



**HAL**  
open science

# Le remodelage ethmoïdal au cours du développement cranio-facial

Marylisa Felix-Ravelo

► **To cite this version:**

Marylisa Felix-Ravelo. Le remodelage ethmoïdal au cours du développement cranio-facial. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. hal-01931927

**HAL Id: hal-01931927**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01931927>**

Submitted on 23 Nov 2018

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

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



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

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

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

2017

**THESE**

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR EN MEDECINE**

Présentée et soutenue publiquement dans le cadre du troisième cycle de  
Médecine Spécialisée

Par

**Marylisa FELIX-RAVELO**

Le 31 mai 2017

**LE REMODELAGE ETHMOÏDAL AU COURS DU  
DEVELOPPEMENT CRANIO-FACIAL**

Membres du jury :

Président :

M. le Professeur Roger Jankowski (Directeur)

Juges :

Mme le Professeur Manuela Pérez

M. le Docteur Patrice Gallet

M. le Docteur Duc Trung Nguyen



**Pr é s i d e n t de l'Université de Lorraine:**  
**Professeur Pierre MUTZENHARDT**

**Doyen de la Faculté de Médecine :**  
**Professeur Marc BRAUN**

**Vice-doyens**

Pr Karine ANGIOI-DUPREZ, Vice-Doyen  
Pr Marc DEBOUVERIE, Vice-Doyen

**Assesseurs :**

**Premier cycle :** Dr Guillaume GAUCHOTTE  
**Deuxième cycle :** Pr Marie-Reine LOSSER  
**Troisième cycle :** Pr Marc DEBOUVERIE

*Innovations pédagogiques :* Pr Bruno CHENUUEL

*Formation à la recherche :* Dr Nelly AGRINIER  
*Animation de la recherche clinique :* Pr François ALLA  
*Affaires juridiques et Relations extérieures :* Dr Frédérique CLAUDOT

*Vie Facultaire et SIDES :* Pr Laure JOLY  
*Relations Grande Région :* Pr Thomas FUCHS-BUDER  
*Etudiant :* M. Lucas SALVATI

**Chargés de mission**

*Bureau de docimologie :* Dr Guillaume VOGIN  
*Commission de prospective facultaire :* Pr Pierre-Edouard BOLLAERT  
*Orthophonie :* Pr Cécile PARIETTI-WINKLER  
*PACES :* Dr Chantal KOHLER  
*Plan Campus :* Pr Bruno LEHEUP  
*International :* Pr Jacques HUBERT

=====

**DOYENS HONORAIRES**

Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER - Professeur Henry COUDANE

=====

**PROFESSEURS HONORAIRES**

Etienne ALIOT - Jean - Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Jean AUQUE - Gérard BARROCHE Alain BERTRAND - Pierre BEY  
Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL – Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE

Jean-Louis BOUTROY – Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL  
Claude CHARDOT - Jean-François CHASSAGNE - François CHERRIER Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY  
Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Jean DUHEILLE - Jean-Bernard DUREUX - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE Jean  
FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Alain GERARD - Hubert GERARD

Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles GROSDIDIER - Oliéro GUERCI - Philippe HARTEMANN  
Gérard HUBERT - Claude HURIET Christian JANOT - Michèle KESSLER - François KOHLER - Jacques LACOSTE Henri  
LAMBERT - Pierre LANDES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU - Jacques LECLERE

Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN – Jean-Claude MARCHAL - Pierre MATHIEU Michel  
MERLE - Pierre MONIN Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Gilbert PERCEBOIS Claude  
PERRIN - Luc PICARD - François PLENAT - Jean -Marie POLU - Jacques POUREL - Jean PREVOT - Francis RAPHAEL Antoine  
RASPILLER – Denis REGENT - Michel RENARD - Jacques ROLAND - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT

Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude SIMON - Danièle SOMMELET - Jean-François STOLTZ  
Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Gérard VAILLANT - Paul VERT – Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET  
Michel VIDAILHET - Jean-Pierre VILLEMOT - Michel WEBER

=====

## **PROFESSEURS ÉMÉRITES**

Professeur Etienne ALIOT - Professeur Gérard BARROCHE - Professeur Pierre BEY – Professeur Serge BRIANÇON Professeur Jean-  
Pierre CRANCE - Professeur Gilbert FAURE - Professeur Alain GERARD - Professeure Michèle KESSLER - Professeur Jacques  
LECLÈRE - Professeur Alain LE FAOU - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ - Professeure Simone GILGENKRANTZ –  
Professeur Gilles GROSDIDIER - Professeur Philippe HARTEMANN - Professeur François KOHLER Professeur Alain LE FAOU -  
Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS – Professeur Luc PICARD - Professeur François PLENAT Professeur  
Daniel SIBERTIN-BLANC - Professeur Jean-François STOLTZ - Professeur Paul VERT - Professeur Michel VIDAILHET

=====

## **PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

*(Disciplines du Conseil National des Universités)*

### **42<sup>ème</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE**

#### **1<sup>ère</sup> sous-section : (Anatomie)**

Professeur Marc BRAUN – Professeure Manuela PEREZ

#### **2<sup>ème</sup> sous-section : (Histologie, embryologie et cytogénétique)**

Professeur Christo CHRISTOV – Professeur Bernard FOLIGUET

#### **3<sup>ème</sup> sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)**

Professeur Jean-Michel VIGNAUD – Professeur Guillaume GAUCHOTTE

### **43<sup>ème</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE**

#### **1<sup>ère</sup> sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)**

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

#### **2<sup>ème</sup> sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)**

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeur Serge BRACARD - Professeur Michel CLAUDON  
Professeure Valérie CROISÉ-LAURENT - Professeur Jacques FELBLINGER

### **44<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION**

#### **1<sup>ère</sup> sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)**

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur Bernard NAMOUR - Professeur Jean-Luc OLIVIER

#### **2<sup>ème</sup> sous-section : (Physiologie)**

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUUEL - Professeur François MARCHAL

#### **4<sup>ème</sup> sous-section : (Nutrition)**

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

### **45<sup>ème</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE**

#### **1<sup>ère</sup> sous-section : (Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière)**

Professeur Alain LOZNIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

#### **2<sup>ème</sup> sous-section : (Parasitologie et Mycologie)**

Professeure Marie MACHOUART

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Maladies infectieuses ; maladies tropicales)**

Professeur Thierry MAY - Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

## **46<sup>ème</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Épidémiologie, économie de la santé et prévention)**

Professeur François ALLA - Professeur Francis GUILLEMIN - Professeur Denis ZMIROU-NAVIER

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine légale et droit de la santé)**

Professeur Henry COUDANE

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)**

Professeure Eliane ALBUISSON - Professeur Nicolas JAY

## **47<sup>ème</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Hématologie ; transfusion)**

Professeur Pierre FEUGIER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)**

Professeur Thierry CONROY - Professeur François GUILLEMIN - Professeur Didier PEIFFERT - Professeur Frédéric MARCHAL

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Immunologie)**

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT – Professeure Marie-Thérèse RUBIO

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Génétiq**

Professeur Philippe JONVEAUX - Professeur Bruno LEHEUP

## **48<sup>ème</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Anesthésiologie-réanimation ; médecine d'urgence)**

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER

Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Réanimation ; médecine d'urgence)**

Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)**

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU - Professeur Patrick NETTER

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)**

Professeur François PAILLE - Professeur Patrick ROSSIGNOL - Professeur Faiez ZANNAD

## **49<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Neurologie)**

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Luc TAILLANDIER - Professeure Louise TYVAERT

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Neurochirurgie)**

Professeur Jean AUQUE - Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)**

Professeur Jean-Pierre KAHN - Professeur Raymund SCHWAN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)**

Professeur Bernard KABUTH

**5<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)**

Professeur Jean PAYSANT

## **50<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Rhumatologie)**

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)**

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur Daniel MOLE - Professeur François SIRVEAUX

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Dermato-vénéréologie)**

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)**

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

## **51<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

### **1<sup>ère</sup> sous-section : (Pneumologie ; addictologie)**

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT - Professeur Yves MARTINET

### **2<sup>ème</sup> sous-section : (Cardiologie)**

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET - Professeur Yves JUILLIERE  
Professeur Nicolas SADOUL

### **3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)**

Professeur Thierry FOLLIGUET - Professeur Juan-Pablo MAUREIRA

### **4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)**

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY

## **52<sup>ème</sup> Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

### **1<sup>ère</sup> sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)**

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

### **3<sup>ème</sup> sous-section : (Néphrologie)**

Professeur Luc FRIMAT - Professeure Dominique HESTIN

### **4<sup>ème</sup> sous-section : (Urologie)**

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

## **53<sup>ème</sup> Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE, CHIRURGIE GÉNÉRALE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

### **1<sup>ère</sup> sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie)**

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY

Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

### **2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie générale)**

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD

### **3<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine générale)**

Professeur Jean-Marc BOIVIN – Professeur Paolo DI PATRIZIO

## **54<sup>ème</sup> Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

### **1<sup>ère</sup> sous-section : (Pédiatrie)**

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET Professeur Emmanuel RAFFO - Professeur Cyril SCHWEITZER

### **2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie infantile)**

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

### **3<sup>ème</sup> sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)**

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

### **4<sup>ème</sup> sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)**

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

## **55<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

### **1<sup>ère</sup> sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)**

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

### **2<sup>ème</sup> sous-section : (Ophtalmologie)**

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD - Professeur Jean-Luc GEORGE

### **3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)**

Professeure Muriel BRIX

=====

## PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

### 61<sup>ème</sup> Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Professeur Walter BLONDEL

### 64<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER

=====

## PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Professeur associé Sophie SIEGRIST

=====

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

### 42<sup>ème</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1<sup>ère</sup> sous-section : (*Anatomie*)

Docteur Bruno GRIGNON

2<sup>ème</sup> sous-section : (*Histologie, embryologie et cytogénétique*)

Docteure Chantal KOHLER

### 43<sup>ème</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1<sup>ère</sup> sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Docteur Jean-Marie ESCANYE

2<sup>ème</sup> sous-section : (*Radiologie et imagerie médicale*)

Docteur Damien MANDRY - Docteur Pedro TEIXEIRA

### 44<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1<sup>ère</sup> sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle AIMONE-GASTIN Docteure Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteur Marc MERTEN - Docteur Abderrahim OUSSALAH

2<sup>ème</sup> sous-section : (*Physiologie*)

Docteure Silvia DEMOULIN-ALEXIKOVA - Docteur Mathias POUSSEL

3<sup>ème</sup> sous-section : (*Biologie Cellulaire*)

Docteure Véronique DECOT-MAILLERET

### 45<sup>ème</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1<sup>ère</sup> sous-section : (*Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière*)

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

2<sup>ème</sup> sous-section : (*Parasitologie et mycologie*)

Docteure Anne DEBOURGOGNE

### 46<sup>ème</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1<sup>ère</sup> sous-section : (*Epidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Docteure Nelly AGRINIER - Docteur Cédric BAUMANN - Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE

2<sup>ème</sup> sous-section (*Médecine et Santé au Travail*)

Docteure Isabelle THAON

3<sup>ème</sup> sous-section (*Médecine légale et droit de la santé*)

Docteur Laurent MARTRILLE

### 47<sup>ème</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1<sup>ère</sup> sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Docteure Aurore PERROT – Docteur Julien BROSEUS (*stagiaire*)



**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)**  
Docteur Lina BOLOTINE – Docteur Guillaume VOGIN (*stagiaire*)

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Génétique)**  
Docteur Céline BONNET - Docteur Christophe PHILIPPE

**48<sup>ème</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Réanimation ; Médecine d'urgence)**  
Docteur Antoine KIMMOUN

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)**  
Docteur Nicolas GAMBIER - Docteur Françoise LAPICQUE - Docteur Julien SCALA-BERTOLA

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Thérapeutique ; Médecine d'urgence ; addictologie)**  
Docteur Nicolas GIRERD

**50<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Rhumatologie)**  
Docteur Anne-Christine RAT

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Dermato-vénéréologie)**  
Docteur Anne-Claire BURSZTEJN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)**  
Docteur Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

**51<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)**  
Docteur Fabrice VANHUYSE

**52<sup>ème</sup> Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)**  
Docteur Jean-Baptiste CHEVAUX

**53<sup>ème</sup> Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE, CHIRURGIE GÉNÉRALE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Médecine générale)**  
Docteur Elisabeth STEYER

**54<sup>ème</sup> Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**5<sup>ème</sup> sous-section : (Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)**  
Docteur Isabelle KOSCINSKI

**55<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Oto-Rhino-Laryngologie)**  
Docteur Patrice GALLET

=====

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES

### 5<sup>ème</sup> Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES

Monsieur Vincent LHUILLIER

### 7<sup>ème</sup> Section : SCIENCES DU LANGAGE : LINGUISTIQUE ET PHONETIQUE GENERALES

Madame Christine DA SILVA-GENEST

### 19<sup>ème</sup> Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

### 60<sup>ème</sup> Section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE, GÉNIE CIVIL

Monsieur Alain DURAND

### 64<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA - Monsieur Pascal REBOUL

### 65<sup>ème</sup> Section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Madame Nathalie AUCHET - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ - Monsieur Jean-Louis GELLY

Madame Céline HUSELSTEIN - Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE - Monsieur Christophe NEMOS

### 66<sup>ème</sup> Section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

=====

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteur Pascal BOUCHE – Docteur Olivier BOUCHY - Docteur Arnaud MASSON – Docteur Cédric BERBE Docteur Jean-Michel MARTY

=====

## DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Charles A. BERRY (1982)  
*Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)*  
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)  
*Brown University, Providence (U.S.A)*  
Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)  
*Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)*  
Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)  
*Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)*  
*Université de Pennsylvanie (U.S.A)*  
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)  
*Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)*

Professeure Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)  
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)  
*Université d'Helsinki (FINLANDE)*  
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)  
*Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)*  
Professeur Daniel G. BICHET (2001)  
*Université de Montréal (Canada)*  
Professeur Marc LEVENSTON (2005)  
*Institute of Technology, Atlanta (USA)*

Professeur Brian BURCHELL (2007)  
*Université de Dundee (Royaume-Uni)*  
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)  
*Université de Wuhan (CHINE)*  
Professeur David ALPERS (2011)  
*Université de Washington (U.S.A)*  
Professeur Martin EXNER (2012)  
*Université de Bonn (ALLEMAGNE)*

**A notre maître et président de thèse,  
A notre maître et directeur de thèse,  
Monsieur le Professeur Jankowski,  
Professeur d'oto-rhino-laryngologie et chirurgie cervico-faciale, chef du service d'oto-rhino-  
laryngologie.**

*Vous nous faites l'honneur de juger ce travail que vous nous avez confié. Nous vous sommes reconnaissantes de nous avoir guidées à travers notre internat et de nous avoir transmis votre expérience dans le domaine de la rhinologie.*

*Veillez trouver dans ce travail, l'expression de notre plus profond respect.*

**A notre maître et juge,  
Madame le Professeur Pérez,  
Professeur d'anatomie, chef du service de chirurgie générale et urgences.**

*Vous nous faites l'honneur de juger ce travail. Nous vous remercions pour la bienveillance et la spontanéité avec lesquelles vous avez accepté de juger notre travail. Nous vous remercions de nous avoir guidés et épaulés au cours de nos débuts d'internat.*

*Veillez trouver ici le témoignage de ma reconnaissance.*

**A notre maître et juge,  
Monsieur le Docteur Gallet,  
Docteur en médecine.**

*Vous nous faites l'honneur de juger ce travail. Nous vous sommes reconnaissantes de nous avoir épaulées tout au long de notre internat, de vous être rendu très disponible pour nous. Vous avez su nous transmettre vos connaissances.*

*Veillez trouver ici le témoignage de ma reconnaissance.*

**A notre maître et juge,  
Monsieur le Docteur Nguyen,  
Docteur en médecine.**

*Vous nous faites l'honneur de juger ce travail. Nous vous sommes reconnaissantes de nous avoir guidées pour la finalisation de ce travail mais surtout de nous avoir soutenues tout au long de notre internat. Nous vous remercions pour tous vos conseils et votre regard critique mais bienveillant. Veuillez trouver ici le témoignage de ma reconnaissance.*

A tous mes professeurs et maitres d'internat qui m'ont reçue dans leur service pendant ces cinq années,

Au **Docteur Dolivet**, au **Docteur Cortes** et au **Docteur Mastronicola**,

Je vous remercie d'avoir guidé mes premiers pas en ORL et de m'avoir transmis vos connaissances en cancérologie,

Au **Docteur Reibel**, Au **Docteur Siat**,

Au **Docteur Montinet**,

Au **Professeur Parietti-Winkler**,

Je vous remercie de m'avoir transmis vos connaissances en otologie,

Au **Docteur Toussaint**,

Vous m'avez tant appris pendant toutes ces années, la phoniatrie, la cancéro...les blagues !! Et pourtant nos débuts ont été difficiles, avant même que l'on se rencontre ! Tout ça à cause de 3 malheureuses semaines de vacances !! Tout est oublié...sauf les bons moments !

Au **Docteur Coffinet**,

Je vous remercie de m'avoir transmis vos connaissances et pour votre patience et votre bienveillance,

Au **Docteur Montaut-Verient**.

Je te remercie de m'avoir épaulée au cours de mon semestre en audiophonologie. Je regrette de n'avoir pu terminer le travail que nous avons débuté ensemble. Je te remercie encore pour ta gentillesse et ta bienveillance,

Au **Docteur Koch**,

Merci de m'avoir fait confiance pour mon premier curage, mes premiers remplacements.. Merci pour ta gentillesse,

Au **Professeur Peiffert**, et à toute l'équipe de radiothérapie de l'ICL,

A la **Gagat'**, à **JC**, à **Phiphi**, à **Guillaume**, à **Maria**, à **Anne-Sophie**, à **Ciprian**,

Je vous remercie de m'avoir accueillie si chaleureusement au cours de ce semestre. J'ai beaucoup appris. Si si !..mais le zéro scanner restera toujours un mystère pour moi !!

Au **Professeur Lacau St Guily**, Au **Professeur Périé**, Au **Professeur Baujat**,

Merci de m'avoir accueillie dans votre équipe et de m'avoir tant appris en 6 petits mois,

A mes co-internes qui sont devenus bien plus que ça,

A **Thomas TBB**, **Ariane**, **Arnaud** et **Rheem**, avec qui j'ai vécu mes débuts d'internat,

A **Rémi**...I love to love you baby!

A **Monica**, Merci pour ta patience,

A toi ma **Zaepfi**, qui m'a « presque » fait aimer la chir dig, avec qui j'ai passé de très très très bon moment...même la couture à 2h du matin c'était fun! J'espère partager encore plus de bons moments sur Paris avec toi!

A ma **Botti**, ma jumelle, ma kinder préférée! J'espère que la distance ne se fera pas ressentir. J'espère qu'on se retrouvera encore dans la cuisine à papoter de li'pomme et d'autres !

A **Andres Fuertas**, qui m'épate toujours quand il me dit qu'il a essayé de regarder les tympanes de sa fille avec un otoscope....sait-il encore ce qu'est un tympan ? Ce semestre avec toi était d'une fun-itude !

A **Anne-Laure**, pour tous les bons moments passés ensemble à papoter, à tous les goûters partagés ! J'espère réussir à te convaincre de venir sur Paris pour te voir plus souvent !

A **Elucake** pour avoir été ma co'interne d'or, ma chef, mais surtout mon amie. Merci pour tous tes bons conseils.

A **Manou**, en souvenir de cette première rencontre timide sur Nancy !

Au **Goetz**, mon petit Justin Bieber !

A **Marion**, ipso facto ! Merci de rire à mes blagues débiles et de ne pas trop me juger ! A tous les supers moments qu'on a passé ensemble ! Que nos vies soient ponctuées de belles petites surprises...comme les pièces de théâtre que tu nous fais découvrir..ou à la manière de ta rencontre avec le serveur en roller !

Au **Russel**, en souvenirs de ta montre, oui, ta fameuse montre qui nous a valu un boudin pendant 5 heures de route....mais aussi en souvenirs des bons moments...en soirée notamment !

A ma **ouech ouech copine Claire**, vite vite, il faut qu'on se voit ! Et nos filles aussi !

A **Méda**, tu viens quand tu veux à la maison ! le matelas gonflable sera toujours dispo ! ...et étanche ! Merci pour ton optimisme, ta pêche et ta bonne humeur ! tu es mon prozac !

A **Zazane**, ma mycose, à ta bonne humeur, tes blagues, tes rires sur mes blagues.... Merci d'avoir été là pour former le groupe des minorités avec DTN et moi !

A **Gragra** ! En souvenirs des bons moments passés à travailler ensemble. J'espère te revoir plus souvent sur Paris.

A **MHS**, merci d'avoir partagé ce semestre avec moi, loin de nos hommes. Merci pour ta gentillesse et tes nombreux conseils de super co-interne !

A **Théophile Jouselin Chagrin de Saint Hilaire**, pour ne pas avoir repris mon astreinte alors que j'étais enceinte jusqu'aux yeux ! J'ai passé un très bon semestre avec toi, et toi aussi n'est-ce pas ?!

Au **Bolzer**,

A **Xiang Lei**,

A mes super-co-internes de RTH : à **Nath, Niniss, JP, Aude, Paul, Guillaume, Chloé, Delphine**  
Merci pour ce semestre magnifique, vous étiez tellement choupinoux avec moi !

A mes co-internes parisiens,

A **Marhic, Ferrier et Dauzier**, merci de m'avoir accueillie, de m'avoir fait découvrir les joies de la salle, de m'avoir laissé être B1 de temps en temps, de m'avoir prêté vos codes phedra et d'avoir supporté mes blagues pourries !

A mes « presque » co-internes,

A ma **Béa**, pour ta bonne humeur, ta bonté et tous tes petits gestes trop mignons qui font de toi une très très grande amie ! A tes loufoqueries qui me font bien rire ! A nos prochaines escapades au soleil avec la Zaepfi !

A **Legallou**, j'espère te retrouver sur Paris, Orléans, ou Grenoble....ou peut-être dans les Vosges pour un week-end au ski !

Au **Sorin**, à **Chacha**, à **Ayoub**, à **Jordan**, à **Yoël**

A mes chefs,

A ma **Zizounette**, merci d'avoir été une super chef...même si tu m'as fait pleurer ! Tu savais transmettre ta passion et je me souviens encore de ton émerveillement devant chaque fistule anale !

A **Florian**,

A **Valentine**,



Au **Janny** et au **Bordigoni**, merci pour ce semestre durant lequel j'ai découvert l'ORL, les pauses café et les soirées pirates !

A **Firas**, merci pour tout ce que tu m'as appris,

A **Nicolas Boulanger**,

A **Cécile Rumeau**, merci de m'avoir transmis tes vastes connaissances,

A **Maréva**, **Alice** et **Sabine**,

A toutes les fermières qui m'ont appris énormément au cours de mon internat :

Aux **infirmières et aides-soignantes de l'ICL** qui m'ont fait passer un semestre mémorable...difficile...mais mémorable !!!

Aux **infirmières de CGU**,

Aux **infirmières de Metz** qui m'ont aidé à faire mes premières armes en ORL,

Aux infirmiers et infirmières de Tenon,

Et surtout **aux fermières et aides soignantes d'ORL du CHU** (et infirmier, pardon Josselyn !), que vous soyez, du matin, du soir ou d'inter... je vous adore toutes ! Plus que mes collègues, vous êtes mes amies...Vous me manquez déjà....

Aux **infirmières du bloc d'ORL**, vous allez me manquer, vous et vos règles d'asepsie !!....quand je vois un externe s'approcher trop près du champ, j'entends encore la douce voix de Nath' et de Marie-Catherine ! Merci de m'avoir épaulée lors de mes débuts de chirurgien.

A **Mme Perrin**, **Laurence Ribeyre**, **Marie-Madeleine Dutel** et **Catherine Courier**,

A **Marie Marchand**, merci pour tes bons conseils ,

A toutes les personnes que j'ai eu l'honneur de rencontrer tout au long de ma formation,

Aux **Docteurs Koehrer**, **Massip**, **Mariel** et **Fourcroy** qui m'ont donné envie de faire ce métier,

Au **Docteur Lise Crévier-Buchman** qui m'a beaucoup appris et m'a transmis sa passion pour la phoniatry,

Au **Docteur Patrick Klap** et au **Docteur Alain Perrin** pour m'avoir accueillie,

A **Aurélia**, **Adeline** et à **Marie-Pierre**, mes amies ortho, pro de la déglutition !

A mes amis de longues dates,

A la **Popa**, A **Emilie**, A **Idriss**, A **Ludo**, A **Hasina**, A **Mélanie**, A **Steph...**

A **mes amis de Paris** : Kaka, Chloé, Loïs, Gab, Lionel, Thomas, Sarah, Laura, Martin, Paul, Tim, Christophe...

A ma famille.

A **mon papa**, Solo, merci de m'avoir promis tous ces hélicoptères, ça m'a bien motivée !

A **ma maman**, merci pour ta patience et ton soutien.

Merci à vous deux de m'avoir fait confiance, de m'avoir soutenue, de m'avoir laissé voler de mes propres ailes très tôt...même si vous étiez persuadés que je reviendrais à la maison au bout de quelques semaines !

A **mon frère** Bich, merci patate ! J'espère que tu pourras accomplir tous tes projets...pour qu'on puisse collaborer très vite ! business business !

A **ma sœur** Tatch, j'espère que toi aussi tu pourras collaborer avec nous ! business business et encore plus business !

A **mes grands-parents**,

A **ma mamie** « Madame Lala », merci de m'avoir soutenue et supportée pendant toutes ces années en France.

A ma très « belle » famille,

A **Isabelle**, **Daniel** et **Guillaume**, merci de m'avoir accueillie dans votre famille. Merci pour votre soutien et votre présence dans les très bons moments comme dans les moments plus stressants,

A **Catherine**, **Thomas** et **Nicolas**,

A **mes oncles, tantes, cousins et cousines**,

A Sylv, Shéry, Lulu, Pat', Eric, Kati-kat, Kessya, Andy, Sonny, Sissy, Louisa, Néness, Fy, Tatiana... et j'en oublie sûrement...famille plus que nombreuse!!!

A **Mathieu-choupy-doudou**,

Merci pout tout !...Je t'en dirai plus tout à l'heure, à l'abri des regards indiscrets !

A **Rita**,

Je t'aime mon p'tit chat !

## SERMENT

« *Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.*

*Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.*

*Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.*

*J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.*

*Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque ».*

# TABLE DES MATIERES

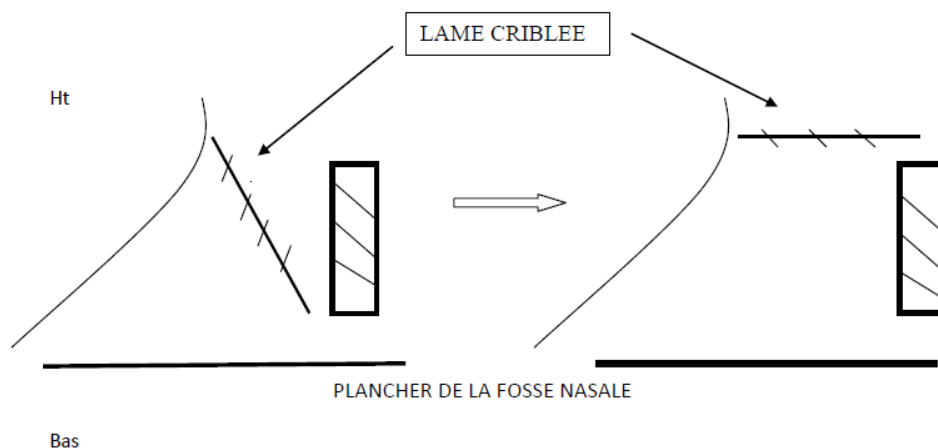
Première partie :INTRODUCTION .....	19
Introduction : .....	20
1. Le remodelage ethmoïdal.....	22
a) L'ethmoïde adulte .....	22
b) Le développement de l'ethmoïde au cours de la vie fœtale.....	24
c) Le remodelage ethmoïdal.....	27
2. Le développement cranio-facial.....	28
a) Le crâne.....	28
b) La face.....	30
Deuxième partie :ARTICLE .....	33
Troisième partie :CONCLUSIONS PERSPECTIVES .....	46
BIBLIOGRAPHIE .....	50

Première partie :  
**INTRODUCTION**

## Introduction :

La formation de l'éthmoïde est classiquement décrite dans la littérature comme l'évagination de cavités issues du méat moyen depuis chaque cavité nasale (1). Les cellules ethmoïdales seraient à l'origine de la formation des sinus paranasaux par colonisation des os maxillaires, sphénoïdaux et frontaux (2). Pourtant, sur un plan phylogénique, l'éthmoïde et les sinus paranasaux n'ont pas la même origine ni la même fonction. Le rôle de l'éthmoïde est de loger et de protéger l'organe olfactif (3).

Chez les mammifères macrosomatiques, l'organe olfactif est un récessus osseux borgne logeant les ethmoturbinax, lamelles osseuses transversales tapissées de muqueuse olfactive. Ils transforment la cavité olfactive en un labyrinthe olfactif. Chez l'Homme, le labyrinthe olfactif se transforme de part et d'autre de la cloison en un labyrinthe ethmoïdal dépourvu de muqueuse olfactive, avec une fente olfactive dans laquelle se cantonne la muqueuse (3). Au cours de l'évolution, la lame criblée semble avoir pris une taille et une structure correspondant à la localisation actuelle de la muqueuse olfactive (4) (5). La lame criblée passe d'une position quasi-verticale chez les mammifères quadrupèdes à une position horizontale dans l'espèce humaine.

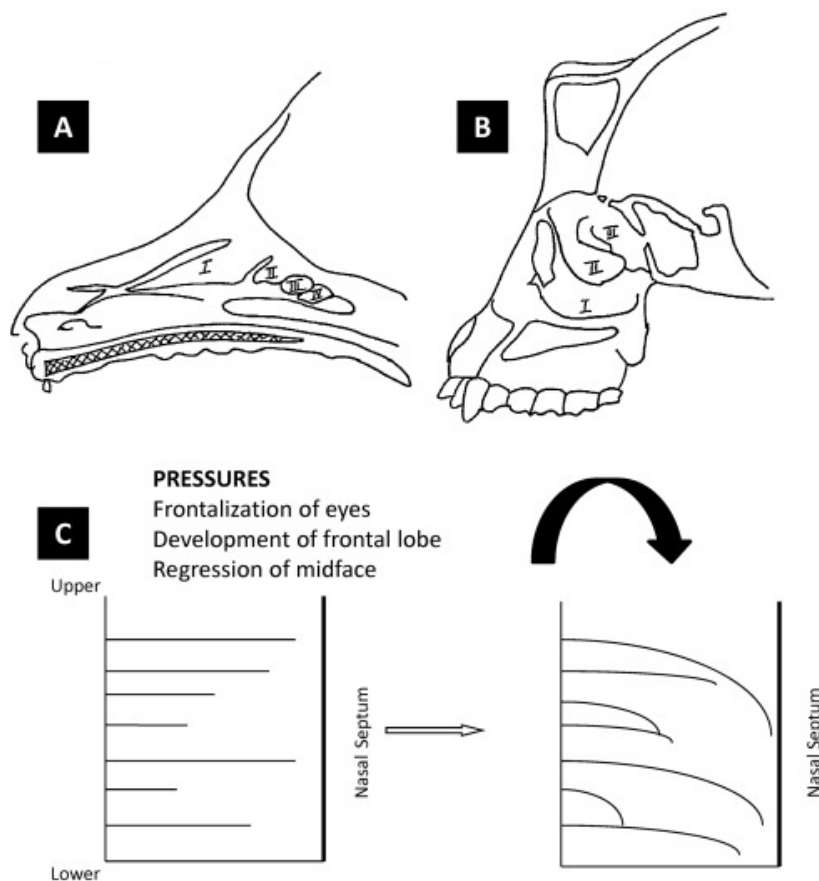


**Fig. 1** : Horizontalisation du labyrinthe olfactif au cours de l'évolution. (D'après Perrot, 2013)

Quant aux ethmoturbinax, initialement en position transverse, ils deviennent des lamelles osseuses s'enroulant de dedans en dehors et de haut en bas (6). Les transformations de l'os éthmoïde semblent résulter de différentes forces de compression liées à l'acquisition de la bipédie (courbure de la base du crâne), à la frontalisation des yeux (force de compression latérale centripète), à la

régression du museau (compression de l'éthmoïde d'avant en arrière) et au développement des lobes frontaux (compression-rotation d'arrière en avant) (7) (8). L'empilement courbe des endoturbinas avec une structure en bulbe d'oignon des masses latérales de l'éthmoïde serait un témoin du résultat de ces forces de remodelage (9).

Selon la théorie phylontogénique ou Evo-Devo, les transformations phylogéniques pourraient être rejouées au cours de l'embryogenèse humaine et de la première année de vie qui permet l'apprentissage de la marche. On peut donc émettre l'hypothèse que la frontalisation des yeux, la croissance des lobes frontaux au cours du développement fœtale, et de façon plus large l'acquisition de la bipédie au cours des premières années de vie, jouent un rôle sur l'aspect anatomique définitif de l'éthmoïde.



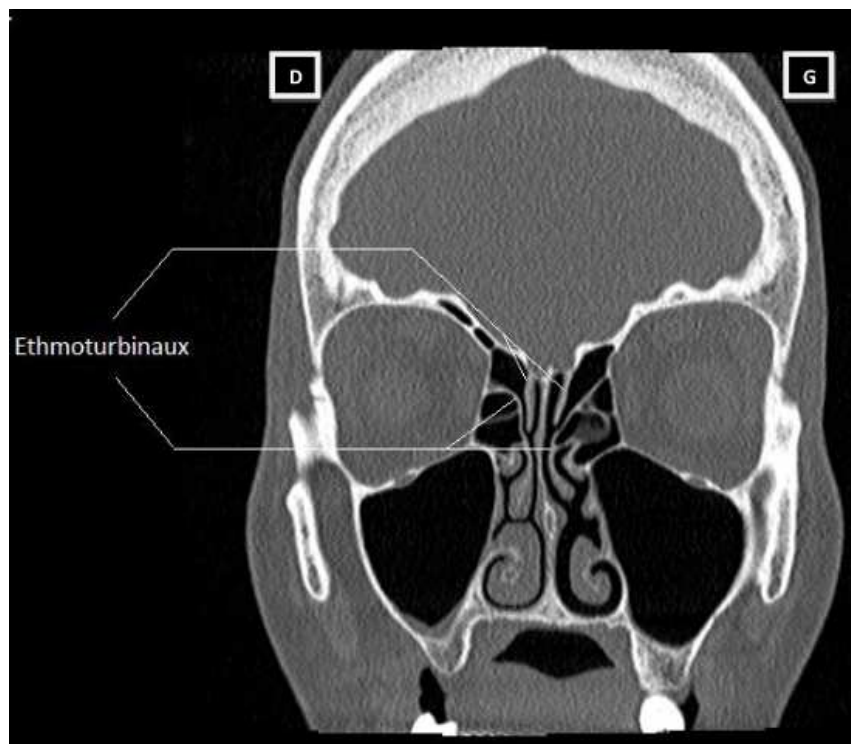
**Fig. 2 :** Evolution du labyrinthe ethmoïdal chez les primates. A. Coupe sagittale d'un crâne de lémur. B. Coupe sagittale d'un crâne de chimpanzé. C. Mouvements des exo (courts) et des endo (longs) turbinas. Evolution d'une orientation horizontale vers une superposition en bulbe d'oignon. (d'après Jankowski, 2013)

L'objectif de notre travail est de décrire les modifications et les différents aspects de l'ethmoïde au cours du développement cranio-facial et notamment au cours des premières années de vie chez l'Homme.

## 1. Le remodelage ethmoïdal

### a) L'ethmoïde adulte

L'ethmoïde est un os impair et médian de la base du crâne, situé entre les deux orbites. Il est formé d'une lame osseuse perpendiculaire médiane, d'une lame horizontale percée de multiples orifices (la lame criblée) et de deux masses latérales (les labyrinthes éthmoïdaux). Les labyrinthes ethmoïdaux sont classiquement décrits comme des massifs osseux parallélépipédiques creusés de cavités constituant le sinus ethmoïdal. En tenant compte de la théorie Evo-Devo, les masses latérales ne sont pas des sinus mais des cavités cloisonnées par des lamelles ethmoturbinales superposées en bulbe d'oignon entre lesquels il existe des espaces ethmoturbinaires (6).

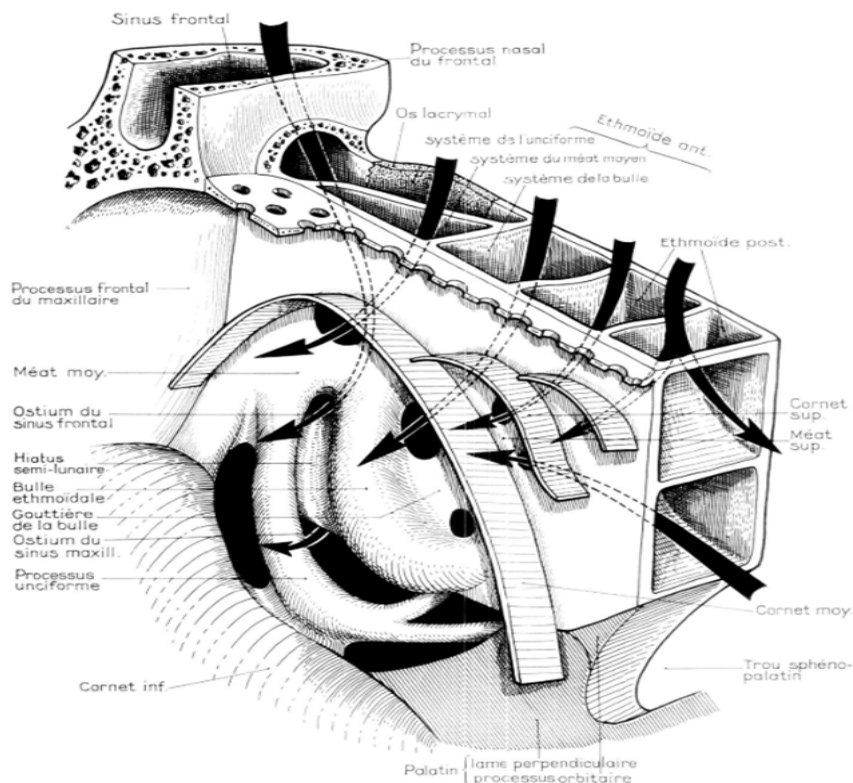


**Fig. 3 :** Coupe scanographique en coupe coronale à la jonction de l'ethmoïde antérieur et postérieur droit et gauche. Visualisation du côté gauche et droit de deux ethmo-turbinaux, l'un inséré sur le toit de l'ethmoïde et l'autre sur la paroi orbitaire qui délimitent entre eux un couloir aérien borné sur la base du crâne et la paroi orbitaire, et ouvert dans la fente olfactive. (D'après Perrot 2013)



La paroi médiale des masses latérales est en rapport avec la fosse nasale. Elle présente des reliefs osseux constitués par les cornets suprêmes, supérieurs et moyens. Seul le cornet moyen se prolonge classiquement au sein du labyrinthe ethmoïdal par la racine cloisonnante du cornet moyen et représente un élément de segmentation dans la systématisation classique de l'ethmoïde. Dans la théorie Evo-Devo, les trois cornets principaux, présents chez les hominoïdes, s'attachent sur la paroi latérale ou orbitaire et traversent toute la masse latérale, leur extrémité libre étant au contact de la cloison et formant les cornets ethmoïdaux.

Dans la conception classique, l'ethmoïde antérieur est divisé en deux systèmes : le système pré-bullaire d'une part, situé en avant de la racine cloisonnante de la bulle, et les cellules de la bulle d'autre part, situées en arrière de cette même racine cloisonnante. Le groupe prébullaire est lui-même divisé par une cloison sagittale médiane, la racine cloisonnante du processus unciné, en cellules de l'unciné en dehors et cellules méatiques en dedans. La cellule unciformienne antérieure peut être très pneumatisée et s'appeler Agger nasi. Les cellules de l'ethmoïde postérieur sont divisées dans le plan coronal en cellules avancées, centrales et reculées. La cellule reculée postéro-supérieure latérale porte aussi le nom de cellule d'Onodi.

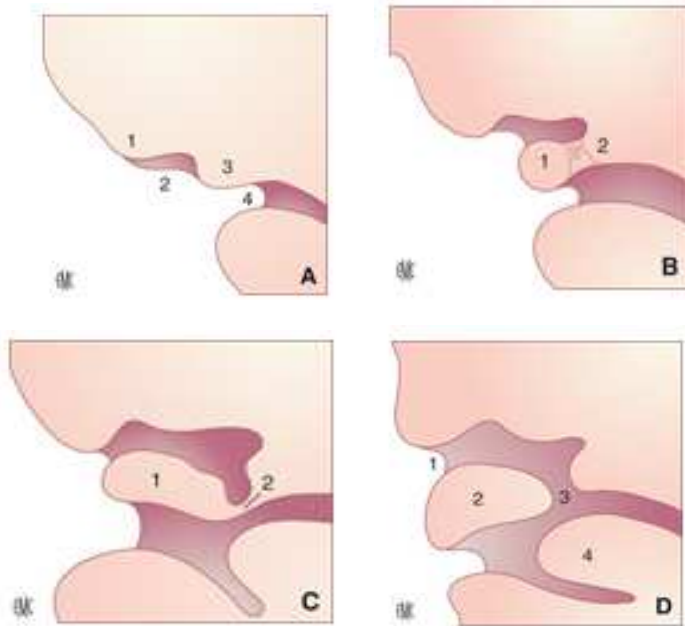


**Fig. 4 :** Drainage des différents systèmes cellulaires de l'ethmoïde (Selon Mouret). (Cahiers d'anatomie. F. Legent)

Dans le concept Evo-Devo, il n'y a pas de cellule ethmoïdale mais des espaces ethmo-turbinaux de forme semi-lunaire arrangés en bulbe d'oignon qui peuvent être cloisonnés par des lamelles osseuses transversales issues des exoturbinaux pour former quelques cellules, c'est-à-dire des cavités polyhydriques qui n'ont pas valeur de cavité sinusienne car elles ne sont pas drainées par un orifice ostial.

## **b) Le développement de l'ethmoïde au cours de la vie fœtale**

L'ethmoïde se développe à partir du cartilage pré-chordal, précurseur de la capsule olfactive cartilagineuse. Cette dernière apparaît dans le mésenchyme qui sépare les vésicules cérébrales primitives du fond des puits d'invagination des placodes olfactives : au cours de la 5<sup>ème</sup> semaine de vie embryonnaire, l'ectoderme du bourgeon frontal présente de chaque côté une zone d'épaississement appelée placode olfactive. Au centre de ces placodes, l'ectoderme s'invagine donnant le puits olfactif au centre et les processus olfactifs médian et latéral de part et d'autre. La fusion des processus olfactifs médians donnera le processus intermaxillaire à la 7<sup>ème</sup> semaine, qui sera à l'origine du cartilage septolatéral. A la fin de la 6<sup>ème</sup> semaine, la fusion en profondeur des deux puits olfactifs forme un sac olfactif qui croit en direction de la cavité buccale. Le sac olfactif est séparé en bas de la cavité buccale par l'aileron nasal qui va s'amincir pour donner la membrane oro-olfactive ou membrane oronasale de Hochstetter. Cette membrane se rompt au début de la 7<sup>ème</sup> semaine, permettant au sac olfactif de s'ouvrir dans la cavité buccale par un orifice narinaire interne, la choane primaire.



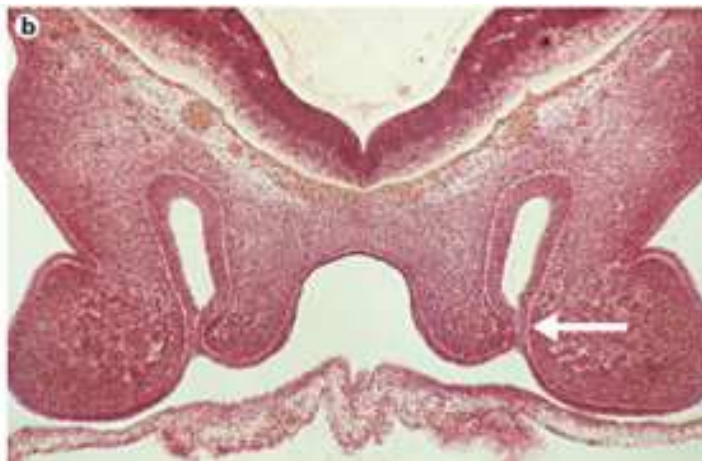
**Fig. 5** : Formation de la cavité oronasale (D'après Goldberg 2011)

A : 5<sup>ème</sup> semaine tardive : 1. Processus nasal latéral ; 2. puits nasal ; 3. Processus intermaxillaire ; 4. Cavité buccale

B : 6<sup>ème</sup> semaine tardive : 1. Processus intermaxillaire ; 2. Puits nasal

C : 6 semaines : 1. Palais primaire ; 2. Membrane oronasale

D : 7 semaines : 1. Cavité nasale ; 2. Palais primaire ; 3. Choane primitive ; 4. Langue



**Fig. 6** : Coupe axiale au stade 17 selon Carnegie (5-6 semaines) : l'aileron nasal (flèche blanche) sépare le sac nasal de la cavité orale. (D'après Müller et O'Rahilly, 2004)

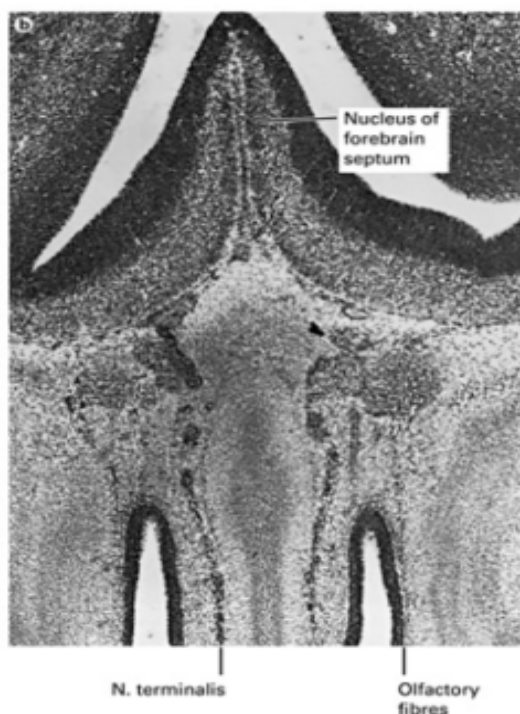
Dès l'apparition des placodes olfactives, le tissu cérébral sus-jacent présente une intense activité mitotique donnant naissance aux centres olfactifs.

Dans le mésenchyme qui sépare le sac olfactif du tissu cérébral, on retrouve à la 8<sup>ème</sup> semaine une capsule cartilagineuse en forme de « m » entourant les puits olfactifs et les séparant du cerveau

primitif. La branche médiane du « m » sépare les puits l'un de l'autre (10). Les branches latérales se plissent très tôt pour donner 6 sillons principaux séparés de crêtes, ce sera l'ébauche des ethmoturbinaux (3).

Le 1<sup>er</sup> ethmoturbinal va régresser pour ne laisser que le processus unciné. Le cornet moyen se développe à partir du 2<sup>nd</sup> ethmoturbinal, le cornet supérieur à partir du 3<sup>ème</sup> ethmoturbinal et le cornet suprême à partir de la fusion du 4<sup>ème</sup> et du 5<sup>ème</sup> ethmoturbinal. La formation des cellules ethmoïdales serait liée au cloisonnement des espaces superposés entre les endoturbinaux par les exoturbinaux, lamelles transversales plus petites s'insérant sur la paroi orbitaire et qui ne suivent donc pas les mouvements d'enroulement des ethmoturbinaux.

Les placodes olfactives donnent naissance aux neurones sensoriels primaires qui forment les cellules de l'épithélium olfactif. Dans le mésenchyme qui sépare le sac olfactif du tissu cérébral, des cellules dérivées de la crête neurale apparaissent et donnent les fibres olfactives. (11) Leurs axones traversent le mésenchyme dans lequel se forme la capsule cartilagineuse et entrent en contact avec les neurones cérébraux au niveau des bulbes olfactifs.



**Fig. 7 :** Coupe coronale au stade 22 selon Carnegie (7-8 semaines) montrant la surface du bulbe olfactif et des fibres nerveuses qui émergent depuis l'épithélium nasal. Les cellules noires proche du septum nasal correspondent à des cellules du *nervus terminalis* qui peuvent être des cellules olfactives ou productrices de LHRH. (d'après Müller et O'Rahilly, 2004)

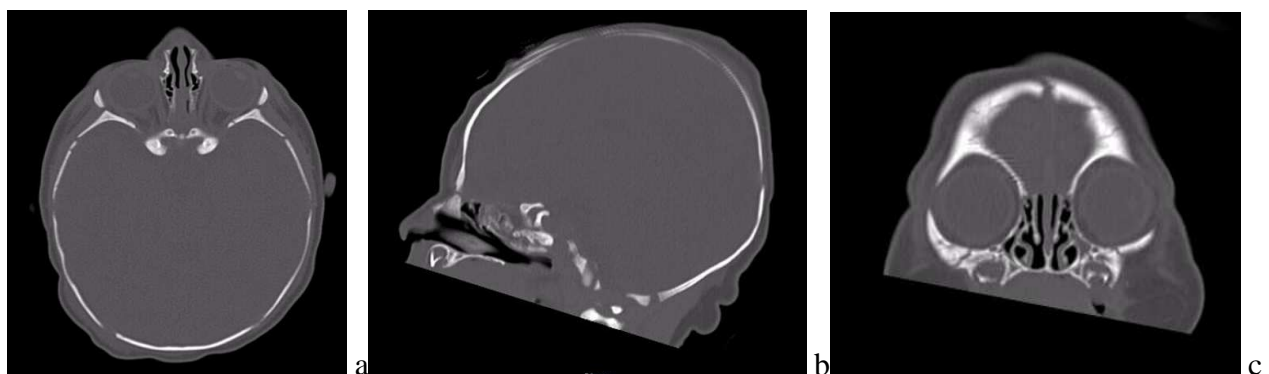
Chez le fœtus de 5 à 9 mois, la surface de l'épithélium olfactif est plus étendue que chez l'adulte (12). Chez le fœtus, l'épithélium olfactif tapisse de façon continue le toit de la cavité nasale jusqu'à la moitié du septum nasal et s'étend sur le cornet supérieur. Chez l'adulte, il existe des zones dépourvues de muqueuse olfactive. Une grande partie de l'épithélium olfactif a été remplacé par de l'épithélium respiratoire (13). Au cours du développement fœtal, la muqueuse olfactive dégénère au niveau des labyrinthes ethmoïdaux pour ne persister qu'au niveau des deux fentes olfactives.

### c) Le remodelage ethmoïdal

A la naissance, seules les « cellules » ethmoïdales antérieures apparaissent aérées (14). Ces cellules sont sphériques et mesurent 2 à 5 mm. Elles vont s'allonger progressivement.

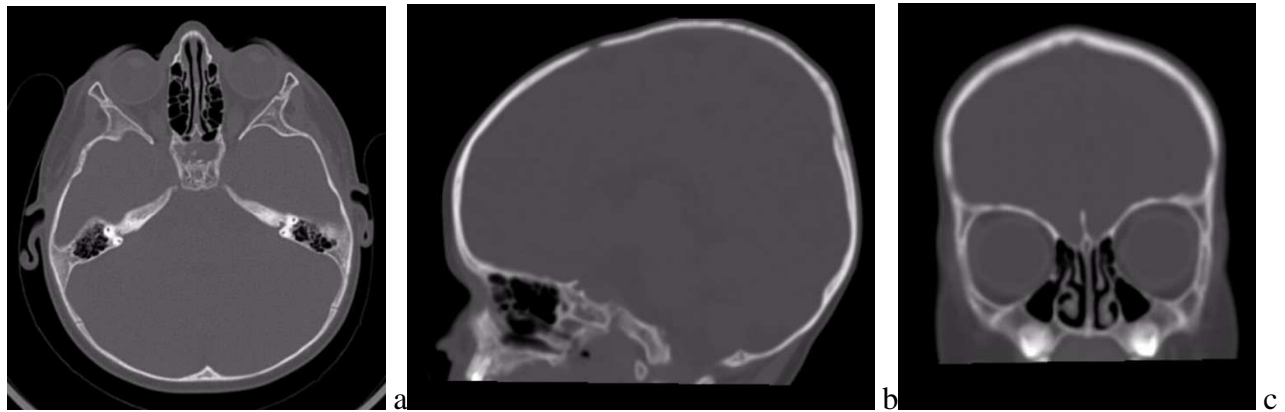
A 1 an, le labyrinthe éthmoïdal mesure 8 à 12mm de long et 1 à 3 mm de large (14). Les « cellules » postérieures se forment vers 1 an. Le toit de l'ethmoïde atteint son niveau définitif (au-dessus de la lame criblée) vers l'âge de 3 ans. A 8 ans, le labyrinthe ethmoïdal mesure 18 à 24 mm de long, 9 à 13 mm de large et 10 à 15 mm de haut. Il est très proche de la forme adulte vers l'âge de 12 ans.

Au cours des premières années de vie, l'ethmoïde passe donc d'un ethmoïde doté de quelques espaces aérés à un vrai labyrinthe ethmoïdal avec une structure en bulbes d'oignon.



**Fig. 8 :** scanner réalisé chez un nouveau-né de 1 jour. Dès la naissance, l'ethmoïde antérieur est aéré.

- a. coupe axiale passant par le cristallin, les nerfs optiques et l'ethmoïde
- b. coupe sagittale para-septale passant par la masse latérale droite de l'ethmoïde
- c. coupe coronale passant juste en arrière du cristallin



**Fig. 9** : scanner réalisé chez un nourrisson âgé de 24 mois et 25 jours. L'ethmoïde antérieur et postérieur sont aérés.

- a. Coupe axiale passant par le cristallin, les nerfs optiques et l'ethmoïde
- b. coupe sagittale para-septale passant par la masse latérale droite de l'ethmoïde
- c. coupe coronale passant juste en arrière du cristallin

## 2. Le développement cranio-facial

Le développement embryonnaire cranio-facial est marqué par l'apparition précoce de l'axe cranio-caudal qui débute par la mise en place de la ligne primitive ou sillon primitif au sein du disque embryonnaire didermique, puis par l'apparition de la chorde au sein du disque embryonnaire tridermique, et enfin par la formation en plusieurs étapes des structures nerveuses (tube neural et crêtes neurales). Durant la 3<sup>ème</sup> semaine, l'ectoblaste s'épaissit pour donner la plaque neurale et le neurectoderme. Cette plaque neurale se transforme alors en gouttière neurale et en crêtes neurales. Parallèlement, le mésoblaste subit une segmentation transversale et longitudinale aboutissant à la formation des premiers somites. La 4<sup>ème</sup> semaine aboutit à un embryon tubulaire avec une convexité dorsale. C'est à partir de cette nouvelle organisation que les feuilletts vont évoluer pour donner naissance aux ébauches des différents organes du corps. Dès lors, le développement cranio-facial est lié à la croissance du cerveau antérieur qui contribue à la courbure de la partie céphalique de l'embryon, et à la formation de la face autour de la cavité stomodéale.

### a) Le crâne

Le crâne embryonnaire est formé de deux grandes parties : le neurocrâne et le viscérocrâne. Le neurocrâne peut être divisé en deux éléments: le neurocrâne cartilagineux ou chondrocrâne qui formera la base du crâne, d'origine mésodermique, et le neurocrâne membraneux ou desmocrâne qui formera la voûte crânienne, d'origine mixte (dérive du mésoderme et des cellules des crêtes

neurales). Quant au viscérocône, il a pour origine les cellules des crêtes neurales. La voûte du crâne s'ossifiera par un processus membraneux (à partir d'un tissu mésenchymateux), la base du crâne par un processus endochondral (à partir d'une ébauche cartilagineuse) et la face par un processus mixte. Ces processus d'ossification primaire débutent au cours de la vie embryonnaire et fœtale.

Le chondrocône se développe à partir de 3 paires de précurseurs cartilagineux : le cartilage préchordal (trabeculae cranii) qui forme ultérieurement l'os éthmoïde, les cartilages hypophysaires ou polaires qui vont former le corps du sphénoïde, le cartilage parachordal ou plaque basale qui va donner les portions pétreuses et mastoïdiennes du temporal. Les os du chondrocône sont d'abord formés par du cartilage et s'ossifient ensuite sur un mode d'ossification endochondrale.

La voûte du crâne est formée de 5 pièces osseuses : une paire d'os frontaux, une paire d'os pariétaux et un os interpariétal qui fusionne ultérieurement avec l'os occipital. A la naissance, ces os sont séparés par des fissures de tissu conjonctif, les sutures qui restent non ossifiées jusqu'à l'âge de 3 ans, période correspondant à la fin de la croissance de l'encéphale. Ces sutures sont des sites de croissance osseuse. Au point de convergence de plus de deux os, les sutures sont appelées les fontanelles. Il y a 6 fontanelles à la naissance : antérieure, postérieure, postéro-latérale, antérolatérale (droite et gauche). Les fontanelles permettent l'élargissement du crâne au cours du développement.

La forme du crâne est sous la dépendance de son contenu. En effet, les forces exercées par le cerveau et la dure-mère jouent un rôle majeur dans le développement de la voûte du crâne au cours de la période fœtale. Puis la croissance crânienne post-natale se fera principalement au niveau des sutures. (15)

Il existe au cours du développement fœtal du cerveau humain une relative expansion des lobes frontaux (16). Chez le fœtus, le cerveau est large avec un rapport de 0.82 entre la largeur et la longueur du cerveau. Ce développement se poursuit au cours des premières années de vie. Entre 0 et 6 mois, le cerveau est large, relativement court. Pendant l'enfance, le cerveau est aussi long que large puis il s'allonge plus qu'il ne s'élargit. La croissance du parenchyme cérébral et les processus de gyration sont très importants entre la 26<sup>ème</sup> et la 28<sup>ème</sup> semaine in utero (17). En effet, l'augmentation du volume cérébral s'accélère au cours du 3<sup>ème</sup> trimestre de grossesse. Cette expansion se fait essentiellement aux dépens de la région préfrontale (18).

Le cerveau d'un nouveau-né à terme ressemble macroscopiquement à celui d'un adulte : les circonvolutions primaires et secondaires sont déjà développées (19). Cependant son poids est de

335g, soit le quart de son poids définitif. La maturation cérébrale après la naissance consiste en la multiplication des fibres nerveuses et de l'astroglie de support et en la poursuite de la myélinisation et du processus de gyration (formation des sillons et scissures). La surface corticale est multipliée par trois entre la naissance et l'âge adulte. Cependant, l'expansion corticale n'est pas uniforme. Les zones d'expansion les plus importantes sont les régions temporale latérale, pariétale latérale, préfrontale dorsal et médiale (20).

## **b) La face**

La face se développe à partir des bourgeons faciaux primordiaux, des massifs mésenchymateux recouverts d'ectoderme qui entourent la cavité du stomodeum à partir de la 4<sup>ème</sup> semaine in utero. Il existe 5 bourgeons faciaux : un bourgeon frontal, 2 bourgeons mandibulaires et 2 bourgeons maxillaires. De chaque côté du bourgeon frontal, on retrouve à la 4<sup>ème</sup> semaine une zone épaissie de l'ectoderme : les placodes olfactives. Au cours de la 5<sup>ème</sup> semaine, il apparaît de chaque côté du bourgeon frontal un bourrelet qui entoure la placode olfactive. Les extrémités de ces bourrelets constituent les bourrelets nasaux externes et internes. Les placodes olfactives vont elles s'invaginer dans le mésenchyme sous-jacent pour former les puits olfactifs.

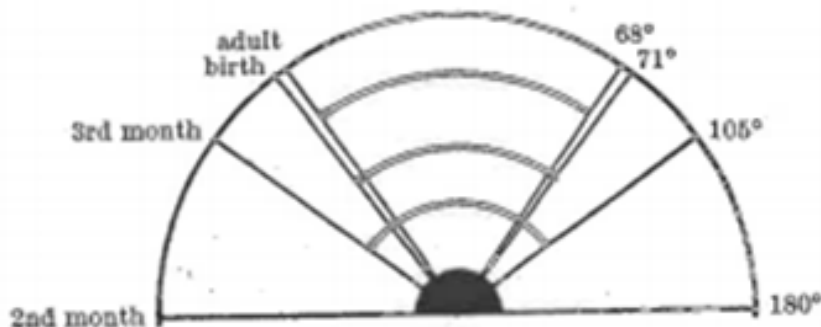
Dans la théorie classique, au cours des 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> semaines, la fusion des bourgeons se fait grâce à l'activation des croissances tissulaires par les cellules dérivant des crêtes neurales. Les 2 bourgeons nasaux internes fusionnent sur la ligne médiane pour donner le massif médian de la face à l'origine de la partie moyenne du nez, de la partie moyenne de la lèvre supérieure, à la partie antérieure de l'arcade dentaire supérieure et au palais primaire (formant la partie antérieure du palais définitif). Le bourgeon nasal externe fusionne avec le bourgeon maxillaire pour donner le massif latéral de la face à l'origine des parties latérales de la lèvre supérieure et de la joue.

Dans la théorie Evo-Devo, la fusion sur la ligne médiane des processus olfactifs médians serait à l'origine du cartilage septolatéral. Les processus olfactifs latéraux placés en avant du cartilage septal seraient à l'origine des cartilages alaires. Le cartilage quadrangulaire du cartilage septolatéral rejoint la lame perpendiculaire de la capsule nasale cartilagineuse, futur éthmoïde, pour donner le septum du nez olfactif. Le développement du nez olfactif précéderait celui du nez respiratoire. Les placodes olfactives ainsi que les puits qui en dérivent seraient à l'origine du nez olfactif, c'est-à-dire de la muqueuse olfactive et du cartilage septolatéral (qui donnera le cartilage quadrangulaire, les cartilages alaires et le fascia olfactif reliant toutes ces structures.) (21)



Les parois orbitaires dérivent classiquement du mésoderme (22). Le plancher et la paroi latérale de l'orbite dérive du mésoderme viscéral du processus maxillaire qui va donner l'os zygomatique et l'os maxillaire (sauf son processus frontal). Le toit de l'orbite dérive du mésoderme para-axial. La paroi médiale de l'orbite dérive du processus nasal latéral qui va donner le processus frontal de l'os maxillaire, l'os nasal, l'os lacrymo-nasal. L'embryologie suggère que la paroi médiale de l'orbite pourrait en fait se développer à partir du « m » cartilagineux embryonnaire. Ultérieurement, une portion de l'os sphénoïde, qui dérive de la base du crâne, complète la paroi orbitaire.

Au cours de la vie intra-utérine, il existe une frontalisation des yeux (23). Si l'on considère l'angle optique qui est l'angle formé par les lignes passant par le centre du chiasma optique et le point d'entrée de chaque nerf optique dans le globe, il est de  $180^\circ$  à 2 mois d'âge foetal, de  $105^\circ$  à 3 mois et de  $71^\circ$  à la naissance. Cette modification se poursuit pendant les premières années de vie étant donné que l'axe est de  $68^\circ$  chez l'adulte (22). Cette modification d'axe serait liée au développement des processus maxillaires.



**Fig. 9 :** Modifications de l'axe orbitaire :  $180^\circ$  à 2 mois d'âge foetal,  $105^\circ$  à 3 mois d'âge foetal,  $71^\circ$  à la naissance,  $68^\circ$  à l'âge adulte (d'après Duke Elder, 1958)

Le développement post natal est plus complexe car il existe à la fois une diminution de l'angle optique et une augmentation de la distance inter-orbitaire (23). L'augmentation de la distance inter-orbitaire est liée à la croissance au niveau des sutures fronto-éthmoïdale, sphéno-éthmoïdale, sphéno-frontale, inter-nasale et fronto-maxillaire. Les modifications de l'orbite pendant la période de croissance dépendent donc aussi du développement du crâne, des os de la face et des sinus (24).

Il existe donc au cours de la période fœtale et des premières années de vie des contraintes de remodelage cranio-facial liées au développement des lobes frontaux et à la frontalisation des yeux.

L'objectif de notre travail sera donc de décrire les différents aspects de l'éthmoïde pouvant être en lien avec ces contraintes de remodelage. Nous étudierons plus particulièrement la période allant de la naissance à 25 mois, période durant laquelle il acquiert la bipédie.

Deuxième partie :

# ARTICLE

« Le remodelage ethmoïdal au cours du développement cranio-facial »

## **Le remodelage ethmoïdal au cours du développement cranio-facial.**

Marylisa Félix-Ravelo, Duc Trung Nguyen, Cécile Rumeau, Patrice Gallet, Roger Jankowski

Auteur correspondant :

Marylisa Félix-Ravelo  
Service d'ORL  
CHU Nancy Brabois  
Allée du Morvan  
54511 Vandœuvre-lès-Nancy cedex, France.  
e-mail : [marylisافر@infonie.fr](mailto:marylisافر@infonie.fr)  
Tel : 03 83 15 54 08

## Résumé

Selon la théorie Evo-Devo, les transformations phylogéniques de l'os éthmoïde qui aboutissent à une structure en bulbe d'oignon se rejouent au cours de l'embryogenèse humaine et de la première année de vie. Ces transformations semblent résulter des différentes forces de compression liées à l'acquisition de la bipédie, à la frontalisation des yeux, à la régression du museau et au développement des lobes frontaux. L'objectif de cette étude est de décrire les modifications de l'éthmoïde chez l'enfant de la naissance à 25 mois, période durant laquelle il acquiert la bipédie.

Il s'agit d'une étude descriptive, rétrospective et monocentrique. Les scanners réalisés du 1<sup>er</sup> janvier 2012 au 1<sup>er</sup> avril 2017 dans le service de radiologie de notre institution ont été relus de manière rétrospective. Soixante-quinze scanners de patients d'âges différents allant de la naissance à 25 mois étaient inclus. Trois scanners pour chaque tranche d'âge de 1 mois étaient analysés. Pour chaque patient, une coupe axiale passant par le cristallin, les nerfs optiques et l'éthmoïde, une coupe sagittale para-septale et passant par la masse latérale droite de l'éthmoïde ainsi qu'une coupe coronale passant juste en arrière du cristallin étaient retenues.

Dès le premier mois de vie, on retrouve des espaces aérées au niveau de l'éthmoïde antérieur qui dès le 2<sup>ème</sup> mois s'étendent vers l'arrière en direction de l'éthmoïde postérieur. Il semble exister un cloisonnement antéropostérieur dès la naissance avec présence d'espaces aérés séparés par une lame osseuse antéropostérieure.

Dès les premiers jours de vie, on visualise nettement la lame conchale qui s'insère sur le toit de l'éthmoïde et qui descend de façon très verticale. A partir du 2<sup>ème</sup> mois, le cornet moyen se recourbe avec une courbure concave en dehors.

La frontalisation des yeux, la croissance des lobes frontaux au cours du développement fœtale, et de façon plus large l'acquisition de la bipédie de la naissance à l'âge de 25 mois, jouent un rôle sur l'aspect anatomique définitif de l'éthmoïde. Le remodelage éthmoïdal au cours du développement cranio-facial aboutit à une organisation en bulbe d'oignon de l'éthmoïde dès les premiers mois de vie et résulte de ces différentes forces de compression.

Mots clés : Ethmoïde ; développement craniofacial ; acquisition marche ; Evo-Devo ; nourrisson

## **Abstract**

According to the Evo-Devo theory, the phylogenetic changes of the ethmoid bone result in an onion bulb structure. These changes are set during human embryogenesis and during the first year of life. They seem to result from the different compression forces due to acquisition of bipedalism, frontalization of the eyes, recoil of the snout and development of the frontal lobes. The aim of this study is to describe the ethmoid bone changes from birth to age 25 months, period during which children learn how to walk.

It is a descriptive, retrospective and monocentric study. CT-scans carried out from January 1<sup>st</sup> 2012 to April 1<sup>st</sup> 2017 in the radiology department of our institution were read retrospectively. Seventy-five CT-scans of patients from birth to age 25 months were included. Three CT-scans per month were analyzed. For each patient, we analyzed an axial section passing through the ethmoid bone, the lens, and the optic nerves, a para-septal sagittal section passing through the right lateral mass of the ethmoid bone and a coronal section passing just behind the lens.

From the first month of life, there were aerated spaces inside the anterior ethmoid which extended backwards to the posterior ethmoid from the second month of life. It seemed to be an anteroposterior compartmentalization at birth with the presence of aerated spaces separated by an anteroposterior bone plate.

From the first days of life, we could clearly visualize the conchal lamina which was inserted on the roof of the ethmoid bone and went down vertically to the nasal cavity. From the second month, the medium turbinate bones curved with a concave curvature.

The frontalization of the eyes, the growth of the frontal lobes during fetal development, and the acquisition of bipedal walking from birth to 25 months of age, play a role in the definitive anatomical aspect of the ethmoid bone. The ethmoidal remodeling during craniofacial development results in an onion bulb organization of the ethmoid bone during the first months of life. This remodeling is due to the different compressive forces.

Key words : ethmoid bone; craniofacial development; acquisition of walking; Evo-Devo; infant

## **Introduction**

Au cours de l'évolution phylogénique, la lame criblée passe d'une position quasi-verticale chez les mammifères quadrupèdes à une position horizontale dans l'espèce humaine, et les ethmoturbinaux, d'une position transverse à un enroulement de dedans en dehors et de haut en bas chez l'homme (1). Les transformations de l'os ethmoïde semblent résulter de différentes forces de compression liées à l'acquisition de la bipédie (courbure de la base du crâne), à la frontalisation des yeux (force de compression latérale centripète), à la régression du museau (compression de l'ethmoïde d'avant en arrière) et au développement des lobes frontaux (compression-rotation d'arrière en avant) (2) (3). L'empilement courbe des endoturbinaux avec une structure en bulbe d'oignon des masses latérales de l'ethmoïde serait un témoin du résultat de ces forces de remodelage (4).

Selon la théorie phylontogénique ou Evo-Devo, les transformations phylogéniques pourraient être rejouées au cours de l'embryogenèse humaine et de la première année de vie qui permet l'apprentissage de la marche.

On peut émettre l'hypothèse que la frontalisation des yeux, la croissance des lobes frontaux au cours du développement fœtale, et de façon plus large l'acquisition de la bipédie au cours des premières années de vie, jouent un rôle sur l'aspect anatomique définitif de l'ethmoïde.

L'objectif de notre article est de décrire les modifications de l'ethmoïde chez l'enfant de la naissance à 25 mois, période durant laquelle il acquiert la bipédie.

## **Matériel et méthode**

### *Patients*

Il s'agit d'une étude descriptive, rétrospective et monocentrique. Les scanners réalisés du 1<sup>er</sup> janvier 2012 au 1<sup>er</sup> avril 2017 dans le service de radiologie de notre institution ont été relus de manière rétrospective. Il s'agissait de scanners cérébraux réalisés chez des enfants de 0 à 24 mois pour convulsion fébrile ou dans le cadre du bilan d'extension d'une pathologie cancéreuse hors ORL et craniofaciale. Les scanners d'enfants présentant des malformations cranio-faciales, des fractures du massif crânien ou des hémorragies cérébrales étaient exclus de l'étude.

### *Protocole d'imagerie*

Le protocole d'acquisition des scanners du crâne était sensiblement le même pour chaque enfant (scanner Philips, Amsterdam, Pays-Bas): il s'agissait d'une acquisition axiale hélicoïdale de 1mm tous les 0.6mm avec des reconstructions multiplanaires de 1.5mm tous les 3mm, avec une puissance de 120kV. Les coupes axiales étaient réalisées selon l'axe orbito-méatal (passant par le nasion et les conduits auditifs externes). Nous avons choisi des scanners sans injection. Aucune sédation n'était réalisée. L'irradiation était d'environ 200 mGray/cm pour les enfants de moins de 9 mois et de 400 mGray/cm pour les enfants de 9 mois à 2 ans.

Les scanners sélectionnés devaient inclure la totalité de l'ethmoïde droit et gauche et devaient inclure en haut le toit de l'ethmoïde et la fente olfactive, en bas le plancher narinaire, latéralement les malaires, en arrière le sphénoïde et en avant la pointe du nez. Les scanners qui ne répondaient pas à ces critères ou qui présentaient des artefacts de mouvement trop importants étaient exclus de l'étude.

### *Analyse scannographique*

Nous avons choisi 75 scanners de patients d'âges différents allant de la naissance à 25 mois. Trois scanners pour chaque tranche d'âge de 1 mois étaient analysés.

Les coupes axiales, sagittales et coronales, en fenêtrage osseux, ont été utilisées dans cette étude. Pour chaque patient, une coupe axiale passant par le cristallin, les nerfs optiques et l'ethmoïde, une coupe sagittale para-septale et passant par la masse latérale droite de l'ethmoïde ainsi qu'une coupe coronale passant juste en arrière du cristallin étaient retenues.

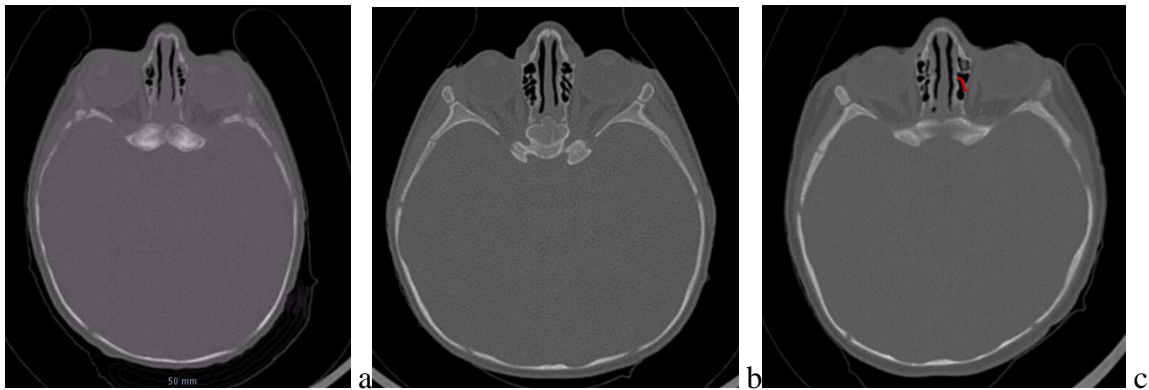
## **Résultats**

Nous avons inclus 75 scanners cérébraux réalisés chez 49 patients âgés de 1j à 24 mois et 25j dont 40 filles et 35 garçons.

### *Analyse des coupes axiales :*

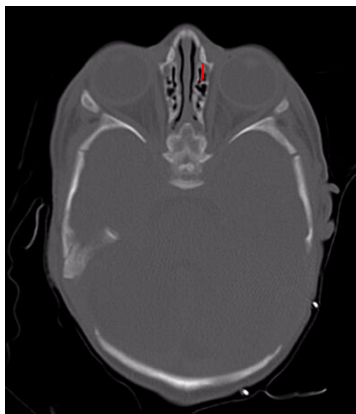
Dès le premier mois de vie, on retrouve des espaces aérées au niveau de l'ethmoïde antérieur qui, dès le 2<sup>ème</sup> mois s'étendent vers l'arrière en direction de l'ethmoïde postérieur. Entre 3 et 4 mois, on peut visualiser la lame basale du cornet moyen qui délimite l'ethmoïde antérieur de l'ethmoïde postérieur.





**Fig. 1** : scanner en coupes axiales réalisés chez  
 a. un enfant âgé de 26 jours  
 b. un enfant âgé de 2 mois et 22 jours  
 c. un enfant âgé de 3 mois : on visualise l'ébauche de la lame basale du cornet moyen

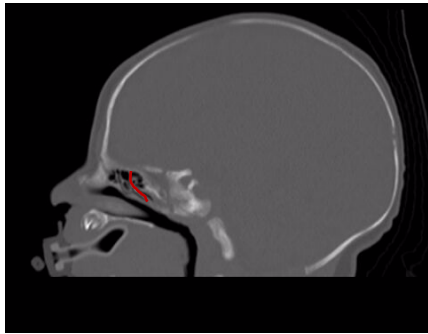
Il semble exister un cloisonnement latéral dès la naissance avec présence d'espaces aérés séparés par une lame osseuse antéropostérieure.



**Fig. 2** : scanner en coupes axiales réalisés chez un enfant de 14 jours : cloisonnement latéral avec lame osseuse antéro-postérieure.

*Analyse des coupes sagittales :*

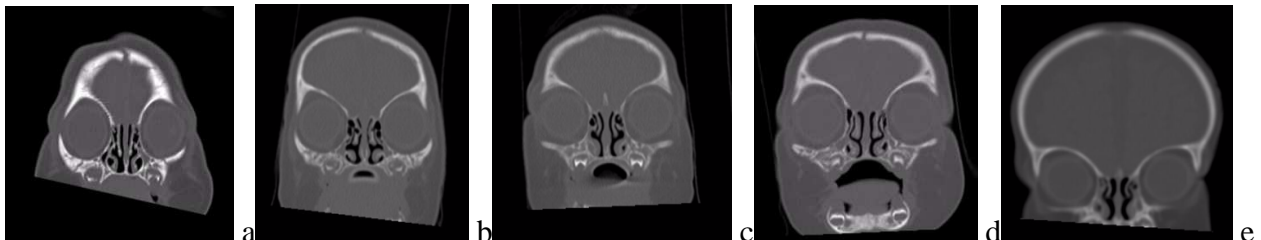
On peut visualiser sur les coupes sagittales les cellules antérieures aérées et vers l'âge de 3 mois la lame basale du cornet moyen. A partir de 5 mois il semble que l'aggr nasi est aéré, sans que le sinus frontal ne soit encore pneumatisé.



**Fig. 3** : scanner en coupes sagittale réalisé chez un enfant âgé de 26 jours : visualisation de la lame basale du cornet moyen.

*Analyse des coupes coronales :*

Dès les premiers jours de vie, on visualise nettement la lame conchale de Mouret qui s'insère sur le toit de l'ethmoïde, prolongée par le cornet moyen qui descend de façon très verticale. A partir du 2<sup>ème</sup> mois, le cornet moyen se recourbe chez certains patients, avec une courbure concave en dehors.

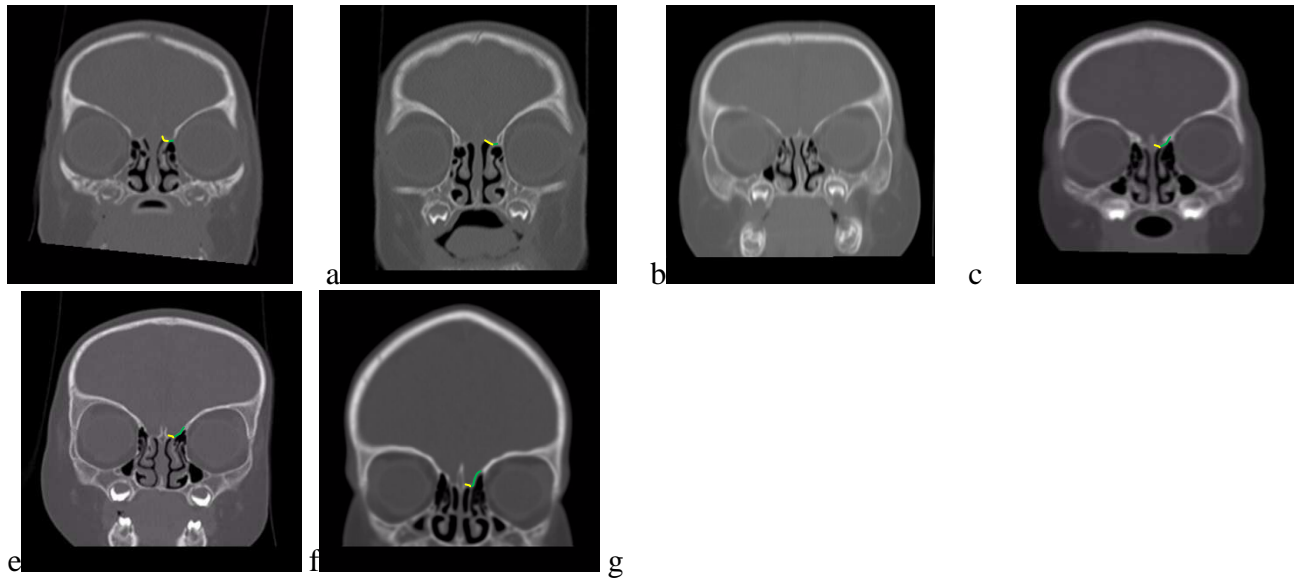


**Fig. 4** : scanners en coupes coronales réalisés

- a. chez un enfant âgé de 1jour
- b. chez un enfant âgé de 26 jours
- c. chez un enfant âgé de 2 mois
- d. chez un enfant âgé de 3 mois
- e. chez un enfant âgé de 4 mois et 20j

Dès le premier mois, on retrouve les cellules antérieures aérées au niveau de la bulle. Certaines cellules de Haller semblent pneumatisées sur les scanners d'enfant âgés de 1 à 2 mois.

Jusqu'à environ 6 mois, le toit de la fente olfactive est situé au-dessus du toit de l'ethmoïde. A partir de 7 mois, ils sont au même niveau et à partir de 8 mois, le toit de la fente olfactive est situé en dessous du toit de l'ethmoïde sur la coupe axiale sélectionnée (coupe antérieure). La crista galli est visible et partiellement ossifiée entre 5 et 6 mois.



**Fig. 4 :** scanners en coupes coronales réalisés

- a. chez un enfant âgé de 26 jours : fente olfactive située au-dessous du niveau du toit de l'ethmoïde
- b. chez un enfant âgé de 2 mois et 22 jours : fente olfactive située au-dessous du niveau du toit de l'ethmoïde
- c. chez un enfant âgé de 5 mois et 7 jours : fente olfactive et niveau du toit de l'ethmoïde au même niveau
- d. chez un enfant âgé de 10 mois et 4 jours : fente olfactive située en-dessous du niveau du toit de l'ethmoïde
- e. chez un enfant âgé de 11 mois et 22 jours : fente olfactive située en-dessous du niveau du toit de l'ethmoïde
- f. chez un enfant âgé de 22 mois et 26 jours : fente olfactive située en-dessous du niveau du toit de l'ethmoïde

A partir du huitième mois, toutes les structures principales sont présentes : les espaces de l'ethmoïde antérieur et de l'ethmoïde postérieur sont aérés ; nous pouvons visualiser sur les scanners réalisés entre 8 et 25 mois la lame conchale, la lame basale du cornet moyen, la crista galli et le toit de l'ethmoïde. Il semble qu'entre 8 et 25 mois, les espaces aérés augmentent en taille et en nombre. L'ethmoïde de notre patient le plus âgé (âgé de 24 mois et 25 jours) est sensiblement semblable à un ethmoïde d'adulte.

## **Discussion**

### *Les forces de compression*

Au cours du développement fœtal, le cerveau humain s'expand, notamment au niveau des lobes frontaux (5). En effet, l'augmentation du volume cérébral s'accélère au cours du 3<sup>ème</sup> trimestre de grossesse et elle se fait essentiellement aux dépens de la région préfrontale. Les zones d'expansion

les plus importantes sont les régions temporale latérale, pariétale latérale, préfrontale dorsale et médiale (6).

Au cours de la vie intra-utérine et des premières années de vie, il existe une frontalisation des yeux (7), c'est-à-dire une diminution de l'angle optique allant de 180° à 2 mois d'âge fœtal à 68° chez l'adulte (8).

### *Le remodelage ethmoïdal*

A la naissance, seules les cellules ethmoïdales antérieures apparaissent aérées (9). Ces cellules sont sphériques et mesurent 2 à 5 mm. Elles vont s'allonger progressivement.

Le toit de l'ethmoïde atteint son niveau définitif (au-dessus de la lame criblée) vers l'âge de 3 ans. A 8 ans, le labyrinthe ethmoïdal mesure 18 à 24 mm de long, 9 à 13 mm de large et 10 à 15 mm de haut. Il est très proche de la forme adulte vers l'âge de 12 ans.

Dans notre étude, nous retrouvons des espaces aérés dès la naissance. Ces espaces vont se développer vers l'arrière et à l'âge de 3-4 mois, on pourra noter une délimitation entre l'ethmoïde antérieur et l'ethmoïde postérieur par la lame basale du cornet moyen. Ces observations sont confirmées par la visualisation de la lame basale du cornet moyen sur les coupes sagittales dès l'âge de 3 mois.

Nous avons également pu observer dans notre étude une segmentation des espaces aérés par des lamelles osseuses antéro-postérieures. Cela suggère un développement latéral des espaces ethmoïdaux. Cette compartimentation latérale serait-elle les prémisses de la formation de la racine cloisonnante du processus unciné ?

A la naissance, l'étage antérieur de la base du crâne est composé du cartilage de la lame perpendiculaire de l'ethmoïde, de la crista galli et du toit de la cavité nasale qui ne sont pas encore ossifiées, et des labyrinthes ethmoïdaux partiellement ossifiés (10). L'ossification de l'étage antérieur de la base du crâne débute au niveau du labyrinthe ethmoïdal puis s'étend à la crista galli et à la lame perpendiculaire. L'ossification se développe très rapidement pendant les 6 premiers mois de vie et à l'âge de 2 ans, la majorité des cartilages sont ossifiés (10). L'ossification de la lame criblée débute au niveau de l'attachement vertical des cornets supérieurs et moyens. Elle atteint la crista galli vers l'âge de 2 mois et se poursuit jusqu'à 14-18 mois. L'ossification de la lame perpendiculaire débute vers l'âge de 2 mois et se poursuit rapidement jusqu'à environ 14 mois.

Dans notre étude, l'ossification de la crista galli n'est visible qu'à partir de 5-6 mois. La visualisation très précoce (dès la naissance) de la lame conchale de Mouret sur les coupes coronales est en accord avec les données de la littérature : dans notre étude, nous l'observons émerger du toit de l'ethmoïde et descendre très verticalement. Cela confirme l'origine du cornet moyen qui, contrairement au cornet inférieur, est issu de l'ethmoïde.

### *Intégration du remodelage ethmoïdal dans le développement craniofaciale*

La base du crâne est la clé de voûte de l'équilibre cranio-facial (11). Son développement et donc celui de l'ethmoïde est en rapport avec le développement du cerveau. L'expansion relative des lobes frontaux durant la période fœtale et l'enfance participent à son remodelage. Notre étude montre que jusqu'à l'âge de 6 mois, le toit de la fente olfactive est situé au-dessus du toit de l'ethmoïde. A partir de 7 mois, ils sont au même niveau et à partir de 8 mois, le toit de la fente olfactive est situé en dessous du toit de l'ethmoïde sur la coupe axiale sélectionnée (coupe antérieure). Cet « abaissement » de la fente olfactive peut-il être lié au développement des bulbes olfactifs qui se logent juste au-dessus, au niveau de la fosse olfactive ?

L'acquisition de la bipédie met en jeu le système musculo-aponévrotique crânien et cervical et entraîne un bâillement de la synchondrose sphéno-occipitale, une rotation horaire du corps du sphénoïde et une rotation antihoraire de l'occiput et de l'ethmoïde. La frontalisation des yeux (force de compression latérale centripète) participe à la conformation latérale de la base du crâne. Elle provoque apparemment une force de compression de l'ethmoïde qui aboutit à une structure empilée des plis ethmoïdaux qui se forment à partir des branches latérales du « m » cartilagineux embryonnaire. On peut alors mettre en parallèle le concept phylogénique qui explique la restructuration de l'extrémité céphalique de l'homme en partie par l'acquisition de la bipédie et le développement cérébral. La description du labyrinthe ethmoïdal comme un parallélépipède cloisonné en son sein par des lamelles osseuses empilées à la manière d'un bulbe trouve alors une explication phylontogénique. L'hypothèse d'une organisation en couloirs aériens arciformes avait déjà été évoquée (4). Ces espaces seraient obtenus grâce à la superposition de lamelles osseuses en bulbe d'oignon de part et d'autre de la lame perpendiculaire de l'ethmoïde. Une première étude observationnelle réalisée chez l'adulte avait été réalisée et avait permis de mettre en évidence la présence de ces espaces ethmoturbinaux sur les coupes coronales scannographiques. Dans notre étude, la lame conchale de Mouret est visualisée précocement dès la naissance. Elle est initialement très verticale. Cette lame se prolonge par le cornet moyen qui, à partir du 2<sup>ème</sup> mois, se recourbe avec une courbure concave en dehors.

Les masses latérales de l'ethmoïde se développeraient donc par enroulement en bulbes d'oignon des lamelles osseuses. Cela est réalisé sous l'effet des contraintes de remodelage cranio-facial, sous l'action combiné de la bipédie, de la frontalisation des yeux, et du développement des lobes frontaux.

### *Limites de l'étude*

Cette étude reste une étude observationnelle qui, de façon originale, tente d'expliquer à la lumière de la théorie Evo-Devo les images scannographiques de l'ethmoïde observées chez le nourrisson. Toutefois, elle présente quelques limites. En effet, les scanners étudiés étaient réalisés chez de jeunes enfants, sans sédation. Malgré un temps d'acquisition rapide, la réalisation de ces scanners pouvait alors être difficile, cela explique la présence d'artéfacts de mouvement sur certaines images. D'autre part, le positionnement de la tête qui n'était pas toujours reproductible, pour les mêmes raisons, ne permettait pas d'utiliser des coupes passant strictement par le même plan.

Il serait intéressant d'analyser l'évolution de l'ethmoïde au cours de l'acquisition de la marche chez un même enfant depuis la naissance jusqu'à 2 ans. Pour des raisons évidentes éthiques, des examens scannographiques irradiants itératifs ne peuvent être réalisés chez l'enfant.

### **Conclusion**

La frontalisation des yeux, la croissance des lobes frontaux au cours du développement fœtale, et de façon plus large l'acquisition de la bipédie de la naissance à l'âge de 25 mois, jouent un rôle sur l'aspect anatomique définitif de l'ethmoïde. Le remodelage ethmoïdal au cours du développement cranio-facial aboutit à une organisation en bulbe d'oignon de l'ethmoïde dès les premiers mois de vie et résulte de ces différentes forces de compression.

## **Bibliographie**

1. Perrot C. Etude scanographique dans le plan coronal de l'empilement en bulbe d'oignon des éthmo-turbinaux: un vestige de la formation du labyrinthe éthmoïdal au cours de l'évolution des espèces? Thèse de Médecine . Université de Lorraine ;2013, 56p
2. Márquez S, Tessema B, Clement PA, Schaefer SD. Development of the ethmoid sinus and extramural migration: the anatomical basis of this paranasal sinus. *Anat Rec (Hoboken)*. 2008 Nov;291(11):1535-53.
3. Moore W.J. *The mammalian skull*. Cambridge: Cambridge university press; 1981, 384p
4. Jankowski R, Perrot C, Nguyen DT, Rumeau C. Structure of the lateral mass of the ethmoid by curved stacking of endoturbinial elements. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*. 2016 Nov;133(5):325-329.
5. Vannucci RC, Barron TF, Holloway RL. Frontal brain expansion during development using MRI and endocasts: relation to microcephaly and *Homo floresiensis*. *Anat Rec (Hoboken)*. 2013 Apr;296(4):630-7.
6. Hill J, Inder T, Neil J, Dierker D, Harwell J, Van Essen D. Similar patterns of cortical expansion during human development and evolution. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010 Jul 20;107(29):13135-40.
7. Cohen MM Jr. Malformations of the craniofacial region: evolutionary, embryonic, genetic, and clinical perspectives. *Am J Med Genet*. 2002 Dec 30;115(4):245-68.
8. Duke-Elder S. *System of ophthalmology*. St Louis: The C.V. Mosby Company; 1958, 906p
9. M. François. Ethmoïdites aiguës chez l'enfant. *EMC - Oto-rhino-laryngologie* 2008:1-7
10. Belden CJ, Mancuso AA, Kotzur IM. The developing anterior skull base: CT appearance from birth to 2 years of age. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1997 May;18(5):811-8.
11. M. Goldberg, S. Opsahl Vital, P. Barbet. Embryologie craniofaciale (II). Embryologie de la face et des structures squelettiques céphaliques : morphogenèse des maxillaires, de la mandibule et du crâne. *EMC - Médecine buccale* 2011;7(1):1-17

Conflits d'intérêts: aucun

Troisième partie :

**CONCLUSIONS  
PERSPECTIVES**



La période allant depuis la naissance jusqu'à l'âge de 25 mois est une période charnière dans la structuration de l'éthmoïde car elle est riche en modifications cranio-faciales. Ces dernières sont liées à un développement cérébral intense, au développement de la face (croissance, succion, mastication, mise en jeu de la parole) et à l'acquisition de la marche.

Ces contraintes se répercutent sur la base du crâne, clé de voûte de l'équilibre cranio-facial (25). Son développement et donc celui de l'éthmoïde est en rapport avec le développement du cerveau. L'expansion relative des lobes frontaux durant la période fœtale et l'enfance participent à son remodelage.

Dans notre étude, le toit de la fente olfactive est situé au-dessus du toit de l'éthmoïde jusqu'à l'âge de 6 mois. A partir de 7 mois, ils sont au même niveau et à partir de 8 mois, le toit de la fente olfactive est situé en dessous du toit de l'éthmoïde sur la coupe axiale sélectionnée (coupe antérieure). Cet « abaissement » de la fente olfactive peut-il être lié au développement des bulbes olfactifs qui se logent juste au-dessus, au niveau de la fosse olfactive ?

Les bulbes et les tractus olfactifs proviennent du télencéphale rostral. Dès l'apparition des placodes olfactives, au cours de la 5<sup>ème</sup> semaine, le tissu cérébral sus-jacent présente une intense activité mitotique donnant naissance aux centres olfactifs. Les placodes olfactives donnent naissance aux neurones sensoriels primaires. Leurs axones traversent le mésenchyme qui sépare le sac olfactif du tissu cérébral pour entrer en contact avec les neurones cérébraux au niveau des bulbes olfactifs. Les mécanismes d'induction sont réciproques puisque l'arrivée des cellules neurosensorielles primaires induit le développement du bulbe olfactif d'une part et d'autre part, la face ventrale du prosencéphale (futur télencéphale) induit l'ectoderme sous-jacent à proliférer et à se différencier en placodes olfactives dès la 4<sup>e</sup> semaine. L'arrivée des cellules neurosensorielles primaires au niveau du prosencéphale induit le développement du bulbe olfactif qui s'allonge et s'invagine. L'extension de la cavité du ventricule latéral au sein du bulbe va rétrécir pour finalement s'oblitérer totalement. Le bulbe olfactif repose à l'horizontale et s'appuie sur la lame criblée de l'éthmoïde. On peut alors émettre l'hypothèse que son développement progressive va entraîner l'«abaissement» de la lame criblée.

La croissance de l'éthmoïde ainsi que son remodelage au cours des premières années de vie dépendent de la croissance transversale, verticale et des phénomènes de rotation-flexion subis par la base du crâne. Sa croissance verticale dépend de la synchondrose sphéno-occipitale, une zone de tissu cartilagineux existant à la naissance entre le bord antérieur de la partie basilaire de l'os occipital et la face postérieure du corps de l'os sphénoïde. Les synchondroses nécessitent des

sollicitations mécaniques pour évoluer. Au cours de ses premières années de vie, l'enfant passe d'un déplacement en position basse (reptation, quatre pattes, assis) vers un déplacement en position haute avec acquisition de la bipédie. Il va développer successivement une phase orale de succion exclusive puis une phase d'oralité mixte durant laquelle il remplace la succion par la mastication. Ces différentes étapes participent à la conformation des os du crâne et de la face. L'acquisition de la bipédie met en jeu le système musculo-aponévrotique crânien et cervical et entraîne un bâillement de la synchondrose sphéno-occipitale, une rotation horaire du corps du sphénoïde et une rotation antihoraire de l'occiput et de l'éthmoïde.

La frontalisation des yeux (force de compression latérale centripète) participe à la conformation latérale de la base du crâne. Elle provoque apparemment une force de compression de l'éthmoïde qui aboutit à une structure empilée des plis ethmoïdaux qui se forment à partir des branches latérales du « m » cartilagineux embryonnaire. On peut alors mettre en parallèle le concept phylogénique qui explique la restructuration de l'extrémité céphalique de l'homme en partie par l'acquisition de la bipédie et le développement cérébral. La description du labyrinthe ethmoïdal comme un parallélépipède cloisonné en son sein par des lamelles osseuses empilées à la manière d'un bulbe trouve alors une explication phylontogénique.

L'hypothèse d'une organisation en couloirs aériens arciformes avait déjà été évoquée (9). Ces espaces seraient obtenus grâce à la superposition de lamelles osseuses en bulbe d'oignon de part et d'autre de la lame perpendiculaire de l'éthmoïde. Une première étude observationnelle réalisée chez l'adulte avait été réalisée et avait permis de mettre en évidence la présence de ces espaces ethmoturbinaux sur les coupes coronales scannographiques. (6)

Notre travail réalisé chez le nourrisson illustre les forces de compressions soumises à la base du crâne et met en évidence certains signes scannographiques, témoins de ces contraintes :

Nous avons pu visualiser la lame conchale de Mouret très précocement, dès la naissance. Elle est initialement très verticale, se prolonge par le cornet moyen et dès le 2<sup>ème</sup> mois, elle se recourbe selon une courbure concave en dehors. Cette observation serait-elle les prémisses de l'organisation en lamelles superposées à la manière d'un bulbe d'oignon ?

Dans notre étude, Nous avons également pu observer des espaces aérés segmentés par des lamelles osseuses antéropostérieures. Cela suggérerait un développement latéral des espaces ethmoïdaux. Cette compartimentation latérale serait-elle les prémisses de la formation de la racine cloisonnante du processus unciné ?

Notre travail permet d'illustrer les observations qui avaient déjà été évoquées dans la littérature : dès le premier mois de vie, on retrouve des espaces aérées au niveau de l'ethmoïde antérieur qui s'étendent vers l'arrière en direction de l'ethmoïde postérieur. Entre 3 et 4 mois, on peut visualiser la lame basale du cornet moyen qui délimite l'ethmoïde antérieur de l'ethmoïde postérieur.

Par l'analyse de ces images, il semble que les principales modifications de l'ethmoïde apparaissent au cours des huit premiers mois de vie. En effet, à partir du huitième mois, toutes les structures principales sont présentes : les « cellules » antérieures, « les cellules » postérieures, la lame conchale, la lame basale du cornet moyen, la crista galli et le toit de l'ethmoïde. Les modifications après le huitième mois sont essentiellement liées à la croissance et à la multiplication de ces « cellules ».

Nous avons initialement sélectionné des images scanners allant de la naissance à l'âge de 25 mois avec l'hypothèse que les forces de remodelage liées à la croissance craniofaciale étaient liées à l'acquisition de la bipédie. Devant les inégalités en termes d'acquisition chez l'enfant, nous avons choisi une période large allant jusqu'à l'âge de 25 mois, certains enfants pouvant acquérir la marche plus tardivement. Par l'analyse de nos images, il semble que les principales structures de l'ethmoïde se mettent en place au cours des huit premiers mois de vie. Il serait alors intéressant d'analyser l'évolution de l'ethmoïde de façon plus fine au cours de ces 8 premiers mois. Cette analyse serait d'autant plus intéressante qu'elle serait réalisée chez un même enfant depuis la naissance jusqu'à l'âge de 8 mois. Cependant, pour des raisons évidentes éthiques, les examens scannographiques irradiants itératifs ne peuvent être réalisés chez l'enfant.

Notre étude reste une étude observationnelle qui tente d'expliquer à la lumière de la théorie Evo-Devo les images scannographiques de l'ethmoïde observées chez le nourrisson.

Les masses latérales de l'ethmoïde naîtraient donc par enroulement en bulbes d'oignon des lamelles osseuse, et ceci de façon très précoce au cours du développement. Cela est réalisé sous l'effet des contraintes de remodelage cranio-facial, sous l'action combinée de la bipédie, de la frontalisation des yeux, et du développement des lobes frontaux.

# BIBLIOGRAPHIE

1. Ardouin P. Evolution of the paranasal cavities of man. Phyletic and embryological study. *Acta Otolaryngol.* 1961 Mar-Apr;53:122-35.
2. Zuckerkandl E. Anatomie der nasenhöhle, normale und pathologische anatomie der nasenhöhle und ihrer pneumatischen. Wien : Braumüller ; 1882, 197p
3. Jankowski R. Revisiting human nose anatomy: phylogenic and ontogenic perspectives. *Laryngoscope.* 2011 Nov;121(11):2461-7.
4. Bird DJ, Amirkhanian A, Pang B, Van Valkenburgh B. Quantifying the cribriform plate: influences of allometry, function, and phylogeny in Carnivora. *Anat Rec (Hoboken).* 2014 Nov;297(11):2080-92.
5. Van Valkenburgh B, Smith TD, Craven BA. Tour of a labyrinth: exploring the vertebrate nose. *Anat Rec (Hoboken).* 2014 Nov;297(11):1975-84.
6. Perrot C. Etude scanographique dans le plan coronal de l'empilement en bulbe d'oignon des éthmo-turbinas: un vestige de la formation du labyrinthe éthmoïdal au cours de l'évolution des espèces? Thèse de Médecine . Université de Lorraine ;2013, 56p
7. Márquez S, Tessema B, Clement PA, Schaefer SD. Development of the ethmoid sinus and extramural migration: the anatomical basis of this paranasal sinus. *Anat Rec (Hoboken).* 2008 Nov;291(11):1535-53.
8. Moore W.J. The mammalian skull. Cambridge: Cambridge university press; 1981, 384p
9. Jankowski R, Perrot C, Nguyen DT, Rumeau C. Structure of the lateral mass of the ethmoid by curved stacking of endoturbinas elements. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2016 Nov;133(5):325-329.
10. Müller F, O'Rahilly R. Olfactory structures in staged human embryos. *Cells Tissues Organs.* 2004;178(2):93-116.
11. O'Rahilly R, Müller F. The development of the neural crest in the human. *J Anat.* 2007 Sep;211(3):335-51.
12. Marlier L, Gaugler C, Astruc D, Messer J. The olfactory sensitivity of the premature newborn. *Arch Pediatr.* 2007 Jan;14(1):45-53.

13. Nakashima T, Kimmelman CP, Snow JB Jr. Structure of human fetal and adult olfactory neuroepithelium. *Arch Otolaryngol*. 1984 Oct;110(10):641-6.
14. François M. Ethmoïdites aiguës chez l'enfant. *EMC - Oto-rhino-laryngologie* 2008:1-7 [Article 20-440-A-10].
15. Khonsari C. Embryologie et croissance du crâne. *Neurochir* . 2006 Jun ; 52(2-3-C2) :151-159
16. Vannucci RC, Barron TF, Holloway RL. Frontal brain expansion during development using MRI and endocasts: relation to microcephaly and *Homo floresiensis*. *Anat Rec (Hoboken)*. 2013 Apr;296(4):630-7.
17. Chi JG, Dooling EC, Gilles FH. Gyral development of the human brain. *Ann Neurol*. 1977 Jan;1(1):86-93.
18. Hu HH, Guo WY, Chen HY, Wang PS, Hung CI, Hsieh JC, Wu YT. Morphological regionalization using fetal magnetic resonance images of normal developing brains. *Eur J Neurosci*. 2009 Apr;29(8):1560-7.
19. Christophe C. Imagerie normale de l'encéphale de l'enfant et maturation cérébrale. *EMC – Radiologie et imagerie médicale : Musculosquelettique - Neurologique - Maxillofaciale* 2006:1-15 [Article 30-815-A-10].
20. Hill J, Inder T, Neil J, Dierker D, Harwell J, Van Essen D. Similar patterns of cortical expansion during human development and evolution. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010 Jul 20;107(29):13135-40.
21. Jankowski R, Marquez S. Embryology of the nose: the evo-devo concept. *World J of otorhinolaryngol* . 2016 May 28; 6(2): 33-40
22. Duke-Elder S. *System of ophthalmology*. St Louis: The C.V. Mosby Company; 1958, 906p
23. Cohen MM Jr. Malformations of the craniofacial region: evolutionary, embryonic, genetic, and clinical perspectives. *Am J Med Genet*. 2002 Dec 30;115(4):245-68.
25. M. Goldberg, S. Opsahl Vital, P. Barbet. Embryologie craniofaciale (II). Embryologie de la face et des structures squelettiques céphaliques : morphogenèse des maxillaires, de la mandibule et du crâne. *EMC - Médecine buccale* 2011;7(1):1-17 [Article 28-020-D-10].

26. Martin-Duverneuil N. Anatomie et imagerie du massif facial normal chez l'adulte. EMC – Radiologie et imagerie médicale : Musculosquelettique - Neurologique - Maxillofaciale 2014;9(3):1-21 [Article 30-830-A-10].
27. Schoenwolf B, Bleyel S, Brauer P, Francis-West P. Larsen's human embryology. Fifth edition. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2014, 668p
28. Chai Y. Craniofacial development. Los Angeles : Academic Press; 2015, 688p
29. Bentley RP, Sgouros S, Natarajan K, Dover MS, Hockley AD. Normal changes in orbital volume during childhood. J Neurosurg. 2002 Apr;96(4):742-6.
30. Matsuzawa J, Matsui M, Konishi T, Noguchi K, Gur RC, Bilker W, Miyawaki T. Age-related volumetric changes of brain gray and white matter in healthy infants and children. Cereb Cortex. 2001 Apr;11(4):335-42.
31. Belden CJ, Mancuso AA, Kotzur IM. The developing anterior skull base: CT appearance from birth to 2 years of age. AJNR Am J Neuroradiol. 1997 May;18(5):811-8.
32. Wang RG, Jiang SC. The embryonic development of the human ethmoid labyrinth from 8-40 weeks. Acta Otolaryngol. 1997 Jan;117(1):118-22.
33. Denis D, Burguiere O, Oudahi F, Scheiner C. Measurement of facial growth in the human fetus. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 1995 Dec;233(12):756-65.
34. Haas A, Weiglein A, Faschinger C, Müllner K. Fetal development of the human orbit. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 1993 Apr;231(4):217-20.
35. Bossy J. Development of olfactory and related structures in staged human embryos. Anat Embryol (Berl). 1980;161(2):225-36.
36. Wolff E. Eugene Wolff's anatomy of the eye and orbit: Including the Central Connections, Development, and Comparative Anatomy of the Visual Apparatus—Sixth Edition. Sinskey RM. California Medicine. 1968 Nov; 109(5): 436
37. Escaravage GK Jr, Dutton JJ. Age-related changes in the pediatric human orbit on CT. Ophthalm Plast Reconstr Surg. 2013 May-Jun;29(3):150-6.

38. Boulanger N, Baumann C, Beurton R, Elueque H, Gallet P, Grosjean R, Lindas P, Lorentz C, Jankowski R. Septorhinoplasty by disarticulation: early assessment of a new technique for morphological correction of crooked noses. *Rhinology*. 2013 Mar;51(1):77-87.
39. Maione L, Benadjaoud S, Eloit C, Sinisi AA, Colao A, Chanson P, Ducreux D, Benoudiba F, Young J. Computed tomography of the anterior skull base in Kallmann syndrome reveals specific ethmoid bone abnormalities associated with olfactory bulb defects. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013 Mar;98(3):E537-46.
40. Kanemura H, Aihara M, Aoki S, Araki T, Nakazawa S. Development of the prefrontal lobe in infants and children: a three-dimensional magnetic resonance volumetric study. *Brain Dev*. 2003 Apr;25(3):195-9.
41. Tanaka C, Matsui M, Uematsu A, Noguchi K, Miyawaki T. Developmental trajectories of the fronto-temporal lobes from infancy to early adulthood in healthy individuals. *Dev Neurosci*. 2012;34(6):477-87.
42. Kish PE, Bohnsack BL, Gallina D, Kasprick DS, Kahana A. The eye as an organizer of craniofacial development. *Genesis*. 2011 Apr;49(4):222-30.
43. O'Rahilly R, Müller F. Developmental stages in human embryos: revised and new measurements. *Cells Tissues Organs*. 2010;192(2):73-84.
44. Rastatter JC, Snyderman CH, Gardner PA, Alden TD, Tyler-Kabara E. Endoscopic endonasal surgery for sinonasal and skull base lesions in the pediatric population. *Otolaryngol Clin North Am*. 2015 Feb;48(1):79-99.
45. Jankowski R. *Septoplastie et rhinoplastie par désarticulation: histoire, anatomie et architecture naturelles du nez*. Paris: Elsevier Masson; 2016, 384p
46. Jankowski R. *The Evo-Devo origin of the nose, anterior skull base and midface*. Paris: Springer; 2013, 210p
47. Wang MK, Buschang PH, Behrents R. Mandibular rotation and remodeling changes during early childhood. *Angle Orthod*. 2009 Mar;79(2):271-5.
48. O'Rahilly R, Müller F. Significant features in the early prenatal development of the human brain. *Ann Anat*. 2008;190(2):105-18.



49. Houdart R. Memory: a view of the history of central nervous system. *Encephale*;2005 May-Jun;31(3):317-22.

50. Bruner E, Holloway RL. A bivariate approach to the widening of the frontal lobes in the genus *Homo*. *J Hum Evol*. 2010 Feb;58(2):138-46.

VU

NANCY, le **02 mai 2017**

Le Président de Thèse

**Professeur Roger JANKOWSKI**

NANCY, le **11 mai 2017**

Pour le Doyen de la Faculté de Médecine

Le Vice-Doyen,

**Professeur Marc DEBOUVERIE**

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ 9829

NANCY, le **15 mai 2017**

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE,

**Pierre MUTZENHARDT**

## RESUME

Selon la théorie Evo-Devo, les transformations phylogéniques de l'os éthmoïde qui aboutissent à une structure en bulbe d'oignon se rejouent au cours de l'embryogenèse humaine et de la première année de vie. Ces transformations semblent résulter des différentes forces de compression liées à l'acquisition de la bipédie, à la frontalisation des yeux, à la régression du museau et au développement des lobes frontaux.

L'objectif de cette étude est de décrire les modifications de l'ethmoïde chez l'enfant de la naissance à 25 mois, période durant laquelle il acquiert la bipédie.

Il s'agit d'une étude descriptive, rétrospective et monocentrique. Les scanners réalisés du 1<sup>er</sup> janvier 2012 au 1<sup>er</sup> avril 2017 dans le service de radiologie de notre institution ont été relus de manière rétrospective. Soixante-quinze scanners de patients d'âges différents allant de la naissance à 25 mois étaient inclus. Trois scanners pour chaque tranche d'âge de 1 mois étaient analysés. Pour chaque patient, une coupe axiale passant par le cristallin, les nerfs optiques et l'ethmoïde, une coupe sagittale para-septale et passant par la masse latérale droite de l'ethmoïde ainsi qu'une coupe coronale passant juste en arrière du cristallin étaient retenues.

Dès le premier mois de vie, on retrouve des espaces aérées au niveau de l'ethmoïde antérieur qui dès le 2<sup>ème</sup> mois s'étendent vers l'arrière en direction de l'ethmoïde postérieur. Il semble exister un cloisonnement antéropostérieur dès la naissance avec présence d'espaces aérés séparés par une lame osseuse antéropostérieure.

Dès les premiers jours de vie, on visualise nettement la lame conchale qui s'insère sur le toit de l'ethmoïde et qui descend de façon très verticale. A partir du 2<sup>ème</sup> mois, le cornet moyen se recourbe avec une courbure concave en dehors.

La frontalisation des yeux, la croissance des lobes frontaux au cours du développement foetale, et de façon plus large l'acquisition de la bipédie de la naissance à l'âge de 25 mois, jouent un rôle sur l'aspect anatomique définitif de l'ethmoïde. Le remodelage ethmoïdal au cours du développement cranio-facial aboutit à une organisation en bulbe d'oignon de l'ethmoïde dès les premiers mois de vie et résulte de ces différentes forces de compression.

---

### TITRE EN ANGLAIS

“Ethmoidal remodeling during craniofacial development”

---

THÈSE : MÉDECINE SPÉCIALISÉE - ANNÉE 2017

---

MOTS CLEFS : Ethmoïde ; développement cranio-facial ; acquisition marche ; Evo-Devo ; nourrisson

---

INTITULÉ ET ADRESSE :

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex

---