

Faculté des sciences de la motricité

Evaluation des risques et des bénéfices de la pratique sportive intensive chez des athlètes d'élite pendant la grossesse

Revue narrative de la littérature

Auteur : Durieux Laure

Promotrice : Deldicque Louise

Année académique 2024-2025

Master en kinésithérapie et réadaptation [60.0] – KINE2M1

UTILISATION DE L'IA GÉNÉRATIVE

UCLouvain FSM : Déclaration d'utilisation des aides et outils Intelligence Artificielle (IA)

J'ai utilisé l'IA pour ce projet :	☒ Oui
	☐ Non

Si vous avez utilisé l'IA dans ce travail, veuillez préciser comment ci-dessous :

Texte (par exemple, vérification orthographique, génération de texte, production d'idées, ...)

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

L'IA "ChatGPT" a été utilisée pour la correction de l'orthographe, ainsi que pour la production de synonymes. Une autre IA "DeepL" a été utilisée pour la traduction de certains mots et aider à la compréhension des articles sélectionnés.

Images

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

/

Code, aide à la programmation, ou algorithmes

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

/

Autres utilisations

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

/

Je connais les règles de l'UCLouvain en matière d'intelligence artificielle. Je déclare que toute utilisation d'aides ou d'outils d'intelligence artificielle est explicitement mentionnée dans le présent formulaire de déclaration.

Nom	Durieux	Prénom	Laure
-----	---------	--------	-------

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier personnellement toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, je remercie ma promotrice, Louise Deldicque, pour son accompagnement et son aide précieuse tout au long de la rédaction, ainsi que pour sa disponibilité.

Enfin, je tiens également à remercier ma famille pour leur soutien lors de la réalisation de ce travail, ainsi que pour leur aide dans la relecture du mémoire.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ABREVIATIONS	DEFINITIONS
Bpm	Battements par minute
mmHg	Millimètres de mercure
mEq/L	Milliéquivalents par litre
PaO₂/PaCO₂	Pression artérielle en oxygène/dioxyde de carbone
CO₂	Dioxyde de carbone
HCO₃	Bicarbonates
pH	Potentiel hydrogène
VO₂	Consommation en oxygène
VO₂max	Consommation maximale en oxygène
L/min	Litres par minute
mL/min	Millilitres par minute
°C	Degrés Celsius
mL/kg	Millilitres par kilogramme
W/kg	Watt par kilogramme
IMC	Indice de masse corporelle
mg/24h	Milligrammes par 24 heures
LDL/HDL	Low/high density lipoprotein
HIIT	High intensity interval training
MCIT	Moderate intensity continuous training
HCG	Gonadotrophine chorionique humaine
TAT1	T-type amino acid transporter
IOM	Institut de médecine
MET	Equivalent métabolique
OMS	Organisation mondiale de la santé
MeSH	Medical Subject Headings
PICOS	Population, Intervention, Comparaison, Outcomes, Study design
IGF-1	Insulin-like growth factor 1 (hormone de croissance)
STOX-1	Storkhead box 1

TABLE DES MATIERES

Utilisation de l'IA générative.....	
Remerciements.....	
Table des abréviations.....	
Table des matières.....	
Résumé.....	
I. INTRODUCTION	1
A. LA GROSSESSE :	1
B. LE SPORT ET LA GROSSESSE :	3
C. L'ACTIVITÉ PHYSIQUE À HAUT NIVEAU PENDANT LA GROSSESSE :	5
D. OBJECTIFS DU TRAVAIL :	6
II. MÉTHODOLOGIE.....	7
A. BASES DE DONNÉES :	7
B. STRATÉGIE DE RECHERCHE :	7
C. CRITÈRES DE SÉLECTION :	7
D. SÉLECTION DES ARTICLES :	8
III. DÉVELOPPEMENT.....	9
A. LES EFFETS DE LA PRATIQUE SPORTIVE INTENSIVE CHEZ L'ATHLÈTE ENCEINTE :	9
1. <i>Le système cardiorespiratoire</i> :	9
a) Les modifications associées à la grossesse :	9
b) Les adaptations cardiorespiratoires à l'exercice :	11
c) L'exercice vigoureux chez des athlètes de haut niveau :	13
d) Impacts de l'exercice vigoureux sur le système cardiovasculaire du fœtus :	14
2. <i>La température corporelle</i> :	16
a) La température corporelle maternelle lors d'un exercice intense :	16
b) L'exercice lors de conditions météorologiques extrêmes :	19
3. <i>Les troubles musculosquelettiques</i> :	20
a) La laxité ligamentaire :	20
b) La lombalgie :	24
c) Le plancher pelvien :	26
d) Les fibres musculaires :	28
4. <i>La prééclampsie</i> :	29
5. <i>Les variations métaboliques</i> :	32

a)	Notions générales :	32
b)	L'impact des variations métaboliques à l'exercice :	34
c)	Le diabète gestationnel :	35
d)	Les athlètes de haut niveau et les adaptations métaboliques :	37
6.	<i>Les symptômes de grossesse et le sport de haut niveau :</i>	38
a)	Les nausées et vomissements :	38
b)	La fatigue :	39
c)	La prise de poids gestationnelle :	40
d)	Les symptômes psychologiques :	41
B.	LE SPORT DE HAUT NIVEAU ET LES ISSUES DE GROSSESSE :	43
1.	<i>Complications lors de l'accouchement :</i>	43
2.	<i>Complications pour le fœtus :</i>	44
C.	LES RECOMMANDATIONS SPORTIVES POUR LES ATHLÈTES ENCEINTES :	45
1.	<i>Recommandations générales actuelles :</i>	45
2.	<i>Adaptation des recommandations sportives aux athlètes :</i>	46
D.	POINT DE VUE DES ATHLÈTES :	47
IV.	CONCLUSION	51
V.	BIBLIOGRAPHIE	52
VI.	ANNEXE	65
A.	ANNEXE 1 :	65

Résumé

Ce mémoire explore les effets de la pratique d'activité physique intensive chez des sportives de haut niveau pendant la grossesse. Les athlètes essayent de maintenir un haut volume d'entraînement pendant leur grossesse, mais les risques ou les bénéfices de cette pratique ne sont pas clairement établis. De même, les recommandations sportives internationales pendant la grossesse ne sont pas adaptées aux athlètes.

Ce travail s'appuie sur une revue narrative et une analyse de la littérature scientifique. Une recherche approfondie a été réalisée sur quatre bases de données : Pubmed, Google Scholar, Embase et Sciencedirect. Les opérateurs booléens ont été utilisés pour lier les différents mots-clés entre eux, puis les recherches ont été étendues en fonction des études trouvées. Finalement, les articles ont été sélectionnés en fonction de leur pertinence et des critères PICOS.

La pratique d'une activité physique intensive pendant la grossesse ne semble pas augmenter la prévalence de complications de grossesse. Cette pratique a un impact positif sur la santé cardiovasculaire et métabolique, avec un maintien, voire une amélioration, de la condition physique maternelle. Il existe cependant certaines limites. Mieux vaut favoriser des exercices ne dépassant pas une intensité supérieure à 90% de la fréquence cardiaque maximale et être suivie par un professionnel de santé tout au long de la grossesse. Les athlètes de haut niveau doivent également éviter les sports à haut risque d'impact et de pression, et respecter les contre-indications existantes à propos de la pratique sportive. Des recherches supplémentaires doivent être réalisées afin d'établir des recommandations précises adaptées aux sportives d'élite pendant la grossesse.

I. Introduction

A. La grossesse :

La grossesse correspond à la période se déroulant entre la fécondation de l'ovocyte par un spermatozoïde jusqu'à l'accouchement, et dure en moyenne 40 semaines. La littérature scientifique a montré que la grossesse provoquait de nombreux changements physiologiques chez la femme enceinte, affectant plusieurs systèmes de l'organisme. Ces modifications apparaissent et évoluent en fonction de l'avancement de la grossesse. [1]

En ce qui concerne le système cardiovasculaire, la femme enceinte présente une augmentation du rythme cardiaque au repos et à l'effort sous-maximal. [2] Cette augmentation se situe entre 15 et 20 battements par minute (bpm). [3] Entre la dixième et vingtième semaine de grossesse, il y a également une augmentation du volume sanguin et du débit cardiaque. [2] Ce débit cardiaque est augmenté de 50% par rapport au débit sanguin de femmes non-enceintes. [3] La pression artérielle a tendance à rester stable ou à diminuer lors d'une grossesse sans complication, en raison de la diminution des résistances vasculaires périphériques due notamment au taux élevé de progestérone. [2] Les femmes enceintes ont aussi une augmentation du taux de facteurs de coagulation, ce qui les rendent plus à risque de faire des thromboses suite à une hypercoagulation. [1]

Au sujet du système hormonal, la grossesse provoque une augmentation de la concentration en progestérone, ce qui permet aux muscles utérins de se relaxer et d'éviter l'expulsion du fœtus avant l'accouchement. Il y a également un taux élevé d'œstrogènes, de glucocorticoïdes et d'androgènes. [4] Ces différentes augmentations peuvent être à l'origine de l'hyperlaxité ligamentaire provoquée pendant la grossesse. [5] Les hormones surrénaliennes sont aussi augmentées, notamment l'hormone adrénocorticotrope, le cortisol et la déoxycorticostérone. [1]

Concernant le système pulmonaire, les femmes enceintes subissent une expansion de la cage thoracique, ce qui modifie l'emplacement du diaphragme et le place dans une position plus médiane. [3] De manière générale, la grossesse provoque une augmentation du volume courant et de la fréquence respiratoire, ainsi qu'une

diminution de la pression artérielle en dioxyde de carbone (PaCO_2). Il y a également une hausse du potentiel hydrogène (pH) sanguin, qui mène à une légère alcalose respiratoire en partie compensée par les reins. [1] Cependant, le volume résiduel et le volume de réserve expiratoire sont diminués. [3] De plus, la femme enceinte peut présenter une dyspnée sans hypoxie à l'effort, mais également au repos lors du troisième trimestre de grossesse. [1]

Par ailleurs, le fœtus va demander un grand apport énergétique qu'il va puiser dans les réserves de la mère, et cela va provoquer plusieurs changements physiologiques métaboliques pendant la grossesse. [3] On observe que la lipolyse et la libération d'acides gras libres sont accrues, ce qui peut augmenter le risque de développer un diabète gestationnel. [1] La mère va également stocker plus de graisses pour probablement l'utiliser comme une source d'énergie alternative. [3] De plus, le taux d'insuline est augmenté provoquant une insulino-résistance à partir du deuxième ou du troisième trimestre de grossesse. Cette augmentation de l'insuline est due à une hyperplasie des cellules β des îlots de Langerhans du pancréas. [1]

En ce qui concerne le système digestif, de nombreuses femmes enceintes souffrent de nausées et de vomissements lors de leur grossesse. La cause est principalement l'augmentation des concentrations en œstrogènes et en progestérone. [1] L'hormone chorionique gonadotrope humaine (HCG) est aussi l'une des causes de l'apparition de nausées. [3] Ces hormones provoquent un relâchement des muscles de la sphère gastro-intestinale. Ce phénomène est accompagné d'un ralentissement de la vidange gastrique, d'un reflux gastro-œsophagien ou encore d'une constipation. [1]

A propos du système musculosquelettique, la femme enceinte présente un déplacement du centre de gravité suite au développement de l'utérus et à la croissance fœtale. [3] Cela provoque l'apparition d'une lordose lombaire et d'une flexion cervicale, ce qui peut occasionner des tensions musculaires et des douleurs lombaires. [1] Les femmes enceintes ont aussi une augmentation de la laxité ligamentaire due à une augmentation de la concentration en œstrogènes et en relaxine. [5] Ce sont des facteurs qu'il faut prendre en compte lors de la prescription d'exercices à des femmes enceintes. [6]

En résumé, la grossesse provoque de nombreux changements sur le corps de la femme. Que ce soit au niveau cardiovasculaire, pulmonaire, hormonal, ou encore

métabolique. Il est important de les connaître et d'en tenir compte lors de la prise en charge d'une femme enceinte. Ces changements apparaissent et évoluent en fonction du trimestre de grossesse, mais aussi en fonction des femmes.

B. Le sport et la grossesse :

La littérature a montré que la pratique d'activité physique pendant la grossesse peut être bénéfique pour prévenir les complications gestationnelles et obstétricales. Elle présente des intérêts pour la mère mais aussi pour le fœtus. L'OMS (Organisation mondiale de la santé) a mis en place une série de recommandations pour les femmes enceintes et en post-partum : elles doivent pratiquer 150 minutes d'activité aérobie d'intensité modérée par semaine, avec en plus une activité de renforcement musculaire et d'étirement, le tout en limitant le temps de sédentarité. En réalité, ces recommandations sportives sont identiques à celles destinées à la population générale, ce qui met en évidence le manque de spécificité pour les femmes enceintes. [7] Une activité physique d'intensité modérée correspond à une dépense énergétique de trois à six équivalents métaboliques (MET). Le MET est une unité qui grade la dépense énergétique en fonction de celle correspondant au métabolisme de repos. [8] De plus, un renforcement quotidien des muscles pelviens peut être rajouté pour limiter le risque de développer une incontinence urinaire. [7]

L'OMS a également établi une série de signes auxquels il faut prêter attention lors de la pratique d'une activité sportive pendant la grossesse. Les femmes enceintes doivent notamment éviter de pratiquer une activité physique par temps chaud et humide, veiller à bien s'hydrater et se nourrir correctement, ne pas pratiquer des activités avec des risques de chute ou de contacts physiques importants, mais aussi éviter la position de décubitus dorsal pendant l'activité. Elles ne doivent pas non plus réaliser de manœuvre de Valsalva ou du renforcement des muscles abdominaux à partir de la seizième semaine de grossesse. [7] Les sports à haut risque sont notamment la plongée sous-marine, la gymnastique, l'équitation, le ski alpin, le football, ou encore le basketball. [9] Les lignes directrices conseillent également de ne pas pratiquer d'activité sportive d'une intensité supérieure à 90% de la fréquence cardiaque maximale, pour ne pas causer de risque pour le fœtus. Ces recommandations varient en fonction des grossesses, du niveau d'activité physique de la femme enceinte avant la grossesse, et des éventuelles complications lors du

déroulement de la grossesse. Dans ce cas-là, il est nécessaire de consulter afin d'obtenir un avis médical. [10]

L'activité physique durant la grossesse ne présente pas de risque si les contre-indications, relatives ou absolues, sont respectées. Le **tableau 1** reprend l'ensemble de ces contre-indications sur base de données trouvées dans plusieurs études. [8,10,11]

Tableau 1 : *Contre-indications relatives et absolues à la pratique d'activité physique pendant la grossesse*

Données issues des études de *Filhol G. et al. (2014)*, *Artal R. et al. (2003)* et *Bo K. et al. (2018)*.

Contre-indications absolues	Contre-indications relatives
Rupture de membranes	Avortement spontané antérieur
Travail prématuré	Naissance prématurée antérieure
Hypertension gestationnelle ou prééclampsie	Trouble cardiovasculaire léger à modéré
Béance cervico-isthmique	Anémie sévère
Retard de croissance fœtale	Malnutrition ou trouble alimentaire
Grossesse multiple	Obésité morbide ou insuffisance pondérale extrême
Placenta prævia après la 26 ^{ème} semaine	Grossesse gémellaire
Saignements pendant le deuxième et troisième trimestre	Antécédents de mode de vie extrêmement sédentaire
Diabète de type 1 non-maîtrisé	Grande fumeuse
Maladie cardiaque hémodynamique significative	Autres problèmes médicaux importants
Maladie pulmonaire restrictive	Limitations orthopédiques
Maladie touchant la thyroïde ou systémique	

Les femmes enceintes doivent aussi faire attention aux symptômes ressentis pendant leurs entraînements physiques. Certaines femmes peuvent ressentir des contractions après le sport, mais celles-ci ne sont pas alarmantes si elles disparaissent dans les 30 minutes après la fin de l'exercice physique. [6] Le **tableau 2** reprend l'ensemble des raisons pour lesquelles les femmes enceintes actives doivent stopper leur activité physique et aller consulter un médecin. [12,13]

Tableau 2 : *Causes de l'arrêt de l'activité physique en cours nécessitant un avis médical*

Données issues de l'étude de *Mottola M. (2000)* et de *L'heveder A et al. (2022)*.

Causes de l'arrêt de l'activité sportive
Contractions utérines persistantes
Perte de sang vaginale ou de liquide amniotique qui peut provenir d'une rupture de membranes
Douleur abdominale inexpliquée
Gonflements soudains des extrémités
Gonflement, rougeur et douleur au niveau du mollet d'une seule jambe
Maux de tête persistants ou troubles de la vision
Sensations de malaise
Grosse fatigue, palpitations cardiaques, ou douleurs à la poitrine
Difficultés à prendre du poids
Pas de mouvement du fœtus
Dyspnée avant effort
Faiblesse musculaire

En conclusion, il est intéressant pour une femme enceinte de pratiquer une activité sportive. Cela peut être bénéfique pour elle, mais aussi pour le fœtus. L'OMS recommande 150 minutes d'activité aérobie par semaine, à une intensité de trois à six MET. Cependant, il existe des contre-indications absolues ou relatives à respecter pour le bon déroulement de la pratique sportive. De plus, si la femme enceinte présente des symptômes non-habituels, il est nécessaire de consulter un médecin afin d'obtenir un avis médical.

C. L'activité physique à haut niveau pendant la grossesse :

Ces lignes directrices mises en place concernant l'activité sportive pendant la grossesse sont souvent peu adaptées aux besoins et considérations spécifiques des sportives de haut niveau. Les athlètes d'élite pratiquent généralement des activités de haute intensité avant la conception, et veulent essayer de maintenir ce niveau pendant la grossesse. [14] Cependant, elles font face à des informations contradictoires à propos de la sécurité ou des risques que leurs entraînements intensifs peuvent induire pendant et après la grossesse. Beaucoup d'athlètes craignent de fonder une famille tout en continuant leur carrière sportive puisqu'elles ont peur que cela nuise à la grossesse et crée des risques pour le fœtus. Elles se sentent généralement obligées de choisir entre les deux. [15]

Pendant la grossesse, les athlètes doivent faire face aux changements de leur corps mais également de leurs performances. Cela peut créer un sentiment d'insatisfaction corporelle, surtout lors des premiers mois de grossesse. Les athlètes utilisent leur corps comme « un outil » de travail, c'est grâce à lui qu'elles peuvent gagner leurs compétitions et leurs médailles. La grossesse peut venir perturber cet équilibre et ce rapport à la performance. Il existe aussi un manque de preuves évidentes quant aux risques que l'athlète enceinte encourt lors de la pratique d'activité physique intensive pendant la grossesse, que ce soit pour elle et pour le fœtus. [16]

En résumé, les recommandations sportives pendant la grossesse ne sont pas adaptées aux sportives de haut niveau. Elles font face à un manque d'informations à propos des risques et des bénéfices de la pratique d'activité intensive pendant la grossesse. Par conséquent, cela peut provoquer des craintes quant à l'idée de tomber enceinte lors d'une carrière sportive.

D. Objectifs du travail :

Cette revue narrative a pour objectif de synthétiser les risques potentiels auxquels les athlètes de haut niveau enceintes peuvent être confrontées lors de leurs entraînements intensifs. Ce travail permet aussi de voir si ces entraînements peuvent apporter des bénéfices pour la grossesse, ainsi que pour la santé maternelle ou fœtale. Enfin, le but est également d'étudier comment les recommandations sportives pourraient être adaptées à un public plus actif, autrement dit qui pratique un haut volume d'activité physique intensive par semaine.

II. Méthodologie

A. Bases de données :

Quatre bases de données ont été utilisées pour sélectionner les articles répondant à la question de recherche : Pubmed, Embase, Google Scholar et Sciencedirect.

La recherche documentaire s'est déroulée jusqu'à janvier 2025.

B. Stratégie de recherche :

Les critères PICOS (**tableau 3**) ont été utilisés pour établir une liste de mots-clés en lien avec la question de recherche, ainsi que pour structurer la recherche documentaire.

Tableau 3 : Critères PICOS

Population	Pregnant athletes/pregnant elite athletes
Intervention	Physical activity/exercise
Comparaison	Active or sedentary pregnant women
Outcomes	Effects/guidelines
Study design	Non-randomized controlled trial/Randomized controlled trial/ Review/ Systematic Review/Cohort studies/Case-control studies/Qualitative studies/Meta-analysis/Scoping review

Le Thesaurus des Medical Subject Headings (MeSH) a été utilisé afin de trouver des mots-clés pertinents. C'est une liste de termes créée par la National Library of Medicine. Des mots-clés tels que « Pregnancy », « Physical activity », « Exercise », « Athletes » ont été associés avec les opérateurs booléens « AND » et « OR » pour former les équations de recherche. (**Annexe 1**) Ces dernières ont été adaptées de façon manuelle en fonction des différentes bases de données.

Finalement, les recherches ont été étendues en fonction des références citées dans les articles trouvés.

C. Critères de sélection :

Les articles qui composent cette revue de la littérature ont été sélectionnés selon des critères d'inclusion :

- Critères PICOS
- Pratique d'une activité physique pendant la grossesse

Les critères d'exclusion étaient les suivants :

- Articles non disponibles en entier
- Doublons

D. Sélection des articles :

Les articles sélectionnés ont été regroupés sur un site de gestion de références bibliographiques, ZOTERO.

Tout d'abord, un premier tri a été réalisé sur base de l'analyse des titres et des résumés. Les articles ne parlant pas de sport pendant la grossesse chez les athlètes de haut niveau ont été exclus.

Ensuite, un deuxième tri a été réalisé sur base de l'analyse des textes en entier, le but étant de garder les articles les plus pertinents pour répondre à la question de recherche.

III. Développement

A. Les effets de la pratique sportive intensive chez l'athlète enceinte :

1. Le système cardiorespiratoire :

a) Les modifications associées à la grossesse :

Pour assurer les apports nécessaires au fœtus, le système cardiorespiratoire de la mère va mettre en place une série d'adaptations. Ces adaptations peuvent avoir un impact sur la performance sportive de l'athlète pendant la grossesse. [3]

Concernant le système cardiaque, une des premières adaptations est une augmentation de la fréquence cardiaque de repos, mais aussi lors d'un effort sous-maximal. [2] Cette augmentation se situe autour 15-20 bpm. Les œstrogènes vont diminuer la résistance des vaisseaux sanguins, ce qui provoque une diminution de la postcharge du cœur et une augmentation de la capacité veineuse. [3] L'augmentation de la fréquence cardiaque est peut-être également liée au système nerveux sympathique, qui met en place des ajustements pour maintenir la pression sanguine stable malgré la diminution des résistances vasculaires. La pression artérielle systolique reste plutôt stable, tandis que la pression artérielle diastolique est légèrement diminuée, de plus ou moins 15mmHg, aux alentours de la moitié de la grossesse. [2] Entre la dixième et vingtième semaine de grossesse, il y a une augmentation de 50% du débit cardiaque de repos par rapport à des femmes non-enceintes. Les ventricules vont aussi subir des modifications, comme une augmentation du volume ventriculaire, ce qui provoquera une augmentation de la capacité aortique. Le volume d'éjection systolique augmente aussi de 10% à la fin du premier trimestre. [3]

A propos des modifications respiratoires, les femmes enceintes ont une expansion de la cage thoracique, ce qui place le diaphragme dans une position plus médiane. [3] Les hormones stéroïdiennes, comme la relaxine vont détendre les ligaments des côtes inférieures et provoquer un élargissement du thorax. Cet élargissement provoque une augmentation de cinq à sept centimètres de la circonférence de la cage thoracique. [17] Cela a pour conséquences de diminuer le volume résiduel et le volume de réserve expiratoire. Cependant, il y a une augmentation du volume courant et de la ventilation minute, et de même pour la pression partielle en oxygène dans le sang artériel. Il y a également une augmentation de la sensibilité au dioxyde

de carbone (CO_2), ce qui protège le fœtus d'une acidose respiratoire lors d'une trop grande augmentation du CO_2 dans le sang maternel. [3] Les femmes enceintes souffrent également d'inconfort respiratoire à l'effort, mais aussi au repos vers la fin de la grossesse. La consommation en oxygène au repos augmente pendant la grossesse, et cette augmentation est proportionnelle avec la prise de poids, mais aussi avec la demande métabolique du fœtus. [3,17] La dyspnée touche 60 à 70% des femmes enceintes autour de la trentième semaine de grossesse. [17] Pourtant lors d'un exercice sous-maximal, la perception de l'effort respiratoire et la dyspnée sont diminuées car les adaptations respiratoires réduisent les résistances des voies aériennes, et donc réduisent les efforts ventilatoires. [3]

Au niveau des gaz sanguins, des modifications ont été remarquées entre une femme enceinte et une femme non-enceinte lors d'une comparaison au niveau de la mer. Le pH va avoir tendance à augmenter, allant jusqu'à des valeurs de 7,43 pendant le troisième trimestre. La pression partielle en oxygène dans le sang artériel (PaO_2) va également augmenter entre 100-106mmHg, ce qui va faciliter le transfert de l'oxygène à travers le placenta. Tandis que la pression partielle en dioxyde de carbone dans le sang artériel (PaCO_2) va diminuer entre 26-30mmHg. C'est aussi l'une des raisons pour lesquelles les femmes enceintes hyperventilent pendant leur grossesse. La PaCO_2 est diminuée, ce qui provoque une alcalose respiratoire et, par conséquent, une hyperventilation. Le mécanisme compensatoire des reins va excréter des bicarbonates (HCO_3), et ces bicarbonates vont atteindre des niveaux de concentration autour de 18-22 mEq/L vers la fin de la grossesse. L'objectif est de maintenir le pH le plus proche de 7,40. [17]

En résumé, il existe de nombreuses modifications physiologiques cardiorespiratoires provoquées par la grossesse. Au niveau du cœur, on retrouve notamment une augmentation de la fréquence cardiaque de repos, une diminution des résistances vasculaires tout en maintenant une pression artérielle stable, mais également une augmentation du débit et du volume sanguin. Concernant le système respiratoire, d'un côté les femmes enceintes ont une augmentation de leur volume courant et de leur ventilation minute mais, d'un autre côté, elles ont une diminution du volume résiduel et de leur volume de réserve expiratoire. Il y a également une plus grande sensibilité au CO_2 pour protéger le fœtus du risque d'acidose respiratoire, et une plus grande sensation d'inconfort respiratoire.

A propos des gaz sanguins, il y a une augmentation légère du pH et de la PaO_2 , ainsi qu'une diminution des HCO_3 et de la PaCO_2 .

b) Les adaptations cardiorespiratoires à l'exercice :

Quels sont les effets de ces modifications cardiorespiratoires sur la pratique d'activité sportive pendant la grossesse ? De manière générale, l'exercice physique engendre une série d'améliorations sur le système cardiorespiratoire. L'entraînement produit un élargissement du diamètre du ventricule gauche du cœur. Il y a également une augmentation du volume sanguin et du volume d'éjection systolique, une augmentation du débit cardiaque maximal, ainsi qu'une diminution de la fréquence cardiaque de repos et sous-maximale. Ces modifications sont le signe d'une meilleure utilisation de l'oxygène. [2] La consommation maximale en oxygène, appelée VO_2max , est améliorée après l'entraînement, et les résistances vasculaires diminuent avec l'état d'entraînement de la personne. Par ailleurs, l'exercice produit aussi une meilleure tolérance au stress oxydatif et à l'inflammation. Ces changements vont varier avec l'âge, le sexe, les pathologies cardiaques ou encore avec les prédispositions génétiques. [18]

Concernant la VO_2 sous-maximale, c'est-à-dire la consommation en oxygène lors d'un exercice de mise en charge sous-maximale comme la marche, certaines données montrent qu'elle est plus élevée chez les femmes enceintes que chez les sujets non-enceintes. [2] Une étude de *Jaque-Fortunato S. et al. (1996)* a analysé la VO_2 entre 26 femmes enceintes et 16 femmes non-enceintes lors d'un effort sous-maximal. Par la suite, huit femmes sont revenues pour prendre des mesures pendant leur post-partum. Elles avaient toutes une trentaine d'années, et les femmes enceintes présentaient une masse corporelle plus élevée par rapport aux autres femmes. Chaque participante devait pédaler par intervalles de cinq à sept minutes sur un vélo, et à trois paliers de puissances différentes : 25W, 50W et 75W. Les résultats montraient que la VO_2 au repos était significativement plus élevée pendant la grossesse par rapport aux sujets contrôles, avec des valeurs respectives de 0.263 L/min et de 0.222 L/min. Pour la VO_2 lors d'un effort sous-maximal, les valeurs variaient de 0.685 L/min à 1.109 L/min pour les femmes enceintes, et de 0.648 L/min à 1.043 L/min pour les femmes non-enceintes, lors des trois niveaux d'intensité. Ces variations de valeurs ne ressortaient pas significatives, par conséquent les auteurs n'ont pas pu conclure qu'il y avait une augmentation de la

VO₂ sous-maximale chez toutes les femmes enceintes. Cela était peut-être dû au fait que la relation entre le poids corporel et la consommation en oxygène était perturbée pendant la grossesse, et que ça créait des variations dans les données récoltées. [19] Lors d'un exercice sur vélo, la masse corporelle ne rentre pas en compte dans la dépense métabolique, et donc ne provoque pas de variation significative de la consommation en oxygène absolue. Cependant, lors d'un exercice sous-maximal en mise en charge, comme la marche, la VO₂ sous-maximale est augmentée par rapport à des sujets contrôles et ce plus ou moins proportionnellement à la prise de poids. [2]

À propos de la VO₂max, peu d'études ont été réalisées en raison des risques de stress fœtal liés de la redistribution du flux sanguin vers les muscles en action. Quoiqu'il en soit, certaines études ont montré qu'il y avait peu de variations de la VO₂max chez des femmes restant actives pendant leur grossesse. Parfois, il y avait même une faible augmentation de leur capacité aérobie maximale en conséquence de l'entraînement supplémentaire qu'apporte la grossesse suite à la prise de masse corporelle de la femme enceinte, et aussi grâce au maintien d'entraînements modérés à intensifs. [2] Lors d'un exercice maximal, le débit cardiaque varie considérablement en fonction de l'état d'entraînement initial. Par conséquent, il existe une grande plage de VO₂max au sein d'une même population. [18] L'étude de *Jaque-Fortunato S. et al. (1996)* a également analysé les changements dans les valeurs de consommation maximale en oxygène chez les femmes enceintes et les sujets contrôles. Les valeurs pic correspondaient aux valeurs obtenues selon la sensation de fatigue perçue par les participantes, compte tenu du fait qu'elles ne remplissaient pas les critères pour réaliser un effort maximal, et également afin de préserver la santé fœtale. Les valeurs étaient similaires lors d'un exercice de pointe sur tapis ou sur vélo. La grossesse n'apportait ni un entraînement supplémentaire, ni un désentraînement chez la femme enceinte pour des valeurs pic de consommation en oxygène. [19]

Pendant la grossesse, la fréquence cardiaque de repos est augmentée de quelques battements par minute. [20] Cependant la fréquence cardiaque maximale est diminuée, ce qui produit une plus petite réserve cardiaque et donc une plus faible réponse cardiaque face à un effort. Cela signifie que la fréquence cardiaque sera plus élevée pour un effort plus faible. [2] Il peut être intéressant de réadapter les

zones cibles de fréquence cardiaque à la femme enceinte lors de la pratique d'activité sportive pendant la grossesse. [20] Une étude de *Filhol G. et al. (2014)* a étudié les effets de l'exercice physique sur la fonction cardiorespiratoire des femmes enceintes. Les résultats ont montré que les femmes actives quotidiennement pendant leur grossesse avaient une meilleure condition physique. Cela se marque par une meilleure $VO_2\text{max}$ mais aussi une fréquence cardiaque de repos plus basse que les autres femmes enceintes non-actives. [10]

En résumé, la pratique d'une activité sportive pendant la grossesse peut être bénéfique pour le maintien de la santé cardiorespiratoire. L'exercice en mise en charge aide à améliorer la consommation en oxygène, c'est-à-dire à avoir une VO_2 plus faible pour une intensité d'exercice physique donnée. L'activité physique prévient également l'inflammation et le stress oxydatif, elle diminue la fréquence cardiaque ou encore augmente le volume sanguin et le débit cardiaque. Les femmes enceintes actives ont une fréquence cardiaque de repos plus basse par rapport à des femmes enceintes non-actives. Certaines femmes enceintes arrivent également à maintenir ou à améliorer leur condition physique et donc à avoir une meilleure $VO_2\text{max}$.

c) L'exercice vigoureux chez des athlètes de haut niveau :

Les athlètes d'élite vont maintenir un entraînement de plus haute intensité pendant leur grossesse. Certaines vont réussir à garder leur condition physique et vont même participer à des compétitions, comme les Jeux Olympiques, pendant leur grossesse. D'autres vont devoir diminuer un peu le volume d'entraînement en fonction des symptômes qu'elles ressentent et des sports qu'elles pratiquent. [21] Mais quels sont les risques de la pratique d'activité physique intensive sur le système cardiovasculaire pendant la grossesse chez des athlètes de haut niveau ?

Le cœur d'une athlète a des volumes sanguins plus élevés par rapport à des non-athlètes. Le fait de maintenir une activité physique d'intensité modérée à intensive pendant la grossesse permet de maintenir ou d'améliorer la $VO_2\text{max}$ absolue des athlètes d'élite. L'effet n'est pas identique chez des athlètes récréatives, chez qui aucun changement de condition physique n'a été observé. Ces résultats varient avec les différents symptômes présents pendant la grossesse, qui peuvent impacter le maintien des entraînements. [3] Une étude de *Kardel K. (2004)* a étudié l'impact

d'un entraînement à haut niveau pendant la grossesse chez des athlètes d'élite. Le but était d'analyser si ces entraînements ne produisaient pas de risques pour la mère ou pour le fœtus. Quarante-et-une athlètes ont été sélectionnées, et ont été séparées en deux groupes : haute ou moyenne intensité. Le programme se divisait en trois parties : du renforcement musculaire au poids du corps, des exercices aérobies par intervalles, et des entraînements d'endurance. En fonction du groupe, les entraînements étaient adaptés avec une plus haute ou plus faible intensité. Les résultats montraient que la condition physique restait stable pendant la grossesse lors de la pratique d'activité physique modérée et intense. En ce qui concerne la fréquence cardiaque, elle augmentait pendant la grossesse avec une pente plus raide pour le groupe à haut niveau d'intensité. La différence d'entraînement entre la pré-grossesse et la grossesse était plus grande pour le groupe d'intensité modérée, ce qui entravait l'augmentation de la fréquence cardiaque suite à la grossesse. La VO₂max augmentait pour le groupe d'activité physique intense, car la capacité aérobie initiale était plus haute. [22]

En résumé, les athlètes d'élite vont continuer à pratiquer des exercices de haute intensité pendant leur grossesse, si les symptômes le permettent. Certaines vont même réussir à garder ou à améliorer leur capacité de travail aérobie, et donc leur VO₂max absolue. Dans l'ensemble, il est possible de maintenir un bon niveau d'activité physique malgré les adaptations physiologiques cardiovasculaires liées à la grossesse.

d) Impacts de l'exercice vigoureux sur le système cardiovasculaire du fœtus :

L'exercice intense réduit le flux sanguin en direction des viscères pour le diriger vers les muscles squelettiques en action. Cela peut provoquer une hypoxie fœtale due à une diminution de la vascularisation de l'utérus. [6] La consommation en oxygène des muscles en action augmente, ce qui dirige le sang vers le système musculosquelettique et diminue le débit sanguin dans le réseau splanchnique. Le débit sanguin utérin provient de cette circulation splanchnique, c'est pourquoi l'activité physique pourrait avoir un impact sur la grossesse et le fœtus. [23]

Une étude de *Beetham K. et al. (2019)* a étudié les effets de l'exercice d'intensité vigoureuse pendant différentes phases de la grossesse. Les exercices intensifs étaient définis comme étant d'au moins 70% de la fréquence cardiaque maximale.

Le seuil pour atteindre un exercice vigoureux était donc plus bas chez des femmes enceintes, dû à la diminution de la fréquence cardiaque maximale, et à l'augmentation de la fréquence cardiaque de repos et de la charge de travail. Les résultats ont confirmé que l'exercice de haute intensité produisait des hypoxies intermittentes placentaires, suite à la redistribution du sang vers les muscles en action. Cependant, ce n'était pas néfaste pour le fœtus pendant le premier et deuxième trimestre de grossesse. Ces hypoxies stimulaient même l'angiogenèse placentaire. A partir du troisième trimestre, les besoins du fœtus étaient plus importants, avec un débit sanguin utérin qui passe de 50mL/min à 500mL/min. La redistribution sanguine à l'exercice pouvait être plus problématique, mais le fœtus était plus capable de mettre des stratégies compensatoires en place. Le rythme cardiaque fœtal augmentait pendant et après un exercice intense, mais cela était sans danger lors d'une grossesse normale car il n'y avait pas une plus grande prévalence de fausses couches ou de naissances prématurées dans cette population-là. [24]

Une autre étude de *Mottola M. et al. (2000)* à propos de l'augmentation de la fréquence cardiaque fœtale lors d'une activité physique intense a montré qu'elle était proportionnelle à l'intensité et à la durée de l'exercice. Le risque de cette augmentation était d'élever la température fœtale, et de mener à une bradycardie suivie d'une hypoxie placentaire. [12] Cette hypoxie placentaire peut mener à des problèmes de développement du fœtus. [25] Ces effets-là étaient rares pour un exercice d'une intensité modérée, mais pour un exercice d'intensité vigoureuse, les résultats ont différé en fonction de l'état d'entraînement initial de la femme enceinte. Chez les femmes inactives, le risque de bradycardie fœtale et donc d'hypoxie était plus élevé. Tandis que chez les femmes actives, il y avait une augmentation de la fréquence cardiaque fœtale à l'exercice mais non suivie d'une bradycardie. L'étude a également affirmé que l'exercice physique avait des effets bénéfiques sur la santé du fœtus et sur la qualité placentaire. [12]

En outre, il ne faut pas dépasser des valeurs supérieures à 90% de la fréquence cardiaque maximale maternelle lors de la pratique d'un exercice physique. Une étude de *Salvesen K. et al. (2012)* a analysé six athlètes d'endurance norvégiennes et a récolté les valeurs de fréquence cardiaque maternelle et fœtale lors d'un effort de course sur tapis. En-dessous de 90% de la fréquence cardiaque maximale maternelle, la fréquence cardiaque fœtale restait dans la zone cible. Toutefois,

lorsque le flux sanguin utérin était inférieur à 50% de la valeur initiale et que l'exercice dépassait 90% de la fréquence cardiaque maximale, une bradycardie fœtale apparaissait, même si les valeurs revenaient rapidement à la normale après l'arrêt de l'exercice. [26]

En bref, réaliser une activité physique modérée pendant la grossesse est sans risque lors d'une grossesse sans complication. La pratique d'une activité physique vigoureuse pendant la grossesse apporte des bénéfices mais aussi des risques pour le fœtus. Chez une femme enceinte entraînée, il y a une augmentation de la fréquence cardiaque fœtale pendant l'exercice intense, mais celle-ci n'est pas suivie d'une bradycardie fœtale. Pendant les premiers trimestres de grossesse, cela est même bénéfique pour l'angiogenèse placentaire. Lors du troisième trimestre, la demande métabolique du fœtus est plus grande, ce qui rend les hypoxies placentaires intermittentes plus fréquentes, même si le fœtus est davantage capable de mettre en place des adaptations. Le risque est plus grand chez les femmes inactives qui commencent à réaliser une activité sportive intensive pendant leur grossesse ou alors chez les femmes entraînées qui dépassent 90% de leur fréquence cardiaque maximale et moins de 50% du débit sanguin utérin. Elles seront plus sujettes à provoquer une bradycardie fœtale et des hypoxies plus importantes.

2. La température corporelle :

a) La température corporelle maternelle lors d'un exercice intense :

La pratique d'une activité sportive intensive peut mener à une augmentation de la température corporelle, et peut causer des complications lors du déroulement de la grossesse. [27] Si la température dépasse les 39°C, le sang sera davantage mobilisé pour la régulation de la température corporelle, ce qui pourrait provoquer un apport insuffisant pour le fœtus. [28]

Des études ont montré qu'une température centrale dépassant 39°C pouvait provoquer des effets tératogènes sur le fœtus. Ces effets ont été analysés sur les animaux mais ils ont été peu démontrés cliniquement chez l'humain. [29] Une augmentation de la température peut être liée à une infection ou un pic de fièvre, à une exposition à la chaleur d'un sauna, ou encore une activité sportive intensive. Les risques sont les plus élevés lors du premier trimestre de grossesse et peuvent causer des anomalies du tube neural comme une anencéphalie ou encore une spina

bifida, ou des malformations cardiaques. [27, 28] En fin de grossesse, le risque premier est de provoquer une naissance prématurée. Cette relation entre la chaleur et les effets sur le tube neural n'est pas systématique, et dépend d'autres facteurs comme une infection bactérienne, l'alimentation et encore bien d'autres. [30]

L'étude de *Brevik-Persson et al. (2024)* a analysé les effets de la pratique d'une activité physique intensive chez les athlètes de haut niveau pendant leur grossesse, et les risques qu'elles dépassent une température corporelle de 39°C. Ils ont mesuré la température centrale, la température cutanée, les pertes sudorifiques et la sensation de chaleur chez 15 athlètes d'élite et récréatives enceintes en comparaison avec 15 sujets contrôles non-enceintes. Les participantes ont réalisé des intervalles de cinq minutes de course à pied sur tapis roulant, à une intensité de 17/20 sur l'échelle de Borg, ou encore à 90% de leur fréquence cardiaque maximale. Si l'athlète ressentait des sensations d'inconfort, ou si un rythme cardiaque inadapté était détecté chez le fœtus, le test était alors arrêté. [31] A propos des données de température corporelle centrale, l'étude a mis en évidence que les athlètes ont eu une température centrale plus faible que les non-athlètes, et que cela a persisté jusqu'au troisième intervalle. La température corporelle centrale des athlètes enceintes a augmenté moins fortement par rapport aux sujets contrôles durant l'activité physique intensive. La température maximale a été généralement atteinte autour du cinquième intervalle. En moyenne, les athlètes enceintes ont eu une augmentation de leur température corporelle de 1.19°C, et les sujets contrôles ont eu une augmentation de 1.22°C. Après l'effort, la température est redescendue plus vite chez les sujets contrôles par rapport aux athlètes. [31] Pour la température cutanée, elle était plus élevée au repos chez les athlètes enceintes. La température maximale atteinte lors de l'exercice était de 35.13°C chez les sportives enceintes, contre 34.26°C chez les sujets contrôles. Pour les pertes sudorifiques, les athlètes ont eu une perte de 11mL/kg en moyenne, et les sujets contrôles de 7.5mL/kg. La sensation de chaleur a augmenté petit à petit avec les intervalles d'activité sportive intensive. En règle générale, les athlètes enceintes ont rapporté une sensation de chaleur diminuée par rapport aux sujets contrôles. [31] Cependant cet effet est assez contradictoire car, lors de la grossesse, les femmes ont une augmentation du taux de progestérone dans le sang. Cette augmentation a un effet inverse par rapport aux œstrogènes, la progestérone provoque une vasoconstriction et donc une conservation de la chaleur. C'est pour cela que les femmes enceintes peuvent avoir

une perception de chaleur augmentée. [32] Cette différence de perception de chaleur est aussi démontrée dans d'autres études, où les femmes enceintes ont plus ressenti cette sensation de chaleur que les sujets contrôles. [30] En résumé, l'étude a montré que lors d'un entraînement intensif, les athlètes enceintes avaient une température centrale diminuée, une augmentation des pertes sudorifiques ainsi que de la température cutanée, et elles rapportaient également une sensation de chaleur diminuée en comparaison avec des sujets contrôles. Cependant, ce dernier résultat était peu plausible et était peut-être biaisé suite au fait que les athlètes étaient tolérantes à l'effort de haute intensité, et que cette sensation était évaluée sur une échelle analogique qui n'était pas fiable pour l'évaluation d'une température centrale. [31] Mais il est important de noter que la température corporelle ne dépassait jamais le stade critique de 39°C. Par conséquent, cela n'entraînait aucun risque potentiel pour le fœtus. [31]

Pour rappel, les femmes enceintes ont une augmentation du volume sanguin, de la ventilation minute et du débit cardiaque, et une diminution des résistances vasculaires. [3] Elles ont aussi une diminution du seuil de transpiration, ce qui traduit d'une perte sudorifique augmentée pour un niveau de température plus bas. Cette dissipation de chaleur est vitale pour le fœtus pour éviter une hyperthermie et donc des malformations congénitales. [33] Néanmoins, il est conseillé de ne pas pratiquer d'activité physique vigoureuse et de longue durée lors de temps chaud et humide, pour éviter tout risque d'hyperthermie. [30]

Une autre étude de *Adam T. (2012)* a montré que la pratique de sport intense pendant la grossesse n'a pas augmenté la température corporelle jusqu'au seuil néfaste de 39°C. Aucun résultat n'a montré une relation entre une augmentation de la température corporelle suite à une activité physique intense et des malformations congénitales, et ce même durant les mois de l'organogénèse. Le seul risque d'avoir une température trop élevée chez les femmes athlètes enceintes était lors d'une infection, pouvant provoquer une malformation du tube neural chez les fœtus. [23]

En résumé, lors d'un entraînement de haute intensité, les athlètes d'élite présentent une température centrale augmentée mais elle ne dépasse pas les 39°C, ce qui ne présente donc pas de risque réel pour le fœtus. Les pertes sudorifiques et la température cutanée sont plus élevées par rapport à des athlètes non-enceintes. L'athlète enceinte présente donc peu de risque de dépasser une température

corporelle de 39°C lors d'un effort physique vigoureux pendant la grossesse, quel que soit le trimestre de grossesse et même pendant l'organogénèse. Un risque d'hyperthermie existe lors d'une infection virale ou bactérienne.

b) L'exercice lors de conditions météorologiques extrêmes :

Une étude de *Ravanelli N. et al. (2019)* a voulu analyser la réponse de femmes enceintes à différentes situations de stress thermique. Certaines ont été soumises à des températures élevées sur terre, d'autres dans l'eau, et enfin le dernier groupe était au repos dans un sauna. Les résultats ont montré qu'aucune femme n'avait dépassé le seuil critique de 39°C. La température corporelle la plus élevée était de 38.9°C. Ils ont supposé que l'augmentation de la température corporelle pendant un effort était dépendante de la masse corporelle en W/kg. Par conséquent, la température corporelle a de moins en moins augmenté tout au long de la grossesse due à l'augmentation de la masse corporelle. Mais aussi parce que les femmes ont ressenti un inconfort avant que leur température corporelle n'atteigne les 39°C, surtout lors d'une exposition passive comme dans un sauna. [34] Une autre étude de *Rocque R.J. et al. (2021)* a aussi montré que l'exposition à des conditions météorologiques extrêmes comme lors de vagues de chaleur, ou en cas de forte humidité pouvait impacter le déroulement de la grossesse. Les résultats ont montré un plus petit poids de naissance, plus de naissances prématurées, ou encore un taux plus élevé de prééclampsie. [35] L'exposition à des chaleurs extrêmes peut avoir des effets néfastes pour le corps humain. Au niveau cardiovasculaire, cela peut produire une diminution de la pression artérielle ou une perturbation du rythme cardiaque, qui peuvent mener jusqu'à un arrêt cardiaque dans les cas les plus sévères. Concernant le système respiratoire, les fortes chaleurs peuvent produire de la tachypnée, et peuvent conduire jusqu'à une hypocapnie due à l'hyperventilation. Les effets peuvent aussi toucher le système nerveux, rénal ou encore hématologique. [36] Des recherches complémentaires doivent être menées pour déterminer un seuil d'exposition aux températures chaudes et humides chez des femmes actives pendant leur grossesse afin d'éviter tout risque pour le fœtus. [34]

En conclusion, peu d'études ont été réalisées sur des femmes enceintes réalisant leurs entraînements dans des conditions extrêmes à cause des potentiels effets néfastes pour le fœtus. Des études ont montré qu'il y avait peu de risque que la

température corporelle dépasse les 39°C, que ce soit dans l'eau, dans l'air, ou dans un sauna. Cependant, étant donné que les températures extrêmes présentent un danger pour le corps humain, il est conseillé aux femmes enceintes de faire attention lors de leur pratique sportive intensive dans des hautes températures. Des études sont nécessaires pour fixer des seuils précis.

3. Les troubles musculosquelettiques :

Lors de la grossesse, le corps fait face à plusieurs changements au niveau du système musculosquelettique. Tout d'abord, il y a un déplacement du centre de gravité suite au développement de l'utérus dans l'abdomen et à la croissance fœtale. [3] Les femmes enceintes ont aussi une série d'adaptations qui vont se mettre en place, comme par exemple une augmentation de leur lordose lombaire. Ces modifications peuvent avoir un impact sur la performance sportive. [6]

a) La laxité ligamentaire :

Des études ont montré qu'il y avait une augmentation de la laxité ligamentaire chez les femmes enceintes, ce qui pouvait augmenter le risque de blessures telles que l'entorse. Cette hyperlaxité viendrait de l'augmentation de la production de certaines hormones comme la progestérone, la relaxine ou les œstrogènes, et provoquerait cette hypermobilité articulaire. [5,6]

L'étude de *Cherni Y. et al. (2019)* a comparé la laxité ligamentaire entre des femmes enceintes et des sujets contrôles, et a analysé si cette laxité était associée à des pathologies comme des douleurs lombaires. Des jeunes femmes de plus de 18 ans ne souffrant pas de syndrome d'hyperlaxité ligamentaire ont été sélectionnées : 17 femmes enceintes et 16 sujets contrôles. Les amplitudes articulaires ont été mesurées chez les femmes enceintes à chaque trimestre de leur grossesse. L'articulation métacarpo-phalangienne a été étudiée ainsi que la mobilité des hanches et des vertèbres lombaires. [5] Cette étude a confirmé une augmentation de la laxité ligamentaire pendant la grossesse. Les mesures qui ont été prises à l'extensomètre ont montré une augmentation de 11% durant le premier et second trimestre pour l'articulation métacarpo-phalangienne. Le score de Beighton, qui a évalué la laxité ligamentaire selon cinq manœuvres et l'a noté sur neuf points, a aussi augmenté durant le premier et second trimestre. Cependant, les scores de Beighton obtenus lors du troisième trimestre ont diminué. Cette diminution était sûrement liée au fait que les femmes enceintes n'arrivaient plus à réaliser une

flexion antérieure du tronc à cause de leur volume abdominal. Qui plus est, le score de Beighton n'était pas fiable dû à son manque de sensibilité. [5] Deux autres tests ont été utilisés pour évaluer la mobilité de la hanche et des vertèbres lombaires. Pour le « *Finger to floor test* », les participantes ont dû réaliser une flexion antérieure du tronc en position debout afin de mesurer la distance entre leurs doigts et le sol. Les résultats ont montré une augmentation de la valeur mesurée, indiquant une diminution de la souplesse. Ces résultats étaient assez contradictoires avec l'augmentation de la laxité ligamentaire pendant la grossesse, mais ils peuvent également être expliqués par l'augmentation du volume abdominal. Pour le « *Sit and reach test* », les participantes ont aussi dû réaliser une flexion antérieure du tronc mais cette fois-ci en position assise avec les jambes tendues. La distance entre leurs doigts et leurs pieds a également été mesurée. Les résultats ont montré une diminution des valeurs pendant le premier et second trimestre, et une augmentation pendant le troisième trimestre. En conclusion, cette étude a montré qu'il y avait bien une augmentation de la laxité ligamentaire durant la grossesse par rapport à des sujets contrôles. Cette différence était particulièrement marquée pendant le premier et deuxième trimestre, mais elle était plus difficilement observable pendant le troisième trimestre due à la complexité de prendre des mesures valables à cause de l'augmentation du volume abdominal et de la prise de poids. [5]

Les concentrations hormonales varient tout au long de la grossesse, plus précisément trois sont notamment à l'origine de l'augmentation de la laxité ligamentaire. La relaxine est une hormone produite par l'endomètre, qui atteint son pic de production vers la douzième semaine de gestation avant de diminuer jusqu'à la fin de la grossesse. [37] Elle joue d'abord un rôle dans la préparation de l'endomètre à la nidation, en activant la vascularisation et l'activité sécrétoire de ce dernier. [38] La relaxine a aussi d'autres effets comme dégrader le collagène et en arrêter la synthèse, tout ça dans le but de faciliter l'accouchement et le passage du nourrisson à travers le bassin. La relaxine est à l'origine d'un relâchement des tissus conjonctifs chez la femme enceinte. [37] Une étude de *Schauburger W. et al. (1996)* a voulu démontrer le lien entre les taux de relaxine dans le sang et la laxité ligamentaire. Pour cela, ils ont utilisé des mesures reproductibles et objectives du déplacement articulaire de certaines articulations. Ces mesures ont été réalisées grâce à l'arthromètre KT-1000 qui a calculé le mouvement de tiroir antérieur du tibia par rapport au fémur, et par conséquent il a évalué la solidité du ligament croisé

antérieur (LCA). D'autres mesures de la laxité articulaire ont été prises, notamment au niveau de la flexibilité de l'index, du coude ou encore du pouce. Vingt-et-une femmes ont participé à cette étude, et ont été suivies avant, pendant, et après leur grossesse. Les résultats ont montré une modification significative des amplitudes articulaires lors de la grossesse. La laxité a augmenté tout au long de la grossesse pour les différentes articulations et a diminué à partir de la sixième semaine après l'accouchement. Le taux de relaxine a également été calculé pendant la grossesse chez les différentes participantes. Cependant, il n'y a pas eu de corrélation significative entre la laxité mesurée et le taux de relaxine présent dans le sang. [39]

La progestérone a aussi un rôle à jouer dans la laxité ligamentaire de grossesse. Sa concentration augmente tout au long de la grossesse et atteint un pic autour de la quinzième semaine de gestation. Son rôle premier est de relâcher les muscles lisses pendant la grossesse. Cette hormone a donc également un rôle de soutien pour la relaxine et favorise le relâchement des tissus conjonctifs. [40]

La troisième catégorie d'hormones regroupe les œstrogènes, ils ont aussi une part de responsabilité dans l'hyperlaxité tissulaire pendant la grossesse. Les œstrogènes sont des hormones stéroïdiennes qui participent à de nombreux processus physiologiques du corps, et contribuent au maintien de l'homéostasie. Il existe différentes sortes d'œstrogènes dont les concentrations varient en fonction de l'âge de la femme et du statut hormonal. L'estrone E1 est présente pendant la période post-ménopausique, l'estradiol E2 est présente tout le long de la vie, et l'estriol E3 est produite principalement pendant la grossesse. L'estriol E3 augmente fortement pendant la grossesse et notamment lors du troisième trimestre, pour favoriser la bonne croissance et le bon développement du fœtus. [41] Cependant, les œstrogènes ont également un impact sur les tissus conjonctifs tels que les os, les ligaments ou encore les tendons. Des études ont montré qu'au plus les taux étaient élevés, au moins il y avait de synthèse de collagène et de fibroblastes, ce qui dès lors augmentait la laxité ligamentaire. [40]

Cette augmentation de la laxité peut être à l'origine de changements dans la biomécanique de la femme enceinte et peut provoquer des douleurs. Les principaux changements se situent au niveau des membres inférieurs et du tronc, et sont principalement dus à la prise de poids du fœtus. [40] Les articulations les plus touchées par l'hyperlaxité tissulaire sont les articulations sacro-iliaques et la

symphyse pubienne. [42] Mais il y a aussi une modification de l'équilibre et de la coordination suite au déplacement du centre de masse. [42,43,45] Il est conseillé aux femmes enceintes de faire attention lors de leur pratique sportive car elles pourraient être plus susceptibles de développer des blessures comme des entorses ou des luxations, ainsi que de souffrir de douleurs pelviennes ou lombaires. [42]

Il est difficile de démontrer si l'augmentation de la laxité ligamentaire pendant la grossesse augmente la prévalence de blessures suite à l'instabilité des articulations. Les zones les plus à risques de blessures sont les grosses articulations comme les hanches, les genoux, ou encore les vertèbres lombaires. Ces articulations sont d'abord impactées par la prise de poids avant d'être blessées suite à l'instabilité ligamentaire. [44] L'augmentation de la compliance des ligaments produisait une diminution de la stabilité des articulations et touchait le contrôle moteur ainsi que les réactions posturales, ce qui augmentait le risque de blessures et de pertes d'équilibre chez la femme enceinte. [13]

Mais qu'en est-il chez les athlètes enceintes ? Est-ce que la laxité ligamentaire peut influencer leur pratique sportive ? Il faut prendre des précautions lors de la prescription d'exercices en cas d'hyperlaxité chez la sportive, notamment pendant des changements de direction rapides ou des sauts. A titre d'exemple, il y a un plus grand risque de blessures chez les joueuses de football ou encore de basketball. [12] Il existe peu de preuves indiquant une augmentation des blessures musculosquelettiques pendant la grossesse, mais cependant il est pertinent de le prendre en compte lors de notre prise en charge. [8]

En conclusion, les femmes enceintes présentent une laxité ligamentaire augmentée pendant leur grossesse et elle diminue pendant le post-partum. Cette hyperlaxité est due à des changements hormonaux et notamment une augmentation des concentrations en relaxine, en progestérone et en œstrogènes. Le but de ces hormones est de favoriser l'accouchement et donc de relâcher les articulations pelviennes et les tissus conjonctifs du bassin. Cette relaxation des tissus conjonctifs ne touche pas que les articulations du bassin mais également celles du dos et des membres inférieurs. La laxité ligamentaire peut favoriser une instabilité des articulations et donc pourrait provoquer une augmentation des risques de blessures orthopédiques, ainsi que des troubles de l'équilibre et de la coordination. Il est

pertinent d'en tenir compte lors de la prescription d'exercices chez la femme enceinte.

b) La lombalgie :

Les maux de dos sont des problèmes courants chez les femmes enceintes, surtout vers la fin de leur grossesse. Ces lombalgies peuvent être invalidantes dans le quotidien et impacter la qualité de vie. [40] Comme on l'a vu précédemment, lors de la grossesse, les femmes enceintes vont mettre une série d'adaptations en place pour compenser le développement fœtal. [3]

Une de ces adaptations est l'augmentation des courbures dorsales. La lordose lombaire et la cyphose thoracique augmentent largement lors du deuxième et troisième trimestre à cause de la prise de poids fœtale. [43] Les femmes enceintes vont aussi présenter une rotation pelvienne qui modifie l'angle d'inclinaison du bassin et qui peut mettre un stress important sur les ligaments et les muscles du dos. Cependant, il n'y a pas de relation directe entre les maux de dos et les variations de courbures dorsales étant donné que les douleurs arrivent déjà dès les premiers mois de grossesse. A ce stade de la grossesse, il n'y a pas encore de prise de poids excessive ou de changements majeurs des courbures dorsales. [46] Ces modifications posturales liées à la grossesse n'ont également pas un impact direct sur la sévérité des lombalgies. [47]

Une autre adaptation est le déplacement du centre de gravité. À cause de l'augmentation de la taille de l'abdomen de la femme, de la prise de poids du fœtus et du changement des courbures dorsales, le centre de gravité se déplace. Le centre de gravité est la zone du corps où se concentrent toutes les forces physiques qui contribuent au maintien de l'équilibre. Les structures du dos et des membres inférieurs sont donc soumises à un changement de répartition et d'application des forces, ce qui peut les solliciter davantage. [48]

Les causes de lombalgies pendant la grossesse sont multifactorielles, et les variations hormonales, les différents facteurs de risque ou encore les adaptations neuromusculaires dues à la grossesse ont aussi leur rôle à jouer dans les douleurs dorsales. [46] Une étude de *Adam T. (2012)* a voulu étudier l'impact d'un entraînement de musculation sur la prévalence de lombalgies pendant la grossesse. Ils ont voulu voir si le renforcement des muscles dorsaux et abdominaux permettait

de diminuer les douleurs dorsales liées à la grossesse. L'échantillon comprenait 845 femmes enceintes sans contre-indication à la pratique sportive, qui ont été divisées en quatre groupes. Un groupe contrôle et les trois autres étaient de niveaux différents : bas, moyen et haut. Elles ont dû pratiquer trois séances d'une heure par semaine, comprenant un échauffement et du renforcement musculaire du tronc, des membres inférieurs et des membres supérieurs. Les séances ont été adaptées en fonction du trimestre de grossesse. Les résultats ont rapporté que les femmes enceintes avaient une diminution des douleurs lombaires lors de leur participation au programme. Les participantes ayant arrêté le programme, ont rapporté une augmentation des douleurs musculaires. Le renforcement des muscles dorsaux et abdominaux a donc limité les douleurs de dos pendant la grossesse. [49]

Une autre étude de *Wowdzia J.B. et al. (2021)* a étudié l'association entre la pratique de sport de haut niveau avant la grossesse et le risque de présenter une lombalgie pendant la grossesse. Les résultats montraient des preuves de faible certitude à propos d'une possible diminution de l'apparition de douleurs dorsales grâce à la pratique sportive. Les athlètes enceintes souffraient aussi de lombalgies et cela était limitant pour le maintien de leurs entraînements. [14] Les athlètes ne sont donc pas moins à risque de présenter des lombalgies pendant leur grossesse par rapport à des sujets contrôles, même si elles pratiquent plus de sport. [14,50] Les athlètes sollicitent plus leur musculature dorsale lors de leur pratique sportive, mais ce n'est pas pour autant que leur dos est plus fort et qu'il peut mieux tolérer le stress dû à la grossesse. Le taux de lombalgie chez des athlètes d'élite enceintes est tout aussi élevé en comparaison à des sujets contrôles enceintes. [51]

En conclusion, les lombalgies sont des maux qui touchent la plupart des femmes pendant leur grossesse et peuvent être très invalidants. Les causes varient entre les individus mais les changements dans la biomécanique du corps de la future mère, les changements hormonaux, les antécédents ou encore les variations d'anticipation neuromusculaire ont leur part à jouer dans la genèse des douleurs dorsales de grossesse. L'athlète enceinte n'est pas à l'abri de développer une lombalgie pendant la grossesse car des études ont montré que le taux de lombalgie chez les athlètes enceintes et les femmes enceintes était le même. Le traitement dépend de la cause de la lombalgie et doit être commencé le plus tôt possible.

c) Le plancher pelvien :

Il est aussi intéressant de regarder la prévalence des douleurs au niveau de la ceinture pelvienne chez les athlètes d'élite enceintes. Le fait de pratiquer une activité physique intense pourrait peut-être diminuer, ou au contraire, augmenter la tonicité du plancher pelvien pendant la grossesse.

Les douleurs de la ceinture pelvienne sont des plaintes musculosquelettiques au niveau du plancher pelvien, et non pas au niveau du système gynécologique ou urinaire. Ce sont des douleurs qu'on retrouve chez de nombreuses femmes enceintes et qui peuvent impacter leurs activités de la vie quotidienne. La prévalence de ces douleurs pelviennes est similaire entre des sujets contrôles et des athlètes de haut niveau. Les causes sont multifactorielles, mais il y a sûrement une implication des ligaments sacro-épineux et du long dorsal de la crête iliaque dans la genèse de la douleur. [3]

A propos des dysfonctions du plancher pelvien, il est intéressant d'analyser si les athlètes de haut niveau sont plus susceptibles de développer une incontinence urinaire ou fécale en comparaison avec des sujets contrôles. Il existe plusieurs types de dysfonctions du plancher pelvien allant de l'incontinence, mais aussi à la dysfonction de la sphère sexuelle, ou encore au prolapsus des organes pelviens. La prévalence d'incontinence urinaire chez les athlètes de haut niveau et chez les sujets contrôles est haute, et varie entre 28-80%. La prévalence est la plus haute chez les femmes pratiquant des sports à impact comme la gymnastique ou encore la course à pied. Cependant il n'y a pas d'association entre le volume d'activité physique pratiqué et l'incontinence urinaire. [3] Une étude de *Bo K. et al. (2004)* a examiné si l'exercice physique intense avait un impact sur la prévalence de l'incontinence urinaire chez les athlètes d'élite. Les résultats montraient qu'il existe peu d'études ayant comparé la prévalence entre des athlètes et des sujets contrôles. De manière générale, aucune différence significative a été mise en évidence entre les deux groupes. Les athlètes ne présentaient pas plus d'incontinence urinaire que des sujets contrôles ne pratiquant pas de sport. Dans cette étude, la prévalence était plus haute si l'athlète pratiquait un sport avec beaucoup d'impacts. Le taux d'incontinence urinaire dépendait aussi de plusieurs facteurs de risque comme un IMC élevé ou encore des troubles du comportement alimentaire. [52] De plus, une autre étude de *Bo K. et al. (2010)* a également montré que les femmes athlètes pratiquant une

activité physique intense de façon quotidienne n'étaient pas plus à risque de développer une incontinence urinaire plus tard dans leur vie. [53]

Mais est-ce que les femmes athlètes ont un périnée plus fort et résistant que les femmes non-athlètes ? La même étude de *Bo K. et al. (2004)* a formulé deux hypothèses. La première hypothèse disait que les femmes athlètes avaient un plancher pelvien plus fort que les femmes non-athlètes. Cette hypothèse se basait sur le fait que lorsqu'on faisait une activité sportive qui sollicitait les abdominaux, le périnée était entraîné aussi. Cependant, peu de femmes réalisaient une contraction involontaire du périnée pendant une activité physique, donc le périnée n'était pas plus renforcé. La deuxième hypothèse suggérait que le plancher pelvien des femmes athlètes était surchargé et donc affaibli à cause de l'activité sportive intensive. Il n'y avait pas de preuve suffisante pour pouvoir affirmer cette hypothèse, même si le fait de réaliser une activité physique intense pouvait favoriser l'incontinence urinaire chez les femmes déjà à risque initialement. [52]

L'étude de *Wowdzia J.B. et al. (2021)* avait pour but d'analyser l'ensemble du déroulement de la grossesse jusqu'à l'accouchement chez des femmes pratiquant un sport de haut niveau juste avant la conception. Les articles qui ont été sélectionnés dans l'étude concernaient des athlètes d'élite réalisant des exercices vigoureux avant leur grossesse, et elles étaient comparées à des athlètes de niveau amateur ou récréatif ainsi qu'à des femmes enceintes inactives. A propos du plancher pelvien, les résultats montraient qu'il n'y avait pas de preuve fiable montrant une augmentation du risque d'incontinence urinaire chez la femme athlète d'élite. Par ailleurs, les résultats étaient les mêmes pour la prévalence des douleurs pelviennes. Cependant, les auteurs ont expliqué que cela dépendait du type de sport pratiqué, et qu'une activité physique à haut impact favorisait le risque d'apparition de dysfonctions du plancher pelvien. [14]

En résumé, on ne peut pas affirmer que les femmes athlètes ont un périnée plus fort ou moins fort que des femmes non-athlètes. Pratiquer un sport intensif ne signifie pas qu'on renforce systématiquement son périnée, ni qu'on surcharge le plancher pelvien. Certains sports sont plus à risque de provoquer des troubles du plancher pelvien, notamment ceux à haut impact comme la gymnastique ou encore la course à pied. Les athlètes en pratiquant présentent plus de taux d'incontinence urinaire, surtout si elles en sont déjà sujettes préalablement. De manière générale, les femmes

athlètes qui pratiquent une activité physique intense pendant leur grossesse ne sont pas plus à risque de développer des douleurs pelviennes ou des dysfonctions du plancher pelvien.

d) Les fibres musculaires :

Une autre adaptation que provoque la grossesse sur le corps de la femme est un changement dans le type de fibres musculaires. Dans cette section, nous allons voir si cette variation de fibres musculaires peut avoir un impact sur la performance sportive de l'athlète d'élite pendant la grossesse.

Les muscles squelettiques de la femme enceinte vont changer suite à l'augmentation de certaines hormones, à des modifications de leurs récepteurs ainsi que par la prise de masse corporelle. On constate une augmentation des fibres glycolytiques et une diminution des fibres oxydatives au sein du muscle squelettique. [3] Les fibres glycolytiques sont augmentées chez les femmes étant en surpoids, et ce proportionnellement à leur IMC. Par ailleurs, au plus l'IMC est élevé, au moins il y a de fibres oxydatives au sein du muscle squelettique. [54] Les fibres oxydatives sont répertoriées comme les fibres musculaires de type I. Elles sont rouges, à contraction lente et résistantes à la fatigue. Les fibres glycolytiques sont les fibres de type II, elles sont blanches, à contraction rapide et fatigables. On retrouve deux sous-groupes différents dans les fibres de type II chez l'humain : le groupe IIA et IIX. [55, 56] Les fibres de type IIA ont un métabolisme oxydo-glycolytique, elles ont des vitesses de contraction plus rapides que les fibres de type I mais elles sont moins résistantes à la fatigue. Les fibres de type IIX ont un métabolisme glycolytique, elles possèdent le temps de contraction le plus rapide mais sont les plus fatigables. [57]

Pendant la grossesse, il y a donc un changement dans le type de fibres composant les muscles squelettiques, avec une diminution des fibres de type I et une augmentation des fibres de type IIA, ce qui permet en principe de produire de plus grandes forces. Ce changement a également été observé chez des athlètes d'endurance, qui ont une augmentation de leurs fibres à oxydation rapide de type IIA. [58] Une étude de *Bey M. et al. (2019)* a montré que lors de la grossesse, l'épaisseur du muscle squelettique avait augmentée mais qu'il n'y avait pas d'augmentation de la force musculaire. Les variations dans la structure musculaire dépendaient de trois facteurs : la teneur en eau du corps, la charge liée à la prise de

poids ou à l'exercice, et les concentrations hormonales dont notamment les œstrogènes. [59] Une autre étude de *Reese M. et al. (2015)* a également évalué l'influence des concentrations de certaines hormones sur le muscle squelettique lors de la grossesse. Les résultats ont montré que l'augmentation de la testostérone provoquait une augmentation de la masse musculaire suite à l'hypertrophie des fibres de type I et II. De plus, l'hormone de croissance *Insulin-like growth factor 1* (IGF-1) favorisait également l'hypertrophie musculaire en induisant une synthèse protéique et en limitant l'atrophie musculaire. L'IGF-1 et la testostérone étaient les plus élevées pendant le troisième trimestre de grossesse, et c'est à ce moment-là qu'on pouvait constater le plus d'effets sur les muscles squelettiques. [60] Cependant, ces changements revenaient pendant le post-partum à des niveaux observés avant la grossesse. On ne remarque pas un risque accru de blessures musculosquelettiques liés aux changements dans la composition des muscles squelettiques chez les femmes enceintes. Cependant, elles sont plus enclines aux risques de chute et aux pertes d'équilibre à cause des changements de masse corporelle, ainsi qu'à la diminution de la pratique d'activité physique induisant une légère perte de force musculaire. Néanmoins, il n'y a pas assez de preuves pour affirmer que les femmes enceintes sont plus à risque de subir des blessures comme des entorses, ou encore des tendinopathies pendant leur grossesse suite aux changements dans le type de fibres musculaires. [59]

En conclusion, les muscles squelettiques s'adaptent au stress physiologique que représente la grossesse pour le corps de la femme. Il y a une diminution des fibres de type I dites oxydatives, et une augmentation des fibres de type II dites glycolytiques. Ces dernières ont une vitesse de réaction élevée, mais elles sont plus fatigables. Les femmes enceintes présentent une plus grande masse musculaire mais il n'y a pas de variation dans leur force musculaire. Par contre, elles peuvent présenter une diminution de force musculaire lorsqu'elles adoptent un comportement sédentaire pendant leur grossesse. Ces variations les rendent plus à risque de chute et de perte d'équilibre suite à la modification de la masse corporelle.

4. La prééclampsie :

La prééclampsie est une pathologie spécifique de la grossesse, qui se traduit par des troubles hypertensifs et une protéinurie. C'est l'une des causes principales de mortalité et de morbidité fœto-maternelle dans le monde. Le

diagnostic est posé si la maman présente une hypertension nouvelle supérieure à 140/90 mmHg et une protéinurie supérieure à 300 mg/24h au-delà de la vingtième semaine de grossesse. [61] La maladie est considérée comme sévère si la pression artérielle systolique est supérieure à 160 mmHg, la diastolique supérieure à 110 mmHg, et si la protéinurie est supérieure à 5000 mg/24h. [3] Il existe quatre formes de prééclampsie : la non-protéinurique, la normotensive, la prééclampsie inférieure à 20 semaines de grossesse, et la prééclampsie du post-partum. La prise en charge reste la même, et une décision d'accouchement précoce est prise si des signes de gravité sont présents. [62] Les symptômes sont tardifs et assez variables en fonction de la forme clinique de la prééclampsie. Généralement, on retrouve des maux de tête sévères, des perturbations visuelles, des douleurs au niveau du quadrant supérieur et du quadrant épigastrique de l'abdomen, des nausées et des vomissements. [3] La mère peut aussi présenter des symptômes comme un décollement placentaire, le HELLP syndrome, ou encore des convulsions. Le HELLP syndrome signifie que la patiente présente une hémolyse, un haut taux d'enzymes hépatiques et peu de plaquettes. Il est le signe d'une prééclampsie sévère et le pronostic vital est engagé si un traitement n'est pas mis en place rapidement. [63]

La prééclampsie est une pathologie multifactorielle, dont deux voies sont à l'origine des symptômes. La première voie implique les gènes du développement placentaire. Le gène Storkhead box 1 (STOX1) favorise la fusion entre les cytotrophoblastes en syncytiotrophoblastes, qui est une étape indispensable dans le développement du placenta. La deuxième voie est la voie angiogénique, un défaut de développement vasculaire dans le placenta pourrait mener à une hypoxie locale et donc favoriser la prééclampsie. [61] Les causes sont encore peu claires mais il existe une série de facteurs de risque de la prééclampsie. Comme le montre le **tableau 4**, l'étude de *Bo K. et al. (2016)* a établi une liste de l'ensemble des facteurs de risque de la prééclampsie pendant la grossesse. [3]

Tableau 4 : *Facteurs de risque de la prééclampsie chez une femme nullipare*

Données issues de l'étude de *Bo K. et al. (2016)*

Facteurs de risque de la prééclampsie	
-	Prééclampsie lors d'une grossesse précédente
-	> 40 ans
-	Procréation médicalement assistée
-	Obésité ou surpoids pendant la grossesse
-	Membre de la famille avec antécédent de prééclampsie
-	Naissance prématurée, ou petit poids de naissance
-	Thrombophilies héréditaires
-	Hypertension chronique
-	Diabète de type 1
-	Maladie rénale
-	Grossesse mutlifœtale
-	Prise de drogues (cocaïne ou amphétamine) pendant la grossesse
-	Manque d'activité physique

On constate que le manque d'activité physique est un facteur de risque de la prééclampsie. Les femmes athlètes ont une plus faible prévalence de ces facteurs de risque par rapport à la population générale. [3] L'activité physique modifie certaines réactions biochimiques impliquées dans l'hypertension et la prééclampsie de grossesse. [49] L'obésité est aussi un facteur de risque, c'est pourquoi le taux de prééclampsie augmente ces dernières années. [3]

Concernant le traitement, il n'en existe pas un en particulier. Cela va dépendre de la gravité de la pathologie, de l'âge de la maman, de l'atteinte du fœtus ou encore de l'impact sur les organes de la mère. Si la maman est en fin de grossesse et que l'enfant est arrivé à maturité, on va procéder à un accouchement précoce. Si la maman est atteinte de prééclampsie légère, et si elle est à moins de 34 semaines de gestation, elle va être mise sous antihypertensifs et corticostéroïdes pour assurer la maturité du système respiratoire de l'enfant avant l'accouchement. Pour les formes graves de prééclampsie et même en-dessous de 28 semaines de gestation, la maman subira un accouchement précoce pour limiter tous les effets indésirables de la prééclampsie sur les organes. [3]

L'activité physique peut donc limiter le risque de développer une prééclampsie. Le sport permet une amélioration de la vascularisation du placenta et donc il limite les risques d'hypoxie, permet une réduction du stress oxydatif et de l'inflammation, et une réduction des maladies en lien avec des dysfonctions endothéliales. [64] Une étude de *Rudra C. et al. (2005)* a analysé si l'intensité relative de l'activité physique avait un impact sur la prévalence de la prééclampsie. Pour cela, ils ont sélectionné 244 femmes atteintes d'une prééclampsie, et ils les ont comparé avec 470 sujets

contrôles. Les données ont été récoltées à l'aide de questionnaires qui recueillaient des informations telles que le taux d'activité sportive et la perception de la difficulté de ces efforts. Ces données ont été prises avant et pendant la grossesse. Les résultats ont montré que les femmes atteintes d'une prééclampsie avaient tendance à être en surpoids, peu actives, et fumeuses. Les femmes réalisant un effort modéré ou intense de manière fréquente avaient une diminution du risque de prééclampsie de respectivement 46% et 88% par rapport à celles réalisant un effort faible. [65]

Et quand est-il du taux de prééclampsie sur une population d'athlètes enceintes ? Une étude de *Bo K. et al. (2016)* a montré que pour les athlètes enceintes qui pratiquaient une activité intensive avant leur grossesse, il y avait une réduction de 40% du risque de prééclampsie. Cependant, il n'y avait pas d'amélioration au-delà de cinq à six heures de pratique par semaine. Les bénéfices étaient donc plus importants chez les personnes pratiquant une activité physique intense que chez ceux pratiquant une activité physique légère. [3] D'autres données montrent que la prééclampsie est diminuée de 41% chez les sportives pratiquant une activité physique modérée à vigoureuse sur une longue durée. [33]

En conclusion, la prééclampsie est une pathologie de grossesse qui est caractérisée par une hypertension et une protéinurie. Cette pathologie peut avoir des conséquences graves sur la santé de la maman mais aussi sur celle du fœtus, pouvant mener à un accouchement prématuré. Il existe différents facteurs de risque à la prééclampsie, dont notamment le surpoids et le manque d'activité physique. L'activité sportive réduit le taux de prééclampsie pendant la grossesse et ce proportionnellement à l'intensité de l'effort. L'exercice physique a un impact sur l'inflammation de l'organisme, sur le stress oxydatif mais aussi sur la vascularisation du placenta. Il est bénéfique de pratiquer une activité intensive dans le but de prévenir la prééclampsie.

5. Les variations métaboliques :

a) Notions générales :

La grossesse apporte des changements métaboliques au corps de la femme. Le fœtus va demander un grand apport énergétique qu'il va puiser dans le glucose de la mère. Il va donc falloir que le métabolisme maternel s'adapte à cette plus grande demande énergétique fœtale.

La concentration en glucose va augmenter, le foie va diminuer son stockage en glycogène et va libérer plus de glucose, ce qui va augmenter la concentration en insuline de la mère. [3] La sensibilité à l'insuline est augmentée en début de grossesse, mais dès le deuxième trimestre une insulino-résistance s'installe. Cela est dû à une hyperplasie des cellules β des îlots de Langerhans pancréatiques, qui provoque une augmentation des taux d'insuline. [1] La résistance à l'insuline est due à la libération d'hormones diabétogènes comme l'hormone de croissance, la prolactine ou encore le cortisol. Elle provoque une diminution de la sensibilité à l'insuline dans les muscles squelettiques de la mère. Cette résistance à l'insuline diminue dès le début du post-partum. [66] Ce changement se fait en parallèle de la croissance du placenta. La mère va également stocker plus de graisses, comme source d'énergie alternative. [3] Autrement dit, elle va utiliser la lipolyse des graisses comme source d'énergie, et préserver le glucose pour le fœtus. En effet, le placenta est imperméable aux larges lipides mais il autorise le passage du glucose, des corps cétoniques ou encore des acides aminés. [66]

Au niveau du métabolisme des graisses, il y a une augmentation du cholestérol à lipoprotéines de basse densité (LDL) et de haute densité (HDL) ainsi que du taux de triglycérides. Cette augmentation est due à une plus grande synthèse hépatique et une diminution de l'activité des lipoprotéines lipases. Les triglycérides vont fournir l'énergie nécessaire à la mère tandis que les LDL vont participer à la synthèse des hormones stéroïdiennes placentaires. [1] L'augmentation en HDL se remarque surtout durant la première moitié de la grossesse, et diminue légèrement pendant le troisième trimestre, même si leur concentration reste plus haute que chez les femmes non-enceintes. [66]

Les femmes enceintes ont besoin d'un plus grand apport en protéines pendant leur grossesse, car les acides aminés sont essentiels pour survenir aux besoins du fœtus. Le corps va également absorber une plus grande quantité de calcium provenant de l'alimentation pour subvenir aux besoins du fœtus. Effectivement, lors du troisième trimestre, le fœtus a besoin d'une plus grande dose de calcium pour maintenir les processus physiologiques. Il y a donc une augmentation de l'absorption intestinale en calcium pour assurer les besoins fœtaux mais aussi pour ne pas diminuer les réserves maternelles en calcium. [66]

Un autre changement important est la prise de poids maternelle durant la grossesse. Elle est due aux modifications de l'organisme en réponse à la grossesse et se caractérise par l'augmentation des réserves graisseuses. Durant les deux premiers trimestres, la prise de poids sera principalement associée à une augmentation du tissu graisseux. Lors du dernier trimestre, la prise de masse sera essentiellement liée à la croissance fœtale. [67]

En conclusion, le corps de la femme subit de nombreux changements métaboliques suite à la grossesse et à la demande accrue d'énergie par le fœtus. On remarque principalement une augmentation de la concentration en glucose, et une résistance à l'insuline dans les muscles squelettiques de la femme enceinte lors du deuxième et troisième trimestre de grossesse. La femme enceinte va aussi augmenter sa lipolyse comme source d'énergie alternative, pour probablement laisser le plus de glucose possible au fœtus. Il y a également une augmentation de la concentration en HDL et LDL, ainsi que des triglycérides. La consommation en protéines et l'absorption en calcium de la femme enceinte seront également plus grandes pour survenir aux besoins du fœtus. Tous ces changements peuvent se traduire par une prise de masse corporelle maternelle.

b) L'impact des variations métaboliques à l'exercice :

La réponse métabolique pendant l'exercice va surtout dépendre de l'intensité et de la durée de l'activité physique. La concentration en glucose diminue plus fortement et le taux de glucose post-exercice est plus bas chez des femmes enceintes par rapport à des femmes non-enceintes. Cependant, cela n'a pas l'air de causer d'hypoglycémie, même pendant des efforts modérés de plus de 40 minutes. [2]

Une étude de *Soultanakis H. et al. (1996)* a étudié la régulation du glucose lors d'un exercice physique chez des femmes enceintes pendant le troisième trimestre. Ils ont analysé 20 femmes enceintes entre 25 et 35 semaines de grossesse, et dix femmes non-enceintes. Elles ont dû réaliser un test pour déterminer leur $VO_2\text{max}$, et un autre test sous-maximal d'une heure à 50-60% de leur $VO_2\text{max}$. Elles devaient pédaler à 60 tours/minute sur un vélo stationnaire. Des échantillons de sang ont été récoltés avant, pendant et après l'effort pour pouvoir calculer les concentrations de glucose sanguin au cours de l'exercice. Des données comme le rythme cardiaque, la température corporelle, ou encore la consommation en oxygène ont également été

mesurées. Les résultats ont montré que la concentration en glucose a diminué pendant l'exercice dans les deux groupes. Chez les femmes enceintes, les valeurs étaient significativement inférieures aux données initiales après seulement 15 minutes d'effort. La concentration en glucose a continué de diminuer jusqu'à la soixantième minute, où elle a atteint son niveau le plus bas. La récupération était assez lente, et la concentration de glucose n'a pas retrouvé ses valeurs initiales après 15 minutes de repos. Chez les femmes non-enceintes, la concentration en glucose a bien diminué pendant les 15 premières minutes, puis est restée relativement stable jusque la fin de l'exercice. Lors de la récupération, les valeurs sont restées inférieures aux données initiales après 15 minutes de repos également. A propos du taux d'insuline dans le sang, il suivait les mêmes tendances dans les deux groupes. L'insuline diminuait d'abord rapidement dès le début de l'exercice, puis continuait à baisser avec une pente moins forte pendant le reste de l'exercice chez les femmes enceintes. Tandis que chez les femmes non-enceintes, l'insuline diminuait moins fortement au début de l'exercice, avant d'atteindre un palier jusqu'à la fin de l'activité physique. Les taux d'insuline n'étaient pas remontés à la normale après 15 minutes de repos dans les deux groupes, mais les valeurs étaient quand même plus élevées chez les femmes non-enceintes. Ces résultats ne montraient pas d'hypoglycémie malgré un effort d'une heure. L'hypoglycémie était dépendante de l'intensité de l'effort mais aussi de sa durée, et donc de la balance entre la production de glucose et son utilisation dans les tissus périphériques. L'étude en conclut que lorsque l'effort devenait long ou intense, les acides gras libres étaient utilisés par les muscles squelettiques en action probablement pour tenter de maintenir le niveau de glucose sanguin stable pour le fœtus. [68]

En résumé, l'exercice pendant la grossesse provoque une diminution de la concentration en glucose sanguin. Cette diminution est proportionnelle à l'intensité et la durée de l'exercice. Le risque est de provoquer une hypoglycémie chez la femme enceinte, ce qui peut être néfaste pour le fœtus. La prévalence d'hypoglycémie est plus haute lors d'un exercice intense, et lors du troisième trimestre car le fœtus consomme plus de glucose.

c) Le diabète gestationnel :

Le diabète gestationnel commence quand la fonction endocrinienne de la mère n'arrive plus à surmonter la résistance à l'insuline provoquée pendant la

grossesse. [66] Pour lutter contre la résistance à l'insuline et maintenir un taux normal de glucose dans le sang, le corps va produire une plus grande quantité d'insuline. Dans le cas d'un diabète gestationnel, le corps de la femme enceinte n'arrive plus à produire cette augmentation compensatoire d'insuline et cela provoque une hyperglycémie. Les facteurs de risque du diabète gestationnel sont l'obésité, un âge avancé, des antécédents familiaux, des antécédents de diabète gestationnel lors d'une précédente grossesse, une hypertension nouvelle ou encore un syndrome des ovaires polykystiques. De surcroît, le diabète gestationnel est plus fréquent de nos jours suite à l'augmentation de la prévalence d'obésité dans le monde. Les femmes qui développent un diabète de grossesse sont plus à risque d'avoir un diabète de type 2 dans les cinq ans qui suivent l'accouchement. [3] Le diabète gestationnel est associé avec un risque de morbidité à court et à long terme chez l'enfant ainsi que chez la mère. Pendant le premier trimestre, l'enfant est plus susceptible d'avoir des anomalies congénitales. Durant le deuxième et troisième trimestre, les effets négatifs sur l'enfant peuvent aller d'une macrosomie, à une hypoglycémie, une hypocalcémie, ou encore une jaunisse. [69] Quand ils grandiront, ces enfants seront également plus susceptibles de développer une intolérance au glucose, une obésité, et par la suite un diabète. Dans le cas de la mère, elle sera plus à risque de développer une prééclampsie et un diabète de type 2 durant les années suivantes. [3]

L'exercice physique permet de contrôler la glycémie et de réduire l'utilisation d'insuline. [70] La pratique d'une activité physique, reprenant de l'endurance et du renforcement musculaire, réduit donc l'incidence de diabète gestationnel. [71] Il faut cependant avoir un contrôle strict de la glycémie pendant l'exercice pour éviter d'être en hyperglycémie ou en hypoglycémie étant donné que cela peut être néfaste pour la mère et pour le fœtus. [70] L'activité physique participe aussi à la réduction de la prise de poids maternelle et préserve la tolérance au glucose. De plus, pratiquer l'activité physique dès le premier trimestre de grossesse est plus efficace dans la prévention du diabète gestationnel. [71] Les femmes actives sont donc moins à risque de développer un diabète pendant leur grossesse. [3]

En conclusion, le diabète gestationnel est une pathologie qui touche les femmes pendant leur grossesse. Il se traduit par une hyperglycémie suite à l'incapacité du corps à produire des taux plus élevés d'insuline en réponse à l'augmentation de la

résistance à l'insuline et pour maintenir des niveaux stables de glucose. Le diabète peut avoir des effets néfastes sur la mère et sur le fœtus, à court et long terme. Le fait de pratiquer une activité physique dès le premier trimestre et tout au long de la grossesse permet de limiter les risques de développer un diabète gestationnel et d'avoir une prise de poids excessive.

d) Les athlètes de haut niveau et les adaptations métaboliques :

Il existe peu d'études réalisées sur des athlètes de haut niveau pour analyser les adaptations métaboliques, ou même le diabète gestationnel lors d'entraînement intense pendant la grossesse. [3] Le fait de pratiquer un exercice d'intensité vigoureuse pendant la grossesse modifie l'expression de certains gènes. Par exemple, il y a une augmentation de l'expression placentaire des transporteurs d'acides aminés de type T1 (TAT1) ou encore de la glutamine synthétase. L'exercice améliore donc les voies de transport des acides aminés, mais aussi ceux agissant dans le métabolisme des acides gras. Il y a une amélioration du transport du glucose et de la signalisation de l'insuline dans le placenta lorsque les femmes enceintes pratiquent une activité physique intense. [72]

Une étude de *Medek H. et al. (2016)* a été réalisée pour déterminer le lien entre la pratique d'activité physique et le métabolisme du glucose pendant la grossesse. Tout d'abord, 177 femmes enceintes ont été sélectionnées pour répondre à un questionnaire sur leur pratique d'activité physique, ainsi que pour passer un test de tolérance au glucose. Dans ces participantes, 87 avaient un poids normal, 45 étaient en surpoids et 45 souffraient d'obésité. Les résultats ont montré que les participantes ayant pratiqué une activité physique intense, quel que soit leur poids, avaient des niveaux plus bas de glucose et d'insuline lors du test de tolérance au glucose à la vingtième semaine de grossesse. La prévalence de diabète gestationnel était aussi plus basse chez les participantes qui réalisaient une activité intensive. L'activité physique vigoureuse jouait donc un rôle majeur sur la tolérance au glucose de la mère. [73]

Le risque de pratiquer un exercice intense pendant la grossesse est de faire une hypoglycémie. La grossesse est associée avec une réduction du stockage de glycogène hépatique, de ce fait les concentrations en glucose peuvent être basses lors d'un effort prolongé ou d'un effort intense, atteignant même des niveaux

inférieurs à ceux de femmes non-enceintes. Ce risque est relativement faible, mais l'hypoglycémie est plus fréquente chez les femmes enceintes ayant un diabète de type 1, 2 ou gestationnel. [74] Une étude de *Wowdzia J. et al. (2022)* a analysé le risque d'hypoglycémie lors d'un entraînement par intervalles de haute intensité (HIIT) chez les femmes enceintes. Vingt-quatre participantes ont été recrutées et ont dû porter un capteur de glucose dès la première séance de sport et ce pendant sept jours. Les données lors d'un exercice de HIIT ont été comparées à des données récoltées chez les mêmes participantes lors d'un entraînement continu à intensité modérée (MICT). Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas de différence entre les réponses glycémiques des femmes enceintes pratiquant une exercice de HIIT ou de MCIT. Cependant, les participantes du groupe HIIT ont montré moins d'hypoglycémie après l'effort. Le volume d'activité physique était plus élevé dans le groupe MCIT et c'est pour cela que le taux d'hypoglycémie était augmenté après l'effort. Seulement ce risque reste relativement faible, et varie entre zéro à quatre pourcent d'induire une hypoglycémie à l'exercice. La pratique d'activité physique intense ne présente pas de risque pour la glycémie maternelle, et ce pendant une période de 48h post-exercice. [75]

En résumé, la pratique d'activité physique intense ne provoque pas d'effet néfaste sur les adaptations métaboliques associées à la grossesse. Le sport intense a un impact positif sur la tolérance au glucose de la mère, favorise l'expression de certains gènes comme les transporteurs d'acides aminés ou encore les transporteurs de glucose. De plus, la pratique d'une activité physique vigoureuse ne favorise pas l'apparition d'hypoglycémie chez la femme enceinte. Il faut cependant surveiller la glycémie chez des femmes plus à risque comme celles présentant un diabète de type 1, 2 ou gestationnel.

6. Les symptômes de grossesse et le sport de haut niveau :

a) Les nausées et vomissements :

La grossesse provoque une série de symptômes corporels qui peuvent impacter la pratique d'une activité sportive. L'un des premiers symptômes dont souffre la femme enceinte est la nausée, cette sensation d'être malade sans avoir de vomissements. Ce symptôme apparaît assez tôt pendant la grossesse, persiste entre la sixième et douzième semaine de gestation, et peut parfois durer jusqu'à la fin de la grossesse. Les nausées sont dues à une augmentation des HCG et des œstrogènes.

[3] Les modifications de la sphère gastro-intestinale peuvent aussi provoquer des nausées. En effet, la progestérone va relâcher les muscles lisses, ce qui va provoquer un relâchement de l'œsophage et un retard de vidange gastrique. [76] Il est important de bien surveiller les athlètes de haut niveau qui souffrent de nausées ou de vomissements fréquents, car il existe des risques de déshydratation, d'hypokaliémie ou encore d'hypocalcémie. Cela peut aussi impacter la prise des apports alimentaires et donc les ressources d'énergie. [3] Les athlètes ont rapporté que les nausées et les vomissements constituaient des changements physiologiques limitants, et que c'était pour cette raison notamment qu'elles avaient réduit leur volume d'entraînement durant le premier trimestre de grossesse. [77,78]

En conclusion, les nausées et les vomissements sont des symptômes corporels qui surviennent au début de la grossesse, et qui persistent généralement entre la sixième et la douzième semaine. Ces symptômes sont limitants dans le maintien du volume d'entraînement physique chez les sportives de haut niveau. De plus, il faut faire attention si les vomissements sont importants, étant donné qu'ils peuvent créer de graves troubles comme la déshydratation.

b) La fatigue :

La fatigue est définie comme une sensation d'épuisement et d'incapacité à réaliser un travail physique ou mental supplémentaire. C'est un symptôme courant chez la femme enceinte, aussi bien pendant la grossesse que lors du post-partum. La sensation de fatigue peut varier en fonction du cadre de vie, de la charge de travail, de l'âge, ou encore du nombre d'enfants. Le corps humain peut résister à un certain niveau de fatigue, mais cela peut altérer la qualité de vie ainsi que la santé mentale et physique maternelle. Une fatigue trop importante peut être pathologique, c'est pour cela qu'il faut d'abord vérifier qu'elle ne soit pas due à un trouble comme de l'anémie ou encore l'hypothyroïdie. [3] La fatigue est, comme les nausées, un symptôme fort limitant durant le premier trimestre mais qui peut se prolonger tout au long de la grossesse, et qui peut contribuer à la réduction du volume d'activité sportive chez les athlètes. [77] Une étude de *Duncombe D. et al. (2009)* a montré que la quantité et l'intensité de l'exercice physique ont diminué tout au long de la grossesse chez des femmes enceintes actives. Les principales raisons étaient la fatigue et la sensation d'inconfort que cela provoquait. Cette diminution du volume d'entraînement était présente lors du premier trimestre, mais aussi lors du deuxième

et troisième. [79] Une étude de *Jackson T. et al. (2002)* a montré les mêmes résultats chez des athlètes d'élite. Leur volume d'entraînement a également diminué à cause des changements physiologiques induits par la grossesse. [81] Il a été montré que les femmes actives qui pratiquaient une activité physique aérobie pendant leur grossesse ressentaient moins de fatigue que les autres femmes. Bien que la fatigue soit un obstacle à l'entraînement physique, il est conseillé aux femmes d'en pratiquer pour mieux gérer cette fatigue. [80]

En conclusion, la fatigue est un symptôme fréquemment ressenti durant la grossesse et le post-partum. Elle se définit comme une sensation d'inconfort et d'une incapacité à réaliser un travail ou une tâche supplémentaire. La fatigue touche une grande partie des femmes enceintes, et peut être invalidante dans la vie quotidienne. Les athlètes rapportent que la fatigue est un des facteurs limitants dans le maintien des volumes d'entraînement pendant la grossesse. Néanmoins, des études ont montré une plus faible prévalence de fatigue chez les femmes actives. Il est donc conseillé aux femmes enceintes de rester actives pour mieux gérer cette sensation de fatigue.

c) La prise de poids gestationnelle :

La prise de poids gestationnelle est définie comme la quantité de poids prise entre la conception et l'accouchement. Elle peut avoir un impact sur la santé maternelle, mais aussi sur la santé fœtale car elle joue un rôle important dans la bonne croissance du fœtus. [3] Des recommandations ont été établies par l'Institut de Médecine (IOM) en fonction du poids pré-grossesse. Pour les femmes ayant un faible IMC avant la grossesse, la prise de poids doit être limitée entre 12-18 kg. Pour les femmes ayant un IMC normal, la prise de poids doit se situer entre 11-15kg, et pour les femmes ayant un IMC élevé, la fourchette est de 6-11kg. Il faut aussi prendre en compte la taille ou encore l'âge de la femme enceinte. [82] Une petite prise de poids gestationnelle est généralement associée avec un poids de naissance inférieur aux normes par rapport à l'âge gestationnel, mais aussi des naissances prématurées, ou encore des difficultés d'allaitement maternelle. [3] Un poids trop faible correspond à un poids inférieur à 2.5 kg en fonction de l'âge gestationnel. [83] Une trop grande prise de poids gestationnelle est en revanche associée avec des risques de troubles hypertensifs, d'un travail prolongé, de césarienne, d'un poids fœtal trop élevé, et d'une obésité persistante pendant le post-

partum. [3] Un poids fœtal trop élevé correspond à un poids supérieur à 4 kg, en fonction de l'âge gestationnel également. Le terme de macrosomie est utilisé pour un poids fœtal supérieur à 4 kg. [83]

L'exercice physique a un impact positif sur la santé maternelle et sur celle du fœtus pour favoriser son bon développement. [83] La pratique d'une activité physique modérée pendant la grossesse est inversement proportionnelle au risque d'avoir une prise de poids gestationnelle excessive. [3] Il a été montré que les femmes enceintes actives pendant leur grossesse avaient des taux de leptine diminués et, par conséquent, il en découlait une plus faible adiposité fœtale. [83] Une des barrières pour lesquelles les athlètes n'ont pas su maintenir leur niveau d'entraînement pré-grossesse était la prise de poids et l'influence négative que cette prise de masse avait sur l'image corporelle et l'équilibre du corps. [78] La prise de poids chez les athlètes est plus basse par rapport à celle de femmes non-athlètes, mais cela reste un facteur limitant dans leur pratique sportive. Il est important d'expliquer à l'athlète l'importance de cette prise de poids, et qu'elle ne doit pas se priver de nourriture ou augmenter ses entraînements pour essayer de la diminuer. [84]

En conclusion, la prise de poids maternelle pendant la grossesse est un facteur important pour la santé fœtale et maternelle. Par rapport aux recommandations, une prise de poids excessive ou trop peu élevée peut avoir des effets néfastes sur le fœtus, sur la mère, mais aussi pour le déroulement de la grossesse et le post-partum. L'exercice permet de réduire la prévalence de prise de poids excessive due à la grossesse notamment grâce à son impact sur la concentration de leptine. Cependant la prise de poids est un facteur limitant pour le maintien de l'intensité des entraînements chez des sportives de haut niveau enceintes.

d) Les symptômes psychologiques :

La grossesse engendre des adaptations psychologiques qui ont des implications sur la santé et sur la pratique d'une activité physique pendant cette période. Généralement, ces adaptations se résorbent naturellement après la grossesse à partir du moment où l'homéostasie est rétablie. Les symptômes les plus courants sont la dépression et l'anxiété de grossesse. La dépression se caractérise par une humeur maussade, des insomnies, une irritabilité, de la tristesse, ou encore un manque d'énergie. La dépression peut se prolonger, et devenir une dépression du post-partum qui entraîne une parentalité négative, et qui peut engendrer une

mauvaise relation entre la mère et le nourrisson. [81] Le fait d'accueillir un enfant peut être stressant et provoquer des risques de dépression chez la femme enceinte, mais il y a aussi des causes biologiques. On retrouve notamment une augmentation des stéroïdes sexuels, qui peuvent impacter les zones cérébrales impliquées dans l'humeur. Mais aussi une augmentation des concentrations hormonales qui génèrent le stress, comme par exemple le cortisol. [85] L'anxiété peut être une conséquence de la dépression pendant la grossesse et peut aussi se prolonger pendant le post-partum et impacter la relation mère-nourrisson. [81] Cette anxiété est caractérisée par un stress qui répond à des stimuli externes et internes, accompagné d'un état émotionnel négatif. [86] Les symptômes de l'anxiété augmentent fortement lors du troisième trimestre. Il a été montré que des tensions, de l'anxiété ou des longs épisodes de dépression peuvent avoir des conséquences sur le développement et le bien-être du fœtus, surtout à travers les fluctuations hormonales. [87] A propos du traitement, l'exercice a des bienfaits sur l'humeur et le bien-être des femmes enceintes. Une étude de *Sanchez-Polan M. et al. (2021)* a montré qu'il y avait une prévalence plus faible de dépression chez les femmes qui restaient actives pendant leur grossesse, en comparaison avec un groupe de femmes inactives. Il n'y avait pas de consensus sur le type d'activité physique ou sur l'intensité, les femmes actives pratiquaient des exercices mixtes comme le tai-chi, le yoga, le renforcement musculaire ou encore de l'exercice aérobic. De manière générale, l'exercice a eu un impact positif sur l'état émotionnel des femmes enceintes. [88]

Une haute prévalence de troubles psychologiques a été rapportée chez des athlètes, notamment la dépression, l'anxiété et les troubles alimentaires. [86] De plus, les athlètes de haut niveau peuvent ressentir une détresse psychologique supplémentaire par rapport à des croyances et des performances qu'elles doivent accomplir tout en gérant leurs rôles de mère et d'athlète. Les deux sont parfois difficiles à gérer, et les informations à ce sujet ne sont pas toujours claires. [81] Le fait de réduire leur volume d'entraînement et de ne pas savoir si elles arriveront à retourner à leur niveau d'avant sont des facteurs qui augmentent encore plus leur stress et leur anxiété. Moins bouger et perdre leur mobilité leur donne l'impression de voir leurs capacités d'athlètes diminuer. [86]

En conclusion, les adaptations psychologiques pendant la grossesse peuvent avoir un impact sur la santé maternelle et fœtale. Les adaptations principales sont la

dépression et l'anxiété qui sont caractérisées par un stress fréquent, une tristesse, une labilité émotionnelle ou encore une perte d'énergie. Les changements hormonaux dus à la grossesse peuvent provoquer et favoriser l'apparition de la dépression. L'exercice physique a un impact positif sur la prévalence de la dépression et sur le bien-être des femmes enceintes. Les athlètes de haut niveau sont sujettes à la dépression et l'anxiété suite au stress qu'elles peuvent ressentir par rapport à leur pratique sportive. Le fait de voir leur corps changer ou de diminuer leur volume d'entraînement peut impacter leur bien-être émotionnel.

B. Le sport de haut niveau et les issues de grossesse :

1. Complications lors de l'accouchement :

L'une des craintes des athlètes concernant la grossesse est, d'une part, de nuire au fœtus et au bon déroulement de la grossesse en pratiquant une activité sportive, et d'autre part, de faire face à davantage de complications lors de l'accouchement ou de provoquer une naissance prématurée. [15] De manière générale, les athlètes ont une hypertrophie musculaire généralisée, ainsi qu'un tonus musculaire augmenté ce qui peut éventuellement augmenter le temps de travail lors de l'accouchement. [25]

Une étude de *Sigurdardottir T. et al. (2018)* a analysé les accouchements d'athlètes selon différents critères, comme par exemple le temps de travail, les complications d'accouchement, ou encore les césariennes d'urgence. Ils ont comparé les résultats d'athlètes d'élite dont 41 participaient à des sports à haut impact et 81 à des sports à faible impact, par rapport aux résultats de 118 femmes non-athlètes. Les données ont été récoltées pendant un an sur base de questionnaires donnés aux participantes. Ils retraçaient différents critères comme le type de sport pratiqué, la fréquence, ou encore le temps de pratique. Le type de sport peut aussi avoir un impact différent sur le périnée. On divise les sports selon deux catégories, à haut ou bas impact. Les sports à bas impact sont définis comme des activités où un des deux pieds est toujours en contact avec le sol, comme par exemple le golf ou le ski. La natation se trouve aussi dans cette catégorie due à la faible influence de la gravité sur le corps. Les sports à haut impact sont définis comme une activité sportive où les deux pieds décollent du sol, comme dans la gymnastique ou encore la course à pied. Les résultats de cette étude ont montré qu'il n'y avait pas de différence entre les groupes. Les athlètes d'élite n'étaient pas davantage affectées par un plus long travail, plus

de risques de césariennes d'urgence ou de déchirures périnéales. La pratique de sport à haut niveau avant la grossesse n'avait donc pas d'influence sur le taux de complications lors de l'accouchement. [89] D'autres études ont aussi démontré que l'exercice physique n'avait pas d'impact sur l'augmentation du temps de travail lors de l'accouchement, que ce soit lors de la première étape ou de la deuxième étape du travail. Pour le taux de césariennes, il était plus élevé dans les groupes ne pratiquant pas ou peu d'exercice physique pendant la grossesse. [25]

Une autre recherche de *Sundgot-Borgen J. et al. (2019)* a évalué le taux de complications lors de l'accouchement d'athlètes en comparaison avec des sujets contrôles actifs physiquement. Leur volume d'activité physique a été étudié selon trois périodes : avant, pendant et après la grossesse. Les résultats ont montré qu'une activité physique d'intensité légère à modérée n'avait pas d'impact sur la prévalence de fausses couches, ou de naissances prématurées. L'exercice physique réduisait même les risques d'un poids de naissance excessif pour le nourrisson, sans pour autant augmenter les risques d'un poids trop faible. Les résultats ont également démontré une réduction du taux de césarienne chez les athlètes pratiquant du sport pendant leur grossesse. [77]

En conclusion, les athlètes ne sont pas plus à risque de souffrir de complications lors de leurs accouchements. Le fait de pratiquer une activité physique avant ou pendant la grossesse ne provoque pas d'augmentation du temps de travail, du taux de césariennes, de fausses couches, ou de naissances prématurées. L'exercice physique réduit même le risque de surpoids du fœtus, sans pour autant augmenter les risques d'avoir un nourrisson avec un poids trop faible.

2. Complications pour le fœtus :

Une autre crainte à laquelle sont confrontées les athlètes de haut niveau est de provoquer des effets négatifs sur le fœtus. A propos du poids de naissance, les femmes pratiquant une activité physique intense sont moins à risque d'avoir un nourrisson avec un surpoids ou un sous-poids de naissance en comparaison avec un groupe de femmes enceintes actives. [25] Un petit poids de naissance n'est donc pas plus fréquent chez des athlètes d'élite. [77]

Une étude de *Adam T. (2012)* a analysé les effets d'un programme d'entraînement sur les caractéristiques néonatales. Pour cela 42 athlètes pratiquant du sport de haut

niveau pendant de nombreuses années ont été sélectionnées, et ont dû participer soit à un entraînement d'intensité élevée, soit à un entraînement d'intensité modérée. Les programmes ont commencé vers la dix-septième semaine de grossesse et se sont prolongés le plus longtemps possible, voire jusqu'à la fin de la grossesse. Chaque groupe avait des séances de renforcement musculaire, d'endurance et des entraînements par intervalles, à répartir entre quatre et six jours par semaine. Des données comme le poids fœtal, le score d'Apgar ou encore le poids placentaire ont été récoltées. [23] Le score d'Apgar permet de rapidement évaluer l'état clinique du nourrisson après une et cinq minutes de vie. Il comprend cinq critères : la couleur, la fréquence cardiaque, les réflexes, le tonus musculaire et la respiration. Chaque critère est noté de 0 à 2, et permet de déceler les signes de dépression néonatale. [90] Les résultats montraient aucune différence significative entre les deux groupes pour toutes les caractéristiques néonatales. Un volume d'entraînement intensif n'affectait pas de manière négative le poids fœtal et placentaire, ou le score d'Apgar. L'étude a affirmé que les athlètes bien entraînées pouvaient continuer de pratiquer un sport intensif, avec un bon suivi, sans pour autant avoir plus de complications lors de la grossesse ou de l'accouchement. [23]

En conclusion, la santé fœtale n'est pas compromise lors de l'exercice intense pendant la grossesse. Le poids fœtal, le poids placentaire ou encore le score d'Apgar ne sont pas différents entre un groupe pratiquant un entraînement modéré et l'autre un entraînement intense. Le risque de macrosomie est même diminué par l'exercice physique sans pour autant augmenter le risque d'avoir un bébé en insuffisance pondérale. Le poids de naissance sera plus faible chez des femmes actives par rapport à des sujets contrôles, mais pas significativement différent entre des femmes actives avec des entraînements intensifs ou modérés.

C. Les recommandations sportives pour les athlètes enceintes :

1. Recommandations générales actuelles :

La pratique d'activité physique pendant la grossesse a fait ses preuves et à montrer un grand nombre de bénéfices pour la santé maternelle et fœtale. Adopter un comportement sédentaire et un faible niveau d'activité cardiorespiratoire peuvent favoriser l'apparition de complications gestationnelles. [17] Tel qu'il a été mentionné, les recommandations actuelles pour les femmes enceintes préconisent de réaliser 150 minutes d'exercice physique par semaine, incluant trois à quatre

séances hebdomadaires d'activité aérobie d'intensité modérée, ainsi qu'une à deux fois par semaine une séance de 30 minutes de renforcement musculaire. Les valeurs d'intensité peuvent varier en fonction de l'âge gestationnel mais aussi en fonction du trimestre et de la condition sportive avant la grossesse. [10,7] Le renforcement musculaire doit être global, en privilégiant les grands groupes musculaires et en utilisant des poids légers. [10] Les femmes enceintes actives peuvent aussi pratiquer une activité physique intensive, ce qui correspond à une dépense énergétique supérieure à six MET, à raison de trois à six fois par semaine, pendant 20 à 60 minutes. Ce type d'entraînement augmentera davantage la condition physique de ces femmes. [8] De plus, des exercices de renforcement des muscles pelviens peuvent aussi être réalisés de manière quotidienne pour limiter un maximum le risque d'incontinence urinaire. Le temps de sédentarité doit être limité et les femmes enceintes doivent le remplacer par une activité physique, quel que soit le niveau d'intensité. Même un exercice de faible intensité apporte des bienfaits pour la santé. [7]

2. Adaptation des recommandations sportives aux athlètes :

Les recommandations données aux femmes actives enceintes ne sont pas adaptées aux athlètes d'élite enceintes. Généralement, leur taux d'activité physique sur la semaine est bien supérieur aux recommandations sportives, et surtout, leurs entraînements sont de hautes intensités. Les athlètes enceintes rapportent une diminution de leur pratique sportive pendant la grossesse suite à des raisons médicales mais aussi à cause du manque d'informations à propos du volume d'entraînement. Cependant, la pratique de sport à haute intensité ne provoque pas de risque pour la mère ou pour le fœtus, si celle-ci est bien tolérée et surtout bien monitorée. [91] L'ensemble des effets liés à la pratique d'activité physique soutenue pendant la grossesse a été parcouru préalablement, mais comment les recommandations sportives pourraient-elles être adaptées à cette population ?

Tout d'abord, les athlètes vont devoir passer un examen médical complet pour s'assurer qu'il n'y ait pas de contre-indications à l'exercice intense. L'ensemble de ces contre-indications se trouve dans le **tableau 1**. [8,10,11] Si l'athlète présente des risques, une adaptation du programme d'entraînement ou un arrêt complet de l'activité physique devra être mis en place. Ce suivi médical est réalisé tout au long de la grossesse, car les complications peuvent apparaître ou alors s'aggraver. [11]

Certains mouvements sont également à éviter comme le couché dorsal ou encore le renforcement abdominal. Pour assurer la sécurité des femmes enceintes pendant la grossesse, certaines activités sportives sont à éviter comme les sports à hauts risques de contacts physiques et de chutes, ou encore les sports de combat. [10] La plongée sous-marine n'est pas recommandée non plus, car le fœtus n'est pas protégé contre les accidents de décompression. [11] Les femmes doivent aussi faire attention aux symptômes qu'elles ressentent lors de l'activité physique, on peut retrouver l'ensemble de ces raisons dans le **tableau 2**. [12,13]

De plus, il est important de prévenir la perte de poids et l'hyperthermie en maintenant une hydratation correcte et un apport calorique adéquat avant, pendant et après l'exercice. Pour l'exercice aérobie, les experts recommandent aux athlètes enceintes de ne pas dépasser 90% de la fréquence cardiaque maximale pour éviter de provoquer des complications fœtales. [9] Lors d'un entraînement en résistance, les athlètes connaissent généralement les bonnes techniques d'exercice mais elles doivent tout de même faire attention à plusieurs éléments. Elles doivent notamment éviter les manœuvres de Valsalva, ou encore une importante augmentation de la pression intra-abdominale. [11] Cela pourrait provoquer une diminution du débit sanguin utéroplacentaire et donc avoir un impact sur le fœtus. [9]

D. Point de vue des athlètes :

Les athlètes rencontrent une série de difficultés avant, pendant et après leur grossesse. Elles doivent notamment savoir gérer leur carrière sportive avec toutes les contraintes que cela apporte, ainsi que leur rôle de mère. Les premières craintes sont liées aux risques de causer des dommages sur le fœtus et des complications de grossesse suite à leurs nombreux entraînements et le manque d'informations disponibles. [92] En effet, les athlètes enceintes ont un volume d'entraînement supérieur à la moyenne mais il n'existe pas de recommandations sportives spécifiques adaptées aux athlètes de haut niveau. [9]

En plus des craintes qu'elles peuvent ressentir suite aux lacunes existantes, elles doivent aussi supporter la pression des organismes sportifs par rapport à la pause qu'elles vont devoir prendre suite à leur grossesse, et, par la suite, la pression liée à leur retour à la compétition. [9] Les athlètes sont entourées d'un grand nombre de personnes et d'organismes tels que les sponsors, les organisations sportives ou encore les coachs sportifs. Dans certains cas, ces personnes peuvent être

compréhensives, mais certaines athlètes voient leur contrat de sponsoring annulé à l'annonce de leur grossesse. [92] Même si les contrats de travail exigent un soutien des femmes dans leur projet de maternité par les employeurs, certains sponsors ou clubs sportifs ne respectent pas ces règles. Les athlètes enceintes ont donc une crainte supplémentaire de ne pas avoir les aides financières nécessaires. [9] Les sportives de haut niveau sont également payées en fonction des compétitions qu'elles réalisent, donc elles dépendent financièrement de leur sport et des organisations sportives. Cela peut donc avoir un impact financier important. [93] La société actuelle véhicule également l'idée que combiner une vie sportive et une vie de famille n'est pas réellement compatible. Si les sportives décident d'avoir un enfant, elles mettent automatiquement fin à leur carrière sportive. En réalité, ce n'est pas le cas. Les athlètes de haut niveau vont chercher simplement à déterminer la période la plus propice pour prendre une pause, afin de ne pas manquer des grosses compétitions sportives telles que les Jeux olympiques. [9] Un autre gros changement provoqué par la grossesse est la modification de l'apparence physique. Le corps de l'athlète va changer et cela peut affecter le niveau de performance, et ainsi créer un sentiment d'inconfort et de dissatisfaction. [16] De plus, ne pas savoir comment s'entraîner correctement ou constater une réaction différente du corps face au sport peut être perturbant chez des personnes qui ont toujours maîtrisé leurs entraînements pour atteindre leurs objectifs. [93]

Dans un premier temps, les athlètes vont aller demander conseil auprès de leur coach sportif et du personnel de santé qui les entourent. [9] Pourtant, les athlètes font souvent face à des informations contradictoires venant du personnel soignant. Par exemple, même si elles s'en sentaient capables, certaines ont baissé leurs volumes d'entraînement en écoutant le personnel soignant et dans le but de préserver la santé fœtale. [92,94] Dans un second temps, elles vont aller chercher des informations sur internet, se renseigner auprès de proches ayant vécu la même situation, ou encore elles vont simplement écouter leur corps et leurs symptômes. [95] Elles peuvent également se tourner vers les réseaux sociaux pour suivre les conseils d'autres mères-athlètes. [94] Il est donc intéressant de développer des programmes d'éducation du personnel de santé et des coachs sportifs sur les recommandations sportives adaptées aux athlètes enceintes, dans le but de transmettre les meilleures informations aux futures mères. [9] Une autre façon d'améliorer cela serait de proposer des ressources éducatives aux athlètes et

d'améliorer le soutien venant des organisations sportives. [92] Il serait également intéressant d'engager des experts de la pratique sportive adaptée aux femmes lors de leur grossesse. [94]

Le retour au sport après la grossesse peut aussi être une source de stress. Plusieurs facteurs rentrent en jeu et peuvent impacter le retour à la performance. Les facteurs les plus communs sont le manque de sommeil, la garde de l'enfant et les revenus financiers. Cela ne signifie pas qu'il est impossible de retourner au même niveau physique qu'avant la grossesse, certaines athlètes retrouvent même un niveau supérieur. Tout va dépendre du niveau d'intensité des exercices réalisés pendant la grossesse, et aussi de la volonté de la sportive. Certaines athlètes se sentent coupables de passer du temps à l'entraînement et en compétition, d'autres voient leur capacité d'adaptation et de résilience diminuées à cause de la pression qu'apporte la grossesse. [9] La société impose une vision de « mère idéale » qui peut donner un sentiment de culpabilité aux athlètes qui s'entraînent beaucoup pour retrouver leur niveau sportif. [16] Une étude de *Forstmann N. et al. (2023)* a analysé l'impact de la maternité sur le retour à la performance chez des marathoniennes de haut niveau. Les résultats montraient que l'âge impactait peu les performances post-grossesse, et que de nombreuses femmes d'âges différents arrivaient à retrouver un bon niveau. Cependant, l'étude montrait qu'il existait un âge pic, où les capacités physiques de l'athlète étaient les plus hautes, et ensuite elles régressaient. En fonction du moment où la grossesse survenait par rapport à cet âge pic, les résultats variaient légèrement. Il faut tout de même faire attention à ne pas reprendre le sport trop vite ou trop fort après la grossesse, au risque de se blesser ou de se faire une fracture de stress. [96] Une autre étude de *Darroch F. et al. (2023)* a évalué le maintien du volume d'entraînement tout au long de la grossesse chez 42 coureuses d'élite. Les résultats ont montré une diminution de l'intensité des entraînements hebdomadaires mais avec un maintien du nombre de séances par semaine. Il n'y avait pas de différence significative dans le nombre de séances à intensité légère par semaine avant et pendant la grossesse. En revanche, le nombre de séances à intensité modérée ou vigoureuse a quant à lui diminué. Les niveaux de performance avant et après grossesse ont été étudiés, et il n'y avait également pas de différence significative. Cinquante-six pourcents des athlètes voulant retrouver leur niveau pré-grossesse ont rapporté avoir atteint des meilleurs niveaux de performance après leur grossesse. De manière générale, les niveaux pratiqués pendant la grossesse

étaient de deux à trois fois plus élevés que les recommandations. [97] Les résultats d'une autre étude réalisée sur des athlètes d'origine italienne a rapporté les mêmes conclusions à propos des volumes d'entraînement et des résultats post-grossesse. Le niveau d'entraînement est resté le même jusqu'au deuxième trimestre, pour ensuite diminuer. Les athlètes ont arrêté les compétitions vers la fin du premier trimestre ou au début du second, sans pour autant arrêter de pratiquer leurs entraînements. Dans l'ensemble, les premières compétitions étaient généralement reprises vers le septième mois après l'accouchement. [98]

Finalement, les athlètes ont aussi rapporté qu'il était important d'être bien entourées, et d'avoir une bonne gestion du temps. Être athlète de haut niveau demande de voyager, et il faut parfois pouvoir laisser son enfant à des personnes de confiance pendant ce temps-là. La gestion du temps est aussi différente par rapport aux femmes normales, il faut pouvoir combiner les entraînements et les compétitions avec la vie de famille. Les priorités sont différentes et combiner les deux demande une certaine organisation. [98] Le soutien de l'équipe et de l'organisation sportive a aussi une part à jouer dans la motivation de l'athlète, notamment en l'autorisant à voyager avec son enfant lors des compétitions. [94]

En résumé, il n'existe pas de recommandations spécifiques pour les athlètes de haut niveau. La pratique d'une activité sportive intensive pendant la grossesse nécessite un avis médical, et une écoute de son corps et de ses symptômes. Il est intéressant de mettre en place un système de formation du staff encadrant l'athlète afin de lui fournir les meilleurs conseils et recommandations concernant sa pratique sportive. Les athlètes ont également rapporté que leur volume d'entraînement avait diminué pendant la grossesse suite à des raisons médicales, à des craintes de provoquer des complications gestationnelles, ou encore en réponse à des modifications corporelles. Cependant, il est toujours possible d'atteindre un bon niveau de performance après la grossesse, des sportives ont même réussi à atteindre des résultats supérieurs à ceux obtenus avant la grossesse. Il faut également prendre en compte que certaines sportives peuvent rencontrer des obstacles lors de leur reprise sportive tels que la gestion du temps et de leur enfant, ainsi que l'aspect motivationnel et financier.

IV. Conclusion

Au terme de ce travail, on constate que les athlètes de haut niveau continuent de pratiquer des activités physiques de haute intensité pendant leur grossesse sans provoquer des risques de complications. Ce travail a montré que l'exercice physique intense n'engendre pas d'augmentation du taux d'hyperthermie, de troubles musculosquelettiques tels que des lombalgies ou des troubles du plancher pelvien, ou encore des difficultés lors de l'accouchement ainsi que des complications fœtales. La pratique de sport intensif diminue même la prévalence de prééclampsie ou de diabète gestationnel, sans pour autant provoquer des hypoglycémies.

De manière générale, les athlètes d'élite pratiquent des entraînements d'intensité vigoureuse pendant leur grossesse, même si leur volume d'entraînement diminue en raison de symptômes de grossesse tels que les nausées, la fatigue ou encore la dépression. Elles peuvent faire face à différents stress liés notamment à l'aspect financier, aux changements de leur morphologie et de leur performance, ou encore au manque d'informations précises et de soutien des organisations sportives. Il a été montré que la pratique d'activité physique peut avoir un impact positif sur la prévalence de ces symptômes de grossesse.

Certaines sportives vont avoir une condition physique et une $VO_2\text{max}$ améliorées à l'issue de leur grossesse. Il existe cependant certaines contre-indications à suivre et des recommandations sportives qu'il convient de respecter pour préserver la santé maternelle et fœtale. En particulier, la pratique d'une activité physique intensive nécessite un suivi médical régulier. Il est également conseillé aux athlètes enceintes de ne pas dépasser une fréquence cardiaque de plus de 90% de leur fréquence cardiaque maximale et de ne pas descendre en-dessous de 50% du flux sanguin utérin. Par ailleurs, les sportives enceintes doivent veiller à garder une bonne hydratation et de bons apports énergétiques tout au long de l'activité physique.

A la lumière de la littérature scientifique actuelle, un manque d'informations à propos de lignes directrices précises adaptées aux sportives de haut niveau a été observé. Des études ciblées doivent être réalisées afin d'établir des recommandations sportives personnalisées pour des sportives d'élite, et également pour créer des formations à destination du personnel soignant encadrant les athlètes enceintes, ainsi qu'aux organisations sportives.

V. Bibliographie

- [1] Bessaguet, F., & Desmoulière, A. (2023). Physiologie de la grossesse. *Actualités Pharmaceutiques*, 62(628), 18-21. <https://doi.org/10.1016/j.actpha.2023.06.005>
- [2] Melzer, K., Schutz, Y., Boulvain, M., & Kayser, B. (2010). Physical Activity and Pregnancy. *Sports Medicine*, 40(6), 493-507. <https://doi.org/10.2165/11532290-000000000-00000>
- [3] Bø, K., Artal, R., Barakat, R., Brown, W., Davies, G. A. L., Dooley, M., Evenson, K. R., Haakstad, L. A. H., Henriksson-Larsen, K., Kayser, B., Kinnunen, T. I., Mottola, M. F., Nygaard, I., van Poppel, M., Stuge, B., & Khan, K. M. (2016). Exercise and pregnancy in recreational and elite athletes : 2016 evidence summary from the IOC expert group meeting, Lausanne. Part 1-exercise in women planning pregnancy and those who are pregnant. *British Journal of Sports Medicine*, 50(10), 571-589. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096218>
- [4] Morel, Y., Roucher, F., Plotton, I., Goursaud, C., Tardy, V., & Mallet, D. (2016). Evolution of steroids during pregnancy : Maternal, placental and fetal synthesis. *Annales d'Endocrinologie*, 77(2), 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.ando.2016.04.023>
- [5] Cherni, Y., Desseauve, D., Decatoire, A., Veit-Rubinc, N., Begon, M., Pierre, F., & Fradet, L. (2019). Evaluation of ligament laxity during pregnancy. *Journal of Gynecology Obstetrics and Human Reproduction*, 48(5), 351-357. <https://doi.org/10.1016/j.jogoh.2019.02.009>
- [6] Wang, T. W., & Apgar, B. S. (1998). Exercise during pregnancy. *American Family Physician*, 57(8), 1846-1852. <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/1998/0415/p1846.html>
- [7] Lignes Directrices de l'OMS Sur l'activité Physique et la Sédentarité : En un Coup D'oeil (1st ed). (2020). *World Health Organization*
- [8] Artal, R., & O'Toole, M. (2003). Guidelines of the American College of Obstetricians and Gynecologists for exercise during pregnancy and the postpartum period. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 6-12. <https://doi.org/10.1136/bjism.37.1.6>

- [9] Szumilewicz, A., Worska, A., Santos-Rocha, R., & Oviedo-Caro, M. Á. (2022). Evidence-Based and Practice-Oriented Guidelines for Exercising During Pregnancy. In R. Santos-Rocha (Éd.), *Exercise and Physical Activity During Pregnancy and Postpartum : Evidence-Based Guidelines* (p. 177-217). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06137-0_7
- [10] Filhol, G., Bernard, P., Quantin, X., Espian-Marcais, C., & Ninot, G. (2014). Activité physique durant la grossesse : Point sur les recommandations internationales. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité*, 42(12), 856-860. <https://doi.org/10.1016/j.gyobfe.2014.09.014>
- [11] Bø, K., Artal, R., Barakat, R., Brown, W., Davies, G. A. L., Dooley, M., Evenson, K. R., Haakstad, L. A. H., Henriksson-Larsen, K., Kayser, B., Kinnunen, T. I., Mottola, M. F., Nygaard, I., van Poppel, M., Stuge, B., & Khan, K. M. (2016). Exercise and pregnancy in recreational and elite athletes : 2016/2017 evidence summary from the IOC expert group meeting, Lausanne. Part 5. Recommendations for health professionals and active women. *British Journal of Sports Medicine - CORE Reader*. (s. d.).
- [12] Drinkwater, B.L. (2008). Women in sport. *John Wiley & sons*, (p.194-205).
- [13] L'Heveder, A., Chan, M., Mitra, A., Kasaven, L., Saso, S., Prior, T., Pollock, N., Dooley, M., Joash, K., & Jones, B. P. (2022). Sports Obstetrics : Implications of Pregnancy in Elite Sportswomen, a Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*, 11(17), 4977. <https://doi.org/10.3390/jcm11174977>
- [14] Wowdzia, J. B., McHugh, T.-L., Thornton, J., Sivak, A., Mottola, M. F., & Davenport, M. H. (2021). Elite Athletes and Pregnancy Outcomes : A Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(3), 534-542. <https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000002510>
- [15] McGregor, B., McGrath, R., Young, J., & Nottle, C. (2024). A scoping review of the experiences of elite female athletes concerning pregnancy and motherhood. *Sport in Society*, 27(8), 1221-1253. <https://doi.org/10.1080/17430437.2023.2270438>

- [16] Massey, K. L., & Whitehead, A. E. (2022). Pregnancy and motherhood in elite sport : The longitudinal experiences of two elite athletes. *Psychology of Sport and Exercise*, 60, 102139. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102139>
- [17] Hegewald, M. J., & Crapo, R. O. (2011). Respiratory Physiology in Pregnancy. *Clinics in Chest Medicine*, 32(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2010.11.001>
- [18] Lavie, C. J., Arena, R., Swift, D. L., Johannsen, N. M., Sui, X., Lee, D., Earnest, C. P., Church, T. S., O’Keefe, J. H., Milani, R. V., & Blair., S. N. (2015). Exercise and the Cardiovascular System. *Circulation Research*, 117(2), 207-219. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.117.305205>
- [19] Victoria Jaque-Fortunato, S., Wiswell, R. A., Khodiguian, N., & Artal, R. (1996). A comparison of the ventilatory responses to exercise in pregnant, postpartum, and nonpregnant women. *Seminars in Perinatology*, 20(4), 263-276. [https://doi.org/10.1016/S0146-0005\(96\)80019-X](https://doi.org/10.1016/S0146-0005(96)80019-X)
- [20] Davies G., Wolfe L., Mottola M., MacKinnon C. (2003). L’exercice physique pendant la grossesse et le post-partum, *Directive clinique conjointe de la SOGC et de la SCPE*, n°129
- [21] Artal R., MD, FACOG, FACSM (2017). Exercise during pregnancy and the postpartum period, *Wolters Kluwer; UpToDate*
- [22] Kardel, K. R. (2005). Effects of intense training during and after pregnancy in top-level athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 15(2), 79-86. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00426.x>
- [23] Adam, T. (2012). Les risques de l’exercice physique pour le fœtus. In T. Adam (Éd.), *Gynécologie du sport : Risques et bénéfices de l’activité physique chez la femme* (p. 249-265). Springer. https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0172-8_14
- [24] Beetham, K. S., Giles, C., Noetel, M., Clifton, V., Jones, J. C., & Naughton, G. (2019). The effects of vigorous intensity exercise in the third trimester of pregnancy : A systematic review and meta-analysis. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 19(1), 281. <https://doi.org/10.1186/s12884-019-2441-1>
- [25] Bø, K., Artal, R., Barakat, R., Brown, W., Dooley, M., Evenson, K. R., Haakstad, L. A. H., Larsen, K., Kayser, B., Kinnunen, T. I., Mottola, M. F.,

Nygaard, I., Van Poppel, M., Stuge, B., Davies, G. A. L., & IOC Medical Commission. (2016). Exercise and pregnancy in recreational and elite athletes : 2016 evidence summary from the IOC expert group meeting, Lausanne. Part 2—the effect of exercise on the fetus, labour and birth. *British Journal of Sports Medicine*, 50(21), 1297-1305. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096810>

[26] Salvesen, K. Å., Hem, E., & Sundgot-Borgen, J. (2012). Fetal wellbeing may be compromised during strenuous exercise among pregnant elite athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), 279-283. <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.080259>

[27] Edwards, M. J. (2006). Review : Hyperthermia and fever during pregnancy. *Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology*, 76(7), 507-516. <https://doi.org/10.1002/bdra.20277>

[28] Miller, M. W., Nyborg, W. L., Dewey, W. C., Edwards, M. J., Abramowicz, J. S., & Brayman, A. A. (2002). Hyperthermic teratogenicity, thermal dose and diagnostic ultrasound during pregnancy : Implications of new standards on tissue heating. *International Journal of Hyperthermia*, 18(5), 361-384. <https://doi.org/10.1080/02656730210146890>

[29] Graham Jr., J. M., Edwards, M. J., & Edwards, M. J. (1998). Teratogen update : Gestational effects of maternal hyperthermia due to febrile illnesses and resultant patterns of defects in humans. *Teratology*, 58(5), 209-221. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9926\(199811\)58:5<209::AID-TERA8>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9926(199811)58:5<209::AID-TERA8>3.0.CO;2-Q)

[30] Smallcombe, J. W., Puhenthirar, A., Casasola, W., Inoue, D. S., Chaseling, G. K., Ravanelli, N., Edwards, K. M., & Jay, O. (2021). Thermoregulation During Pregnancy : A Controlled Trial Investigating the Risk of Maternal Hyperthermia During Exercise in the Heat. *Sports Medicine*, 51(12), 2655-2664. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01504-y>

[31] Brevik-Persson, S., Gjestvang, C., Mass Dalhaug, E., Sanda, B., Melau, J., & Haakstad, L. A. H. (2024). Cool mama : Temperature regulation during high-intensity interval running in pregnant elite and recreational athletes.

Journal of Exercise Science & Fitness, 22(4), 429-437.
<https://doi.org/10.1016/j.jesf.2024.09.003>

[32] Charkoudian, N., & Stachenfeld, N. S. (2014). Reproductive Hormone Influences on Thermoregulation in Women. In *Comprehensive Physiology* (p. 793-804). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/cphy.c130029>

[33] MILLER Timothy L., *Endurance sports medicine : A clinical guide*, Springer, 2016. Chap.7, Pregnancy and Other considerations for the female endurance athlete, p. 95-112.

[34] Ravanelli, N., Casasola, W., English, T., Edwards, K. M., & Jay, O. (2019). Heat stress and fetal risk. Environmental limits for exercise and passive heat stress during pregnancy : A systematic review with best evidence synthesis. *British Journal of Sports Medicine*, 53(13), 799-805.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097914>

[35] Rocque, R. J., Beaudoin, C., Ndjaboue, R., Cameron, L., Poirier-Bergeron, L., Poulin-Rheault, R.-A., Fallon, C., Tricco, A. C., & Witteman, H. O. (2021). Health effects of climate change : An overview of systematic reviews. *BMJ Open*, 11(6), e046333. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046333>

[36] M Beker, B., Cervellera, C., De Vito, A., G Musso, C. (2018). Human Physiology in Extreme Heat and Cold. *International Archives of Clinical Physiology*, Volume 1

[37] Waynberger, S., Potin, J., Chevillot, M., & Perrotin, F. (2005). Physiologie de l'appareil locomoteur au cours de la grossesse : Le syndrome douloureux pelvien de la grossesse. *Revue du Rhumatisme*, 72(8), 681-685.
<https://doi.org/10.1016/j.rhum.2005.05.003>

[38] Goldsmith, L. T., & Weiss, G. (2009). Relaxin in Human Pregnancy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1160, 10.1111/j.1749-6632.2008.03800.x. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2008.03800.x>

[39] Schauburger, C. W., Rooney, B. L., Goldsmith, L., Shenton, D., Silva, P. D., & Schaper, A. (1996). Peripheral joint laxity increases in pregnancy but does not correlate with serum relaxin levels. *American Journal of Obstetrics*

and *Gynecology*, 174(2), 667-671. [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(96\)70447-7](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(96)70447-7)

[40] Daneau, C., Abboud, J., Marchand, A.-A., Houle, M., Pasquier, M., Ruchat, S.-M., & Descarreaux, M. (2021). Mechanisms Underlying Lumbopelvic Pain During Pregnancy : A Proposed Model. *Frontiers in Pain Research (Lausanne, Switzerland)*, 2, 773988. <https://doi.org/10.3389/fpain.2021.773988>

[41] Orzolek, I., Sobieraj, J., & Domagała-Kulawik, J. (2022). Estrogens, Cancer and Immunity. *Cancers*, 14(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/cancers14092265>

[42] Adam, T. (2012). Les risques de l'exercice physique pour la mère. In T. Adam (Éd.), *Gynécologie du sport : Risques et bénéfices de l'activité physique chez la femme* (p. 267-268). Springer. https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0172-8_15

[43] Conder, R., Zamani, R., & Akrami, M. (2019). The Biomechanics of Pregnancy : A Systematic Review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/jfmk4040072>

[44] Marnach, M. L., Ramin, K. D., Ramsey, P. S., Song, S.-W., Stensland, J. J., & An, K.-N. (2003). Characterization of the relationship between joint laxity and maternal hormones in pregnancy. *Obstetrics & Gynecology*, 101(2), 331-335. [https://doi.org/10.1016/S0029-7844\(02\)02447-X](https://doi.org/10.1016/S0029-7844(02)02447-X)

[45] Artal, R. (2012). Exercise and pregnancy. In *Clinical Maternal-Fetal Medicine* (2^e éd.). CRC Press

[46] Bullock, J. E., Jull, G. A., & Bullock, M. I. (1987). The Relationship of Low Back Pain to Postural Changes During Pregnancy. *Australian Journal of Physiotherapy*, 33(1), 10-17. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60580-8](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60580-8)

[47] Glinkowski, W. M., Tomasik, P., Walesiak, K., Głuszak, M., Krawczak, K., Michoński, J., Czyżewska, A., Żukowska, A., Sitnik, R., & Wielgoś, M. (2016). Posture and low back pain during pregnancy—3D study. *Ginekologia Polska*, 87(8), Article 8. <https://doi.org/10.5603/GP.2016.0047>

- [48] Maracineanu R. (2021), *Sport de haut niveau et maternité*, Ministère chargé des sports
- [49] Adam, T. (2012). Les bénéfices de l'activité physique pendant la grossesse. In T. Adam (Éd.), *Gynécologie du sport : Risques et bénéfices de l'activité physique chez la femme* (p. 269-274). Springer. https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0172-8_16
- [50] Bø, K., & Backe-Hansen, K. L. (2007). Do elite athletes experience low back, pelvic girdle and pelvic floor complaints during and after pregnancy? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(5), 480-487. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00599.x>
- [51] Noon, M. L., & Hoch, A. Z. (2012). Challenges of the Pregnant Athlete and Low Back Pain. *Current Sports Medicine Reports*, 11(1), 43. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31824330b6>
- [52] Bø, K. (2004). Urinary Incontinence, Pelvic Floor Dysfunction, Exercise and Sport. *Sports Medicine*, 34(7), 451-464. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434070-00004>
- [53] Bø, K., & Sundgot-Borgen, J. (2010). Are former female elite athletes more likely to experience urinary incontinence later in life than non-athletes? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(1), 100-104. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00871.x>
- [54] Zavorsky, G. S., & Longo, L. D. (2011). Exercise Guidelines in Pregnancy. *Sports Medicine*, 41(5), 345-360. <https://doi.org/10.2165/11583930-000000000-00000>
- [55] Bacou, F., & Vigneron, P. (1988). Propriétés des fibres musculaires squelettiques. 1. Influence de l'innervation motrice. *Reproduction Nutrition Développement*, 28(6A), 1387-1453. <https://doi.org/10.1051/rnd:19880901>
- [56] Herbison, G. J., Jaweed, M. M., & Ditunno, J. F. (1982). Muscle fiber types. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 63(5), 227-230.
- [57] Plotkin, D. L., Roberts, M. D., Haun, C. T., & Schoenfeld, B. J. (2021). Muscle Fiber Type Transitions with Exercise Training : Shifting Perspectives. *Sports*, 9(9), 127. <https://doi.org/10.3390/sports9090127>

- [58] Danos, N., Patrick, M., Barretto, J., Bilotta, F., & Lee, M. (2023). Effects of pregnancy and lactation on muscle-tendon morphology. *Journal of Anatomy*, 243(5), 860-869. <https://doi.org/10.1111/joa.13916>
- [59] Bey, M. E., Marzilger, R., Hinkson, L., Arampatzis, A., & Legerlotz, K. (2019). Vastus Lateralis Architecture Changes During Pregnancy – A Longitudinal Study. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01163>
- [60] Reese, M. E., & Casey, E. (2015). Hormonal Influence on the Neuromusculoskeletal System in Pregnancy. In C. M. Fitzgerald & N. A. Segal (Éds.), *Musculoskeletal Health in Pregnancy and Postpartum : An Evidence-Based Guide for Clinicians* (p. 19-39). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14319-4_2
- [61] Rigourd, V., Chelbi, S. T., & Vaiman, D. (2008). La pré-éclampsie. *médecine/sciences*, 24(12), Article 12. <https://doi.org/10.1051/medsci/200824121017>
- [62] Ditisheim, A., Boulvain, M., Irion, O. P., & Pechere-Bertschi, A. (2015). Les présentations cliniques atypiques de la prééclampsie. *Revue Médicale Suisse*, 11(485), 1655-1658. <https://doi.org/10.53738/REVMED.2015.11.485.1655>
- [63] Winer, N., & Tsasaris, V. (2008). État des connaissances : Prise en charge thérapeutique de la prééclampsie. *La Revue Sage-Femme*, 7(1), 27-37. <https://doi.org/10.1016/j.sagf.2008.03.008>
- [64] Weissgerber, T. L., Wolfe, L. A., Davies, G. A. L., & Mottola, M. F. (2006). Exercise in the prevention and treatment of maternal–fetal disease : A review of the literature. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31(6), 661-674. <https://doi.org/10.1139/h06-060>
- [65] Rudra, C. B., Williams, M. A., Lee, I.-M., Miller, R. S., & Sorensen, T. K. (2005). Perceived Exertion during Prepregnancy Physical Activity and Preeclampsia Risk. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), 1836. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000175862.41620.41>

- [66] Soma-Pillay, P., Nelson-Piercy, C., Tolppanen, H., & Mebazaa, A. (2016). Physiological changes in pregnancy. *Cardiovascular Journal of Africa*, 27(2), 89-94. <https://doi.org/10.5830/CVJA-2016-021>
- [67] Perales, M., Nagpal, T. S., & Barakat, R. (2019). Physiological Changes During Pregnancy : Main Adaptations, Discomforts, and Implications for Physical Activity and Exercise. In R. Santos-Rocha (Éd.), *Exercise and Sporting Activity During Pregnancy : Evidence-Based Guidelines* (p. 45-56). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91032-1_3
- [68] Soultanakis, H., Artal, R., Wiswell, R. Prolonged exercise in pregnancy : Glucose homeostasis, ventilatory and cardiovascular responses. (1996). *Seminars in Perinatology*, 20(4), 315-327. [https://doi.org/10.1016/S0146-0005\(96\)80024-3](https://doi.org/10.1016/S0146-0005(96)80024-3)
- [69] Buchanan, T. A., Xiang, A. H., & Page, K. A. (2012). Gestational Diabetes Mellitus : Risks and Management during and after Pregnancy. *Nature reviews. Endocrinology*, 8(11), 639-649. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.96>
- [70] Padayachee, C., & Coombes, J. S. (2015). Exercise guidelines for gestational diabetes mellitus. *World Journal of Diabetes*, 6(8), 1033-1044. <https://doi.org/10.4239/wjd.v6.i8.1033>
- [71] Cordero, Y., Mottola, M. F., Vargas, J., Blanco, M., & Barakat, R. (s. d.). (2015) Exercise is associated with a reduction in gestational diabetes mellitus. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 47, No. 7, pp. 1328–1333
- [72] Krassovskaia, P. M., Chaves, A. B., Houmard, J. A., & Broskey, N. T. (2022). Exercise during Pregnancy : Developmental Programming Effects and Future Directions in Humans. *International Journal of Sports Medicine*, 43(2), 107-118. <https://doi.org/10.1055/a-1524-2278>
- [73] Medek, H., Halldorsson, T., Gunnarsdottir, I., & Geirsson, R. T. (2016). Physical activity of relatively high intensity in mid-pregnancy predicts lower

glucose tolerance levels. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica*, 95(9), 1055-1062. <https://doi.org/10.1111/aogs.12931>

[74] Wowdzia, J. B., & Davenport, M. H. (2021). Cardiopulmonary exercise testing during pregnancy. *Birth Defects Research*, 113(3), 248-264. <https://doi.org/10.1002/bdr2.1796>

[75] Wowdzia, J. B., Hazell, T. J., & Davenport, M. H. (2022). Glycemic response to acute high-intensity interval versus moderate-intensity continuous exercise during pregnancy. *Physiological Reports*, 10(18), e15454. <https://doi.org/10.14814/phy2.15454>

[76] Jarvis, S., & Nelson-Piercy, C. (2011). Management of nausea and vomiting in pregnancy. *BMJ*, 342, d3606. <https://doi.org/10.1136/bmj.d3606>

[77] Sundgot-Borgen, J., Sundgot-Borgen, C., Myklebust, G., Sølberg, N., & Torstveit, M. K. (2019). Elite athletes get pregnant, have healthy babies and return to sport early postpartum. *BMJ Open Sport — Exercise Medicine*, 5(1), e000652. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000652>

[78] Titova, J., Davenport, M. H., Humphrys, A., & Hayman, M. (2024). Barriers and enablers encountered by elite athletes during preconception and pregnancy : A mixed-methods systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2024-108380. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108380>

[79] Duncombe, D., Wertheim, E. H., Skouteris, H., Paxton, S. J., & Kelly, L. (2009). Factors related to exercise over the course of pregnancy including women's beliefs about the safety of exercise during pregnancy. *Midwifery*, 25(4), 430-438. <https://doi.org/10.1016/j.midw.2007.03.002>

[80] Gaston, A., & Prapavessis, H. (2013). Tired, moody and pregnant? Exercise may be the answer. *Psychology & Health*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08870446.2013.809084>

[81] Jackson, T., Bostock, E. L., Hassan, A., Greeves, J. P., Sale, C., & Elliott-Sale, K. J. (2022). The Legacy of Pregnancy : Elite Athletes and Women in Arduous Occupations. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 50(1), 14. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000274>

- [82] Siega-Riz, A. M., Viswanathan, M., Moos, M.-K., Deierlein, A., Mumford, S., Knaack, J., Thieda, P., Lux, L. J., & Lohr, K. N. (2009). A systematic review of outcomes of maternal weight gain according to the Institute of Medicine recommendations: Birthweight, fetal growth, and postpartum weight retention. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, 201(4), 339.e1-339.e14. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2009.07.002>
- [83] Vargas-Terrones, M., Nagpal, T. S., & Barakat, R. (2019). Impact of exercise during pregnancy on gestational weight gain and birth weight: An overview. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 23(2), 164-169. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.11.012>
- [84] Hale, R. W., & Milne, L. (1996). The elite athlete and exercise in pregnancy. *Seminars in Perinatology*, 20(4), 277-284. [https://doi.org/10.1016/s0146-0005\(96\)80020-6](https://doi.org/10.1016/s0146-0005(96)80020-6)
- [85] O’Keane, V., & Marsh, M. S. (2007). Depression during pregnancy. *BMJ*, 334(7601), 1003-1005. <https://doi.org/10.1136/bmj.39189.662581.55>
- [86] Mokaberian, M., & Namdar Tajari, S. (2024). A comparison of the level of stress anxiety and depression in professional and novice pregnant female athletes. *Sport Sciences and Health Research*, 16(1). <https://doi.org/10.22059/sshr.2024.373581.1128>
- [87] Bjelica A., Cetkovic N., Trninic-Pjevic A., Mladenovic-Segedi L. (2018). The phenomenon of pregnancy - A psychological view. *Ginekologia Polska*, 89(2), 102–106. <https://doi.org/10.5603/GP.a2018.0017>
- [88] Sánchez-Polán, M., Franco, E., Silva-José, C., Gil-Ares, J., Pérez-Tejero, J., Barakat, R., & Refoyo, I. (2021). Exercise During Pregnancy and Prenatal Depression: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.640024>
- [89] Sigurdardottir, T., Steingrimsdottir, T., Geirsson, R. T., Halldorsson, T. I., Aspelund, T., & Bø, K. (2019). Do female elite athletes experience more complicated childbirth than non-athletes? A case–control study. *British Journal of Sports Medicine*, 53(6), 354-358. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099447>

- [90] AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS COMMITTEE ON FETUS AND NEWBORN, AMERICAN COLLEGE OF OBSTETRICIANS AND GYNECOLOGISTS COMMITTEE ON OBSTETRIC PRACTICE, Watterberg, K. L., Aucott, S., Benitz, W. E., Cummings, J. J., Eichenwald, E. C., Goldsmith, J., Poindexter, B. B., Puopolo, K., Stewart, D. L., Wang, K. S., Ecker, J. L., Wax, J. R., Borders, A. E. B., El-Sayed, Y. Y., Heine, R. P., Jamieson, D. J., Mascola, M. A., ... Wharton, K. R. (2015). The Apgar Score. *Pediatrics*, 136(4), 819-822. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-2651>
- [91] Wieloch, N., Klostermann, A., Kimmich, N., Spörri, J., & Scherr, J. (2022). Sport and exercise recommendations for pregnant athletes : A systematic scoping review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 8(4), e001395. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2022-001395>
- [92] McGregor, B., McGrath, R., Young, J., & Nottle, C. (2024). Exploring pregnancy and postpartum experiences among geographically diverse elite athletes : A qualitative study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, S1440244024005267. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2024.10.001>
- [93] Davenport, M. H., Nesdoly, A., Ray, L., Thornton, J. S., Khurana, R., & McHugh, T.-L. F. (2022). Pushing for change : A qualitative study of the experiences of elite athletes during pregnancy. *British Journal of Sports Medicine*, 56(8), 452-457. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104755>
- [94] Skog, Ø. H. (2024). Best Practices of Pregnancy in Elite Sports : A Qualitative Study of How Female Elite Athletes Experienced Pregnancy and Postpartum, and How They Perceived Support from Their Team Organizations Known for Best Practices. *Norwegian School of sport sciences*.
- [95] Franklin, A., Mishtal, J., Johnson, T., & Simms-Cendan, J. (2017). Rowers' Self-Reported Behaviors, Attitudes, and Safety Concerns Related to Exercise, Training, and Competition During Pregnancy. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.1534>
- [96] Forstmann, N., Meignié, A., De Larochelambert, Q., Duncombe, S., Schaal, K., Maître, C., Toussaint, J.-F., & Antero, J. (2023). Does maternity during sports career jeopardize future athletic success in elite marathon

runners? *European Journal of Sport Science*, 23(6), 896-903.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2089054>

[97] Darroch, F., Schneeberg, A., Brodie, R., Ferraro, Z. M., Wykes, D., Hira, S., Giles, A. R., Adamo, K. B., & Stellingwerff, T. (2023). Effect of Pregnancy in 42 Elite to World-Class Runners on Training and Performance Outcomes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 55(1), 93-100.
<https://doi.org/10.1249/MSS.00000000000003025>

[98] Bianchedi, D., Lemme, E., De Matti, A., Zurlo, M., Testa, G., Borrazzo, C., Bonguidi, L., Coltorti, A., Acquavita, E., & Spataro, A. (2022). Pregnancy and returning to high-level sports : A retrospective study of Olympic athletes from Italian teams. *Italian Journal of Gynaecology and Obstetrics*, 34(04), 324. <https://doi.org/10.36129/jog.2022.79>

[99] Dietz, P., Legat, L., Sattler, M. C., & van Poppel, M. N. M. (2022). Triple careers of athletes : Exploring the challenges of planning a pregnancy among female elite athletes using semi-structured interviews. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 22, 643. <https://doi.org/10.1186/s12884-022-04967-7>

VI. Annexe

A. Annexe 1 :

<i>Pubmed</i>	(‘physical activity’[Title/Abstract] OR sport OR exercise OR athletic OR training OR intense training) AND (‘athlete’[Title/abstract] OR professional athlete OR elite athlete OR competitor OR top-level athlete) AND (‘pregnancy’[Title/Abstract] OR ‘gestation’[Title/Abstract] OR pregnant) AND (world-class OR champion OR national level)
<i>Embase</i>	(physical:ti,ab,kw AND ('activity'/exp OR 'activity') OR 'sport'/exp OR 'sport':ti,ab,kw OR 'exercise'/exp OR 'exercise':ti,ab,kw OR athletic:ti,ab,kw OR 'training'/exp OR 'training':ti,ab,kw OR intense) AND ('training'/exp OR 'training') AND (((('athlete'/exp OR 'athlete':ti,ab,kw OR 'professional'/exp OR 'professional':ti,ab,kw) AND ('athlete'/exp OR 'athlete') OR 'elite'/exp OR 'elite':ti,ab,kw) AND ('athlete'/exp OR 'athlete') OR competitor:ti,ab,kw OR 'top level':ti,ab,kw) AND ('athlete'/exp OR 'athlete') AND ('pregnancy'/exp OR 'pregnancy':ti,ab,kw OR 'gestation'/exp OR 'gestation':ti,ab,kw OR pregnant:ti,ab,kw)
<i>Google scholar</i>	("physical activity" OR "exercise" OR "training") AND ("pregnancy" OR "pregnant women") AND ("athletes" OR "sportswomen" OR "elite athletes") AND ("national level" OR "elite level" OR "competitive sports")
<i>Sciencedirect</i>	("exercise"[Title/Abstract] OR "sport"[Title/Abstract] OR "physical activity"[Title/Abstract]) AND ("pregnancy"[Title/Abstract]) AND ("athlete"[Title/Abstract])

Ce mémoire explore les effets de la pratique d'activité physique intensive chez des sportives de haut niveau pendant la grossesse. Les athlètes essayent de maintenir un haut volume d'entraînement pendant leur grossesse, mais les risques ou les bénéfices de cette pratique ne sont pas clairement établis. De même, les recommandations sportives internationales pendant la grossesse ne sont pas adaptées aux athlètes.

Ce travail s'appuie sur une revue narrative et une analyse de la littérature scientifique. Une recherche approfondie a été réalisée sur quatre bases de données : Pubmed, Google Scholar, Embase et Sciencedirect. Les opérateurs booléens ont été utilisés pour lier les différents mots-clés entre eux, puis les recherches ont été étendues en fonction des études trouvées. Finalement, les articles ont été sélectionnés en fonction de leur pertinence et des critères PICOS.

La pratique d'une activité physique intensive pendant la grossesse ne semble pas augmenter la prévalence de complications de grossesse. Cette pratique a un impact positif sur la santé cardiovasculaire et métabolique, avec un maintien, voire une amélioration, de la condition physique maternelle. Il existe cependant certaines limites. Mieux vaut favoriser des exercices ne dépassant pas une intensité supérieure à 90% de la fréquence cardiaque maximale et être suivi par un professionnel de santé tout au long de la grossesse. Les athlètes de haut niveau doivent également éviter les sports à haut risque, et respecter les contre-indications existantes à propos de la pratique sportive. Des recherches supplémentaires doivent être réalisées afin d'établir des recommandations précises adaptées aux sportives d'élite pendant la grossesse.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

Faculté des sciences de la motricité

Place Pierre de Coubertin, 1 bte L8.10.01, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique | www.uclouvain.be/fsm