion plus restrictifs qui sont les suivants :

Les critères d'exclusion étaient les suivantes :

- Tabagisme
- Symptomatologie respiratoire récente datant de moins de trois mois (toux, dyspnée, douleur thoracique, hémoptysie, ...).
- Antécédent de maladie respiratoire chronique (asthme, tuberculose, BPCO, dilatation des bronches, séquelles de tuberculose...)
- Sport de haut niveau,
- Spirométrie anormale (courbe TVO, TVR, ou TVM)
- Affection hématologique (anémie chronique, ...)
- Obésité avec un indice de masse corporelle (IMC)  $\geq 30$  Kg/m<sup>2</sup> pour les adultes (selon la définition de l'OMS)

- Douleur buccale ou faciale, notamment si exacerbée par la mise en place de l'embout buccal
- Notion de chirurgie thoracique antérieure, cardiaque, ou viscérale
- Déformations thoracique ou ostéo-articulaire
- Neuropathies chroniques : tremblements, état de démence ou confusionnel (participation active du patient est indispensable),
- Maladies ou infections ORL,
- Infarctus du myocarde récent
- Médicaments pouvant affecter la fonction pulmonaire (amiodarone, méthotrexate)
- Les personnes malades alitées et les personnes atteintes de maladies mentales seront considérées comme inéligibles.

#### **4. Calcul du Nombre de sujets nécessaires**

La taille de l'échantillon minimale calculée pour l'ensemble de l'étude BOLD 1 était de 600 individus. Elle a été conçue pour fournir un niveau de précision acceptable pour l'estimation de la prévalence de la BPCO à un site donné. Pour pallier aux problèmes de données manquantes et des non réponses, cette taille a été maximisée et un nombre total de 1001 sujets ont été inclus.

Après avoir vérifié tous les critères d'inclusion et d'exclusion relatifs à la présente étude sur l'élaboration des normes spirométriques adaptées à la population marocaine, le nombre de sujets éligibles restant était de 283 participants.

## **C. Données collectées**

Les données ont été collectées à travers des questionnaires qui sont :

### **1. Questionnaire BOLD Core**

Dans ce questionnaire les données collectées concernaient les données sociodémographiques, informations à propos du sexe, la race, date de naissance et le niveau scolaire de chaque participant. Le questionnaire Bold Core comprend plusieurs sections : Des sections tirées du questionnaire ATS / DLD de 1978 sur les symptômes respiratoires et des questionnaires utilisés dans l'étude sur la santé respiratoire de la Communauté européenne et l'étude américaine sur la santé pulmonaire. Il comprend également le SF-12 pour évaluer l'état de santé général des participants (40).

De plus, les données recueillies comprenaient aussi des questions sur le tabagisme, les essoufflements, l'asthme, les sifflements, la toux, les mucus, les comorbidités additionnelles, l'impact économique, l'exposition professionnelle, les médicaments soutenant la respiration et les médicaments pris régulièrement.

### **2. Questionnaire Biomasse**

Qui couvre l'exposition aux biocombustibles utilisés pour la cuisson ou le chauffage.

### **3. Questionnaire Professionnel**

Donne des informations à propos des expositions professionnelles telles que le charbonnier, exploitation de roches dures, fraisage de la farine ou grains.

### **4. Questionnaire de Données Minimales**

Pour les personnes n'ayant pas accepté de participer au protocole complet de l'étude BOLD I. Un minimum d'informations concernant l'âge, le sexe et les raisons de refus à la participation étaient collectées.



## 5. Questionnaire de Spirométrie

Ce questionnaire contenait des informations sur la sécurité des participants, les antécédents chirurgicaux, des médicaments qui peuvent altérer la fonction respiratoire, les infections pulmonaires récentes, et les conditions du participant qui affecteraient le résultat du test de la spirométrie (par ex. cyphose, dentiers, membres absents).

De plus, tous les volontaires ont subi un examen clinique minutieux à la recherche de maladies respiratoires, cardiaques, ORL, ostéo-articulaires, ou générales.

## 6. Mesures spirométriques

Tous les sujets ont subi les tests spirométriques selon les techniques recommandées par l'ATS et l'ERS. Les manœuvres étaient réalisées en position assise, cou en position neutre sans extension ni flexion, nez fermé par un pince nez, lèvres fermées de manière étanche sur l'embout buccal. On effectuait plusieurs manœuvres (de 3 à 5) tout en encourageant les sujets à souffler le plus fort possible et on retenait les valeurs les plus élevées parmi les manœuvres. Toutes les manœuvres spirométriques du pré-bronchodilatateur et du post-bronchodilatateur débimétriques étaient réalisées par les techniciens de spirométrie sous la supervision directe des pneumologues.

## 1-Données Spirométriques

La mesure de résultat la plus importante obtenue dans le cadre du protocole BOLD I est la spirométrie avant et après l'administration d'un bronchodilatateur à action brève. Cette mesure a été utilisée pour déterminer si le participant est atteint de BPCO.

Une formation adéquate et un contrôle de qualité continu ont été faits pour obtenir des mesures de haute qualité constante au fil du temps. Les méthodes développées pour BOLD I respectent ou dépassent les normes ATS. Les équipements

et techniques acceptables, ont été développés en supposant que les tests sont souvent effectués sur le terrain, c'est-à-dire pas dans un laboratoire de fonction pulmonaire à climat contrôlé.

Pour optimiser le contrôle qualité dans l'étude BOLD I, les sites ont utilisé le spiromètre NDD EasyOne™ (41). Ce spiromètre a été approuvé comme répondant à des critères de performance prédéterminés concernant la fiabilité des mesures, l'aptitude à l'emploi sur le terrain et la facilité d'accès aux données.

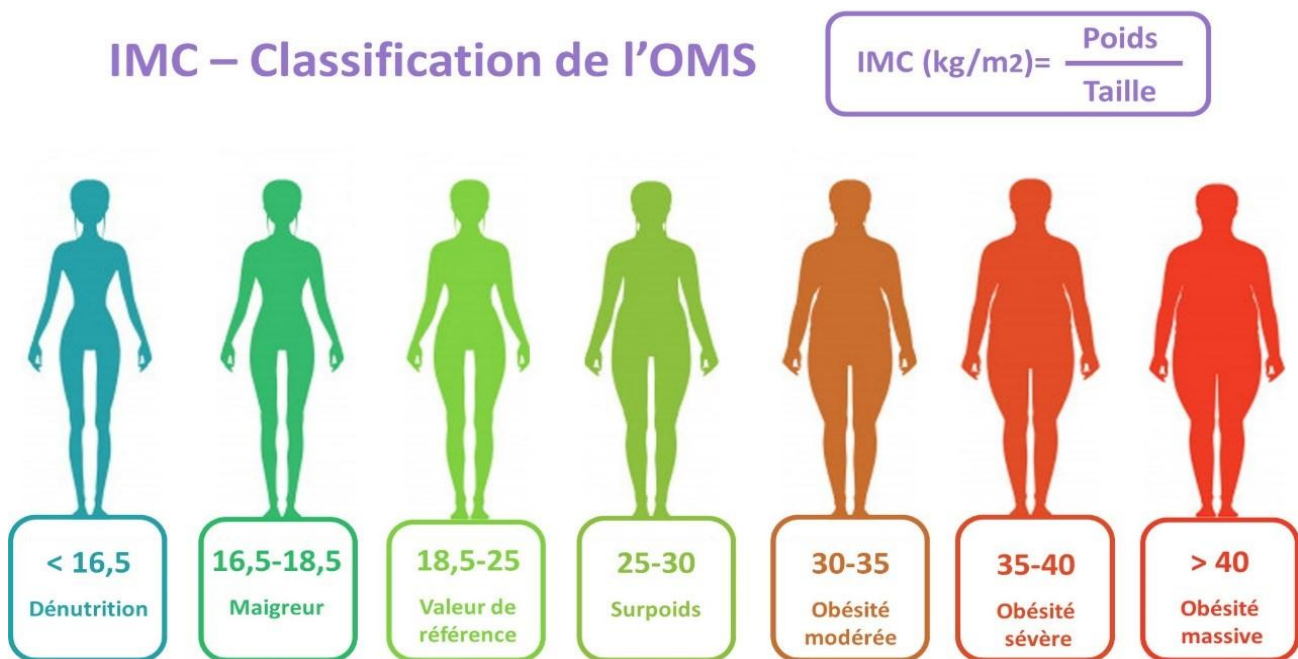
Toutes les données de spirométrie ont été envoyées par voie électronique au centre de coordination qui évaluait chaque manœuvre et attribuait un score de qualité global aux données du participant. Le centre de coordination examinait également la qualité des manœuvres de chaque technicien de la fonction pulmonaire afin de surveiller la dérive de la qualité et entreprenait des mesures correctives si nécessaire.

La transmission proprement dite des enregistrements de spirométrie se faisait par transfert internet sécurisé et crypté. Les données étaient transmises en utilisant un format standard (par exemple, dans une base de données Access) sur une base régulière (par exemple, une fois par semaine) au centre de coordination. Les données en double restent stockées sur le site local. Les mesures de spirométrie à utiliser pour l'analyse comprenaient CVF, VEMS, VEMS6, débit de pointe et temps d'expiration total. Cela a permis de comparer VEMS / CVF et VEMS1 / VEMS6 comme mesures de limitation du débit d'air.

## **2-Données anthropométriques**

Conformément aux recommandations de l'ATS et l'ERS, le personnel de l'étude BOLD I enregistrerait la taille en centimètres prise par un stadiomètre mural, sujet déchaussé, talons joints, dos bien droit, car cela permet un contrôle de qualité maximal. Le poids en Kg, sans chaussures et avec des vêtements légers a été aussi pris pour chaque participant.

L'indice de masse corporel (IMC) exprimé en kg/m<sup>2</sup> a été calculé divisant le poids (en kg) par le carré de la taille (en m), permettant d'évaluer la corpulence de chacun des participants.



**Figure 26 : Classification de l'indice de masse corporel selon OMS.**

## **D- Analyse statistique**

Les données recueillies ont été saisies et transférées du logiciel Excel et analysées par le logiciel SPSS. Version 23 au laboratoire d'Épidémiologie, Recherche Scientifique et Santé communautaire à la faculté de médecine et pharmacie de Fès.

Dans un premier temps on a fait une analyse descriptive en utilisant les moyennes et les pourcentages, puis on a étudié la relation entre chacun des paramètres sociodémographiques (âge et sexe), ceux anthropométriques (la taille, poids, et l'IMC) d'une part et les variables ventilatoires d'autre part par une analyse univariée en utilisant la régression linéaire simple et le test T pour comparer les moyennes.

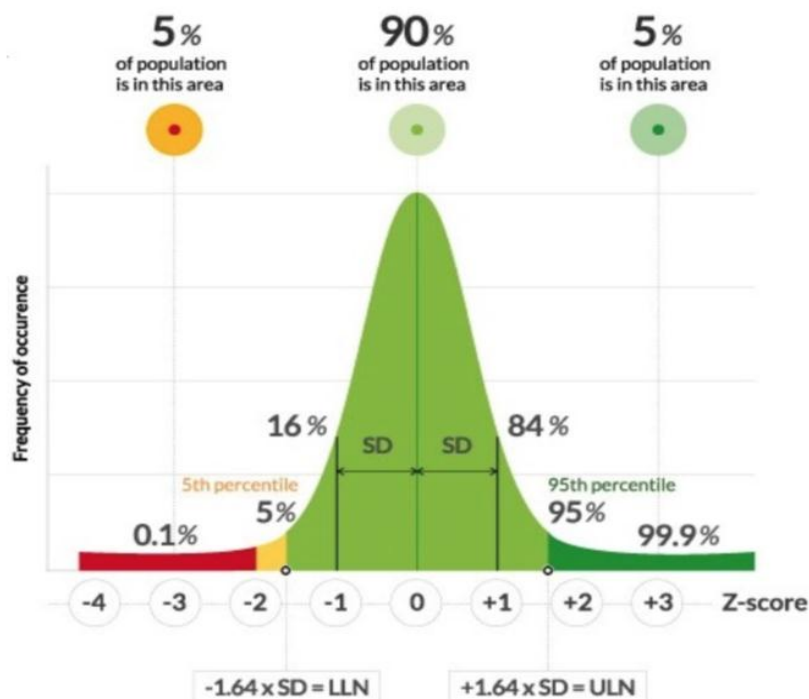
Les paramètres spirométriques (VEMS, CVF, VEMS/CVF) corrélant significativement avec les paramètres sociodémographiques et/ou anthropométriques ont été étudiés en régression linéaire multiple pas à pas descendant. N'étaient retenus à la fin de chaque modèle que les paramètres significatifs, la signification statistique était retenue si  $p < 0.05$ .

À la fin de cette analyse statistique, des équations de prédiction ont été développées à partir du dernier modèle retenu. Pour cela, nous avons calculé dans notre échantillon les Limites Inférieures à la Normale (LIN) et les différences entre les valeurs théoriques des différentes formules et les nôtres qu'on a exprimé en Z-score. Le Z-score peut être déterminé avec la formule suivante :  $Z\text{-score} = (\text{Valeur mesurée} - \text{Valeur prédite issue de notre étude}) / \text{Écart-Type}$ .

La limite inférieure de la normale peut être déterminée avec la formule suivante :  $\text{LIN} = \text{Moyenne des valeurs} - 1.64 \text{ Écart-Type}$ .

La LIN est définie comme la valeur qui identifie le cinquième percentile inférieur d'une population saine et non tabagique.

La définition de la limite inférieure de la normale est nécessaire pour l'introduction de la déviation standard qui mesure le degré de dispersion des valeurs par rapport à la moyenne. Lors d'une distribution normale, avec une courbe en cloche, on connaît que 68% des mesures se trouvent situées entre  $+1ET$  et  $-1ET$ . On connaît également que 90% des mesures se trouvent entre  $+1.64ET$  et  $-1.64ET$ . Le rang entre le 5ème percentile et le 95ème percentile comprend 90% de la population. Le 5ème percentile ( $-1.64ET$ ) est la valeur minimale du paramètre observé au-dessous duquel on retrouve 5% de la population.



**Figure 27 :** Illustration d'une distribution normale avec 5ème percentile (LIN), 95ème percentile (LSN), et le z-score

LLN : Lower Limit of Normal (An) / LIN : Limite inférieure de la normale (Fr)

LIN = Moyenne - 1.64 Écart-Type / SD : Standard Deviation (An) / Écart-Type (Fr)

ULN : Upper Limit of Normal (An) / LSN : Limite supérieure de la normale (Fr)

LSN = Moyenne + 1.64 Écart-Type

Z-score : Deviation Score (An) / Variable centrée réduite (Fr)

Z-score = (Valeur mesurée - Valeur prédite) / Écart-Type

En situation pathologique, les résultats des tests spirométriques conduisent typiquement à des valeurs de la CVF et du VEMS qui sont trop faibles plutôt que trop élevées. Ceci explique pourquoi la LIN est définie comme la valeur qui identifie le cinquième percentile inférieur d'une population saine et non tabagique : **LIN = Moyenne - 1.64 ET**. Si un patient a un VEMS MESURÉ = LIN, cela signifie qu'il est à la limite du cinquième percentile. Seulement 5% de la population en bonne santé, avec ses propres données anthropométriques, a une valeur inférieure.

Par conséquent, 5% de la population en bonne santé représente des faux positifs, c'est-à-dire des sujets sains ayant des valeurs inférieures à la LIN et, à première vue, pourraient être considérés comme pathologiques.

Lorsqu'on interprète les résultats des tests spirométriques et quand on a une constatation près de la LIN, on est incertain si le résultat du test est dans la plage du normal ou dans la plage du pathologique. Les valeurs mesurées de VEMS, CVF, VEMS/CVF avec les indices supplémentaires tels que pré- et post-bronchodilatation, les valeurs prédites, LIN, % du prédit, confond la plupart des utilisateurs.

Lorsque Z-score est égal à -1,64, cela signifie que le paramètre de la spirométrie est placé exactement sur la LIN qui représente le point au-dessous duquel seulement 5% (5<sup>ème</sup> percentile) de la population normale avait une valeur inférieure à la prédite. Dans le centre de pictogramme, le z-score est égal à 0. Il indique que la valeur mesurée est exactement égale à la valeur prédite, dans ce point nous trouvons 50% de la population saine.

En conclusion, si un patient a un VEMS mesuré = LIN, cela signifie qu'il est à la limite du 5<sup>e</sup> percentile. Seulement 5% de la population en bonne santé, avec ses propres données anthropométriques, a une valeur inférieure. En bref, il est encore en bonne santé, mais il est très proche de la population considérée malade !

## **E- Considérations éthiques**

Tous les sites qui ont participé au protocole BOLD I, y compris le centre de coordination, ont reçu les approbations de sujets humains requises conformément aux réglementations locales ou nationales du pays. Ces approbations ont été obtenues avant d'autoriser les sites à transmettre les données relatives aux participants au centre de coordination BOLD à Londres.

Pour assurer l'anonymat et la confidentialité des données, un identifiant anonyme et unique a été attribué à chaque participant. Aucune information relative au nom, à l'adresse, au numéro de téléphone ou au numéro d'identification gouvernemental du participant (comme le numéro CIN) n'as été transmise au Centre de coordination.

La participation à l'étude BOLD I a comporté un risque direct très minime pour la santé. En plus de la mesure de la taille et du poids, qui ne présentent aucun risque pour la santé, les participants ont effectué une spirométrie avant et 20 minutes après l'administration d'un bronchodilatateur inhalé à courte durée d'action. La manœuvre de spirométrie elle-même ne comporte généralement aucun risque sauf pour les participants les plus âgés et présentant une insuffisance pulmonaire qui courent le risque de l'évanouissement. Pour minimiser ce risque, la spirométrie a été effectuée avec les participants en position assise et le personnel ayant effectué cette spirométrie (technicien de spirométrie) a été formé pour surveiller les signes d'étourdissements ou d'autres problèmes et pour arrêter la manœuvre si nécessaire. Le risque d'infection a été minimisé par l'utilisation d'embouts buccaux jetables. De plus, les participants souffrant d'infections des voies respiratoires supérieures évidentes ont été invités à reporter leurs tests si possible. Le seul autre risque pour la santé était associé à l'utilisation d'un bronchodilatateur qui peut provoquer une certaine nervosité et une tachycardie. Afin de minimiser ces risques, le protocole BOLD a demandé l'utilisation

de seulement deux bouffées de salbutamol plutôt que la dose de quatre bouffées qui est plus couramment recommandée pour tester l'hyperréactivité. Cela semble être un dosage plus sûr, même dans le cas où un participant a récemment dû utiliser son propre inhalateur pour un soulagement rapide de ses symptômes dans les quelques heures précédant le test.



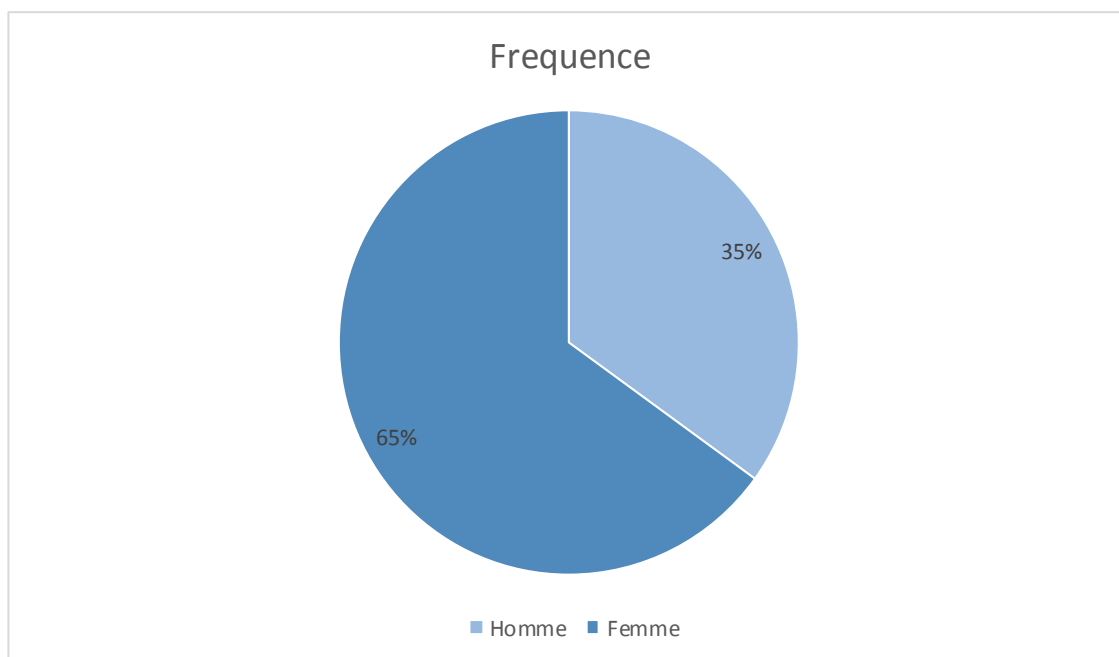
# RÉSULTATS

## **A- Description de la population de l'étude**

### **1- Description des données sociodémographiques :**

Après avoir appliqué les critères d'inclusion et d'exclusion sur la première base des données de 1001 participants, nous en avons retenu 283 qui sont éligibles. La majorité de la population d'étude était composée de 184 femmes soit un pourcentage de 65% et 99 hommes avec un pourcentage de 35%.

L'âge moyen de l'ensemble des participants était de 55 ans  $\pm$  écart type (ET) 11,4 ; l'étendue était de [39 ; 95] ans.



**Figure 28: la population d'étude en fonction du sexe N=283.**

L'âge moyen chez les sujets de sexe masculin dans l'étude était de 57,5 ans  $\pm$  ET 11,25 ; l'étendue était de [39 ; 85] ans.

Les femmes ayant participé dans cette étude avaient un âge moyen de 53,8 ans  $\pm$  ET 11,39 ; l'étendue était de [39 ; 95] ans.

## **2- Description des données anthropométriques :**

La moyenne de taille était de 160,5 cm  $\pm$  ET 9,29 ; l'étendue était de [138 ; 185] cm.

Le poids moyen de l'échantillon était de 65 Kg  $\pm$  ET 10,4 ; l'étendue était de [41 ; 95] kg.

L'IMC moyen était de 25,26 kg/m<sup>2</sup>  $\pm$  ET 3,03 ; l'étendue était de [17,10 ; 29,90] kg/m<sup>2</sup>.

### **– Chez les sujets de sexe masculin**

L'IMC moyen chez les sujets de sexe masculin était de 24 ,9 Kg /m<sup>2</sup>  $\pm$  ET 3,01 ; l'étendue était de [17,1 ; 29,75] Kg/m<sup>2</sup>.

La taille moyenne était de 168 ,8 cm  $\pm$  ET 6,96 ; l'étendu était de [150 ; 185] cm.

Le poids moyen était de 71,06 Kg  $\pm$  ET 9,88 ; l'étendue était de [42 ; 95] Kg.

### **– Chez les sujets de sexe féminin**

L'IMC moyen chez les sujets de sexe féminin était de 25 ,4 Kg /m<sup>2</sup>  $\pm$  ET 3,03 ; l'étendue était de [17,47 ; 29,90] Kg/m<sup>2</sup>.

La taille moyenne était de 155 ,9 cm  $\pm$  ET 7,01 ; l'étendue était de [138 ; 184] cm.

Le poids moyen était de 62,06 Kg  $\pm$  ET 9,29 ; l'étendue était de [41 ; 87] Kg.

## **3- Description des données ventilatoires**

### **– Dans la population totale**

La CVF moyenne était de 3,32 litres  $\pm$  ET 0,85 ; l'étendue était de [1,29 ; 6,17] litres.

Le VEMS moyen était de 2,58 litres  $\pm$  ET 0,68 ; l'étendue était de [0,927 ; 4,61] litres.

### **– Chez les sujets de sexe masculin**

La CVF moyenne était de 3,96 litres  $\pm$  ET 0,81 ; l'étendue était de [1,96 ; 6,17] litres.

Le VEMS moyen était de 3,04 litres  $\pm$  ET 0,72 ; l'étendue était de [1,29 ; 4,61] litres.

Le rapport de Tiffeneau moyen était de 76%.

### – Chez les sujets de sexe féminin

La CVF moyenne était de 2,94 litres  $\pm$  ET 0,60 ; l'étendue était de [1,29 ; 4,46] litres.

Le VEMS moyen était de 2,31 litres  $\pm$  ET 0,49 ; l'étendue était de [0,927 ; 3,62] litres.

Le rapport de Tiffeneau moyen était de 79%.

Le tableau I résume les caractéristiques anthropométriques et ventilatoires de l'échantillon de l'étude.

**Tableau I: Caractéristiques anthropométriques et ventilatoires de l'échantillon des sujets adultes de plus de 40 ans dans la ville de Fès.**

Variables	Moyenne	Écart type	Étendue
Âge	55,09	11,46	(39 ;95)
IMC	25,26	3,036	(17,1 ;29,9)
Poids	65,21	10,42	(41 ;95)
Taille	160,49	9,29	(138 ;185)
CVF	3,32	0,85	(1,29 ;6,17)
VEMS	2,58	0,68	(0,93 ; 4,61)

Le tableau II et le tableau III montrent les caractéristiques anthropométriques et ventilatoires séparément chez les hommes et chez les femmes.

On note que les hommes ont eu en moyenne des âges, des tailles, et des poids supérieurs que ceux des femmes. Inversement, l'IMC moyen des femmes était supérieur à celui des hommes.

En dehors des rapports VEMS/CVF, qui étaient supérieurs chez les femmes, tous les paramètres spirométriques étaient supérieurs chez les hommes comparativement aux femmes.

**Tableau II: Caractéristiques anthropométriques et ventilatoires de l'échantillon adulte de sexe masculin de plus de 40 ans dans la ville de Fès.**

Variables	Moyenne	Écart type	Étendue
Âge	57,455	11,2597	(39 ; 85)
IMC	24,9100	3,01622	(17,1 ; 29,8)
Poids	71,061	9,8849	(42 ;95)
Taille	168,838	6,9674	(150 ;185)
CVF	3,969	0,82	(1,96 ;6,17)
VEMS	3,042	0,72	(1,29 ;4,61)

**Tableau III: Caractéristiques anthropométriques et ventilatoires de l'échantillon adulte de sexe féminin de plus de 40 ans dans la ville de Fès**

Variables	Moyenne	Écart type	Étendue
Âge	53,83	11,39	(39 ;95)
IMC	25,45	3,03	(17,47 ;29,9)
Poids	62,06	9,29	(41 ; 87)
Taille	155,99	7,01	(138 ;184)
CVF	2,94	0,60	(1,297 ;4,46)
VEMS	2,31	0,49	(0,927 ;3,62)

## **B- Résultats de l'analyse univariée concernant l'association entre les données ventilatoires et les données sociodémographiques et anthropométriques**

L'effet de chaque variable sociodémographique et anthropométrique sur les paramètres respiratoires a été étudié séparément chez les hommes et chez les femmes.

Le tableau IV montre la comparaison des données anthropométriques et ventilatoires entre les deux sexes. Une différence statistiquement significative entre les hommes et les femmes a été notée pour les paramètres âge, taille, poids, VEMS, CVF. Pour l'IMC et le rapport de Tiffeneau, aucune différence statistiquement significative entre les deux sexes n'a été notée.

**Tableau IV: Comparaison des données démographiques, anthropométriques et ventilatoires entre les deux sexes de la population de l'étude .**

Variables	Homme	Femme	P
Âge	57.45 ± 11.25	53.82 ± 11.39	0.011
Taille	168.83 ± 6.96	155.99 ± 7.01	0.0001
Poids	71.061 ± 9.88	62.06 ± 9.29	0.0001
IMC	24.90 ± 3.01	25.45 ± 3.03	0.153
VEMS	3.13 ± 0.69	2.37 ± 0.51	0.0001
CVF	3.96 ± 0.8	2.94 ± 0.63	0.0001
Rapport de Tiffeneau	0.76 ± 0.07	0.79 ± 0.05	0.007

### C- Résultats de l'analyse multivariée :

Dans l'analyse multivariée, des modèles de régression linéaire multiple ajustés sur les données sociodémographiques, anthropométriques et ventilatoires ont été réalisés pour chacun des paramètres ventilatoires séparément chez les hommes et chez les femmes.

Le tableau V présente les résultats de cette analyse multivariée chez les hommes.

Les résultats du modèle concernant le VEMS montrent que l'âge influence négativement les valeurs du VEMS de telle sorte que plus l'âge augmente d'une année, le VEMS diminue de 0,035 litres. La taille influence positivement les valeurs de ce paramètre ventilatoire de telle sorte que plus la taille augmente d'un centimètre le VEMS augmente de 0,031 litres.

Les résultats du modèle concernant la CVF montrent que l'âge influence négativement les valeurs de la CVF de telle sorte que plus l'âge augmente d'une année, la CVF diminue de 0,027 litres. La taille influence positivement les valeurs de ce paramètre ventilatoire de telle sorte que plus la taille augmente d'un centimètre, la CVF augmente de 0,048 litres.

Les résultats du modèle concernant le rapport de Tiffeneau montrent que l'âge influence négativement les valeurs du rapport de Tiffeneau de telle sorte que plus l'âge augmente d'une année, le rapport de Tiffeneau diminue de 0,336.

**Tableau V: Analyse multivariée de l'association entre les données ventilatoires et les données démographiques et anthropométriques chez les hommes de plus de 40 ans dans la ville de Fès.**

	Variable dépendante	P- value	Beta (pente de la variable)	Alpha (constante de l'équation)
VEMS	Âge	0.000	-0.035	-0.147
	Taille	0.001	0.031	
CVF	Âge	0.000	-0.027	-2.570
	Taille	0.000	0.048	
RAPPORT DE TIFFENEAU	Âge	0.000	-0336	96.164

Le tableau VI présente les résultats de cette analyse multivariée chez les femmes.

Les résultats du modèle concernant le VEMS montrent que l'âge influence négativement les valeurs du VEMS de telle sorte que plus l'âge augmente d'une année, le VEMS diminue de 0,021 litres. La taille influence positivement les valeurs ce paramètre ventilatoire de telle sorte que plus la taille augmente d'un centimètre, le VEMS augmente de 0,024 litres.

Les résultats du modèle concernant la CVF montrent que l'âge influence négativement les valeurs de la CVF de telle sorte que plus l'âge augmente d'une année, la CVF diminue de 0,026 litres. La taille influence positivement les valeurs de



ce paramètre ventilatoire de telle sorte que plus la taille augmente d'un centimètre, le CVF augmente de 0,031 litres.

Les résultats du modèle concernant le rapport de Tiffeneau montrent que l'âge influence négativement les valeurs du rapport de Tiffeneau de telle sorte que plus l'âge augmente d'une année, le rapport de Tiffeneau diminue de 0,336.

**Tableau VI: Analyse multivariée de l'association entre les données ventilatoires et les données démographiques et anthropométriques chez les femmes de plus de 40 ans dans la ville de Fès.**

	Variable dépendante	P-value	Beta (pente de la variable)	Alpha (constante de l'équation)
VEMS	Âge	0.000	-0.021	-0.392
	Taille	0.000	0.024	
CVF	Âge	0.000	-0.026	-0.593
	Taille	0.000	0.031	
RAPPORT DE TIFFENEAU	Âge	0.000	-0.336	80.483

#### D- L'élaboration des équations de prédiction des valeurs de référence

On constate que toutes les équations élaborées dépendent des variables âge et taille.

- Formulation des équations issues de l'échantillon de spirométrie du sexe masculin (N=99) âgé de plus de 40 ans (âge en années et taille en cm) :
  - $VEMS = -0,147 - 0,035\text{Âge} + 0,031\text{Taille}$
  - $CVF = -2,570 - 0,027\text{Âge} + 0,048\text{Taille}$
  - $VEMS/CVF = 96,162 - 0,336\text{Âge}$
- Formulation des équations issues de l'échantillon de spirométrie du sexe féminin (N=184) âgé de plus de 40 ans (âge en années et taille en cm) :

- $VEMS = -0,392 - 0,021\hat{A}ge + 0,024Taille$
- $CVF = -0,593 - 0,026\hat{A}ge + 0,031Taille$
- $VEMS/CVF = 80,483 - 0,336\hat{A}ge$

Le tableau VII détaille les valeurs moyennes, écart-types, limites inférieures de la normale du VEMS, la CVF, et le VEMS/CVF chez les adultes marocains de plus de 40 ans dans la ville de Fès. On constate que les hommes ont une valeur supérieure de moyenne, écart-types et LIN pour les paramètres VEMS et CVF sauf pour le rapport VEMS/CVF où les femmes ont les valeurs supérieures de moyenne et de LIN.

**Tableau VII: les valeurs moyennes, écart-types, limites inférieures de la normale du VEMS, la CVF, et le VEMS/CVF chez les adultes marocains de plus de 40 ans dans la ville de Fès.**

Paramètres	Homme(N=99)		Femme(N=184)	
	Moyenne± ET	LIN	Moyenne± ET	LIN
VEMS	3.13± 0.69	1.99	2.37± 0.51	1.53
CVF	3.99± 0.8	2.67	2.94± 0.63	1.90
VEMS/CVF	0.76± 0.072	0.64	0.79 ± 0.055	0.70

Pour mettre à l'épreuve nos équations ainsi que les différentes équations retrouvées dans la littérature, on a opté pour la comparaison des valeurs données par ces équations.

Chez les sujets de sexe masculin les trois paramètres respiratoires (le VEMS, la CVF et le rapport de Tiffeneau) ont une différence statistiquement significative (P = 0,0001).

Les valeurs de la moyenne et de l'écart-type des paramètres respiratoires (VEMS et la CVF) de cette étude sont inférieures par rapport aux paramètres respiratoires (VEMS et la CVF) établis par les équations de NHANES.

Par contre les valeurs du rapport Tiffeneau (VEMS/ CVF) étaient supérieures chez la présente étude par rapport à NHANES.

**Tableau VIII: Comparaison de valeurs de spirométries prédites chez les hommes.**

	Nos équations	NHANES	P
VEMS	2,90± 0,50	3,23 ± 0,59	0,0001
CVF	3,62± 0,56	4,23± 0,66	0,0001
Rapport Tiffeneau	77,94± 3,66	76,18± 2,33	0,0001

Chez les sujets de sexe féminin les trois paramètres respiratoires (le VEMS, la CVF et le rapport de Tiffeneau) ont une différence statistiquement significative (P = 0,0001).

Les valeurs de la moyenne et de l'écart-type des paramètres respiratoires (le VEMS et la CVF) de cette étude sont inférieures par rapport aux paramètres respiratoires (le VEMS et la CVF) établis par les équations de NHANES.

Par contre les valeurs du rapport Tiffeneau (VEMS/ CVF) étaient supérieures chez la présente étude par rapport à NHANES.

**Tableau IX: Comparaison de valeurs de spirométries prédites chez les femmes.**

	Nos équations	NHANES	P
VEMS	2,28± 0,31	2,46 ± 0,43	0,0001
CVF	2,85 ± 0,40	3,12 ± 0,48	0,0001
Rapport Tiffeneau	62,49 ± 3,54	79,43± 2,24	0,0001

# DISCUSSION

La bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) est responsable d'une morbidité, d'une mortalité et de coûts de santé important. La projection en 2020 fait état de la BPCO comme 3<sup>ème</sup> cause de mortalité mondiale en 2030 (6<sup>ème</sup> en 1990) [4].

La spirométrie est le test de la fonction pulmonaire le plus courant. Ce test est largement utilisé dans l'évaluation de la fonction pulmonaire pour fournir des informations objectives utilisées dans le diagnostic des maladies pulmonaires principalement la bronchopneumopathie chronique obstructive et la surveillance de la santé pulmonaire.

Cette étude a comme objectif d'établir à partir d'un échantillon de la population marocaine de Fès les valeurs spirométriques de références et les comparer avec les autres équations élaborées lors de l'étude ancienne et aussi des autres populations.

La présente étude a permis l'élaboration des valeurs de références de la spirométrie et des équations de prédiction théoriquement acceptables et cliniquement utiles pour les adultes marocains âgé de plus de 40 ans dans la ville de Fès. Les principaux résultats de cette étude étaient les suivants :

Concernant les équations de prédiction :

- **Celles issues de l'échantillon de spirométrie du sexe masculin (N=99) âgé de plus de 40 ans (âge en années et taille en cm) :**

- $VEMS = -0,147 - 0,035\hat{A}ge + 0,031Taille$

- $CVF = -2,570 - 0,027\hat{A}ge + 0,048Taille$

- $VEMS/CVF = 96,162 - 0,336\hat{A}ge$

- **Celles issues de l'échantillon de spirométrie du sexe féminin (N=184) âgé de plus de 40 ans (âge en années et taille en cm) :**

- $VEMS = -0,392 - 0,021\hat{A}ge + 0,024Taille$

- $CVF = -0,593 - 0,026\hat{A}ge + 0,031Taille$

- $VEMS/CVF = 80,483 - 0,336\hat{A}ge$

Les tableaux X et XI donnent une synthèse d'une revue de la littérature sur les équations de prédiction réalisées chez les hommes et chez les femmes successivement dans différentes populations :

**Tableau X : Comparaison de nos valeurs de référence des VEMS, CVF et VEMS/CVF avec celles établies par les différentes équations de prédictions internationales pour un homme de 40 ans mesurant 175 cm de taille.**

Sexe	Étude	Année	Pays	Ethnie	VEMS	CVF	VEMS/CVF
	<b>Notre étude</b>	<b>2020</b>	<b>Maroc</b>	<b>Marocaine</b>	<b>3,87</b>	<b>4,75</b>	<b>81,4</b>
	K. Bouti(39)	2017	Maroc	Marocaine	3,89	4,60	84,76
	Quanjer(42)	2012	Internationale	Caucasiens	4,08	5,05	81
				Noirs	3,48		82
						4,27	
				Asiatiques de Nord-Est	3,94	4,85	81
				Asiatiques du Sud-Est	3,73	4,49	83
				Autres	3,80	4,65	82
Masculin	Brandi(43)	1996	Suisse	Caucasienne	4,14	5,26	79,5
	Crapo(44)	1981	États -Unis	Caucasienne	4,08	4,99	81,7
	Dockery(45)	1985	États -Unis	Caucasienne	3,92	4,70	82,0
	Dufetel(46)	1989	Sénégal	Noire-africaine	3,22	3,92	80,02
	Falaschetti(47)	2004	Angleterre	Caucasienne	4,10	5,07	81,5
	Glindmeyer(48)	1995	États-Unis	Afro-américaine	3,47	4,19	82,8
	Glindmeyer(48)	1995	États-Unis	Caucasienne	4,05	4,98	81,7
	Gulsvik(49)	2001	Norvège	Caucasienne	4,31	5,20	84,6
	Hankinson(33)	1999	États -Unis	Caucasienne	4,07	5,11	79,8
	Hankinson(33)	1999	États -Unis	Afro-américaine	3,46	4,22	81,9
	Hankinson(33)	1999	États -Unis	Mexicaine-américaine	4,08	5,05	81,3
	Jia(50)	1990	Chine	Chinoise du Sud-Est	3,52	4,52	78,4
	Jindal(51)	1991	Inde	Indienne	3,50	4,36	80
	Louw(52)	1996	Afrique du sud	Noire-africaine	3,84	4,54	
	Louw(52)	1996	Afrique du Sud	Caucasienne	4,38	5,21	
Morris(53)	1973	États-Unis	Caucasienne	3,80	5,00	75,9	
Singh(54)	1993	Malaise	Malaisienne	3,13	3,60	86,5	

**Tableau XI: Comparaison de nos valeurs de référence des VEMS, CVF et VEMS/CVF avec celles établies par les différentes équations de prédictions internationales pour une femme de 40 ans mesurant 160 cm de taille.**

Sexe	Étude	Année	Pays	Ethnie	VEMS	CVF	VEMS/CVF
	<b>Notre étude</b>	<b>2020</b>	<b>Maroc</b>	<b>Marocaine</b>	<b>2,60</b>	<b>3,327</b>	<b>78,3</b>
	K. Bouti(39)	2017	Maroc	Marocaine	2,68	3,05	88,60
	Quanjer(42)	2012	Internationale	Caucasiens	2,92	3,55	83
				Noirs	2,51	3,04	83
				Asiatiques de Nord-Est	2,87	3,46	83
				Asiatiques du Sud-Est	2,59	3,05	85
				Autres	2,72	3,27	83
	Brandi(43)	1996	Suisse	Caucasienne	2,98	3,69	81,5
	Crapo(44)	1981	États-Unis	Caucasienne	2,87	3,40	84,2
	Dockery(45)	1985	États-Unis	Caucasienne	2,74	3,19	82,8
Féminin	Dufetel(46)	1989	Sénégal	Noire-africaine	2,19	2,60	78,9
	Falaschetti(47)	2004	Angleterre	Caucasienne	2,93	3,52	83,2
	Glindmeyer(48)	1995	États unis	Afro-américaine	2,56	3,03	84,6
	Glindmeyer(48)	1995	États-Unis	Caucasienne	2,91	3,54	82,6
	Gulsvik(49)	2001	Norvège	Caucasienne	3,00	3,62	83,7
	Hankinson(33)	1999	États-Unis	Caucasienne	2,92	3,57	82,3
	Hankinson(33)	1999	États-Unis	Afro-américaine	2,45	2,97	83,5
	Hankinson(33)	1999	États-Unis	Mexicaine-américaine	2,91	3,51	83,4
	Jia(50)	1990	Chine	Chinoise du Sud-Est	2,53	3,15	80,8
	Jindal(51)	1991	Inde	Indienne	2,26	2,93	85,4
	Morris(53)	1973	États-Unis	Caucasienne	2,67	3,43	77,2
	Singh(54)	1993	Malaise	Malaisienne	2,14	2,47	89,7

Toutes les équations issues de cette étude ont comme variables indépendantes : le sexe, l'âge et la taille. Cela est le cas de la plupart des études publiées, comme les études de Khalid Bouti au Maroc (39), Ratomaharo à Madagascar (55), Roberts en Angleterre (56), Schwartz (NHANES II) aux États Unis(57), Smolej-Narancic en Yougoslavie (58), Tabka en Tunisie (59), Ben Saad en Tunisie (60), et Quanjer et ses équations multiethniques de 2012 (42).

D'autres études considèrent le poids en plus du sexe, de l'âge, et de la taille comme variables indépendantes, comme celles de Etemadinezhad en Iran (61), Hedenstrom en Suède (62), Hou en Chine (50), et La Paglia en Sicile (63).

Le VEMS moyen était de 2,58 litres. D'autres études avaient des valeurs supérieures à la nôtre comme celles de Ben Saad était 3,61 litres (60), Khalid Bouti et al. 3,33 litres (39), ketfi et al. était 3,18 litres(64).

La CVF moyen était de 3,32 litres, celle de Kefti et al 4,04 litres (64), Ben Saad était de 4,37 litres(60), Khalid Bouti était de 3,85 litres (39).

Le rapport de Tiffeneau moyen chez les hommes était de 76% et chez les femmes était de 79%. Certaines études avaient des valeurs différentes comme celle de Kefti et al. 78% chez les hommes et 79% chez les femmes (64), de Khalid Bouti et al. 85% chez les hommes et 89% chez les femmes (39), Belacy et al chez les hommes 88% et chez les femmes 88% (65).

Cette différence peut se justifier par la taille d'échantillon, par l'IMC et l'âge minimal de leurs échantillons.

Notre échantillon était composé de volontaires âgés de 39 à 85 ans, les intervalles des autres études allaient de 18 à 73 ans pour Ratomaharo et al. (55), 20 à 90 ans pour Tan et al.(66), 18 à 73 ans pour Gulsvik (49), 3 à 86 ans pour Khalid Bouti et al. (39), 17 à 65 ans pour Udupihille(67), de 18 à 86 ans pour Galindez et al. (68) et 7 à 86 ans pour Bashir (69). L'âge moyen de notre étude était de 57ans. Il est supérieur à ceux de Ben Saad et al. (60), Khalid Bouti et al. (39) et cela s'explique par l'âge minimal de leurs échantillons qui étaient respectivement de 22 et 18 ans.



Cet échantillon était composé de volontaires mesurant entre 150 et 185 cm. La hauteur moyenne était de 168 cm. Certaines études avaient des moyennes de taille inférieures à la nôtre respectivement 166,6 cm (39), 165 cm (64). D'autres études ont trouvé des hauteurs moyennes supérieures à notre moyenne, avec 171 cm (60).

L'échantillon de l'étude était composé d'hommes et de femmes pesant entre 42 et 95 kg. Le poids moyen des hommes était d'environ 71 kg et celui des femmes d'environ 62 kg. Le poids moyen trouvé dans d'autres études était de 75,8 Kg pour les hommes et 58 Kg pour les femmes (65), 78 kg pour les hommes et 58 kg pour les femmes (64), 71,7 kg pour les hommes et 60,5 kg (39).

En général, le sexe, la taille, l'âge et le poids sont considérés comme des déterminants de la fonction respiratoire (70).

Cependant, il existe d'autres facteurs physiologiques tels que l'activité physique, la température, l'altitude, les différences ethniques et conditions environnementales qui influencent la fonction pulmonaire (71) (72).

Dans nos équations, en plus de l'âge, la taille était le prédicteur de la spirométrie. Certains paramètres anthropométriques tels que le poids et l'IMC ont légèrement amélioré la précision de l'estimation et n'ont pas contribué de manière significative à la prédiction. La contribution de la taille et de l'âge aux prédictions était statistiquement significative dans les modèles les mieux adaptés. Enfin, des modèles prenant en compte uniquement la taille et l'âge ont été retenus. Cela simplifie leur utilisation pour la pratique clinique puisque la mesure de la taille et de l'âge suffisent pour le calcul.

Bien que les sujets de l'étude n'aient pas été choisis au hasard parmi toute la population Marocaine, mais via un échantillonnage orienté, les sujets de l'étude proviennent d'une grande région marocaine qui pourrait être considérée comme représentative sur le plan socio-démographique.

Le fait que cette étude spirométrique chez les adultes marocains se soit déroulée uniquement dans une seule ville, la ville de Fès, pourrait être critiqué ; mais cette démarche est semblable à d'autres expériences nationales comme celle de Khalid Bouti au Maroc (39) et internationales telles que les études qui se sont déroulées à Muscat au Sultanat Oman (73), à Karachi au Pakistan (74), à Tabuk en Arabie Saoudite (65), à Sousse en Tunisie (60), à Constantine en Algérie (64), à Gothenburg en Suède (75), Calcuta en Inde (76), Ontario au Canada (77), et Salt Lake City aux États Unis (44). D'autres études ont par ailleurs été conduites sur plusieurs sites comme celles de Hankinson lors de la troisième National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) aux États Unis (33), de Dockery aux États Unis (45), de Brandli en Suisse (43), et Bashir au Soudan (69).

La taille de notre échantillon semble suffisante avec 283 volontaires, dont 99 hommes et 184 femmes. Certaines études comprenaient des échantillons plus grands comme celles de Etemadinejad en Iran avec (n=1499) (61), Falaschetti en Angleterre (n=6053) (47), Glindmeyeraux États Unis (n=5042) (48), et Hnizdo en Afrique du Sud (n=18524) (78), Dufetel au Sénégal (n=446) (46), Feng en Chine (n=443) (79), Gulsvik en Norvège (n=488) (49), Gore-Crockett en Australie (n=416) (80). D'autres études avaient des échantillons plus petits, comme celles de Crapo aux États Unis (n=259) (80), Galindez en Argentine (n=237) (44).

La prédominance féminine trouvée dans notre étude a été constatée aussi dans plusieurs études dont celles de Sang Yong en Corée du Sud avec 4047 femmes et 706 hommes (68), Tan au Canada avec 927 femmes et 729 hommes (66), Udipihille au Sri Lank avec 367 femmes et 328 hommes (67) et celle de Khalid Bouti au Maroc avec 170 femmes et 143 hommes (39). Seule l'étude de Boutros-Toni avait un échantillon exclusivement féminin, avec 290 adolescentes et femmes âgées de 10 à 70 (82).

D'autres études avaient une prédominance masculine, comme celles de de Jia en Chine avec 414 hommes et 200 femmes (50), de Jindal en Inde avec 540 hommes et 422 femmes (51), de El Attar en Tunisie avec 1088 hommes et 104 femmes (83) et celle de Morris aux États Unis avec 509 hommes et 454 femmes (53). Certaines études étaient composées exclusivement des hommes comme celles de Louw en Afrique du Sud avec 208 hommes (52), Singh en Malaisie avec 1485 volontaires de sexe masculin (54), et Sharp aux États Unis avec 528 hommes (84).

L'étude de Sirotkovic comprenait autant d'hommes ( $n=1250$ ) et de femmes ( $n=1250$ ) (85). Idem pour Belacy de l'Arabie Saoudite avec 250 hommes et 250 femmes(65).

Les études futures devraient encore améliorer la précision de nos équations de prédiction et traiter des échantillons plus grands que le nôtre dans toutes les autres régions du Maroc et couvrant toutes les ethnies.

L'indice de masse corporel moyen de la population de cette étude était de 25,26 kg/m<sup>2</sup>. D'autres études avaient trouvé des valeurs de L'IMC similaires comme celle de Khalid Bouti au Maroc 25,1 kg/m<sup>2</sup> (39), Ben Saad en Tunisie 26,5 kg/m<sup>2</sup> (60).

Concernant les groupes ethniques marocain, les deux majoritaires sont les arabes et les Amazighes qui contribuent dans la constitution du pool génétique marocain et deux minoritaires qui sont les juifs séfarades et les subsahariens. Deux autres études publiées ont retrouvé des similitudes entre les deux majeures ethnicités marocaines composées d'arabes et d'amazighes (38). L'étude faite par They-They et Nadifi a montré une similitude dans la fréquence de l'allèle C677T dans les deux populations arabes et Amazighes étudiées (86). A développer davantage

La présente étude avait quelques limites. D'abord elle était menée dans un seul centre, mais ceci était le cas pour la plupart des études sur le sujet come explicité plus haut. L'absence de valeurs de référence issue du débit expiratoire de pointe peut

être aussi considérée comme une limite de l'étude. Cette limite peut être considérée comme minimale vu que la méthodologie poursuivie dans l'étude était rigoureuse. Les mesures spirométriques ont été faites selon les recommandations internationales et un processus contrôle qualité a été poursuivi durant toutes ces mesures. La présente étude a concerné la tranche d'âge 40 et plus, de ce fait, nous ne pouvons pas faire l'extrapolation de ces équations de référence au-delà de la tranche d'âge étudiée lors de l'élaboration de ces données marocaines. Nous considérons que cette limite est plutôt une force puisque tout le travail a été fait sur une population plus homogène ce qui diminuerait au maximum les différents types de biais, ceux en rapport avec la collecte de l'information et aussi ceux en rapport avec l'interprétation des résultats.

Cette étude a par ailleurs plusieurs points forts. D'abord, c'est une étude qui a été menée dans un contexte international ayant permis de suivre les normes ATS/ERS actuelles et donc de la possibilité de faire toutes les comparaisons nécessaires à ce genre de travaux surtout avec des populations similaires. Le processus contrôle qualité poursuivi lors du déroulement de l'étude a exigé que tous les tracés de spirométrie soient réalisés ou contrôlés par le pneumologue de l'étude, permettant ainsi l'exclusion de certaines spirométries pour mauvaises manœuvres et que les données anthropométriques (âge, taille, IMC) soient mesurées en respectant les recommandations. Nous considérons donc que les résultats de cette étude sont fiables et représentent au mieux la réalité de la population marocaine.

# CONCLUSION

# ET RECOMMANDATIONS

La spirométrie étant l'examen clé pour le diagnostic et le suivi des BPCO, son interprétation se fait en comparant les résultats de chaque patient à des normes préalablement établies et qui ne sont pas forcément conformes à la population marocaine.

La présente étude a permis de fournir les équations de prédiction de la spirométrie chez une population d'adultes marocains âgés de 40 ans et plus. Ces équations qui tiennent compte des spécificités locales de la population marocaine n'étaient pas identiques à celles reconnues et couramment utilisées dans la pratique clinique. Ces résultats pourraient remettre en question l'attitude du clinicien vis-à-vis de la prise en charge de son patient et de son suivi et être une première étape vers une adaptation des outils utilisés dans la pratique clinique.

Nous recommandons donc de revoir ces normes spirométriques et d'utiliser celles qui représentent mieux le contexte marocain ce qui permettrait de mieux orienter le diagnostic et le suivi des patients.

Ceci dit, une étape préalable à l'implémentation de ces équations reste encore à faire : C'est leur validation dans la pratique courante. Des études futures devraient donc encore améliorer la précision de nos équations de prédiction et traitant des échantillons plus grands que le nôtre dans toutes les autres régions du Maroc et couvrant toutes les ethnies.

# RÉSUMÉ

## Résumés :

**INTRODUCTION :** L'élaboration de valeurs de référence et les équations de prédiction de spirométrie ont été peu étudiées chez la population adulte saine marocaine. Cette étude a comme objectif d'établir à partir d'un échantillon adulte de la population marocaine les valeurs de références et les équations de prédiction de la spirométrie.

**METHODES :** il s'agit d'une étude transversale ayant inclus des volontaires sains âgés de 40 ans et plus et vivant à l'arrondissement Saïss à Fès, au Maroc. Les données ont été collectées à travers un questionnaire contenant des données socio-démographiques et par le biais de réalisation de spirométrie et des mesures anthropométriques.

**RÉSULTATS :** Notre échantillon a intéressé 283 volontaires sains dont 99 étaient des hommes et 184 des femmes. L'âge moyen était de  $55 \pm 11,46$  ans, l'IMC moyen était de  $25,26 \pm 3,03$  Kg/m<sup>2</sup> et la taille moyenne était de  $160,4 \pm 9,29$  cm.

Les variables âge et la taille étaient considérées comme les principales variables indépendantes de la spirométrie.

Les équations issues de cette étude étaient les suivantes :

- **Celles issues de l'échantillon de spirométrie du sexe féminin (N=184) âgé de plus de 40 ans (âge en années et taille en cm) :**
  - $VEMS = -0,392 - 0,021\hat{A}ge + 0,024Taille$
  - $CVF = -0,593 - 0,026\hat{A}ge + 0,031Taille$
  - $VEMS/CVF = 80,483 - 0,336\hat{A}ge$
- **Celles issues de l'échantillon de spirométrie du sexe masculin(N=99) âgés de plus de 40 ans (âge en années et taille en cm) :**
  - $VEMS = -0,147 - 0,035\hat{A}ge + 0,031Taille$
  - $CVF = -2,570 - 0,027\hat{A}ge + 0,048Taille$



$$- \text{VEMS/CVF} = 96,162 - 0,336\text{Âge}$$

**CONCLUSION** : Cette étude, qui tient compte des spécificités marocaines, a fourni des équations de prédiction de la spirométrie chez des sujets âgés de plus de 40 ans. Ces équations pourraient être utiles pour le diagnostic et le suivi des patients BPCO au Maroc. Cette étude devrait par ailleurs être complétée par des études supplémentaires réalisées en pratique clinique pour la validation de ces équations.

## Abstract:

**INTRODUCTION:** The development of reference values and spirometry prediction equations has been little studied in the healthy adult Moroccan population. The aim of this study is to establish reference values and predictive equations for spirometry from an adult sample of the Moroccan population.

**METHODS:** This is a cross-sectional study that included healthy volunteers aged 40 years and older, living in the Saiss district of Fez, Morocco. Data were collected through a questionnaire containing socio-demographic data and through spirometry and anthropometric measurements.

**RESULTS:** Our sample has concerned 283 healthy volunteers of which 99 were men and 184 were women. The average age was  $55 \pm 11.46$  years, the average BMI was  $25.26 \pm 3.03$  Kg/m<sup>2</sup> and the average height was  $160.4 \pm 9.29$  cm.

Age and height were considered the main unrelated variables to spirometry.

The equations from this study were as follows:

- Those from the female spirometry sample (N=184) over 40 years of age (Age in years and height in cm) :
  - $FEV1 = -0.392 - 0.021 \text{Age} + 0.024 \text{Size}$
  - $CVF = -0.593 - 0.026 \text{Age} + 0.031 \text{Size}$
  - $FEV5/CFV = 80.483 - 0.336 \text{Age}$
- Those from the male spirometry sample (N=99) aged 40 years (Age in years and height in cm):
  - $FEV1 = -0.147 - 0.035 \text{Age} + 0.031 \text{Size}$
  - $FVC = -2.570 - 0.027 \text{Age} + 0.048 \text{Size}$
  - $FEV1 / CVF = 96.162 - 0.336 \text{Age}$

**CONCLUSION:** This study, which takes into consideration Moroccan specificities, provided predictive equations for spirometry in subjects over 40 years of Age. These equations could be useful for the diagnosis and follow-up of COPD patients in Morocco. This study should be complemented by additional studies in clinical practice to validate these equations.

## ملخص :

### مقدمة:

إن القيم المرجعية ومعادلات التنبؤ بقياس التنفس لم تدرس بشكل كاف لدى الساكنة الراشدة السليمة بالمغرب، ولهذا تهدف هذه الدراسة إلى إعدادها انطلاقاً من عينة راشدة من الساكنة المغربية.

### الطرق:

هي دراسة عرضية ضمت متطوعين سليمين في سن الأربعين أو أكثر، يقطنون في مقاطعة سايس بفاس في المغرب. جمعنا المعطيات من خلال استمارة تضم المعطيات الاجتماعية الاقتصادية من جهة وقياس التنفس والقياسات الأنثروبولوجية من جهة أخرى.

### النتائج:

شملت عينتنا هذه 283 متطوع سليم (99 رجلاً و184 امرأة)، حيث كان معدل أعمارهم  $11,46 \pm 55$  سنة، ومؤشر كتلهم الحجمية  $3,03 \pm 25,26$  كغ/م<sup>2</sup> ومتوسط طولهم  $9,29 \pm 160,4$  سم، وقد عد المتغيران السن والطول أهم المتغيرات المستقلة عن قياس التنفس.

المعادلات الناتجة عن هذه الدراسة هي كالاتي:

– معادلات قياس التنفس لدى النساء (184 امرأة يفوق سنهن الأربعين سنة وقد قيس طولهن بالسنتمتر):

$$- \text{VEMS} = -0,392 - 0,021\hat{\text{Age}} + 0,024\text{Taille}$$

$$- \text{CVF} = -0,593 - 0,026\hat{\text{Age}} + 0,031\text{Taille}$$

$$- \text{VEMS}/\text{CVF} = 80,483 - 0,336 \hat{\text{Age}}$$

– معادلات قياس التنفس لدى الرجال (99 رجلاً يفوق سنهم الأربعين سنة وقد قيس طولهم بالسنتمتر):

$$- \text{VEMS} = -0,147 - 0,035\hat{\text{Age}} + 0,031 \text{Taille}$$

$$- \text{CVF} = -2,570 - 0,027\hat{\text{Age}} + 0,048 \text{Taille}$$

$$- \text{VEMS}/\text{CVF} = 96,162 - 0,336 \hat{\text{Age}}$$

### الخلاصة:

مكنت هذه الدراسة –الأخذة بعين الاعتبار الخصائص المغربية– من تنبؤ معادلات قياس التنفس لدى الأشخاص الذين تفوق أعمارهم الأربعين سنة. قد تفيد هذه المعادلات في تشخيص وتتبع حالات أمراض الإنسداد الرئوي المزمن بالمغرب، لكنها تستلزم إجراء دراسة سريرية تكميلية لإثباتها.

# RÉFÉRENCES

# BIBLIOGRAPHIQUES

1. Wang H, Naghavi M, Allen C, Barber RM, Bhutta ZA, Carter A, et al. Global, regional, and national life expectancy, all-cause mortality, and cause-specific mortality for 249 causes of death, 1980–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*. 8 oct 2016;388(10053):1459-544.
2. Organization WH. Global Health Estimates (GHE). 2016. 2016 – Recherche Google [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Organization+WH.+Global+Health+Estimates+%28GHE%29.+2016.+2016>
3. Giraud V, Ameille J, Chinet T. Épidémiologie de la bronchopneumopathie chronique obstructive en France. *La Presse Médicale*. 1 mars 2008;37(3, Part 1):377-84.
4. Masson E. Epidémiologie de la bronchopneumopathie chronique obstructive [Internet]. EM-Consulte. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/202181>
5. Valentinuzzi ME, Johnston R. Spirometry: a historical gallery up to 1905. *IEEE Pulse*. févr 2014;5(1):73-6.
6. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *European Respiratory Journal*. 1 nov 2005;26(5):948-68.
7. Hutchinson J. On the capacity of the lungs, and on the respiratory functions, with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. *Med Chir Trans*. 1846;29:137-252.

8. MDZ-Reader | Band | Die Erkenntniß der Krankheiten der Brustorgane aus physikalischen Zeichen oder Auscultation, Percussion und Spirometrie / Albers, Johann Friedrich Hermann, 1805-1867 | Die Erkenntniß der Krankheiten der Brustorgane aus physikalischen Zeichen oder Auscultation, Percussion und Spirometrie / Albers, Johann Friedrich Hermann, 1805-1867 [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: [https://reader.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb10470234\\_00005.html](https://reader.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb10470234_00005.html)
9. Johnston R. Spirometer, W.E. Bowman's, 1863 [Internet]. PFT History. 2013 [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.pftforum.com/history/spirometer-w-e-bowmans-1863/>
10. A treatise on hygiene: with special reference to the military service - Digital Collections - National Library of Medicine [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://collections.nlm.nih.gov/catalog/nlm:nlmuid-62510670R-bk>
11. Aitken W. The Science and Practice of Medicine. Lindsay & Blakiston; 1872. 1024 p.
12. FIGURE 10 Casella's spirometer from The British Medical Journal, 28... [Internet]. ResearchGate. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/figure/Casellas-spirometer-from-The-British-Medical-Journal-28-Sept-1872-p-356-It-is\\_fig8\\_260719764](https://www.researchgate.net/figure/Casellas-spirometer-from-The-British-Medical-Journal-28-Sept-1872-p-356-It-is_fig8_260719764)
13. FIGURE 11 a.P. barnes' spirometer advertisement from The Herald of... [Internet]. ResearchGate. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/figure/aP-barnes-spirometer-advertisement-from-The-Herald-of-Health-jan-1875-p-93\\_fig9\\_260719764](https://www.researchgate.net/figure/aP-barnes-spirometer-advertisement-from-The-Herald-of-Health-jan-1875-p-93_fig9_260719764)

14. Victor jagielski's spirometer from The London Medical Record, published... | Download Scientific Diagram [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/figure/ctor-jagielskis-spirometer-from-The-London-Medical-Record-published-by-Smith-elder\\_fig10\\_260719764](https://www.researchgate.net/figure/ctor-jagielskis-spirometer-from-The-London-Medical-Record-published-by-Smith-elder_fig10_260719764)
15. Spirometry: A Historical Gallery Up to 1905 - EMBS [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.embs.org/pulse/articles/spirometry-a-historical-gallery/>
16. Johnston R. Spirometer, Stanley, 1891 [Internet]. PFT History. 2013 [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.pftforum.com/history/spirometer-stanley-1891/>
17. Johnston R. Spirometer, Shepard, 1892 [Internet]. PFT History. 2013 [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.pftforum.com/history/spirometer-shepard-1892/>
18. Truax C. The Mechanics of Surgery. Norman Publishing; 1988. 1080 p.
19. spirometre de budin . 1905 - Recherche Google [Internet]. [cité 4 déc 2020]. Disponible sur: [https://www.google.com/search?q=spirometre+de+budin+.+1905&tbm=isch&ved=2ahUKEwiD\\_KTdlrXtAhU1gHMKHX0JCVIQ2-cCegQIABAA&oq=spirometre+de+budin+.+1905&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzoGCAAQBxAeOggIABAIEAcQHID3NViVjAFgkZABaABwAHgAgAHnAYgBkTaSAQYwLjM1LjOYAQCgAQGqAQtn3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=n53KX8OwN7WAzgP9kqSQBQ&bih=694&biw=926&client=firefox-b-d#imgsrc=a0nHG5vc9NnCVM](https://www.google.com/search?q=spirometre+de+budin+.+1905&tbm=isch&ved=2ahUKEwiD_KTdlrXtAhU1gHMKHX0JCVIQ2-cCegQIABAA&oq=spirometre+de+budin+.+1905&gs_lcp=CgNpbWcQAzoGCAAQBxAeOggIABAIEAcQHID3NViVjAFgkZABaABwAHgAgAHnAYgBkTaSAQYwLjM1LjOYAQCgAQGqAQtn3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=n53KX8OwN7WAzgP9kqSQBQ&bih=694&biw=926&client=firefox-b-d#imgsrc=a0nHG5vc9NnCVM)
20. Johnston R. Spirometer, Tissot, 1927 [Internet]. PFT History. 2016 [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.pftforum.com/history/spirometer-tissot-1927/>



21. Tiffeneau R, Pinelli null. Circulating air and captive air in the exploration of the pulmonary ventilator function. *Paris Med.* 27 déc 1947;37(52):624-8.
22. Banque d'imÂges et de portraits — BIU Santé, Université de Paris [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.biusante.parisdescartes.fr/histoire/imÂges/index.php?refphot=med100000x1935xartorigx0720>
23. imÂges spirometre de tiffeneau 1945 - Recherche Google [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: [https://www.google.com/search?q=imÂges+spirometre+de+tiffeneau+1945&tbm=isch&ved=2ahUKEwjoksDupoftAhUPcxQKHQpGDfcQ2-cCegQIABAA&oq=imÂges+spirometre+de+tiffeneau+1945&gs\\_lcp=CgNpbWcQA1DdtQNYgt0DYMTmA2gAcAB4AIABzQGIAYQHkgEFMC40LjGYAQCgAQQgAQtn d3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=h5CyX6gzj-ZRi0y1uA8&bih=694&biw=926&client=firefox-b-d&hl=fr#imgrc=NzJwTsembCliFvM](https://www.google.com/search?q=imÂges+spirometre+de+tiffeneau+1945&tbm=isch&ved=2ahUKEwjoksDupoftAhUPcxQKHQpGDfcQ2-cCegQIABAA&oq=imÂges+spirometre+de+tiffeneau+1945&gs_lcp=CgNpbWcQA1DdtQNYgt0DYMTmA2gAcAB4AIABzQGIAYQHkgEFMC40LjGYAQCgAQQgAQtn d3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=h5CyX6gzj-ZRi0y1uA8&bih=694&biw=926&client=firefox-b-d&hl=fr#imgrc=NzJwTsembCliFvM)
24. spiromètre de palmer1963 - Recherche Google [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: [https://www.google.com/search?q=spirom%C3%A8tre+de+palmer1963&tbm=isch&ved=2ahUKEwi6x-yYqYftAhUy0uAKHcOyCj4Q2-cCegQIABAA&oq=spirom%C3%A8tre+de+palmer1963&gs\\_lcp=CgNpbWcQA1CixAJYpNsCYPXgAmgAcAB4AIAB1AGIAdQFkgEFMC4yLjKYAQCgAQQgAQtn d3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=-JKyX7rrKbKkgwfd5arwAw&bih=694&biw=926&client=firefox-b-d&hl=fr#imgrc=p2asuqSLk1g9DM](https://www.google.com/search?q=spirom%C3%A8tre+de+palmer1963&tbm=isch&ved=2ahUKEwi6x-yYqYftAhUy0uAKHcOyCj4Q2-cCegQIABAA&oq=spirom%C3%A8tre+de+palmer1963&gs_lcp=CgNpbWcQA1CixAJYpNsCYPXgAmgAcAB4AIAB1AGIAdQFkgEFMC4yLjKYAQCgAQQgAQtn d3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclient=img&ei=-JKyX7rrKbKkgwfd5arwAw&bih=694&biw=926&client=firefox-b-d&hl=fr#imgrc=p2asuqSLk1g9DM)
25. A. M. AM. New Products. *Occup Med (Lond).* 1 janv 1979;29(1):40-40.
26. Ayvazian LF. Occupational Pulmonary Disease. *Am Rev Respir Dis.* 1 nov 1987;136(5):1311-2.

27. Johnston R. Spirometer, Vitalograph Spirotrac III, 1991, Advertisement [Internet]. PFT History. 2016 [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.pftforum.com/history/spirometer-vitalograph-spirotrac-iii-1991-advertisement/>
28. Barnett M. Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Primary Care. John Wiley & Sons; 2006. 231 p.
29. 5.pdf [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://rspublication.com/ijphc/2014/april14/5.pdf>
30. Hansen JE, Sun X-G, Wasserman K. Spirometric criteria for airway obstruction: Use percent<sup>Â</sup>ge of FEV1/FVC ratio below the fifth percentile, not < 70%. Chest. févr 2007;131(2):349-55.
31. Pérez-Padilla R, Valdivia G, Muiño A, López MV, Márquez MN, Montes de Oca M, et al. [Spirometric reference values in 5 large Latin American cities for subjects <sup>Â</sup>ged 40 years or over]. Arch Bronconeumol. juill 2006;42(7):317-25.
32. Quanjer PH, Stocks J, Cole TJ, Hall GL, Stanojevic S. Influence of secular trends and sample size on reference equations for lung function tests. European Respiratory Journal. 1 mars 2011;37(3):658-64.
33. (PDF) Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. Am J Respir Crit Care Med. 159: 179–187 [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/publication/13415286\\_Hankinson\\_JL\\_Odencrantz\\_JR\\_Fedan\\_KB\\_Spirometric\\_reference\\_values\\_from\\_a\\_sample\\_of\\_the\\_general\\_US\\_population\\_Am\\_J\\_Respir\\_Crit\\_Care\\_Med\\_159\\_179-187](https://www.researchgate.net/publication/13415286_Hankinson_JL_Odencrantz_JR_Fedan_KB_Spirometric_reference_values_from_a_sample_of_the_general_US_population_Am_J_Respir_Crit_Care_Med_159_179-187)
34. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault J-C. Lung volumes and forced ventilatory flows. European Respiratory Journal. 1 mars 1993;6(Suppl 16):5-40.

35. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr Age range: the global lung function 2012 equations | European Respiratory Society [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://erj.ersjournals.com/content/40/6/1324>
36. Age- and height-based prediction bias in spirometry reference equations | European Respiratory Society [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://erj.ersjournals.com/content/40/1/190>
37. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med.* janv 1999;159(1):179-87.
38. Bosch E, Calafell F, Pérez-Lezaun A, Clarimón J, Comas D, Mateu E, et al. Genetic structure of north-west Africa revealed by STR analysis. *Eur J Hum Genet.* mai 2000;8(5):360-6.
39. Bouti K, Maouni I, Benamor J. Predictive Regression Equations of Flowmetric and Spirometric Peak Expiratory Flow in Healthy Moroccan Adults. Bourkadi JE, éditeur. *Int Sch Res Notices* [Internet]. 30 mars 2017 [cité 24 oct 2020];2017. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5390535/>
40. Society AT. Recommended respiratory disease questionnaires for use with adults and children in epidemiological research. *Am Rev Respir Dis.* 1978;118:7-53 – Recherche Google [Internet]. [cité 16 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Society+AT.+Recommended+respiratory+disease+questionnaires+for+use+with+adults+and+children+in+epidemiological+research.+Am+Rev+Respir+Dis.+1978%3B118%3A7-53+>
41. Quality of Spirometry tests performed by 9893 adults in 14 countries: The BOLD Study. *Respiratory Medicine.* 1 oct 2011;105(10):1507-15.

42. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr Age range: the global lung function 2012 equations. *European Respiratory Journal*. 1 déc 2012;40(6):1324-43.
43. Brändli O, Schindler C, Künzli N, Keller R, Perruchoud AP. Lung function in healthy never smoking adults: reference values and lower limits of normal of a Swiss population. *Thorax*. mars 1996;51(3):277-83.
44. Crapo RO, Jensen RL, Lockey JE, Aldrich V, Elliott CG. Normal spirometric values in healthy Hispanic Americans. *Chest*. déc 1990;98(6):1435-9.
45. Dockery DW, Ware JH, Ferris BG, Glicksberg DS, Fay ME, Spiro A, et al. Distribution of forced expiratory volume in one second and forced vital capacity in healthy, white, adult never-smokers in six U.S. cities. *Am Rev Respir Dis*. avr 1985;131(4):511-20.
46. Dufetel P, Pigearias B, Lonsdorfer J, Derossi G, Diaine C, Faltot PJ. Spirometric reference values in Senegalese black adults. *European Respiratory Journal*. 1 avr 1989;2(4):352-8.
47. Falaschetti E, Laiho J, Primatesta P, Purdon S. Prediction equations for normal and low lung function from the Health Survey for England. *European Respiratory Journal*. 1 mars 2004;23(3):456-63.
48. Glindmeyer HW, Lefante JJ, McColloster C, Jones RN, Weill H. Blue-collar normative spirometric values for Caucasian and African-American men and women Âged 18 to 65. *Am J Respir Crit Care Med*. févr 1995;151(2 Pt 1):412-22.
49. Gulsvik A, Tosteson T, Bakke P, Humerfelt S, Weiss ST, Speizer FE. Expiratory and inspiratory forced vital capacity and one-second forced volume in asymptomatic never-smokers in Norway. *Clinical Physiology*. 2001;21(6):648-60.

50. Tian X-Y, Liu C-H, Wang D-X, Ji X-L, Shi H, Zheng C-Y, et al. Spirometric Reference Equations for Elderly Chinese in Jinan Âged 60-84 Years. *Chin Med J (Engl)*. 5 mai 2018;131(9):1016-22.
51. JINDAL (S.K.), JINDAL (S.K.), WAHI (P.L.). Pulmonary function laboratory in the tropics : needs, problems, and solutions. *Pulmonary function laboratory in the tropics : needs, problems, and solutions*. 1991;
52. Louw SJ, Goldin JG, Joubert G. Spirometry of healthy adult South African men. Part I. Normative values. *S Afr Med J*. juill 1996;86(7):814-9.
53. Morris JF, Temple WP, Koski A. Normal values for the ratio of one-second forced expiratory volume to forced vital capacity. *Am Rev Respir Dis*. oct 1973;108(4):1000-3.
54. Singh R, Singh HJ, Sirisinghe RG. Spirometric volumes in Malaysian males. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. juin 1994;25(2):341-8.
55. Ratomaharo J, Linares Perdomo O, Collingridge DS, Andriamihaja R, Hegewald M, Jensen RL, et al. Spirometric reference values for Malagasy adults Âged 18-73 years. *Eur Respir J*. avr 2015;45(4):1046-54.
56. Roberts CM, MacRae KD, Winning AJ, Adams L, Seed WA. Reference values and prediction equations for normal lung function in a non-smoking white urban population. *Thorax*. sept 1991;46(9):643-50.
57. Schwartz JD, Katz SA, Fegley RW, Tockman MS. Analysis of Spirometric Data from a National Sample of Healthy 6- to 24-year-olds (NHANES II). *Am Rev Respir Dis*. 1 déc 1988;138(6):1405-14.
58. Smolej-Narancic N, Pavlovic M, Rudan P. Ventilatory parameters in healthy nonsmoking adults of Adriatic islands (Yugoslavia). *European Respiratory Journal*. 1 sept 1991;4(8):955-64.

59. Tabka Z, Hassayoune H, Guenard H, Zebidi A, Commenges D, Essabah H, et al. [Spirometric reference values in a Tunisian population]. *Tunis Med.* févr 1995;73(2):125-31.
60. Ben Saad H, El Attar MN, Hadj Mabrouk K, Ben Abdelaziz A, Abdelghani A, Bousarssar M, et al. The recent multi-ethnic global lung initiative 2012 (GLI2012) reference values don't reflect contemporary adult's North African spirometry. *Respir Med.* déc 2013;107(12):2000-8.
61. Etemadinezhad S, Alizadeh A. Spirometric reference values for healthy adults in the Mazandaran province of Iran. *Jornal Brasileiro de Pneumologia.* oct 2011;37(5):615-20.
62. Hedenström H, Malmberg P, Agarwal K. Reference values for lung function tests in females. Regression equations with smoking variables. *Bull Eur Physiopathol Respir.* déc 1985;21(6):551-7.
63. La Paglia G, Iacona A, Iannello G, Salvaggio L, Scaduto M. [Normal spirometric values in the Sicilian population]. *G Ital Med Lav.* janv 1988;10(1):31-7.
64. Ketfi A, Gharnaout M, Bougrida M, Ben Saad H. The multi-ethnic global lung initiative 2012 (GLI-2012) norms reflect contemporary adult's Algerian spirometry. *PLoS One* [Internet]. 4 sept 2018 [cité 17 nov 2020];13(9). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6122801/>
65. Belacy NA, Altemani AH, Abdelsalam MH, El-Damarawi MA, Elsayy BM, Nasif NA, et al. Reference Values for Lung Function Tests in Adult Saudi Population. *International Journal of Internal Medicine.* 2014;3(3):43-52.
66. Tan W, Bourbeau J, Hernandez P, Chapman K, Cowie R, FitzGerald M, et al. Canadian prediction equations of spirometric lung function for Caucasian adults 20 to 90 years of Age: Results from the Canadian Obstructive Lung Disease (COLD) study and the Lung Health Canadian Environment (LHCE) study. *Can Respir J.* 2011;18(6):321-6.

67. Udupihille M. Spirometric and flow standards for healthy adult non-smoking Sri Lankans belonging to the Sinhalese ethnic group. *Ann Hum Biol.* août 1995;22(4):321-36.
68. Galíndez F, Sívori M, García O, Césaró J, Suárez A, Bleker J, et al. [Normograms of spirometric values for the city of Buenos Aires]. *Medicina (B Aires).* 1998;58(2):141-6.
69. Bashir AA, Musa O a. A. Reference spirometric values in a Sudanese cohort. *East Mediterr Health J.* févr 2012;18(2):151-8.
70. Ostrowski S, Barud W. FACTORS INFLUENCING LUNG FUNCTION: ARE THE PREDICTED VALUES FOR SPIROMETRY RELIABLE ENOUGH? :9.
71. Cotes JE, Ward MP. Ventilatory capacity in normal Bhutanese. *J Physiol.* oct 1966;186(2):88P-89P.
72. Jacobs DR, Nelson ET, Dontas AS, Keller J, Slattery ML, Higgins M. Are Race and Sex Differences in Lung Function Explained by Frame Size?: The CARDIA Study. *Am Rev Respir Dis.* sept 1992;146(3):644-9.
73. Al-Rawas OA, Baddar S, Al-Maniri AA, Balaji J, Jayakrishnan B, Al-Riyami BM. Normal spirometric reference values for Omani adults. *Lung.* août 2009;187(4):245-51.
74. Memon MA, Sandila MP, Ahmed ST. Spirometric reference values in healthy, non-smoking, urban Pakistani population. *JPMA The Journal of the Pakistan Medical Association.* 2007;
75. Brisman J, Kim J-L, Olin A-C, Torén K, Bake B. Spirometric reference equations for Swedish adults. *Clin Physiol Funct Imaging.* nov 2017;37(6):640-5.
76. Chatterjee S, Nag SK, Dey SK. Spirometric standards for non-smokers and smokers of India (eastern region). *Jpn J Physiol.* 1988;38(3):283-98.

77. Coates AL, Wong SL, Tremblay C, Hankinson JL. Reference Equations for Spirometry in the Canadian Population. *Ann Am Thorac Soc.* 2016;13(6):833-41.
78. Hnizdo E, Churchyard G, Dowdeswel R. Lung function prediction equations derived from healthy South African gold miners. *Occup Environ Med.* oct 2000;57(10):698-705.
79. Feng K, Chen L, Han S-M, Zhu G-J. Spirometric Standards for Healthy Children and Adolescents of Korean Chinese in Northeast China. *Journal of Korean Medical Science.* 1 nov 2011;26(11):1469-73.
80. Gore CJ, Crockett AJ, Pederson DG, Booth ML, Bauman A, Owen N. Spirometric standards for healthy adult lifetime nonsmokers in Australia. *Eur Respir J.* mai 1995;8(5):773-82.
81. Eom S-Y, Kim H. Reference Values for the Pulmonary Function of Korean Adults Using the Data of Korea National Health and Nutrition Examination Survey IV (2007-2009). *Journal of Korean Medical Science.* 1 mars 2013;28(3):424-30.
82. Boutros-Toni F, Pigearias B, Konate P, Lonsdorfer J. [Spirometric reference values in black females]. *Bull Eur Physiopathol Respir.* août 1983;19(4):331-8.
83. Mn EA, K HM, A BA, A A, M B, K L, et al. Applicability of the Old European Respiratory Society/European Community for Steel and Coal reference equations for spirometry interpretation in Tunisian adult population. *Tunis Med.* 1 août 2014;92(8-9):574-80.
84. Sharp DS, Enright PL, Chiu D, Burchfiel CM, Rodriguez BL, Curb JD. Reference values for pulmonary function tests of Japanese-American men Âged 71 to 90 years. *Am J Respir Crit Care Med.* 1 févr 1996;153(2):805-11.
85. Sirotković M, Cvorišćec B. Spirometric reference values in school children from Dalmatia. *Monaldi Arch Chest Dis.* août 1995;50(4):258-63.



86. They-they TP, Hamzi K, Mazabraud A, Nadifi S. Fréquence du polymorphisme C677T du gène de la méthylène tetrahydrofolate réductase (MTHFR) dans les populations arabe et berbère du Maroc [Internet]. undefined. 2009 [cité 17 nov 2020]. Disponible sur: [/paper/Fr%C3%A9quence-du-polymorphisme-C677T-du-g%C3%A8ne-de-la-dans-They-they-Hamzi/38676e09c0e1a6ac3194f204e586154762d9c0d6](#)



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

المملكة المغربية Royaume du Maroc

كلية الطب والصيدلة  
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

أطروحة رقم 20/185

سنة 2020

# تفعيل معايير قياس التنفس على الساكنة المغربية نتائج دراسة BOLD - الجزء I

## الأطروحة

قدمت و نوقشت علانية يوم 2020/12/16

من طرف

الآنسة دوس ساتوس فيلهيث ديدينا

المزادة في 1993/10/15 بساو تومي

## لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

### الكلمات الأساسية

قياس التنفس - القيم المرجعية - شخص بالغ - المغرب

### اللجنة

الرئيس ..... السيد محمد شكيب بنجلون

أستاذ في علم أمراض الرئة والسل

المشرفة ..... السيدة كريمة الغازي

أستاذة في الطب المجتمعي

الأعضاء { ..... السيد محمد البياز

أستاذ علم أمراض الرئة والسل

..... السيدة منيا سراج

أستاذ علم أمراض الرئة والسل

..... السيد تاشفوتي نبيل

أستاذ في علم الأوبئة السريري