



HAL
open science

Place de l'imagerie par résonance magnétique fœtale au sein du centre pluridisciplinaire de diagnostic prénatal du centre hospitalo-universitaire d'Amiens de janvier 2016 à décembre 2022

Margaux Goudal

► **To cite this version:**

Margaux Goudal. Place de l'imagerie par résonance magnétique fœtale au sein du centre pluridisciplinaire de diagnostic prénatal du centre hospitalo-universitaire d'Amiens de janvier 2016 à décembre 2022. Médecine humaine et pathologie. 2024. dumas-04738403

HAL Id: dumas-04738403

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04738403v1>

Submitted on 15 Oct 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



UNIVERSITE D'AMIENS

UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE

Année 2024

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**PLACE DE L'IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE
FŒTALE AU SEIN DU CENTRE PLURIDISCIPLINAIRE DE
DIAGNOSTIC PRENATAL DU CENTRE HOSPITALO-
UNIVERSITAIRE D'AMIENS DE JANVIER 2016 A
DECEMBRE 2022.**

Présentée et soutenue publiquement le 26 septembre 2024
à 16h00 dans la Salle des Thèses du Pôle Formation

Par Margaux Chakira Eugénie Carine GOUDAL

07/12/1996

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Jean-Marc CONSTANS

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Antoine DELVAL

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Arthur FOULON

Madame le Docteur Ségolène DELMAS-LANTA

Madame le Docteur Anne-Gaëlle LE MOING

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Remerciements

A tous ceux qui ont pris part à l'élaboration de ce travail,

A mon Maître,

A mon Président de jury,

A Monsieur le Professeur Jean-Marc CONSTANS,

Responsable du centre d'activité de Neuroradiologie

Co-responsable de l'équipe Universitaire CHIMERE

Coordinateur de DES d'Imagerie Médicale

Responsable Médical et de la Recherche Clinique sur l'IRM de recherche du GIE Faire Faces

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier

Radiologie et Imagerie Médicale

Pôle Imagerie

Je vous prie de bien vouloir recevoir mes remerciements les meilleurs de me faire l'honneur de vous être rendu disponible pour présider cette soutenance de thèse sur l'IRM fœtale.

A mon Maître,

A mon Directeur de thèse,

A Monsieur le Docteur Antoine DELVAL,

Praticien Hospitalier

Radiologie et Imagerie Médicale

Pôle Imagerie

Merci d'avoir accepté d'encadrer ma thèse, merci pour ta participation au remplissage de ce gros tableau, pour ta réassurance face à mes doutes dans cette tâche ; mais aussi en dehors de la thèse pour ta pédagogie en échographie et en pédiatrie en général !

A mon Maître,

A Madame le Docteur Ségolène DELMAS-LANTA,

Praticien Hospitalier

Gynécologie-Obstétrique

Pôle « Femme-Couple-Enfant »

Un grand merci pour m'avoir accordé de votre temps pour participer à ce travail, en siégeant dans mon jury de thèse.

*Soyez assurée de ma reconnaissance que vous fassiez profiter ma soutenance de thèse de votre expertise pointue en imagerie obstétricale, toujours agrémentée d'une petite touche d'humour !
Merci de nous faire partager votre expérience du fonctionnement du CPDPN en jugeant ce travail.*

Et, dans un registre plus personnel, un grand merci d'avoir aussi spontanément accepté d'assurer mon suivi de grossesse, et ce avec une fréquence digne des « VIP ».

A mon Maître,

A Madame le Docteur Anne-Gaëlle LE MOING,

Praticien Hospitalier

Pédiatrie, spécialité Neuropédiatrie

Pôle « Femme-Couple-Enfant »

Je vous prie de recevoir mes sincères remerciements d'avoir accepté de prendre part à mon jury lors de ma soutenance de thèse, sans même me connaître. Votre expertise de la prise en charge anténatale et pédiatrique viendra pour sûr éclairer la discussion autour de ce sujet. Veuillez trouver ici la marque de mon profond respect.

A mon Maître,

A Monsieur le Professeur Arthur FOULON

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Gynécologie-Obstétrique

Chef de service de Gynécologie-Obstétrique-Orthogénie

Pôle « Femme-Couple-Enfant »

Veillez recevoir l'expression de ma gratitude d'avoir accepté de prendre part parmi les jurés de cette thèse, et ce malgré le court délai auquel - je vous en présente de nouveau mes excuses - nous vous avons contraint. En espérant vous rendre la présentation de ce sujet agréable, veuillez agréer l'expression de mes salutations respectueuses.

A mon Maître,

A Madame le Docteur Catherine JOUET-GONDRY,

Praticien Hospitalier

Radiologie et Imagerie Médicale

Pôle Imagerie

Merci pour cette proposition de sujet de thèse ; merci également pour vos explications pointues en vacances d'imagerie et de nous avoir fait part de l'étendue de vos connaissances doublée de votre grande expérience en imagerie pédiatrique et, bien entendu, en IRM anténatale. Je vous suis reconnaissante de vos remarques pertinentes et avisées sur ce travail.

A Monsieur Roger BOUZERAR,

Service de Biophysique et Traitement de l'Image,

Un immense merci pour votre soutien appuyé dès le début dans ce travail, pour votre réassurance et pour votre expertise en statistiques et votre réactivité à chacune de mes sollicitations. Ce travail n'aurait pas été le même sans votre aide, aussi pragmatique que précieuse.

A Monsieur le Professeur Baptiste MOREL, de TOURS

Pour votre sollicitude, votre amabilité et votre disponibilité, lorsque je me suis permise, il y a quelques mois de cela déjà, de vous contacter pour obtenir vos précieux conseils et votre regard avisé sur ce projet de travail, vous qui aviez participé à la thèse du Dr Adèle Fievet dont l'article nous a servi de point de comparaison, et dont nous avons eu de cesse de nous inspirer. Recevez l'expression de mes sentiments les meilleurs.

A Madame le Professeur Anne COTTEN, de LILLE

Qui avez eu l'obligeance de m'accueillir chaleureusement en inter-CHU dans votre service d'Imagerie Ostéo-Articulaire, et ce en allant à l'encontre de la promesse que vous vous étiez faite jusqu'alors. Je vous remercie tant personnellement que pour la Radiologie Amiénoise plus généralement, pour cette main tendue, cette confiance accordée et pour toutes ces connaissances que vous m'avez apportées au cours de ce stage. Soyez assurée que l'optique de réintégrer votre service à nouveau me ravie et m'honore !

A mes Maîtres dans les Hôpitaux,

Service de Radiologie du CHU d'AMIENS,

Service de Radiologie du CH de BEAUVAIS et de MONTREUIL-SUR-MER,

Service de Radiologie Ostéo-Articulaire du CHU de LILLE,

A toute l'équipe du service de Radiologie du CHU d'AMIENS,

A toute l'équipe du service de Radiologie du CH de BEAUVAIS et de MONTREUIL-SUR-MER,

A toute l'équipe du service de Radiologie Ostéo-Articulaire du CHU de LILLE,

pour votre accueil, votre sympathie, votre bienveillance, votre application dans le travail et vos enseignements.

A ma **Maman**, merci de m'avoir élevée dans tous les sens que comporte ce terme, merci pour les valeurs que tu m'as transmises, notamment de travail, d'humanité et de tolérance, que je tenterai au mieux de mettre à profit au cours de mon exercice médical, ce qui, comme tu aimes bien le dire, nous fera encore un point commun ! Merci pour ton amour, tes conseils et ta présence !

A mon **Simon**, mon Sim, à mon roi du diabolo, à mon amoureux, à mon ami, mon confident, mon protecteur, mon premier soutien, et aussi pour cette thèse comme dans la vie, mon assistant, mon guide, et même mon informaticien... ! Et désormais, au plus attentionné des papa-poules !

Ces quelques lignes ne suffiront pas à te remercier à la juste valeur du soutien indéfectible que tu m'auras porté tout au long de ces années d'études de médecine (que tu avais déjà traversé toi-même une première fois !) ; et ce depuis la PACES jusqu'à cette thèse, en passant par ces fameuses ECN, et ce grâce à ton courage et ta persévérance !

Mais cette fois, tu ne t'es pas simplement contenté de m'épauler en m'allégeant le quotidien, mais tu m'es venu en aide au moment où j'en avais vraiment besoin, en participant plus qu'activement aux calculs, à la mise en page, à la rédaction et à la relecture de ma thèse, qui est légitimement aussi la tienne !

Je te suis infiniment reconnaissante et j'espère que d'aussi beaux moments que ceux déjà partagés ensemble nous attendent !

J'espère que tu resteras toujours mon épaule, même si, promis, je ferai de mon mieux pour m'y appuyer sans en abuser, et pour continuer à te soutenir en retour !

Tu auras été le premier témoin de mes efforts, de mes hauts et de mes bas ; et ainsi, j'espère qu'après tout ça, j'aurais su te rendre fier de moi !

A mon **Pacôme**, ma petite merveille dont les sublimes sourires sont venus illuminer ma vie il y a plus d'un an déjà. Tu as apporté joie et légèreté à cette année plus que chargée ! Tu auras passé une partie de ton début de vie à mes côtés, à l'ordi, irrésistiblement attiré par les touches du clavier ! Je te promets d'être encore plus présente pour toi désormais, et de toujours t'entourer et te protéger. Je t'aime infiniment mon petit bébé !

Mille mercis à ma petite sœur **Eloïse**, l'une des personnes les plus dévouées aux autres qui puissent exister, la plus protectrice et tolérante, d'un soutien moral indéfectible, un pilier ! On peut toujours compter sur toi, tu es la marraine de mon Pacôme, mais notre fée à tous !

Un grand merci à vous pour vos innombrables relectures de ma thèse !

A ma petite Mymy, ma **Myrtille**, mon « cœur de la terre », ma plus belle nageuse, surfeuse, cavalière, et désormais grimpeuse, dont les séances de Playmobil me forçaient à sortir la tête de mes bouquins, à relativiser, grâce à ton humour légendaire, et à tout simplement apprécier le bonheur de t'avoir comme petite sœur ! Tu resteras toujours mon « petit bébé à sa Dado » !

A ma **Mamie** chérie, qui a toujours été au petit soin, présente à mes côtés, pour superviser mes devoirs de l'école primaire, de maths du collège (puissances de 10^{\wedge}) et mes rédactions de français, pour me conduire à droite et à gauche, ou bien encore pour me concocter de bonnes soupes à l'oignon réconfortantes entre les examens de médecine ! Sans oublier, plus récemment, le confort d'une bouillotte et d'une tisane, après une bonne journée de scans montreloise !

Mon **Papi**, mon adorable Papi Roland, au fond de moi j'espère que depuis tout ce temps, tu veilles sur moi, comme tu le faisais si tendrement, que tu apprécies tous mes efforts, même si tu souhaitais toujours exagérément, en me surprotégeant, que j'en fasse le moins possible ! Peut-être as-tu assisté à ma thèse toi-aussi ? Je garde ce petit espoir au fond de mon cœur !

A mon **Papa**, à ce personnage presque irréel que je me suis tant imaginé, à ce « Fayçal » que dans ma tête d'enfant je me suis façonné, et que j'ai enfin, ... enfin pu retrouver ! Jamais je n'aurais osé rêvé que tu prennes place dans cet assemblée pour venir m'écouter !! Mille et un mercis d'être à mes côtés aujourd'hui et j'espère pour tous les autres événements importants à venir !

A **Patrick**, merci pour ton accompagnement fidèle à ma scolarité, pour m'avoir conduit de nombreuses fois au lycée en catastrophe lorsque mon réveil tardif m'empêchait de sauter dans mon bus matinal, merci pour tes messages systématiques d'encouragement à chacune de mes épreuves scolaires, sans oublier tes multiples dépannages informatiques !

A **Fré**, mon « Tonton préféré », ce n'est pas seulement en entretenant mes dents « du bonheur » que tu as pris soin de mon sourire, mais bien en étant toujours présent à mes côtés, sans cesse me soutenant et m'encourageant ! Merci pour tout !

A **Nathalie**, ma super « Tatie » sans qui toutes les fêtes de famille ne seraient pas si joyeuses et animées !

A mes couz chéris, **Henri, Edgar** et **Rose**, à la tendresse, à l'humour, la bonne humeur et au sens de la fête inégalés et à mes belles cousines **Agathe** et **Adèle**, c'est toujours un plaisir de partager des moments drôles et joyeux avec vous tous !

A ma super marraine **Laurence** qui m'a toujours soutenue dans tous mes choix de vie et dans tous mes examens, en me donnant de l'estime par de jolis dégradés et en me gâtant avec de succulentes roses des sables !

A **Sissi**, et à **Anne-Marie**, qui n'ont jamais été à court de petites attentions pour chouchouter mes vacances parisiennes !

A **Thérèse**, pour ta gentillesse, ta jovialité et ta bonne humeur !

A ma super **famille Goudal**, à tous les « Gougous », dont la chaleur et la gentillesse nous rendent soudés, notamment lorsqu'avec ferveur, nous entonnons les chants patois à l'unisson !

A **Lyes**, mon frère que je n'osais pas espérer et avec qui si naturellement je me suis aussitôt entendue ! Même si tu ne peux pas être présent ce jour, j'espère pouvoir te voir bientôt !

Ma famille adorée, je vous aime ! Je vous dédie cette thèse !

A ma **Nounou Anna**, dont je devrais sans cesse prendre exemple sur la joie de vivre à l'italienne, et à Emile, dont je n'oublierai jamais nos balades en rentrant de l'école, un paquet de Spéculoos dans la poche !

A mes jumelles adorées, mes amies fidèles :

Caroline, dont la plus belle calligraphie que je connaisse ne faisait qu'alléguer une future vocation d'institutrice passionnée !

Marie, dont les improbables étourderies n'ont jamais cessé de m'amuser ! Un grand merci pour ton sourire et ta bonne humeur indéfectibles et tes séances de maquillage chez Sépho !

Je n'oublierai jamais ce que vous avez fait pour moi, au cours d'une petite soirée pyjama, en apparence anodine et sympa, qui a pourtant abouti à l'une des meilleures, bien que tardive, décisions de ma vie !!

A mes solides amitiés du lycée :

A **Caroline**, mon amie souvent loin de moi géographiquement, mais jamais dans mon cœur ! Beauté et spontanéité inégalées !

A **Cécile** et **Thomas**, mes compagnons d'Olympiades, mes modèles de sang froid et de réussite devant des DS des vendredis aprem, les roi et reine des oses et orbitales, avec qui j'ai eu certains de mes meilleurs fous rires, attablés dans ce fameux CDI !

A **Aline**, aussi chaleureuse que joyeuse et voyageuse !

A **Charles**, mon binôme de P1, dont les talents de dessinateur-anatomiste m'auront été d'un grand secours !

A **Célia**, ma copine de P1, ce travail trouvera peut-être un écho en la sage-femme que tu es !

A **Maxime**, alias H4, cette peinture de l'ECN que j'ai eu la chance d'avoir comme *coach* dans ces longues études, mon partenaire de BU, de rigolades, et de chocobons !

Il devrait exister des synonymes au mot « merci » dans la langue française pour éviter ces anaphores que je fais là ! Parfois un autre *idioma* peut s'avérer utile dans ces cas-là : c'est pourquoi c'est un profond « *muchas gracias* » que j'envoie à ce cours d'espagnol médical qui m'a offert des *amigos preciosos* !!!

A **Laetitia**, ma meilleure amie radiologue, les seules quelques lignes dont je dispose ici ne suffiront pas à compenser le flot de flatteries illégitimes dont tu me pares !

A mon amie **Océane**, cette beauté métissée aussi drôle qu'intelligente et sensible !

A **Imane et Amal**, je vous remercie pour ces timides mais non pas moins rayonnants sourires que vous m'avez rendus ce premier jour d'espagnol ! Merci de nous avoir lancées à la découverte de ces terres sauvages et de ces châteaux forts de princesse, au son envoûtant des cornemuses !

A **Wassim**, mon ami rigolo, dont la voix même donne le sourire !

A mes colocataires :

A **Inès**, tout d'abord une collègue devenue une copine, puis une colloc', une confidente, une super coach à la fois sportive, pour la thèse et dans la vie ! Désormais une vraie vraie amie ! Je n'oublierai jamais tes éclats de rire, ton dynamisme (pendant que moi je m'endormais encore habillée), nos séances Sissy, nos courses chez O'Tera, nos soirées canaps-télé, tes conseils ménages ^^ et surtout toutes tes petites attentions envers Pacôme et moi !

Merci pour tes nombreuses astuces et pour ta relecture !

A **Marie**, ma jolie colloc' rencontrée de façon *a priori* surprenante ... la veille de sa propre thèse, réemménageant ses affaires, son ordi et bien sûr son chat Mia ! Mais avec qui, s'est aussitôt instaurée, dans ce p'tit appart amiénois, une vraie complicité spontanée !

A mes co-internes de promo : :

Thomas, mon super voisin de chambre à l'internat de Beauvais, toujours disponible, **Charles**, mon acolyte amiénois, toujours prêt à m'épauler, roi du tiramisu (désormais accompagné de boules de thé ;-), à **Mathieu**, mon partenaire de DU, à **Justine, Alexandre, Yasmine, Adrien et Sacha**.

A tous mes supers co-internes, **Antoine L., Jean-Baptiste P., Jean-Baptiste M., Cyril, Natanyel, Margaux, Victor, David M., Jean-Francois, Lylia, Amélie, David L., Déesse, Romain, Aurélien, Erwan, Safiya, Dalila, Clément L., Clément B., Issam, Nassim, Angèle, Erwann, Pierre-Antoine, Jimmy, Nicolas, Hamou, Moudrik**.

A mes anciens co-internes, **Olivier, Kevin S., Wesley, Amandine, Charlotte, Charles, Emilie, Jean R., Loïc, Jean C., Wilfried, David, Mickael, Jessy, Simon**.

Avec une mention particulière :

A **Antoine L., Jean-Baptiste P., Cyril**, pour votre gentillesse, votre légèreté, pour vos relectures de mes examens lorsque je doutais et bien sûr pour votre humour !

Encore merci Antoine L. pour ces petites iconos !

A ma belle équipe montreloise,

A **Olivier**, dont les photos de Goudale et les petits jeux de mots sur les noms de patients, que je maîtrise désormais, me feront toujours autant rire !

A **Margaux**, charmante, sans cesse joviale et souriante ! Sympa de composer ce duo de « Margaux » avec toi !

A mes autres chefs montrelois,

Siham, Pr Deramond, Mr Dedeire, pour leur pédagogie !

A tous les supers manips et aux gentilles secrétaires du CHAM,

A Cyril, qui aura entretenu avec vigueur notre fameux Vendredéj !

A **Erwan** pour tous ces cas de dig' échangés !

A **Mathieu, Cyril, Jean R. et Jessy** avec qui j'ai partagé ces cours du DU d'ORL !

A mes chefs amiénois,

Nicolas, Brigitte, Pr Thierry Yzet, Xavier, Quentin, Raphaël, Jérémie, Marianne, Pr Raymond, Cédric, Brice, Florine, Geoffrey, Julie, David, Pierre-Olivier, Kevin D., Parfait, Thomas, Cyril, Carla, Andreea-Irina, Bruno, Mathilde, Gilles, Amine, Laura, Sophie.

Merci de m'avoir aidée tout au long de mon internat, de vous être montrés attentionnés, patients et pédagogues envers moi !

A mes nouveaux co-internes que j'aurai le plaisir de mieux connaître au prochain semestre : **Karine, Margaux K., Théo, Lucie, Diane, Clément, Dih, Lauris, Ynes, Michael.**

A mes co-internes de médecine nucléaire, **Inès bien sûr, Virgile et Maxence.**

A tous les manipulateurs du CHU d'Amiens, avoir qui j'ai pris plaisir à travailler et à apprendre. Avec une mention toute particulière à l'équipe d'imagerie de la femme, à la douceur

de **Sergine**, l'humour de **Sabrina** et **Elodie**, à **Tatie**, pour nos discussions « thème Algérie » et à **Clémence** que j'ai pu rencontrer tant à Beauvais qu'à Amiens. Merci à l'équipe du scan urgence avec qui l'on partage le stress des bips, de jour comme de nuit !

A tous mes collègues d'Amiens, à cette équipe géniale qui m'a confortée dans mon choix de l'imagerie, qui m'a offert un cadre de travail aussi drôle que serein !

A mes chefs beauvaisiens,

Mme Monin, Guillaume, Julie.

Merci de m'avoir fait découvrir cette belle spécialité ! Merci pour votre pédagogie et votre sympathie !

Merci **M. Benyoucef** : vos remarques m'ont poussée à tenter de proposer le meilleur de moi-même dans mon travail, afin de vous prouver que j'étais bien capable d'exercer ce métier.

A **Marius**, dont la gentillesse, la tendresse, et l'humilité malgré l'étendue des connaissances radiologiques m'auront profondément marquée ! Si Beauvais me paraît assez loin, proches sont au contraire tes conseils, aussi précieux que tes bracelets ivoiriens que je porterai le jour de ma thèse !

A mes co-internes et chefs lillois, **Aymeric, Jean, Antoine, Elma, Julia, Sophie, Hippolyte, Pierre, Mariangela, Pierpaolo**, et à tous mes chefs **Mohamed, Ralph, Samy, Simon, Laura, Antoine De., Antoine P., Antoine Du., Souhir, Guillaume, Islam, Charlotte, Guillaume, Abdul, Idir.**

Merci de m'avoir aussi naturellement intégrée dans cette équipe lilloise. Merci de m'avoir laminée au *karting* ahah, mais surtout un immense merci pour toutes ces connaissances et cette bonne humeur qui auront marqué ces mémorables mois d'inter-CHU.

A **Bruno Spilliaert**, le premier radiologue qui m'a ouvert les portes de son cabinet pour le fameux stage de 3ème, qui m'a appris que l'on a douze vertèbres thoraciques, que l'IRM est un « gros aimant », et qui furtivement mais sûrement, m'a insufflé l'envie, « quand je serai grande », de l'imiter !

A **Julien, Erwan B., Arnaud**, ces internes qui auront marqué mon externat, alliant à merveille sérieux, pédagogie, humour et sympathie !

Merci à **Thomas, Lise, Xavier, Mathilde**, et à tous ceux de l'internat de Beauvais pour cette ambiance animée, et ces séances de sport vigoureuses et musclées, alors même que nous étions confinés !

A tous les co-externes avec qui je me suis bien entendue au cours de mes stages,

A **Grégory et Elina**, mes amis et désormais confrère et consoeur, dont je tenterai toujours de tendre vers l'exigence que vous avez envers vous-mêmes ! Un grand merci d'être toujours présents dans les moments faciles, ou plus difficiles, ce qui s'est encore confirmé par ce petit coup de pouce statistique de dernière minute !

A **Jean-Eudes et Marion**, mes supers amis dont la bienveillance, la générosité, la fidélité, l'empathie et la tendresse, (bon le comique de répétition aussi JB^^), n'ont pas d'égal !

A toute notre super bande d'amis :

A **Alexandra** (encore un grand merci pour ta relecture, ton soutien et tes conseils), **Christophe, Fanny, Christian, Marc** (qui plus est, mon collègue de travail, photo à l'appui !), **Julia, Tonio, Vanessa, Gaëtan, Margaux, Quentin, Virginie, Agnès, Benoit, Mathilde, Oana Flo, Oana Albu, Dragos**.

A **Bernadette et Francois**, qui avez gardé Pacôme plus d'une fois pour me permettre de me libérer lors de mes aller-retours amiénois, ou pour me dégager du temps, y compris pour ce travail ! Mais cette fois-ci Bernadette, je n'aurai même pas eu à te solliciter pour reprendre ma robe !

A **Manon**, ma super belle-soeur, dynamique et joyeuse, toujours prête à dépanner, à soulager et à aider à s'évader !

A **Ismaël**, pour tes bananes plantains et tes cocktails, aussi bons que réconfortants !

A **François et Nadia**, un grand merci pour vous être si bien occupés de notre poucinet, quand la fatigue et le surmenage pointaient le bout de leur nez !

A mes chers neveux **Isaac, Imane, Nora et Kassi**, pleins de peps et de vitalité !

A toute la **famille Cornet, Desliers, Hanquiez** que j'embrasse !

Petite mention à **Anne et Thomas** avec qui j'aurai partagé plein de bons moments et de longues heures de BU ! Ainsi qu'à **Clara**, avec qui on a partagé des instants pour le moins pesants dans la voiture sur le parking de Gayant ! (Mais heureusement, plein d'autres bien plus agréables depuis ;-) !)

A **Fatma**, dont le courage et la détermination m'impressionnent ! Vous nous avez bien rendu le quotidien plus léger, nous sommes chanceux de vous avoir à nos côtés !

A tous ceux que j'aurais pu involontairement oublier,

A tous ceux qui m'entourent et que j'aime,

Hâte de célébrer ma soutenance avec vous !!!

Sigles

ACR = *American College of Radiology*

AG = Âge Gestationnel

CHAOS = Syndrome d'Obstruction Congénitale des Voies Aériennes Supérieures

CHARGE = Syndrome associant Colobome, Malformation cardiaque (*Heart*), Atrésie des choanes, Retard de croissance, hypoplasie Génitale et anomalies de l'oreille (*Ear*)

CH(R)(U) = Centre Hospitalier (Régional) (Universitaire)

CMV = Cyto-Mégalo-Virus

CNEOF = Conférence Nationale d'Echographie Obstétricale et Fœtale

CNIL = Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

CNTE = Comité National Technique de l'Echographie de Dépistage Prénatal

CO = Monoxyde de Carbone

CPDPN = Centre Pluridisciplinaire de Diagnostic Prénatal

DAN = Diagnostic Anténatal

DES = Diplôme d'Etudes Supérieures

DIU = Diplôme Inter-Universitaire

DPC = Développement Personnel Continu

EPI = *Echo-Planar Imaging*

EPP = Evaluation des Pratiques Professionnelles

ESPRF = Société Européenne de Radiologie Pédiatrique et Fœtale

EXIT = *Ex-Utero Intra-Partum Therapy*

FDA = *Food Drug Administration*

FETO = *Fetoscopic Endoluminal Tracheal Occlusion*

FLA(P) = Fente labio-alvéolaire/ alvéolo-palatine

FOV = *Field Of View* = Champ De Vue

HAS = Haute Autorité de Santé

IA = Intelligence Artificielle

IC = Intervalle de Confiance

IMG = Interruption Médicale de Grossesse

IR = Inversion Récupération

IRM = Imagerie par Résonance Magnétique

ISUOG = *The International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*

KBP = Kyste Broncho-Pulmonaire

LCS = Liquide Cérébro-Spinal

LHR = *Lung-to-Head Ratio*

MAKP = Maladie Adénoïde Kystique Pulmonaire

MASA = Syndrome associant retard Mental, Aphasie, Spasticité et Adduction des pouces

MFIU = Mort Fœtale *In Utero*

MMIHS = Syndrome associant Hypopéristaltisme Intestinal – Microcôlon – Mégavessie

MSK = Musculo-Squelettique

NA = Non Analysable

NC = Non Calculable

NF1 = Neurofibromatose de type 1

NS = Non Significatif

OEIS = Syndrome associant Omphalocèle – Exstrophie cloacale – anus Imperforé – anomalie Spinale

ORL = Oto-Rhino-Laryngé

PACS = *Picture Archive and Communication System*

Pentalogie de Cantrell = Syndrome associant hernie supra-ombilicale, défaut de la partie antérieure du diaphragme et du péricarde diaphragmatique, anomalie de la partie basse du sternum et malformation cardiaque.

PLUG = Procédure *Plug The Lung Until it Grows*

PMA = Procréation Médicalement Assistée

RMN = Résonance Magnétique Nucléaire

RCIU = Retard de Croissance Intra-Utérin

SA = Semaine d'Aménorrhée

SAR = *Specific Absorption Rate*

Se = Sensibilité

SFIPP = Société Francophone d'Imagerie Pédiatrique et Périnatale

SNC = Système Nerveux Central

Sp = Spécificité

SPR = *Society for Pediatric Radiology*

SSFSE = *Single Shot Fast Spin Echo*

STB = Sclérose Tubéreuse de Bourneville

STT = Syndrome Transfuseur-Transfusé

TDM = Tomodensitométrie

TE = Temps d'Echo

TORCH = Toxoplasmose-Others-Rubéole-CMV-Herpès (infections materno-fœtales)

TR = Temps de Répétition

VACTERL = Syndrome associant malformations Vertébrales, atrésie Anale, anomalies Cardiaques, fistule Trachéo-oEsophagienne, anomalie Rénale, anomalie des membres (*Limb*)

VPN = Valeur Prédictive Négative

VPP = Valeur Prédictive Positive

V4 = Quatrième Ventricule

Sommaire

Avertissement.....	3
Remerciements	4
Sigles.....	22
Sommaire.....	25
Introduction.....	27
1 Préambule	27
2 Apports et limites de l'échographie anténatale.....	28
3 L'imagerie par résonance magnétique anténatale	29
4 Notre démarche :	31
Matériel et méthodes	35
1 Conception de l'étude.....	35
2 Réalisation de l'IRM fœtale	36
3 Traitement des données et analyses statistiques	40
Résultats	41
1 Population.....	41
2 Régions explorées et indications de l'IRM fœtale	43
3 Apport de l'IRM fœtale	45
4 Cas particuliers des discordances échographie / IRM	48
5 Autres examens associés :.....	50
6 Cas particuliers des interruptions médicales de grossesse	50
7 Autres issues de grossesse.....	52
Discussion.....	53
1 Principaux résultats	53
2 Discussion des résultats	54
2.1 Exploration de la région encéphalique	55
2.1.1 Ventriculomégalies.....	55
2.1.2 Anomalies de la ligne médiane.....	58
2.1.3 Anomalies biométriques du périmètre crânien	62
2.1.4 Anomalies sous-tentorielles	64
2.1.5 Kystes périventriculaires	66
2.1.6 Cas des infections materno-fœtales.....	67

2.2	Exploration de la région ORL.....	68
2.2.1	Fentes labio-alvéolaires.....	68
2.3	Exploration de la région cervicale.....	71
2.4	Exploration de la région thoracique.....	72
2.4.1	Hernies diaphragmatiques.....	72
2.4.2	Malformations broncho-pulmonaires.....	76
2.4.3	Atrésie de l'oesophage.....	77
2.5	Exploration de la région abdomino-pelvienne.....	78
2.5.1	Anomalies urologiques.....	78
2.5.2	Masses abdomino-pelviennes.....	79
2.5.3	Dilatation des anses.....	80
2.5.4	Autres.....	81
2.6	Etude médullaire.....	81
2.7	Autres régions explorables en IRM fœtale.....	82
2.7.1	Exploration hépato-biliaire.....	82
2.7.2	Exploration ostéo-articulaire.....	83
2.7.3	Exploration vasculaire.....	83
2.7.4	Exploration cardiaque.....	84
3	Forces et faiblesses.....	85
3.1	Forces.....	85
3.2	Faiblesses.....	86
4	Perspectives.....	88
4.1	Diversification et amélioration de nos pratiques.....	88
4.2	En termes de futurs projets de recherche.....	89
4.2.1	Etudes plus homogènes.....	89
4.2.2	Analyse de la durée d'examen.....	89
4.2.3	Etude d'une courbe d'apprentissage.....	90
	Conclusion :.....	91
	Liste des tables.....	92
	Liste des figures.....	93
	Références.....	96
	Annexe 1.....	102
	Annexe 2.....	103

Introduction

1 Préambule

En France, le calendrier du suivi médical de grossesse inclut trois échographies de dépistage, une à chaque trimestre de grossesse, qui sont réalisées respectivement entre 11 et 15 SA (semaines d'aménorrhées), entre 20 et 25 SA puis entre 30 et 35 SA.

- L'objectif de la 1^{ère} échographie est de dater précisément la grossesse, de déterminer le nombre de fœtus, la vitalité fœtale, de mesurer la clarté nucale dans le cadre du dépistage de la trisomie 21 et de dépister des malformations accessibles à ce terme.
- L'échographie du 2^e trimestre est un examen morphologique permettant de dépister un grand nombre de pathologies, en raison de l'évolution de l'ensemble des organes et d'étudier la position du placenta.
- Celle du 3^e trimestre est plutôt centrée sur le dépistage des anomalies de la croissance fœtale, sur la détermination de la présentation fœtale et de la position placentaire, mais elle permet également de dépister certaines malformations dans une moindre mesure, en raison de l'ossification du fœtus.

Lorsqu'une anomalie est découverte sur une de ces échographies de dépistage, l'opérateur envoie une demande à son centre pluridisciplinaire de diagnostic prénatal (CPDPN) de rattachement après avoir obtenu le consentement écrit de la patiente.[1]

Le CPDPN est un centre de compétence clinique, biologique et d'imagerie qui se compose d'un ensemble de professionnels qui sont disponibles pour répondre à des avis en termes de diagnostic, de thérapeutique et de pronostic.

Chaque demande d'avis donne lieu à une discussion qui peut aboutir à la prescription d'un bilan complémentaire : échographie diagnostique, amniocentèse, imagerie fœtale en coupe (scanner, IRM), consultation d'un spécialiste, *et cetera*...

Au décours des examens complémentaires, le CPDPN va émettre une synthèse de son avis au praticien qui surveille la grossesse. Ce praticien devra la transmettre à sa patiente et organiser la prise en charge en fonction de ces recommandations.

Dans les situations où une anomalie fœtale détectée est considérée comme ayant une forte probabilité que l'enfant à naître soit atteint d'une « affection d'une particulière gravité réputée comme incurable au moment du diagnostic », le CPDPN a la charge de l'attester.

Cette confirmation rend possible l'interruption médicale de grossesse (IMG) si les parents le souhaitent.[2,3] Lorsqu'une IMG est réalisée, une consultation de conseil génétique au CPDPN est proposée dans les mois suivants pour statuer sur les anomalies observées sur l'ensemble du bilan materno-fœtal et donner au couple une information pour les grossesses à venir.

Dans le cas contraire, le CPDPN doit contribuer au suivi de la grossesse, à la prise en charge *per-partum* et à celle du nouveau-né, puis se doit de recueillir et conserver dans le dossier les informations néonatales et pédiatriques.

2 Apports et limites de l'échographie anténatale

L'échographie est une technique reposant sur les effets biologiques des ultrasons qui ont la propriété de se réfléchir lorsqu'ils traversent des milieux d'impédances différentes.

Le faisceau réfléchi est réceptionné par la sonde échographique puis analysé par l'ordinateur pour générer des images en différents niveaux de gris, elles-mêmes interprétées par l'opérateur.

A index mécanique et thermique à visée diagnostique, il n'y a aucun effet délétère des ultrasons rapportés dans la littérature.[4]

Par principe de précaution, le mode Doppler n'est pas utilisé en dépistage systématique sur le cœur et les vaisseaux du fœtus au 1^{er} trimestre, son retentissement thermique étant plus important que le mode B.

Selon la Conférence Nationale d'Echographie Obstétricale et Fœtale (CNEOF), la surveillance échographique anténatale répond à un triple objectif :

- Diminuer la mortalité et la morbidité périnatales

- Réduire les handicaps d'origine périnatale
- Réduire la mortalité maternelle

Pour répondre à ces objectifs, l'appareil d'échographie doit être performant et l'examen, réalisé avec des sondes de fréquence adaptée. Il n'y a pas de texte réglementaire faisant mention de la durée de vie d'un appareil d'échographie mais la recommandation professionnelle du CNTE (Comité National Technique de l'Echographie de Dépistage Prénatal) dans un rapport d'avril 2005 préconise l'utilisation d'un échographe de moins de 7 ans, date de la première mise en circulation faisant foi.[5,6]

Cette recommandation a été confirmée par le CNEOF le 19 octobre 2022 qui a apporté une précision sur l'intérêt des évolutions technologiques dans l'analyse des images.

Cette technique bénéficie d'une importante résolution spatiale, temporelle et d'une bonne disponibilité faisant d'elle la technique de choix pour l'exploration de 1^{ère} intention. Mais l'étude du fœtus peut être entravée par l'atténuation de la propagation des ultrasons dans certaines conditions d'examen (obésité maternelle, position fœtale, grossesse multiple) et par son champ de vue étroit, limité à la taille de la sonde.[7]

Elle peut donc être complétée par une IRM qui pourra s'affranchir de ces deux principales limites.

3 L'imagerie par résonance magnétique anténatale

L'IRM est une technique reposant sur l'utilisation d'un champ magnétique classiquement à 1,5 T mais peut être également réalisée à 3 T, sans effet indésirable rapporté sur le fœtus ou la mère dans la littérature.[8–10]

En effet, les évolutions technologiques sur les IRM 3 T ont permis l'émergence de tunnels de 70 centimètres, d'un système de régulation de l'échauffement des tissus (SAR, *Specific Absorption Rate*) et d'un mode adapté (« *normal mode* » de General Electric® permettant une diminution des amplitudes et de la pente des gradients). La 3 T reste plus sensible que la 1,5 T aux mouvements fœtaux (dont la gestion reste un enjeu majeur de la pratique de l'IRM,

notamment en cas de terme précoce et de polyhydramnios[11]), à la circulation du liquide amniotique et aux mouvements du tube digestif maternel, qui sont des phénomènes pouvant introduire une inhomogénéité dans le champ magnétique.[12]

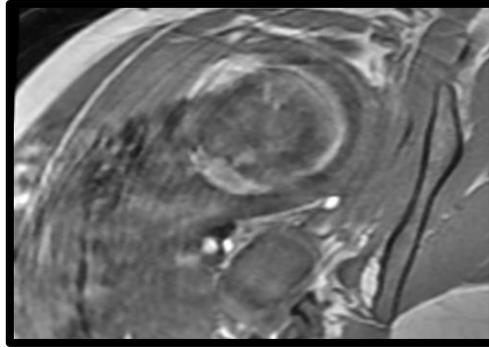


Figure 1 : Séquence axiale T1 : Exemple d'artéfacts liés aux mouvements fœtaux, auxquels ont pu se surajouter des mouvements maternels.

Elle est complémentaire de l'échographie, avec la possibilité d'utiliser un champ de vue (FOV) plus important et des coupes dans n'importe quel plan de l'espace, sans se préoccuper de la morphologie maternelle.[13]

Historiquement, elle était dédiée à l'étude de l'encéphale du fœtus mais avec les évolutions technologiques, ses indications se sont étendues à d'autres organes (moelle, thorax, abdomen, pelvis).

Dans la littérature, il y a peu d'études qui analysent le recours à l'IRM fœtale par les CPDPN. Le CHU de Tours a réalisé un état des lieux entre janvier 2010 et janvier 2015, permettant d'avoir un véritable reflet de son utilisation en pratique.[14]

En outre, en 2021, un groupe d'experts de l'*European Society of Paediatric Radiology Fetal* (ESPRF) a émis une actualisation des indications des IRM fœtales pour le système nerveux central, proposant ainsi sa réalisation en cas d'antécédent familial de pathologie cérébrale sévère au 1^{er} degré ou, pour la grossesse en cours, en cas d'infection du spectre des TORCH, d'un contexte statistiquement à risque de lésion cérébrale (mort fœtale *in utero* d'un jumeau) ou d'une anomalie cérébrale détectée en échographie. Ces indications sont rapportées dans le tableau 1.[15]

Puis en 2022, l'ESPRF a publié une seconde actualisation des recommandations des indications d'IRM de l'ensemble du corps fœtal, en dehors du système nerveux central, qui sont quant à elles synthétisées dans le tableau 2.[16]

4 Notre démarche :

L'objectif principal de notre étude était de faire un état des lieux de l'usage de l'IRM fœtale au sein de notre CPDPN du CHU d'Amiens, et notamment de déterminer la répartition de ses indications.

L'objectif secondaire était d'établir son apport diagnostique et pronostique dans la prise en charge de la grossesse, en classant son résultat comme :

- Inchangé, c'est-à-dire qu'elle validait le diagnostic initial de l'échographie sans information complémentaire.
- Complémentaire, sans implication pronostique, c'est-à-dire qu'elle validait le diagnostic initial en apportant des informations complémentaires, ne modifiant pas le pronostic de la grossesse.
- Complémentaire avec implication pronostique, c'est-à-dire qu'elle validait le diagnostic initial en apportant des informations complémentaires modifiant le pronostic de la grossesse.
- Réorienté, c'est-à-dire qu'elle modifiait ou récusait le diagnostic initial.

INDICATIONS DE L'IRM FŒTALE ENCEPHALIQUE		GAMMES DIAGNOSTIQUES	
Histoire familiale de pathologies cérébrales sévères (mère, fratrie)		Exemple de la sclérose tubéreuse de Bourneville ; Hétérotopie nodulaire, Tubers, ...	
Infections materno-fœtales (TORCH)		Exemple du cytomégalo virus (CMV), - Au 1 ^{er} trimestre : Lissencéphalie, Polymicrogyrie, Hypoplasie cérébelleuse, Calcifications - Au 3 ^e trimestre : Inflammation de la substance blanche, Kystes périventriculaire et sous-épendymaire	
Dépistage de lésions cérébrales en cas de contexte statistiquement à risque - Prise de toxiques - Détection d'un dysraphisme - Spécifique d'une grossesse gémellaire : STT ou mort <i>in utero</i> d'un jumeau		Infarctus Malformation vasculaire Hydranencéphalie	
Anomalies cérébrales détectées en échographie	Système ventriculaire - Taille >10 mm - Forme ou contenu - Région sous-épendymaire	Ventriculomégalie isolée ou non Dysplasie corticale Nodules sous-épendymaires / Hétérotopies / Hémorragies sous-épendymaires Hémorragie intra-ventriculaire ou des plexus choroïdes Kyste ou calcifications périventriculaires	
	Biométries du périmètre crânien - Microcéphalie (<3 ^e percentile) - Macrocéphalie (>97 ^e percentile)	Microcéphalie - Anomalie encéphalique associée avec analyse spécifique du ruban cortical - Anomalie clastique vasculaire	Macrocéphalie - Mégalecéphalie - Hémimégalecéphalie
	Parenchyme cérébral	Hémorragie parenchymateuse Lésion ischémique cavitaire (porencéphalie) ou non-cavitaire Leucomalacie périventriculaire	
	Ligne médiane	Dysgénésie du corps calleux Anomalie du <i>septum pellucidum</i> (Agénésie septale, Dysplasie septo-optique) Hypo-développement / Distorsion de la fissure interhémisphérique Encéphalocèle / Méningocèle de la ligne médiane	
	Cortex et giration	Lissencéphalie Polymicrogyrie Schizencéphalie ouverte ou fermée	
	Fosse postérieure - Taille du cervelet - Position de la tente du cervelet - Aspect du tronc cérébral - Ouverture ou non du 4 ^e ventricule	Kyste arachnoïdien Mégagrande citerne Kyste de la poche de Blake Spectre de Dandy-Walker Hypoplasie cérébelleuse Hémorragie cérébelleuse Tubulinopathie	
	Elargissement des espaces péri-cérébraux	Hématome sous-dural Kystes arachnoïdiens	
	Anomalies médullaires détectées en échographie	Analyse du rachis en cas de conditions échographiques suboptimales	Défaut spinal / Spina bifida / Anomalies de fermeture du tube neural Meningocèle / Myélo-meningocèle Moelle attachée basse / Lipome du fourreau dural Diastématomyélie Téartome sacro-coccygien Syndrome de régression caudale / Sirénomélie Anomalie vertébrale (VACTERL...)

Tableau 1 : Synthèse des recommandations d'IRM fœtale dans l'étude du système nerveux central, selon l'ESPRF.

Tableau 2 : Synthèse des recommandations d'IRM fœtale dans l'étude du corps fœtal, hors système nerveux central, selon l'ESPRF.

	Indications	Apports de l'IRM
FACE	Anomalies du massif facial - Craniosténose syndromique - Fente oro-faciale	Rechercher des anomalies intracrâniennes associées Etudier le palais osseux
	Anomalies orbitaires	Évaluer l'orbite (colobome, lésion)
	Anomalies nasales	Confirmer une arrhinie Rechercher des anomalies de la ligne médiane
	Anomalies de l'oreille externe Masses de la face et du crâne	Evaluer l'oreille interne (CHARGE) Rechercher des anomalies intracrâniennes associées Préciser l'extension (intracrânienne) Décrire une dysembryoplasie
COU	Masses - Malformation lymphatique - Tératome - Hémangiome - Autres lésions	Préciser l'extension Evaluer la compression des voies aériennes supérieures et de l'œsophage Caractériser (graisse, sang, calcifications)
	Atrésie de l'œsophage	Déterminer le niveau de la dilatation du cul-de-sac cervical sur les séquences T2 répétées ou ciné
THORAX	Hernie diaphragmatique congénitale	Caractériser le contenu Déterminer la position du foie Rapport volume pulmonaire observé/attendu
	Malformations broncho-pulmonaires Masses	Caractériser les tissus Déterminer le volume Déterminer le niveau d'obstruction pour un CHAOS
	Masses médiastinales - Malformation lymphatique - Tératome - Duplication œsophagienne et KBP	Evaluer l'extension, la compression trachéale et bronchique
	Anomalies cardio-vasculaires - Masse cardiaque - Etudes encore de l'ordre de la recherche	Rechercher des anomalies intracrâniennes associées (STB)
	Hépto-biliaire	

ABDOMEN- PELVIS	- Hémochromatose congénitale	Evaluer la surcharge en fer avec un signal anormalement faible en T1 et T2*
	- Absence de vésicule biliaire	Rechercher une anomalie de la vésicule biliaire
	- Kyste de la région hile hépatique	Déterminer la position du kyste, l'orientation vers un kyste du cholédoque ou rechercher une duplication duodénale
	Gastro-intestinal	
	- Dilatation de l'intestin	Localiser le niveau de l'obstruction et présence d'un micro-côlon
	• Segmentaires (atrésies)	
	• Diffuses (diarrhées congénitales)	Rechercher la perte de l'hypersignal T1 méconial dans le côlon
	- Malformation ano-rectale	Rechercher des anomalies de position du rectum
	Génito-urinaire	
	- Ectopie / Hypoplasie rénales	Identifier et mesurer les reins
- Malformations complexes	Vérifier la bonne position du rectum sur le T1 pour éliminer un cloaque chez la fille.	
• Hydroméocolpos (Cloaque)		
• Mégavessie inexplicée (MMIHS)	Distinguer une dysplasie multi-kystique, d'une duplication rénale, d'un sinus urogénital et d'un syndrome MMIHS	
• Urinaires		
Masses abdomino-pelviennes	Déterminer l'origine et l'extension Caractériser les tissus Détecer les métastases hépatiques/osseuses	
Défect de la paroi abdominale	Rechercher des arguments pour un complexe OEIS	
- Omphalocèle volumineuse	Rechercher des arguments pour pentalogie de Cantrell	
- Laparoschisis		
MEMBRES	Bandes amniotiques	Rechercher des masses des parties molles
	Visualisation de bandes minces	Caractériser et déterminer l'extension

Matériel et méthodes

1 Conception de l'étude

Il s'agit d'une étude monocentrique rétrospective qui avait obtenu l'accord de la Direction de la Recherche Clinique et de l'Innovation de la Cellule hors Loi Jardé n° PI2024_843_0059 comprenant l'accord de la CNIL (Annexe 1). Il n'y a pas de conflit d'intérêt à déclarer et cette étude n'a bénéficié d'aucun financement.

L'ensemble des patientes ayant bénéficié d'une échographie diagnostique et d'une IRM fœtale a été inclus. Toutes les échographies diagnostiques ont été réalisées par un échographe référent, membre du CPDPN de notre CHU sur un échographe de la gamme VOLUSON™ (E Healthcare®, Milwaukee, Wis, USA). L'ensemble des comptes-rendus échographiques était standardisé. Les indications de l'IRM fœtale étaient discutées au cas par cas lors de la réunion de concertation pluridisciplinaire du CPDPN. Il n'existait pas de protocole écrit régissant ces indications selon la topographie à étudier.

Notre CHU était le seul centre de la région réalisant ces IRM.

A partir des dossiers contenus dans le logiciel DxCare®, nous avons collecté les données suivantes :

- Concernant la mère : la date de naissance, les antécédents généraux de grossesse à risque, comprenant les facteurs de risque cardio-vasculaires, des antécédents de maladies systémiques, la prise de toxiques et les traitements médicamenteux,
- Concernant la grossesse en cours : le recours à la PMA (procréation médicalement assistée), le nombre de fœtus, les résultats des sérologies et de l'amniocentèse,
- Concernant l'échographie : le terme de réalisation et les comptes-rendus,
 - A noter que lorsque celle-ci stipulait plus d'une anomalie, il a été arbitrairement décidé de ne prendre en compte que celle jugée la plus pertinente sur le plan médical (à titre d'exemple, une suspicion d'agénésie du corps calleux associée

à une dilatation ventriculaire était comptabilisée comme une anomalie de la ligne médiane plutôt que comme une ventriculomégalie),

- Concernant l'IRM : le terme de réalisation et le compte-rendu,
- Concernant la suite de la prise en charge : les comptes-rendus de la réunion pluridisciplinaire du CPDPN et le devenir du fœtus.

Les imageries n'ont pas fait l'objet d'une relecture.

2 Réalisation de l'IRM fœtale

Toutes les IRM ont été réalisées sur le même système (SIGNA™ ARTIST 1.5T GE Healthcare®, Milwaukee, Wis, USA) implanté sur notre site depuis 2014.

En amont de son rendez-vous, la patiente recevait une fiche d'information sur l'IRM fœtale (Annexe 2). Ce document notifiait notamment l'innocuité de l'IRM. Il expliquait également qu'il ne fallait pas consommer d'excitants, qu'il fallait être à jeun 1 heure avant l'examen pour réduire les mouvements digestifs, être accompagnée afin de pouvoir bénéficier d'une prémédication médicamenteuse *per os* par hypnotique (Zolpidem®), médicament sans aucun effet indésirable dans la grossesse à la posologie donnée (5 à 10mg selon le poids).[17] Il comportait en outre un questionnaire visant à dépister l'absence de contre-indications à la réalisation de l'examen et un numéro de téléphone à joindre en cas de réponse positive à l'une des questions.

La patiente devait se présenter 45 minutes avant l'heure de son rendez-vous. Ce délai était nécessaire pour installer confortablement la patiente dans un fauteuil avec une boisson sucrée et la prémédication, après avoir recueilli son consentement écrit. Dans le même temps, le manipulateur vérifiait, par le présent questionnaire, l'absence de contre-indications à la réalisation de l'IRM, de signes cliniques évocateurs de syndrome cave inférieur en décubitus dorsal et rassurait la patiente, en expliquant le déroulement de l'IRM.

Ensuite, la patiente était installée confortablement, soit en décubitus dorsal, soit en décubitus latéral en cas de signes cliniques évocateurs de syndrome cave inférieur. Un casque audio lui

était proposé pour écouter une musique de son choix lors de l'examen et pour permettre de communiquer avec elle.

Le protocole standard d'une IRM comprenait au minimum des séquences de repérage *single shot fast spin echo* (SSFSE) T2 dans les 3 plans de l'espace en grands champs couvrant l'ensemble du fœtus, quelque soit l'indication de l'examen.

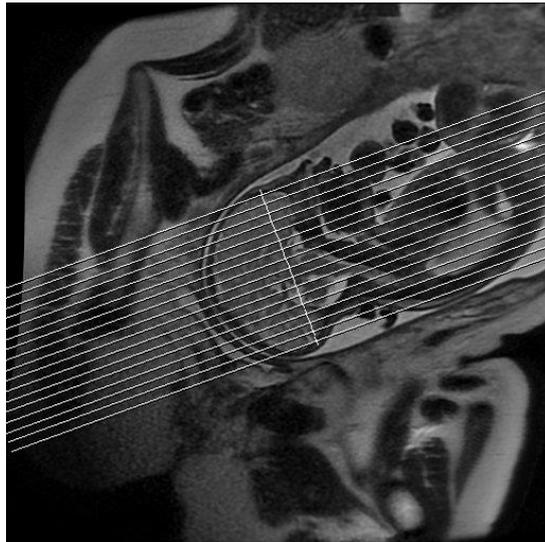
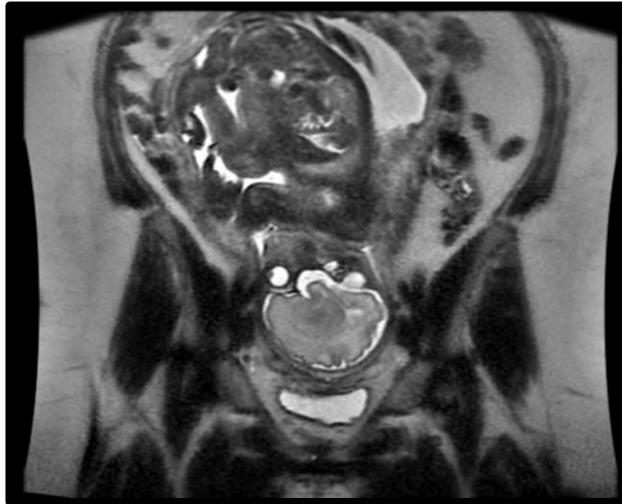


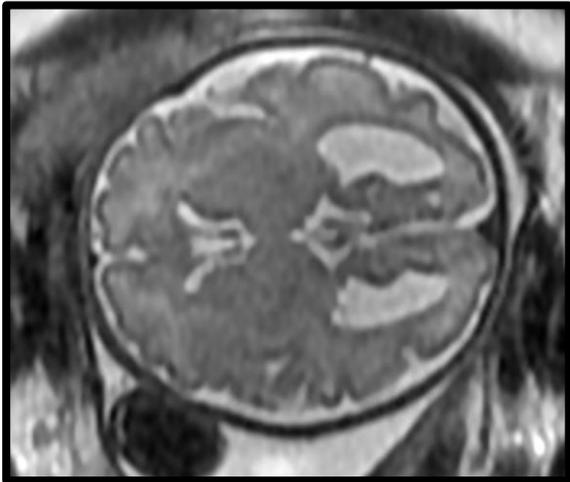
Figure 2 : Séquence de localisation permettant l'obtention de coupes de référence orthogonales (en l'occurrence coronales), quelque soit la position fœtale.

Par la suite, des séquences SSFSE T2 de résolution plus élevée (petit champ et épaisseur de coupe plus fine) au mieux dans les 3 plans de l'espace, et des séquences pondérées T1 (en inversion – récupération (IR) ou en écho de gradient (EG)) pouvaient être réalisées selon l'indication. Des séquences de diffusion et de susceptibilité magnétique (T2*) pouvaient être ajoutées pour les étages encéphalique ou abdominal.

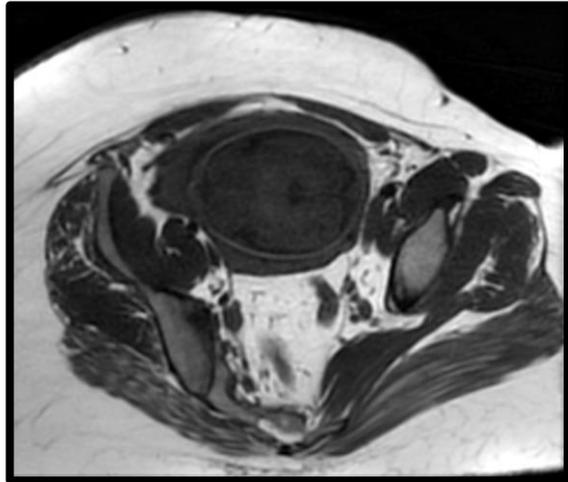
a)



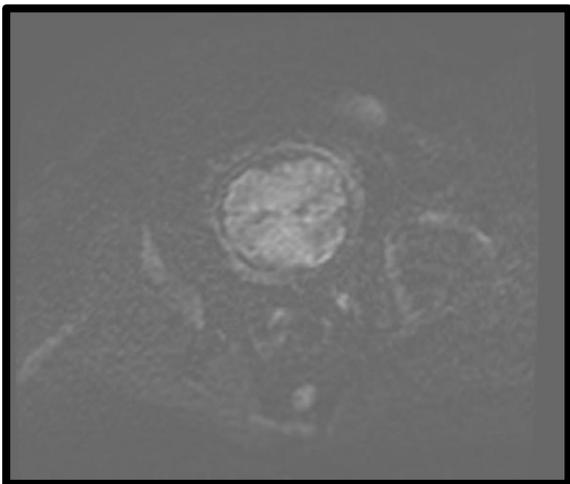
b)



c)



d)



e)

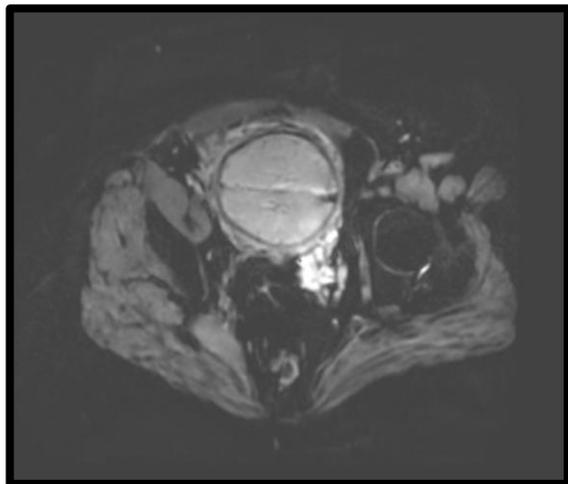


Figure 3 Exemples d'images issues des différentes séquences employées : SSFSE T2 grand champ(a), SSFSE T2 petit champ(b), T1(c), diffusion(d), T2(e).*

- L'étude encéphalique comprenait au minimum une séquence *single shot fast spin echo* (SSFSE) T2 dans les 3 plans de l'espace en grand champ puis en petit champ, une séquence axiale T1 IR, une séquence axiale diffusion et une séquence T2*.
- L'étude médullaire comprenait au minimum une séquence SSFSE T2 dans les plans sagittal et axial.
- L'étude de la région ORL comprenait au minimum une séquence SSFSE T2 dans les 3 plans de l'espace.
- L'étude thoracique ou abdominale comprenait au minimum une séquence SSFSE T2 dans les 3 plans de l'espace et une séquence T1 dans les plans axial et coronal.

Le tableau 3 résume les caractéristiques des séquences IRM utilisées.

Tableau 3 : Principales caractéristiques des séquences IRM.

	SSFSE T2 Grand champ	SSFSE T2 Petit champ	Diffusion	T1	T2 EPI
Plan d'acquisition	3 plans	3 plans	Axial	Axial	Axial
TR (ms)	1150	2000	5100	2020	6200
TE (ms)	120	130	99	15	70
Phase	416	352	120	256	256
Fréquence (Hertz)	256	256	142	256	224
Epaisseur coupe (mm)	4	4	4	4	4
Espace inter-coupe (mm)	0,4	0.4	0.4	0.4	0.3
Temps d'acquisition (s)	20	40	80	100	70

Aucun produit de contraste à type de chélates de gadolinium n'a été utilisé. Aucun traitement à visée anti-spasmodique n'a été utilisé.

Les IRM ont toutes été interprétées par des médecins spécialistes en imagerie médicale pédiatrique.

Les compte-rendus d'IRM étaient semi-standardisés, avec la présence de menus déroulants.

3 Traitement des données et analyses statistiques

Les données ont été exprimées en fréquence (pourcentage) pour les variables qualitatives et en moyenne (étendue) ou moyenne \pm écart-type pour les variables quantitatives.

Les groupes ont été comparés à l'aide du test de McNemar. Le seuil de signification statistique a été fixé à $p < 0,001$.

La concordance entre l'échographie et l'IRM fœtale a été étudiée via un test de concordance kappa global et kappa propre à l'encéphale.

Résultats

1 Population

Du 1^{er} janvier 2019 au 31 décembre 2022, 2115 patientes ont été accueillies au CPDPN. Or, nous ne connaissons pas le nombre exact de patientes dont le dossier a été traité au CPDPN sur la période entière de notre étude, du 1^{er} janvier 2016 au 31 décembre 2022, car la démarche d'archivage des dossiers n'a commencé qu'à partir de 2019 dans notre centre. Sur ces 2115 patientes, 118 se sont vues indiquer une IRM fœtale à l'issue de la RCP (5,6%).

Au final, entre 2016 et 2022, ce sont 239 patientes qui ont bénéficié d'une IRM fœtale complémentaire à l'échographie diagnostique et qui ont été incluses. Il n'y a pas eu d'exclusion.

Le tableau 4 reprend les caractéristiques des patientes de notre étude.

L'âge moyen des patientes était de 29 ans ($\pm 5,5$) et 26 patientes (10,9%) avaient plus de 35 ans. Cent (41,8%) patientes présentaient au moins un facteur de risque cardio-vasculaire (50 tabagiques (20,1%) et 47 obèses (19,7%)). Aucune patiente ne rapportait d'autre consommation de toxiques. Six patientes (2,5%) étaient atteintes d'une maladie de système comprenant le lupus, la sclérodermie, le syndrome des anti-phospholipides et la sarcoïdose. Quatorze (5,6%) rapportaient la consommation d'un traitement médicamenteux dont 2 de la méthadone. Aucun des traitements rapportés n'avait de lien avec un risque malformatif selon le centre de référence sur les agents tératogène (CRAT). Six (2,5%) patientes avaient un antécédent de pathologie fœtale grave lors d'une grossesse antérieure ou d'antécédent familial grave dans la fratrie (anencéphalie, syndrome de Miller-Dieker, agénésie du corps calleux, syndrome de Dravet, fente syndromique, holoprosencéphalie) (Tableau 4).

Huit (3,3%) des patientes ont eu recours à la procréation médicalement assistée (PMA). Douze (5,0%) ont développé un risque cardiovasculaire en lien avec la grossesse et 3 ont eu une séroconversion dont 2 au CMV (en période péri-conceptionnelle pour l'une, date de séroconversion non connue pour l'autre), et une à la toxoplasmose (à 24 SA). Parmi l'ensemble des patientes, 21 (8,8%) présentaient une grossesse gémellaire (Tableau 4).

Tableau 4 : Caractéristiques de la population.

Caractéristiques	Patientes (n = 239)
Age	
17 – 25 ans	51 (21,3%)
25 – 35 ans	162 (67,8%)
> 35 ans	26 (10,9%)
Facteurs de risque cardio-vasculaire maternels	
Tabac	50 (20,1%)
Obésité	47 (19,7%)
Diabète antérieur à la grossesse	3 (1,3%)
Pathologies fœtales de grossesses antérieures	
n=6 (2,5%)	
Pathologies maternelles	
n=20 (8,4%)	
Dysthyroïdie	8 (3,3%)
Asthme	6 (2,5%)
Maladies de système	6 (2,5%)
Traitements médicamenteux	
n = 14 (5,6%)	
• Lovenox	3 (1,3%)
• Lévothyrox	6 (2,5%)
• Lamictal	1 (0,4%)
• Plaquenil	2 (0,8%)
• Méthadone	2 (0,8%)
Grossesse en cours	
Recours à la procréation médicalement assistée	8 (3,3%)
Diabète gestationnel	8 (3,3%)
Hypertension artérielle gravidique	4 (1,7%)
Séroconversion	n = 3 (1,3%)
• CMV	2 (0,8%)
• Toxoplasmose	1 (0,4%)
Amniocentèse réalisée	n = 132
• Pathologique	11 (4,6%)
Grossesse gémellaire	21 (8,8%)

2 Régions explorées et indications de l'IRM fœtale

Notre étude a montré que les demandes d'IRM avaient été, dans la grande majorité des cas, validées par le CPDPN sur un point d'appel échographique (215/239 soit 90,0%), comparativement aux rares indications liées à un contexte de dépistage (24/239 soit 10,0 %) (décès d'un jumeau, antécédent familial de pathologie cérébrale incurable, ou encore de stress maternel à type d'état de choc).

Le terme de l'échographie de référence ayant indiqué l'IRM était de 26 SA, avec un écart-type de 4 SA et des termes minimal et maximal respectivement de 22 et 36 SA. Le terme moyen de réalisation de l'IRM était de 31 SA, avec des termes minimal et maximal respectivement de 25 SA et de 37 SA, avec un écart-type de 2 SA (termes arrondis à la SA près). Le délai moyen entre ces deux examens était de 5 SA.

Sur les 239 IRM fœtales, les trois principales régions analysées étaient pour 157 (65,7%) l'encéphale, 42 (17,6%) la région ORL et 19 (7,9%) le thorax.

Concernant l'analyse spécifique de chaque région explorée, les principales indications étaient :

- Pour l'encéphale,

- Une ventriculomégalie isolée pour 36 (22,9%) dont 15/36 (41,7%) mineures, 15/36 (41,7%) modérées et 6/36 (16,6%) sévères,
- Des anomalies de la ligne médiane pour 35 (22,3%) dont 20 (57,1%) pour dysgénésie calleuse, 3 (8,6%) pour anomalie morphologique de la cavité septale (kyste du *septum pellucidum* et aspect ballonisé ou feuilleté du *cavum*) et 12 (34,3%) pour absence d'identification de la cavité septale,
- Des anomalies de la fosse postérieure pour 19 (12,1%) dont 10 (52,6%) élargissements de la citerne rétro-cérébelleuse et 9 (47,4%) anomalies biométriques cérébelleuses,
- Des anomalies biométriques encéphaliques pour 16 (10,2%) dont 13 microcéphalies sévères isolées inférieures au 3^e percentile, 2 hypotrophies fœtales globales inférieures au 3^e percentile et 1 macrocéphalie supérieure au 97^e percentile,
- Une caractérisation de lésions kystiques périventriculaires pour 16 (10,2%).
- L'ensemble des indications de dépistage, à savoir :

- Un antécédent de grossesse avec un diagnostic de pathologie grave et incurable chez 6 patientes,
- Une recherche systématique de lésion cérébrale, dans le cas d'un décès chez le jumeau en cas de grossesse gémellaire monochoriale (13, soit 5,4%) ou dans le cadre du dépistage dans un syndrome transfuseur – transfusé,
- Un état de choc, pour 3 cas (1,9%),
- Une intoxication au CO à 26 SA,
- Une séroconversion à toxoplasme à 24 SA.

- Pour la région ORL, les fentes labio-alvéolaires pour 40 d'entre elles (95,2%) et plus minoritairement les masses cervicales au nombre de 2 (soit 4,8%).

- Pour la région thoracique, les hernies diaphragmatiques et les malformations broncho-pulmonaires, dénombrées respectivement à 9 (47,4%) et 10 (52,6%).

- Pour la région abdomino-pelvienne, la caractérisation de masses pour 8 cas (57,1%) suivie de l'exploration de malformations urinaires complexes pour 4 cas (28,6%).

Les régions médullaire, cervicale, hépatique et ostéo-articulaire étaient, quant à elles, plus rarement explorées, tel que décrit dans la figure 4 et le tableau 5. Et aucune IRM cardiaque n'a été réalisée.

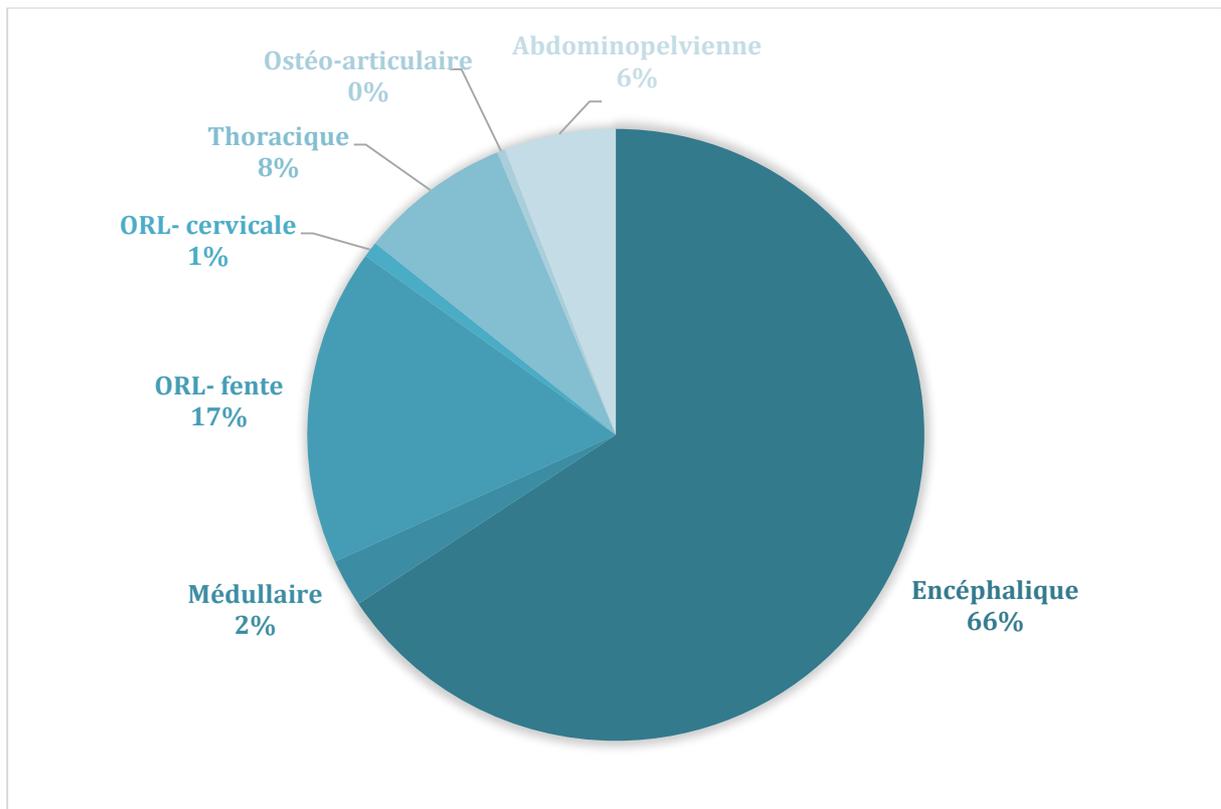


Figure 4 : Répartition des régions explorées en IRM fœtale.

3 Apport de l'IRM fœtale

Le diagnostic échographique suite à l'IRM fœtale était :

- Inchangé pour 60 patientes (25,1%),
- Complété sans implication pronostique pour 88 patientes (36,8%),
- Complété avec implication pronostique pour 65 patientes (27,2%)
- Réorienté pour 26 patientes (10,9%).

L'IRM a donc modifié la prise en charge globale chez 91 (38,1%) patientes.

		N (/239)	Apport de l'IRM en complément de l'échographie			
			Inchangé	Complémentaire sans implication pronostique	Complémentaire avec implication pronostique	Réorienté
SYSTEME NERVEUX CENTRAL	Ventriculomégalie	36	0	21	13	2
	Ligne médiane	35	5	7	15	8
	Dépistage (sans motif échographique)	24	22	0	2	0
	Biométrique	16	0	7	2	7
	Fosse postérieure	19	4	0	9	6
	Supra-tentoriel kystes	16	2	13	1	0
	Supra-tentoriel anomalie de giration	3	1	0	1	1
	Vasculaire	2	0	1	1	0
	Polymalformatif (dont Binder)	4 (2)	0	1	3	0
	Anomalie optique	2	0	1	1	0
	Moelle	6	0	2	4	0
ORL	Fentes	40	22	18	0	0
	Masse	2	0	1	1	0
THORAX	Hernie diaphragmatique	9	0	3	5	1
	Malformation broncho-pulmonaire	10	4	5	0	1
ABDOMINO-PELVIEN	Masse	8	0	2	6	0
	Uropathie	4	0	3	1	0
	Anses	1	0	1	0	0
	Calcifications hépatiques	1	0	1	0	0

OSTEO-ARTICULAIRE	Malformation	1	0	1	0	0
--------------------------	---------------------	---	---	---	---	---

Tableau 5 : Apport de l'IRM fœtale en fonction des indications.

Les contextes où l'IRM a eu le plus d'impact pronostique péjoratif étaient :

- à l'étage encéphalique, la ventriculomégalie (13/36, soit 36,1%) – où une anomalie était retrouvée dans 50% des formes sévères et dans 1/3 des formes légères à modérées- ; et les anomalies de la fosse postérieure (9/19, soit 47,4%),
- à l'étage thoracique, la hernie diaphragmatique (5/9, soit 55,6%),
- et à l'étage abdominal, la caractérisation d'un syndrome de masse (6/8 soit 75,0%).

En revanche, pour la sphère ORL, l'information diagnostique complémentaire apportée par l'IRM n'était pas pertinente d'un point de vue pronostique et vis-à-vis de la suite de la prise en charge de la grossesse.

4 Cas particuliers des discordances échographie / IRM

Le tableau de contingence identifiait 29 résultats discordants entre l'échographie et l'IRM sur le critère binaire « normal » ou « pathologique » (Tableau 6).

Tableau 6 : Tableau de contingence évaluant la concordance globale de l'échographie et de l'IRM.

Conclusions de l'examen		Echographie	
		Normale	Pathologique
IRM	Normale	22	27
	Pathologique	2	188

Tableau 7 : Tableau de contingence évaluant la concordance de l'échographie et de l'IRM pour la région encéphalique.

Conclusions de l'examen		Echographie	
		Normale	Pathologique
IRM	Normale	22	25
	Pathologique	1	109

La concordance kappa globale entre l'échographie et l'IRM était calculée à 0,56.

La concordance kappa entre l'échographie et l'IRM au niveau de l'encéphale (seule région avec un effectif suffisant pour être analysée isolément) était de 0,53.

Ceci est en faveur d'une concordance modérée (comprise entre 0,4 et 0,6) entre ces deux techniques d'imagerie diagnostique, tant de façon générale qu'en cas d'analyse restreinte à l'encéphale.

De plus, le test de McNemar retrouvait un $p < 0,001$, ce qui signifie que l'échographie et l'IRM sont deux examens diagnostiques « fonctionnant » de manière significativement différente, sans préjuger de la supériorité de l'un ou l'autre. Autrement dit, les examens jugés « normaux » et « pathologiques » sont répartis de façon significativement différente entre échographie et IRM.

Les anomalies échographiques suspectées chez les 27 patientes ayant finalement une IRM normale étaient :

- 8 anomalies de la ligne médiane,
- 7 microcéphalies,
- 4 anomalies du vermis,
- 2 ventriculomégalies,
- 1 anomalie du rachis (fusion segmentaire thoracique basse),
- 1 kyste de la substance blanche interhémisphérique,
- 1 anomalie optique (anomalie du cristallin isolée),
- 1 *spina bifida*,
- 2 anomalies du parenchyme pulmonaire avec suspicion de MAKP.

5 Autres examens associés :

En complément de l'IRM, 6 patientes sur 239 soit 2,5% ont bénéficié d'une tomodensitométrie fœtale (scanner).

En complément de l'imagerie, 132 (55,2%) ont bénéficié d'une amniocentèse dont 11 (8,3%) identifiaient des anomalies.

6 Cas particuliers des interruptions médicales de grossesse

Quarante (16,7%) patientes ont fait l'objet d'une interruption médicale de grossesse (IMG). L'ensemble de ces patientes avait une IRM pathologique.

Les principales anomalies échographiques ayant conduit à ce parcours vers l'IMG étaient la ventriculomégalie, les anomalies de la ligne médiane et de la fosse postérieure pour l'étage encéphalique, et les hernies diaphragmatiques pour le reste du corps.

Les anomalies IRM majoritairement rencontrées dans cette même circonstance étaient les agénésies du corps calleux, les anomalies de giration (lissencéphalie, retard de giration), les lésions ischémiques et/ou hémorragiques, les hypoplasies cérébelleuses et notamment vermiennes, le spectre du syndrome de Dandy-Walker, et là encore les hernies diaphragmatiques pour le reste du corps.

L'ensemble des lésions ayant abouti à une IMG est répertorié dans les figures 5 et 6.

- Toutes les ventriculomégalies dans la période de notre étude ayant amené à une IMG présentaient des anomalies associées, sauf une seule. Ces dernières étaient une mégagrande citerne, 2 cas d'anomalies de giration avec kystes dans le cadre d'une infection à CMV, des pseudo-kystes sous-épendymaires, une agénésie du corps calleux, une hypotrophie cérébelleuse, 2 séquelles ischémiques, et une hémorragie intraventriculaire. Parmi ces ventriculomégalies, 4 étaient mineures (40,0%), 2 étaient modérées à la limite de la sévérité à 15mm (20,0%) et 4, sévères (40,0%).

Enfin, on peut citer, parmi les diagnostics dont la prise en charge s'est conclue par une IMG : un tératome cervical, un rhombencéphalosynapsis, des calcifications temporales dans

le cadre d'une toxoplasmose, un syndrome CHAOS, un syndrome fémoro-facial, une persistance du vitré primitif, une méningocèle pariéto-occipitale et une diastématomyélie.

- Dans notre série, deux indications d'IMG retenues par notre CPDPN n'ont pas été appliquées, selon le respect du souhait des parents. Il s'agissait d'une dilatation ventriculaire associée à une déformation des pieds pour l'une, et une microcéphalie associée à une MAPK (dans le cadre d'une délétion du gène SHOX prouvée pour l'autre).

Tous les cas de séroconversion infectieuse en cours de grossesse, qui avaient tous des anomalies IRM, ont fait l'objet d'une IMG.

Les quelques grossesses issues de la PMA de notre étude se sont conclues par une IRM normale dans le cadre d'un dépistage, un diagnostic de FLAP, deux IMG pour respectivement des diagnostics de microcéphalie avec oligoamnios et diastématomyélie, de lissencéphalie et de MAPK.

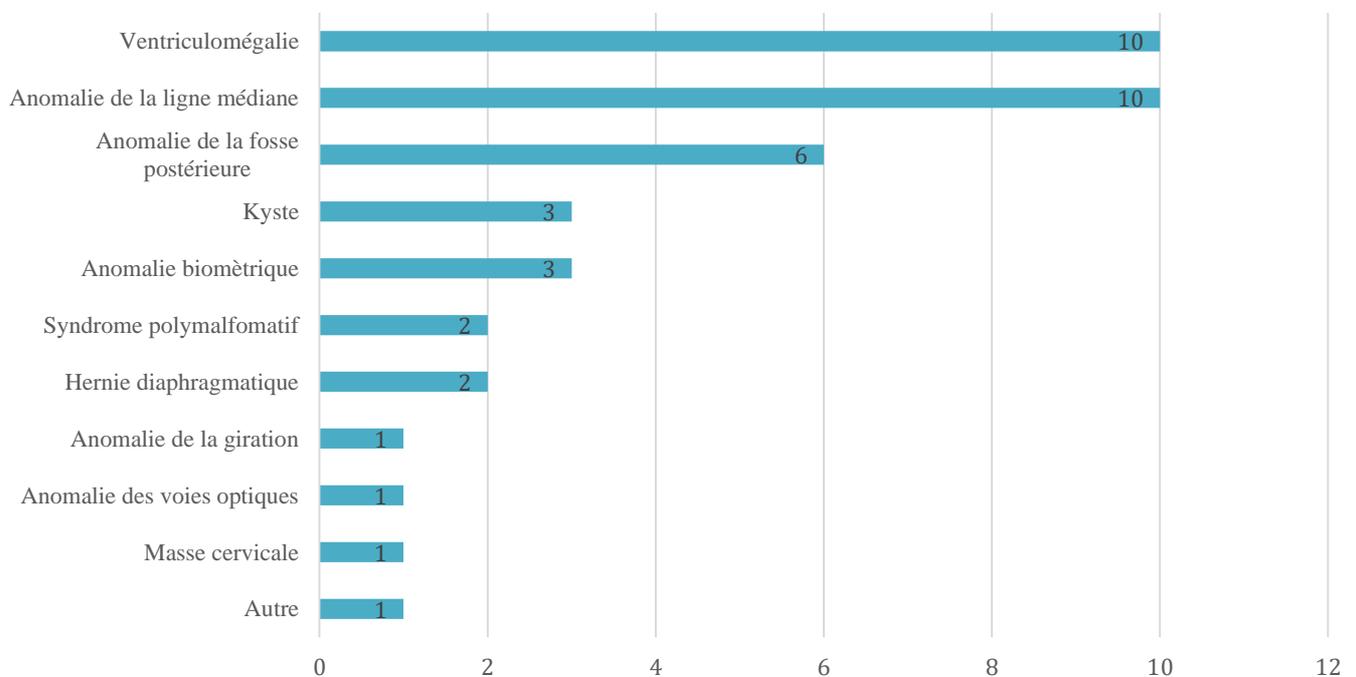


Figure 5 : Répartition des anomalies échographiques impliquées dans les situations d'IMG.

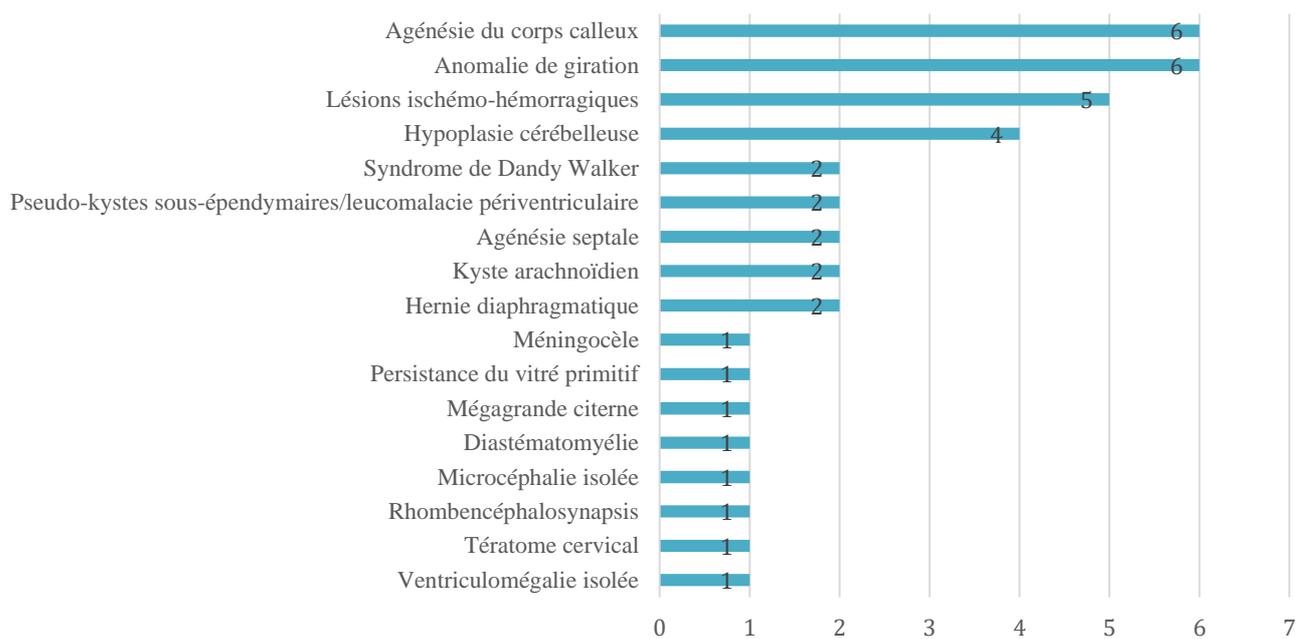


Figure 6 : Répartition des anomalies en IRM impliquées dans les situations d'IMG.

7 Autres issues de grossesse.

Concernant les autres issues de grossesse, 78 (32,6%) se sont conclues par un accouchement dans notre centre, 118 (49,4%) dans un centre extérieur et 3 (1,3%) d'entre elles ont spontanément évolué vers une mort fœtale *in utero*.

Discussion

1 Principaux résultats

Pour rappel, il a été constaté via notre étude que les demandes d'IRM relevaient très majoritairement d'anomalies pointées par l'échographie, et concernaient principalement l'étude de l'encéphale (représentant environ 2/3 des examens) puis celle de la sphère ORL puis du thorax. L'impact pronostique péjoratif y était substantiel dans l'étude des anomalies de fosse postérieure (dans 47,4% des situations), des ventriculomégalies (dans plus d'1/3 des cas) et des anomalies de la ligne médiane (pour 65,7% des cas), et des hernies diaphragmatiques (dans environ 1 cas /2) et des masses (dans 3/4 des cas approximativement).

En l'absence de point d'appel échographique, la région encéphalique était la seule indiquée. Dans ce contexte particulier de dépistage, la quasi-totalité des IRM s'est révélée normale.

Ces deux modes d'imagerie, bien que souvent concordants, présentent un « fonctionnement diagnostique » différent, ce qui abonde en faveur de leur complémentarité.

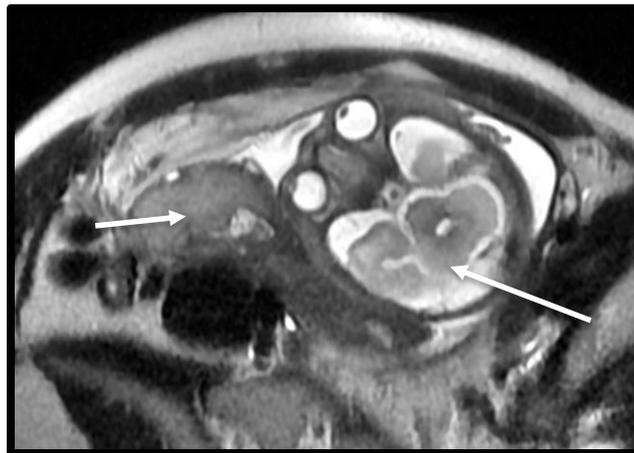


Figure 7 : Coupe axiale SSFSE T2 : grossesse gémellaire : IRM normale du jumeau survivant (flèche longue) dans le cadre du dépistage systématique pour MFIU de l'autre jumeau (flèche courte).

2 Discussion des résultats

Il y a très peu d'études concernant l'utilisation de l'IRM fœtale par les CPDPN. Nos indications sont probablement plus sélectives que dans la littérature car notre centre dispose d'un accès contrôlé à l'IRM fœtale à raison d'une à deux places hebdomadaires. Les 5% de patientes qui se sont vues proposer une IRM fœtale sur l'ensemble de celles dont le dossier a été traité en RCP de DAN sur la période disponible (2019-2022), semblent du même ordre que celle présentée dans le *flow chart* de l'étude de Fievet et al reflétant l'activité du CPDPN de Tours (196/2439 soit 8%).[18]

Les conditions d'accès à l'IRM dans les autres pays n'étant pas règlementées de la même manière, leur comparaison avec notre étude est à pondérer en fonction des indications.[15,16]

En ce sens, contrairement à la France où l'IMG est légalement autorisée jusqu'à la fin de grossesse[19], ce n'est pas le cas de certains états dont la réglementation ne l'autorise que jusqu'à un certain terme, obligeant le corps médical à s'adapter à cette contrainte temporelle supplémentaire, par exemple en réalisant des examens plus précocément que le terme réputé optimal, et réduisant inévitablement les performances diagnostiques de l'IRM.

Pour ce qui est de notre population, elle semble concordante avec celles étudiées dans la littérature, avec un âge moyen de 29 ans, contre par exemple 28,8 ans pour Davutoglu et al[20] et 27,8 ans (+/- 5 ans) pour Bayram et al.[21]

L'âge gestationnel moyen lors de la réalisation des IRM était de 31 SA quand il était de 30 SA+1 jour pour Fievet et al et de 28,1 SA, compris entre 24 et 32SA, pour Ramdass et al,[22] ce minime retard pouvant puiser son explication dans la volonté d'attendre un terme optimal pour majorer les performances diagnostiques de l'IRM, et par la disponibilité limitée des créneaux dédiés à cette pratique ; sans constituer toutefois une erreur car restant bien dans l'intervalle de 26/28-32 SA recommandé.[15,23]

2.1 Exploration de la région encéphalique

La principale région explorée était l'encéphale. De façon comparable à l'étude de Fievet et al, elle représentait 2/3 des indications d'IRM fœtale, avec une proportion globalement similaire pour l'étude des ventriculomégalias, de la ligne médiane, de la fosse postérieure et des microcéphalies.[18] Les indications de nos études étaient conformes aux recommandations de l'ESPRF.

2.1.1 Ventriculomégalias

L'étude des ventriculomégalias apportait une information complémentaire modifiant le pronostic de façon péjorative, par la détection d'une anomalie encéphalique associée, dans 13 cas/36 (36,1%), dans 50,0% des ventriculomégalias sévères et pour 33,3 % des légères à modérées.

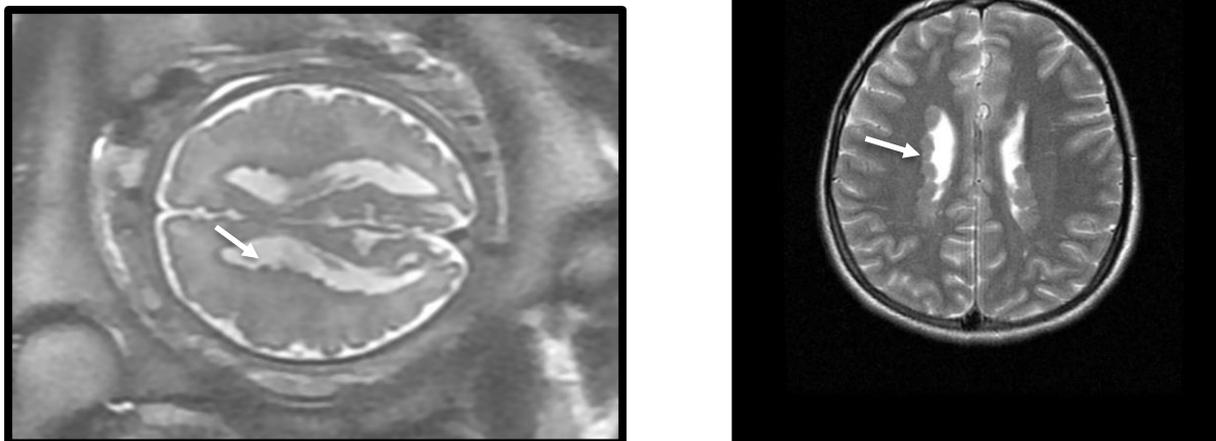


Figure 8 : Coupe axiale SSFSE T2 : Ventriculomégalie associée à un aspect irrégulier des parois ventriculaires bordées de nodules sous-épendymaires en faveur d'une hétérotopie sous-épendymaire de substance grise chez ce fœtus dont l'échographie concluait à une ventriculomégalie à parois « paraissant épaissies » ; Coupe axiale T2 : Aspect similaire chez la mère avec antécédent d'HNSE connu.

L'étude récente de Davutoglu et al retrouvait une anomalie associée pour 6,7% des ventriculomégalias,[20] la cohorte multicentrique du groupe ENSO (Italie, Royaume-Uni et

Espagne) identifiait une anomalie cérébrale associée pour 5,4 % des IRM fœtales retenues pour ventriculomégalies légères à modérées isolées en échographie,[24] quand enfin celle de Mirsky et al exposait 50 à 85% d'anomalies pour les sévères et 4,7% pour les mineures-modérées.[25] En somme, nos résultats concordent avec la littérature pour les formes sévères mais ils sont discordants, car présentant un taux plus élevés d'anomalies associées, pour les mineures à modérées ; ceci pourrait peut-être s'expliquer par une hypersélection en échographie des ventriculomégalies retenues pour le complément IRM, à rattacher potentiellement à deux facteurs : l'importante expérience des échographistes de notre centre, et les contraintes logistiques que pourraient représenter les créneaux limités pour l'IRM fœtale.

15/10/2024 10:55:00L'IRM est sensée classer la ventriculomégalie selon trois profils différents : [25]

- le « profil obstructif » comme dans le cas des malformations (sténoses de l'aqueduc de Sylvius par exemple),
- le « profil clastique infectieux » comme dans le cas du CMV
- et le « profil clastique vasculaire » dans le cas de ventriculomégalies asymétriques où l'IRM permet de mettre en évidence les dépôts anciens d'hémosidérine sur la séquence de susceptibilité.

Le pronostic de la ventriculomégalie dépend de son étiologie et non de l'importance de la dilatation ventriculaire.

Cependant, même en cas de bilan étiologique négatif (absence d'anomalie associée à l'imagerie, caryotype et bilan infectieux négatifs) et d'une ventriculomégalie mineure non évolutive, il reste difficile d'évoquer une variante de la normale, en raison de l'incidence d'un développement neurologique anormal ou retardé chez tout de même 7,9 % de ces nourrissons, selon la méta-analyse de Pagani et al.[26]

De plus, il n'existe pas de méthode prouvée pour prédire un développement neurologique post-natal anormal ou retardé. L'indication de l'IRM fœtale pour une ventriculomégalie supérieure ou égale à 10 mm sur la coupe de référence échographique apparaît donc être une mesure-seuil adaptée, le risque de méconnaître un pronostic grave n'étant pas négligeable, y compris en cas de ventriculomégalies légères ou modérées.

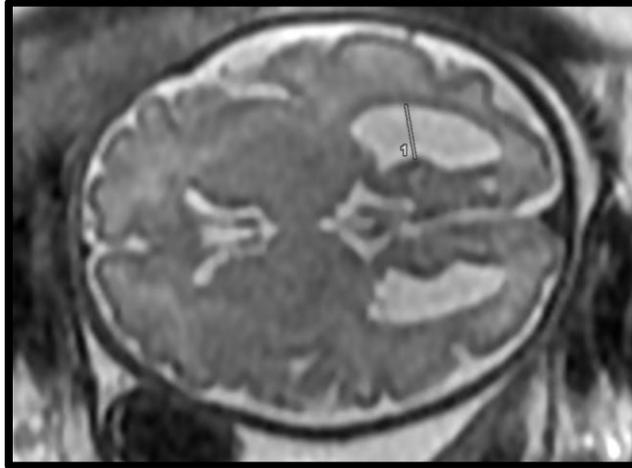


Figure 9 : Séquence axiale T2 : Ventriculomégalie mineure isolée mesurée à 10.8 mm au niveau de l'atrium.

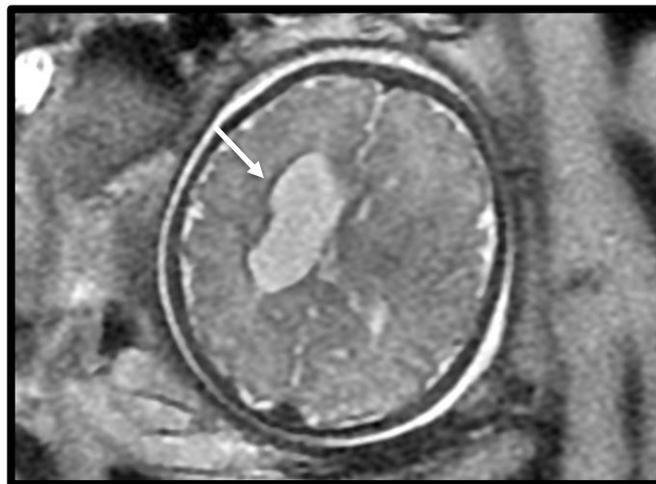


Figure 10 : Coupe axiale SSFSE T2 petit champ : Ventriculomégalie asymétrique unilatérale, en lien avec une cavité porencéphalique d'origine séquellaire ischémique, incorporée au système ventriculaire donnant un aspect focalement « ballonné »(profil clastique vasculaire). Anomalie de giration associée.

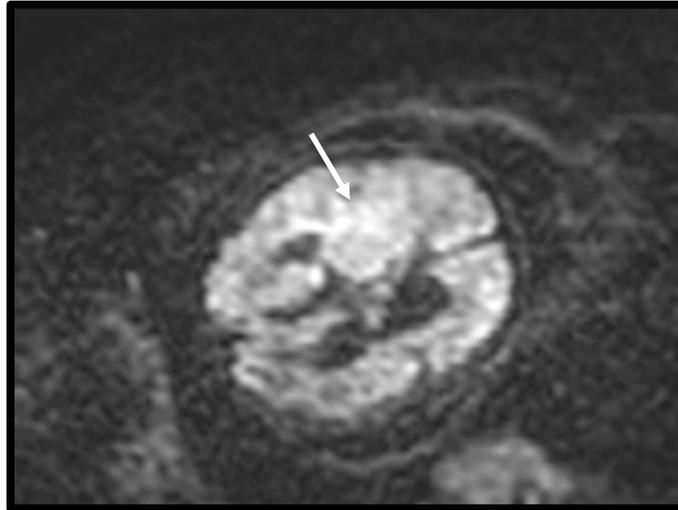


Figure 11 : Coupe axiale diffusion : Ventriculomégalie associée à une plage en hypersignal de la substance blanche en faveur d'une lésion ischémique récente. (profil classique vasculaire).

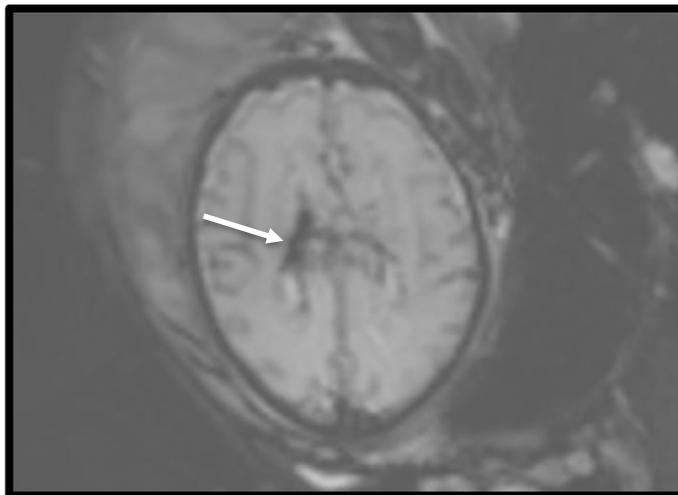


Figure 12 : Coupe axiale T2 (séquence de susceptibilité magnétique) : dépôts d'hémosidérine en hyposignal T2* dans les ventricules en faveur d'une hémorragie intraventriculaire, à l'origine de la ventriculomégalie.*

2.1.2 Anomalies de la ligne médiane

Concernant les anomalies de la ligne médiane, la suspicion d'agénésie complète du corps calleux et un aspect morphologique inhabituel de la cavité septale en échographie étaient les principaux points d'appel ayant nécessité une IRM fœtale complémentaire.

La suspicion d'agénésie complète du corps calleux est une indication reconnue nécessitant la recherche d'autres anomalies encéphaliques aggravant son pronostic. Le risque d'association malformative encéphalique serait dans ce cas de 50 à 80 %.[27] La colpocéphalie

(dilatation ventriculaire prédominant sur les cornes occipitales) fait partie des caractéristiques remnographiques de l'agénésie complète ; il est habituel d'y observer une augmentation de la dilatation ventriculaire jusqu'à 20 mm sans qu'elle ne soit à considérer comme aggravant le pronostic.

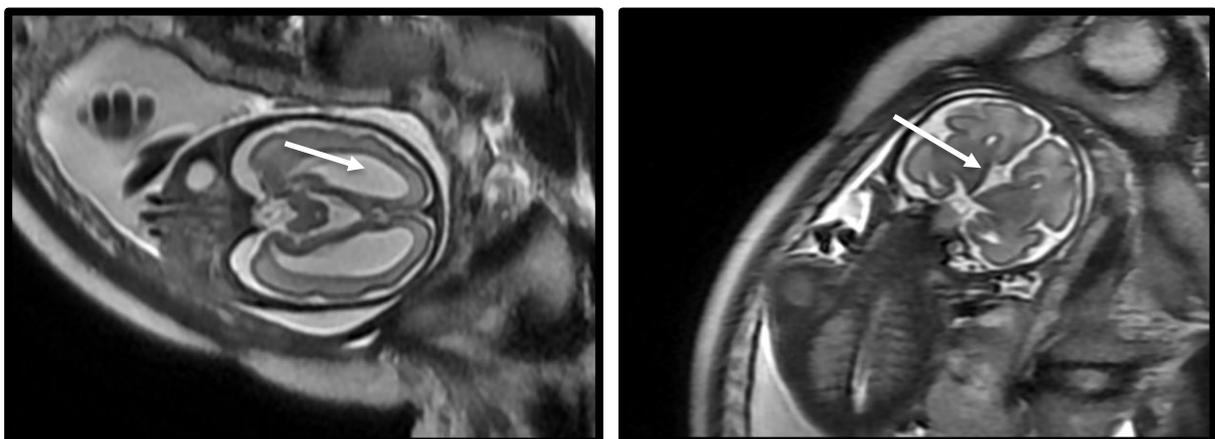
Celui-ci reste néanmoins difficile à estimer, certaines études retrouvant un trouble du neurodéveloppement pour 75 % des patients atteints d'une agénésie complète du corps calleux isolée[21,27], quand d'autres mettraient en évidence un pronostic plus satisfaisant, avec 60% avec développement neurologique normal, avec simplement des difficultés d'adaptation, en cas d'agénésie du corps calleux isolée.[28,29]

De surcroît, l'installation d'une ventriculomégalie sévère et progressive chez un fœtus masculin doit faire redouter un syndrome L1 lié à l'X (associant une agénésie du corps calleux et un syndrome MASA avec retard mental, aphasia, spasticité et adduction des pouces).[30]

Dans notre centre, l'agénésie partielle du corps calleux était rarement étudiée en raison de l'absence de mesure systématique du corps calleux et de signes indirects permettant de l'évoquer en échographie de dépistage.

Dans notre étude, nous avons retrouvé une proportion équivalente de cas où l'IRM apportait une information pertinente sur le plan pronostique (23 cas/35).

La méta-analyse d'Antonio et al reposant sur des études à faibles effectifs démontrait que les agénésies complètes et partielles isolées du corps calleux avaient des évolutions neurodéveloppementales statistiquement similaires.[31]



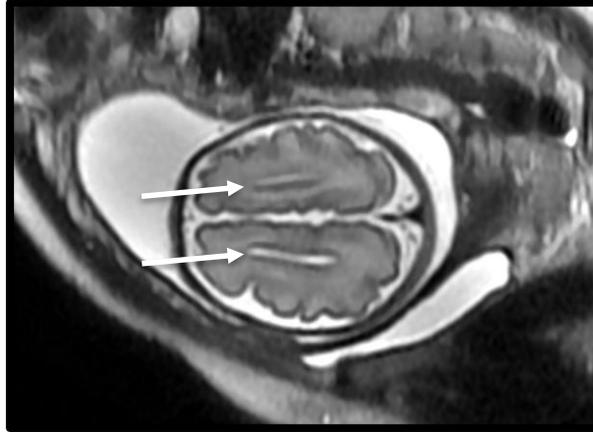


Figure 13 : Coupes axiales SSFSET2 : Colpocéphalie avec dilatation ventriculaire prédominant sur les cornes postérieures et aspect parallèle des ventricules latéraux ; Coupe coronale SSFSE T2 petit champ : aspect dit de « cornes de taureau », l'ensemble étant évocateur du diagnostic d'agénésie complète du corps calleux.

Le second point d'appel principal était des aspects inhabituels du *cavum pellucidum*, décrit comme feuilleté, cloisonné, comblé ou de forme dysharmonieuse, où nos IRM fœtales étaient normales dans l'ensemble de ces situations. Ces aspects sont décrits comme des variantes de la normale dans la littérature.[32]

Néanmoins, l'absence totale d'identification de la cavité septale entre 16 SA et 37 SA peut émaner d'un phénomène clastique ou d'une ventriculomégalie obstructive. Par ailleurs, elle doit amener à rechercher en IRM une agénésie complète du corps calleux, une holoprosencéphalie, une schizencéphalie ainsi qu'une dysplasie septo-optique.[33] Dans ce dernier cas de figure, l'IRM doit s'appliquer à étudier les bulbes olfactifs, l'hypophyse et les nerfs optiques, non accessibles en échographie.

En revanche, y compris en IRM, ces nerfs optiques restent d'étude difficile en raison de leur caractère physiologiquement fin, l'analyse ne se limitant qu'au chiasma et à leur portion pré-chiasmatique, rendant ainsi impossible la constitution d'abaques.



Figure 14 : Coupe axiale SSFSE T2 passant par le chiasma optique.

Dans notre série, nous n'avons pas eu de patientes adressées pour des anomalies de distorsion de la scissure interhémisphérique comme décrite dans la littérature.[34] Ce signe échographique de découverte plus récente doit orienter vers des étiologies similaires à l'agénésie de la cavité septale.[34]

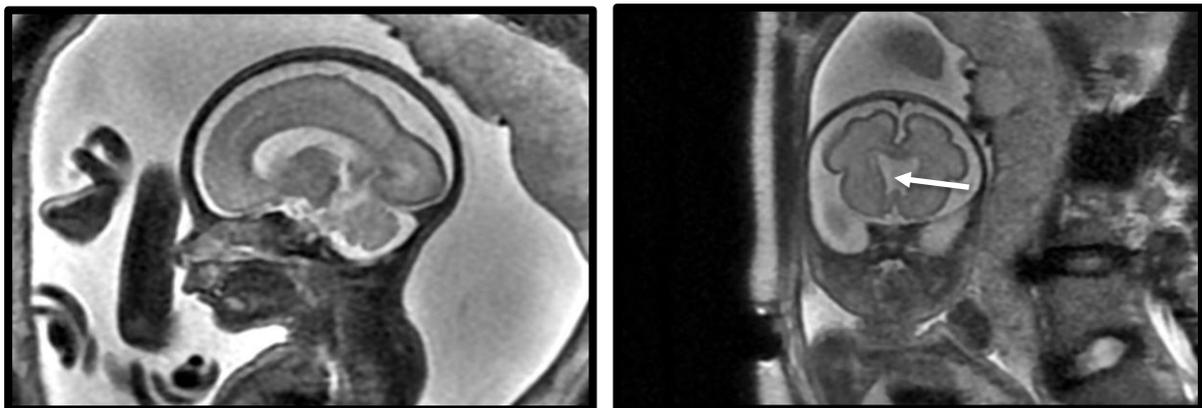


Figure 15 : Coupes sagittale et coronales SSFSE T2 : Ventriculomégalie associée à une non-visualisation du septum pellucidum, en faveur d'une agénésie septale. A noter l'hydramnios associé.

2.1.3 Anomalies biométriques du périmètre crânien

2.1.3.1 Microcéphalie

Concernant les anomalies du périmètre crânien, 13/16 (81,3%) des patientes étaient adressées pour une microcéphalie sévère inférieure au 3^e percentile portant exclusivement sur le pôle céphalique.

Seule une des IRM mettait en évidence un syndrome polymalformatif et l'ensemble des autres une microcéphalie isolée. Ce faible taux de positivité peut s'expliquer par le seuil inférieur au 3^e percentile retenu correspondant approximativement à -1,8 DS en prénatal, alors que les microcéphalies sévères sont définies pour un seuil de - 3 DS en post-natal.[15,35]

Étonnamment, la seule anomalie de giration fut constatée pour l'un des 2 fœtus adressés pour une hypotrophie fœtale globale sans orientation étiologique.

Dans la littérature, la microcéphalie inférieure au 3^e percentile reste décrite comme un point d'appel devant imposer la recherche d'une malformation corticale, qui est rare mais de pronostic sombre.[15]

L'échographie est limitée à l'exploration des sillons internes (cingulaires et péri-calleux), les sillons de la face externe des hémisphères hormis les régions insulaires n'étant pas accessibles en raison de la finesse des espaces péri-cérébraux.

L'IRM est la seule technique permettant d'éliminer une malformation du développement cortical mais elle doit être réalisée idéalement à un terme compris entre 28 SA (phase de développement des sillons primaires) et 32 SA (avant le développement des sillons secondaires, rendant difficile l'exclusion d'une polymicrogyrie).

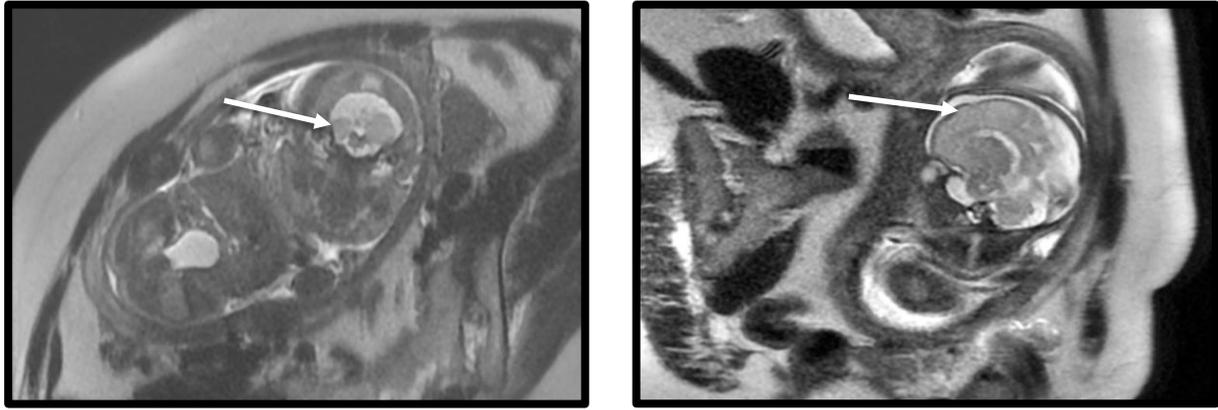


Figure 16 : Séquences SSFSE T2 axiale basse passant par la fosse postérieure et para-sagittale : Hypoplasie vermienne et anomalie de giration à type de lissencéphalie. A noter l'aspect lisse du cerveau qui présente peu de sillons.

L'IRM permettra également d'orienter ces anomalies vers une étiologie vasculaire ou infectieuse.



Figure 17 : Coupe axiale T2 petit champ : Elargissement des espaces péricérébraux liquidiens dans le cadre d'une microcéphalie.

2.1.3.2 Macrocéphalie

Une seule IRM fut réalisée pour une macrocéphalie isolée, supérieure au 97^e percentile.

Il y a peu de références sur la place de l'IRM fœtale dans la macrocéphalie, la liste des étiologies étant limitée à un défaut d'écoulement du LCS (correspondant à un « profil obstructif » de ventriculomégalie), à une tumeur solide ou kystique, à une macrocéphalie

bénigne familiale ou, exceptionnellement, à une malformation du développement cortical à type de méga ou héli-mégalecéphalie. [34]

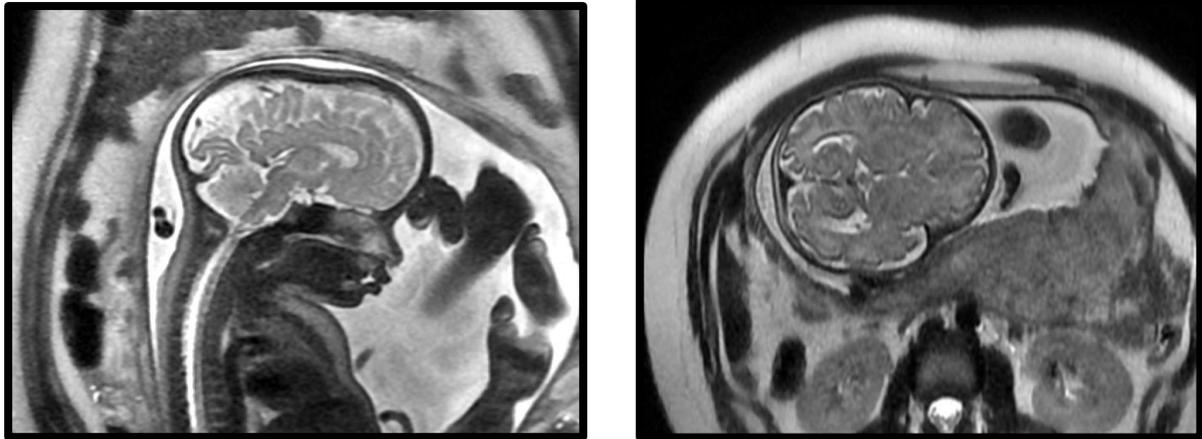


Figure 18 : Coupes SSFSE T2 sagittale et axiale : Macrocéphalie avec aspect de craniosténose.

2.1.4 Anomalies sous-tentorielles

Concernant les anomalies de la fosse postérieure, le principal point d'appel échographique dans notre étude était l'élargissement de la citerne rétro-cérébelleuse pour 10/19 (52,6%) des IRM, avec une proportion équivalente de V4 ouverts et fermés.

Dans le cas des V4 ouverts, notre série retrouvait notamment une hypoplasie du vermis pour 3 IRM et confirmait le phénotype de Dandy-Walker pour 2 autres, sans aucun kyste de la poche de Blake.

En effet, la littérature met en exergue l'apport majeur de l'IRM dans les étiologies à V4 ouvert, par sa capacité à analyser précisément l'aspect du vermis et la trophicité du tronc cérébral qui, en cas d'anomalies, assombrissent le pronostic neurologique.[28,36]

Nos examens avec un V4 fermé, quant à eux, confirmaient les diagnostics de kyste arachnoïdien et de méga-grande citernes.

En cas de V4 fermé et en l'absence de dilatation du système ventriculaire, l'IRM n'apporte pas d'élément complémentaire modifiant le pronostic dans la littérature.[36]

Le second point d'appel était un diamètre transverse du cervelet diminué.

Dans notre étude, l'IRM était souvent normale dans cette indication mais dans les autres cas, elle confirmait bien une hypoplasie hémisphérique et/ou vermienne.

L'IRM permet de différencier les hypoplasies cérébelleuses focales des globales.

En cas d'hypoplasie focale d'origine vasculaire, la perte de la surface d'un hémisphère n'est pas en corrélation avec un mauvais pronostic alors que l'atteinte du vermis rend le pronostic neurologique incertain.

De plus, dans les hypoplasies globales avec ou sans atteinte du tronc cérébral, le pronostic est défavorable.[13,15,37]

En l'absence d'identification des hémisphères cérébelleux et du vermis en échographie, l'IRM peut être intéressante pour affirmer une agénésie du vermis ou un rhombencéphalosynapsis. [38]

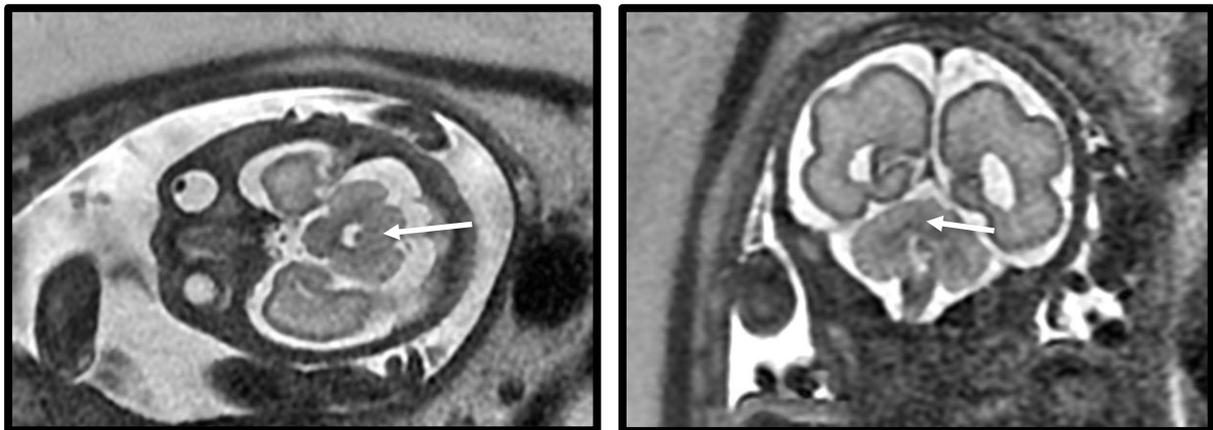


Figure 19 : Coupes axiale et coronale SSFSE T2 petits champs : Aspect fusionné des deux hémisphères cérébelleux, en faveur d'un rhombencéphalosynapsis, diagnostic plus facile à poser en IRM qu'en échographie.

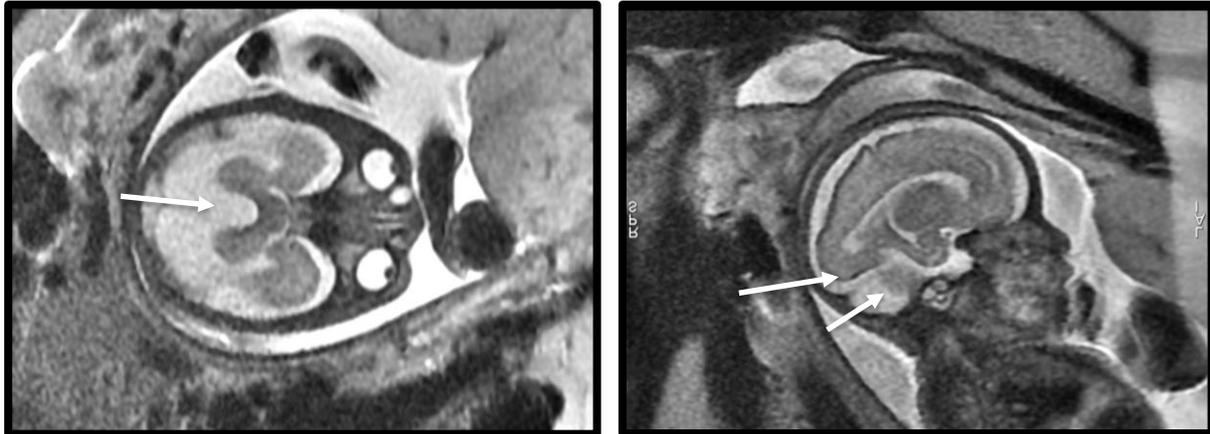


Figure 20 : Coupe axiale T2 petit champ : Ouverture du V4 ; Coupe sagittale : Position haute de la tente du cervelet (flèche longue) et aspect dystrophique du vermis (flèche courte) dans le cadre d'un syndrome de Dandy-Walker :

Comme dans la littérature, il n'y a pas eu d'exploration pour des anomalies de la charnière crânio-rachidienne, notamment pas de malformation de Chiari 2, pour laquelle l'échographie est suffisamment sensible et spécifique.[15,39,40]

2.1.5 Kystes périventriculaires

Concernant l'étude des kystes périventriculaires isolés, notre étude comportait 16/157 (10,2%) demandes d'exploration. Cette indication n'est pas référencée dans les recommandations de l'ESPRF et n'était pas explorée dans l'étude de Fievet et al.

L'IRM permettait d'affiner le diagnostic mais ne modifiait pas la prise en charge. En échographie, il peut être difficile de distinguer des pseudo-kystes sous-épendymaires et des kystes des cornes frontales, à l'inverse des lésions kystiques de leucomalacie périventriculaire dont la localisation et l'extension sont de caractérisation plus simple.

Hors contexte d'infection à CMV, il existe quelques études avec de faibles effectifs en anténatal qui ne retrouvent pas de différence pronostique entre les pseudo-kystes sous-épendymaires et ceux des cornes frontales. Néanmoins, ces lésions restent de signification incertaine lorsqu'elles sont isolées.[41]

Les études réalisées en post-natal sont nombreuses et hétérogènes quant à l'étiologie de ces lésions, certaines considérant les kystes des cornes frontales isolés comme des variantes de

la normale et d'autres comme pathologiques (séquelles de lésions clastiques, notamment chez les prématurés).

La cohorte de Ramenghi et al, comportant 16 enfants atteints de pseudo-kystes sous-épendymaires, a montré un développement neurologique normal de ces enfants avec un recul de 24 mois.[42]

Celle de Larcos et al, comportant 17 cas de kystes des cornes frontales isolés, a montré un développement neurologique normal chez 13 enfants avec 12 mois de recul.[43]

Ces études s'accordent sur le bon pronostic de ces lésions dans les formes totalement isolées.[44-46] Ainsi, l'IRM fœtale sans autre point d'appel ne semble pas être une bonne indication. Pourrait donc se discuter à l'avenir de restreindre l'indication d'IRM fœtale aux cas de kystes périventriculaires associés à une autre anomalie échographique.

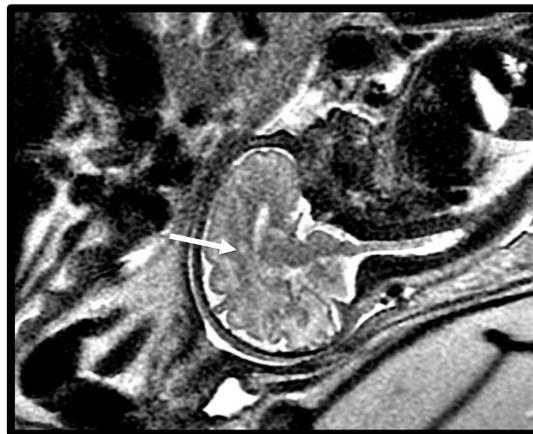


Figure 21 : Coupe sagittale SSFSE T2 : Kystes congénitaux périventriculaires isolés.

2.1.6 Cas des infections materno-fœtales

Notre étude a comporté 3 cas de TORCH, confirmés par amniocentèse, associés à des anomalies encéphaliques en IRM, ayant justifié une IMG. L'IRM permet de compléter l'échographie en recherchant spécifiquement des anomalies de signal de la substance blanche - , des anomalies de la giration corticale sur la séquence SSFSE T2, et des calcifications sur sa séquence T2*. Les autres anomalies telles que les pseudokystes et ventriculomégalies sont quant à elles souvent visibles dès le stade échographique.[47]

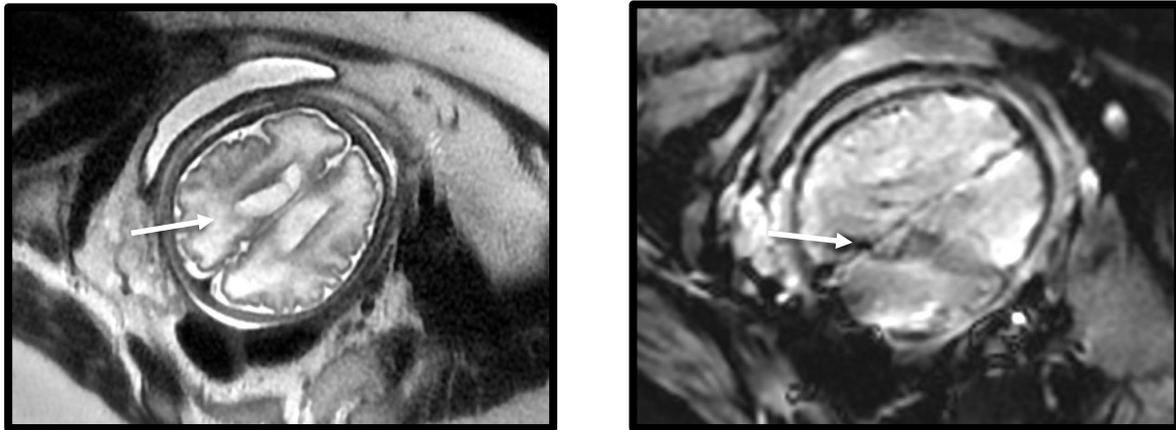


Figure 22 : Coupes axiales SSFSE T2 à gauche et T2 à droite : Ventriculomégalie, plages d'hypersignal T2 étendue de la substance blanche, calcifications linéaires parenchymateuses péri-ventriculaires en hyposignal T2*, dans le cadre d'une infection materno-fœtale à CMV.*

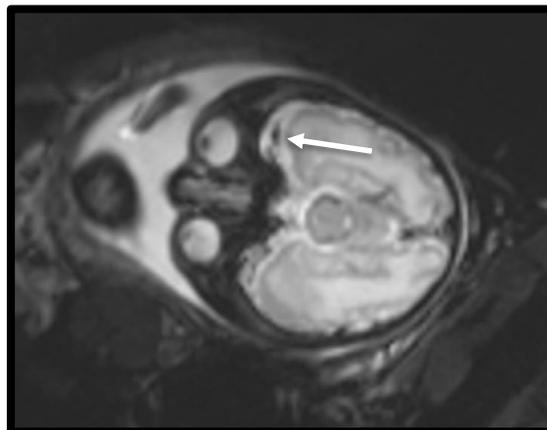


Figure 23 : Coupe axiale T2 : Calcifications frontales bilatérales en hyposignal dans le cadre d'une infection materno-fœtale (toxoplasmose).*

2.2 Exploration de la région ORL

2.2.1 Fentes labio-alvéolaires

La seconde région explorée dans notre étude était la sphère ORL. Cette région n'était pas analysée dans celle de Fievet et al.

Cette constatation est probablement le fait d'un biais de recrutement conséquent d'une étude antérieure de notre centre qui portait sur l'intérêt diagnostique anténatal de l'IRM dans les fentes isolées (non syndromiques).

Les fentes sont des anomalies fréquentes du massif facial avec une prévalence estimée à 1/700 naissances, les deux tiers étant isolées.

L'échographie est suffisante pour l'étude de l'arc alvéolaire, par la réalisation d'une coupe coronale oblique passant par le nez, les lèvres et le menton ainsi que d'une coupe axiale passant par le maxillaire supérieur et la mandibule.[48]

Le seul intérêt de l'IRM fœtale réside dans sa supériorité en termes de sensibilité et spécificité pour l'étude du palais osseux, lui-même difficilement analysable sur la coupe sagittale échographique, et celle de la ligne médiane de l'encéphale pour les formes syndromiques, telle que la maladie des brides amniotiques.[16,49,50] Malgré la meilleure sensibilité pour l'étude du palais osseux, nous n'avons pas démontré d'apport complémentaire pour la prise en charge globale post-natale d'une fente isolée.[51]

Il pourrait donc s'envisager de réduire les IRM faites dans cette indication aux contextes syndromiques et polymalformatifs uniquement.

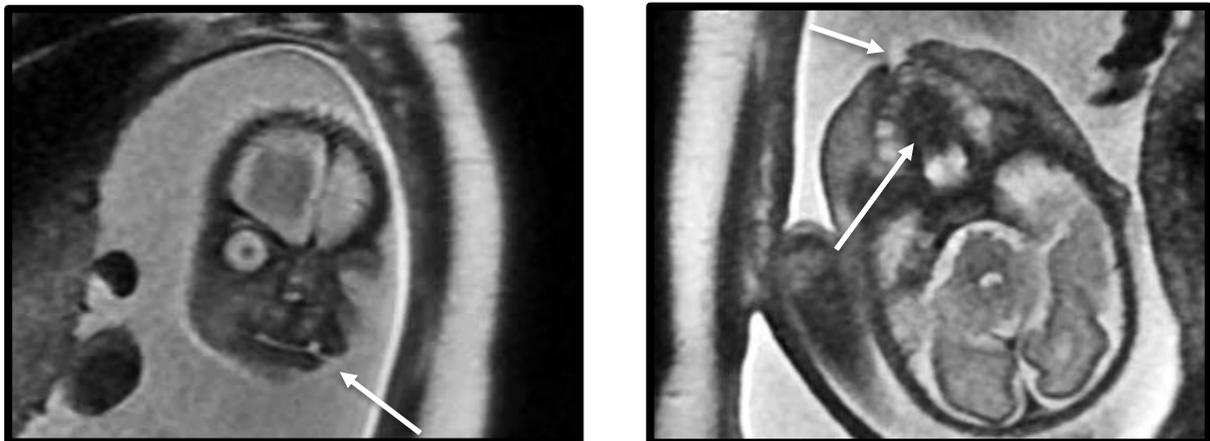


Figure 24 : Coupes coronale et axiale SSFSE T2 : Fente labio-alvéolaire sans atteinte palatine associée, visible sous la forme d'une image de soustraction de signal liquidien, avec solution de continuité de la lèvre, bien vue en axial (flèche courte), tout comme l'intégrité du palais osseux (flèche longue).

2.2.2 Orbite

Seules deux indications pour anomalie des voies optiques avaient motivé une IRM orbitaire couplée à une encéphalique, toutes deux pour suspicion de persistance de l'artère hyaloïdienne et du vitré primitif ; l'une ayant été jugée normale, l'autre ayant confirmé le diagnostic.

L'IRM en complément de l'échographie, visualise avec plus de précision la forme de l'œil (déformation des parois du globe, du cristallin), la taille (microphthalmie), le signal (hypersignal T1 et T2 du résidu fibrovasculaire et du liquide sous-rétinien) et permet une comparaison simultanée des deux yeux.[52]

La littérature stipule aussi que l'IRM est utile pour l'étude des structures oculaires internes ainsi que pour mieux visualiser les colobomes (comme dans le syndrome CHARGE) mais pas pour la cataracte, diagnosticable uniquement en échographie. Les situations où l'œil est le siège de l'extension d'une pathologie encéphalique, constituent là encore des indications d'IRM fœtale (encéphalocèle par exemple). [53,54]

2.2.3 Diverses

Une seule IRM a été réalisée pour bilan d'un phénotype de Binder (dysplasie maxillo-nasale) découvert en échographie, et portait sur les étages encéphalique et médullaire, mais ne concernait pas directement l'analyse des structures de la face qui est réputée limitée dans la littérature.[16] Celle-ci a permis de poser le diagnostic de diastématomyélie.

En outre, aucune n'a exploré d'anomalie de l'oreille externe, ni de masse faciale ou crânienne.

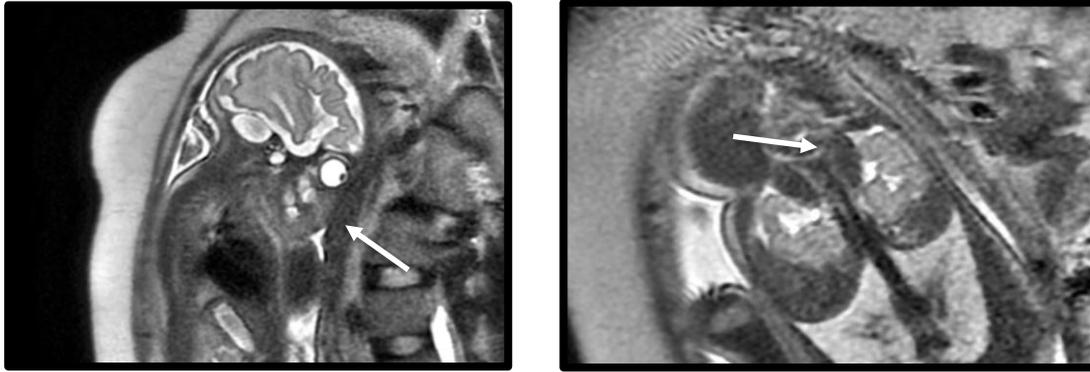


Figure 25 : Coupes sagittale et axiale SSFSE T2 : Syndrome polymalformatif : Phénotype de Binder dépisté en échographie, avec découverte en IRM d'une diastématomyélie. A noter la difficulté à analyser la face en IRM ainsi que l'aspect dédoublé de la moelle épinière.

2.3 Exploration de la région cervicale

Les deux IRM cervicales de notre série avaient pour objectif la caractérisation et l'évaluation de l'extension de masses : l'une étant une suspicion de tératome, l'autre une suspicion de lymphangiome kystique, ce qui est conforme aux recommandations de l'ESPRF, et logique en termes d'épidémiologie.[16] Elle offre une cartographie des rapports avec les voies aériennes et structures locales, bien visualisées grâce au phénomène de déglutition du liquide amniotique en hypersignal T2.[55]



Figure 26 : Coupe coronale SSFSE T2 : Masse kystique cervicale excentrée, correspondant à un lymphangiome kystique, sans effet de masse sur les voies aériennes supérieures.

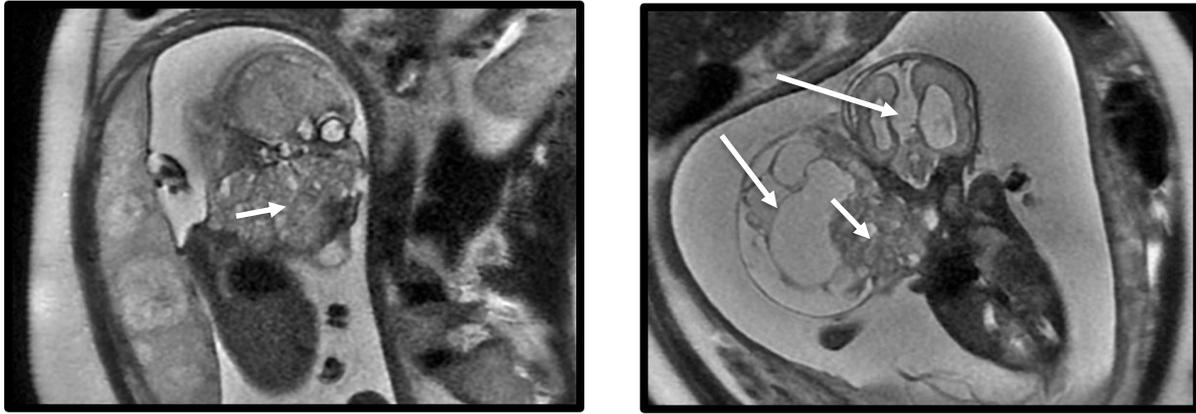


Figure 27 : Coupes sagittale et axiale SSFSE T2 : Volumineuse masse cervicale hétérogène avec contingents solide (flèches courtes) et kystique (flèche moyenne) correspondant à un tératome. A noter l'extension au sein des voies aériennes supérieures et l'agénésie septale associée (flèche longue).

2.4 Exploration de la région thoracique

La 3^e région la plus explorée était le thorax, les deux principales indications étaient l'étude des hernies diaphragmatiques et des malformations broncho-pulmonaires dans des proportions similaires à l'étude de Fievet et al.

2.4.1 Hernies diaphragmatiques

Dans la hernie diaphragmatique postérieure congénitale de Bochdalek, l'IRM a toute sa place car elle apportait une information complémentaire modifiant le pronostic dans 55,6% des cas. On peut souligner également le cas singulier où elle a permis de redresser le diagnostic vers une MAPK hybride.

En effet, elle étudie ici trois éléments clés du pronostic que sont l'hypoplasie pulmonaire, la position du foie dans les hernies diaphragmatiques gauches, et la recherche d'anomalies associées.

L'hypoplasie pulmonaire est le principal critère de mortalité et de morbidité évaluable en anténatal.

En échographie, son évaluation est indirecte par la réalisation d'une mesure du LHR (*lung-to-head ratio*).[56,57] Pour ce faire, l'opérateur mesure les deux grands axes

perpendiculaires du poumon controlatéral à la hernie sur la coupe axiale des quatre cavités cardiaques, et rapporte leur produit (surface) au périmètre crânien.

L'IRM fœtale permet, en plus d'une bonne visualisation du parenchyme hépatique apparaissant en spontanément hypersignal T1, et de la déviation cardiaque, une analyse directe par l'addition des surfaces pulmonaires des deux poumons sur les séquences SSFSE T2.

Ces deux mesures (échographique et IRM) sont variables selon le terme gestationnel, mais leur rapport observé / attendu est en revanche stable, quelque soit le terme de la grossesse.

Un rapport inférieur à 25 % témoigne d'une hypoplasie pulmonaire sévère. La réalisation de la procédure « FETO » (pose du ballonnet intra-trachéal sous fœtoscopie) qui doit être réalisée avant 28 SA, repose sur l'évaluation de l'hypoplasie pulmonaire mais également d'autres critères. Elle permet d'augmenter jusqu'à 40% la survie des fœtus présentant une hypoplasie pulmonaire sévère gauche.[57]

Actuellement, l'accès à cette procédure repose sur l'échographie en raison d'un manque d'accessibilité à l'IRM fœtale avant 28 SA. Au décours de cette procédure, l'IRM a actuellement un second apport thérapeutique pour permettre de dégonfler le ballonnet du *plug* à 1 mois de la pose, avant 35 SA.[58]

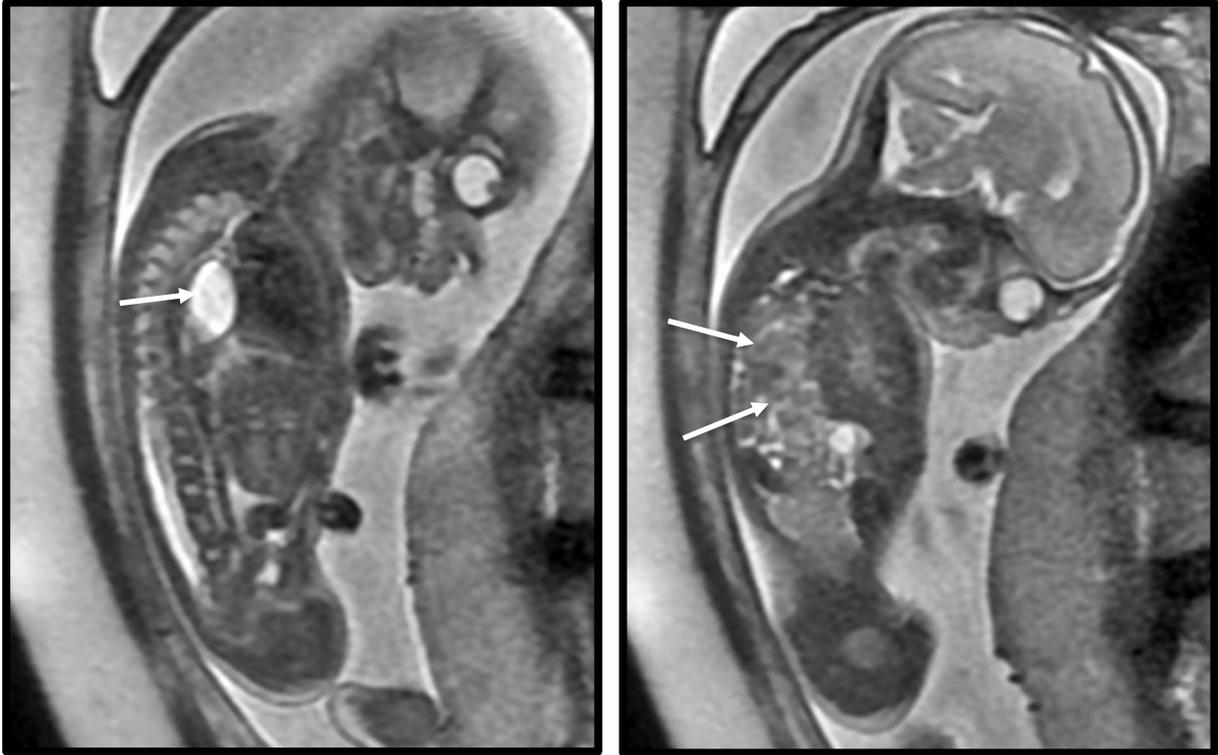
Malheureusement, cette pathologie souffre d'un pronostic qui reste sévère avec 30 à 40% de mortalité du fait d'une hypertension artérielle pulmonaire, qu'il est impossible d'évaluer en imagerie anténatale.[56,59]



Figure 28 : Coupe coronale T1 : A noter l'aspect en hypersignal T1 spontané du parenchyme hépatique (flèche moyenne) ; mais aussi de la thyroïde (flèche courte) et du contenu méconial moulant les anses coliques (flèche longue).



Figure 29 : Coupe coronale SSFSE T2 : Hernie diaphragmatique gauche de bon pronostic, avec un LHR élevé (poumon en hypersignal T2 (flèche longue)) et un foie restant en position intra-abdominale (flèche moyenne). A noter la discontinuité de la ligne en hyposignal T2 correspondant au diaphragme (flèche courte)



Figures 30 : Coupes SSFSE T2 parasagittales gauche et droite, passant respectivement par les structures gastrique d'une part, et digestives et hépatique d'autre part, attestant de leur position intrathoracique et donc du mauvais pronostic de cette hernie diaphragmatique. A noter le faible développement pulmonaire, en hyposignal T2.

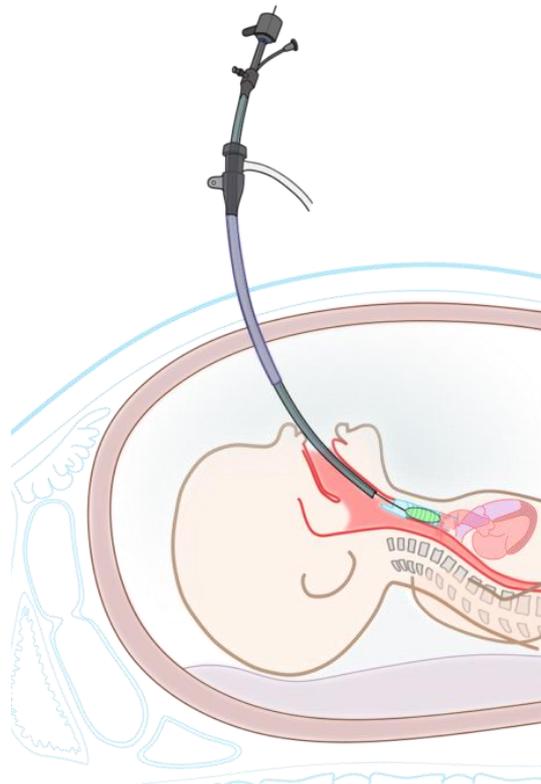


Figure 31 : Schéma illustrant la pose de ballonnet (plug) lors d'une procédure FETO [60]

2.4.2 Malformations broncho-pulmonaires

Dans les malformations broncho-pulmonaires, l'IRM fœtale permet d'obtenir une exploration dans les trois plans de l'espace, associée à une meilleure visualisation de l'axe trachéo-oesophagien et des coupes diaphragmatiques que ne le permet l'échographie.

Toutefois, dans les formes classiques, elle n'apporte pas d'information modifiant la prise en charge, du fait d'une faible spécificité.[28] C'est effectivement ce qui ressort des résultats de notre étude dans ce domaine où soit elle confirmait le diagnostic, soit elle apportait une information complémentaire sans modification du pronostic. La littérature précise que les *congenital pulmonary airway malformations* (CPAM) ou MAKP, ou séquestrations pulmonaires isolées ou formes hybrides (CPAM associée à une séquestration) découvertes au 2^e trimestre, peuvent rester stables ou involuer, sans modifier le pronostic de la grossesse. L'échographie est d'ailleurs performante dans cette gamme nosologique en mettant en évidence les macro-kystes, l'hyperéchogénéité pulmonaire et le vaisseau nourricier (en cas de séquestration), éléments que ne fait que confirmer l'IRM.

Ainsi, la réalisation de l'IRM doit être réservée aux études échographiques limitées par les contraintes morphologiques de la patiente ou les formes complexes. Elle peut permettre de préciser un obstacle sur la filière laryngo-trachéale pouvant bénéficier d'une procédure EXIT ou la caractérisation de malformations associées évocatrices d'un syndrome de CHAOS, avec hyperinflation pulmonaire, motivant une IMG.[61]

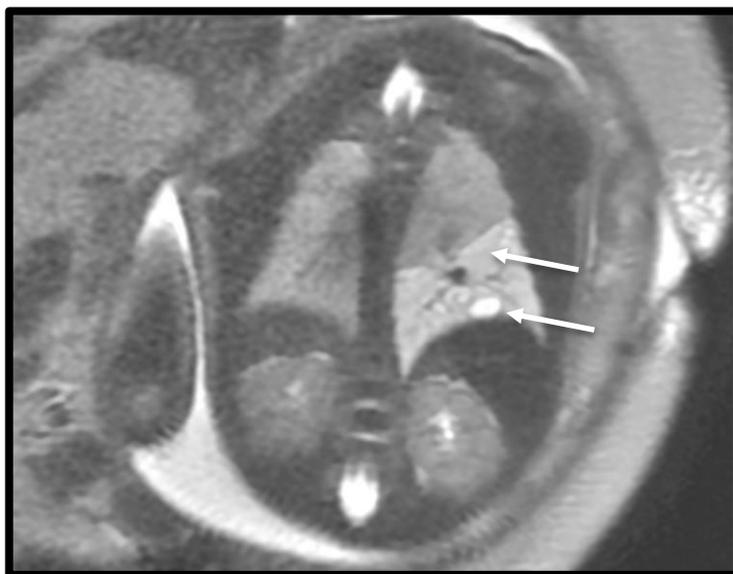


Figure 32 : Coupe coronale T2 grand champ : Hypersignal T2 du lobe pathologique en comparaison au parenchyme sain, avec une image kystique en son sein, dans le cadre d'une MAKP.

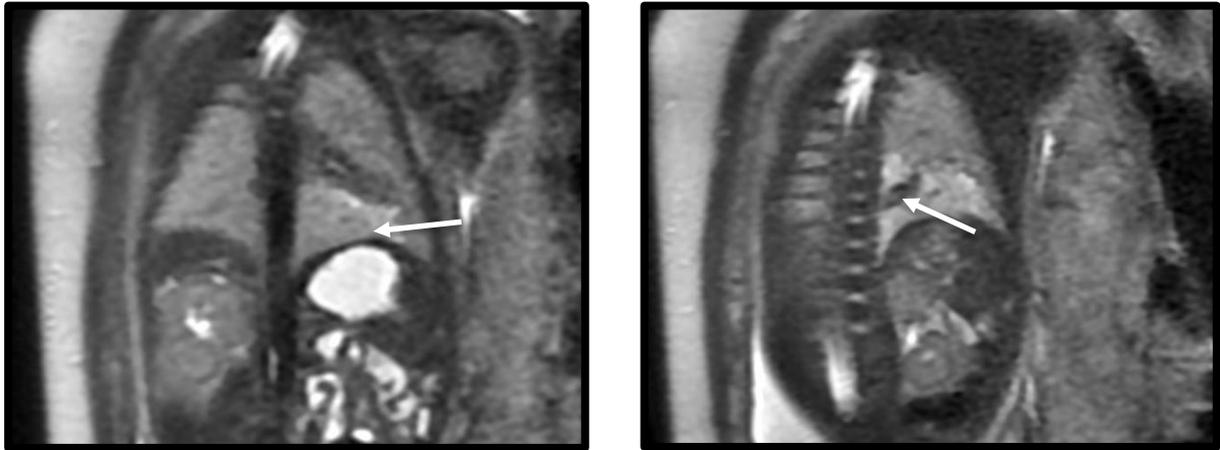


Figure 33 : Coupes coronales SSFSE T2 : Lésion mixte MAKP-séquestration (à noter le gros vaisseau nourricier sur l'image de droite).

Elle permet enfin l'analyse de masses pulmonaires,[62] comme ce fut le cas dans notre série en permettant de poser le diagnostic de kyste bronchogénique devant une masse rétrocardiaque.

2.4.3 Atrésie de l'oesophage

Les recommandations de l'ESPRF précisent que, dans de rares situations, des IRM peuvent être réalisées sur points d'appel associant un hydramnios et un estomac non vu en échographie, ceci pouvant orienter vers une atrésie de l'oesophage.[16,63] La combinaison de ces deux signes présente une valeur prédictive faible, entre 40 et 56%, avec de nombreux faux positifs.[64]

En IRM, le diagnostic repose sur deux principaux signes, avec tout d'abord l'absence de visualisation de l'oesophage intrathoracique ; mais l'étude de Levine et al retrouvait que l'oesophage n'était pas suivi dans 64 % des IRM réalisées dans sa cohorte de 85 patientes imagées pour des anomalies thoraciques autres.

Le second signe est la dilatation du cul-de-sac œsophagien supérieur appelé « *pouch sign* » qui présente une sensibilité (Se) de 82%, spécificité (Sp) de 100%, valeur prédictive

positive (VPP) de 100% et valeur prédictive négative (VPN) de 80%, selon l'étude de Hochart et al portant sur un faible effectif de 19 patientes [65].

L'IRM peut enfin rechercher des signes en faveur d'une malformation ano-rectale dans le cadre d'un syndrome VACTERL.[28]

Notre étude ne comprenait pas d'exploration d'atrésie de l'œsophage sur cette période, mais cette indication semblerait donc intéressante à envisager dans notre pratique.

2.5 Exploration de la région abdomino-pelvienne

En échographie de dépistage, l'exploration de l'abdomen est limitée à l'étude de l'estomac, des reins, de la vessie et de l'échogénicité des anses intestinales. Le foie, la vésicule biliaire, le pancréas et la rate ne font pas partie des organes à explorer dans la liste des vérifications systématiques au cours du dépistage.

2.5.1 Anomalies urologiques

L'excellente résolution spatiale de l'échographie est suffisante pour l'exploration des voies urinaires.

Un des intérêts de l'IRM se situe en revanche dans les rares cas de malformations complexes notamment dans les suspicions de cloaque, où elle permet de localiser le rectum sur la séquence T1, sans pour autant permettre d'éliminer un sinus urogénital (mauvaise résolution spatiale pour les structures très fines).[66,67]

Notre série ne comportait que peu de cas d'explorations des voies urinaires pour analyse d'anomalies complexes ou avec une incertitude diagnostique, mais l'IRM a permis d'y affiner le diagnostic, ce qui abonde dans le sens de la littérature.

L'IRM peut également confirmer l'absence de vessie orientant ainsi vers une exstrophie vésicale au pronostic sombre. L'étude de Cassart et al, reposant sur une petite cohorte, démontrait un intérêt de l'IRM fœtale au 3^e trimestre pour préciser les malformations bilatérales des voies urinaires afin d'établir un diagnostic plus précis, pouvant influencer sur la décision de poursuite de la grossesse [68].

Ces résultats ont été complétés par la cohorte de Barseghyan et al qui confirmait l'impact substantiel de l'IRM au cas par cas.[69]

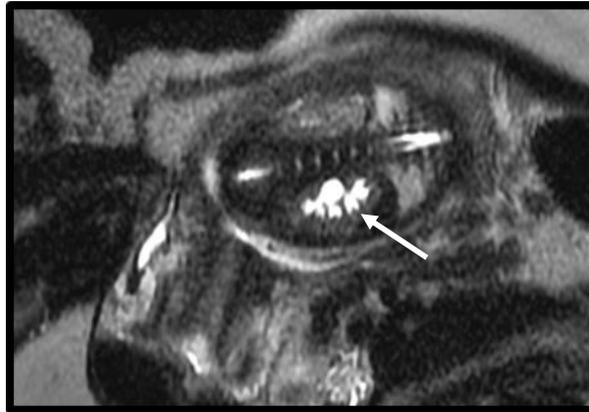


Figure 34 : Coupe coronale SSFSE T2 : Suspicion échographique de kyste rénal, dont l'hypothèse a été modifiée par l'IRM au profit d'un syndrome de jonction pyélo-calicielle.

2.5.2 Masses abdomino-pelviennes

Quant à la caractérisation de masse pelvienne, l'IRM peut être utile, comme ce fut le cas dans notre étude où elle a permis à 2 reprises de proposer le diagnostic de tératome sacro-coccygien devant un syndrome de masse kystique pelvien en échographie.

Il s'agit de la tumeur anténatale et néonatale la plus fréquente. [70] L'IRM permet de mieux évaluer également l'extension, notamment en cas de tératome endopelvien comme par exemple au sein du canal rachidien (et d'éliminer une méningocèle antérieure).

Les deux autres tumeurs fréquemment rencontrées sont le lymphangiome (plutôt kystique) et le neuroblastome (plutôt solide). En outre, chez le fœtus de sexe féminin, une lésion kystique doit faire évoquer un kyste de l'ovaire, qu'elle soit pelvienne ou abdominale. Enfin, en cas de masse supra-rénale, s'ouvre une gamme diagnostique variée (neuroblastomes, séquestrations pulmonaires extra-lobaires, duplications digestives ou bronchiques, ou pseudo-tumeurs comme les hématomes surrénaliens).[71]

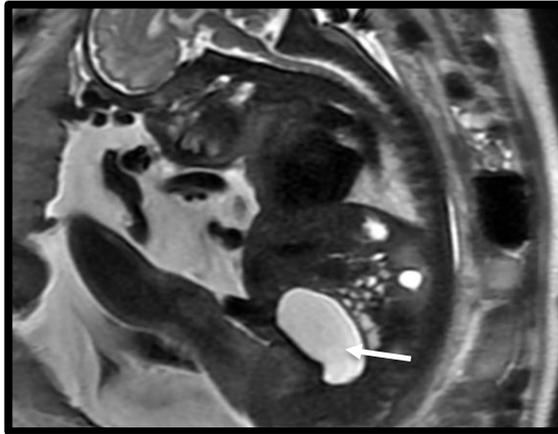


Figure 35 : Séquence sagittale SSFSE T2 : Masse kystique pelvienne chez un fœtus de sexe féminin, faisant évoquer un kyste de l'ovaire.



Figure 36 : Coupe coronale SSFSE T2 grand champ : Volumineuse masse exopelvienne pseudo-tissulaire multikystique, en faveur d'un tératome sacro-coccygien.

2.5.3 Dilatation des anses

Une seule IRM a été proposée par le DAN dans notre étude suite à une suspicion échographique de dilatation des anses digestives, ce que celle-ci a d'ailleurs confirmé, sans mettre en évidence d'obstacle, notamment tumoral.

De fait, l'IRM, de part le contenu méconial et donc riche en protéines du colon, permet d'identifier le type d'anses atteintes par une éventuelle distension – les anses grêliques n'étant quant à elle pas en hypersignal – et, le cas échéant, de localiser le siège d'une occlusion. A

l'inverse de la dilatation, elle peut mettre en évidence un côlon de petite taille comme dans un syndrome mégavessie-microcôlon voire une agénésie d'une portion du tube digestif fœtal. [28,72]

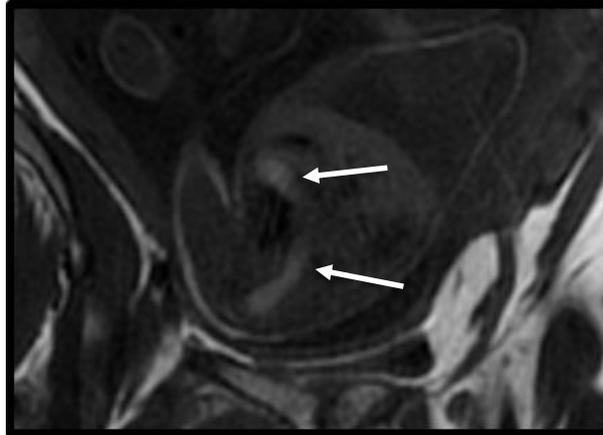


Figure 37 : Coupe parasagittale T1 confirmant la dilatation digestive portant sur les anses coliques, qui restent en position modale, sans obstacle d'aval pelvien visualisable.

2.5.4 Autres

Il n'y a pas eu d'IRM réalisée dans notre centre pour défauts pariétaux abdominaux (omphalocèle, laparoschisis) sur la période étudiée.

2.6 Etude médullaire

L'étude de la moelle épinière est peu représentée dans notre étude (6 IRM médullaires sur les 239 réalisées, soit 2,5%). Mais ce taux paraît cohérent avec l'étude de Fievet et al qui n'en relevait elle-aussi que 2/196 soit 1,0% ainsi qu'avec la littérature qui ne reconnaît classiquement pas d'indication médullaire à l'IRM fœtale, en dehors des cas où l'échographie - sensée être performante, surtout en cas de position superficielle du dos fœtal – souffre au contraire de conditions suboptimales.[15]

En effet, la petite taille de la structure médullaire peut-être difficilement visualisable en IRM. Quoiqu'il en soit, ces deux modes d'imagerie peuvent offrir une étude dynamique des mouvements des membres inférieurs (séquences de ciné-IRM) et mettre en évidence une moelle attachée basse, un lipome du *filum* terminal, une méningocèle, une diastématomyélie voire une infiltration médullaire d'une tumeur.

La littérature met en avant l'intérêt de l'IRM dans les dysraphismes fermés, et ce en association à la tomodensitométrie fœtale.[28,73] et surtout son utilisation encéphalique systématiquement couplée à toute IRM médullaire pour la recherche de lésions associées.

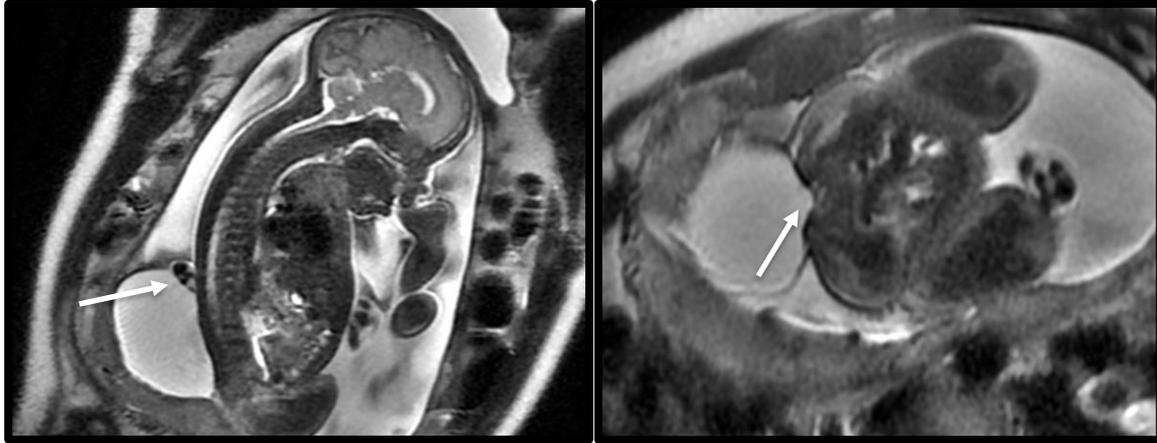


Figure 38 : Coupes sagittale et axiale SSFSE T2 : image ronde kystique liquidienne rattachée à la partie postérieure du canal rachidien lombaire, en faveur d'une myéloméningocèle.

2.7 Autres régions explorables en IRM fœtale

Comme dans l'étude de Fievet et al, très peu d'IRM ont été réalisées pour d'autres indications : il n'y a eu qu'une seule IRM fœtale hépato-biliaire, une seule IRM ostéo-articulaire, deux IRM pour exploration vasculaire et aucune IRM cardiaque.

2.7.1 Exploration hépato-biliaire

Notre étude comportait un seul bilan d'extension de calcifications hépatiques pour lequel une origine tumorale avait été évoquée en échographie.

En dehors de la caractérisation de masses, l'ESPRF rappelle l'importance de l'étude de la plaque hilare hépatique et de la vésicule biliaire, qui ne font pas partie de la liste de vérifications des échographies de dépistage, ce qui peut expliquer le peu d'IRM réalisée dans ce contexte, qui est déjà épidémiologiquement rare.[16]

Les principaux points d'appels échographiques pouvant amener à la réalisation d'une IRM sont une anomalie morphologique ou une absence de vésicule biliaire ou encore un kyste de la plaque hilare.

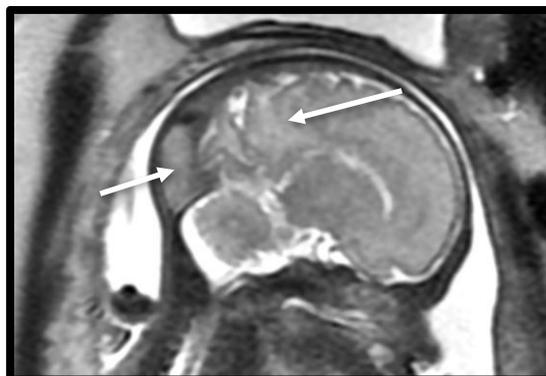
En cas d'étude limitée de l'échographie, l'IRM pourra orienter le diagnostic vers une atresie des voies biliaires, un kyste hépatique simple ou un kyste de la voie biliaire principale.[74]

2.7.2 Exploration ostéo-articulaire

Notre seul cas d'IRM ostéo-articulaire a confirmé, en association avec le scanner fœtal, la constatation d'hypoplasie fémorale. Cette imagerie émergente semble offrir une information sur les plans morphologique (y compris des extrémités, notamment via les reconstructions tridimensionnelles), et de la maturation osseuse (par l'EPI et le T2), amenant à des gammes diagnostiques telles que des syndromes génétiques, ou une maladie des brides amniotiques.[75]

2.7.3 Exploration vasculaire

Nos deux cas d'IRM fœtale dans ce domaine concernaient un dépistage systématique d'une malformation artériovoineuse au niveau de l'ampoule de Galien (devant un antécédent dans la fratrie) qui n'avait pas décelé d'anomalie, et une thrombose du torcular suspectée devant la présence de lésions cérébrales hyperéchogènes sans flux Doppler.



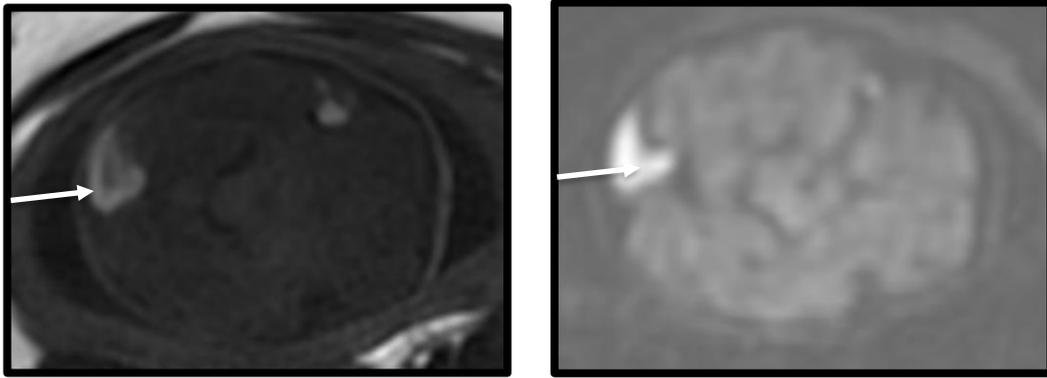


Figure 39 : Coupes sagittale SSFSE T2, et axiales T1 et diffusion : Aspect en hypersignal sur toutes les séquences du torcular en faveur d'une thrombose récente (flèches courtes). A noter la plage d'hypersignal T2 du parenchyme cérébral pouvant correspondre à une zone de souffrance (flèche longue).

2.7.4 Exploration cardiaque

Quant à l'IRM fœtale cardiaque, il s'agit d'une technique de développement récent, nécessitant une expertise très spécialisée, ce qui justifie qu'elle ne soit pas réalisée dans notre centre pour le moment.

Elle est néanmoins prometteuse grâce aux séquences ciné s'affranchissant partiellement des artefacts de battements cardiaques et au SSFSE T2 offrant une visualisation satisfaisante de la cartographie des gros vaisseaux médiastinaux,[76] ainsi que par le développement de séquences offrant une mesure quantitative du flux sanguin et de la saturation en oxygène.[77]

L'échographie cardiaque fœtale étant performante pour la visualisation des tumeurs intra-cardiaques, spécialement les rhabdomyomes ; l'IRM a pour objectif dans ce cas précis la recherche d'autres lésions évocatrices de sclérose tubéreuse de Bourneville par l'exploration extra-cardiaque et notamment de lésions encéphaliques (tubers).[16]

3 Forces et faiblesses

3.1 Forces

La principale force de notre étude est son analyse exhaustive de l'activité d'un CPDPN (le seul de la région Picardie) sur une longue période (7 ans), avec un effectif important (239 patientes) et portant aussi bien sur l'étage encéphalique que sur l'ensemble des autres régions explorables en IRM fœtale, ce qui n'a que peu de points de comparaison dans la littérature. On peut citer à ce titre en plus de l'étude de Fievet et al qui comportait 196 patientes, celle de Daire et al en Afrique du Sud qui en comptait 70.[78]

Le caractère monocentrique de notre étude ne constitue pas ici un biais de sélection car cette étude a vocation à refléter et analyser la pratique d'IRM fœtale propre à notre centre. Ceci nous permet donc aussi de nous confronter aux recommandations récentes de l'ESPRF toute région explorée confondue.

Le fait que notre étude expose un état des lieux représentatif de notre pratique devrait pouvoir offrir un point de comparaison pour d'autres CHU réalisant ce type d'imagerie, comme le faisait déjà l'étude de Fievet et al.

Cette comparaison entre CPDPN présente un intérêt d'autant plus important que les indications d'imagerie et propositions thérapeutiques peuvent légèrement varier d'un CPDPN à l'autre, la collégialité n'empêchant pas toute subjectivité. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les patients bénéficient du droit de s'enquérir d'un second conseil parental et d'un autre avis auprès d'un autre CPDPN que celui auquel ils sont géographiquement rattachés.

En outre, d'après le Code de la Santé Publique, et le Code de Déontologie édité par le Conseil de l'Ordre des Médecins, tout médecin a le devoir, en parallèle de son développement professionnel continu, de s'auto-évaluer pour s'assurer de la conformité de sa pratique à l'évolution des données de la science (en se comparant aux dernières recommandations ainsi qu'aux consensus d'experts et à la pratique de ses pairs).[79][80]

Cette étude descriptive nous offre ainsi une rétrospection, d'autant plus justifiée qu'elle s'intègre dans un domaine médical très spécifique, exercé par relativement peu de médecins en France, comportant intrinsèquement une considération éthique et sociale majeure à travers le

devoir d'un conseil parental optimisé aboutissant potentiellement à de lourdes décisions, telle qu'une IMG.

Et bien qu'elle ne réponde pas *stricto sensu* à la définition d'une EPP selon l'HAS sensée comporter un audit puis une intervention offrant une comparaison pré et post-intervention sur des critères identiques, elle présente le mérite de décrire de façon représentative l'utilisation de l'IRM fœtale dans notre CHU.

Par ailleurs, malgré le fait que notre étude couvre une relativement longue période de 7 ans, sa durée reste suffisamment faible pour ne pas souffrir d'un potentiel biais impactant les performances de l'échographie et de l'IRM qu'aurait pu générer l'évolution technologique (pas de changement de machine au cours de l'étude).

Enfin, une des particularités de notre centre consiste en l'attribution de la réalisation des échographies anténatales aux gynécologues-obstétriciens, l'IRM étant quant à elle du ressort des radiologues pédiatriques. Cette configuration présente l'avantage d'offrir une cumulation de l'expertise, de favoriser les échanges entre praticiens, en s'inscrivant dans la logique de concertation du CPDPN.

3.2 Faiblesses

Néanmoins, notre analyse est à pondérer par son caractère rétrospectif (restreignant le recueil des données à celles inscrites dans les dossiers médicaux), et par l'absence de relecture des imageries.

De plus, la classification des apports de l'IRM, qui visait à remplir notre objectif secondaire, présentait intrinsèquement une part de subjectivité, que nous avons tenté d'atténuer par une lecture critique individualisée adaptée à chaque cas. A titre d'exemple, une suspicion d'agénésie du corps calleux, décrite comme un « doute » en échographie et confirmée par la suite en IRM, mais sans découverte de nouvelles anomalies associées, aurait pu faire classer ce cas en « inchangé », mais ceci aurait été nier l'apport indirect de l'IRM de par sa capacité à augmenter la probabilité diagnostique, notion essentielle dans la réflexion médicale et éthique qui entoure le conseil parental. Ainsi, notre partie pris a été de les classer plutôt en « information complémentaire modifiant le pronostic » comme lors de toute autre confirmation d'un diagnostic grave. Ce mode de classification, basée certes sur une interprétation souple, aura

toutefois permis de dégager une tendance globale quant à l'apport de l'IRM dans chacune des indications.

Une autre faiblesse de notre étude est l'important nombre d'enfants perdus de vue après la naissance sans connaissance de leur devenir, en post-natal ou *post-mortem*, information qui aurait constitué une référence fiable (un *gold standard*). Cette limite est fréquemment décrite dans la littérature.

Ainsi, nous ne pouvons licitement affirmer la supériorité de l'IRM par rapport à l'échographie car ce *gold standard* nous aurait été indispensable pour ce type d'étude diagnostique. Nous n'avons donc pu que mettre en évidence un apport d'information diagnostique complémentaire voire une modification complète du diagnostic, avec ou sans modification de la prise en charge, sans pouvoir affirmer que cet apport était plus proche de la vérité, et donc que l'IRM était plus performante.

Toutefois, la littérature plaide en faveur de la plus grande précision diagnostique de l'IRM par rapport à l'échographie dans la plupart des indications, et ce notamment pour l'étude des structures encéphaliques. De plus, cette faiblesse liée à l'absence de *gold standard* d'un point de vue de la rigueur statistique est à relativiser par le fait que certains aspects en imagerie pré-natale soient connus pour être visuellement caractéristiques d'une pathologie (schizencéphalie, rhombencéphalosynapsis par exemple), réduisant ainsi nettement le doute diagnostique du radiologue. L'étude de Izzo et al, ayant démontré une concordance globalement élevée entre conclusions remnographiques anténatales et autopsiques post-IMG, abonde dans ce sens.[81]

Malgré l'important effectif de patientes de notre étude, chacune des indications de l'IRM et chacun des diagnostics posés à l'issue de l'interprétation se sont vus représenter par un relativement faible nombre de patientes, du fait de la diversité des étages explorés et l'hétérogénéité des pathologies rencontrées ; ceci ne permettant qu'une analyse principalement descriptive.

En outre, nous avons cherché à évaluer l'apport que pouvait avoir l'IRM en comparaison à l'échographie. Nos résultats ont possiblement sous-estimé cet apport car les gynécologues du CHU habilités à l'échographie obstétricale ont tous une grande expérience dans cette pratique, rendant la précision diagnostique de l'échographie optimisée, et donc la différence entre ces examens moindre. Or, la littérature confirme bien que l'apport de l'IRM peut être plus limité

en cas d'opérateur échographiste expérimenté et en cas d'échographie de référence, plutôt que de dépistage.[15]

4 Perspectives

4.1 Diversification et amélioration de nos pratiques

L'IRM fœtale est une technique d'imagerie récente qui est encore aujourd'hui en pleine phase d'essor.

Son développement s'illustre par l'apparition dans le domaine de la recherche de nouvelles séquences, telle que la tractographie par imagerie de tenseur de diffusion dans l'étude des dysgénésies du corps calleux, ou encore par son application sur des appareils à plus haut champ magnétique (3 Tesla), pouvant offrir une meilleure résolution spatiale et une réduction de la durée des séquences.

Comme dans de nombreux domaines médicaux et extra-médicaux, l'IRM fœtale est elle-aussi concernée par l'émergence de l'intelligence artificielle, avec pour exemple de bénéfiques, la correction des artéfacts de mouvements, la mesure automatique des biométries, voire l'aide au diagnostic.

Il pourrait être intéressant à l'avenir d'envisager d'apporter ces technologies au CHU d'Amiens.

En outre, l'un des enseignements que l'on pourrait tirer de notre étude, afin de s'affranchir de cet obstacle des nombreux perdus de vue, consisterait en l'intérêt de renforcer le réseau interprofessionnel au sein même de notre CHU et entre CH pour faciliter les transmissions de données de suivi obstétrical, néonatal, pédiatrique et même anatomopathologique et chirurgical.

Ainsi, il serait intéressant à l'échelle des CPDPN de remplir des registres-patients à l'image de ceux existants dans les maladies rares. Ceci présenterait l'intérêt d'une part, d'un point de vue universitaire, de faciliter le recueil de données pour pouvoir engager des études de plus grande ampleur, et d'autre part, dans la pratique quotidienne, de permettre aux radiologues

d'obtenir un retour sur leur hypothèse formulée en prénatal, de s'auto-évaluer puis de tendre à améliorer leur réflexion diagnostique.

D'autre part, il pourrait être pertinent de discuter, en accord avec les autres membres du CPDPN, de réduire les indications d'IRM dans certaines situations semblant peu justifiées telles que les kystes péri-ventriculaires, les aspects inhabituels du *cavum pellucidum*, les fentes labio-alvéolaires hors formes syndromiques, ou encore les anomalies urologiques hors malformations complexes, avec un impact sur les plans logistique, socio-économique et psychologique. [82,83] Le retentissement sur ce dernier plan reste toutefois à nuancer par le résultat de l'étude MERIDIAN qui attestait d'une relativement bonne acceptation de l'IRM fœtale par les patients, du fait d'un besoin croissant d'informations pronostiques pour mieux envisager l'issue de la grossesse. [84]

Toutefois, le contexte particulier du dépistage fait ici exception, le faible taux de positivité des IRM ne devant pas faire remettre en cause son intérêt ni sa justification, puisque une probabilité élevée de normalité fait partie des caractéristiques classiques de tout dépistage.

4.2 En termes de futurs projets de recherche

4.2.1 Etudes plus homogènes

La base de données globale en IRM fœtale qu'a permis de constituer notre étude pourrait servir de recueil à de futurs projets d'étude, idéalement prospectifs multicentriques, plus ciblés sur un étage voire sur une pathologie précise, à condition de l'enrichir avec d'autres cas à l'avenir, afin d'obtenir des effectifs suffisants pour répondre à une question dans un domaine d'étude plus spécifique et homogène. De plus, une corrélation avec les données post-natales ou *post-mortem* apporterait de la robustesse à ces éventuelles études.

4.2.2 Analyse de la durée d'examen

Il aurait été intéressant d'évaluer la durée de nos examens pour envisager une comparaison à la littérature (qui rapporte généralement une durée d'environ 30 min)[13], tout d'abord car cette information est importante en termes de logistique, d'organisation et de planification de la pratique professionnelle au sein du CHU (nos créneaux consacrés à l'IRM

foetale étant encore une fois limités et partagés avec d'autres spécialités), mais aussi car en imagerie foetale, avec la durée d'examen, se majorent le risque d'artéfacts de mouvements, de syndrome cave maternel ainsi que l'énergie transmise à la mère et surtout au fœtus exposé au champ magnétique. S'assurer de respecter une durée raisonnable lors de nos examens apparaît donc essentiel dans notre démarche d'auto-évaluation de nos pratiques.

4.2.3 Etude d'une courbe d'apprentissage

L'IRM foetale reste une spécialité de l'imagerie médicale encore peu connue du corps médical, y compris des radiologues, *a fortiori* des internes de DES de radiologie. Son essor explique que l'imagerie prénatale figure désormais au programme du tronc commun des études de radiologie.

Au contraire de l'échographie, l'IRM n'est pas réputée être un examen « opérateur-dépendant ».

Toutefois, il pourrait être intéressant d'étudier les paramètres d'une potentielle courbe d'apprentissage, afin de tenter de mettre en évidence le potentiel impact de l'expérience dans ce type d'imagerie, puis de déceler les erreurs fréquemment commises par les plus jeunes, pour *in fine* tendre à améliorer la transmission à visée pédagogique.

Conclusion :

Notre étude, à travers la démarche d'établir une base de données et un état des lieux représentatif de la pratique de l'IRM fœtale de notre CPDPN au CHU d'Amiens, a pu illustrer la diversité des indications d'IRM fœtales, sporadiquement dans des contextes de dépistage, ou beaucoup plus souvent en complément des échographies de dépistage puis de référence, en cas d'anomalie décelée ; bien que dominant encore nettement les indications d'exploration encéphalique. La gamme diagnostique proposée sur la période de ce travail en a été d'autant plus variée.

Nous avons démontré que l'IRM réalisée sur des points d'appel échographiques au niveau encéphalique a un impact majeur sur le pronostic de la grossesse, notamment dans l'analyse des ventriculomégalies et des anomalies de la fosse postérieure à V4 ouvert. En revanche, l'exploration des kystes périventriculaires isolés et des aspects inhabituels du *cavum pellucidum* ne semblaient pas constituer des indications pertinentes.

En dehors de l'étude du système nerveux central, l'IRM est intéressante dans l'étude des hernies diaphragmatiques, des anomalies complexes des voies urinaires ou encore dans la caractérisation de masse tumorale.

Nos indications d'IRM anténatales sont en accord avec les dernières recommandations de l'ESPRF. Cependant, certaines indications rares, telles que l'atrésie œsophagienne et l'évaluation du système hépato-biliaire, n'ont pas figuré dans notre étude, bien qu'elles puissent offrir des informations pertinentes.

En somme, par le biais de cette étude, nous avons satisfait au devoir de déontologie médicale d'auto-évaluation, nécessaire pour répondre à l'exigence requise pour un conseil parental de qualité, tout en offrant simultanément pour d'autres CHU, à l'instar du CPDPN de Tours avant nous, un autre point de comparaison de la pratique de l'IRM fœtale.

Liste des tables

Tableau 1 : Synthèse des recommandations d'IRM fœtale dans l'étude du système nerveux central, selon l'ESPRF.	32
Tableau 2 : Synthèse des recommandations d'IRM fœtale dans l'étude du corps fœtal, hors système nerveux central, selon l'ESPRF.	33
Tableau 3 : Principales caractéristiques des séquences IRM.	39
Tableau 4 : Caractéristiques de la population.	42
Tableau 5 : Apport de l'IRM fœtale en fonction des indications.	47
Tableau 6 : Tableau de contingence évaluant la concordance globale de l'échographie et de l'IRM.	48
Tableau 7 : Tableau de contingence évaluant la concordance de l'échographie et de l'IRM pour la région encéphalique.	48

Liste des figures

Figure 1 : Séquence axiale T1 : Exemple d'artéfacts liés aux mouvements fœtaux, auxquels ont pu se surajouter des mouvements maternels.	30
Figure 2 : Séquence de localisation permettant l'obtention de coupes de référence orthogonales (en l'occurrence coronales), quelque soit la position fœtale.....	37
Figure 3 Exemples d'images issues des différentes séquences employées : SSFSE T2 grand champ(a), SSFSE T2 petit champ(b), T1(c), diffusion(d), T2*(e).....	38
Figure 4 : Répartition des régions explorées en IRM fœtale.	45
Figure 5 : Répartition des anomalies échographiques impliquées dans les situations d'IMG. 51	
Figure 6 : Répartition des anomalies en IRM impliquées dans les situations d'IMG.	52
Figure 7 : Coupe axiale SSFSE T2 : grossesse gémellaire : IRM normale du jumeau survivant (flèche longue) dans le cadre du dépistage systématique pour MFIU de l'autre jumeau (flèche courte).	53
Figure 8 : Coupe axiale SSFSE T2 : Ventriculomégalie associée à un aspect irrégulier des parois ventriculaires bordées de nodules sous-épendymaires en faveur d'une hétérotopie sous-épendymaire de substance grise chez ce fœtus dont l'échographie concluait à une ventriculomégalie à parois « paraissant épaissies » ; Coupe axiale T2 : Aspect similaire chez la mère avec antécédent d'HNSE connu.....	55
Figure 9 : Séquence axiale T2 : Ventriculomégalie mineure isolée mesurée à 10.8 mm au niveau de l'atrium.....	57
Figure 10 : Coupe axiale SSFSE T2 petit champ : Ventriculomégalie asymétrique unilatérale, en lien avec une cavité porencéphalique d'origine séquellaire ischémique, incorporée au système ventriculaire donnant un aspect focalement « ballonné »(profil clastique vasculaire). Anomalie de giration associée.	57
Figure 11 : Coupe axiale diffusion : Ventriculomégalie associée à une plage en hypersignal de la substance blanche en faveur d'une lésion ischémique récente. (profil clastique vasculaire).	58
Figure 12 : Coupe axiale T2* (séquence de susceptibilité magnétique) : dépôts d'hemosidérine en hyposignal T2* dans les ventricules en faveur d'une hémorragie intraventriculaire, à l'origine de la ventriculomégalie.	58
Figure 13 : Coupes axiales SSFSET2 : Colpocéphalie avec dilatation ventriculaire prédominant sur les cornes postérieures et aspect parallèle des ventricules latéraux ; Coupe coronale SSFSE T2 petit champ : aspect dit de « cornes de taureau », l'ensemble étant évocateur du diagnostic d'agénésie complète du corps calleux.	60
Figure 14 : Coupe axiale SSFSE T2 passant par le chiasma optique.....	61

- Figure 15 : Coupes sagittale et coronales SSFSE T2 : Ventriculomégalie associée à une non-visualisation du septum pellucidum, en faveur d'une agénésie septale. A noter l'hydramnios associé. 61
- Figure 16 : Séquences SSFSE T2 axiale basse passant par la fosse postérieure et para-sagittale : Hypoplasie vermiennne et anomalie de giration à type de lissencéphalie. A noter l'aspect lisse du cerveau qui présente peu de sillons. 63
- Figure 17 : Coupe axiale T2 petit champ : Elargissement des espaces péri-cérébraux liquidiens dans le cadre d'une microcéphalie. 63
- Figure 18 : Coupes SSFSE T2 sagittale et axiale : Macrocéphalie avec aspect de craniosténose. 64
- Figure 19 : Coupes axiale et coronale SSFSE T2 petits champs : Aspect fusionné des deux hémisphères cérébelleux, en faveur d'un rhombencéphalosynapsis, diagnostic plus facile à poser en IRM qu'en échographie. 65
- Figure 20 : Coupe axiale T2 petit champ : Ouverture du V4 ; Coupe sagittale : Position haute de la tente du cervelet (flèche longue) et aspect dystrophique du vermis (flèche courte) dans le cadre d'un syndrome de Dandy-Walker : 66
- Figure 21 : Coupe sagittale SSFSE T2 : Kystes connataux péri-ventriculaires isolés. 67
- Figure 22 : Coupes axiales SSFSE T2 à gauche et T2* à droite : Ventriculomégalie, plages d'hypersignal T2 étendue de la substance blanche, calcifications linéaires parenchymateuses péri-ventriculaires en hyposignal T2*, dans le cadre d'une infection materno-fœtale à CMV. 68
- Figure 23 : Coupe axiale T2 * : Calcifications frontales bilatérales en hyposignal dans le cadre d'une infection materno-fœtale (toxoplasmose). 68
- Figure 24 : Coupes coronale et axiale SSFSE T2 : Fente labio-alvéolaire sans atteinte palatine associée, visible sous la forme d'une image de soustraction de signal liquidien, avec solution de continuité de la lèvre, bien vue en axial (flèche courte), tout comme l'intégrité du palais osseux (flèche longue). 69
- Figure 25 : Coupes sagittale et axiale SSFSE T2 : Syndrome polymalformatif : Phénotype de Binder dépisté en échographie, avec découverte en IRM d'une diastématomyélie. A noter la difficulté à analyser la face en IRM ainsi que l'aspect dédoublé de la moelle épinière. 71
- Figure 26 : Coupe coronale SSFSE T2 : Masse kystique cervicale excentrée, correspondant à un lymphangiome kystique, sans effet de masse sur les voies aériennes supérieures. 71
- Figure 27 : Coupes sagittale et axiale SSFSE T2 : Volumineuse masse cervicale hétérogène avec contingents solide (flèche courte) et kystique (flèche longue) correspondant à un tératome. A noter l'extension au sein des voies aériennes supérieures et l'agénésie septale associée. 72
- Figure 28 : Coupe coronale T1 : A noter l'aspect en hypersignal T1 spontané du parenchyme hépatique (flèche moyenne) ; mais aussi de la thyroïde (flèche courte) et du contenu méconial moulant les anses coliques (flèche longue). 73
- Figure 29 : Coupe coronale SSFSE T2 : Hernie diaphragmatique gauche de bon pronostic, avec un LHR élevé (poumon en hypersignal T2 (flèche longue)) et un foie restant en

position intra-abdominale (flèche moyenne). A noter la discontinuité de la ligne en hyposignal T2 correspondant au diaphragme (flèche courte)	74
Figures 30 : Coupes SSFSE T2 parasagittales gauche et droite, passant respectivement par les structures gastrique d'une part, et digestives et hépatique d'autre part, attestant de leur position intrathoracique et donc du mauvais pronostic de cette hernie diaphragmatique. A noter le faible développement pulmonaire, en hyposignal T2.	75
Figure 31 : Schéma illustrant la pose de ballonnet (plug) lors d'une procédure FETO [60]....	75
Figure 32 : Coupe coronale T2 grand champ : Hypersignal T2 du lobe pathologique en comparaison au parenchyme sain, avec une image kystique en son sein, dans le cadre d'une MAKP.....	76
Figure 33 : Coupes coronales SSFSE T2 : Lésion mixte MAKP-séquestration (à noter le gros vaisseau nourricier sur l'image de droite).	77
Figure 34 : Coupe coronale SSFSE T2 : Suspicion échographique de kyste rénal, dont l'hypothèse a été modifiée par l'IRM au profit d'un syndrome de jonction pyélocalicielle.	79
Figure 35 : Séquence sagittale SSFSE T2 : Masse kystique pelvienne chez un fœtus de sexe féminin, faisant évoquer un kyste de l'ovaire.....	80
Figure 36 : Coupe coronale SSFSE T2 grand champ : Volumineuse masse exopelvienne pseudo-tissulaire multikystique, en faveur d'un tératome sacro-coccygien.	80
Figure 37 : Coupe parasagittale T1 confirmant la dilatation digestive portant sur les anses coliques, qui restent en position modale, sans obstacle d'aval pelvien visualisable.	81
Figure 38 : Coupes sagittale et axiale SSFSE T2 : image ronde kystique liquidienne rattachée à la partie postérieure du canal rachidien lombaire, en faveur d'une myéloméningocèle.	82
Figure 39 : Coupes sagittale SSFSE T2, et axiales T1 et diffusion : Aspect en hypersignal sur toutes les séquences du torcular en faveur d'une thrombose récente (flèches courtes). A noter la plage d'hypersignal T2 du parenchyme cérébral pouvant correspondre à une zone de souffrance (flèche longue).....	84

Références

- [1] Meder J-F, Ducou le Pointe H, Hédon B, Benachi A. Guidelines for coordinated radiologist/gynecologist-obstetrician management of patients requiring fetal MRI or CT. *Diagn Interv Imaging* 2017;98:515–6. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2017.06.004>.
- [2] LOI n° 2021-1017 du 2 août 2021 relative à la bioéthique (1). 2021.
- [3] Légifrance - Publications officielles - Journal officiel - JORF n° 0096 du 25/04/2018 n.d. https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=riK9ppz-LFhaAmObSaD9kHzLU0qEibk63km_B5Qb8I4= (accessed January 20, 2024).
- [4] Viossat P, Ville Y, Bessis R, Jeny R, Nisand I, Teurnier F, et al. Rapport du Comité national technique de l'échographie de dépistage prénatal (CNTEDP) : recommandations pour l'échographie de diagnostic. *Gynécologie Obstétrique Fertil* 2014;42:51–60. <https://doi.org/10.1016/j.gyobfe.2013.11.004>.
- [5] Article R2131-1 - Code de la santé publique - Légifrance n.d. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000034623935/2023-02-23/ (accessed August 1, 2024).
- [6] Arrêté du 14 décembre 2018 modifiant l'arrêté du 23 juin 2009 modifié fixant les règles de bonnes pratiques en matière de dépistage et de diagnostic prénatals avec utilisation des marqueurs sériques maternels de trisomie 21 - Légifrance n.d. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000037833062> (accessed August 1, 2024).
- [7] Triulzi F, Manganaro L, Volpe P. Fetal magnetic resonance imaging: indications, study protocols and safety. *Radiol Med (Torino)* 2011;116:337–50. <https://doi.org/10.1007/s11547-011-0633-5>.
- [8] Fetal MRI at 3T—ready for routine use? n.d. <https://doi.org/10.1259/bjr.20160362>.
- [9] Colleran GC, Kyncl M, Garel C, Cassart M. Fetal magnetic resonance imaging at 3 Tesla — the European experience. *Pediatr Radiol* 2022;52:959–70. <https://doi.org/10.1007/s00247-021-05267-6>.
- [10] Chartier AL, Bouvier MJ, McPherson DR, Stepenosky JE, Taysom DA, Marks RM. The Safety of Maternal and Fetal MRI at 3 T. *AJR Am J Roentgenol* 2019;213:1170–3. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.21400>.
- [11] Cardenas AM, Whitehead MT, Bulas DI. Fetal Neuroimaging Update. *Semin Pediatr Neurol* 2020;33:100801. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2020.100801>.
- [12] Kastler B, Vetter D. Comprendre l'IRM: Manuel d'auto-apprentissage. Elsevier Health Sciences; 2018.
- [13] Saleem SN. Fetal MRI: An approach to practice: A review. *J Adv Res* 2014;5:507–23. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.06.001>.
- [14] Fievet et al. - 2017 - Pratique de l'IRM fœtale dans un centre hospitalo-.pdf n.d.
- [15] Papaioannou G, Klein W, Cassart M, Garel C. Indications for magnetic resonance imaging of the fetal central nervous system: recommendations from the European Society of Paediatric Radiology Fetal Task Force. *Pediatr Radiol* 2021;51:2105–14. <https://doi.org/10.1007/s00247-021-05104-w>.

- [16] Papaioannou G, Caro-Domínguez P, Klein WM, Garel C, Cassart M. Indications for magnetic resonance imaging of the fetal body (extra-central nervous system): recommendations from the European Society of Paediatric Radiology Fetal Task Force. *Pediatr Radiol* 2022;53:297–312. <https://doi.org/10.1007/s00247-022-05495-4>.
- [17] Zolpidem – Grossesse.pdf n.d.
- [18] Fievet A, Morel B, Sembély-Taveau C, Thoreau B, Perrotin F, Sirinelli D. Pratique de l'IRM fœtale dans un centre hospitalo-universitaire de diagnostic prénatal. *Gynécologie Obstétrique Fertil Sénologie* 2017;45:276–82. <https://doi.org/10.1016/j.gofs.2017.02.007>.
- [19] Interruption médicale de grossesse (IMG) n.d. <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F1101> (accessed August 25, 2024).
- [20] Davutoglu EA, Arica G, Sahin NE, Ucar AK, Adaletli I, Vural ZM, et al. Clinical characteristics and perinatal outcome of fetuses with ventriculomegaly. *Arch Gynecol Obstet* 2024. <https://doi.org/10.1007/s00404-024-07599-8>.
- [21] Bayram AK, Kütük MS, Doganay S, Özgün MT, Gümüş H, Başbuğ M, et al. An analysis of 109 fetuses with prenatal diagnosis of complete agenesis of corpus callosum. *Neurol Sci* 2020;41:1521–9. <https://doi.org/10.1007/s10072-019-04224-4>.
- [22] Ramdass S, Adam S, Lockhat Z, Masenge A, Suleman FE. Foetal magnetic resonance imaging: A necessity or adjunct? A modality comparison of in-utero ultrasound and ultrafast foetal magnetic resonance imaging. *SA J Radiol* 2021;25:2010. <https://doi.org/10.4102/sajr.v25i1.2010>.
- [23] Triulzi et al. - 2011 - Fetal magnetic resonance imaging indications, stu.pdf n.d.
- [24] ENSO Working Group. Role of prenatal magnetic resonance imaging in fetuses with isolated mild or moderate ventriculomegaly in the era of neurosonography: international multicenter study. *Ultrasound Obstet Gynecol Off J Int Soc Ultrasound Obstet Gynecol* 2020;56:340–7. <https://doi.org/10.1002/uog.21974>.
- [25] Mirsky DM, Stence NV, Powers AM, Dingman AL, Neuberger I. Imaging of fetal ventriculomegaly. *Pediatr Radiol* 2020;50:1948–58. <https://doi.org/10.1007/s00247-020-04880-1>.
- [26] Pagani G, Thilaganathan B, Prefumo F. Neurodevelopmental outcome in isolated mild fetal ventriculomegaly: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2014;44:254–60. <https://doi.org/10.1002/uog.13364>.
- [27] Wu F-T, Chen C-P. Anomalies of the Corpus Callosum in Prenatal Ultrasound: A Narrative Review for Diagnosis and Further Counseling. *J Med Ultrasound* 2023;32:99–103. https://doi.org/10.4103/jmu.jmu_49_23.
- [28] Adamsbaum C, Mezzetta L, Hornoy P. Actualité sur l'imagerie par résonance magnétique (IRM) fœtale. *Arch Pédiatrie* 2010;17:1749–60. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2010.07.017>.
- [29] Scelsa B. Fetal Neurology: From Prenatal Counseling to Postnatal Follow-Up. *Diagn Basel Switz* 2022;12:3083. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12123083>.
- [30] Garel C, Moutard M-L. Main Congenital Cerebral Anomalies: How Prenatal Imaging Aids Counseling. *Fetal Diagn Ther* 2014;35:229–39. <https://doi.org/10.1159/000358519>.
- [31] D'Antonio F, Pagani G, Familiari A, Khalil A, Sagies T-L, Malinger G, et al. Outcomes Associated With Isolated Agenesis of the Corpus Callosum: A Meta-analysis. *Pediatrics* 2016;138:e20160445. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-0445>.

- [32] NAHUM H, CASSART M, GAREL C. *Imagerie : du fœtus au nouveau-né*. Illustrated édition. Paris: LAVOISIER MSP; 2015.
- [33] Maduram A, Farid N, Rakow-Penner R, Ghassemi N, Khanna PC, Robbins SL, et al. Fetal Ultrasound and Magnetic Resonance Imaging Findings in Suspected Septo-Optic Dysplasia. *J Ultrasound Med* 2020;39:1601–14. <https://doi.org/10.1002/jum.15252>.
- [34] 2013_FDS_DB_VAN_NIEUWENHUYSE_A_memoire.pdf n.d.
- [35] Abnormalities of the foetal cerebral cortex n.d. <https://doi.org/10.1002/pd.2211>.
- [36] Adamsbaum C, Moutard ML, André C, Merzoug V, Ferey S, Quéré MP, et al. MRI of the fetal posterior fossa. *Pediatr Radiol* 2005;35:124–40. <https://doi.org/10.1007/s00247-004-1316-3>.
- [37] Miller E, Orman G, Huisman TAGM. Fetal MRI assessment of posterior fossa anomalies: A review. *J Neuroimaging Off J Am Soc Neuroimaging* 2021;31:620–40. <https://doi.org/10.1111/jon.12871>.
- [38] Moltoni G, Talenti G, Righini A. Brain fetal neuroradiology: a beginner's guide. *Transl Pediatr* 2021;10:1065–77. <https://doi.org/10.21037/tp-20-293>.
- [39] Nagaraj UD, Kline-Fath BM. Clinical Applications of Fetal MRI in the Brain. *Diagn Basel Switz* 2022;12:764. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12030764>.
- [40] Griffiths PD, Bradburn M, Campbell MJ, Cooper CL, Embleton N, Graham R, et al. MRI in the diagnosis of fetal developmental brain abnormalities: the MERIDIAN diagnostic accuracy study. *Health Technol Assess Winch Engl* 2019;23:1–144. <https://doi.org/10.3310/hta23490>.
- [41] Sefidbakht S, Dehghani S, Safari M, Vafaei H, Kasraeian M. Fetal Central Nervous System Anomalies Detected by Magnetic Resonance Imaging: A Two-Year Experience. *Iran J Pediatr* 2016;26:e4589. <https://doi.org/10.5812/ijp.4589>.
- [42] Ramenghi LA, Domizio S, Quartulli L, Sabatino G. Prenatal pseudocysts of the germinal matrix in preterm infants. *J Clin Ultrasound* 1997;25:169–73. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0096\(199705\)25:4<169::AID-JCU3>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0096(199705)25:4<169::AID-JCU3>3.0.CO;2-C).
- [43] Neonatal subependymal cysts detected by sonography: prevalence, sonographic findings, and clinical significance. n.d. <https://doi.org/10.2214/ajr.162.4.8141023>.
- [44] Jean C. *Diagnostic prénatal des pseudo-kystes péri ventriculaires: caractéristiques et pronostic*. PhD Thesis. 2017.
- [45] Esteban H, Blondiaux E, Audureau E, Sileo C, Moutard ML, Gelot A, et al. Prenatal features of isolated subependymal pseudocysts associated with adverse pregnancy outcome. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2015;46:678–87. <https://doi.org/10.1002/uog.14820>.
- [46] Cooper S, Bar-Yosef O, Berkenstadt M, Hoffmann C, Achiron R, Katorza E. Prenatal Evaluation, Imaging Features, and Neurodevelopmental Outcome of Prenatally Diagnosed Periventricular Pseudocysts. *Am J Neuroradiol* 2016;37:2382–8. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4916>.
- [47] Diogo MC, Glatter S, Binder J, Kiss H, Prayer D. The MRI spectrum of congenital cytomegalovirus infection. *Prenat Diagn* 2020;40:110–24. <https://doi.org/10.1002/pd.5591>.
- [48] CNEOF2023.pdf n.d.
- [49] Adadi H, Chaara H, Attar I, Jayi S, Alaoui F-ZF, Melhouf MA. *Maladie des brides amniotiques: diagnostic anténatal et difficultés de prise en charge (à propos de 02 cas de*

- malformations létales). *Pan Afr Med J* 2019;32:116. <https://doi.org/10.11604/pamj.2019.32.116.18048>.
- [50] Gai S, Wang L, Zheng W. Comparison of prenatal ultrasound with MRI in the evaluation and prediction of fetal orofacial clefts. *BMC Med Imaging* 2022;22:213. <https://doi.org/10.1186/s12880-022-00929-9>.
- [51] Ego A. Évaluation de l'échographie et de l'IRM dans le diagnostic anténatal des fentes orofaciales. PhD Thesis. 2018.
- [52] Ahmiti I, Ahbeddou S, Khaoua ME, Tzili N, Alami F, Bencherifa F, et al. Persistence et hyperplasie du vitré primitif. *Maroc Méd* 2013;35. <https://doi.org/10.48408/IMIST.PRSM/mm-v35i4.2948>.
- [53] Papaioannou et al. - 2022 - Indications for magnetic resonance imaging of the .pdf n.d.
- [54] Jacobs E, Whitehead MT. Clinical spectrum of orbital and ocular abnormalities on fetal MRI. *Pediatr Radiol* 2023;53:121–30. <https://doi.org/10.1007/s00247-022-05439-y>.
- [55] Feygin T, Khalek N, Moldenhauer JS. Fetal brain, head, and neck tumors: Prenatal imaging and management. *Prenat Diagn* 2020;40:1203–19. <https://doi.org/10.1002/pd.5722>.
- [56] Blumenfeld YJ, Belfort MA. New approaches to congenital diaphragmatic hernia. *Curr Opin Obstet Gynecol* 2020;32:121–7. <https://doi.org/10.1097/GCO.0000000000000615>.
- [57] Zani A, Chung WK, Deprest J, Harting MT, Jancelewicz T, Kunisaki SM, et al. Congenital diaphragmatic hernia. *Nat Rev Dis Primer* 2022;8:37. <https://doi.org/10.1038/s41572-022-00362-w>.
- [58] pnds_hdc_septembre_2020.pdf n.d.
- [59] Cordier A-G, Russo FM, Deprest J, Benachi A. Prenatal diagnosis, imaging, and prognosis in Congenital Diaphragmatic Hernia. *Semin Perinatol* 2020;44:51163. <https://doi.org/10.1053/j.semperi.2019.07.002>.
- [60] POSE FŒTOSCOPIQUE DE BALLONNET OCCLUSIF INTRA-TRACHÉAL : PLUG. PACT-NECKER n.d. <http://pact-neckers.org/plug/> (accessed September 4, 2024).
- [61] Georgescu T, Radoi V, Radulescu M, Ilian A, Toader OD, Pop LG, et al. Prenatal Diagnosis and Outcome of Tracheal Agenesis as Part of Congenital High Airway Obstruction Syndrome. Case Presentation and Literature Review. *Med Kaunas Lith* 2021;57:1253. <https://doi.org/10.3390/medicina57111253>.
- [62] Chaturvedi A, Klionsky N, Biyyam D, Chess MA, Sultan N. Acutely presenting congenital chest lesions: a primer for the radiologist. *Emerg Radiol* 2022;29:557–70. <https://doi.org/10.1007/s10140-022-02035-3>.
- [63] Kunisaki SM, Bruch SW, Hirschl RB, Mychaliska GB, Treadwell MC, Coran AG. The diagnosis of fetal esophageal atresia and its implications on perinatal outcome. *Pediatr Surg Int* 2014;30:971–7. <https://doi.org/10.1007/s00383-014-3562-2>.
- [64] Garabedian C, Vaast P, Bigot J, Sfeir R, Michaud L, Gottrand F, et al. Atrésie de l'œsophage : prévalence, diagnostic anténatal et pronostic. *J Gynécologie Obstétrique Biol Reprod* 2014;43:424–30. <https://doi.org/10.1016/j.jgyn.2013.11.014>.
- [65] Hochart V. Apport de l'IRM foetale dans le diagnostic anténatal d'atrésie de l'oesophage: expérience lilloise chez 19 foetus. PhD Thesis. 2014.
- [66] Gondo K, Yokomine M, Yoshizato T, Furuta T, Ushijima K. Clues and pitfalls in prenatal diagnosis of classic cloacal exstrophy using ultrasonography and magnetic resonance

imaging: A case with sequential observation from 17 to 30 weeks' gestation and literature review. *J Obstet Gynaecol Res* 2020;46:1443–9. <https://doi.org/10.1111/jog.14310>.

[67] López Soto Á, Bueno González M, Urbano Reyes M, Carlos Moya Jiménez L, Beltrán Sánchez A, Garvía Morcillo J, et al. Imaging in fetal genital anomalies. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2023;283:13–24. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2023.01.035>.

[68] Complementary Role of MRI After Sonography in Assessing Bilateral Urinary Tract Anomalies in the Fetus n.d. <https://doi.org/10.2214/ajr.182.3.1820689>.

[69] Barseghyan K, Jackson HA, Chmait R, De Filippo RE, Miller DA. Complementary Roles of Sonography and Magnetic Resonance Imaging in the Assessment of Fetal Urinary Tract Anomalies. *J Ultrasound Med* 2008;27:1563–9. <https://doi.org/10.7863/jum.2008.27.11.1563>.

[70] THESE_EL BARDAI.pdf n.d.

[71] Schwab ME, Braun HJ, Padilla BE. Imaging modalities and management of prenatally diagnosed suprarenal masses: an updated literature review and the experience at a high volume Fetal Treatment Center. *J Matern-Fetal Neonatal Med Off J Eur Assoc Perinat Med Fed Asia Ocean Perinat Soc Int Soc Perinat Obstet* 2022;35:308–15. <https://doi.org/10.1080/14767058.2020.1716719>.

[72] Benachi A, Sonigo P, Jouannic J-M, Simon I, Révillon Y, Brunelle F, et al. Determination of the anatomical location of an antenatal intestinal occlusion by magnetic resonance imaging. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001;18:163–5. <https://doi.org/10.1046/j.1469-0705.2001.00480.x>.

[73] Bulas D. Fetal evaluation of spine dysraphism. *Pediatr Radiol* 2010;40:1029–37. <https://doi.org/10.1007/s00247-010-1583-0>.

[74] Shaughnessy MP, Spencer-Manzon M, Cowles RA. Antenatally detected liver and biliary pathology. *Semin Pediatr Surg* 2020;29:150939. <https://doi.org/10.1016/j.sempedsurg.2020.150939>.

[75] Chauvin NA, Victoria T, Khwaja A, Dahmouh H, Jaramillo D. Magnetic resonance imaging of the fetal musculoskeletal system. *Pediatr Radiol* 2020;50:2009–27. <https://doi.org/10.1007/s00247-020-04769-z>.

[76] Marini D, van Amerom J, Saini BS, Sun L, Seed M. MR imaging of the fetal heart. *J Magn Reson Imaging JMRI* 2020;51:1030–44. <https://doi.org/10.1002/jmri.26815>.

[77] Aguet J, Seed M, Marini D. Fetal cardiovascular magnetic resonance imaging. *Pediatr Radiol* 2020;50:1881–94. <https://doi.org/10.1007/s00247-020-04902-y>.

[78] Daire A, Andronikou S, Boutall A, Constantatos S, Stewart C, Candy SE. Evaluation of fetal MRI in a South African referral centre. *South Afr Med J Suid-Afr Tydskr Vir Geneeskd* 2015;105:930–3. <https://doi.org/10.7196/SAMJ.2015.v105i11.9415>.

[79] codeont.pdf n.d.

[80] Chapitre III : Développement professionnel continu (Articles L4133-1 à L4133-7) - Légifrance n.d. <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000020897552/2009-07-23> (accessed January 6, 2024).

[81] Izzo G, Talenti G, Falanga G, Moscatelli M, Conte G, Scola E, et al. Intrauterine fetal MR versus postmortem MR imaging after therapeutic termination of pregnancy: evaluation of the concordance in the detection of brain abnormalities at early gestational stage. *Eur Radiol* 2019;29:2740–50. <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5878-0>.

- [82] Skelton E, Cromb D, Smith A, van Poppel MPM, Morland C, Harrison G, et al. “It’s not just the medical aspects that are important”: A qualitative exploration of first-time parents’ experiences of antenatal imaging and their influence on parent-fetal bonding. *Radiogr Lond Engl* 2023;30:288–95. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2023.11.019>.
- [83] Adamsbaum C, Garel C, Legros JP. Imagerie par Résonance Magnétique fœtale : évaluation du vécu des patientes et implications pratiques. *J Radiol* 2008;89:791–6. [https://doi.org/10.1016/S0221-0363\(08\)73785-5](https://doi.org/10.1016/S0221-0363(08)73785-5).
- [84] Griffiths PD, Bradburn M, Campbell MJ, Cooper CL, Graham R, Jarvis D, et al. Use of MRI in the diagnosis of fetal brain abnormalities in utero (MERIDIAN): a multicentre, prospective cohort study. *The Lancet* 2017;389:538–46. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31723-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31723-8).

Annexe 1

Référence DRCI : PI2024_843_0059

IRMFAP - Version n°1.4 du 06/05/2024

PROTOCOLE DE RECHERCHE N'IMPLIQUANT PAS LA PERSONNE HUMAINE

Evaluation de la place de l'IRM fœtale au sein d'un CPDPN : exemple du CHU d'Amiens

Étude monocentrique

Acronyme de l'étude : **IRMFAP**

Référence DRCI : PI2024_843_0059

Version de l'étude : n°1.4 du 06/05/2024

Gestionnaire de l'étude :

*Direction de la Recherche
Clinique et de l'Innovation
CHU Amiens-Picardie
80054 Amiens cedex 1*

Centre de Méthodologie et de Gestion des données :

*Direction de la Recherche
Clinique et de l'Innovation
CHU Amiens-Picardie
80054 Amiens cedex 1
Tel : 03.22.08.83.71 Fax : 03.22.08.96.45*

Investigateur principal :

*Docteur Delval Antoine
Service : Radiologie
Adresse du service : 1 rue du Pr Christian Cabrol
CHU Amiens-Picardie
80054 Amiens Cedex FRANCE
Tel: 0322087527. Fax: 0322089985
Courriel : delval.antoine@chu-amiens.fr*

Annexe 2

Pourquoi ai-je besoin d'un examen d'IRM fœtale ?

Votre médecin vous a proposé une IRM suite à votre échographie. En effet cette imagerie est plus sensible pour explorer les organes, notamment le cerveau quel que soit la position de votre bébé. Son but est donc d'apporter des informations complémentaires à l'échographie.

C'est un examen n'utilisant pas de rayons X, et ne nécessitant pas l'injection de produit de contraste.

Néanmoins l'IRM a également ses limites, certaines pathologies n'étant pas détectables. Ainsi le médecin qui vous suit peut vous avoir proposé d'autres examens hors radiologie.

Vous avez bien sûr la liberté d'accepter ou de refuser cet examen.

Que faire avant l'examen ?

Vous allez recevoir une convocation avec un plan d'accès à l'IRM sur le CHU d'Amiens et un questionnaire. Le but du questionnaire est de vérifier les contre-indications formelles à la réalisation technique de l'IRM.

Vous devrez apporter ce questionnaire rempli, le jour de votre rendez-vous.

Pour permettre à votre bébé d'être calme lors de l'examen, nous vous demandons de ne pas consommer de stimulants (café, thé, Coca Cola ...) avant sa réalisation. Il convient également de ne pas manger 1 heure avant pour éviter les mouvements de votre tube digestif pouvant gêner l'analyse de l'IRM.

Vous devrez vous présenter **45 minutes avant l'heure de votre examen indiquée sur la convocation.** Ce délai nous permettra de vous préparer tranquillement, de vous donner une boisson sucrée et un médicament permettant de calmer les mouvements de votre bébé. Ce médicament est du Zolpidem et aucun événement indésirable n'a été rapporté lors de son

utilisation pendant la grossesse (Centre de Référence Agents Tératogènes).

Ces conditions préalables sont nécessaires car l'IRM ne sera pas analysable si votre bébé bouge trop.

Ce médicament entraînera le même effet passager d'endormissement sur vous-même. C'est pour cela que vous **devez être accompagnée par une personne** qui pourra conduire votre véhicule.

Déroulement de l'examen

A votre arrivée, nous vérifierons de nouveau votre questionnaire.

Pour obtenir des images de bonne qualité, nous vous demanderons de vous vêtir d'une blouse que nous vous fournirons. Vous devrez également retirer l'ensemble de vos accessoires (soutien-gorge, barrette de cheveux, ...) ainsi que vos bijoux et piercings. Votre téléphone portable et l'intégralité de vos effets personnels devront rester dans la cabine de préparation qui sera verrouillée.

Vous devrez aller aux toilettes avant l'examen en raison de sa durée.

Vous entrerez dans la salle d'examen, et serez allongée sur la table dans la position qui vous convient le mieux soit sur le dos ou sur le côté. Toute l'équipe se trouvera proche de vous derrière une vitre et nous communiquerons ensemble grâce à un micro. Si vous voulez nous appeler, vous pourrez utiliser une sonnette qui sera placée dans votre main. L'examen pourra être interrompu à tout moment, si nécessaire.

L'examen dure environ 30 minutes selon les mouvements de votre bébé. Vous devrez pendant ce temps rester parfaitement immobile et respecter les consignes qui vous seront données.

Vous entendrez un bruit répétitif similaire à un moteur de bateau pendant la réalisation des images. Nous vous fournirons un casque pour atténuer ce bruit, y diffuser de la musique et communiquer avec vous.

Le bruit perçu ou la température ressentie lors de l'examen n'auront pas d'effet sur votre bébé.

Quand obtiendrai-je les résultats ?

L'équipe médicale aura besoin de quelques jours pour analyser les nombreuses images de votre examen.

Les résultats seront communiqués au médecin du Centre de diagnostic prénatal du CHU d'Amiens qui vous l'a prescrit. Un double du compte-rendu pourra être envoyé à votre médecin traitant à votre demande.

Si vous ne pouvez pas vous rendre à votre rendez-vous ou ne souhaitez pas faire cet examen, merci de nous prévenir au plus tôt pour libérer la place pour une autre patiente.

De même si vous avez d'autres interrogations sur le déroulement de l'examen ou si vous avez répondu **oui** à une des questions du questionnaire ci-joint, merci de nous contacter **au plus tôt** au **03.22.08.74.35** ou par mail : **DiagnosticAntenatal.Secretariat@chu-amiens.fr**

Questionnaire à remplir impérativement

Contre-indications soumises à condition : Avez-vous ?

- Un pacemaker, défibrillateur ou une valve cardiaque ? OUI* NON
- Un ou des clips vasculaires cérébraux ? OUI* NON
- Un neuro stimulateur ? OUI* NON
- Une valve ventriculo- péritonéale ? OUI* NON
- Un implant cochléaire ? OUI* NON
- Une pompe insuline ou capteur de glycémie ? OUI* NON

- Reçu des projectiles métalliques dans les yeux ?..... OUI
NON

*référence du matériel implanté, date de l'intervention... à communiquer avant votre examen.

Précautions particulières : signaler la présence :

- De prothèse(s) articulaire(s) OUI NON
○ De Tatouages OUI NON
○ D'une Chirurgie récente (< 6 semaines) OUI NON

Retirez impérativement vos piercings et ne pas mettre de bijoux pour le jour de l'examen.

Il est normal que vous vous posiez des questions sur l'examen que vous êtes amené à passer et nous espérons y avoir répondu. N'hésitez pas à nous interroger à nouveau pour tout renseignement complémentaire et à nous communiquer tout autre renseignement qui vous paraît important.

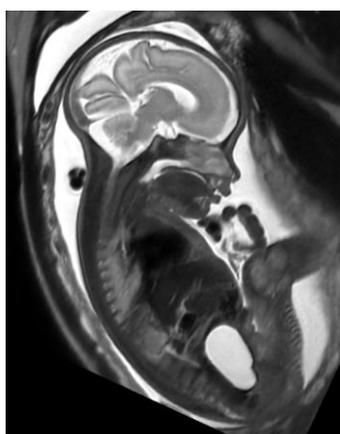
Je reconnais avoir pris connaissance de ce document, et consens à la réalisation de cet examen.

Mme (nom/ prénom) :

Date de naissance :

Date et signature

**Brochure d'information pour les patientes devant bénéficier d'une
Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) Fœtale**



AUTEUR : Nom : GOUDAL **Prénom :** Margaux

Date de Soutenance : 26/09/2024

Titre de la Thèse : PLACE DE L'IRM FŒTALE AU SEIN DU CPDPN DU CHU D'AMIENS DE
JANVIER 2016 A DECEMBRE 2022.

Thèse - Médecine - Amiens 2024

Cadre de classement : Imagerie médicale

DES + FST ou option : Imagerie prénatale

Mots-clés : Imagerie fœtale ; IRM fœtale, IRM prénatale, IRM anténatale, CPDPN, DAN, indications, évaluation des pratiques professionnelles.

Résumé : Contexte : En France, un suivi médical de grossesse inclut une échographie par trimestre de grossesse. Si ce dépistage s'avère positif, le dossier de la patiente est traité en réunion de CPDPN, qui indiquera une échographie de référence et en de cas de confirmation du point d'appel, une IRM fœtale. Notre objectif principal a été d'établir un état des lieux de notre pratique de l'IRM fœtale au CHU d'Amiens, pour s'assurer qu'elle correspondait aux nouvelles recommandations de l'ESPRF, qui a édité respectivement en 2021 et 2022 la liste des indications en IRM fœtale pour le système nerveux central (SNC) et pour le corps fœtal hors SNC. Notre objectif secondaire a été d'évaluer l'impact diagnostique et pronostique de l'IRM fœtale. **Matériel et Méthodes :** Il s'agit d'une étude rétrospective monocentrique incluant de façon exhaustive les 239 patientes ayant bénéficié d'une IRM fœtale au CHU d'Amiens entre le 1^{er} janvier 2016 et le 31 décembre 2022. Ont été recueillies des données épidémiologiques maternelles, le terme de réalisation et les comptes-rendus de l'échographie et de l'IRM, ainsi que les comptes-rendus de la réunion du CPDPN et le devenir du fœtus. Les imageries n'ont pas fait l'objet d'une relecture.

Résultats : Les principales régions explorées en IRM étaient l'encéphale, puis la région ORL, puis le thorax. L'IRM réalisée sur point d'appel échographique au niveau encéphalique a un impact majeur sur le pronostic de la grossesse, notamment dans l'analyse des ventriculomégalies et des anomalies de la fosse postérieure à V4 ouvert. En revanche, l'exploration des kystes périventriculaires isolés et des aspects inhabituels du *cavum pellucidum* ne semblent pas constituer des indications pertinentes. En dehors de l'étude du SNC, l'IRM est intéressante dans l'étude des hernies diaphragmatiques, des anomalies complexes des voies urinaires ou encore dans la caractérisation de masse tumorale. Son impact pronostique est faible dans l'étude des fentes labio-alvéolaires et dans le domaine urologique ou des malformations pulmonaires.

Conclusion : En somme, cette étude d'auto-évaluation illustre la diversité des indications d'IRM anténatale et détermine son apport diagnostique et pronostique par rapport à l'échographie obstétricale, en fonction de celles-ci. Nos indications posées par le CPDPN d'Amiens semblent correspondre à celles proposées par l'ESPRF. Cette étude offre aussi pour d'autres CHU un point de comparaison de la pratique de l'IRM fœtale.

