

# L'obstruction du nez et du nasopharynx et leur désobstruction médico-chirurgicale influencent-elles significativement la divergence faciale ?

## Une revue concise des études cliniques majeures avec méta-analyse

Julia COHEN-LEVY\*, Sabrina BOUFERGUENE, Hisham SABRI

Faculté de Médecine dentaire et des Sciences orales, Université McGill,  
2001 avenue McGill College, H3A 1G1 Montréal, Québec, Canada

### MOTS-CLÉS :

Obstruction nasale /  
Croissance faciale /  
Mandibule /  
Hypertrophie adéno-amygdalienne /  
Allergie respiratoire /  
Déviation du septum nasal

**RÉSUMÉ – Introduction :** Le terme « faciès adénoïdien » suggère une relation de causalité entre l'obstruction nasopharyngée et l'hyperdivergence chez le sujet en croissance. La force de cette association est controversée et peu de valeurs « chiffrées » existent. **Matériels et méthodes :** Une recherche électronique rapide a été menée sur PubMed et Embase pour retrouver les principales études céphalométriques impliquant des patients avec obstruction nasale/nasopharyngée comparés à une population témoin. Une méta-analyse a été réalisée pour quantifier l'effet de l'obstruction (1) et de la désobstruction (2) sur la divergence mandibulaire (angle SN/Pmand), la divergence maxillo-mandibulaire (angle PP/Pmand), l'inclinaison du plan occlusal (SN/Poccl) et l'angle goniale (ArGoMe). **Résultats :** Qualitativement, le niveau de biais des études allait de modéré à élevé. Les résultats étaient concordants sur l'effet significatif de l'obstruction sur la divergence faciale (1) avec une augmentation de SN/Pmand (+3,6° en moyenne, +4,1° chez les enfants <6 ans), PP/Pmand (+5,4° en moyenne, +7,7° < 6 ans), ArGoMe (+3,3°) et SN/Poccl (+1,9°). Les interventions chirurgicales pour lever l'obstacle respiratoire chez l'enfant (2) ne permettaient généralement pas une normalisation de la direction de croissance, à l'exception, avec un très faible niveau de preuve, des adénoïdectomies/adéno-amygdalectomies, réalisées à un âge inférieur à 6-8 ans. **Conclusion :** Le dépistage précoce des obstacles respiratoires et des anomalies posturales associées à la ventilation orale apparaît déterminant pour espérer une prise en charge en jeune âge et une normalisation de la direction de croissance. Les effets sur la divergence mandibulaire restent cependant limités, imposant la prudence et ne constituant pas une indication chirurgicale.

### KEYWORDS:

Nasal Obstruction /  
Facial Growth /  
Mandible /  
Adenotonsillar hypertrophy /  
Respiratory allergies /  
Nasal septum Deviation

**ABSTRACT– Do nasal and nasopharyngeal obstruction and their medical-surgical deobstruction significantly influence facial divergence? A concise review of major clinical studies with meta-analysis. Introduction:** The term « adenoid facies » suggests a causal relationship between nasopharyngeal obstruction and facial hyperdivergence in growing subjects. The strength of this association is controversial and few « quantified » values exist. **Materials and methods:** A rapid electronic search was conducted on PubMed and Embase to find the main cephalometric studies involving patients with nasal/nasopharyngeal obstruction compared to a control sample.

\*Correspondance : [julia.cohen-levy@mcgill.ca](mailto:julia.cohen-levy@mcgill.ca)

*A meta-analysis was carried out to quantify the effect of obstruction (1) and intervention to relieve the obstruction (2) on mandibular divergence (SN/Pmand angle), maxillo-mandibular divergence (PP/Pmand angle), inclination of the occlusal plane (SN/Poccl) and the gonial angle (ArGoMe). Results: Qualitatively, the studies' bias level ranged from moderate to high. Results were concordant about the significant effect of the obstruction on facial divergence (1) with an increase in SN/Pmand (+3.6° on average, +4.1° in children <6 years), PP/Pmand (+5.4° on average, +7.7° <6 years), ArGoMe (+3.3°) and SN/Poccl (+1.9°). Surgical interventions to remove the respiratory obstacle in children (2) generally did not normalize the direction of growth, with the exception, with a very low level of evidence, of adenoidectomies/adenotonsillectomies, performed at an age less than 6-8 years. Conclusion: Early detection of respiratory obstacles and postural abnormalities associated with oral breathing appears to be decisive in order to hope for management at a young age and normalization of the direction of growth. However, the effects on mandibular divergence remain limited, requiring caution, and cannot be considered a surgical indication.*

## 1. Introduction

Les effets délétères de l'obstruction des voies respiratoires supérieures sur la croissance faciale ont été décrits depuis les années 1950<sup>52,53</sup>, avec les travaux de Harvold sur le primate<sup>25,55,59</sup> et les études cliniques de Woodside et Linder-Aronson<sup>31,32</sup>. Le typique « faciès adénoïdien » avait été rapporté dès 1870 par Meyer<sup>38</sup> et repris par de nombreux cliniciens, ORL ou orthodontistes<sup>37,49</sup> : l'enfant présente un visage étroit et long, avec une inoclusion labiale au repos, une brièveté de la lèvre supérieure, un petit nez avec une pointe du nez en bouton. Ses narines sont peu développées avec une ptose des commissures labiales et il a une expression faciale « vide » (Fig. 1a). De profil, on note un excès vertical antérieur, une convexité faciale augmentée et une ouverture de l'angle mandibulaire (Fig. 1b).

Ce « faciès adénoïdien », associant *de facto* la typologie de face longue à l'obstruction nasopharyngée, ne concernerait que certains enfants<sup>23</sup>. Linder-Aronson a rapporté en 1970 que 26 % des enfants candidats à une adénoïdectomie avaient un faciès adénoïdien, contre une proportion de seulement 4 % dans un groupe témoin à ventilation nasale<sup>30</sup>.

De nombreuses questions cliniques sont ainsi soulevées : dans quelles proportions, même approximatives, l'obstruction nasale ou nasopharyngée pourrait-elle aggraver une prédisposition à l'hyperdivergence mandibulaire, d'origine essentiellement génétique ? Inversement, les enfants traités pour une telle obstruction des voies respiratoires

supérieures rattrapent-ils une courbe de croissance mandibulaire « normale » ?

Le but de ce travail de revue a été de compiler les résultats des publications portant sur l'effet de l'obstruction et de la désobstruction des voies aériennes supérieures (VAS) sur la divergence faciale, pour ultimement tenter d'en extraire des valeurs quantifiables par méta-analyse. Les précédentes revues systématiques sur le sujet ont été incluses, et leurs résultats répliqués, en y ajoutant de nouvelles études cliniques, le cas échéant.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Stratégie de recherche

Une stratégie de recherche électronique rapide a été choisie<sup>22</sup>, limitée à l'anglais et au français, sur les bases de données Embase (<https://www.embase.com>) et MEDLINE via PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), jusqu'en mai 2022. Elle visait à retrouver les principales études impliquant des patients avec obstruction des voies respiratoires supérieures ou recevant une intervention pour lever une telle obstruction, comparés à une population témoin et pour lesquels une analyse céphalométrique était rapportée.

### 2.2. Question de recherche et éligibilité

- *Population* : Sujets présentant une obstruction nasale ou nasopharyngienne, objectivée cliniquement ou radiographiquement (Fig. 2a).
- *Intervention* : Traitement chirurgical de l'obstruction nasale et nasopharyngienne (adénoïdectomie,



Figure 1

Faciès adénoïdien (hypertrophie adéno-amygdalienne sévère). (a) Vue de face. Jeune patiente avec un visage « adénoïdien » de type visage étroit et long, inoclusion labiale au repos, brièveté de la lèvre supérieure, petit nez avec la pointe du nez en bouton, narines peu développées, ptose des commissures labiales et expression faciale « vide ». (b) Vue de profil, excès vertical antérieur, convexité faciale augmentée, ouverture de l'angle mandibulaire.

adéno-amygdalectomie, septoplastie, turbino-plastie, turbinectomie, plastie osseuse en cas de sténose des fosses nasales, traitement médical de l'obstruction nasale et des allergies respiratoires, corticoïdes nasaux, anti-leucotriènes). Les études avec amygdalectomie seule ont été exclues, car l'hypertrophie amygdalienne isolée ne s'accompagne pas nécessairement d'obstruction nasale et induirait des modifications posturales possible-ment différentes<sup>20</sup>.

- *Groupes de comparaison* : Sujets de même groupe d'âge sans obstruction des VAS (témoins sains), sujets présentant une obstruction des VAS et ne recevant pas de traitement (témoins non traités).
- *Objectifs* : L'objectif primaire concernait l'évaluation de l'hyperdivergence mandibulaire par rapport à la base du crâne (SN/Pmand). Les objectifs secondaires portaient sur l'angle gonial (ArGoMe), la divergence entre le plan palatin et le plan mandibulaire (PP/Pmand) et l'angle entre le plan d'occlusion et la base du crâne (SN/P Occl). Les points sont définis sur la [figure 2b](#). Les moyennes des angles étaient comparées entre les populations expérimentales/témoins, et la variation entre ces angles avec le temps pour

les individus opérés (valeur à T2 post-opératoire, moins valeur à T1 pré-opératoire).

- *Types d'études* : Les critères d'inclusion étaient les études comparatives prospectives (randomisées ou non), les études de cohorte cas/contrôles et les études rétrospectives cas/contrôles. Les critères d'exclusion comprenaient les études animales, les études *in vitro*, les résumés, les rapports de cas, les études ne rapportant pas d'analyse céphalométrique de profil (comportant moyennes et écarts-types) ou ne présentant pas de groupe contrôle. Étaient exclues également les études dont les participants étaient seulement adultes, atteints de syndromes cranio-faciaux, d'anomalies sévères du contrôle neuromusculaire ou qui étaient traités orthodontiquement ou par chirurgie orthognathique.

### 2.3. Sélection des articles

Une première sélection a été faite à partir des titres et des résumés par deux équipes indépendantes (SB-NG et JCL). Les publications qui ne pouvaient pas être exclues sur la base des seuls titres/résumés ont été analysées en texte intégral afin de déterminer leur éligibilité. Les bibliographies

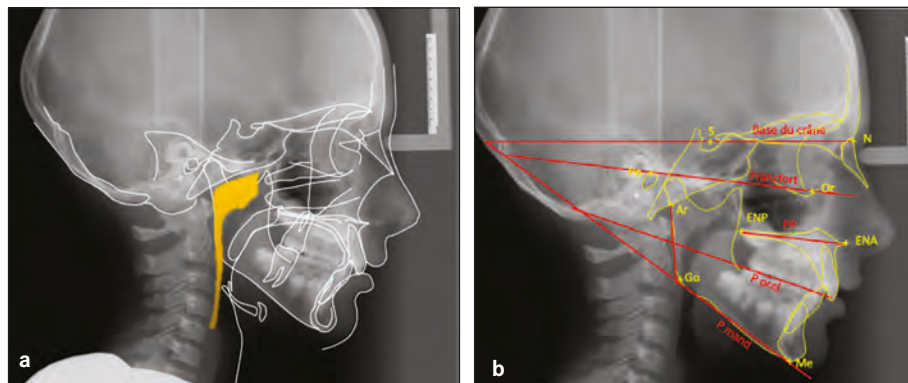


Figure 2

Téléradiographies d'une patiente de 10 ans. Découverte fortuite d'une hypertrophie adénoïdienne modérée, asymptomatique cliniquement. (a) Analyse qualitative, hypertrophie rhinopharyngée (en orange), signes morphologiques de rotation postérieure (horaire) de la mandibule, ouverture de l'angle mandibulaire qui apparaît obtus. (b) Analyse quantitative : points et plans de référence pour la mesure de la divergence faciale et la typologie verticale. Base du crâne antérieure : SN, plan de Francfort PoOr, plan palatin ou bispinal ENA ENP (PP), plan d'occlusion fonctionnel (milieu de recouvrement des prémolaires et molaires), plan mandibulaire GoMe ou plan mandibulaire de Downs ou GoGn (SN/Pmand), angle mandibulaire ArGoMe.

des études retenues et les précédentes méta-analyses respectant les recommandations PRISMA<sup>60</sup> ont été consultées pour permettre d'inclure d'autres études pertinentes.

#### 2.4. Évaluation de la qualité des études et du risque de biais

Les études transversales ont été évaluées par deux auteurs (JCL, HS). Les mentions « Oui » (vert), « Non » (rouge) ou « Peu clair » (jaune) ont été apportées sur les questions suivantes :

1. Le groupe témoin était-il correctement apparié (âge, sexe, population) ?
2. Les critères diagnostiques de l'obstruction des VAS ont-ils été correctement définis (rhinomanométrie, nasofibroscope, questionnaires spécifiques, test clinique, radiographie) ? En effet, aucune corrélation significative n'a été rapportée entre le rapport subjectif de ventilation orale et sa mesure objective<sup>57</sup>.
3. La fiabilité des analyses céphalométriques a-t-elle été mesurée (reproductibilité de la technique) ?
4. L'auteur ayant procédé à l'analyse céphalométrique était-il en aveugle du groupe d'appartenance des sujets de l'étude (expérimental ou témoin) ?
5. Les points céphalométriques utilisés dans l'étude ont-ils été prédéfinis ?

Pour les études de cas contrôles, les mêmes critères ont été utilisés en ajoutant le design de l'étude (randomisation, caractère prospectif, cas-témoins), ainsi que l'attrition des participants (nombre de participants perdus de vue au moment de la réévaluation).

Seules les études comportant un risque de biais acceptable ont été utilisées pour la méta-analyse (trois biais possibles ou moins, sur les cinq critères évalués).

#### 2.5. Extraction des données

Pour chaque étude retenue, les informations suivantes ont été relevées : nom du premier auteur, année de publication, pays, type d'étude, nombre de patients, âge moyen, description du groupe expérimental et du groupe contrôle (type d'obstruction, type d'intervention le cas échéant), période de suivi (études de cohorte), moyenne et écart-type de la divergence faciale (SN/Pmand ou FMA) et des autres valeurs angulaires ArGoMe PP/PlanMand, SN/POccl. Les données des revues systématiques publiées sur le même sujet ont été comparées pour vérification. Certaines valeurs angulaires ont été déduites par soustraction (par exemple, la valeur SN/Plan d'occlusion a pu être déduite de la valeur SN/PlanMand moins Occl/PlanMand, quand ces mesures étaient disponibles) et la plus grande valeur de déviation standard était alors choisie.

## 2.6. Analyse des données

Une méta-analyse a été réalisée si au moins trois études rapportaient des données céphalométriques similaires, utilisant IBM-SPSS Statistics pour Windows (Version 29). La moyenne et l'écart-type des scores des valeurs céphalométriques ont été utilisés pour estimer la taille de l'effet de groupe, utilisant les valeurs angulaires sources, pour obtenir une valeur de différence moyenne non standardisée (valeurs de variance inégales, intervalle de

confiance IC de 95 %), avec une valeur significative de  $p < 0,05$ . L'hétérogénéité a été calculée à l'aide de la statistique  $I^2$ .

Différentes analyses par sous-groupes ont été tentées, comparant les tranches d'âge (groupe 1, âge inférieur à 6 ans ; groupe 2, âge 6-10 ans et groupe 3, âge supérieur à 10 ans), ainsi que par type d'obstruction (hypertrophie adénoïdienne A, adéno-amygdalienne AT, déviation du septum nasal NSD, allergie et « obstruction nasale d'origine non spécifiée »).

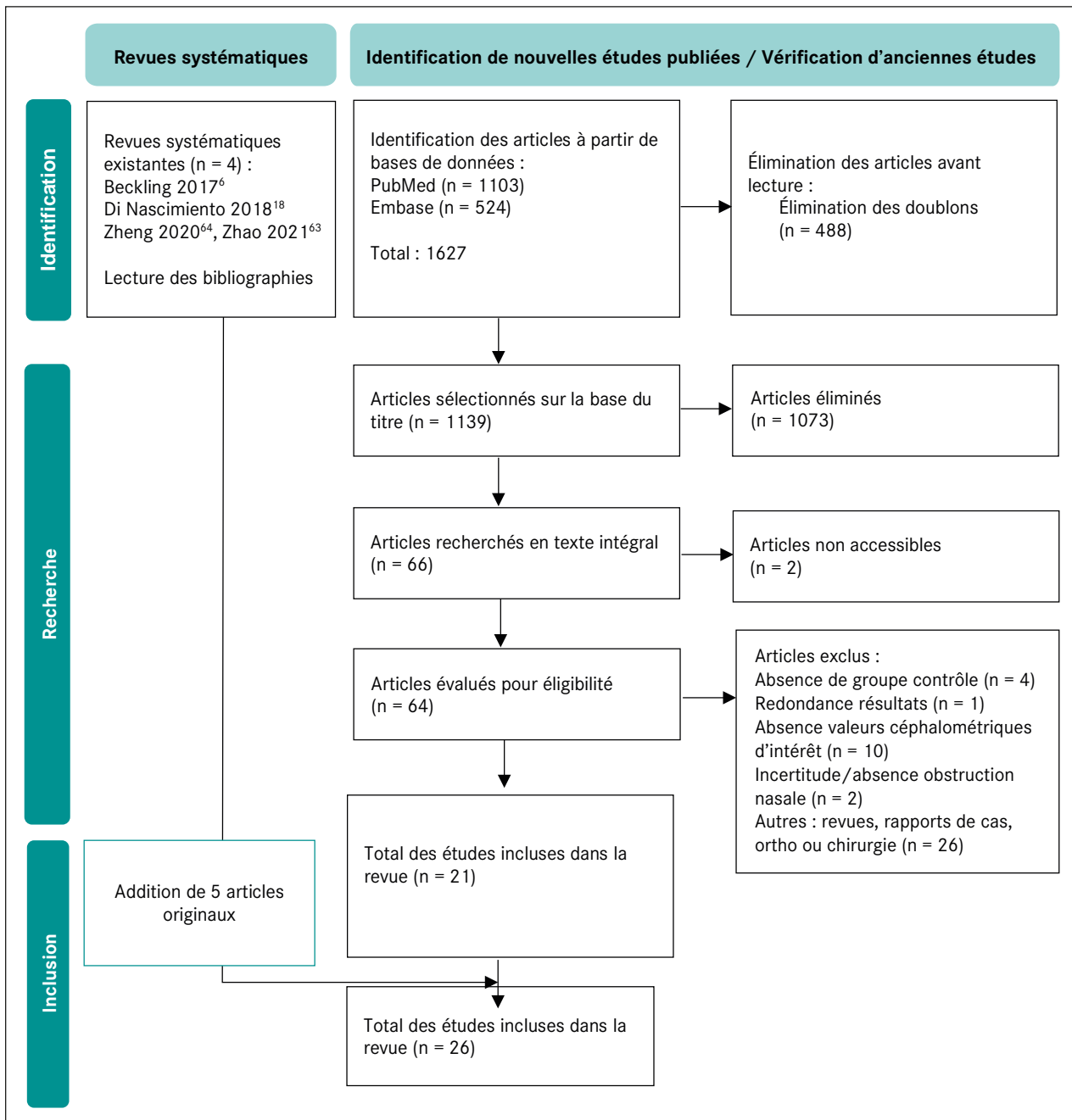


Figure 3

Organigramme du processus de recherche bibliographique (stratégie complète disponible sur demande, voir tableaux supplémentaires en annexes 1 et 2 en fin d'article).

### 3. Résultats

L'organigramme du processus de recherche bibliographique est présenté sur la [figure 3](#), les [annexes 1 et 2](#) présentant la stratégie de recherche globale. La recherche a donné un total de 1627 articles primaires. Parmi ceux-ci, seuls 66 articles ont été sélectionnés après l'évaluation des titres et des résumés. Neuf articles supplémentaires ont été identifiés après vérification des références des études pertinentes (notamment six extraites des précédentes revues systématiques Beckling, *et al.* 2017<sup>6</sup>, Di Nascimiento, *et al.* 2018<sup>18</sup>, Zheng, *et al.* en 2020<sup>64</sup> et Zhao, *et al.* en 2021<sup>63</sup>).

Après l'évaluation du texte intégral, 26 études ont été retenues :

- Vingt-deux études comparant des sujets à ventilation buccale et témoins à ventilation nasale, respectivement et par ordre chronologique de 1975 à 2021 : Koski<sup>29</sup>, Tarvonen<sup>54</sup>, Bresolin<sup>9</sup>, Behfelt<sup>7</sup>, Caprioglio<sup>10</sup>, Zuconni<sup>65</sup>, Faria<sup>19</sup>, Valera<sup>58</sup>, Zettergren-Wijk<sup>62</sup>, Cuccia<sup>15</sup>, Harari<sup>24</sup>, D'Ascanio<sup>16</sup>, Bakor<sup>4</sup>, Baroni<sup>5</sup>, Mattar<sup>36</sup>, Malhotra<sup>35</sup>, Deng<sup>17</sup>, Juliano 2013<sup>26</sup>, Chung-Munoz<sup>14</sup>, Agostinho<sup>1</sup>, Franco<sup>20</sup> et Lysy<sup>33</sup> ([Tab. 1](#)).
- Quatre études transversales comparant des sujets opérés et témoins : Freng<sup>21</sup>, Arun<sup>3</sup> ainsi que Lysy<sup>33</sup> et Tarvonen<sup>45</sup> tous deux déjà cités ; quatre études de cohorte suivaient les enfants plusieurs années après la chirurgie, comparés à des témoins ; Linder Aronson<sup>31</sup>, Kerr<sup>28</sup>, Mattar<sup>36</sup>, Zettergren-Wijk<sup>62</sup> ([Tab. 2](#) ; noter que les valeurs initiales des participants des études avec astérisque sont déjà incluses dans le [tableau 1](#) avec la comparaison « sujets obstrués/témoins »).

L'étude de Caprioglio<sup>10</sup> a été exclue secondairement car issue de la même équipe et présentant les mêmes valeurs moyennes et écarts-types que Zuconni<sup>65</sup>, celle de Juliano, en 2009 également, pour éviter une duplication de résultats<sup>27</sup>. L'étude de Mahony<sup>34</sup> a été conservée pour l'aspect qualitatif de cette revue, mais exclue de la méta-analyse car elle se focalisait sur les mesures de hauteur faciale et non la divergence.

#### 3.1. Risque de biais

Pour les études transversales, comparant les sujets avec obstruction et les sujets témoins avec ventilation nasale à un instant donné, le risque de biais global a été considéré comme assez élevé : les échantillons étaient de petite taille, la sévérité

et le type d'obstruction n'étaient parfois pas clairement établis et les tests parfois assez simplistes (test du miroir de Glatzel seul ou questionnaires). Les groupes n'étaient pas toujours correctement appariés et les analyses céphalométriques n'étaient généralement pas réalisées en aveugle du groupe.

Pour les études suivant l'effet de la désobstruction des VAS (évaluation à plusieurs intervalles de temps), le risque de biais était considéré comme très élevé. Il s'agissait d'études de cohorte, sans conception d'essai randomisé. Les échantillons étaient également réduits, avec un potentiel biais méthodologique en céphalométrie. De plus, les tests utilisés pour s'assurer d'une ventilation nasale lors des réévaluations post-chirurgicales n'apparaissaient pas clairement. Le design rétrospectif des études de Kerr<sup>28</sup> et Zettergren-Wijk<sup>62</sup>, la faible taille des échantillons, la forte attrition (sujets perdus de vue) de l'étude de cohorte prospective réduisent leur valeur probante et empêchent toute extrapolation des résultats.

#### 3.2. Effet de l'obstruction nasale/nasopharyngée sur la divergence faciale, comparé à un groupe témoin (études transversales)

La divergence faciale est significativement augmentée chez les enfants à respiration buccale par rapport aux sujets à respiration nasale, dans chacune de ses composantes, et avec une influence de l'âge.

On note une augmentation de la divergence du plan mandibulaire chez les enfants obstrués par rapport à la base du crâne (SNPmand), de +3,59° en moyenne [IC de +2,84° à +4,34°; p<0,01] ([Fig. 4](#)). Cette augmentation est nettement plus importante chez les jeunes enfants (six ans ou moins), qui présentent une augmentation de +4,08° [IC de +3,27° à +4,88°; p<0,01], alors qu'elle est moindre et assez similaire, pour les deux groupes plus âgés, de l'ordre de +2,90° [IC de 1,2° à +4,6° environ ; p<0,01].

La divergence maxillo-mandibulaire (PP/Pmand) est augmentée en moyenne de +5,41° [IC de +3,28° à +7,93°; p<0,01] chez les enfants avec ventilation buccale par rapport aux témoins à ventilation nasale ([Fig. 5](#)). Elle est davantage augmentée chez les enfants de moins de 6 ans, de +7,72° en moyenne [IC de +3,58° à +11,87°; p<0,01], alors que l'augmentation ne serait que de +4,08° [IC de +3,28° à +7,93°; p<0,01] chez les enfants plus âgés (entre 6 et 10 ans).

**Tableau 1.** Groupes avec obstruction nasale/pharyngée comparés à un groupe témoin à ventilation nasale. Résumé de l'analyse qualitative.

Étude (auteur, année, pays)	Type d'obstruction	Biais Évaluation Obstruction / Absence d'obstruction			iBiais Évaluation céphalométrique			Biais total
		Groupe témoin apparié	Définition critères diagnostiques obstruction	Mesure fiabilité céphalo.	Analyse en aveugle	Points définis	Moyenne des deux évaluateurs	
Koski <sup>29</sup> 1975, Finlande	Hyper. Adéno N = 15 ; 7-16 ans	PEU CLAIR N = 40 (grande disparité d'âges)	NON	NON	NON	NON	++++ EXCLUE BIAIS	
Bresolin <sup>9</sup> 1983, États-Unis	Allergie N = 30 ; 6-12 ans	OUI N = 15 (même groupe d'âge, non chiffré)	PEU CLAIR	OUI	OUI (T mou)	OUI	+	
Tarvonen <sup>54</sup> 1987, Finlande	Hyper. Adéno N = 39 ; 17 ♀ 22 ♂ Âge : 7 ans	OUI N = 37 ; 23 ♀ 14 ♂ Âge : 7 ans	PEU CLAIR (Radiologie, dossier)	OUI	NON	NON	+++ EXCLUE BIAIS	
Behfelt <sup>7</sup> 1990, Suède	Hyper. Amygd N = 73 ; 40 ♀ 33 ♂ Âge : 10,1 ± 2,8 ans	OUI N = 73 Appariés selon âge/ sexe	PEU CLAIR Radiologie	OUI	NON	OUI	++ EXCLUE Amygdales palatines seules	
Caprioglio <sup>10</sup> 1998, Italie	SAOS N = 13 ♂ Âge : 54 mois	OUI N = 13 ♂ Âge : 50 mois	PEU CLAIR	PEU CLAIR	PEU CLAIR	OUI	+++ EXCLUE Republication	
Zucconi <sup>55</sup> 1999, Italie	SAOS N = 26 Hyper AdénoAmygd. Âge : 4,6 ± 1,5 ans	OUI N = 26 Appariés pour l'âge	PEU CLAIR (Examen ORL, méthode non spécifiée)	OUI	NON	OUI	++ Cas/contrôles	
Faria <sup>19</sup> 2002, Brésil	Tous types Allergie Hyper adéno. N = 20 Âge : 7-10 ans	PEU CLAIR N = 15 (pas de précision)	OUI Nasofibroscopie	NON	NON	OUI	+++	
Valera <sup>56</sup> 2003, Brésil	Hyper. adéno et/ou amygd. 3-6 ans Âge : 57,3 ± 11,6 mois N = 44	OUI 3-6 ans 62,4 ± 10,8 mois N = 29	OUI Rhinoscopie antérieure, radio	NON	NON	OUI	++	
Zettergren-Wijk <sup>62</sup> 2006, Suède	SAOS Hyper. adéno et/ou amygd.	OUI	PEU CLAIR (Examen ORL, méthode non spécifiée)	OUI	NON	OUI	++	
Cuccia <sup>15</sup> 2008, Italie	Non précisé	PEU CLAIR	PEU CLAIR (Miroir)	OUI	NON	OUI	+++	
Harari <sup>24</sup> 2010, Israël	Non précisé Allergie, SAOS, ronflement N = 55. Âge : 12,5 ± 1,9	OUI N = 61 Âge : 12,6 ± 2, 1 ans	OUI Rhinoscopie antérieure, nasofibroscopie	NON	NON	OUI	++	

**Tableau 1.** Groupes avec obstruction nasale/pharyngée comparés à un groupe témoin à ventilation nasale. Résumé de l'analyse qualitative (*suite*).

Étude (auteur, année, pays)	Type d'obstruction	Biais Évaluation Obstruction / Absence d'obstruction		Biais Évaluation céphalométrique			Biais total
		Groupes témoin appariés	Définition critères diagnostiques obstruction	Mesure fiabilité céphalo.	Analyse en aveugle	Points définis	
D'Ascanio <sup>16</sup> 2010, Italie	Déviations septales N = 53	OUI N = 65	PEU CLAIR Radiographie	OUI	NON	OUI	++
Bakor <sup>4</sup> 2011, Brésil	Tous types Allergie ; hyper. Adéno A Déviation septale N = 10	OUI N = 10	OUI Nasofibroskopie	NON	NON	NON	+++
Baroni <sup>5</sup> 2011, Italie	Hyper adéno. (n=20) ou amygdalienne (n=20) ou adéno-amygdalienne (n=20)	OUI N = 20 8,31 ± 0,8 Appariés selon âge/sexes	PEU CLAIR Radiographie, pas de clinique	OUI	NON	OUI	++
Mattar <sup>26</sup> 2011, Brésil	Hyper adéno ou amygd., sans DS N = 33 (4 ans, 8 mois)	PEU CLAIR N = 22 (5 ans, 1 mois)	OUI Rhinoscopie antérieure Radiographie	NON	NON	OUI	+++
Malhotra <sup>35</sup> 2012, Inde	Non spécifié Respiration nasale/orale N = 20 ; 6-9 ans N = 34 ; 9-12 ans	PEU CLAIR sexe N = 18 ; 6-9 ans N = 28 ; 9-12 ans	OUI Clinique (Eau dans la bouche, miroir) Rhinodoscopie	NON	NON	OUI	++
Deng <sup>17</sup> 2012, Chine	SAOS N = 15 4 ♀ 11 ♂ Âge : 9,5 ± 1,0	OUI N = 40 Appariés selon âge/sexes	PEU CLAIR PSG	OUI	NON	OUI	++
Juliano <sup>26</sup> 2013, Brésil	SAOS, type non spécifié N = 52 25 ♀ 27 ♂	OUI N = 79 31 ♀ 58 ♂ 7-14 ans	OUI Nasofibroskopie Questionnaires	NON	OUI	OUI	+
Chung-Munoz <sup>14</sup> 2014, Espagne	Non spécifié Respiration nasale/orale 20 ♀ 33 ♂ Âge : 10 ans ± 1,5 ans	OUI 31 ♀, 34 ♂, Âge moyen : 10,5 ans ± 1,4	PEU CLAIR Clinique (miroir de Glatzel et questionnaire)	PEU CLAIR (Calibration)	OUI	OUI	++
Franco <sup>20</sup> 2015, Brésil	N = 876 Hyper adéno. 42 ou adéno-amygdalienne 45 Âge 6,3 ± 1,1 ans	OUI N = 113 Âge, sexe, maturation Âge : 6,4 ans ± 1,2	OUI Radiologie et clinique	OUI	NON	OUI	+
Agostinho <sup>1</sup> 2015, Portugal	Allergie chronique et malocclusion N = 35 24 ♂, 11 ♀ Âge : 10 ans, 2 mois	OUI N = 35 Non allergiques Et malocclusion 17 ♂ 18 ♀ Âge : 11 ans 5 mois	OUI Questionnaire Test Rosenthal Allergie associée avec hypertrophie des organes lymphoïdes	PEU CLAIR (Erreur systématique)	NON	OUI	++
Lysy <sup>33</sup> 2021, Slovaquie	Hypertrophie adénoïdienne N = 47 23 ♀ 24 ♂ Âge : 13,04 ± 4,76	NON Âges variés N = 57 35 ♀ 22 ♂ Âge : 15,08 ± 7,36	NON	NON	OUI	PEU CLAIR	++++ EXCLUE BIAIS

**Tableau 2.** Groupes d'enfants opérés d'obstruction nasale/pharyngée comparés à un groupe contrôle. Résumé de l'analyse qualitative.

Étude (auteur année, pays)	Type intervention	Étude	Groupe témoin apparié	Définition critères diagnostiques obstruction	Mesure fiabilité céphalo.	Analyse en aveugle	Points définis	Biais
Linder-Aronson <sup>31</sup> 1979	Hypertrophie adénoïdienne N = 81 Attrition N = 34	Cohorte Suivi 5 ans	OUI Âge	PEU CLAIR	NON	NON	NON	++++EXCLUE, Analyse qualitative
Freng et Kvam <sup>21</sup> 1979	Atrésie choanale non syndromique : plastie osseuse resection	Retrospective	PEU CLAIR Difficile	OUI	NON	NON	OUI	+++
Tarvonen <sup>54</sup> 1987, Finlande	Adénoïdectomie 1 à 6 ans avant évaluation N = 16 10 ♀ 6 ♂	Transversale	OUI N = 37 23 ♀ 14 ♂ Sans antécédent hyper-adéno.	PEU CLAIR (Radiologie, dossier)	OUI	NON	NON	+++ EXCLUE Céphalométrie
Arun <sup>3</sup> 2003, Turquie	Adénoïdectomie 1,5-4 ans N = 12 après 4 ans N = 54	Retrospective	OUI N = 27	PEU CLAIR (Radiologie)	OUI	NON	OUI	++
Mattar <sup>36</sup> 2011, Brésil	Adénoïdectomie Adéno-Amygdalectomie (à 4,8 mois) Après 28 mois n = 33 (7,2 ans)	Cohorte prospective Suivi 28 mois	OUI N = 22 (7 ans, 4 mois)	OUI Rhinoscopie antérieure Radiographie	NON	NON	OUI	+++ Attrition par rapport à l'échantillon de départ (-18)
Kerr <sup>28</sup> 1989, Royaume-Uni	Adénoïdectomie 8,2 ± 1,6 ans N = 26 17 ♂ 9 ♀	Cohorte rétrospective Suivi 5 ans	OUI N = 26 Âge sexe (Contrôles historiques)	PEU CLAIR	OUI	NON	OUI	++ Mêmes sujets que Linder- Aronson 1979 / Rétrospectif
Zettergren Wijk <sup>62</sup> 2006, Suède	Adéno-Amygdalectomie SAOS N = 17. Âge 5,6 ans	Cohorte rétrospective Suivi 5 ans	OUI N = 17 Âge sexe Âge 5,8 ans	OUI Examen ORL	OUI	NON	OUI	+ design rétrospectif

L'angle goniale est plus ouvert, de  $+3,34^\circ$  chez les enfants à ventilation buccale [IC de  $+2,06$  à  $+4,63$  ;  $p < 0,01$ ], sans pouvoir tirer de conclusion sur l'influence de l'âge, du fait de la trop faible représentation de chaque catégorie (Fig. 6). Il est cependant possible que l'effet soit plus important à un âge inférieur à 6 ans, avec une différence de  $5,60^\circ$  [IC de  $+4,02^\circ$  à  $+7,18^\circ$  ;  $p < 0,01$ ] rapportée par Mattar, *et al.*<sup>36</sup> sur des enfants avec hypertrophie adéno-amygdalienne.

L'inclinaison du plan d'occlusion par rapport à la base du crâne (SN/Poccl) est faiblement mais significativement affectée, de  $+1,93^\circ$  [IC :  $0,86^\circ$  à  $+3,00^\circ$  ;  $p < 0,01$ ], dans le sens de la bascule horaire chez les enfants à ventilation buccale (Fig. 7).

Il n'a pas été possible de tirer de conclusion sur l'influence du type ou de la sévérité de l'obstruction nasale ou nasopharyngée, car cette information

n'était pas toujours rapportée (trois études) ou chacun des types d'obstruction était trop peu représenté. Ainsi, seules deux études étaient disponibles pour les enfants allergiques (Agostinho<sup>1</sup> et Bresolin<sup>9</sup>), deux sur les hypertrophies adénoïdiennes isolées (Baroni, 2011<sup>5</sup>, Franco<sup>20</sup>) et une seule sur les déviations septales (D'Ascarino, 2010<sup>16</sup>), ne permettant pas d'analyse de sous-groupe fiable.

Il existe une hétérogénéité importante, mesurée par la statistique  $I^2$ . Pour la divergence mandibulaire par rapport à la base du crâne et l'inclinaison du plan d'occlusion, elle est considérée moyenne (48 % et 58 % respectivement), mais elle est très élevée pour la divergence maxillo-mandibulaire (92 %) et l'angle goniale (81 %). Les valeurs  $I^2 < 25$  % indiquent une absence d'hétérogénéité, 25-50 % une faible hétérogénéité, 50-75 % une hétérogénéité moyenne et  $> 75$  % une hétérogénéité substantielle.

### 3.3. Effet d'une désobstruction nasale ou nasopharygée sur la divergence faciale

Aucune étude ne rapportait l'effet des traitements médicaux non chirurgicaux, tels que le traitement de l'allergie et/ou les anti-inflammatoires prescrits communément pour l'obstruction nasale, sur la croissance faciale. Un nombre restreint d'études portaient sur les traitements chirurgicaux, l'adénoïdectomie, l'adéno-amygdalectomie, le traitement de la sténose/atréisie des fosses nasales osseuses. Le traitement des déviations septales chez l'enfant était rapporté dans une étude non contrôlée.

Il n'a pas été possible de réaliser de méta-analyse compte tenu du faible nombre d'études, leur hétérogénéité et la fréquente omission des valeurs céphalométriques recherchées ici, mais une estimation de leur effet a cependant été calculée (différences moyennes, DM) (Tab. 3).

### 3.4. Effet de l'intervention et du temps post-opératoire

Dans la seule étude, rétrospective, suivant des patients traités dans l'enfance par résection osseuse d'une sténose des fosses nasales<sup>21</sup>, il persistait une différence significative avec les sujets témoins : la divergence mandibulaire SN/Pmand était augmentée de +10,6° en moyenne, la divergence maxillo-mandibulaire PP/Pmand de +8° et l'ouverture de l'angle goniale de +4,90°.

Concernant l'hypertrophie des tissus lymphoïdes, les études étaient plus nombreuses. Suite à une adénoïdectomie, les résultats étaient discordants entre l'étude de Arun<sup>3</sup>, qui retrouvait une différence persistante chez les enfants opérés, avec une augmentation significative de +5,1° pour SN/Pmand, de +8° pour PP/Pmand et de +4,90° pour ArGoMe, par rapport aux enfants témoins sans antécédent d'obstruction. L'étude de Kerr<sup>28</sup> sur l'adénoïdectomie ne trouvait en revanche plus de différence significative entre sujets opérés et

**Tableau 3.** Persistance de différences entre sujets opérés et témoins à ventilation nasale à distance de l'intervention.

Auteur, année	Intervention Âge et suivi	SN/Pmand DM Opérés/ témoins	IC et p	PP/Pmand DM Opérés/ témoins	IC et p	ArgoMe DM Opérés/ témoins	IC et p
Freng <sup>21</sup> 1979	<b>Plastie osseuse (sténose)</b> Chir. âge 3-10 ans Suivi âge 11-20 ans	+10,6*	5,83 ; 15,37 P < 0,001	+8,00*	3,23 ; 12,77 P < 0,001	+4,90 *	1,64 ; 8,16 p < 0,001
Arun <sup>3</sup> 2003	<b>Adénoïdectomie</b> Chir. 1-4 ans ou < 4 ans ; Suivi âge 11,2 ± 2,1	+5,10*	2,41 ; 7,79 p < 0,001	+5,53*	2,44 ; 8,62 P < 0,001	+3,65*	0,16 ; 7,14 P = 0,04
Zettergen -Wijk <sup>62</sup> 2006	<b>Adéno-amygdalectomie</b> Suivi à 5 ans	+2,50	-0,82 ; 5,82 P = 0,14 NS	-2,10	-5,42 - 1,22 P = 0,22 (NS)		
Mattar <sup>36</sup> 2011	<b>Adéno-amygdalectomie</b> Sujets 3-6 ans Suivi 5 ans après	+2,20	-0,62 ; 5,02 P = 0,14 NS	+2,40	-0,56 ; 5,36 P = 0,11 (NS)	-0,80	3,26 ; 1,66 P = 0,52
Kerr <sup>28</sup> 1989	<b>Adénoïdectomie</b> Suivi à 5 ans	+2,30 (± 8,51)	(NS)	+2,43 (± 9,19)	(NS)	+2,24 (± 9,78)	(NS)

\* significatif avec valeur de p < 0,05. NS = non significatif ; IC = intervalle de confiance ; DM = différence moyenne.

témoins opérés après cinq ans (différences relatives seules rapportées par l'auteur).

Dans les deux études longitudinales réalisées chez de jeunes sujets après adéno-amygdalectomie pour SAOS (Mattar<sup>36</sup> et Zettergen-Wijk<sup>62</sup>), et ayant suivi les enfants cinq ans après l'intervention, il n'est plus non plus retrouvé de différence statistiquement significative avec une population témoin (valeur de *p* et intervalle de confiance).

## 4. Discussion

Les ouvrages d'orthodontie clinique, détaillant les différentes étapes du diagnostic, de la planification de traitement et de la récurrence, sont unanimes sur la nécessité d'un dépistage des troubles fonctionnels et leurs effets délétères sur l'occlusion et le squelette facial. L'effet de l'obstruction nasale ou nasopharyngée sur la direction de croissance a fait couler beaucoup d'encre, depuis près d'un siècle. Cependant, la variabilité de l'adaptation de chaque individu, de son patrimoine génétique et de sa prise en charge rend complexes les tentatives de modélisation ou de quantification de cet effet.

La méta-analyse permet de compiler les résultats de nombreuses études, aux méthodologies et populations différentes, pour permettre de dégager des tendances. La sélection des articles doit être assez rigoureuse, pour s'assurer que les variables d'intérêt soient évaluées objectivement, réduisant parfois significativement leur nombre. Les résultats apparaissent « lissés », perçus potentiellement comme « manquant d'enthousiasme », mais ils permettent de conforter les cliniciens vers une approche plutôt qu'une autre, en apportant une justification scientifique à leurs observations et interventions.

### 4.1. L'obstruction nasale affecte les différentes composantes de la divergence faciale

Les résultats de cette analyse rapportent des effets significatifs de l'obstruction nasale et nasopharyngée sur la divergence mandibulaire par rapport à la base du crâne, avec une bonne concordance des publications, même si le niveau de preuve reste assez faible. Ramenée aux standards céphalométriques, comprenant moyennes et écarts-types, on se rend compte que l'augmentation de SN/Pmand de  $+4,08^\circ$  [IC de  $+3,27^\circ$  à  $+4,88^\circ$ ] pour les enfants de six ans ou moins, correspond approximativement à un écart-type, estimé à  $4,6^\circ$  (normes pour le groupe d'âge

5-10 ans, publiés par Bishara<sup>8</sup>). Cet effet est donc cliniquement significatif, car susceptible de changer le diagnostic vertical. Pour les enfants plus âgés, l'augmentation est de  $+2,9^\circ$  [IC de  $+1,2^\circ$  à  $+4,6^\circ$ ] par rapport au groupe contrôle, soit réduite à environ un demi-écart-type.

Les effets sur le plan d'occlusion sont *statistiquement* significatifs et concordants entre les études mais relativement moindres, de l'ordre de  $1,9^\circ$ , avec un intervalle de confiance dont la limite inférieure est de  $0,9^\circ$ . Les implications cliniques de cet effet apparaissent peu significatives.

La divergence du plan palatin par rapport au plan mandibulaire est augmentée en moyenne de  $+5,41^\circ$  [IC de  $+3,28^\circ$  à  $+7,93^\circ$ ] chez les enfants avec ventilation buccale, surtout chez les enfants de moins de six ans, avec une augmentation de  $+7,72^\circ$  en moyenne [IC de  $+3,58^\circ$  à  $+11,87^\circ$ ]. Il existe, contrairement aux valeurs angulaires précédentes, une hétérogénéité majeure, témoignant de la discordance entre les échantillons étudiés. Une des explications de cette hétérogénéité se trouverait dans les populations qui les composent (ethnies, typologies faciales, facteurs environnementaux), mais aussi peut être le type d'obstruction, susceptible d'affecter la direction de croissance du maxillaire, favorisant sa rotation anti-horaire.

Différents facteurs ont une influence sur la divergence maxillo-mandibulaire, telles la posture bouche-ouverte, pouvant favoriser l'extrusion molaire chez les sujets avec hypotonie des muscles élévateurs, ou une insuffisance de croissance ramale, réduisant la hauteur faciale postérieure par rapport à la hauteur faciale antérieure.

Il existe, préalablement aux interventions ORL réalisées chez les enfants, une prédominance dolichofaciale chez les enfants respirateurs buccaux, alors que les sujets à ventilation nasale sont plus volontiers mésosofaciaux. Il pourrait exister une prédisposition, conditionnant les deux phénomènes, d'obstruction nasale et d'hyperdivergence, qui pourraient s'auto-entretenir. Ces mécanismes ne sont pas encore connus.

Le cas des enfants atteints de SAOS est à examiner tout particulièrement. Comme le remarque Pelktomaki<sup>47</sup>, ces enfants présentent une sécrétion nocturne anormale d'hormone de croissance (GH) et une altération de la croissance somatique, qui se normalisent après adéno-amygdalectomie. Il est possible que la diminution de la croissance mandibulaire (hauteur faciale postérieure, favorisant

l'hyperdivergence) soit également due à cette sécrétion anormale de GH et de ses médiateurs. Après normalisation du statut hormonal, la croissance ramale connaît un rattrapage, par une formation osseuse endochondrale plus intensive dans le cartilage condylien et/ou par une croissance osseuse appositionnelle du rebord basilaire.

Ces enfants apnéiques étaient particulièrement suivis au niveau ORL dans ces études de cohorte, ce qui a peut-être créé un avantage sur ces échantillons de patients, comparés aux autres types d'obstruction nasale, dont la situation médicale était peut-être moins préoccupante. En effet, le tissu adénoïdien est susceptible de repousse<sup>46</sup>, surtout chez les enfants opérés en jeune âge ou présentant une rhinite allergique.

#### 4.2. Modifications de forme de la mandibule

Il est intéressant de noter que les modifications induites par la ventilation buccale affecteraient non seulement l'orientation des plans horizontaux de la face, qui dépendent étroitement de la composante dento-alvéolaire, mais également la forme de la mandibule. L'angle goniale ArGoMe témoigne des modifications structurales s'ajoutant aux déplacements relatifs.

L'angle goniale s'ouvrirait de  $+2,64^\circ$  chez les enfants à ventilation buccale [IC  $+1,35^\circ$  à  $+3,94^\circ$ ], avec peut-être un effet plus important à un âge inférieur à six ans qui, selon Mattar, *et al.*<sup>31</sup>, s'accompagne d'une ouverture majorée de  $+5,60^\circ$  [IC de  $+3,98^\circ$  à  $+7,22^\circ$ ]. L'étude de Cheng, *et al.*<sup>13</sup> rapportait une ouverture de l'angle gonial de plus de  $5^\circ$  (valeur de ArGoMe de  $130,1^\circ \pm 6,5$  pour sujets à ventilation buccale contre  $125,5^\circ \pm 6,10$  pour une ventilation nasale) associé à une encoche anté-goniale plus profonde de 1 mm environ (étude exclue de la méta-analyse pour les critères d'inclusion de ses participants).

Au niveau qualitatif, la première étude de Linder-Aronson de 1979<sup>31</sup> rapportait le suivi de 34 enfants opérés d'adénoïdectomie, appariés avec des enfants contrôles de mêmes caractéristiques ( $n=54$ ) et suivis jusqu'à cinq ans après l'intervention. La divergence maxillo-mandibulaire PP/Pmand différait initialement d'environ  $4^\circ$  entre les sujets candidats à l'adénoïdectomie et les témoins. Dans l'année qui suivait l'intervention, une réduction de la divergence était observée dans les deux groupes, de  $0,5^\circ$  pour les enfants sans obstruction et de  $0,9^\circ$  pour les enfants opérés. Après cinq ans, la réduction

de divergence était plus importante, de  $3,1^\circ$  pour les enfants opérés contre seulement  $1,8^\circ$  pour les témoins (statistiquement significative). Les auteurs concluaient à une adaptation de la direction de croissance, un « rattrapage » vers une croissance plus horizontale.

Leur équipe a publié dix ans plus tard un nouveau travail (Kerr<sup>28</sup>), décrivant les modifications observées chez les enfants opérés d'adénoïdectomie dans les cinq années post-opératoires : ils connaissent une augmentation significative des longueur et hauteur ramales (Condylion-Gnathion et distance R3-R4 de l'analyse de Ricketts), de la longueur du condyle (Condylion-R4) et surtout de la longueur du corpus (Xi-Pm). Mahony<sup>34</sup>, toujours de la même équipe, a focalisé son travail sur l'étude des hauteurs faciales chez les enfants opérés d'adénoïdectomie à l'âge de sept ans et réévalués à l'âge de douze ans. La hauteur faciale inférieure était augmentée chez les enfants opérés par rapport au groupe témoin, avant et après chirurgie, mais le rapport entre la hauteur faciale supérieure et inférieure, initialement différent entre les groupes, avait tendance à se normaliser. Les auteurs ont décrit une augmentation significative de la hauteur dento-alvéolaire maxillaire après adénoïdectomie chez les enfants opérés, supérieure aux sujets témoins.

Les travaux de Skieller, *et al.*<sup>50</sup>, par leurs études longitudinales sur la croissance à l'aide d'implants en tantale, avaient pu mettre en évidence différentes rotations de croissance de la mandibule, l'importance de la contribution de la croissance condylienne et du remodelage périosté, au niveau du rebord basilaire et de la région angulaire (rotations matricielle et intramatricielle).

On regrette l'absence d'analyse qualitative, morphologique dans les autres études précitées. L'évaluation des différents signes morphologiques de rotation antérieure et postérieure (tels l'échancrure antégoniale, l'orientation symphy-saire) aurait peut-être apporté des éléments intéressants, notamment en regard du potentiel auxologique<sup>11</sup> de chacun, par rapport au « rattrapage » de croissance.

#### 4.3. Influence du type d'obstruction

##### 4.3.1. Hypertrophie des organes lymphoïdes et effet de leur traitement

L'hypertrophie des organes lymphoïdes dépend de l'état inflammatoire, variable en fonction des

individus. L'hypertrophie est ainsi susceptible d'atteindre les différentes structures de l'anneau de Waldeyer (amygdales palatines, linguales et tubaires, végétations adénoïdes), voire des ganglions profonds et conditionnant le degré d'obstruction de la filière respiratoire et sa conformation (Fig. 4). L'hypertrophie lymphoïde est physiologique, normale jusqu'à atteindre 200 % de la taille adulte, avec un pic à l'âge de 8 ans, alors que le squelette facial n'a pas ses dimensions définitives. Chez les enfants atteints de troubles respiratoires obstructifs du sommeil, l'hypertrophie lymphoïde est exagérée en volume et prolongée dans le temps<sup>45</sup>, parfois au-delà de l'âge de huit ans<sup>45</sup>.

Tous les enfants avec hypertrophie lymphoïde ne vont pas développer une ventilation orale chronique. À l'exception des cas d'obstruction complète de la filière nasale, qui conduit à une ventilation buccale obligatoire, chaque enfant peut développer des adaptations posturales mandibulaires et linguales variables.

Si notre sélection et notre évaluation qualitative n'ont pas permis de retenir un nombre suffisant d'études pour une méta-analyse stratifiée par type ou par sévérité d'obstruction, certaines pistes de réflexion existent cependant dans la littérature : les enfants présentant une hypertrophie isolée des amygdales palatines maintiendraient une mandibule plus avancée et haute que les enfants avec obstruction nasopharyngée par hypertrophie des végétations adénoïdes<sup>20</sup>. Sousa, *et al.*<sup>51</sup> n'auraient pas retrouvé de différences céphalométriques significatives entre les enfants atteints d'hypertrophie adéno-amygdalienne ou d'hypertrophie adénoïdienne isolée.

#### 4.3.2. Allergies respiratoires et effet de leur traitement

Il est difficile de distinguer l'obstruction liée uniquement à l'allergie, car un degré d'hypertrophie adénoïdienne est souvent associé à la rhinite allergique chronique. En effet, la rhinite allergique est associée à une éosinophilie nasale, à l'origine d'une inflammation chronique et d'un remodelage structurel de la muqueuse nasale, retrouvés chez les enfants dès l'âge de six ans<sup>12</sup>.

Les enfants allergiques connaîtraient des modifications myofonctionnelles, avec une altération de la position mandibulaire et des tensions musculaires lors de la déglutition<sup>2</sup>. Ils auraient une divergence

mandibulaire, un angle mandibulaire plus ouvert, ainsi qu'une hauteur faciale antérieure augmentée par rapport aux contrôles et à leur frère/sœur non allergique<sup>56</sup>. Aucune étude n'a suivi la croissance d'enfants allergiques « traités » (évitement de l'allergène, anti-inflammatoires, désensibilisations...) par rapport à un groupe non traité, pour des raisons éthiques évidentes.

#### 4.3.3. Anomalies des tissus durs nasaux et effet de leur traitement

Une obstruction de nature constante, atteignant les fosses nasales osseuses (sténose de l'orifice piriforme, atrésie choanale non syndromique) permettrait de mieux évaluer la corrélation entre la ventilation buccale exclusive et la croissance faciale. Elle reflète cependant une anomalie précoce du développement, susceptible d'avoir affecté sévèrement le maxillaire ou le cartilage septal. Ainsi la persistance d'une hyperdivergence augmentée de près de deux écarts-types, retrouvée dans l'équipe de Freng, *et al.*<sup>21</sup> doit être interprétée avec précaution.

L'étude de Luca D'Ascanio, *et al.* en 2010<sup>16</sup> rapportait un effet assez important des déviations septales sur la divergence mandibulaire, augmentée de +4,61° en moyenne. Le caractère unique et le schéma transversal de cette étude ne permettent pas de généraliser ces observations. Lui faisant écho, l'étude d'Ori, *et al.*<sup>44</sup>, prospective mais non contrôlée, a rapporté une amélioration significative des paramètres céphalométriques et dentaires lors du suivi post-opératoire, notamment sur les valeurs de l'angle goniale et la hauteur faciale antérieure.

#### 4.4. Variabilité de l'adaptation individuelle à l'obstruction et à la libération des voies respiratoires, influence de l'âge

Face à une obstruction nasale ou pharyngienne, une série d'adaptations fonctionnelles se mettent en place chez l'enfant, pour autoriser une ventilation buccale de suppléance : perte du sceau labial, élévation de la lèvre supérieure, maintien d'une posture basse de la langue, activation des muscles abaisseurs de la mandibule, ainsi qu'une possible hyperextension cervicale, mettant en tension les parois pharyngées. De telles modifications de l'équilibre fonctionnel sont susceptibles, si elles se prolongent dans le temps, d'influencer significativement le développement facial. Melvin Moss, par sa théorie des matrices fonctionnelles en a exposé les mécanismes<sup>40,41</sup>.

# Angle SN/Pmand

- Taille d'effet de chaque étude | Intervalle de confiance de la taille d'effet
- ◆ Taille d'effet globale estimée - - - Valeur de la taille d'effet globale
- Pas de valeur d'effet | Intervalle de confiance global estimé

ID	Différence moyenne	Inférieur	Supérieur	valeur p	groupes/type
Eucconi_1999	5.00	2.85	7.15	0.00	AT
Faria_2002	3.73	0.97	6.49	0.01	AT
Valera_2003	3.69	1.65	5.73	0.00	AT
Zettazgen.Wijk_a_2006	4.50	1.53	7.47	0.00	?
Mattar_2011	4.60	2.35	6.85	0.00	AT
Franco_2015a	3.80	2.05	5.55	0.00	A
Franco_2015b	3.70	1.97	5.43	0.00	AT
Sous-groupe global	4.08	3.27	4.88	0.00	
<b>6-10 ans</b>					
D'Arcanio_2010	5.51	4.61	6.41	0.00	NSD
Baroni_2011 a	1.40	-1.92	4.72	0.41	A
Baroni_2011 b	1.80	-1.05	4.65	0.22	AT
Mahotra_1_2012	0.53	-1.71	2.77	0.64	AT
Mahotra_2_2012	3.77	1.90	5.64	0.00	AT
ChungWunor_2014	2.90	0.82	4.98	0.01	?
Sous-groupe global	2.92	1.29	4.55	0.00	
<b>10 ans</b>					
Barari_2010	3.09	1.18	5.00	0.00	AT
Bakor_2011	1.98	-2.12	6.06	0.34	?
Sous-groupe global	2.89	1.16	4.62	0.00	
Global	3.59	2.84	4.34	0.00	

Modèle : Modèle à effets aléatoires  
 Hétérogénéité \ : Tau-carré = 0.94, H-carré = 1.91, I-carré = 0.48  
 Test de la taille d'effet globale \ : z = 9.41, valeur-p = 0.00  
 Test de l'homogénéité entre les sous-groupes \ : Q.2.56, df = 2, valeur-p = 0.28

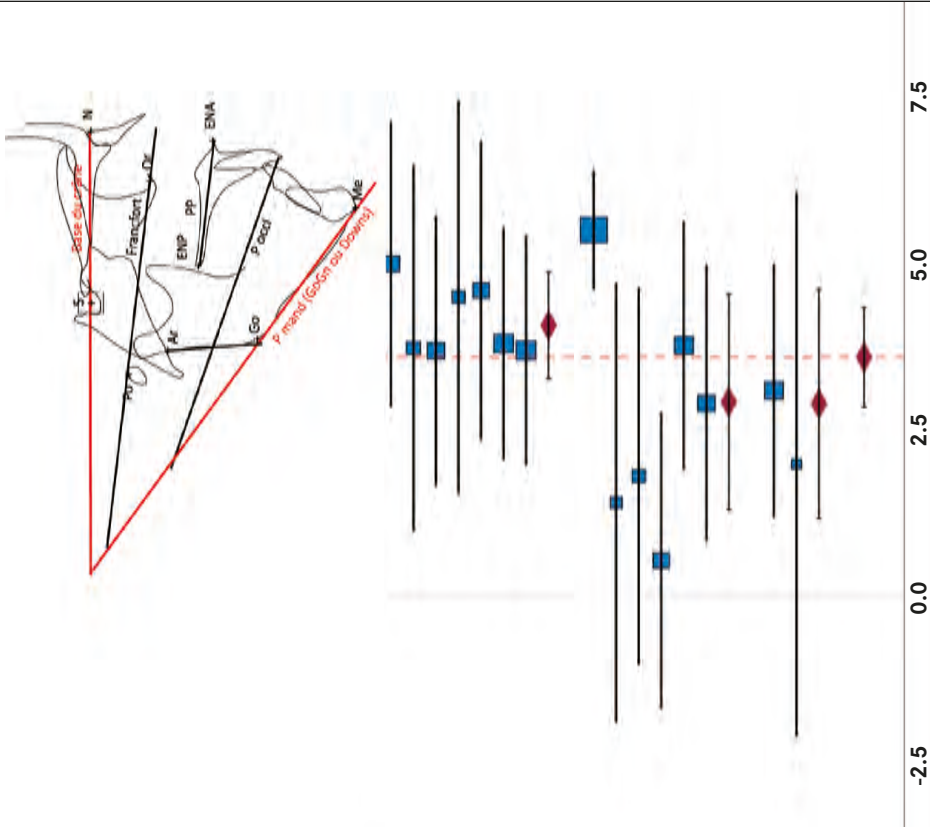
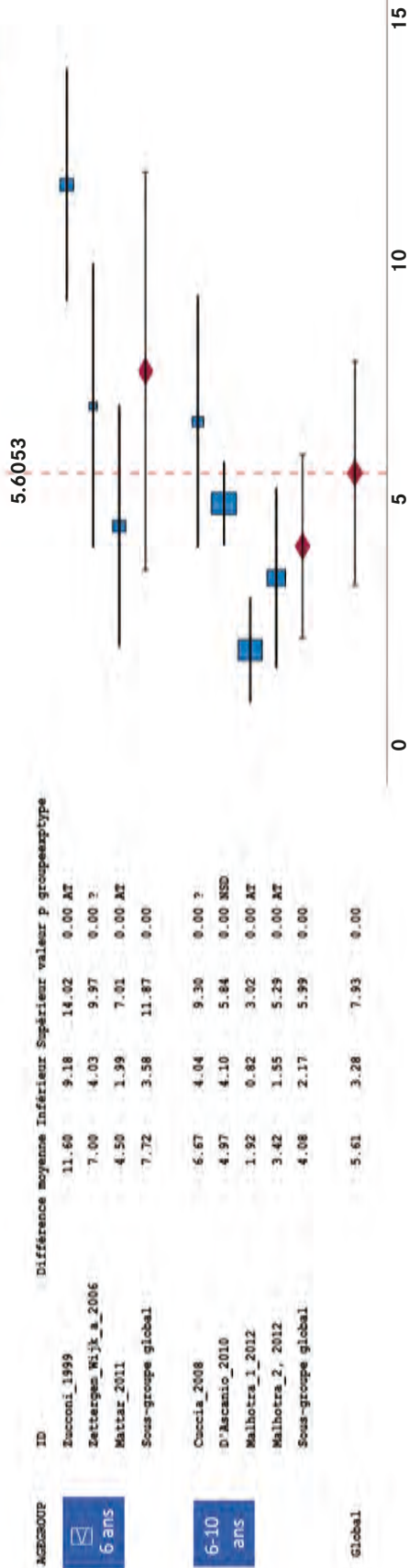
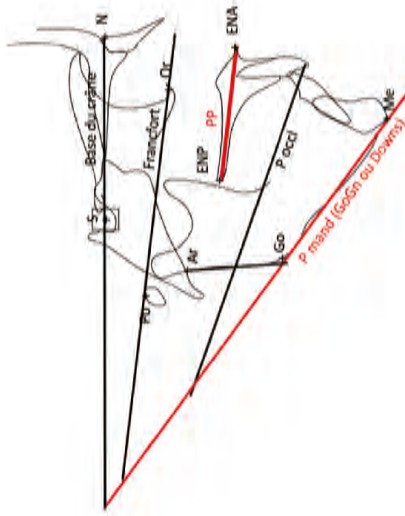


Figure 4

Graphique en forêt : divergence mandibulaire par rapport à la base du crâne (SN/Pmand).  
 AT = adéno-amygdaléctomie ; A = adénoïdectomie ; NSD = déviation du septum nasal ; ? = type d'obstruction non spécifié (valable pour les tableaux 4 à 7).

# Angle PP/Pmand

- Taille d'effet de chaque étude
- ◆ Taille d'effet globale estimée
- I Intervalle de confiance global estimé
- | Intervalle de confiance de la taille d'effet
- - - Valeur de la taille d'effet globale



Modèle : Modèle à effets aléatoires  
 Hétérogénéité \ : Tau-carré = 8.69, H-carré = 12.99, I-carré = 0.92  
 Test de la taille d'effet globale \ : z = 4.72, valeur-p = 0.00  
 Test de l'homogénéité entre les sous-groupes \ : Q = 2.45, df = 1, valeur-p = 0.12

Figure 5  
 Graphique en forêt : divergence maxillo-mandibulaire (PP/Pmand).

# ArGoMe

- Taille d'effet de chaque étude
- ◆ Taille d'effet globale estimée
- Pas de valeur d'effet
- | Intervalle de confiance de la taille d'effet
- - - Valeur de la taille d'effet globale
- I Intervalle de confiance global estimé

ID	Différence moyenne	Inférieur	Supérieur	valeur p	groupe	exptype
Bresolin_1983_a	5.00	-0.00	10.00	0.05	Allergie	
D'Ascenio_2010	6.07	4.96	7.18	0.00	NSD	
Baroni_2011 a	0.80	-2.21	3.81	0.60	A	
Baroni_2011 b	1.80	-0.98	4.58	0.21	AT	
Mattar_2011	5.60	4.02	7.18	0.00	AT	
Malhotra_1_2012	1.95	0.75	3.15	0.00	AT	
Malhotra_2_2012	3.22	1.61	4.83	0.00	AT	
Deng_2012	1.84	-1.71	5.39	0.31	?	
Lysy_2021	2.80	2.06	3.54	0.00	AT	
<b>Global</b>	<b>3.34</b>	<b>2.06</b>	<b>4.63</b>	<b>0.00</b>		

Modèle : Modèle à effets aléatoires  
 Hétérogénéité \ : Tau-carré = 2.63, I-carré = 5.29, I-carré = 0.81  
 Test de la taille d'effet globale \ : z = 5.10, valeur-p = 0.00

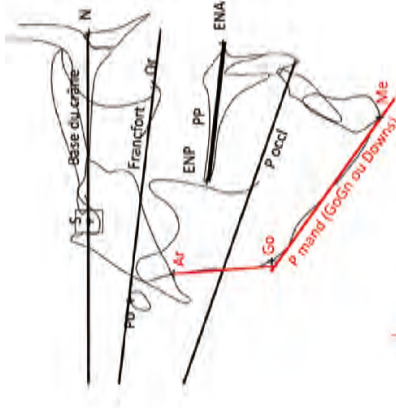
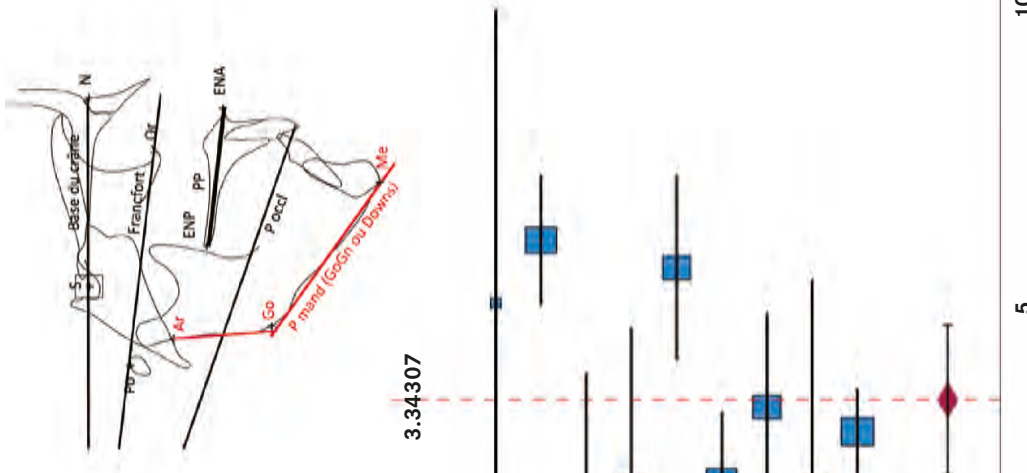


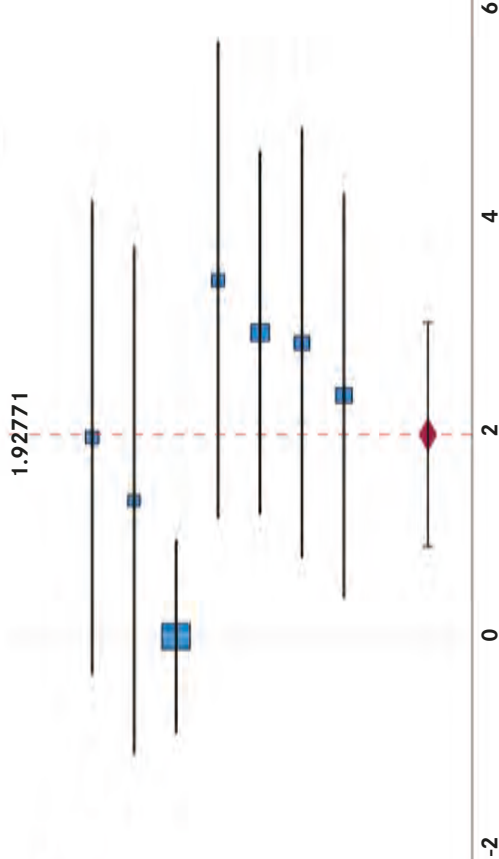
Figure 6  
 Graphique en forêt : ouverture de l'angle gonique ArGoMe.

# Angle SN/Poccl

Taille d'effet de chaque étude  
 Intervalle de confiance de la taille d'effet  
 Taille d'effet globale estimée  
 Valeur de la taille d'effet globale  
 Pas de valeur d'effet  
 Intervalle de confiance global estimé



ID	Différence moyenne	Inférieur	Supérieur	valeur p	groupe/sous-type
Bresolin_1983	1.90	-0.36	4.16	0.10	Allergie
Tucconi_1999	1.30	-1.12	3.72	0.29	AT
D'Ascanio_2010	0.00	-0.92	0.92	1.00	MSD
Juliano_2013_filles	3.40	1.12	5.68	0.00	AT
Juliano_2013_garçons	2.90	1.16	4.64	0.00	AT
ChungMunoz_2014	2.80	0.75	4.85	0.01	?
Agosthino_2015	2.30	0.37	4.23	0.02	Allergie
Global	1.93	0.86	3.00	0.00	



Modèle : Modèle à effets aléatoires  
 Hétérogénéité \ : Tau-carré = 1.14, I-carré = 2.39, I-carré = 0.58  
 Test de la taille d'effet globale \ : z = 3.53, valeur-p = 0.00

Figure 7  
 Graphique en forêt : différence d'inclinaison du plan d'occlusion SN/Poccl.

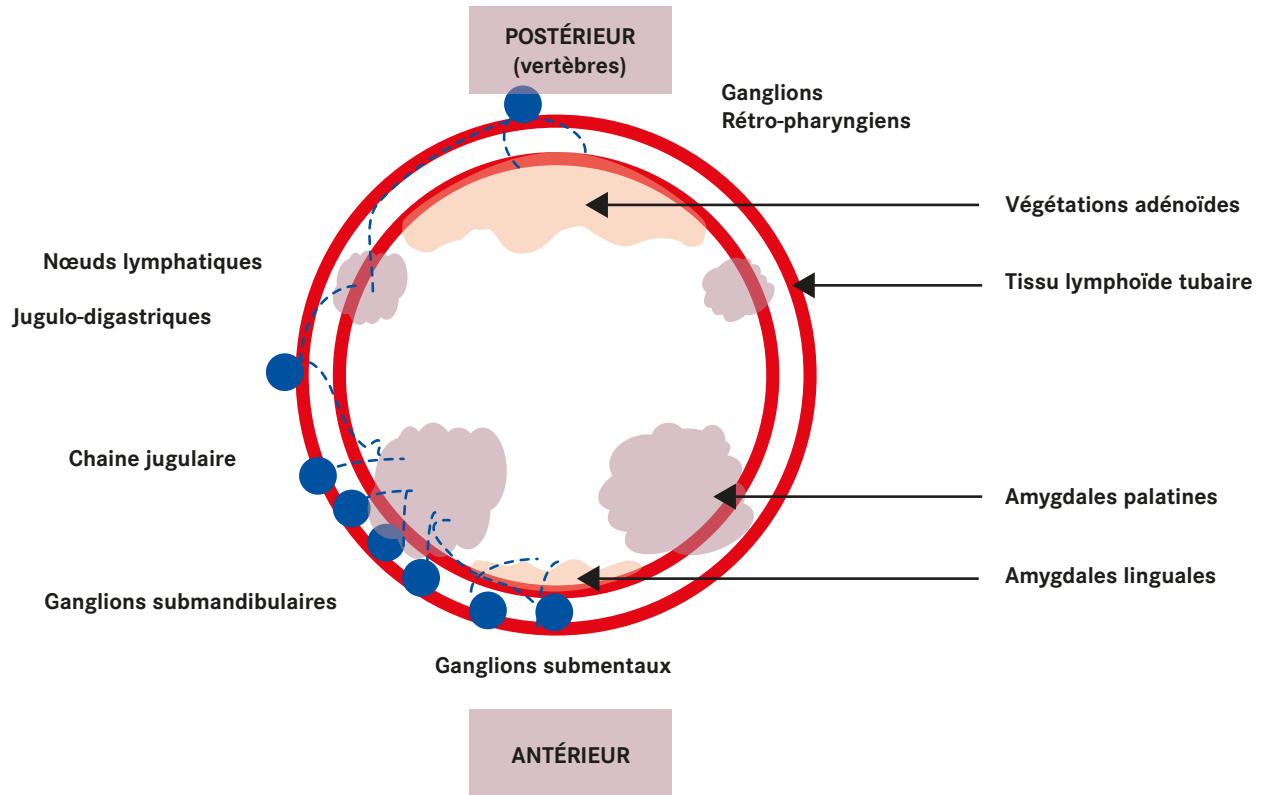


Figure 8  
Anneau de Waldeyer et ganglions pharyngés.

Les stimuli reçus par le périoste et les sutures membraneuses sont traduits par mécano-transduction en signaux cellulaires au sein de l'unité squelettique.

Le schéma d'apposition osseuse dans la région concernée s'adapte aux nouvelles contraintes fonctionnelles, en tant que « réponse secondaire, compensatoire et mécaniquement obligatoire » aux altérations morphogénétiques<sup>42</sup>.

Les expériences menées par Harvold, *et al.* sur l'obstruction nasale chez de jeunes macaques dans les années 1980<sup>25,55,59</sup> ont montré que les individus peuvent s'adapter de différentes manières, notamment concernant le type de muscles impliqués et leur mode de recrutement. Après que leurs narines aient été bouchées par des inserts en silicone, 80 % des individus adoptaient une posture bouche ouverte permanente, développant une encoche sur la lèvre supérieure, certains protractant également la langue. L'élévation de la lèvre supérieure ou la modification de la forme linguale étaient souvent rythmiques, marquées par le cycle respiratoire<sup>25,39</sup> et certains individus n'ouvraient la bouche que séquentiellement. La ventilation orale induite a entraîné une augmentation de l'angle du plan mandibulaire, une

ouverture de l'angle goniale et une rotation postérieure chez les huit singes Rhésus du groupe expérimental, par rapport aux huit animaux témoins, qui avaient quant à eux effectué une croissance mandibulaire en rotation antérieure au cours de la même période de deux ans<sup>55</sup>.

En 1997, une équipe japonaise<sup>61</sup> a reproduit l'expérience chez le singe Rhésus, démontrant une plus sévère altération de la croissance avec une plus grande sévérité d'obstruction naso-pharyngienne, quand installée avant et pendant le pic pubertaire.

Dans la période post-expérimentale chez le singe Rhésus, la plupart des individus recouvraient une ventilation nasale dès huit jours après la levée de l'obstruction<sup>59</sup>, certains individus (deux sur huit macaques) conservaient leurs adaptations musculaires de ventilation orale, même après libération des voies respiratoires.

## 5. Limites de cette revue critique

Cette revue concise visait à analyser les principales études référencées, sans évaluer les publications dans d'autres langues ou la littérature dite « grise ». L'analyse qualitative des études a été présentée de

façon simplifiée, sans reprendre les grilles classiques d'évaluation, qui auraient modifié le score de biais. Au niveau des définitions, certaines approximations ont été faites, ignorant les différents plans mandibulaires ou plans d'occlusion, en contournant le problème par l'appréciation des seules différences entre les participants à ventilation nasale ou buccale.

## 6. Conclusion

L'association entre l'obstruction nasale/nasopharyngée, le mode de ventilation buccale et le développement d'une hyperdivergence faciale restent d'un faible niveau de preuve, malgré une certaine convergence des études cliniques.

En tenant compte des limites méthodologiques et en compilant les résultats des études les plus rigoureuses, il apparaît que l'obstruction nasale et nasopharyngée chez l'enfant est susceptible de modifier durablement la divergence mandibulaire, maxillo-mandibulaire, ainsi que l'angle mandibulaire. Cet effet est surtout marqué chez l'enfant jeune, de six ans et moins.

Les interventions chirurgicales d'adénoïdectomie et d'adéno-amygdalectomie, quand elles sont réalisées chez le jeune enfant, avant ou à l'âge de six ans, sont susceptibles de permettre à l'enfant d'adopter une direction de croissance plus horizontale, rejoignant la trace des enfants à ventilation nasale. Ces éléments sont importants à considérer, sachant que la mandibule et le maxillaire ont atteint environ 85 % de leur taille adulte à l'âge de cinq ans.

Le niveau de preuve reste cependant très faible, et le clinicien doit être prudent en recommandant le traitement agressif d'une obstruction nasale ou en promettant des résultats spectaculaires sur la divergence faciale. L'intervention du « petit ramoneur » (reperméabilisation des VAS à ses différents étages, nez, nasopharynx, oropharynx et langue), décrite par Petit<sup>48</sup>, ne saurait se justifier, du moins comme « préalable à un traitement d'orthopédie dento-faciale ». Il reste des indications médicales précises de telles interventions, notamment dans les cas de troubles respiratoires obstructifs du sommeil, ou d'infections itératives des voies respiratoires supérieures. La prise en charge est alors individualisée, associant traitements médicaux, chirurgicaux et rééducation myofonctionnelle.

Enfin, la croissance faciale verticale se prolonge très longtemps, décrite à l'âge adulte, même si elle reste de plus faible intensité<sup>43</sup>. La prise en charge des obstructions respiratoires et des anomalies

fonctionnelles s'entend au long cours. En citant les conclusions du professeur Harold formulées il y a quarante ans, « l'obstruction nasale présente le facteur déclenchant, mais c'est le recrutement musculaire déviant qui provoque l'anomalie de développement »<sup>25</sup>.

## Remerciements

Nous souhaitons remercier la Dr Nikol Govsievich pour sa contribution à la stratégie de recherche bibliographique, les Drs Sreenath Arekunnath et Sveltana Komarova pour leurs conseils sur les possibilités statistiques.

## Liens d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.

## Références

1. Agostinho HA, Furtado I, Silva FS, Ustrell Torrent J. Cephalometric Evaluation of Children with Allergic Rhinitis and Mouth Breathing. *Acta Med Port* 2015;28(3):316-321.
2. Araújo BCL, Lima T, de Gois-Santos VT, Nascimento G, Martins-Filho PR, Simões SM. Association between nasal patency and orofacial myofunctional changes in patients with asthma and rhinitis. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2021;278(7):2371-2377.
3. Arun T, Isik F, Sayinsu K. Vertical Growth Changes After Adenoidectomy. *Angle Orthod* 2003;73(2):146-150.
4. Bakor SF, Enlow DH, Pontes P, De Biase NG. Craniofacial growth variations in nasal-breathing, oral-breathing and tracheotomized children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140(4):486-492.
5. Baroni M, Ballanti F, Franchi L, Cozza P. Craniofacial features of subjects with adenoid, tonsillar or adenotonsillar hypertrophy. *Prog Orthod* 2011;12(1):38-44.
6. Becking BE, Verweij JP, Kalf-Scholte SM, Valkenburg C, Bakker EWP, *et al.* Impact of adenotonsillectomy on the dentofacial development of obstructed children: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod* 2017;39(5):509-518.
7. Behlfelt K, Linder-Aronson S, McWilliam J, Neander P, Laage-Hellman J. Cranio-facial morphology in children with and without enlarged tonsils. *Eur J Orthod* 1990;12(3):233-243.
8. Bishara SE. Longitudinal cephalometric standards from 5 years of age to adulthood. *Am J Orthod* 1981;79(1):35-44.
9. Bresolin D, Shapiro PA, Shapiro GG, Chapko MK, Dassel S. Mouth breathing in allergic children: its relationship to dentofacial development. *Am J Orthod* 1983;83(4):334-340.
10. Caprioglio A, Zucconi M, Calori G, Troiani V. Habitual snoring, OSA and craniofacial modification. Orthodontic clinical and diagnostic aspects in a case control study. *Minerva Stomatol* 1999;48(4):125-137.

11. Celli D, Gasperoni E, Oliva B, Deli R. Assessment of mandibular growth and response to functional appliance treatment in prepubertal patients with different auxologic categories. *Prog Orthod* 2010;11(1):20-26.
12. Chawes BL. Upper and lower airway pathology in young children with allergic- and non-allergic rhinitis. *Dan Med Bull* 2011;58(5):B4278.
13. Cheng MC, Enlow DH, Papsidero M, Broadbent BH Jr, Oyen O, Sabat M. Developmental effects of impaired breathing in the face of the growing child. *Angle Orthod* 1988;58(4):309-320.
14. Chung Leng Muñoz I, Beltri Orta P. Comparison of cephalometric patterns in mouth breathing and nose breathing children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2014;78(7):1167-1172.
15. Cuccia AM, Lotti M, Caradonna D. Oral breathing and head posture. *Angle Orthod* 2008;78(1):77-82.
16. D'Ascanio L, Lancione C, Pompa G, Rebuffini E, Mansi N, Manzini M. Craniofacial growth in children with nasal septum deviation: a cephalometric comparative study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2010;74(10):1180-1183.
17. Deng J, Gao X. A case-control study of craniofacial features of children with obstructed sleep apnea. *Sleep Breath* 2012;16(4):1219-1227.
18. do Nascimento RR, Masterson D, Trindade Mattos C, de Vasconcellos Vilella O. Facial growth direction after surgical intervention to relieve mouth breathing: a systematic review and meta-analysis. *J Orofac Orthop* 2018;79(6):412-426.
19. Faria PT, de Oliveira Ruellas AC, Matsumoto MA, Anselmo-Lima WT, Pereira FC. Dentofacial morphology of mouth breathing children. *Braz Dent J* 2002;13(2):129-132.
20. Franco LP, Souki BQ, Cheib PL, Abrão M, Pereira T, *et al.* Are distinct etiologies of upper airway obstruction in mouth-breathing children associated with different cephalometric patterns? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2015;79(2):223-228.
21. Freng A, Kvam E. Facial sagittal growth following partial, basal resection of the nasal septum: a retrospective study in man. *Eur J Orthod* 1979;1(2):89-96.
22. Garrity C, Gartlehner G, Nussbaumer-Streit B, King VJ, Hamel C, *et al.* Cochrane Rapid Reviews Methods Group offers evidence-informed guidance to conduct rapid reviews. *J Clin Epidemiol* 2021;130:13-22.
23. Gwynne-Evans E. The so-called adenoid facies. *Postgrad Med* 1956;19(3):253-255.
24. Harari D, Redlich M, Miri S, Hamud T, Gross M. The effect of mouth breathing versus nasal breathing on dentofacial and craniofacial development in orthodontic patients. *Laryngoscope* 2010;120(10):2089-2093.
25. Harvold EP, Tomer BS, Vargervik K, Chierici G. Primate experiments on oral respiration. *Am J Orthod* 1981;79(4):359-372.
26. Juliano ML, Machado MA, Carvalho LB, Santos GM, Zancanella E, *et al.* Obstructive sleep apnea prevents the expected difference in craniofacial growth of boys and girls. *Arq Neuropsiquiatr* 2013;71(1):18-24.
27. Juliano ML, Machado MA, de Carvalho LB, Zancanella E, Santos GM, *et al.* Polysomnographic findings are associated with cephalometric measurements in mouth-breathing children. *J Clin Sleep Med* 2009;5(6):554-561.
28. Kerr WJ, McWilliam JS, Linder-Aronson S. Mandibular form and position related to changed mode of breathing. A five-year longitudinal study. *Angle Orthod* 1989;59(2):91-96.
29. Koski K, Lähdemäki P. Adaptation of the mandible in children with adenoids. *Am J Orthod* 1975;68(6):660-665.
30. Linder-Aronson S. Adenoids. Their effect on mode of breathing and nasal airflow and their relationship to characteristics of the facial skeleton and the dentition. A biometric, rhino-manometric and cephalometro-radiographic study on children with and without adenoids. *Acta Otolaryngol Suppl.* 1970;265:1-132.
31. Linder-Aronson S. Respiratory Function in Relation to Facial Morphology and the Dentition. *Br J Orthod* 1979;6(2):59-71.
32. Linder-Aronson S, Woodside DG, Lundström A. Mandibular growth direction following adenoidectomy. *Am J Orthod* 1986;89(4):273-284.
33. Lysy J, Karkazi F, Stanko P, Novak B. The influence of mouth breathing on skeletal and dental features of splanchnocranium. *Bratisl Lek Listy* 2021;122(3):196-199.
34. Mahony D, Karsten A, Linder-Aronson S. Effects of adenoidectomy and changed mode of breathing on incisor and molar dentoalveolar heights and anterior face heights. *Aust Orthod J* 2004;20(2):93-98.
35. Malhotra S, Pandey RK, Nagar A, Agarwal SP, Gupta VK. The effect of mouth breathing on dentofacial morphology of growing child. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2012;30(1):27-31.
36. Mattar SE, Valera FC, Faria G, Matsumoto MA, Anselmo-Lima WT. Changes in facial morphology after adenotonsillectomy in mouth-breathing children. *Int J Paediatr Dent* 2011;21(5):389-396.
37. McNamara JA. Influence of respiratory pattern on craniofacial growth. *Angle Orthod* 1981;51(4):269-300.
38. Meyer W. On Adenoid Vegetations in the Naso-pharyngeal Cavity: their Pathology, Diagnosis, and Treatment. *Med Chir Trans* 1870;53:191-216.1.
39. Miller AJ, Vargervik K, Chierici G. Sequential neuromuscular changes in rhesus monkeys during the initial adaptation to oral respiration. *Am J Orthod* 1982;81(2):99-107.
40. Moss ML. The primacy of functional matrices in orofacial growth. *Dent Pract Dent Rec* 1968;19(2):65-73.
41. Moss ML. The functional matrix hypothesis revisited. 1. The role of mechanotransduction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112(1):8-11.
42. Moss ML, Salentijn L. Differences between the functional matrices in anterior open-bite and in deep overbite. *Am J Orthod* 1971;60(3):264-280.
43. Oesterle LJ, Cronin RJ Jr. Adult growth, aging, and the single-tooth implant. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15(2):252-260.
44. Ori M, Ricci G, Capalbo M, Maranzano M, Sarno A, *et al.* Quick septoplasty in children: Long-term effects on nasal breathing and dentofacial morphology. A prospective cephalometric study. *Auris Nasus Larynx* 2021;48(5):914-921.
45. Papaioannou G, Kambas I, Tsaoussoglou M, Panaghiotopoulou-Gartagani P, Chrousos G, Kaditis AG. Age-dependent changes in the size of adenotonsillar tissue in childhood: implications for sleep-disordered breathing. *J Pediatr* 2013;162(2):269-274.e4.
46. Paramaesvaran S, Ahmadzada S, Eslick GD. Incidence and potential risk factors for adenoid regrowth and revision adenoidectomy: A meta-analysis. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2020;137:110220.
47. Peltomäki T. The effect of mode of breathing on craniofacial growth-revisited. *Eur J Orthod* 2007;29(5):426-429.

48. Petit HP. Pré-orthognathie chirurgicale en orthodontie: pour une justification. *Orthod Fr* 1998;69(1):153-195.
49. Ricketts RM. Respiratory obstruction syndrome. *Am J Orthod* 1968;54(7):495-507.
50. Skieller V, Björk A, Linde-Hansen T. Prediction of mandibular growth rotation evaluated from a longitudinal implant sample. *Am J Orthod* 1984;86(5):359-370.
51. Sousa JB, Anselmo-Lima WT, Valera FC, Gallego AJ, Matsumoto MA. Cephalometric assessment of the mandibular growth pattern in mouth-breathing children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngo* 2005;69(3):311-317.
52. Subtelny JD. The Significance of Adenoid Tissue in Orthodontia. *Angle Orthod* 1954;24(2):59-69.
53. Subtelny JD. Effect of diseases of tonsils and adenoids on dentofacial morphology. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1975;84(2 pt2 suppl 19):50-54.
54. Tarvonen PL, Koski K. Craniofacial skeleton of 7-year-old children with enlarged adenoids. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;91(4):300-304.
55. Tomer BS, Harvold EP. Primate experiments on mandibular growth direction. *Am J Orthod* 1982;82(2):114-119.
56. Trask GM, Shapiro GG, Shapiro PA. The effects of perennial allergic rhinitis on dental and skeletal development: a comparison of sibling pairs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;92(4):286-293.
57. Ung N, Koenig J, Shapiro PA, Shapiro G, Trask G. A quantitative assessment of respiratory patterns and their effects on dentofacial development. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98(6):523-532.
58. Valera FC, Travitzki LV, Mattar SE, Matsumoto MA, Elias AM, *et al.* Muscular, functional and orthodontic changes in pre school children with enlarged adenoids and tonsils. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2003;67(7):761-770.
59. Vargervik K, Miller AJ, Chierici G, Harvold E, Tomer BS. Morphologic response to changes in neuromuscular patterns experimentally induced by altered modes of respiration. *Am J Orthod* 1984;85(2):115-124.
60. Welch V, Petticrew M, Tugwell P, Moher D, O'Neill J, Waters E, *et al.* PRISMA-Equity 2012 extension: reporting guidelines for systematic reviews with a focus on health equity. *PLoS Med* 2012;9(10):e1001333.
61. Yamada T, Tanne K, Miyamoto K, Yamauchi K. Influences of nasal respiratory obstruction on craniofacial growth in young *Macaca fuscata* monkeys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111(1):38-43.
62. Zettergren-Wijk L, Forsberg CM, Linder-Aronson S. Changes in dentofacial morphology after adeno-tonsillectomy in young children with obstructive sleep apnoea. A 5-year follow-up study. *Eur J Orthod* 2006;28(4):319-326.
63. Zhao Z, Zheng L, Huang X, Li C, Liu J, Hu Y. Effects of mouth breathing on facial skeletal development in children: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health* 2021;21(1):108.
64. Zheng W, Zhang X, Dong J, He J. Facial morphological characteristics of mouth breathers vs. nasal breathers: A systematic review and meta-analysis of lateral cephalometric data. *Exp Ther Med* 2020;19(6):3738-3750.
65. Zucconi M, Caprioglio A, Calori G, Ferini-Strambi L, Oldani A, *et al.* Craniofacial modifications in children with habitual snoring and obstructive sleep apnoea: a case-control study. *Eur Respir J* 1999;13(2):411-417.

## Annexe 1. Stratégie de recherche (auteur JCL).

Groupe de recherche	Titre par sujet médical (MeSH) ou mot clé
1	Cephalometry OR cephalometry [tiab] FFa OR teleradiology OR teleradiology [tiab] OR radiographic analysis [tiab] OR lateral cephalogram [tiab] OR lateral cephalograms [tiab] OR lateral radiographs [tiab] OR cone-beam computed tomography OR cone-beam computed Tomography [tiab] OR cone beam CT [tiab] OR cone beam [tiab] OR computerized tomography [tiab]
2	Exp nose / OR exp pharynx / OR exp tonsil / OR exp obstruction / OR (nasal* or adenoid* or adenotonsils* tonsillectom* tonsillotomy* OR adenoidectomy* OR adenotonsillectomy* OR adeno tonsillectomy* ).mp
3	Exp dentistry / or exp jaw / or (alveolar or craniofacial or « cranio facial » or mandib* or maxill* or jaw or malocclusion or occlusion or orthodontic or tooth or teeth).mp. or (craniofacial or dental or dentist* or dento* or orofacial or orthodontic).jw OR maxillofacial development OR maxillofacial development [tiab] OR face [tiab] OR facial growth [tiab] OR facial development [tiab] OR facial pattern [tiab] OR facial patterns [tiab] OR facial morphology [tiab] OR craniofacial growth [tiab] OR facial growth direction [tiab] OR vertical dimension OR vertical dimension [tiab] OR mandible OR mandible [tiab] OR chin OR chin [tiab] OR maxilla OR maxilla [tiab] OR jaw OR jaw [tiab]
5	1 AND 2 : 66 résultats. Retenus : 9
6	2 AND 3 : 72 résultats. Retenus : 9 dont 2 syst rev.
7	Nasal Obstruction AND mandible : 158 résultats. Retenus : 14 Oral breathing AND growth : 1,103 résultats. Duplicatas : 7

## Annexe 2 . Stratégie de recherche (SB et NG).

Concepts	Croissance	Obstruction nasale	Céphalométrie	Traitement
<b>Mots clés</b>	Maxillofacial development.mp. Or Facial growth.mp. OR Facial development.mp. OR Facial patterns.mp. OR vertical dimension.mp. OR Vertical growth.mp. OR Lower facial height.mp.	Nasal obstruction.mp. OR Chronic allergy.mp. OR nose obstruction / or septum deviation.mp. OR Obstructive sleep apnea.mp. or nose malformation.mp. or nose septum.mp. OR nose obstruction.mp. OR Nasal stenosis.mp. OR Mouth breathing.mp. Or mouth respiration.mp. Or mouth breather.mp. Or adenoids.mp.	Cephalometry.mp. OR Lateral cephalogram.mp. OR Lateral radiograph.mp.	Adenoidectomy.mp. or Adenotonsillectomy.mp. or Septoplasty.mp.
<b>Titre (Embase)</b>	Maxillofacial development / OR Facial development / OR Facial growth /	Nose malformation / OR nose obstruction / OR nose septum / OR Allergy / OR Mouth breathing / OR adenoid / OR sleep disorder breathing	Cephalometry /	Adenoidectomy / OR adenotonsillectomy / OR septoplasty /
<b>Concept</b>	(Maxillofacial development.mp. OR Facial growth.mp. OR Facial development.mp. OR Facial patterns.mp. OR Vertical dimension.mp. OR Lower facial height.mp. OR Mandible.mp.)	(Nasal obstruction.mp. OR Chronic allergy.mp. OR nose obstruction / or septum deviation.mp. OR Obstructive sleep apnea.mp. or Nose malformation.mp. or Nose septum.mp. OR Nose obstruction.mp. OR Nasal stenosis.mp. OR Mouth breathing.mp. Or Mouth respiration.mp. Or Mouth breather.mp. Or Adenoids.mp.) OR (Nose malformation / OR Nose obstruction / OR Nose septum / OR Allergy / OR Mouth breathing / OR Adenoid / OR Sleep disorder breathing) OR ((Adenoidectomy.mp. OR Adenotonsillectomy.mp. OR Septoplasty.mp.) OR (Adenoidectomy / OR Septoplasty /)) AND ((Cephalometry.mp. OR Lateral cephalogram.mp. OR Lateral radiograph.mp.) OR Cephalometry /) AND (Maxillofacial development.mp. OR Facial growth.mp. OR Facial development.mp. OR Facial patterns.mp. OR vertical dimension.mp. OR lower facial height.mp. OR mandible.mp.)	(Cephalometry.mp. OR Lateral cephalogram.mp. OR Lateral radiograph.mp.) OR Cephalometry/	(Adenoidectomy.mp. or Adenotonsillectomy.mp. or Septoplasty.mp.) OR (Adenoidectomy / OR adenotonsillectomy / OR septoplasty /)
<b>Recherche</b>	((Nasal obstruction.mp. OR Chronic allergy.mp. OR nose obstruction / or Septum deviation.mp. OR Obstructive sleep apnea.mp. OR Nose malformation.mp. or Nose septum.mp. OR Nose obstruction.mp. OR Nasal stenosis.mp. OR Mouth breathing.mp. Or Mouth respiration.mp. Or Mouth breather.mp. Or Adenoids.mp.) OR (Nose malformation / OR Nose obstruction / OR Nose septum / OR Allergy / OR Mouth breathing / OR Adenoid / OR Sleep disorder breathing)) OR ((Adenoidectomy.mp. OR Adenotonsillectomy.mp. OR Septoplasty.mp.) OR (Adenoidectomy / OR Septoplasty /)) AND ((Cephalometry.mp. OR Lateral cephalogram.mp. OR Lateral radiograph.mp.) OR Cephalometry /) AND (Maxillofacial development.mp. OR Facial growth.mp. OR Facial development.mp. OR Facial patterns.mp. OR vertical dimension.mp. OR lower facial height.mp. OR mandible.mp.)			
	Finalité : 524 résultats (04/05/2022)			