

EDITORIAL

OPEN ACCESS

Histoire des équations de référence spirométriques et pléthysmographiques en Algérie

DOI : <https://doi.org/10.51782/jfmo.v7i1.184>

Soumis le 16/04/2023 ; accepté le 22/05/2023; publié en ligne le 27/06/2023

Les pathologies respiratoires chroniques représentent un problème de santé public et nécessitent une prise en charge adéquate (1, 2). Dans ce cadre, les explorations fonctionnelles respiratoires (EFR), dont la spirométrie et la pléthysmographie, sont d'un grand apport, puisqu'elles aident à la gestion de plusieurs pathologies respiratoires chroniques (comme l'asthme, la bronchopneumopathie chronique obstructive, la fibrose pulmonaire, et le syndrome d'apnées du sommeil...), ou de pathologies chroniques ayant des répercussions respiratoires (comme les connectivites, les cardiopathies, et le diabète sucré...) (1-5).

D'autre part, la diminution de certaines variables telles que le rapport entre le volume expiré maximal à la première seconde et la capacité vitale forcée (VEMS/CVF) ou la capacité pulmonaire totale (CPT) permettent de diagnostiquer des déficits ventilatoires, respectivement, obstructif (DVO) ou restrictif (DVR) (6), et d'évaluer leurs sévérités. De l'autre part, l'élévation de certaines variables telles que les rapports entre la capacité résiduelle fonctionnelle (CRF) et la CPT (CRF/CPT) et entre le volume résiduel (VR) et la CPT (VR/CPT) permet de retenir le diagnostic d'une distension pulmonaire (6). Toutefois, en l'absence d'un point de référence spécifique intra individuel, l'interprétation des résultats des EFR rencontre fréquemment des difficultés (3-5).

En effet, l'interprétation des EFR nécessite une comparaison des variables déterminées chez le patient avec celles de référence calculées selon des équations de référence (ER) (3-5). Ces ER doivent découler de mesures réalisées au sein d'un échantillon représentatif de la population générale qui possède les mêmes caractéristiques anthropométriques, ethniques, socio-économiques et environnementales que le patient testé (3-6). Depuis 2012, plusieurs développements vitaux liés aux variables spirométriques et aux volumes pulmonaires statiques (VPS) ont eu lieu à l'échelle mondiale (5).

En effet, le groupe de travail de l'initiative mondiale sur la fonction pulmonaire (global lung function initiative, GLI) a publié des ER pour les variables spirométriques (7) et pour les VPS (8). Ces ER (7, 8) sont désormais commercialisées en Algérie, et implantées dans les logiciels des spiromètres et des pléthysmographes. Pour les médecins et les chercheurs Algériens, il est crucial de savoir si le pays dispose d'ER pour les variables spirométriques et les VPS qui sont validés en Algérie.

Ainsi l'objectif principal de cet éditorial a été de présenter un aperçu historique des ER des variables spirométriques et des VPS disponibles pour la population Algérienne. L'objectif secondaire a été d'éclairer les médecins et les chercheurs sur la possibilité d'appliquer les ER établies par le GLI (7, 8) en Algérie.

Histoire des ER Algériennes pour les variables spirométriques et les VPS

A la date du 16 avril 2023, seulement deux articles Algériens publiés par l'équipe de physiologie de Constantine ont essayé de développer des ER (9, 10). Il y a sûrement d'autres chercheurs qui ont essayé de développer des ER propres à la population Algérienne, mais leurs travaux n'ont pas été publiés. Le premier papier intitulé «Équations de référence spirométriques des Algériens âgés de 19 à 73 ans» a été publié en 2008 par Bougrida et al. (9). Dans cette étude, les auteurs (9) ont établi des ER pléthysmographiques à partir d'une population d'adultes natifs de l'Est-Algérien (ER-EA), et ils les ont comparé aux ER Européennes publiées en 1983 par la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier (CECA) (11). Les variables spirométriques et les VPS ont été mesurées en pléthysmographie corporelle totale chez 273 sujets sains (120 femmes, âge: 42 ± 14 ans; taille: 169 ± 10 cm; poids: 74 ± 13 kg), et des ER ont été établies sous formes de modèles linéaires.

Les auteurs ont rapporté que les i) ER-EA expliquent 17% à 68% de la variabilité des débits expiratoires et des VPS, et ii) ER-CECA (11) sous-estiment significativement les valeurs calculées pour le VEMS, la CVF et le rapport VEMS/CVF (respectivement de $0,38 \pm 0,45$ l, de $0,36 \pm 0,55$ l, et de $0,01 \pm 0,06$). Bougrida et al. (9) ont donc recommandé l'application de ER-EA sur l'ensemble du territoire algérien (9). Cependant, la plupart des services de pneumologie et des EFR Algériens n'ont pas opté pour l'utilisation des ER-EA (9), et ont continué à utiliser les ER-CECA (11).

Les raisons principales arguées pour expliquer cette réticence ont été le manque d'information concernant la disponibilité et l'utilité de ces ER, ainsi que le manque d'intégration généralisée de ces ER par les fabricants, suivi en 2012 par l'apparition des ER internationales. Cependant, en raison des facteurs environnementaux relatifs à l'altitude (les ER-EA ont été réalisés dans la ville de Constantine, située à une altitude moyenne de 694 m, alors qu'Alger par exemple est une ville située à une altitude moyenne de 153 m), la pollution de l'air et l'humidité (Constantine est une ville moins polluée et à climat relativement sec, Alger est une ville plus polluée et plus humide) et des probables disparités anthropométriques (12).

Comme la fonction respiratoire est influencée par les facteurs suscités, des ER mal adaptées à la population testée pourraient aboutir à une sur- ou sous-estimation des variables spirométriques et des VPS chez un patient donné, conclure de manière erronée à l'existence ou à l'absence d'un déficit ventilatoire, et finalement être source d'erreurs d'interprétations cliniques et de conduites thérapeutiques (12). Pour ces raisons, Ketfi et al. (12) ont publié en 2019 une étude intitulée « Les équations de référence pléthysmographiques établies chez les adultes natifs de l'Est Algérien sont inapplicables pour ceux natifs du Nord Algérien ».

L'étude a vérifié l'applicabilité des ER-EA (9) sur une population d'adultes sains natifs d'Alger. Les variables pléthysmographiques mesurées chez 453 adultes sains natifs d'Alger (234 femmes; âge: 45 ± 15 ans, taille: 166 ± 10 cm, poids: 73 ± 14 kg) ont été comparées avec celles prédites par les ER-EA (9), et les auteurs (12) ont déterminé les pourcentages des adultes sains ayant un DVO ou un DVR ou une distension pulmonaire selon les ER-EA (9).

Les auteurs (12) ont avancé l'hypothèse que les ER-EA seront considérées comme inapplicables si les différences entre les variables mesurées et les valeurs prédites par les ER-EA (9) seront statistiquement significatives, et si plus de 5% des adultes sains natifs du Nord-Algérien auront un DVO et/ou un DVR et/ou une distension pulmonaire. Ketfi et al. (12) ont trouvé que les ER-EA (9) ont i) Sures-timé significativement le VEMS de $0,27 \pm 0,39$ l, la capacité vitale lente (CVL) de $0,21 \pm 0,50$ l, la CPT de $0,31 \pm 0,62$ l, et les rapports VEMS/CVL et VEMS/CVF de $0,03 \pm 0,05$, et ii) Sous-estimé significativement le rapport VR/CPT de $0,01 \pm 0,05$ (12).

De plus, les pourcentages des adultes sains natifs du Nord-Algérien ayant un DVO, un DVR ou une distension pulmonaire étaient, respectivement, de 14%, 9%, et 6% (12). Ketfi et al. (12) ont conclu que les ER-EA (9) sont inapplicables aux adultes natifs du Nord-Algérien. Le 2ème papier intitulé « Valeurs de référence spirométriques des enfants de la ville de Constantine (Région de l'Est-Algérien) » a été publié par Bougrida et al. (10) en 2012. Bougrida et al. (10) ont évalué la nécessité de normes spirométriques pour les enfants âgés de 5 à 16 ans et vivants à Constantine.

Les variables spirométriques ont été mesurées en utilisant un spiromètre portable chez 208 enfants sains (101 filles) et des ER ont été établies sous formes de modèles logarithmiques. Bougrida et al. (10) ont rapporté que i) Les ER établies dans d'autres régions (Chine, Angleterre, Iran, Hong-kong, Tunisie) (13-17) ne prédisent pas de façon fiable les variables spirométriques mesurées chez les enfants constantinois; ii) La combinaison du sexe, de l'âge, de la taille, du poids, de l'indice de masse corporelle, et de la surface corporelle, explique entre 69% et 94% de la variabilité des variables spirométriques. Dans un autre groupe prospectif de 24 enfants, la corrélation entre le VEMS mesuré et celui prédit par les ER locales a été satisfaisante.

Bougrida et al. (10) ont conclu que les ER spirométriques propres aux enfants Constantinois, enrichissent la Banque mondiale d'ER, à partir de laquelle les médecins peuvent choisir les ER en fonction de l'origine et de l'ethnie des patients (12). A la date du 16 avril 2023, aucune étude Algérienne n'a vérifié l'applicabilité de ces ER spirométriques propres aux enfants natifs de l'Est-Algérien (12) sur une population d'enfants sains natifs d'autres régions (Alger par exemple).

*

Les ER établies par le groupe de travail GLI sont-elles applicables en Algérie?

Depuis 2012, certains développements fondamentaux reliés aux variables spirométriques et aux VPS ont eu lieu (5). Premièrement, en 2012, le groupe de travail GLI a publié des ER multiethniques pour les variables spirométriques (GLI-2012) à partir de données recueillies auprès de 72031 individus en bonne santé (26 pays) âgés de 3 à 95 ans (7). Les ER GLI-2012 ont fourni des ER spécifiques au sexe, à l'âge, à la taille, et à cinq groupes ethniques (caucasiens, noir, nord-est asiatique, sud-est asiatique, autre/mixte) (7).

Les valeurs spirométriques de 273 adultes natifs de l'Est-Algérien et âgés de 19 à 73 ans (9) ont été incluses dans le groupe ethnique caucasien ($n=55428$), ce qui représente 0,49% des données caucasiennes. Les ER GLI-2012 ont été développées pour le VEMS, la CVF, le rapport VEMS/CVF, le débit expiratoire maximal médian (DEMM) et le débit expiré maximal lorsque 75% de la CVF a été expiré. Deuxièmement, en 2021 le groupe de travail GLI a publié des ER pour les VPS comprenant 7190 observations d'individus d'ascendance «européenne», sains âgés de 5 à 80 (GLI-2021) (8).

Les observations ont été recueillies auprès de 17 centres dans 11 pays dont la Tunisie (8). En effet, la Tunisie était le seul pays du Maghreb Arabe qui a participé à l'étude susmentionnée (8), et les valeurs des VPS de 615 Tunisiens (341 femmes) âgés de 18 à 80 ans (8,55% des données totales), ont été incluses dans l'échantillon final retenu pour établir les ER GLI-2021 (8). Le fait que des données tunisiennes ont été injectées dans les ER GLI-2021 (8), rend la qualification des individus inclus comme ayant une «ascendance européenne» une source de confusion ethnique et historique (18).

Ce point a été largement discuté dans une lettre à l'éditeur (18). Les ER GLI-2021 ont été développées pour la CPT, la CRF, le VR, la capacité inspiratoire (CI), la CVL, le volume de réserve expiratoire (VRE), et le rapport VR/CPT (8). Troisièmement, le GLI a appliqué de techniques statistiques nouvelles et plus appropriées pour déterminer les limites inférieure et supérieure de la normale (respectivement, LIN, LSN) (7, 8). La méthode LMS [λ (asymétrie), μ (médiane), σ (coefficient de variation)] a été appliquée et les «modèles additifs généralisés de forme et d'échelle de localisation» ont été utilisés (7, 8).

Afin de refléter les variations des distributions des variables spirométriques et des VPS au fur et à mesure que les individus grandissent et vieillissent, le LMS change avec la taille et/ou l'âge (8). Basée sur la technique LMS, une méthode supplémentaire basée sur les z-scores des variables déterminées a été proposée pour interpréter les variables spirométriques et les VPS (7, 8). Le z-score est un indice indépendant de la taille, de l'âge, du sexe et de l'origine ethnique, qui indique de combien d'écarts types la variable spirométrique ou le VPS d'un individu est dévié de sa valeur prédite, avec seulement 5% des individus sains ayant un z-score $< -1,645$ ou $> +1,645$ (7, 8).

Contrairement au pourcentage prédit, les z-scores sont exempts de biais dus à l'âge, à la taille, au sexe et au groupe ethnique, et sont donc particulièrement utiles pour définir les LIN et LSN; ils simplifient également l'interprétation uniforme des résultats des variables spirométriques et des VPS (7, 8). Quatrièmement, les ER GLI-2012 et GLI-2021 (7, 8) ont été approuvées par plusieurs sociétés savantes [société thoracique américaine, société respiratoire européenne, société thoracique panafricaine]. Les ER GLI-2012 et GLI-2021 (7, 8) devraient être intégrées à tous les logiciels des spiromètres et pléthysmographes.

Les médecins/chercheurs peuvent contacter les fabricants des machines pour avoir les informations nécessaires sur la mise en œuvre des ER GLI dans leur logiciel. La liste des fabricants est consultable via ce lien: <https://dev.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative/where-are-gli-available/>.

En cas de difficultés, le groupe de travail GLI a proposé d'autres alternatives. Concernant les ER GLI-2012, pour générer des valeurs prédites, la LIN, les z-scores et les pourcentages prédits pour chaque variable spirométrique (7), les chercheurs/médecins peuvent télécharger des logiciels de calcul individuel pour ordinateurs personnels (19) ou un logiciel de bureau pour des ensembles de données contenant jusqu'à 60000 enregistrements (20). De même, un calculateur en ligne est disponible (21).

Pour les ER GLI-2021 (8), un calculateur en ligne a été développé pour générer les valeurs prédites des VPS, les z-scores, les LIN, les LSN, et les pourcentages prédits (21). Un autre calculateur en ligne (21) a été créé pour intégrer les ER GLI-2012 et GLI-2021 (7, 8), en plus des ER GLI-2017 pour le facteur de transfert du monoxyde de carbone (22). Pour plusieurs enregistrements (par exemple, des études de recherche), une fonctionnalité de traitement de fichier Excel peut être utilisée.

Les médecins/chercheurs sont invités à préparer un fichier Excel avec les valeurs d'entrée obligatoires et facultatives pour leurs variables d'intérêt, et à les télécharger via la page <http://gli-calculator.ersnet.org/index.html>. Les variables obligatoires à inclure dans le fichier Excel sont l'âge, la taille, le sexe, et l'origine ethnique. Les valeurs d'entrée facultatives sont les variables spirométriques et les VPS. Pour chaque variable, le logiciel calculera plusieurs résultats (c'est-à-dire, valeur prédite, LIN, LSN, et z-score).

Étant donné que les ER GLI-2012 et GLI-2021 (7, 8) sont désormais commercialisées en Algérie, certains auteurs (23-25) ont étudié l'application des ER susmentionnées en Algérie. Concernant les GLI-2012 (7), une étude Algérienne publiée en 2018 par Ketfi et al. (23) et portant sur un échantillon de convenance de 300 adultes sains non-fumeurs (150 femmes, tranche d'âge: 18-85 ans) recrutés dans la population générale de la région d'Alger a recommandé l'utilisation des ER GLI-2012 du groupe Caucasiens. Les moyennes $\pm$ écarts types des z-scores de l'échantillon totale étaient de $0,22 \pm 0,87$ pour la CVF, $0,04 \pm 0,88$ pour le VEMS, $-0,34 \pm 0,67$ pour le VEMS/CVF, et $0,93 \pm 0,79$ pour le DEMM (23).

Ketfi et al. (23) ont alors soutenu l'applicabilité des ER GLI-2012 pour interpréter le VEMS, la CVF et VEMS/CVF, mais pas le DEMM. Une autre étude multicentrique Africaine publiée en 2019 par le groupe de travail PAAS (Paediatric and Adult African Spirometry) a aussi recommandé l'utilisation des ER GLI-2012 du groupe Caucasiens en Algérie (24).

Dans cette étude, l'Algérie a été représentée par 491 sujets sains (245 femmes, médiane (interquartile) de l'âge et de la taille, respectivement, de 47 (3-60) ans, et de 165 (158-173) cm). Les z-scores du VEMS, de la CVF et du rapport VEMS/CVF ont été dans les normes, respectivement, de $-0,07 \pm 0,90$, de $0,17 \pm 0,88$, et de $-0,41 \pm 0,73$ (24).

Concernant les GLI-2021 (8), une étude Algérienne publiée par Ketfi et al. (25) en 2022 et portant sur un échantillon de convenance de 481 adultes sains non-fumeurs (242 femmes, tranche d'âge: 18-80 ans) recrutés dans la population générale de la région d'Alger, a recommandé la prudence lors de leur utilisation. Les auteurs (25) ont trouvé que les VPS déterminés chez les adultes Algériens étaient significativement différents de ceux prédits, avec des différences (moyennes $\pm$ écarts-types) de l'ordre de 170 ± 470 ml pour la CI, -100 ± 490 ml pour la CVL, 170 ± 400 ml pour le VRE, 240 ± 620 ml pour la CPT, 370 ± 340 ml pour le VR, 480 ± 480 ml pour la CRF, et $5,28 \pm 4,38\%$ pour le rapport VR/CPT.

De surplus, les z-scores pour la CI, la CVL, le VRE, et la CPT étaient dans la plage normale (moyennes $\pm$ écarts-types respectives, $-0,29 \pm 0,88$, $-0,17 \pm 0,94$, $0,29 \pm 0,77$, et $0,35 \pm 0,86$), mais les z-scores du VR, de la CRF, et du VR/CPT étaient en dehors de la plage normale (moyennes $\pm$ écarts-types respectifs, $0,74 \pm 0,66$, $0,75 \pm 0,72$, et $0,83 \pm 0,75$). Ketfi et al. (25) ont conclu que chez les adultes algériens sains, les ER GLI-2021 correspondent bien à la CVL, la CVF, le VRE, et la CI, mais elles ne correspondent pas à la CRF, le VR, et le rapport VR/CPT.

En conclusion, des ER pour les variables pléthysmographiques propres aux adultes, et des ER pour les variables spirométriques propres aux enfants ont été publiées, respectivement, en 2008 et 2012. Ces ER concernent les individus natifs de l'Est-Algérien, et les ER pour les variables pléthysmographiques ne sont pas applicables dans la région d'Alger. D'autres études ont montré que les ER GLI-2012 sont applicables en Algérie, et que l'application des ER GLI-2021 est sujette à caution.

En pratique, le recours à des ER compatibles avec la population Algérienne pourrait minimiser les taux des faux positifs et des faux négatifs, d'autant plus que la stratégie d'interprétation suivie consiste à comparer la valeur mesurée/notée avec des LIN et des LSN déterminées par des ER et non pas à un seuil de pourcentage fixe au préalable.

Fatma GUEZGUEZ¹⁻³, Helmi BEN SAAD¹⁻³

¹Service de physiologie et explorations fonctionnelles. EPS Farhat HACHED. Sousse. Tunisie.

²Laboratoire de physiologie. Faculté de Médecine de Sousse. Université de Sousse. Sousse. Tunisie.

³Laboratoire de recherche "Insuffisance Cardiaque, LR12SP09", EPS Farhat HACHED, Sousse, Tunisie

Liste des abréviations	
CECA: Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier	ER: Equations de référence
CI: Capacité inspiratoire	ER-EA: Equations de référence de l'Est-Algérien
CPT: Capacité pulmonaire totale	GLI: Global lung function initiative
CRF: Capacité résiduelle fonctionnelle	LIN: Limite inférieure de la normale
CVF: Capacité vitale forcée	LMS: Lambda Mu Sigma
CVL: Capacité vitale lente	LSN: Limite supérieure de la normale
DEMM: Débit expiratoire maximal médian	VEMS: Volume expiré maximal à la première seconde
DVO: Déficit ventilatoire obstructif	VPS: Volumes pulmonaires statiques
DVR: Déficit ventilatoire restrictif	VR: Volume résiduel
EFR: Explorations fonctionnelles respiratoires	VRE: Volume de réserve expiratoire

Références

1. GOLD. Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD: 2023 report. Téléchargeable via ce lien: <https://goldcopd.org/2023-gold-report-2/> (Date de dernière visite: 16 avril 2023)
2. GINA. Global strategy for asthma management and prevention: 2022 report. Téléchargeable via ce lien: <https://ginasthma.org/reports/> (Date de dernière visite: 16 avril 2023)
3. Kammoun R, Ben Saad H. From deficiency to handicap in the respiratory field: lung function tests (LFT) norms and quality of life (QOL) questionnaires validated for the Tunisian population. *Tunis Med.* 2020;98(5):378-95.
4. Ben Saad H. Interpretation of respiratory functional explorations of deficiency and incapacity in adult. *Tunis Med.* 2020;98(11):797-815.
5. Ben Saad H. Review of the current use of global lung function initiative norms for spirometry (GLI-2012) and static lung volumes (GLI-2021) in Great Arab Maghreb (GAM) countries and steps required to improve their utilization. *Libyan J Med.* 2022;17(1):2031596.
6. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J.* 2022;60(1).
7. 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. *Eur Respir J.* 2012;40(6):1324-43.
8. Hall GL, Filipow N, Ruppel G, Okitika T, Thompson B, Kirkby J, et al. Official ERS technical standard: Global Lung Function Initiative reference values for static lung volumes in individuals of European ancestry. *Eur Respir J.* 2021;57(3).
9. Bougrida M, Ben Saad H, Kheireddinne Bourahli M, Bougmiza I, Mehdioui H. Spirometric reference equations for Algerians aged 19 to 73 years. *Rev Mal Respir.* 2008;25(5):577-90.
10. Bougrida M, Bourahli MK, Aissaoui A, Rouatbi S, Mehdioui H, Ben Saad H. Spirometric reference values for children living in Constantine (Eastern region of Algeria). *Tunis Med.* 2012;90(1):51-61.
11. Standardized lung function testing. Report working party. *Bull Eur Physiopathol Respir.* 1983;19 Suppl 5(19 Suppl 5):1-95.
12. Ketfi A, Gharnaout M, Ben Saad H. The plethysmographic reference equations established for adult natives of Eastern Algeria are not applicable to natives of Northern Algeria. *Rev Mal Respir.* 2019;36(7):870-9.
13. Golshan M, Nematbakhsh M, Amra B, Crapo RO. Spirometric reference values in a large Middle Eastern population. *Eur Respir J.* 2003;22(3):529-34.
14. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;159(1):179-87.
15. Ip MS, Karlberg EM, Karlberg JP, Luk KD, Leong JC. Lung function reference values in Chinese children and adolescents in Hong Kong. I. Spirometric values and comparison with other populations. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;162(2 Pt 1):424-9.
16. Rosenthal M, Bain SH, Cramer D, Helms P, Denison D, Bush A, et al. Lung function in white children aged 4 to 19 years: I-Spirometry. *Thorax.* 1993;48(8):794-802.
17. Trabelsi Y, Ben Saad H, Tabka Z, Gharbi N, Bouchez Buvry A, Richalet JP, et al. Spirometric reference values in Tunisian children. *Respiration.* 2004;71(5):511-8.
18. Ben Saad H. Do Tunisians have a European ancestry? *Eur Respir J.* 2021;In press.
19. Logiciel de bureau GLI-2012 pour les calculs individuels. Téléchargeable via ce lien: <https://dev.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative/spirometry-tools/desktop-individual-calculator/> (Date de dernière visite: 16 avril 2023)

20. Logiciel de bureau GLI-2012 pour des ensembles de données contenant jusqu'à 60000 enregistrements. Téléchargeable via ce lien: <https://dev.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative/spirometry-tools/desktop-sheet-calculator/> (Date de dernière visite: 16 avril 2023)

21. GLI: Calculateur en ligne. Téléchargeable via ce lien: <http://gli-calculator.ersnet.org/index.html> (Date de dernière visite: 16 avril 2023)

22. Stanojevic S, Graham BL, Cooper BG, Thompson BR, Carter KW, Francis RW, et al. Official ERS technical standards: Global lung function initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. *Eur Respir J*. 2017;50(3).

23. 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*. 2018;13(9):e0203023.

24. Masekela R, Hall GL, Stanojevic S, Sartorius B, MacGinty R, Saad HB, et al. An urgent need for African spirometry reference equations: the Paediatric and Adult African Spirometry study. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2019;23(8):952-8.

25. Ketfi A, Ben Saad H. The global lung function initiative 2021 (GLI-2021) norms provide mixed results for static lung volumes (SLVs) in Algerian adults. *Libyan J Med*. 2022;17(1):2059893.