

Année 2023/2024

N°

## Thèse

Pour le

### DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'État

par

**Amandine LE BERT**

Né(e) le 16 juillet 1996 à BREST (29)

---

#### TITRE

**L'ÉCHOGRAPHIE DITE « DE CROISSANCE FŒTALE » EN FIN DE GROSSESSE EST-ELLE VRAIMENT SUPÉRIEURE À L'ÉCHOGRAPHIE DE DEPISTAGE DU TROISIÈME TRIMESTRE POUR PRÉDIRE LE POIDS DE NAISSANCE DU NOUVEAU-NÉ ?**

---

Présentée et soutenue publiquement le **02 octobre 2024** devant un jury composé de :

**Présidente du Jury** : Professeur Caroline DIGUISTO, Gynécologie-Obstétrique, Faculté de Médecine - Tours

**Membres du Jury** :

Docteur Laura BOIVIN, Gynécologie-Obstétrique, PH, CHRU – Tours

Docteur Jérôme POTIN, Gynécologie-Obstétrique, PH, CHRU – Tours

Docteur Georges HADDAD, Échographiste, PH, CHRU – Tours

**Directeurs de thèse : Professeur Franck PERROTIN, Gynécologie- Obstétrique, Faculté de Médecine - Tours & Docteur Amaury BOLEIS, Gynécologue, PH, CHRU – Tours**

## UNIVERSITE DE TOURS FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

**DOYEN**  
Pr Denis ANGOULVANT

**VICE-DOYEN**  
Pr David BAKHOS

**ASSESEURS**  
Pr Philippe GATAULT, *Pédagogie*  
Pr Caroline DIGUISTO, *Relations internationales*  
Pr Clarisse DIBAO-DINA, *Médecine générale*  
Pr Pierre-Henri DUCLUZEAU, *Formation Médicale Continue*  
Pr Hélène BLASCO, *Recherche*  
Pr Pauline SAINT-MARTIN, *Vie étudiante*

**RESPONSABLE ADMINISTRATIVE**  
Mme Carole ACCOLAS

\*\*\*\*\*

**DOYENS HONORAIRES**  
Pr Emile ARON (†) – 1962-1966  
*Directeur de l'Ecole de Médecine - 1947-1962*  
Pr Georges DESBUQUOIS (†) - 1966-1972  
Pr André GOUAZE (†) - 1972-1994  
Pr Jean-Claude ROLLAND – 1994-2004  
Pr Dominique PERROTIN – 2004-2014  
Pr Patrice DIOT – 2014-2024

**PROFESSEURS EMERITES**  
Pr Daniel ALISON  
Pr Gilles BODY  
Pr Philippe COLOMBAT  
Pr Etienne DANQUECHIN-DORVAL  
Pr Patrice DIOT  
Pr Luc FAVARD  
Pr Bernard FOUQUET  
Pr Yves GRUEL  
Pr Frédéric PATAT  
Pr Loïc VAILLANT

**PROFESSEURS HONORAIRES**  
P. ANTHONIOZ – P. ARBEILLE – A. AUDURIER – A. AUTRET – D. BABUTY – C. BARTHELEMY – J.L. BAULIEU – C. BERGER – JC. BESNARD – P. BEUTTER – C. BONNARD – P. BONNET – P. BOUGNOUX – P. BURDIN – L. CASTELLANI – J. CHANDENIER – A. CHANTEPIE – B. CHARBONNIER – P. CHOUTET – T. CONSTANS – C. COUET – L. DE LA LANDE DE CALAN – P. DUMONT – J.P. FAUCHIER – F. FETISSOF – J. FUSCIARDI – P. GAILLARD – G. GINIES – D. GOGA – A. GOUDEAU – J.L. GUILMOT – O. HAILLOT – N. HUTEN – M. JAN – J.P. LAMAGNERE – F. LAMISSE – Y. LANSON – O. LE FLOCH – Y. LEBRANCHU – E. LECA – P. LECOMTE – AM. LEHR-DRYLEWICZ – E. LEMARIE – G. LEROY – G. LORETTE – M. MARCHAND – C. MAURAGE – C. MERCIER – J. MOLINE – C. MORAINÉ – J.P. MUH – J. MURAT – H. NIVET – D. PERROTIN – L. POURCELOT – R. QUENTIN – P. RAYNAUD – D. RICHARD-LENOBLE – A. ROBIER – J.C. ROLLAND – P. ROSSET – D. ROYERE – A. SAINDELLE – E. SALIBA – J.J. SANTINI – D. SAUVAGE – D. SIRINELLI – J. WEILL

## PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AMELOT Aymeric.....	Neurochirurgie
ANDRES Christian.....	Biochimie et biologie moléculaire
ANGOULVANT Denis.....	Cardiologie
APETOH Lionel.....	Immunologie
AUDEMARD-VERGER Alexandra.....	Médecine interne
AUPART Michel.....	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BACLE Guillaume.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BAKHOS David.....	Oto-rhino-laryngologie
BALLON Nicolas.....	Psychiatrie ; addictologie
BARILLOT Isabelle.....	Cancérologie ; radiothérapie
BARON Christophe.....	Immunologie
BEJAN-ANGOULVANT Théodora.....	Pharmacologie clinique
BERHOUEZ Julien.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BERNARD Anne.....	Cardiologie
BERNARD Louis.....	Maladies infectieuses et maladies tropicales
BLANCHARD-LAUMONNIER Emmanuelle.....	Biologie cellulaire
BLASCO Hélène.....	Biochimie et biologie moléculaire
BONNET-BRILHAULT Frédérique.....	Physiologie
BOULOUIS Grégoire.....	Radiologie et imagerie médicale
BOURGUIGNON Thierry.....	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
BRILHAULT Jean.....	Chirurgie orthopédique et traumatologique
BRUNAUT Paul.....	Psychiatrie d'adultes, addictologie
BRUNEREAU Laurent.....	Radiologie et imagerie médicale
BRUYERE Franck.....	Urologie
BUCHLER Matthias.....	Néphrologie
CAILLE Agnès.....	Biostat., informatique médical et technologies de communication
CALAIS Gilles.....	Cancérologie, radiothérapie
CAMUS Vincent.....	Psychiatrie d'adultes
CORCIA Philippe.....	Neurologie
COTTIER Jean-Philippe.....	Radiologie et imagerie médicale
DEQUIN Pierre-François.....	Thérapeutique
DESMIDT Thomas.....	Psychiatrie
DESOUBEAUX Guillaume.....	Parasitologie et mycologie
DESTRIEUX Christophe.....	Anatomie
DI GUISTO Caroline.....	Gynécologie obstétrique
DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague.....	Anatomie & cytologie pathologiques
DUCLUZEAU Pierre-Henri.....	Endocrinologie, diabétologie, et nutrition
EHRMANN Stephan.....	Médecine intensive – réanimation
EL HAGE Wissam.....	Psychiatrie adultes
ELKRIEF Laure.....	Hépatologie – gastroentérologie
ESPITALIER Fabien.....	Anesthésiologie et réanimation, médecine d'urgence
FAUCHIER Laurent.....	Cardiologie
FOUGERE Bertrand.....	Gériatrie
FRANCOIS Patrick.....	Neurochirurgie
FROMONT-HANKARD Gaëlle.....	Anatomie & cytologie pathologiques
GATAULT Philippe.....	Néphrologie
GAUDY-GRAFFIN Catherine.....	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
GOUPILLE Philippe.....	Rhumatologie
GUERIF Fabrice.....	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
GUILLON Antoine.....	Médecine intensive – réanimation
GUILLON-GRAMMATICO Leslie.....	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
GUYETANT Serge.....	Anatomie et cytologie pathologiques
GYAN Emmanuel.....	Hématologie, transfusion
HALIMI Jean-Michel.....	Thérapeutique
HANKARD Régis.....	Pédiatrie
HERAULT Olivier.....	Hématologie, transfusion
HERBRETEAU Denis.....	Radiologie et imagerie médicale
HOURIOUX Christophe.....	Biologie cellulaire
IVANES Fabrice.....	Physiologie
LABARTHE François.....	Pédiatrie
LAFFON Marc.....	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale, médecine d'urgence
LARDY Hubert.....	Chirurgie infantile
LARIBI Saïd.....	Médecine d'urgence
LARTIGUE Marie-Frédérique.....	Bactériologie-virologie

LAURE Boris.....	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
LE NAIL Louis-Romée .....	Cancérologie, radiothérapie
LECOMTE Thierry .....	Gastroentérologie, hépatologie
LEFORT Bruno .....	Pédiatrie
LEGRAS Antoine .....	Chirurgie thoracique
LEMAIGNEN Adrien .....	Maladies infectieuses
LESCANNE Emmanuel .....	Oto-rhino-laryngologie
LEVESQUE Éric .....	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale, médecine d'urgence
LINASSIER Claude .....	Cancérologie, radiothérapie
MACHET Laurent .....	Dermato-vénérologie
MAILLOT François .....	Médecine interne
MARCHAND-ADAM Sylvain .....	Pneumologie
MARRET Henri .....	Gynécologie-obstétrique
MARUANI Annabel .....	Dermatologie-vénérologie
MEREGHETTI Laurent.....	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
MITANCHEZ Delphine .....	Pédiatrie
MOREL Baptiste .....	Radiologie pédiatrique
MORINIERE Sylvain .....	Oto-rhino-laryngologie
MOUSSATA Driffa .....	Gastro-entérologie
MULLEMAN Denis.....	Rhumatologie
ODENT Thierry .....	Chirurgie infantile
OUAISSI Mehdi .....	Chirurgie digestive
OULDAMER Lobna.....	Gynécologie-obstétrique
PAINTAUD Gilles .....	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PARE Arnaud .....	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
PASI Marco.....	Neurologie
PERROTIN Franck .....	Gynécologie-obstétrique
PISELLA Pierre-Jean.....	Ophthalmologie
PLANTIER Laurent.....	Physiologie
REMERAND Francis .....	Anesthésiologie et réanimation, médecine d'urgence
ROINGEARD Philippe.....	Biologie cellulaire
RUSCH Emmanuel.....	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
SAINT-MARTIN Pauline .....	Médecine légale et droit de la santé
SALAME Ephrem.....	Chirurgie digestive
SAMIMI Mahtab .....	Dermatologie-vénérologie
SANTIAGO-RIBEIRO Maria .....	Biophysique et médecine nucléaire
SAUTENET-BIGOT Bénédicte.....	Thérapeutique
THOMAS-CASTELNAU Pierre .....	Pédiatrie
TOUTAIN Annick .....	Génétique
VOURC'H Patrick.....	Biochimie et biologie moléculaire
WATIER Hervé .....	Immunologie
ZEMMOURA Ilyess .....	Neurochirurgie

### PROFESSEUR DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

DIBAO-DINA Clarisse  
LEBEAU Jean-Pierre

### PROFESSEURS ASSOCIES

LIMA MALDONADO Igor.....Anatomie  
MALLET Donatien.....Soins palliatifs

### PROFESSEUR CERTIFIE DU 2<sup>ND</sup> DEGRE

MC CARTHY Catherine.....Anglais

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

CANCEL Mathilde .....	Cancérologie, radiothérapie
CARVAJAL-ALLEGRIA Guillermo.....	Rhumatologie
CHESNAY Adélaïde.....	Parasitologie et mycologie
CLEMENTY Nicolas.....	Cardiologie
DE FREMINVILLE Jean-Baptiste .....	Cardiologie
DOMELIER Anne-Sophie.....	Bactériologie-virologie, hygiène hospitalière
DUFOUR Diane .....	Biophysique et médecine nucléaire
FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie .....	Anatomie et cytologie pathologiques
GARGOT Thomas .....	Pédopsychiatrie
GOUILLEUX Valérie .....	Immunologie
HOARAU Cyrille.....	Immunologie
KERVARREC Thibault.....	Anatomie et cytologie pathologiques
KHANNA Raoul Kanav.....	Ophthalmologie
LE GUELLEC Chantal.....	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
LEDUCQ Sophie .....	Dermatologie
LEJEUNE Julien .....	Hématologie, transfusion
MACHET Marie-Christine.....	Anatomie et cytologie pathologiques
MOUMNEH Thomas.....	Médecine d'urgence
PIVER Éric.....	Biochimie et biologie moléculaire
RAVALET Noémie .....	Hématologie, transfusion
ROUMY Jérôme .....	Biophysique et médecine nucléaire
STANDLEY-MIQUELESTORENA Elodie.....	Anatomie et cytologie pathologiques
STEFIC Karl.....	Bactériologie
TERNANT David.....	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
VAYNE Caroline.....	Hématologie, transfusion
VUILLAUME-WINTER Marie-Laure.....	Génétique

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

AGUILLON-HERNANDEZ Nadia.....	Neurosciences
BLANC Romuald .....	Orthophonie
EL AKIKI Carole.....	Orthophonie
NICOGLOU Antonine .....	Philosophie – histoire des sciences et des techniques
PATIENT Romuald .....	Biologie cellulaire
RENOUX-JACQUET Cécile .....	Médecine Générale

## MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

AUMARECHAL Alain .....	Médecine Générale
BARBEAU Ludivine .....	Médecine Générale
CHAMANT Christelle .....	Médecine Générale
ETTORI Isabelle.....	Médecine Générale
MOLINA Valérie .....	Médecine Générale
PAUTRAT Maxime .....	Médecine Générale
PHILIPPE Laurence.....	Médecine Générale
RUIZ Christophe .....	Médecine Générale
SAMKO Boris.....	Médecine Générale

## CHERCHEURS INSERM - CNRS - INRAE

BECKER Jérôme.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
BOUAKAZ Ayache .....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
BOUTIN Hervé.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
BRIARD Benoit.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
CHALON Sylvie.....	Directrice de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
DE ROCQUIGNY Hugues.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1259
ESCOFFRE Jean-Michel.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
GILLOT Philippe .....	Chargé de Recherche Inrae – UMR Inrae 1282
GOMOT Marie .....	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
GOUILLEUX Fabrice .....	Directeur de Recherche CNRS – UMR Inserm 1100
GUEGUINOU Maxime .....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1069
HAASE Georg.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
HENRI Sandrine .....	Directrice de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
HEUZE-VOURCH Nathalie.....	Directrice de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
KORKMAZ Brice.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
LABOUTE Thibaut.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
LATINUS Marianne .....	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
LAUMONNIER Frédéric.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
LE MERRER Julie .....	Directrice de Recherche CNRS – UMR Inserm 1253
MAMMANO Fabrizio .....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1259
PAGET Christophe.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
RAOUL William.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1069
SECHER Thomas.....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
SI TAHAR Mustapha.....	Directeur de Recherche Inserm – UMR Inserm 1100
SUREAU Camille .....	Directrice de Recherche émérite CNRS – UMR Inserm 1259
TANTI Arnaud .....	Chargé de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253
WARDAK Claire .....	Chargée de Recherche Inserm – UMR Inserm 1253

## CHARGES D'ENSEIGNEMENT

### ***Pour l'éthique médicale***

BIRMELE Béatrice.....Praticien Hospitalier

### ***Pour la médecine manuelle et l'ostéopathie médicale***

LAMANDE Marc .....

### ***Pour l'orthophonie***

BATAILLE Magalie.....Orthophoniste  
CLOUTOUR Nathalie .....

CORBINEAU Mathilde .....

HARIVEL OUALLI Ingrid.....

IMBERT Mélanie .....

SIZARET Eva .....

### ***Pour l'orthoptie***

BOULNOIS Sandrine.....Orthoptiste

# REMERCIEMENTS

Au **Professeur PERROTIN**, d'avoir accepté d'être mon directeur de thèse, et de m'avoir aidé à la réaliser. Je vous remercie pour toutes les connaissances que vous m'avez transmises sur l'obstétrique et le DAN durant mon internat.

Au **Docteur BOLEIS**, pour ces heures d'échographies passé ensemble, pour ta volonté de perfection et surtout d'avoir accepté d'être mon directeur de thèse.

Au **Professeur DIGUISTO**, je te remercie pour toute ta pédagogie et ta bienveillance durant mon internat, je suis très heureuse que tu ais accepté d'être la présidente de mon jury de thèse.

Au **Docteur HADDAD**, merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury, nous n'avons pas eu l'occasion de travailler beaucoup ensemble mais j'espère que nous pourrons le faire durant mes semestres de docteur junior.

Au **Docteur BOIVIN**, merci pour tout. Merci pour tout ce que tu m'as appris notamment au DAN, pour ta bonne humeur, et merci d'avoir cru en moi durant tout mon internat. J'espère que l'on retravaillera ensemble encore longtemps. Continuons à mettre des paillettes dans nos vies.

Au **Docteur POTIN**, pour m'avoir poussé dans mes retranchements, m'avoir fait avancer et grandir durant tout mon internat. Merci pour ce que tu m'as appris et j'espère que l'on continuera à travailler ensemble bien que tu ne veuilles plus que l'on fasse de garde ensemble au vu des dettes de sommeil que cela engendre.

Au **Docteur ARLICOT**, pour sa rigueur et sa bienveillance. Merci de croire en moi depuis le début, et merci d'avoir tenté de sauver mon sujet de thèse initial par toutes les expériences que l'on a pu faire.

Au **Docteur BRISSON**, merci pour tout ce que tu m'as appris durant ces années et surtout de t'investir autant dans la simulation afin que l'on puisse progresser. J'espère que l'on retravaillera ensemble.

Au **Docteurs CAVALLER, BEDOUET, FLEURIER, SONNIER** pour m'avoir partagé vos connaissances et fait autant aimer l'obstétrique. Un remerciement particulier au **Docteur OZENNE** pour toutes ses gardes partagés notamment sur mon dernier semestre.

# RESUME

**Introduction :** L'estimation du poids fœtal est un paramètre indispensable au suivi obstétrical lors de la seconde moitié de la grossesse. Il est utile au dépistage de l'insuffisance placentaire ou de la macrosomie fœtale, situations dont la mise en évidence va influencer sur la prise en charge de la fin de la grossesse et peut faire proposer une surveillance rapprochée. Les fœtus ayant des poids extrêmes qu'ils soient petits pour l'âge gestationnel ou macrosomes peuvent également avoir un impact sur le choix de la voie d'accouchement. Approcher avec la plus grande précision le poids de naissance est donc un objectif important, à l'heure de la multiplication du nombre des échographies pour chaque grossesse. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer si l'échographie dite « de croissance fœtale » en fin de grossesse avait une supériorité sur l'échographie de dépistage du troisième trimestre pour prédire le poids de naissance du nouveau-né ?

**Matériels et méthodes :** Il s'agit d'une étude rétrospective réalisée à partir de la base de données des échographies obstétricales du CHRU de Tours. Seules les patientes ayant eu à la fois une échographie du troisième trimestre entre 30 et 33<sup>+6</sup> SA et une échographie dite « de croissance » entre 34 et 37<sup>+6</sup> SA entre le 1<sup>er</sup> octobre 2020 et le 31 mars 2024 ont été incluses. Ont été exclues les patientes ayant accouché prématurément (<37 SA), ou ayant présenté une malformation fœtale. Les estimations de poids fœtal (EPF) selon la formule de Hadlock à 3 paramètres (PC, PA, FEM) ont été recalculées pour chaque échographie. Les Z-scores de chaque évaluation biométrique ont ensuite été calculés à partir du référentiel intergrotwh-21st et comparés au Z-score des poids de naissance en utilisant la méthode de l'erreur quadratique moyenne (MSE : mean squared error) et le coefficient de détermination linéaire R<sup>2</sup>. Des analyses en sous-groupes ont été réalisées pour ne pas méconnaître un facteur confondant.

**Résultats :** Les données de 2188 patientes ont été analysées. L'erreur quadratique moyenne est de 0,50 pour l'échographie dite « de croissance » et de 0,85 pour l'échographie de dépistage du troisième trimestre. Si on utilise le Z-score de ces deux examens pour prédire le poids de naissance en référence à la moyenne des poids néonataux, on fait une erreur d'en moyenne de 285g sur le poids de naissance en utilisant le Z-score de l'échographie dite « de croissance » et de 370g en utilisant le Z-score de l'échographie de dépistage du troisième trimestre. Le coefficient de détermination linéaire (R<sup>2</sup>) était de 0,66 pour l'échographie dite « de croissance » et de 0,52 pour l'échographie de dépistage du troisième trimestre. L'analyse des sous-groupes de patientes ayant une obésité, un diabète, une HTA, une prééclampsie, porteuses d'un fœtus macrosome ou encore de petit poids pour l'âge gestationnel lors de l'échographie du troisième trimestre confirme une plus grande précision de l'échographie de croissance.

**Conclusion :** L'échographie dite « de croissance » semble plus précise que l'échographie de dépistage du troisième trimestre pour estimer le poids de naissance y compris dans les situations d'obésité maternelle, de diabète gestationnel, d'hypertension artérielle, de prééclampsie, ou dans les situations où la croissance fœtale est insuffisante (PAG/RCIU) ou excessive (macrosomie fœtale). Il semble donc intéressant de réaliser cet examen dans toutes les situations où une évaluation précise du poids de naissance est nécessaire à la décision obstétricale.

**Mots clés :** estimation du poids fœtal ; échographie fœtale ; biométrie fœtale ; courbe Intergrowth-21st ; poids de naissance ; macrosomie ; petit pour l'âge gestationnel ; RCIU

# IS THE 'FETAL GROWTH ULTRASOUND' PERFORMED AT THE END OF PREGNANCY MORE ACCURATE THAN THE THIRD-TRIMESTER SCREENING ULTRASOUND IN PREDICTING NEONATAL BIRTH WEIGHT?

## ABSTRACT

**Introduction:** Estimating fetal weight is a crucial parameter in obstetrical monitoring during the second half of pregnancy. It is essential for detecting placental insufficiency or fetal macrosomia, conditions that can influence the management of the latter stages of pregnancy and may prompt closer surveillance. Fetuses with extreme weights, whether small for gestational age or macrosome, can also impact the choice of delivery method. Accurately estimating birth weight is therefore a key objective, especially in an era where the number of ultrasounds per pregnancy is increasing. The primary objective of this study was to evaluate whether the so-called 'fetal growth ultrasound' at the end of pregnancy is superior to the third-trimester screening ultrasound in predicting the newborn's birth weight.

**Materials and Methods:** This retrospective study was conducted using the obstetric ultrasound database from the University Hospital of Tours. Only patients who had both a third-trimester ultrasound between 30 and 33<sup>+6</sup> weeks of gestation and a so-called 'growth ultrasound' between 34 and 37<sup>+6</sup> weeks of gestation between October 1, 2020, and March 31, 2024, were included. Patients who delivered prematurely (<37 weeks) or had a fetus with a malformation were excluded. Estimated fetal weight (EFW) were calculated for each ultrasound using the three-parameter Hadlock formula (HC, AC, FL). The Z-scores for each biometric assessment were then calculated based on the Intergrowth-21st reference and compared to the birth weight Z-scores using the mean squared error (MSE) and the linear determination coefficient (R<sup>2</sup>). Subgroup analyses were performed to account for potential confounding factors.

**Results:** Data from 2,188 patients were analyzed. The mean squared error was 0.50 for the 'growth ultrasound' and 0.85 for the third-trimester screening ultrasound. When using the Z-score from these two exams to predict birth weight in reference to the mean neonatal weight, there was an average error of 285g using the Z-score from the 'growth ultrasound' and 370g using the Z-score from the third-trimester screening ultrasound. The linear determination coefficient (R<sup>2</sup>) was 0.66 for the 'growth ultrasound' and 0.50 for the third-trimester screening ultrasound. Subgroup analysis of patients with obesity, diabetes, hypertension, preeclampsia, or carrying a macrosome fetus or a fetus with small-for-gestational-age (SGA) at the third-trimester ultrasound confirmed the greater accuracy of the growth ultrasound.

**Conclusion:** The 'fetal growth ultrasound' appears to be more accurate than the third-trimester screening ultrasound in estimating birth weight, even in cases of maternal obesity, gestational diabetes, hypertension, preeclampsia, or when fetal growth is either insufficient (SGA/IUGR) or excessive (fetal macrosomia). Therefore, performing this examination seems beneficial in situations where precise birth weight estimation is significant for obstetrical decision-making.

**Key words :** estimated fetal weight ; fetal ultrasound ; birth weight ; fetal biometry ; Intergrowth-21<sup>st</sup> curves; macrosomic; fetal growth restriction

# SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des enseignants et enseignantes  
de cette Faculté,  
de mes chers condisciples  
et selon la tradition d'Hippocrate,  
je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur  
et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits aux indigents,  
et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis(e) dans l'intérieur des maisons, mes yeux  
ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira  
les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas  
à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux(euse) et reconnaissant(e) envers mes Maîtres,  
je rendrai à leurs enfants  
l'instruction que j'ai reçue de leurs parents.

Que les hommes et les femmes m'accordent leur estime  
si je suis fidèle à mes promesses.  
Que je sois couvert(e) d'opprobre  
et méprisé(e) de mes confrères et consœurs  
si j'y manque.

# TABLE DES MATIERES

<b>RESUME</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>13</b>
<b>TABLE DES FIGURES</b> .....	<b>14</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX</b> .....	<b>15</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>16</b>
<b>MATERIEL ET METHODE</b> .....	<b>20</b>
TYPE D'ETUDE.....	20
POPULATION.....	20
DONNEES.....	20
ANALYSE STATISTIQUE.....	22
REGLEMENTATION ET PROTECTION DES PERSONNES.....	23
<b>RESULTATS</b> .....	<b>24</b>
DESCRIPTION DE LA POPULATION.....	24
<i>Données d'échographie</i> .....	26
<i>Terme et poids de naissance</i> .....	27
COMPARAISON DES Z SCORES.....	28
COMPARAISON DES POIDS DE NAISSANCE ESTIMES ET REELS.....	31
<b>DISCUSSION</b> .....	<b>33</b>
RESULTATS ET APPORTS DE L'ETUDE.....	33
LIMITES DE L'ETUDE.....	35
PERSPECTIVES A LA SUITE DE L'ETUDE.....	36
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>39</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>43</b>
ANNEXE 1 : COURBE DE L'EPF SELON INTERGROWTH-21ST <sup>(48)</sup> POUR LES Z-SCORES (A.) ET POUR LES PERCENTILES (B.).....	43
ANNEXE 2 : VALEURS DE LCC SELON ROBINSON <sup>(42)</sup> ET INTERGROWTH-21ST <sup>(49)</sup> , TABLEAU EXTRAIT DES RECOMMANDATION DU CFEF SUR LA DATATION DE LA GROSSESSE <sup>(50)</sup> .....	44

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**CHRU** : Centre Hospitalier Régionale Universitaire

**CIM-10** : Classification internationale des maladies, dixième révision

**CNEOF** : Conférence Nationale d'Échographie Obstétricale et Fœtale

**CNIL** : Commission nationale de l'informatique et des libertés

**DS** : Déviation Standard

**EPF** : Estimation du Poids Fœtal

**GAG** : Gros pour l'âge gestationnel

**HTA** : Hypertension artérielle

**IG-21** : Intergrowth-21

**IMC** : Indice de masse corporelle

**LF** : Longueur Fémorale

**MFIU** : Mort Fœtale In Utéro

**MSE** = mean squared error : erreur quadratique Moyenne

**PA** : Périmètre Abdominal

**PAG** : petit pour l'âge gestationnel

**PC** : Périmètre Céphalique

**PE** : Prééclampsie

**PMSI** : Programme de médicalisation des systèmes d'information

**R<sup>2</sup>** : coefficient de détermination

**SA** : Semaine d'Aménorrhée

## TABLE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Diagramme de flux</i> .....	24
<i>Figure 2 : Répartition des poids de naissance</i> .....	27
<i>Figure 3 : Répartition des Z-scores de naissance selon le terme</i> .....	28

# TABLE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Caractéristiques de la population (tableau simplifié) .....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 2 : Erreur quadratique moyenne et coefficient de détermination de Pearson comparés de l'échographie du troisième trimestre et de l'échographie de croissance (population générale).....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 3 : Erreur quadratique moyenne et coefficient de détermination de Pearson comparés de l'échographie du troisième trimestre et de l'échographie de croissance (population générale).....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 4 : Erreur de poids moyen par rapport au poids réel de naissance faite par l'échographie du troisième trimestre et par l'échographie de croissance selon les caractéristiques fœtales ou maternelles..</i>	<i>32</i>

## INTRODUCTION

Durant la grossesse, l'échographie fait partie intégrante du suivi, en permettant de contrôler concomitamment au suivi clinique, la bonne évolution du fœtus, sa formation et sa croissance. Pour chaque femme enceinte, de plus en plus d'échographies sont réalisées (1) et cela avec des appareils de plus en plus performants permettant une définition et une analyse d'image bien supérieure à ce qui était réalisé il y a quelques années. En France, il est recommandé par la Haute Autorité de Santé, la réalisation de trois échographies (2) : l'échographie de datation qui permet de donner une date de début de grossesse grâce à la longueur crânio-caudale qui sera une référence par la suite pour le suivi de la grossesse. Celle-ci doit être réalisée entre 11 semaines d'aménorrhées (SA) et 13<sup>+6</sup> SA. Au second trimestre, l'échographie est réalisée entre 20 et 25SA et permet notamment l'examen morphologique du fœtus à la recherche de malformations. Enfin, la dernière échographie recommandée est l'échographie du troisième trimestre, réalisée entre 30 et 35SA, qui permet un contrôle complémentaire de la morphologie mais surtout de la croissance fœtale. Celle-ci est évaluée par l'estimation du poids fœtal (EPF) qui constitue un des éléments importants pour l'évaluation du développement fœtal et de son bien-être.

L'estimation du poids fœtal par méthode échographique a initialement été décrite en 1971 par Campbell (3) avec une courbe logarithmique du diamètre bipariétal uniquement selon le terme puis par Warsof (4) qui propose alors une formule prenant en compte le diamètre bipariétal et la circonférence abdominale. La formule actuellement utilisée est la formule d'Hadlock (5,6), elle intègre le périmètre céphalique (PC), le périmètre abdominal (PA) et la longueur fémorale (LF) (Annexe 1). Cette méthode est celle qui est actuellement la plus fiable, cependant elle doit être utilisée en réalisant les mesures nécessaires (PA, PC et LF) avec des critères de qualité précis afin de permettre un suivi avec une reproductibilité inter-observateur plus fiable. Pour cela, la Conférence nationale d'échographie obstétricale et fœtale (CNEOF) a émis des recommandations sur les images clés à avoir afin d'avoir les meilleurs critères pour les mesures du PC, PA et LF (7), pour une estimation du poids fœtal la plus représentative possible. Cependant, malgré ces recommandations, il existe toujours une certaine variabilité inter et intra-observateur propre à l'échographie et notamment à l'échographie obstétricale qui dépend notamment de la position fœtale lors de la réalisation de celle-ci mais aussi de l'échogénicité de la patiente et l'expérience de l'opérateur (8). Il y a donc un pourcentage d'erreurs non

négligeable dans les mesures réalisées pouvant se répercuter sur l'EPF. De plus, celle-ci devient de plus en plus technique au fur et à mesure de l'avancement de la grossesse avec l'augmentation de taille du fœtus mais aussi la diminution physiologique de la quantité de liquide amniotique associé à une ossification plus avancée du squelette fœtal.

L'analyse de l'estimation de poids fœtal se fait grâce à l'existence de courbes permettant une classification de celui-ci entre plusieurs catégories : les fœtus en retard de croissance intra-utérin (RCIU), les fœtus petits pour l'âge gestationnel (PAG), les fœtus eutrophes et les fœtus estimés gros pour l'âge gestationnel (GAG) ou macrosome.

Un fœtus est catégorisé comme PAG dès lors que son poids estimé est inférieur au 10<sup>ème</sup> percentile et PAG sévère s'il est inférieur au 3<sup>ème</sup> percentile. Il est considéré comme en retard de croissance s'il présente des anomalies doppler associés. Cette définition ne fait pas l'unanimité dans tous les pays, en France, elle a fait l'objet de recommandations en 2015 (9) afin d'avoir une base commune pour le suivi des fœtus. L'ISUOG a fait des recommandations pratiques internationales en 2020 (10), elles complètent la définition française avec la notion de ralentissement de la croissance avec une chute supérieure à 2 quartiles ou encore le diagnostic d'un fœtus RCIU avec la mesure du PA inférieure au 3<sup>ème</sup> percentile isolée. En 2021, il y a eu 11% de naissances de nouveaux nés PAG ou RCIU (1). Cependant, tous ne sont pas dépistés en anténatal, en 2010, une étude réalisée dans les maternités françaises a montré un taux de détection de seulement 21 à 33% respectivement pour les fœtus PAG et RCIU (11). Pourtant ces fœtus sont plus à risques notamment de mort fœtale in utero (MFIU) ou encore de mauvaise adaptation à la naissance avec des complications néonatales qui peuvent aller de l'hypothermie et l'hypoglycémie à des atteintes neurologiques sévères et jusqu'à une mortalité périnatale augmentée (12–14). C'est pour cela qu'un suivi adapté est nécessaire avec des échographies de croissance afin de surveiller les échanges fœto-placentaires et le poids fœtal. A contrario, les fœtus estimés GAG ou macrosomes sont définis par une EPF supérieure au 90<sup>ème</sup> percentile (15) voir supérieure au 95<sup>ème</sup> percentile selon les études et selon le CFEF. Ces fœtus nécessitent aussi une surveillance majorée et une prise en charge spécifique à la naissance, en effet, ils sont plus à risque de faire des hypoglycémies d'autant plus si la patiente présente un diabète gestationnel ou préexistant (16) mais aussi d'infection néonatale ou d'une durée d'hospitalisation plus longue que les fœtus eutrophe (17). En fin de grossesse, la suspicion de macrosomie peut entraîner la nécessité de déclencher l'accouchement ou encore de proposer une césarienne selon le poids fœtal estimé et la présence ou non d'un diabète, des recommandations ont été établis à la suite de la publication de l'étude DAME (18,19). De plus,

lors de l'accouchement, une surveillance particulière est nécessaire du fait du risque de dystocie des épaules (20) et d'un risque accru de complications obstétricales notamment les lésions périnéales (21,22) (23).

Ce diagnostic des poids extrêmes a été rendu possible par la création de courbes ayant pour objectif de dépister les fœtus ayant besoin d'un suivi adapté par rapport aux autres.

De nombreuses courbes de croissance fœtale ont été créées dès les années 1990 (24) cependant leur méthodologie en faisait des courbes peu fiables et donc peu utilisables en pratique courante. Les premières courbes à avoir été utilisées de façon pratique en France sont les courbes de Hadlock (25). Il s'agit de courbes descriptives, c'est-à-dire qu'elles correspondent à un recueil de données à un moment précis et sur une population peu sélectionnée, tout en excluant certaines pathologies (15,26). Étant faite de façon à décrire la population à un instant T par la médiane et les centiles, elles sont liées aux caractéristiques de la population étudiée, par conséquent, si l'on est dans une population avec un plus fort taux de fœtus PAG, ces poids seront donc considérés comme « normaux » sur la courbe et il y aura donc un risque de sous diagnostic. Ces courbes peuvent donc être biaisées selon les caractéristiques de santé initiale de la population prise en compte. Ce type de courbes a longtemps été utilisé en France, notamment celle de Salomon (27) puis celle du CFEF (28), elles ont été durant de nombreuses années les courbes de références dans la description des échographies fœtales et notamment des anomalies de croissance.

Cependant depuis 2017, des recommandations ont été faites sur l'intérêt de changer les courbes et de passer à des courbes réalisées sur un modèle prescriptif afin d'être le plus représentatif de la population actuelle. Contrairement aux courbes descriptives, les courbes de croissance prescriptives sont basées sur une population très sélectionnée avec des critères optimaux pour être en bonne santé. Elles reflètent donc mieux les normes attendues et sont plus sensibles pour le dépistage des anomalies de croissance. Plusieurs courbes prescriptives ont été publiées, les deux principales sont les courbes de l'OMS (29) et Intergrowth-21st (30).

La courbe Intergrowth-21st a été publiée initialement en 2014, il s'agit d'une courbe prescriptive associée à un nouveau calcul pour l'EPF avec deux mesures, cependant elle a par la suite été publiée de nouveau en 2017 afin d'être applicable aux calculs de l'EPF recommandé selon la méthode Hadlock (31). Secondairement, la courbe OMS a été publiée en 2017, elle fait suite à une étude sur 6 années et réalisée dans 10 pays situés sur chacun des continents du monde

qui a permis d'inclure les données de 1439 femmes. L'objectif de ces deux courbes est notamment de détecter les fœtus à risque de restriction de croissance.

Les différences entre les courbes OMS et IG-21 sont principalement la présence de critères d'exclusion plus stricts sur l'étude Intergrowth-21st et donc avec une influence sur la répartition des poids sur la courbe mais aussi la réalisation en aveugle avec une standardisation des équipements et des pratiques permettant un contrôle qualité. De plus, il y a la possibilité d'utiliser les écart-types (Z-score) sur la courbe Intergrowth-21st qui n'existe pas sur la courbe OMS. Malgré un consensus sur la nécessité d'utiliser les courbes prescriptives pour le suivi de la croissance fœtale, il y a une divergence entre les recommandations du CNGOF et du CFEF. Le CNGOF préconise par ses recommandations l'utilisation de la courbe OMS afin de permettre une meilleure détection des fœtus en restriction de croissance (15,32) alors que le CFEF privilégie l'utilisation de la courbe Intergrowth-21st depuis 2017 avec une recommandation renouvelée en 2022, de par sa proximité avec les standards français mais aussi le suivi de ses courbes en anté et post-natal (33,34).

L'estimation du poids fœtal est donc importante dans la prise en charge obstétricale des patientes afin de pouvoir adapter le suivi et rassurer les patientes. Actuellement, les patientes n'ayant pas de facteurs de risques ont comme dernière échographie celle du troisième trimestre sur laquelle les professionnels de santé se basent pour la prise en charge à la naissance. Cette échographie étant réalisée plus de deux mois avant l'accouchement, il est licite de se poser la question de sa fiabilité en termes d'estimation de poids fœtal. La réalisation d'une échographie de croissance plus proche de l'accouchement pourrait permettre une meilleure estimation du poids à la naissance. Certaines patientes ont déjà une quatrième échographie pour contrôler la croissance fœtale, elle est réalisée uniquement dans certaines indications notamment les antécédents de fœtus hypotrophe, les pathologies maternelles pouvant impacter la croissance fœtale ou encore la découverte d'un fœtus avec une anomalie de croissance que ce soit un ralentissement de croissance ou une suspicion de macrosomie. Cependant peu d'études ont été réalisées permettant de savoir s'il y avait une meilleure fiabilité sur l'estimation du poids fœtal à la naissance entre l'échographie du troisième trimestre et les échographies de croissance en fin de grossesse depuis le changement des courbes de croissance anténatal.

Cette étude a donc pour objectif d'évaluer la performance de l'échographie dite « de croissance de fin de grossesse » pour prédire le poids de naissance à terme par rapport à l'échographie du troisième trimestre chez des fœtus singleton sans malformation.

# MATERIEL ET METHODE

## TYPE D'ETUDE

Il s'agit d'une étude monocentrique, rétrospective, réalisée à partir des données échographiques et PMSI de patientes suivies et ayant accouché au sein du service de la maternité du CHRU de Tours.

## POPULATION

Pour pouvoir être incluses dans l'étude, les patientes devaient avoir bénéficié, au cours de la période allant d'octobre 2020 et mars 2024, d'au moins deux examens échographiques.

- une échographie du troisième trimestre réalisée entre 30 et 33<sup>+6</sup> SA
- une échographie de croissance réalisée entre 34 et 37<sup>+6</sup> SA

Les patientes ayant accouché prématurément avant 37SA, celles porteuses d'une grossesse multiple, dont les fœtus avaient une malformation ou encore s'étant opposé aux traitements de leurs données ont été exclues de l'étude.

## DONNEES

Les données de l'étude ont été extraites en juillet 2024 à partir de deux sources :

- La base de données échographiques du logiciel Viewpoint ® version 6 (GE HealthCare, France). Les données échographiques récupérées proviennent toutes d'échographies programmées, réalisées en dehors d'un contexte d'urgence ou de début de travail. Elles ont toutes été réalisées par des professionnels de santé ayant obtenu le Diplôme universitaire d'échographie obstétricale et gynécologique que ce soit des sage-femmes ou des médecins gynécologues ou échographistes.

Les données suivantes ont été extraites :

- la date de début de grossesse
- la date de l'échographie du troisième trimestre réalisée entre 30 et 33<sup>+6</sup> SA ainsi que le terme correspondant

- l'EPF calculé selon la formule de Hadlock ( $\log \text{EPF} = 1.326 + 0.0107 \text{ PC} + 0.0438 \text{ PA} + 0.158 \text{ LF} - 0.00326 \text{ PA} \times \text{LF}$ ) pour l'échographie du troisième trimestre réalisée entre 30 et 33<sup>+6</sup> SA
  - la date de l'échographie de croissance réalisée entre 34 et 37<sup>+6</sup> SA ainsi que le terme correspondant
  - l'EPF calculé selon la formule de Hadlock ( $\log \text{EPF} = 1.326 + 0.0107 \text{ PC} + 0.0438 \text{ PA} + 0.158 \text{ LF} - 0.00326 \text{ PA} \times \text{LF}$ ) pour l'échographie de croissance réalisée entre 34 et 37<sup>+6</sup> SA
- La base de données du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI)

Les données suivantes ont été extraites :

- l'âge
- la parité, la gestité
- la date d'accouchement
- le poids de naissance de l'enfant
- l'EPF avec les valeurs de : PC, PA et LF pour l'échographie du troisième trimestre
- la date de l'échographie de croissance ainsi que le terme exact
- l'EPF avec les valeurs de : PC, PA et LF pour l'échographie de croissance

Les données suivantes ont été recueillies grâce aux codes diagnostics selon le référentiel CIM-10:

- E10-, E11-, E14- pour le diabète
- O24- et O244- pour le diabète gestationnel
- E66- pour l'obésité
- I10- et I159- pour l'hypertension préexistante
- O16- et O13- pour l'HTA gravidique
- O11- et O14- pour la prééclampsie

Le terme de la grossesse à l'accouchement a été calculé pour chacune des patientes à partir de la date de début de grossesse et la date d'accouchement.

Les EPF de chaque examen échographique ainsi que les poids de naissance ont été traduits en percentiles et Z-score selon le référentiel Intergrowth-21st (IG-21) afin d'autoriser une

comparaison entre poids estimés et poids de naissance. Ce calcul a été réalisé à l'aide de l'extension Excel® de calcul de l'EPF : EFWCalculator du site Intergrowth-21st (35).

Le choix du référentiel Intergrowth-21st s'imposait à nous car il s'agit de l'unique référentiel permettant la conversion en Z-score. De plus, il représente la référence utilisée au CHRU lors des échographies de grossesse.

### ANALYSE STATISTIQUE

Les données quantitatives sont exprimées en moyenne +/- SD. L'analyse de la précision comparée de l'échographie du troisième trimestre et de l'échographie de croissance pour évaluer le poids de naissance a été réalisée en comparant les Z-Scores des EPF de chaque échographie par rapport au poids de naissance à l'aide de la méthode de l'erreur quadratique moyenne: MSE (Mean squared error) et par l'évaluation du coefficient de détermination linéaire de Pearson :  $R^2$ .

Dans notre travail l'erreur quadratique moyenne est utilisée comme un indicateur de vérification de la fiabilité des mesures de l'estimation du poids fœtal. Cet outil étudie les écarts entre les valeurs de Z-Score d'EPF et les valeurs réelles de Z-Score de poids de naissance. L'erreur quadratique est une valeur toujours positive. Plus les valeurs obtenues de Z-Score d'EPF sont proches des valeurs de Z-Score de poids de naissance, plus les écarts sont faibles et l'erreur quadratique proche de zéro

Le choix de la méthode de l'erreur quadratique moyenne plutôt que de l'erreur absolue moyenne permettait un calcul de la précision des examens échographiques plus sensible aux erreurs extrêmes d'estimations de poids fœtal.

Nous avons d'abord réalisé une analyse sur l'ensemble de la population d'étude puis des analyses en sous-groupes sur les groupes suivants :

- Diabète gestationnel et préexistant
- Obésité
- Hypertension artérielle
- Prééclampsie
- Fœtus < 10<sup>ème</sup> percentile à l'échographie du troisième trimestre
- Fœtus > 90<sup>ème</sup> percentile à l'échographie du troisième trimestre
- Nouveau-né < 10<sup>ème</sup> percentile à la naissance

- Nouveau-né > 90<sup>ème</sup> percentile à la naissance

A partir des valeurs de l'erreur quadratique moyenne de chacune des deux échographies (troisième trimestre et échographie de croissance), nous avons pu estimer à l'aide du référentiel Intergrowth-21st l'erreur moyenne absolue en grammes et le pourcentage d'erreur de poids par rapport au poids de naissance faite par chacune de ces deux échographies.

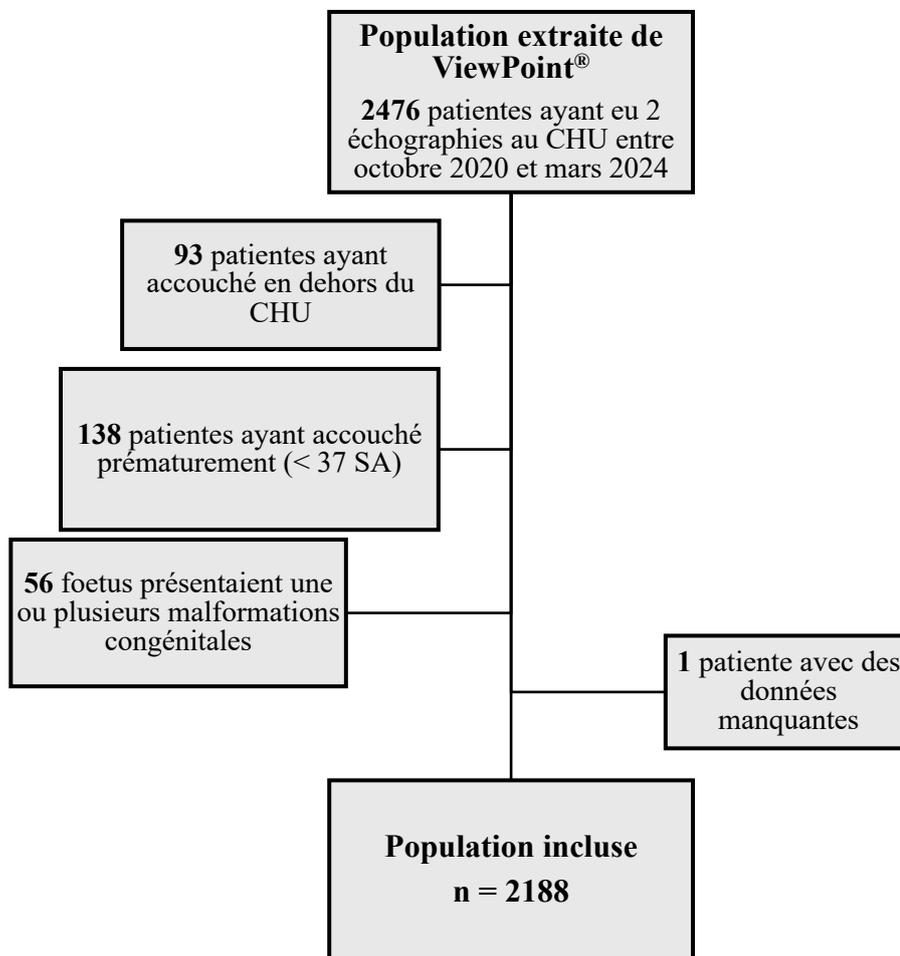
### REGLEMENTATION ET PROTECTION DES PERSONNES

Cette étude a été déclaré auprès du CHRU de Tours et de la CNIL dans le cadre de la réglementation MR004, l'enregistrement a été fait sous le numéro 2024\_111.

Dans notre étude, il n'a pas été nécessaire de recueillir un avis auprès du Comité d'éthique du CHRU.

# RESULTATS

## DESCRIPTION DE LA POPULATION



*Figure 1 : Diagramme de flux*

Au total, 2188 patientes ont été incluses dans l'étude sur les 2478 patientes ayant eu une échographie réalisée entre 30 et 33<sup>+6</sup> SA et une entre 34 et 37<sup>+6</sup> SA, réalisées au CHRU de Tours (Fig.1). Les malformations fœtales pour lesquelles les patientes ont été exclues étaient : malformations cérébrales (n=3), malformations cardiaques et des gros vaisseaux (n=23), hernie diaphragmatique (n=2), malformations rénales ou des voies urinaires et génitales (n=10), malformations des membres (n=12), malformation et anomalie du tractus pulmonaire (n=3), malformation du palais (n=1), malformation du tractus digestif (n=1) et malformation non spécifiée (n=1).

Dans notre population, les femmes avaient en moyenne 30,6 ans  $\pm$  5,8 et étaient pour 62% multipare. On retrouvait une obésité dans 29% des cas, et dans 45,8% des cas dans la population de patientes diabétiques. A propos des patientes ayant une pathologie maternelle, 482 patientes avaient un diabète qu'il soit gestationnel ou préexistant soit un taux de 22,2%. Les caractéristiques des patientes incluses sont reportées dans le Tableau 1.

<b>Population</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<b>N = 2188</b>		
<b>Caractéristiques des patientes</b>		
Age ( $\pm$ SD)	30.6 ans	$\pm$ 5,8
Primiparité	826	38
Obésité (IMC > 30)	637	29
<b>Pathologie durant la grossesse</b>		
Diabète préexistant	49	2,2
Diabète gestationnel	433	20
HTA préexistante ou gravidique	70	3,2
Prééclampsie	53	2,4
<b>Caractéristiques de l'accouchement</b>		
Terme d'accouchement [min ; max]	39 <sup>+4</sup>	[37 <sup>+0</sup> ; 42 <sup>+1</sup> ]
<i>Voie d'accouchement</i>		
Accouchement voie basse	1581	72
Césarienne	607	28
Poids moyen de naissance (g) [min ; max]	3291g	[1780 ; 4930]
Nouveau-né PAG	239	10,9
Nouveau-né macrosome	345	15,8
<b>Échographie du troisième trimestre</b>		
Terme moyen [min ; max]	32	[30 ; 33 <sup>+6</sup> ]
Poids moyen [min ; max]	1927g	[956 ; 2993]
Fœtus PAG	33	1,5
Fœtus macrosome	472	21,6
<b>Échographie de croissance de fin de grossesse</b>		
Terme moyen [min ; max]	36 <sup>+2</sup>	[34 ; 37 <sup>+6</sup> ]
Poids moyen [min ; max]	2804g	[1698 ; 4879]
Fœtus PAG	76	3,5
Fœtus macrosome	358	16,4

**Tableau 1 : Caractéristiques de la population (tableau simplifié)**

## *DONNEES D'ECHOGRAPHIE*

### **L'échographie du troisième trimestre**

Sur les 2188 échographies du troisième trimestre réalisées entre 30 et 33<sup>+6</sup>SA, les poids fœtaux estimés allaient de 956g à 2993g avec des Z-scores allant de - 3,10 à + 3,83. Le terme moyen de réalisation de l'échographie était de 32SA  $\pm$  5 jours et le poids moyen des fœtus était de 1927g  $\pm$  274g.

Sur cette échographie, 33 fœtus ont été diagnostiqué PAG ou RCIU sur cette échographie avec des percentiles allant de 0,10 à 9,92. Parmi ces fœtus PAG, 3 étaient catégorisés comme PAG sévère voir RCIU pour une EPF inférieure au 3<sup>ème</sup> percentile. Parmi les fœtus inférieurs au 10ème percentile, le poids moyen était de 1385g  $\pm$  177g.

A contrario, 472 fœtus faisaient suspecter une macrosomie avec une EPF supérieure au 90<sup>ème</sup> percentile, leur poids moyen était de 2230g  $\pm$  221g. Les percentiles allaient de 90,05 à 99,99 soit des Z-scores de +1,28 à + 3,83.

### **L'échographie de croissance**

Elle était faite en moyenne 30  $\pm$  6 jours après l'échographie du troisième trimestre, avec un minimum de 8 jours et un maximum de 53 jours. Seules 14 patientes sur les 2188 ont eu leur échographie dite « de croissance » à moins de deux semaines d'intervalle avec l'échographie du troisième trimestre.

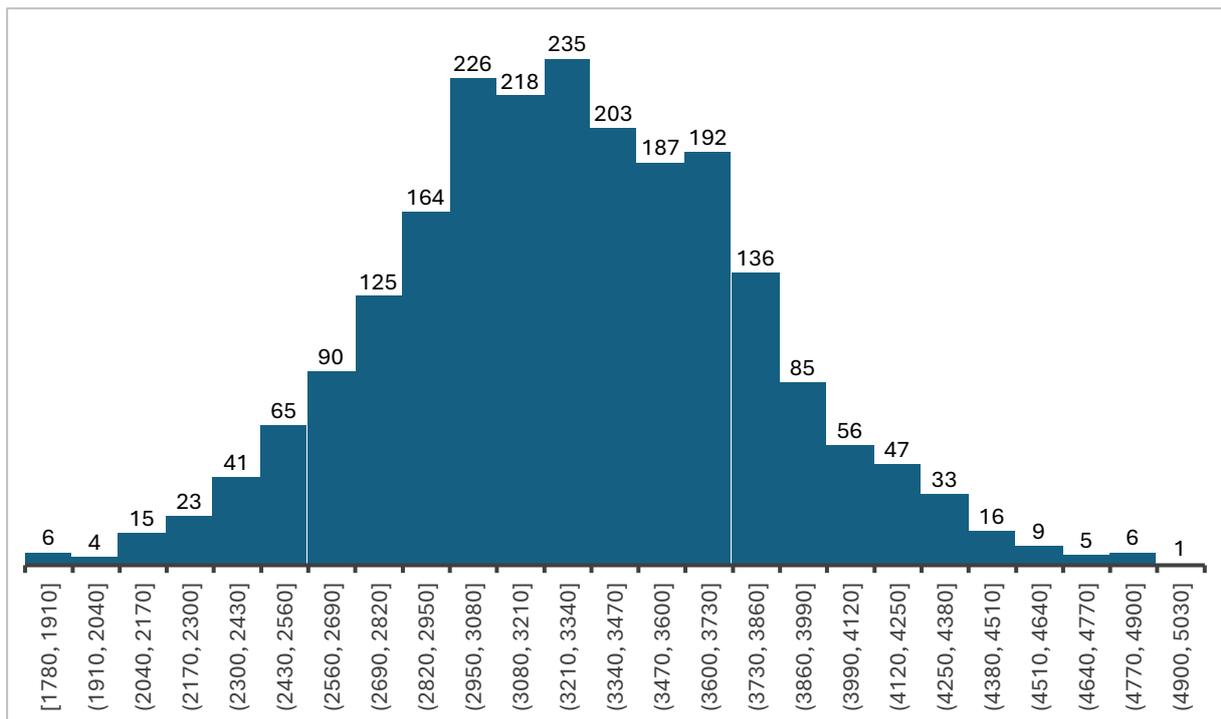
Pour les échographies de croissance, réalisées entre 34 et 37<sup>+6</sup>SA, les EPF étaient comprises entre 1698 et 4879g, avec un poids moyen de 2804g  $\pm$  408g.

Parmi les 33 fœtus PAG lors de l'échographie du troisième trimestre, 27 sont restés sous le 10<sup>ème</sup> percentile. Au total, 76 fœtus étaient considérés comme PAG lors de l'échographie de croissance, ils avaient des percentiles allant de 0,21 à 9,94 soit respectivement un Z-score de - 2,85 à -1,28 et leur poids moyen était de 2118g  $\pm$  166g. Parmi ces 76 fœtus, 24 étaient considérés comme RCIU.

A propos des fœtus macrosomes, 284 des 472 détectés lors de l'échographie du troisième trimestre étaient toujours. Et 74 de plus ont été suspectés soit au total, 358 fœtus étaient supérieurs au 90<sup>ème</sup> percentile lors de cette échographie, avec des percentiles allant de 90,03 à 100 soit des Z-scores de +1,28 à +4,82. Leur poids moyen était de 3407g  $\pm$  304g.

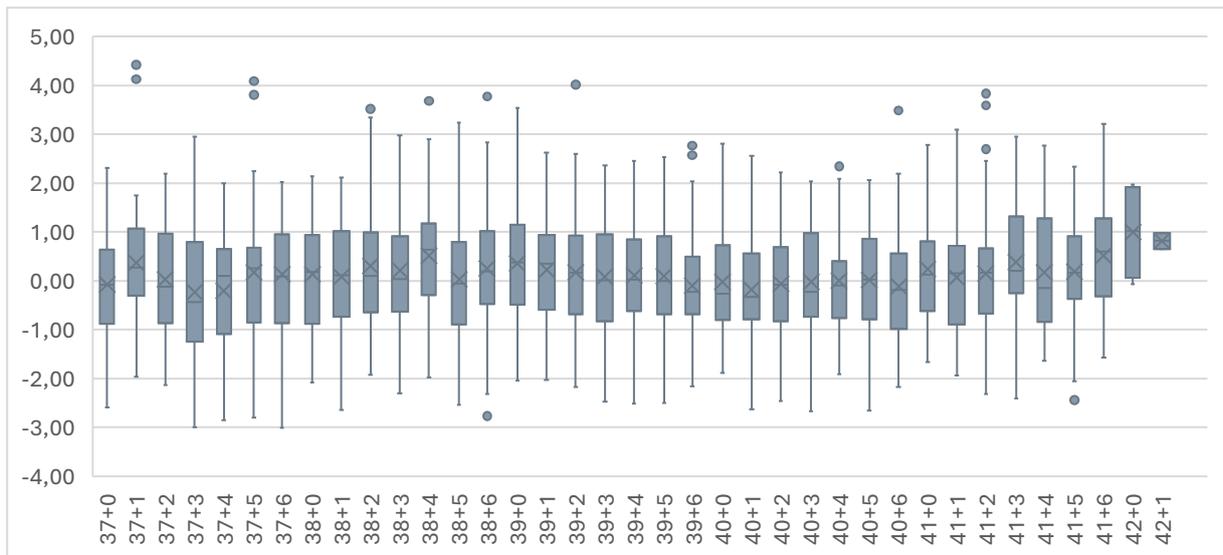
### TERME ET POIDS DE NAISSANCE

Le terme d'accouchement était situé entre 37 et 42<sup>+1</sup> SA, en moyenne, les patientes ont accouché vers 39<sup>+4</sup> SA  $\pm$  8 jours. Le temps moyen entre l'échographie de croissance et l'accouchement était de 22  $\pm$  9 jours, il avait lieu, au minimum le jour de l'échographie et au maximum 54 jours après. Dans notre population, il y avait un taux de césarienne de 28%, et les nouveau-nés avaient un poids de naissance moyen de 3291g  $\pm$  499g. La répartition des poids de naissance est renseignée dans la Figure 2.



**Figure 2 : Répartition des poids de naissance**

Les Z-scores et percentiles des poids de naissance allaient respectivement de  $-3,01$  et  $0,13^{\text{ème}}$  à  $+4,42$  et  $100^{\text{ème}}$  percentile. Les Z-scores sont répartis comme suit selon le terme (Fig.3)



***Figure 3 : Répartition des Z-scores des poids de naissance selon le terme***

A la naissance, 239 nouveau-nés étaient petit pour l'âge gestationnel soit inférieur au dixième percentile dont 68 en retard de croissance (inférieur au troisième percentile). Il s'agit donc de 10,9% des nouveau-nés, et pour seulement 70 soit 29% cela avait été suspecté durant la grossesse : 11,7% au troisième trimestre et 28,4% lors de l'échographie de croissance dont 10% l'ont été durant les deux échographies.

Pour ce qui est des nouveau-nés macrosome, 345 l'était à la naissance, alors que seulement 268 avait été suspecté durant la grossesse soit 77% : 66% lors de l'échographie du troisième trimestre et 64,6% lors de l'échographie de croissance dont 53% durant les 2 échographies.

### COMPARAISON DES Z SCORES

Afin d'évaluer la performance de l'échographie du troisième trimestre et de l'échographie de croissance pour prédire le Z-Score du poids de naissance, nous avons fait un calcul de l'erreur quadratique moyenne : MSE « mean squared error », une valeur la plus proche de zéro signifie une erreur faible et donc une meilleure précision entre les Z-scores de l'échographie et du poids de naissance. Le coefficient de détermination  $R^2$  a aussi été calculé, pour son interprétation, une valeur plus proche de 1 indique une meilleure précision.

On constate que l'erreur quadratique moyenne est plus faible pour l'échographie de croissance que pour l'échographie du troisième trimestre dans la population générale, de plus il est associé

à un coefficient de détermination supérieur. Sur toutes les mesures, l'échographie de croissance a une précision supérieure à celle de l'échographie du troisième trimestre (Tableau 2). L'erreur de Z-scores dans la population générale est de +/- 0,92 pour l'échographie du troisième trimestre et de +/- 0,70 pour l'échographie de croissance.

Comparaison des Z-scores de l'échographie et de naissance	ÉCHOGRAPHIE DU TROISIEME TRIMESTRE		ÉCHOGRAPHIE DE CROISSANCE	
	MSE	R2	MSE	R2
Population totale N=2188	0.85	0.52	0.50	0.66

***Tableau 2 : Erreur quadratique moyenne et coefficient de détermination de Pearson comparés de l'échographie du troisième trimestre et de l'échographie de croissance (population générale).***

Une analyse en sous-groupes a été réalisée et retrouve des valeurs de MSE inférieures pour l'échographie de croissance par rapport à l'échographie du troisième trimestre quel que soit le sous-groupe (Tableau 3).

Sous groupes	Analyse statistique	ÉCHOGRAPHIE DU TROISIEME TRIMESTRE		ÉCHOGRAPHIE DE CROISSANCE	
		MSE	R2	MSE	R2
Obésité N = 637		0.92	0.49	0.55	0.65
Diabète N = 483		0.84	0.48	0.51	0.65
HTA N = 70		0.94	0.56	0.61	0.69
Prééclampsie N = 53		1.01	0.64	0.46	0.79
Fœtus < 10 <sup>ème</sup> percentile à l'échographie du troisième trimestre N = 33		0.53	0.01	0.26	0.44
Nouveau-né < 10 <sup>ème</sup> percentile à la naissance N = 239		1.94	0.12	0.93	0.23
Fœtus > 90 <sup>ème</sup> percentile à l'échographie du troisième trimestre N = 470		0.93	0.20	0.55	0.43
Nouveau-né > 90 <sup>ème</sup> percentile à la naissance N = 345		0.72	0.14	0.64	0.26

***Tableau 3 : Erreur quadratique moyenne et coefficient de détermination de Pearson comparés de l'échographie du troisième trimestre et de l'échographie de croissance (population générale).***

L'analyse des différents sous-groupes montre que quel que soient les caractéristiques de croissance fœtale ou les caractéristiques biométriques ou les pathologies maternelles, l'échographie de croissance est plus performante que l'échographie du troisième trimestre. En effet, le MSE des échographies de croissance est inférieur à celui de l'échographie du troisième

trimestre. Ces résultats sont confirmés par les coefficients de détermination qui sont supérieurs pour l'échographie de croissance pour tous les sous-groupes.

#### COMPARAISON DES POIDS DE NAISSANCE ESTIMES ET REELS

Pour l'échographie dite « de croissance », on retrouve une erreur moyenne de poids de 285g avec un pourcentage d'erreur sur le poids d'environ 7%. Contrairement à l'échographie du troisième trimestre où l'on retrouve une erreur moyenne de 370g et 10% de pourcentage d'erreur.

Ces mêmes données pour l'analyse en sous-groupes sont décrites dans le Tableau 4. Dans les sous-groupes, l'erreur de poids est majorée pour les patientes ayant une prééclampsie avec +/- 405g d'erreur soit 12% du poids pour l'échographie de dépistage du troisième trimestre ou +/- 270g soit 8% pour l'échographie de croissance. Cependant, il l'est encore plus pour les nouveau-nés inférieurs au 10<sup>ème</sup> percentile avec un pourcentage d'erreur de poids de 20%, soit une erreur moyenne de 552g lors de l'échographie du troisième trimestre et 13% pour l'échographie de croissance soit 383g.

Sous groupes	Analyse statistique	ÉCHOGRAPHIE DU TROISIEME TRIMESTRE		ÉCHOGRAPHIE DE CROISSANCE	
		Moyenne différence de poids	Pourcentage d'erreur	Moyenne différence de poids	Pourcentage d'erreur
Obésité N = 637		+/- 388g	10%	+/- 300g	7%
Diabète N = 483		+/- 374g	9%	+/- 292g	7%
HTA N = 70		+/- 397g	10%	+/- 323g	7%
Prééclampsie N = 53		+/- 405g	12%	+/- 270g	8%
Fœtus < 10 <sup>ème</sup> percentile à l'échographie du troisième trimestre N = 33		+/- 277g	10%	+/- 198g	7%
Nouveau-né < 10 <sup>ème</sup> percentile à la naissance N = 239		+/- 552g	20%	+/- 383g	13%
Fœtus > 90 <sup>ème</sup> percentile à l'échographie du troisième trimestre N = 470		+/- 396g	9%	+/- 305g	7%
Nouveau-né > 90 <sup>ème</sup> percentile à la naissance N = 345		+/- 342g	7%	+/- 321g	6%

**Tableau 4** : *Erreur de poids moyen par rapport au poids réel de naissance faite par l'échographie du troisième trimestre et par l'échographie de croissance selon les caractéristiques fœtales ou maternelles*

# DISCUSSION

## RESULTATS ET APPORTS DE L'ETUDE

Notre étude montre que l'échographie dite « de croissance » semble plus précise que l'échographie de dépistage du troisième trimestre pour estimer le poids de naissance y compris dans les situations d'obésité maternelle, de diabète gestationnel, d'hypertension artérielle ou de prééclampsie, ou dans les situations où la croissance fœtale est insuffisante (PAG/RCIU) ou excessive (macrosomie fœtale).

Cette étude a été initiée dans un contexte où le dépistage des anomalies de croissance fœtale prend une place importante notamment pour les restrictions de croissance et où les femmes réalisent de plus en plus d'échographies durant leur grossesse. Il est commun de penser que plus l'échographie est réalisée à un terme avancé plus elle est difficile et donc moins propice à permettre d'estimer un poids fœtal le plus proche de la réalité. De plus, on sait que la croissance fœtale est dynamique durant toute la grossesse avec une augmentation rapide sur les dernières semaines et qu'elle est liée principalement au fonctionnement placentaire (36). La croissance peut varier pour un seul fœtus et infléchir sur la fin de grossesse, dans les études, on retrouve une prévalence de 5 à 10% de RCIU après 32SA (37), avec le plus souvent, en cause un vieillissement prématuré du placenta entraînant une perturbation des échanges foeto-placentaires (38). Ces fœtus en retard de croissance sont donc méconnus lorsque les patientes n'ont que l'échographie du troisième trimestre avant l'accouchement, et sont à risque d'issue néonatale défavorable. Cette situation est majorée par l'absence d'anticipation dans la prise en charge. L'ajout d'une échographie dans le suivi obstétrical, réalisé plus proche de l'accouchement pourrait permettre une meilleure précision du poids de naissance et accroître le dépistage des fœtus en retard de croissance sur la fin de grossesse.

C'est pourquoi l'objectif principal de notre étude était d'évaluer les performances de l'échographie dite « de croissance de fin de grossesse » par rapport à l'échographie de dépistage du troisième trimestre.

Comparativement à l'enquête de périnatalité de 2021, la population de notre étude présentait une plus grande proportion de patientes obèses : 29% contre 14,4% mais aussi une plus grande proportion de patiente avec un diabète gestationnel : 20% contre 16,4% ce qui peut expliquer une plus forte proportion de fœtus macrosome : 21,6% contre 8,7%. A contrario, le taux de patientes avec une HTA était proche de celui de l'étude de périnatalité : 3,2% contre 4,3% et

tout comme le taux de prééclampsie : 2,4% contre 2,3%. De plus, dans l'étude le taux de césarienne est de 28% ce qui était supérieur au taux de 21,4% retrouvé dans l'enquête de périnatalité de 2021, mais aussi au taux de césarienne du CHRU de Tours qui était de 21,8% sur les années d'étude soit de 2020 à 2024 avec un taux maximum de 24% en 2023. Un nombre plus important de patientes obèses et diabétiques peut s'expliquer par la réalisation d'échographie complémentaire au CHRU de Tours uniquement pour les patientes ayant une pathologie ou alors des facteurs de risques d'anomalies de croissances fœtale. Parmi les 637 patientes obèses, 221 patientes présentaient un diabète associé qu'il soit gestationnel ou préexistant. La répartition des poids de naissances comme visualisée sur la Figure 2, décrit une courbe de Gauss qui prouve une distribution habituelle dans la population. En effet, c'est par une fonction gaussienne qu'est décrite la distribution des poids de naissances dans les courbes descriptives et prescriptives qui montre alors des valeurs de poids extrêmes pour les 10 percentiles les plus faibles mais aussi les plus hauts.

A propos des résultats de l'étude, les différentes analyses de l'erreur quadratique moyenne et du coefficient de détermination ( $R^2$ ) semblent démontrer, dans la population générale, une meilleure précision dans l'estimation du poids de naissance et notamment son Z-score pour l'échographie de croissance, avec une erreur de Z-score de +/- 0,7 contre +/- 0,92 pour l'échographie du troisième trimestre, ce qui équivaut à une erreur de poids, respectivement de 285g et 370g. Cela équivaut respectivement à 7 et 10% d'erreurs lors des échographies. La précision des échographies réalisées dans cette étude était supérieure à ce qui est retrouvée dans la littérature, notamment par Kayem et al.(39) où la précision de l'estimation de poids est estimée à environ 10% près ou encore dans la revue systématique sur l'estimation de poids fœtal de 2005 (40) où l'erreur est de 14%.

Dans l'analyse en sous-groupe, l'échographie dite « de croissance de fin de grossesse » semble être meilleure pour la prédiction du poids de naissance, tout comme dans l'analyse de la population générale. Cependant, on constate pour les nouveau-nés en restriction de croissance un taux d'erreur plus haut pour les deux échographies mais majoré pour l'échographie du troisième trimestre avec une variation de poids moyenne de +/- 552g soit un taux d'erreur de 20% pour l'échographie de dépistage du troisième trimestre contre 13% et +/- 383g pour l'échographie de croissance. C'est pourtant dans cette population de nouveau-nés ayant subi une restriction de croissance probablement survenue sur la fin de grossesse et non attendue que la morbi-mortalité est la plus forte en période périnatale. Au total, quel que soit le sous-groupe, les analyses montrent pour l'échographie de croissance une erreur quadratique moyenne plus

faible et un coefficient de détermination plus haut. Il semblerait que l'échographie dite « de croissance de fin de grossesse » soit supérieure à l'échographie du troisième trimestre pour estimer le poids de naissance, sans franche influence de l'IMC, du diabète, d'une HTA, d'une prééclampsie ou encore des anomalies de croissance fœtale.

Même si la précision de l'échographie de croissance semble supérieure, la différence entre les Z-score des deux échographies est faible. Cela porte à penser que cette différence n'est pas majeure et n'impactera que peu les décisions obstétricales, en dehors des situations de diagnostic de retard de croissance qui n'avait pas été suspecté auparavant.

Il est démontré qu'il faut au minimum deux semaines d'intervalle entre deux échographies obstétricales afin de pouvoir statuer sur une évolution de la croissance fœtale ou non (41). Dans notre population, 2174 patientes ont eu au minimum deux semaines d'écart entre les deux échographies soit 99,4% de la population. Il n'y a donc pas eu de biais quant à la temporalité de réalisation des mesures et la possibilité de comparaison des deux échographies.

#### LIMITES DE L'ETUDE

Du fait d'un temps restreint, il n'a pas été possible d'inclure davantage de patiente ni de recueillir plus de données comme notamment la datation de la grossesse et ses modalités. En effet, cette datation pouvait être faite sur la LCC au premier trimestre par les courbes de Robinson (42) ou encore grâce au 50<sup>ème</sup> percentile du PC sur les datations tardives, ce qui entraîne une datation moins fiable et donc plus de risques d'erreur sur le diagnostic de PAG et RCIU ou encore de macrosomie. De plus, nous avons pris comme référentiel les courbes Intergrowth-21st, cependant les datations au CHRU de Tours ne sont pas réalisées sur les LCC des courbes Intergrowth-21st mais sur les courbes de Robinson (Annexes 2), qui par conséquent peuvent modifier de quelques jours les dates de début de grossesse et donc les termes. Cette modification de terme influe sur les percentiles de l'estimation de poids fœtal qui nous font suspecter à tort de fœtus macrosomes ou omettre des fœtus en restriction de croissance.

Notre étude présente un biais de recrutement du fait des critères d'inclusion et la nécessité que les patientes aient réalisé une échographie de croissance entre 34 et 37<sup>+6</sup> SA. Or, toutes les patientes prises en charge au CHRU de Tours n'avaient pas d'échographie de croissance, seules celles ayant des indications comme un antécédent de retard de croissance chez un fœtus ou encore la présence d'une pathologie gravidique, principalement le diabète en ont bénéficié.

Cela peut expliquer la plus forte proportion de suspicion de macrosomie que dans la littérature et notamment dans l'enquête de périnatalité de 2021.

Un autre biais intervenant dans notre étude est le biais de mesure. Les données récupérées ont été réalisées par différents professionnels, médecins et sage-femmes, n'ayant pas la même expérience mais partageant les mêmes pratiques, à savoir les recommandations du CFEF pour la mesure du PC, PA et LF qui donne l'estimation du poids fœtale. Cependant, malgré des critères reproductibles pour réaliser ces mesures, on sait que la variabilité inter-observateurs peut-être forte et est liée aussi à l'expérience de l'opérateur (40). L'ajout d'une relecture et d'un contrôle de la qualité des images à posteriori aurait pu permettre une diminution de ce biais qui peut entraîner une variation de l'estimation du poids fœtal et donc des Z-scores tout comme le fait que les mesures n'ont pas été faite en aveugle des mesures échographiques précédentes. Or, on sait que le fait de ne pas être en aveugle des mesures précédentes influence la position des callipers lors des calculs du périmètre céphalique, périmètre abdominal et de la longueur fémorale, et par conséquent l'estimation du poids fœtal.

Il est important de noter que l'origine ethnique n'a pas pu être prise en compte à cause de la nécessité d'ajout d'une procédure supplémentaire qui n'était pas possible dans le temps qu'il nous était imparti. Dans plusieurs études, notamment celle de Buck Louis et al. de 2015 (43), on sait qu'elle est un critère influençant l'estimation du poids fœtal et notamment le percentile et la détection des fœtus petit ou gros pour l'âge gestationnel. Malgré tout, les courbes de croissance prescriptives permettent de ne pas le prendre en compte sans qu'il n'y ait d'impact sur l'estimation de poids fœtal (44).

#### PERSPECTIVES A LA SUITE DE L'ETUDE

La croissance fœtale est liée principalement aux échanges fœto-placentaires et se reflètent par l'estimation de poids fœtal. Dans notre étude, nous n'avons pas pris en compte la réalisation ou non des doppler ombilicaux et cérébraux ni leurs valeurs. Dans la littérature, il a été démontré l'impact des résistances ombilicale sur la croissance fœtale surtout lorsque le fœtus est petit pour l'âge gestationnel, cependant certains travaux mènent à penser qu'il a aussi un impact lorsque le fœtus est eutrophe afin d'estimer au mieux sa croissance sur la fin de la grossesse (45). L'ajout de critères notamment les indices de résistances ou pulsatilité ombilicale pourrait avoir un intérêt pour une meilleure évaluation des performances de l'échographie de

croissance et peut être la création de nouvelle recommandation sur l'intérêt d'une échographie de croissance.

La supériorité de l'échographie de croissance par rapport à l'échographie du troisième trimestre dans notre étude pourrait être un préambule à la promotion d'une étude prospective et de plus grande puissance incluant toute patiente enceinte, qu'elle ait ou non une indication à la réalisation d'une échographie de croissance. Elle pourrait permettre d'évaluer l'impact sur le taux de détection des fœtus avec des poids extrêmes et notamment les fœtus PAG et RCIU pour lesquels la morbidité périnatale est la plus importante. En effet, ces fœtus ont plus de risques à court et long terme notamment in utéro, un risque majoré de mort fœtale, mais aussi à la naissance, avec une majoration des risques d'anoxie périnatale (12,46,47).

Il serait aussi intéressant d'évaluer l'impact en termes de santé publique de l'ajout d'une quatrième échographie pour toutes dans les recommandations.

## CONCLUSION

Notre étude avait pour objectif d'évaluer la performance de l'échographie de croissance en fin de grossesse en termes de prédiction du poids naissance par rapport à l'échographie du troisième trimestre. Les résultats de l'étude ont montré que quel que soit le poids fœtal estimé, l'échographie de croissance semblait avoir une meilleure performance pour prédire le poids de naissance. En effet, il y a un taux d'erreur plus faible avec l'échographie de croissance et une marge d'erreur de 7% en moyenne contre 10% pour l'échographie du troisième trimestre. Cela équivaut à une variation de poids de +/- 285g ou +/- 370g respectivement. Cependant cette valeur est majorée pour les nouveau-nés ayant un poids inférieur au 10<sup>ème</sup> percentile avec un taux d'erreur moyen de 13% pour l'échographie de croissance soit +/- 383g et 20% soit +/- 552g pour l'échographie du troisième trimestre. L'IMC, ou encore la présence d'une pathologie gravidique telle qu'un diabète, une HTA ou une prééclampsie ne modifie pas les résultats obtenus, l'échographie de croissance semble mieux prédire le poids de naissance. Malgré une supériorité de l'échographie de croissance, la différence entre les Z-score des deux échographies et les marges d'erreur des poids ne sont pas majeures ce qui porte à penser que les décisions obstétricales n'en sont que peu affecté. Elle a en revanche un intérêt dans la détection des fœtus en retard de croissance sur la fin de grossesse qui n'ont pas été diagnostiqué auparavant, c'est pour cette population que l'ajout d'une quatrième échographie dans les recommandations pourrait être bénéfique.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Cinelli H, Lelong N, Le Ray C et ENP2021 Study group. Rapport de l'Enquête Nationale Périnatale 2021 en France métropolitaine : Les naissances, le suivi à 2 mois et les établissements – Situation et évolution depuis 2016. Inserm, Octobre 2022. Disponible sur le site <https://enp.inserm.fr>.
2. Suivi et orientation des femmes enceintes en fonction des situations à risque identifiées. *La Revue Sage-Femme*. déc 2007;6(4):216-8.
3. Campbell S, Newman GB. Growth of the fetal biparietal diameter during normal pregnancy. *BJOG*. juin 1971;78(6):513-9.
4. Warsof SL, Gohari P, Berkowitz RL, Hobbins JC. The estimation of fetal weight by computer-assisted analysis. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. août 1977;128(8):881-92.
5. Hadlock FP, Harrist RB, Carpenter RJ, et al. Sonographic estimation of fetal weight. *Radiology* 1984; 150:535-40.
6. Hadlock FP, Harrist RB, Sharman RS, Deter RL, Park SK. Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements—A prospective study. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. févr 1985;151(3):333-7.
7. Conférence Nationale d'Echographie Obstétricale et Fœtale : Rapport et recommandations, révision 17 octobre 2023 [internet]. Disponible sur: <https://www.cfef.org/CNEOF2023.pdf> [consulté le 10/07/2024].
8. Ambroise Grandjean G, Le Gall L, Bourguignon L, Collin A, Hossu G, Morel O. Is accuracy of estimated fetal weight improved by better image quality scores? *Intl J Gynecology & Obste*. avr 2023;161(1):289-97.
9. Vayssière C, Sentilhes L, Ego A, Bernard C, Cambourieu D, Flamant C, et al. Fetal growth restriction and intra-uterine growth restriction: guidelines for clinical practice from the French College of Gynaecologists and Obstetricians. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. oct 2015;193:10-8.
10. Lees CC, Stampalija T, Baschat AA, Da Silva Costa F, Ferrazzi E, Figueras F, et al. ISUOG Practice Guidelines: diagnosis and management of small-for-gestational-age fetus and fetal growth restriction. *Ultrasound in Obstet & Gyne*. août 2020;56(2):298-312.
11. Monier I, Blondel B, Ego A, Kaminiski M, Goffinet F, Zeitlin J. Poor effectiveness of antenatal detection of fetal growth restriction and consequences for obstetric management and neonatal outcomes: a French national study. *BJOG*. mars 2015;122(4):518-27.
12. Flamant C, Gascoin G. Devenir précoce et prise en charge néonatale du nouveau-né petit pour l'âge gestationnel. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*. déc 2013;42(8):985-95.
13. Miller SL, Huppi PS, Mallard C. The consequences of fetal growth restriction on brain structure and neurodevelopmental outcome. *The Journal of Physiology*. 15 févr

2016;594(4):807-23.

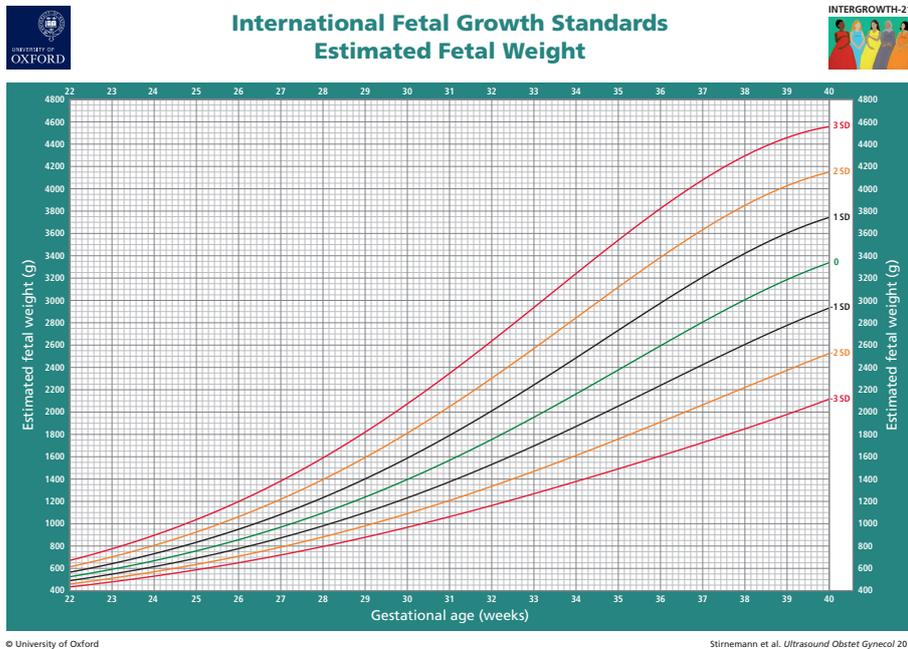
14. Triggs T, Crawford K, Hong J, Clifton V, Kumar S. The influence of birthweight on mortality and severe neonatal morbidity in late preterm and term infants: an Australian cohort study. *The Lancet Regional Health - Western Pacific*. avr 2024;45:101054.
15. Verspyck E, Gascoïn G, Senat MV, Ego A, Simon L, Guellec I, et al. Les courbes de croissance anté- et postnatales en France – recommandations pour la pratique clinique du Collège national des gynécologues et obstétriciens français (CNGOF) et de la Société française de néonatalogie (SFN). *Gynécologie Obstétrique Fertilité & Sénologie*. sept 2022;50(9):570-84.
16. Vambergue A. Le diabète gestationnel : Référentiel élaboré par le Collège national des gynécologues et obstétriciens français (CNGOF) et par la Société francophone du diabète (SFD) – 2010, *Médecine des Maladies Métaboliques*. Médecine des Maladies Métaboliques. févr 2011;5(1):1-5.
17. King JR, Korst LM, Miller DA, Ouzounian JG. Increased composite maternal and neonatal morbidity associated with ultrasonographically suspected fetal macrosomia. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*. oct 2012;25(10):1953-9.
18. ACOG practice bulletin #40: shoulder dystocia. *Obstetrics & Gynecology*. nov 2002;100(5):1045-50.
19. Boulvain M, Senat MV, Perrotin F, Winer N, Beucher G, Subtil D, et al. Induction of labour versus expectant management for large-for-date fetuses: a randomised controlled trial. *The Lancet*. juin 2015;385(9987):2600-5.
20. Sentilhes L, Sénat MV, Boulogne AI, Deneux-Tharaux C, Fuchs F, Legendre G, et al. Shoulder dystocia: guidelines for clinical practice from the French College of Gynecologists and Obstetricians (CNGOF). *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. août 2016;203:156-61.
21. Thubert T, Cardaillac C, Fritel X, Winer N, Dochez V. Définitions, épidémiologie et facteurs de risque des lésions périnéales du 3e et 4e degrés. *RPC Prévention et protection périnéale en obstétrique CNGOF*. *Gynécologie Obstétrique Fertilité & Sénologie*. déc 2018;46(12):913-21.
22. Froehlich R, Simhan H, Larkin J. An Evidence-Based Approach to Defining Fetal Macrosomia. *Amer J Perinatol*. 25 oct 2015;33(05):456-62.
23. Batallan A, Goffinet F, Paris-Llado J, Fortin A, Bréart G, Madelenat P, et al. Macrosomie fœtale : pratiques, conséquences obstétricales et néonatales. Enquête multicentrique cas-témoins menée dans 15 maternités de Paris et d'Île de France.
24. Altman DG, Chitty LS. Charts of fetal size: 1. Methodology. *BJOG*. janv 1994;101(1):29-34.
25. Hadlock FP, Harrist RB, Martinez-Poyer J. In utero analysis of fetal growth: a sonographic weight standard. *Radiology*. oct 1991;181(1):129-33.
26. Berkley JA. Measuring growth: descriptive or prescriptive? *The Lancet Digital Health*. déc 2019;1(8):e380-1.

27. Salomon LJ, Duyme M, Crequat J, Brodaty G, Talmant C, Fries N, et al. French fetal biometry: reference equations and comparison with other charts. *Ultrasound in Obstet & Gyne.* août 2006;28(2):193-8.
28. Massoud M, Duyme M, Fontanges M, Combourieu D. Courbe d'estimation de poids fœtal 2014 par le Collège français d'échographie fœtale (CFEF). *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction.* janv 2016;45(1):80-5.
29. Kiserud T, Piaggio G, Carroli G, Widmer M, Carvalho J, Neerup Jensen L, et al. The World Health Organization Fetal Growth Charts: A Multinational Longitudinal Study of Ultrasound Biometric Measurements and Estimated Fetal Weight. Myers JE, éditeur. *PLoS Med.* 24 janv 2017;14(1):e1002220.
30. Papageorghiou AT, Ohuma EO, Altman DG, Todros T, Ismail LC, Lambert A, et al. International standards for fetal growth based on serial ultrasound measurements: the Fetal Growth Longitudinal Study of the INTERGROWTH-21st Project. *The Lancet.* sept 2014;384(9946):869-79.
31. Papageorghiou AT, Kennedy SH, Salomon LJ, Altman DG, Ohuma EO, Stones W, et al. The INTERGROWTH-21st fetal growth standards: toward the global integration of pregnancy and pediatric care. *American Journal of Obstetrics and Gynecology.* févr 2018;218(2):S630-40.
32. Hocquette A, Zeitlin J, Heude B, Ego A, Charles MA, Monier I. World Health Organization fetal growth charts applied in a French birth cohort. *Journal of Gynecology Obstetrics and Human Reproduction.* mars 2022;51(3):102308.
33. Stirnemann JJ, Fries N, Bessis R, Fontanges M, Mangione R, Salomon LJ. Implementing the INTERGROWTH -21<sup>st</sup> fetal growth standards in France: a 'flash study' of the Collège Français d'Echographie Foetale ( CFEF ). *Ultrasound in Obstet & Gyne.* avr 2017;49(4):487-92.
34. Collège Français D'Échographie Foetale (Cfef). Compte rendu du séminaire de travail du Collège français d'échographie fœtal (CFEF) sur les référentiels et standards de biométrie fœtale. Juin 2017. *Gynécologie Obstétrique Fertilité & Sénologie.* oct 2017;45(10):545-51.
35. <https://intergrowth21.tghn.org/fetal-growth/#fg1> [Internet]. [cité 26 juin 2024]. Disponible sur: <https://intergrowth21.tghn.org/fetal-growth/#fg1>
36. Burton GJ, Jauniaux E. Pathophysiology of placental-derived fetal growth restriction. *American Journal of Obstetrics and Gynecology.* févr 2018;218(2):S745-61.
37. Melamed N, Baschat A, Yinon Y, Athanasiadis A, Mecacci F, Figueras F, et al. FIGO (International Federation of Gynecology and Obstetrics) initiative on fetal growth: Best practice advice for screening, diagnosis, and management of fetal growth restriction. *Intl J Gynecology & Obste.* mars 2021;152(S1):3-57.
38. Aviram A, Sherman C, Kingdom J, Zaltz A, Barrett J, Melamed N. Defining early vs late fetal growth restriction by placental pathology. *Acta Obstet Gynecol Scand.* mars 2019;98(3):365-73.
39. Kayem G, Grangé G, Bréart G, Goffinet F. Comparison of fundal height measurement and sonographically measured fetal abdominal circumference in the prediction of high and low birth weight at term. *Ultrasound in Obstet & Gyne.* nov 2009;34(5):566-71.

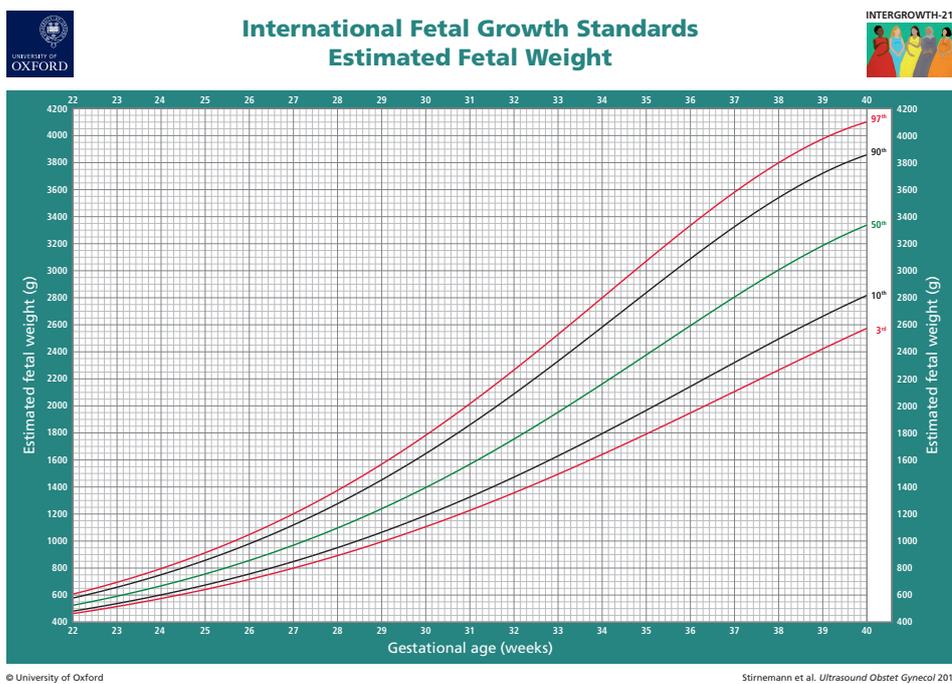
40. Dudley NJ. A systematic review of the ultrasound estimation of fetal weight. *Ultrasound in Obstet & Gyne.* janv 2005;25(1):80-9.
41. Mongelli M. Screening for fetal growth restriction: a mathematical model of the effect of time interval and ultrasound error. *Obstetrics & Gynecology.* déc 1998;92(6):908-12.
42. Robinson HP, Fleming JEE. A critical evaluation of sonar “crown-rump length” measurements. *BJOG.* sept 1975;82(9):702-10.
43. Buck Louis GM, Grewal J, Albert PS, Sciscione A, Wing DA, Grobman WA, et al. Racial/ethnic standards for fetal growth: the NICHD Fetal Growth Studies. *American Journal of Obstetrics and Gynecology.* oct 2015;213(4):449.e1-449.e41.
44. Hutcheon JA, Liauw J. Should Fetal Growth Charts Be References or Standards? *Epidemiology.* janv 2021;32(1):14-7.
45. Kehila M, Touhami O, Hmid RB, Abouda HS, Abdeljelil K, Ayachi A, et al. Correlation between umbilical resistance index and fetal growth: Pilot study. *J of Obstet and Gynaecol.* mai 2017;43(5):820-4.
46. Gascoïn G, Flamant C. Conséquences à long terme des enfants nés dans un contexte de retard de croissance intra-utérin et/ou petits pour l’âge gestationnel. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction.* déc 2013;42(8):911-20.
47. Ego A, Monier I, Skaare K, Zeitlin J. Antenatal detection of fetal growth restriction and risk of stillbirth: population-based case–control study. *Ultrasound in Obstet & Gyne.* mai 2020;55(5):613-20.
48. EFW centiles graph et EFW Z-score graph (2016) [Internet]. [cité 1 août 2024]. Disponible sur: <https://intergrowth21.com/tools-resources/fetal-growth>
49. Papageorghiou AT, Kennedy SH, Salomon LJ, Ohuma EO, Cheikh Ismail L, Barros FC, et al. International standards for early fetal size and pregnancy dating based on ultrasound measurement of crown–rump length in the first trimester of pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol.* déc 2014;44(6):641-8.
50. Collège Français d’Echographie Foetale. Quelle date de début de grossesse échographique choisir ? [Internet]. [cité 31 août 2024]. Disponible sur: <https://www.cfef.org/fichiers/Texte01.pdf>

# ANNEXES

## ANNEXE 1 : COURBE DE L'EPF SELON INTERGROWTH-21ST<sup>(48)</sup> POUR LES Z-SCORES (A.) ET POUR LES PERCENTILES (B.)



A.



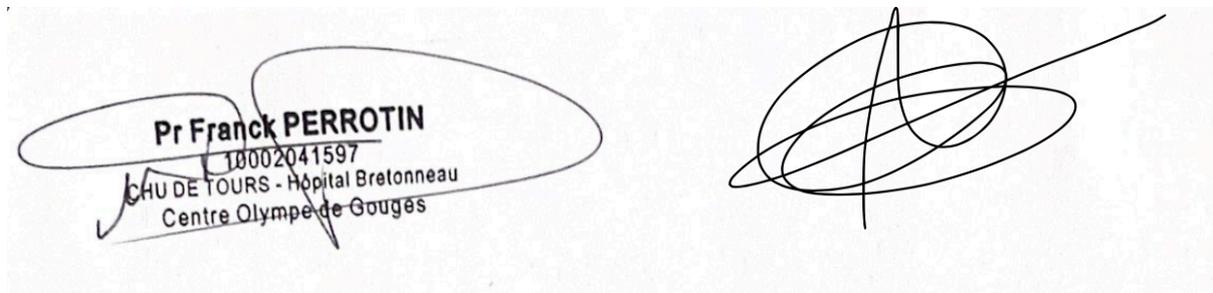
B.

ANNEXE 2 : VALEURS DE LCC SELON ROBINSON <sup>(42)</sup> ET INTERGROWTH-21ST <sup>(49)</sup>,  
 TABLEAU EXTRAIT DES RECOMMANDATION DU CFEF SUR LA DATATION DE LA  
 GROSSESSE <sup>(50)</sup>

Longueur Cranio-caudale (LCC) en mm	AG selon IG-21	Robinson
45	11SA+1	11SA
46	11SA+1	11SA+1
47	11SA+2	11SA+1
48	11SA+3	11SA+2
49	11SA+4	11SA+3
50	11SA+4	11SA+3
51	11SA+5	11SA+4
52	11SA+5	11SA+4
53	11SA+6	11SA+5
54	11SA+6	11SA+5
55	12SA	11SA+6
56	12SA+1	11SA+6
57	12SA+1	12SA
58	12SA+2	12SA+1
59	12SA+2	12SA+1
60	12SA+3	12SA+2
61	12SA+3	12SA+2
62	12SA+4	12SA+3
63	12SA+4	12SA+3
64	12SA+5	12SA+4
65	12SA+6	12SA+4
66	12SA+6	12SA+5
67	13SA	12SA+5
68	13SA	12SA+6
69	13SA+1	12SA+6
70	13SA+1	13SA
71	13SA+2	13SA
72	13SA+2	13SA+1
73	13SA+3	13SA+1

74	13SA+3	13SA+1
75	13SA+4	13SA+2
76	13SA+4	13SA+2
77	13SA+5	13SA+3
78	13SA+6	13SA+3
79	13SA+6	13SA+4
80	14SA	13SA+4
81	14SA	13SA+5
82	14SA+1	13SA+5
83	14SA+1	13SA+6
84	14SA+2	13SA+6

**Vu, les Directeurs de Thèse**



**Vu, le Doyen**

**De la Faculté de Médecine de Tours  
Tours, le**

## LE BERT Amandine

47 pages – 4 tableaux – 3 figures

### Résumé :

**Introduction :** L'estimation du poids fœtal est un paramètre indispensable au suivi obstétrical lors de la seconde moitié de la grossesse. Il est utile au dépistage de l'insuffisance placentaire ou de la macrosomie fœtale, situations dont la mise en évidence va influencer sur la prise en charge de la fin de la grossesse et peut faire proposer une surveillance rapprochée. Les fœtus ayant des poids extrêmes qu'ils soient petits pour l'âge gestationnel ou macrosomes peuvent également avoir un impact sur le choix de la voie d'accouchement. Approcher avec la plus grande précision le poids de naissance est donc un objectif important, à l'heure de la multiplication du nombre des échographies pour chaque grossesse. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer si l'échographie dite « de croissance fœtale » en fin de grossesse avait une supériorité sur l'échographie de dépistage du troisième trimestre pour prédire le poids de naissance du nouveau-né ?

**Matériels et méthodes :** Il s'agit d'une étude rétrospective réalisée à partir de la base de données des échographies obstétricales du CHRU de Tours. Seules les patientes ayant eu à la fois une échographie du troisième trimestre entre 30 et 33<sup>+6</sup> SA et une échographie dite « de croissance » entre 34 et 37<sup>+6</sup> SA entre le 1<sup>er</sup> octobre 2020 et le 31 mars 2024 ont été incluses. Ont été exclues les patientes ayant accouché prématurément (<37 SA), ou ayant présenté une malformation fœtale. Les estimations de poids fœtal (EPF) selon la formule de Hadlock à 3 paramètres (PC, PA, FEM) ont été recalculées pour chaque échographie. Les Z-scores de chaque évaluation biométrique ont ensuite été calculés à partir du référentiel intergrowth-21st et comparés au Z-score des poids de naissance en utilisant la méthode de l'erreur quadratique moyenne (MSE : mean squared error) et le coefficient de détermination linéaire R<sup>2</sup>. Des analyses en sous-groupes ont été réalisées pour ne pas méconnaître un facteur confondant.

**Résultats :** Les données de 2188 patientes ont été analysées. L'erreur quadratique moyenne est de 0,50 pour l'échographie dite « de croissance » et de 0,85 pour l'échographie de dépistage du troisième trimestre. Si on utilise le Z-score de ces deux examens pour prédire le poids de naissance en référence à la moyenne des poids néonataux, on fait une erreur d'en moyenne de 285g sur le poids de naissance en utilisant le Z-score de l'échographie dite « de croissance » et de 370g en utilisant le Z-score de l'échographie de dépistage du troisième trimestre. Le coefficient de détermination linéaire (R<sup>2</sup>) était de 0,66 pour l'échographie dite « de croissance » et de 0,52 pour l'échographie de dépistage du troisième trimestre. L'analyse des sous-groupes de patientes ayant une obésité, un diabète, une HTA, une prééclampsie, porteuses d'un fœtus macrosome ou encore de petit poids pour l'âge gestationnel lors de l'échographie du troisième trimestre confirme une plus grande précision de l'échographie de croissance.

**Conclusion :** L'échographie dite « de croissance » semble plus précise que l'échographie de dépistage du troisième trimestre pour estimer le poids de naissance y compris dans les situations d'obésité maternelle, de diabète gestationnel, d'hypertension artérielle, de prééclampsie, ou dans les situations où la croissance fœtale est insuffisante (PAG/RCIU) ou excessive (macrosomie fœtale). Il semble donc intéressant de réaliser cet examen dans toutes les situations où une évaluation précise du poids de naissance est nécessaire à la décision obstétricale.

**Mots clés :** estimation du poids fœtal ; échographie fœtale ; biométrie fœtale ; courbe Intergrowth-21st ; poids de naissance ; macrosomie ; petit pour l'âge gestationnel ; RCIU

### Jury :

Président du Jury : Professeur Caroline DIGUISTO

Directeur de thèse : Professeur Franck PERROTIN et Docteur Amaury BOLEIS

Membres du Jury :  
Docteur Laura BOIVIN  
Docteur Jérôme POTIN  
Docteur Georges HADDAD

Date de soutenance : 02 octobre 2024