

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

COMMENT VOTRE ROUTINE BEAUTÉ PEUT-ELLE AFFECTER VOTRE SANTÉ  
REPRODUCTIVE?

ESSAI

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

ROMY SEMINARO

MARS 2025

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce document diplômant se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév. 12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

# REMERCIEMENTS

Je suis fière de cloître mon parcours à la maîtrise en sciences de l'environnement à l'UQAM et de terminer mes études universitaires avec le sujet de mon essai qui m'a passionné tout au long de ma session de rédaction.

Je tiens à remercier généreusement ma tutrice Lise Parent pour son aide et son encadrement lors de mon premier stage à la maîtrise lors de la création du Centre de référence en santé environnementale, mais aussi pour m'aider à m'améliorer continuellement. Je suis très choyée d'avoir une tutrice travaillant dans un domaine qui a inspiré l'élaboration de cet essai et qui m'a donné l'idée d'en faire une future publication. Je crois fortement que cet essai pourrait mener à un article de vulgarisation ou une publication scientifique.

Je tiens aussi à remercier mes professeurs, camarades de classes et amis qui m'ont soutenue et motivée lors de moments difficiles lors de mon parcours à la maîtrise.

# TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SUBSTANCES .....	vii
RÉSUMÉ .....	viii
INTRODUCTION .....	1
REVUE DE LITTÉRATURE .....	3
CHAPITRE 1 LE SYSTEME ENDOCRINIEN ET LES HORMONES.....	3
1.1 Le rôle et la composition du système endocrinien.....	3
1.2 Le système reproductif féminin et le rôle des hormones féminines.....	4
CHAPITRE 2 LES PERTURBATEURS ENDOCRINIENS.....	8
2.1 Les caractéristiques.....	8
2.2 Les sources .....	8
2.3 Les voies d'exposition.....	9
2.4 Le mode d'action et propriétés .....	9
CHAPITRE 3 LES PRODUITS DE SOINS CORPORELS .....	11
3.1 La famille des produits chimiques .....	11
CHAPITRE 4 LES PÉRIODES DE VULNÉRABILITE .....	13
4.1 Le développement du nouveau-né et de la petite enfance .....	13
4.2 Les adolescents à la puberté .....	13
4.3 La période de gestation .....	13
QUESTION DE RECHERCHE ET OBJECTIFS .....	16
STRATÉGIE DE RECHERCHE .....	17
RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	19
PARTIE 1 EFFETS DES PERTURBATEURS ENDOCRINIENS SUR LA SANTÉ REPRODUCTIVE DES FEMMES .....	19
Les parabènes .....	19
Les phtalates .....	21
Les antibactériens : triclosan et triclocarban .....	24
Les filtres UV .....	25
Le bipshénol A .....	26

Les PFAS .....	28
La synthèse des résultats des revues systématiques.....	29
<b>PARTIE 2 FACTEURS INFLUENÇANT L'UTILISATION DES PRODUITS DE SOINS CORPORELS ET L'EXPOSITION AUX PERTURBATEURS ENDOCRINIENS.....</b>	<b>32</b>
L'âge.....	33
L'ethnicité .....	33
Le statut socioéconomique .....	35
La synthèse des résultats des articles concernant les facteurs influençant l'exposition aux PE par l'utilisation des PSP .....	37
<b>BIAIS ET LIMITATION DE L'ESSAI.....</b>	<b>43</b>
<b>RECOMMANDATIONS POUR DIMINUER L'EXPOSITION AUX PE.....</b>	<b>44</b>
Les interventions comportementales.....	44
Les interventions éducatives.....	44
Les interventions au niveau politique et réglementation des PE entre pays.....	45
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>47</b>
<b>ANNEXE A MOTS-CLÉS PREMIÈRE PARTIE DE LA RECHERCHE.....</b>	<b>48</b>
<b>ANNEXE B ARTICLES PREMIÈRE PARTIE DE LA RECHERCHE.....</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXE C MOTS-CLÉS DEUXIÈME PARTIE DE LA RECHERCHE.....</b>	<b>51</b>
<b>ANNEXE D ARTICLES DEUXIÈME PARTIE DE LA RECHERCHE .....</b>	<b>52</b>
<b>ANNEXE E PROBLÈMES HORMONAUX EN LIEN AVEC LA SANTÉ REPRODUCTIVE DES FEMMES ET PROBLÈMES EN LIEN AVEC LA GROSSESSE.....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>56</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Composition du système endocrinien.....	3
Figure 2. Axe hypothalamo-hypophysio-gonadique.....	4
Figure 3. Cycle menstruel et hormonal. ....	6
Figure 4. Les fluctuations d'hormones produites par la mère et par le fœtus/plaenta. ....	14
Figure 5. Diagramme d'inclusion d'articles sélectionnés dans la première partie de recherche. ....	19
Figure 6. Diagramme d'inclusion d'articles sélectionnés dans la deuxième partie de recherche. ....	32

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1. Exemple de caractéristiques de six groupes de PE retrouvés dans les produits cosmétiques et PSP. .....	11
Tableau 2. Résumé des effets des PE sur la santé reproductive des femmes. ....	30
Tableau 3. Résumé des études sur les facteurs influençant l'exposition aux PE via l'utilisation des PSP. ....	37
Tableau 4. Régulation des différentes catégories de PE au Canada, aux États-Unis et à l'Union européenne. .....	45

# LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SUBSTANCES

## Liste des abréviations

**AMH:** hormone anti-müllérienne  
**DRO :** Diminution des réserves ovariennes  
**EPA :** Environmental Protection Agency  
**ER :** Récepteurs estrogéniques  
**FIV :** Fécondation *in vitro*  
**FPM :** Faible poids moléculaire  
**FPN :** Faible poids de naissance  
**FSH :** Hormone folliculostimulante  
**GnRH :** Hormone de libération des gonadotrophines  
**IMC :** Indice de masse corporelle  
**IOP :** Insuffisance ovarienne prématurée  
**LH:** Hormone lutéinisante  
**NHANES:** National Health and Nutrition Examination Survey  
**NPM :** Naissance prématurée  
**PAG :** Petit pour l'âge gestationnel  
**PCP :** Produits chimiques préoccupants  
**PE:** Perturbateur endocrinien  
**PMH :** Poids moléculaire élevé  
**PSP :** Produits de soins corporels  
**REACH :** Enregistrement, évaluation, autorisation et restriction des produits chimiques  
**SES :** Statut socioéconomique  
**SOPK :** Syndrome des ovaires polykystiques  
**UE :** Union européenne

## Liste des perturbateurs endocriniens

**BuP:** Butyleparabène  
**BP:** Benzophénone  
**BP-1 :** Benzophénone-1  
**BP-2 :** Benzophénone 2  
**BP-3 :** Benzophénone 3  
**BP-4 :** Benzophénone 4  
**BPA :** Bisphénol A  
**BPF :** Bisphénol F  
**BPS :** Bisphénol S  
**DBP :** Phtalate de dibutyle  
**DEHP :** Bis(2-éthylehexyle) phtalate  
**DEP :** Phtalate de diéthyle  
**DMP :** Phtalate de diméthyle  
**EP :** Éthyleparabène  
**MEHP:** Mono-(2-ethylhexyl) phtalate  
**MEP :** Mono-éthyl phtalate  
**MP :** Méthylparabène  
**PFAS :** Substances perfluorées/perfluoroalkylées  
**PFCA :** Acides perfluoroalkylcarboxyliques  
**PFHxS :** Acide perfluorohexanesulfonique  
**PFOA :** Acide perfluorooctanique  
**PFOS :** Sulfonate de perfluorooctane  
**PFSA :** Acides perfluoroalkylsulfoniques  
**PP :** Propylparabène  
**TCC :** Triclocarban  
**TCS :** Triclosan

## RÉSUMÉ

Les produits de soins personnels utilisés quotidiennement, y compris les plus courants comme le parfum ou le shampoing, peuvent contenir des substances potentiellement nocives pour la santé. Cet essai examine l'impact des perturbateurs endocriniens (PE) présents dans les produits de soins personnels (PSP) et cosmétiques sur la santé reproductive des femmes. Tout au long de leur vie, de la période fœtale jusqu'à la ménopause, elles traversent diverses phases de vulnérabilité. L'objectif de cet essai est de comprendre comment ces produits affectent la santé reproductive des femmes et d'identifier des facteurs qui influencent la fréquence de leur utilisation des PSP et, incidemment, leur exposition aux PE. Pour y arriver, la première partie de la recherche présente une synthèse des revues systématiques de la littérature, regroupant un total de 22 articles scientifiques recensés sur les PE présents dans les PSP et leurs effets sur les individus féminins selon leurs périodes de vulnérabilité. Ces PE incluent des antibactériens, tels que le triclosan (TCS) et le triclocarban (TCC), les phtalates, les parabènes, le bisphénol A (BPA), les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) et les filtres UV. Les résultats montrent que ces PE contribuent à divers troubles en lien avec l'infertilité, modifient l'âge de la puberté, contribuent à diverses maladies, ainsi qu'à de nombreux problèmes liés à la grossesse et à des complications à la naissance. Plus précisément, plusieurs articles soutiennent que les phtalates contribuent à devancer la puberté, à l'insuffisance ovarienne prématurée (IOP), et à diminuer le taux de réussite de la fécondation *in vitro* (FIV). Ils favorisent également les fausses couches, diminuent le poids à la naissance et contribuent aux malformations des fœtus mâles. Les parabènes sembleraient diminuer la durée du cycle menstruel et favoriser une puberté précoce. Le BPA contribuerait à l'infertilité, favoriserait des naissances prématurées, aurait un impact sur la croissance du fœtus et pourrait contribuer au syndrome des ovaires polykystiques (SOPK). Les deux antibactériens, le triclosan et le triclocarban, favoriseraient une puberté précoce, une diminution des réserves ovariennes (DRO) et affecteraient la croissance fœtale. Les filtres UV modifieraient le poids à la naissance dépendant du sexe du fœtus. Enfin, les PFAS diminueraient également le poids à la naissance, notamment chez les nouveau-nés femelles. Ensuite, la deuxième partie de la recherche consiste à déterminer des facteurs influençant la fréquence d'utilisation des PSP chez les femmes. Parmi les 10 articles scientifiques sélectionnés, ce sont l'origine ethnique, le statut socioéconomique et l'emploi qui influencent la fréquence d'utilisation des produits de soins personnels ainsi que le choix des produits eux-mêmes. En effet, les femmes noires et hispaniques utilisent plus fréquemment des produits parfumés et capillaires, ce qui les expose à des niveaux plus élevés de parabènes et de phtalates que les femmes blanches. Cela peut entraîner des complications durant la grossesse, telles qu'un faible poids à la naissance et une naissance prématurée. Enfin, des solutions individuelles et collectives sont proposées pour limiter l'exposition aux PE compte tenu de leurs effets préoccupants sur la santé reproductive.

Mots clés : Perturbateurs endocriniens, santé reproductive, produits cosmétiques, produits de soin personnel, femmes, grossesse, puberté, ethnicité, statut socioéconomique

# INTRODUCTION

L'industrialisation rapide a considérablement accru l'utilisation de produits chimiques, exposant les humains à de faibles doses d'une multitude de substances via l'air, l'eau, le sol et les aliments (Özen et Darcan, 2011) et ce, depuis la vie fœtale (Predieri et al., 2022). En 2020, plus de 1 482 composés chimiques sont identifiés comme des perturbateurs endocriniens ayant un impact sur la santé humaine (Plante et al., 2022 ; Yilmaz et al., 2020). On retrouve ces substances dans plusieurs produits couramment utilisés, tels que les bouteilles en plastique, les boîtes de conserve métalliques, les médicaments, les détergents, des produits ignifuges (matelas, meubles, jouets, vêtements etc.) utilisés pour prévenir l'inflammation et à limiter la propagation du feu, les aliments, les jouets, les cosmétiques et les pesticides (Yilmaz et al., 2020). Certains ingrédients des cosmétiques et des produits de soin personnel (PSP) sont des polluants émergents, qui, en fin de vie, contaminent l'environnement, l'eau potable et la chaîne alimentaire, mettant en danger les écosystèmes et la santé humaine (Panagopoulos et al., 2023). Au fil des décennies, la prévalence des maladies associées à l'exposition aux PE a augmenté significativement (Predieri et al., 2022). Ces substances ont des effets délétères et agissent à des doses faibles, contredisant ainsi le paradigme toxicologique traditionnel selon lequel « la dose fait le poison » (Encarnação et al., 2019).

Les cosmétiques sont utilisés depuis des siècles, mais leurs ingrédients ne sont pas toujours inoffensifs. Par exemple, pendant l'Antiquité et jusqu'au début du 20<sup>e</sup> siècle, des substances naturelles toxiques, telles que des oxydes de plomb, de mercure et de cadmium, étaient présentes dans les produits cosmétiques entraînant des intoxications graves (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015). Des épisodes notables incluent les cas d'intoxication au thallium dans les années 1930 causés par des produits dépilatoires, ou encore des réactions allergiques sévères provoquées par des cosmétiques halogénés au Royaume-Uni dans les années 1950, et par des déodorants dans les années 1950-1960 en Europe et aux États-Unis (Horio, 1976 ; Nohynek et al., 2010). Aujourd'hui, le marché des cosmétiques et des PSP est en constante expansion, introduisant une large gamme de produits contenant de nombreux produits chimiques. Bien qu'on les retrouve en faible concentration, leurs propriétés provoquent des inquiétudes concernant leur sécurité sur la santé, particulièrement chez les femmes où l'utilisation de PSP et de cosmétiques est beaucoup plus fréquente que chez les hommes (Hassan et al., 2023). Des ingrédients, comme le parabène, utilisé depuis les années 1920, a été incorporé dans les cosmétiques, et même dans les aliments, comme conservateur afin d'empêcher le développement de micro-organismes dans les produits. Cependant, leur usage continue de susciter des inquiétudes en raison de leurs propriétés endocriniennes (Nowak et al., 2018). Il a été constaté que l'exposition aux parabènes dans les cosmétiques est plus marquée chez les femmes que les hommes (Plante

*et al.*, 2022). Une enquête effectuée aux États-Unis a révélé que les femmes utilisent en moyenne 12 PSP quotidiennement, contre 6 pour les hommes, une tendance aussi observée en France (Ficheux *et al.*, 2019). Ces différences d'utilisation, combinées aux différentes fenêtres de vulnérabilité (période prénatale, petite enfance, puberté et grossesse) accentuent les risques pour la santé reproductive des femmes ainsi que celle des nouveau-nés (Plante *et al.*, 2022). Ces observations mettent en lumière la nécessité de mieux comprendre les liens entre l'exposition aux PE contenus dans les PSP et les effets sur la santé reproductive des femmes.

# REVUE DE LITTÉRATURE

## CHAPITRE 1

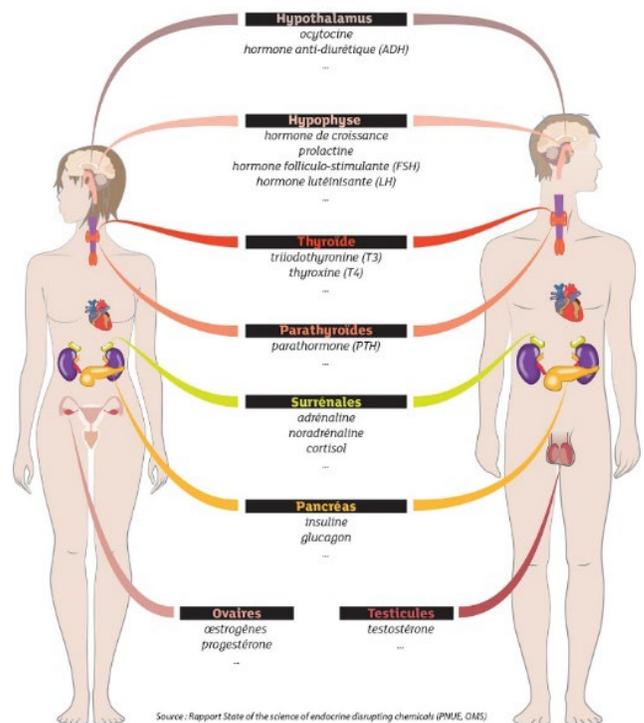
### LE SYSTEME ENDOCRINIEN ET LES HORMONES

Ce chapitre décrira le rôle du système endocrinien et des hormones, en mettant l'accent sur le système reproductif féminin et ses principales hormones. Il abordera des notions anatomiques et physiologiques pour mieux comprendre son fonctionnement.

#### 1.1 Le rôle et la composition du système endocrinien

Le système endocrinien est composé de plusieurs glandes endocrines, d'organes et de tissus qui synthétisent et sécrètent des substances chimiques, appelées hormones (figure 1).

- Les **glandes** sont des tissus qui fabriquent et libèrent des hormones directement dans la circulation sanguine. Elles comprennent la glande pinéale, la glande pituitaire, la glande thyroïde, les glandes parathyroïdes et les glandes surrénales.
- Les **organes** du système endocrinien fabriquent et libèrent aussi des hormones, ils incluent l'hypothalamus, le pancréas, les tissus adipeux, les ovaires et les testicules.
- Les **tissus** libèrent des hormones comme fonction secondaire, dont le système digestif (estomac et le petit intestin), les reins, le foie, le cœur et le placenta.



Les **hormones** sont des molécules qui agissent à de faible concentration dans le but de réguler divers processus biologiques, tels que la croissance et le développement, la reproduction, les fonctions sexuelles, le cycle circadien, le métabolisme, le

**Figure 1. Composition du système endocrinien (INRS, 2021).**

comportement, etc. Ces messagers chimiques sont transportés par la circulation sanguine jusqu'à des récepteurs spécifiques « cibles » situés sur les organes, la peau, les muscles ou d'autres tissus afin de déclencher leurs actions. Il participe donc au bon fonctionnement et à l'homéostasie (équilibre) du corps humain (Young, 2022). Les hormones, à de très faibles concentrations, déclenchent des réponses et des changements. Ainsi, un excès ou un manque d'hormones a un impact sur la santé et cause différents symptômes et maladies.

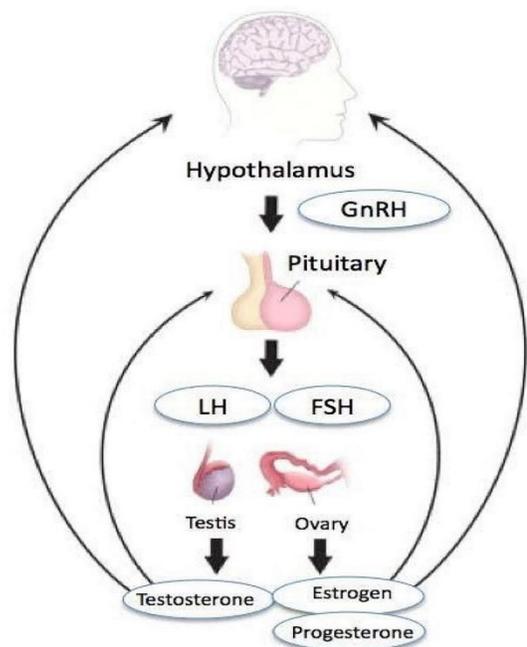
## 1.2 Le système reproductif féminin et le rôle des hormones féminines

### 1.2.1 Rôle du système reproductif féminin

L'appareil reproducteur féminin a pour fonction de procréer, de permettre les relations sexuelles, de déclencher les menstruations, de produire des ovules (gamétogénèse), de réguler les hormones sexuelles et de maintenir les ovules fécondés jusqu'au développement du fœtus. Plus précisément, les **ovaires** fabriquent les hormones sexuelles féminines, dont l'estrogène et la progestérone, et produisent la gamétogénèse. Lors de l'ovulation, un ovule mature est libéré par les ovaires et se dirige dans une **trompe de Fallope** en direction de l'utérus dans le but d'être fécondé par un spermatozoïde (Société canadienne du cancer, 2020).

### 1.2.2 Rôles des hormones

Comme illustré à la figure 2, lors du début de la puberté, sous l'action de l'hormone de libération des gonadotrophines (GnRH) libérée par l'hypophyse, la glande pituitaire antérieure libère l'hormone folliculostimulante (FSH) et l'hormone lutéinisante (LH). Ces hormones permettent aux ovaires de fabriquer et libérer l'estrogène et la progestérone essentiels à la reproduction (Rosner *et al.*, 2024).



**Figure 2. Axe hypothalamo-hypophyséogonadique (Mbiyzenyuy et Qulu, 2024).**

- L'**estrogène** permet de réguler entre autres la croissance des organes reproducteurs, l'épaississement du revêtement de l'utérus pendant le cycle menstruel et de maintenir les organes sexuels en santé. Il est sécrété par les ovaires, les tissus

adipeux et le placenta, favorisant le développement des tissus mammaires à la puberté (Rosner *et al.*, 2024).

- La **progestérone** prépare l'endomètre à l'implantation d'un ovule fécondé. Elle aide ensuite l'endomètre à nourrir l'embryon et, libérée par le placenta, elle permet de mener la grossesse à terme. La progestérone régule aussi le cycle menstruel en diminuant la sécrétion de LH et FSH (Rosner *et al.*, 2024).
- L'**hormone anti-müllérienne** (AMH) est une hormone produite par les ovaires et les testicules et joue un rôle dans le développement et la maturation des follicules chez la femme. Sa sécrétion maximale commence à la puberté et diminue avec l'âge jusqu'à la ménopause. En bref, elle sert d'indicateur de la réserve ovarienne pour évaluer le potentiel de fertilité chez la femme (Dumont *et al.*, 2015).

### 1.2.3 La puberté chez les filles

La **puberté** est une période de croissance et de développement au cours de laquelle les enfants et les adolescents acquièrent des caractéristiques physiques adultes, atteignent la maturité sexuelle et deviennent capables de se reproduire. Chez les filles, la puberté débute généralement entre 8 et 10 ans et dure environ 4 ans. Elle est caractérisée par la libération d'hormones par le cerveau (FSH et LH) qui favorisent la libération de l'estrogène contribuant au développement des organes, dont les seins, le vagin, les ovaires et l'utérus. Chez les filles, la puberté débute habituellement par le développement des seins (**thélarche**), puis par l'apparition de la pilosité pubienne et axillaire (**pubarche**). Les premières règles (**ménarche**), quant à elles, surviennent environ 2-3 ans après la thélarche (McLaughlin, 2022).

### 1.2.4 Le cycle menstruel

Le **cycle menstruel** est le processus par lequel les ovaires libèrent un ovule mensuellement dans le but qu'une grossesse soit possible. Il débute généralement quelques années après le début de la puberté. S'il n'y a pas fécondation de l'ovule, le revêtement de l'utérus évacue le corps en saignement mensuel, appelé menstruations. Les cycles menstruels commencent à la puberté, vers l'âge de 13 ans, et continuent jusqu'à la ménopause, autour de l'âge de 52 ans. Le cycle menstruel normal commence le premier jour de saignement vaginal et se termine juste avant le début du cycle menstruel suivant. Le flux menstruel dure en moyenne entre 5 et 7 jours. Les cycles durent généralement 28 jours, mais peuvent varier entre 21 et 40 jours (Clarke et Khosla, 2010).

### 1.2.4.1 Phase du cycle menstruel

Comme le démontre la figure 3, le cycle est caractérisé par trois phases, une **phase folliculaire** où l'ovule se développe et mature, la **phase ovulatoire** caractérisée par l'ovulation et la **phase lutéale** où le niveau d'hormones diminue si l'ovule n'est pas fécondé et implanté sur les parois de l'utérus (McLaughlin, 2022).

#### Phase folliculaire

La FSH et la LH stimulent le développement de plusieurs follicules dans les ovaires et la production d'estrogène. L'augmentation de l'estrogène diminue la production de FSH, favorisant la maturation d'un seul follicule tandis que les autres dégénèrent. Ce follicule mature continue alors à produire de l'estrogène (McLaughlin, 2022).

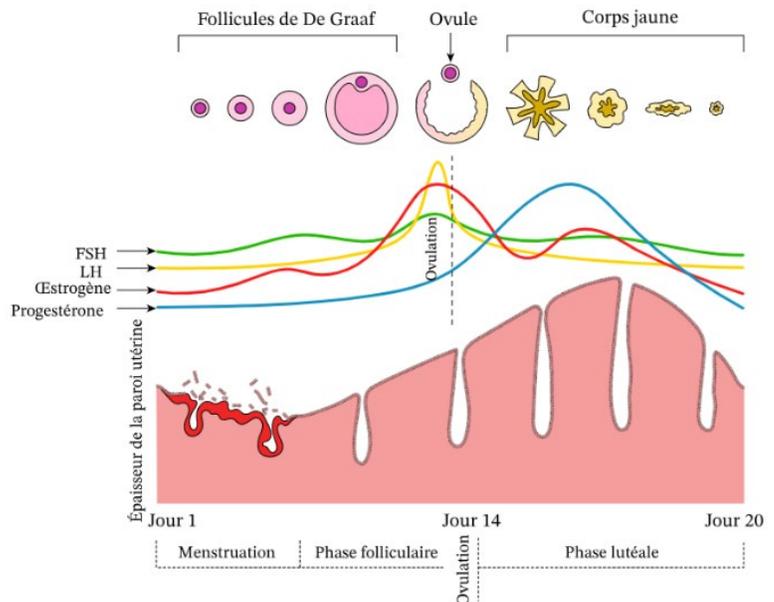


Figure 3. Cycle menstruel et hormonal (Nagwa, 2025).

#### Phase ovulatoire

L'augmentation d'estrogène par le follicule en développement augmente la production de LH, déclenchant la libération de l'ovule par le follicule dans les trompes de Fallope. Quelques jours avant l'ovulation, il y a une augmentation de la glaire cervicale (écoulement vaginal) favorisant la fécondation de l'ovule par les spermatozoïdes (McLaughlin, 2022).

#### Phase lutéale

Lors de l'expulsion de l'ovule, l'enveloppe folliculaire vide se développe en corps jaune, libérant de l'estrogène et de la progestérone. La progestérone épaissit l'endomètre afin de préparer l'utérus à l'implantation d'un ovule fécondé. En cas de conception, l'embryon traverse la trompe de Fallope et s'implante dans l'utérus, marquant le début de la grossesse. Sinon, l'ovule se désintègre, l'endomètre se dégrade et les menstruations commencent (McLaughlin, 2022).

### 1.2.5 La ménopause et ses stades

La **périménopause** se produit généralement dans la quarantaine pendant des mois ou des années entre 8 et 10 ans avant la ménopause quand les ovaires produisent de moins en moins d'estrogène. Cette période est caractérisée par des menstruations irrégulières et des changements d'humeurs. La **ménopause** se produit lorsqu'il y a un arrêt des menstruations pendant douze mois consécutifs, vers l'âge de 45 à 55 ans. Avec l'âge, la quantité de follicules ovariens diminue progressivement, entraînant une réduction de l'ovulation. Finalement, les ovaires cessent de produire l'estrogène et la progestérone, rendant la grossesse impossible. Enfin, la **postménopause** se produit à la suite de la ménopause, les femmes restent dans la postménopause le restant de leur vie. La plupart des symptômes s'estompent et restent légers pendant plusieurs années après la ménopause. Ces femmes possèdent alors un risque plus élevé d'ostéoporose et de maladie cardiaque dû au faible niveau d'estrogène (McLaughlin, 2022).

## CHAPITRE 2

### LES PERTURBATEURS ENDOCRINIENS

#### 2.1 Les caractéristiques

Selon l'Organisation mondiale de la santé (2002), un perturbateur endocrinien (PE) est une substance chimique exogène, d'origine naturelle ou artificielle, qui altère avec la stabilité et la régulation du système endocrinien ayant des impacts sur la santé des organismes ou de sa progéniture ou sa (sous) population. Certains PE sont lipophiles, ils se dissolvent dans les graisses et ils peuvent ainsi s'accumuler dans les organes et les tissus et se concentrer tout au long de la chaîne alimentaire (Encarnaç o *et al.*, 2019).

#### 2.2 Les sources

Les humains sont exposés aux PE par le biais de plusieurs produits du quotidien, comme les cosmétiques, les parfums, les PSP, les produits de nettoyage, les détergents, les ustensiles de cuisine antiadhésifs, les jouets, les bouteilles en plastique, les pesticides et même les aliments en conserve (D'Argenio *et al.*, 2021). Par exemple, les **phthalates** sont utilisés pour augmenter la flexibilité, la douceur et la durabilité de plusieurs plastiques, comme les jouets, les vêtements, les emballages alimentaires et les dispositifs médicaux (Predieri *et al.*, 2022) et ils agissent aussi comme adoucisseur et stabilisant de parfum dans les PSP (Plante *et al.*, 2023). Les **parabènes**, présents dans 80% des PSP (Plante *et al.*, 2022), sont utilisés comme préservatifs antimicrobiens contre la moisissure et les levures dans les cosmétiques, les produits pharmaceutiques et la transformation des aliments et des boissons (Calafat *et al.*, 2010 ; Hajjar *et al.*, 2024). Le **bisphénol** est un antioxydant dans les contenants et est utilisé comme agent durcisseur et stabilisateur dans la production de plastiques polycarbonates, utilisés dans les bouteilles et les emballages alimentaires, et les revêtements en résine époxy des canettes alimentaires et des canettes de boissons à base de métal (Pan *et al.*, 2024). Les PE sont retrouvés dans les **retardateurs de flammes** utilisés dans les mousses pour les mobiliers, les tapis et l'équipement électronique. Certains sont des substances avec des propriétés hydrophobe et lipophobe, comme les **PFAS**, qui sont très persistants dans l'environnement et qui sont utilisés dans les poêles antiadhésives et les ustensiles de cuisine antiadhésifs, les vêtements imperméables, les emballages de nourritures, les papiers et textiles, les détergents antitaches, etc. Enfin, les PE peuvent se retrouver sous forme de déchets ou de sous-produits émis par certains procédés, comme la formation de **dioxine**, de **furanne** et de biphényles polychlorés (**PCB**). Enfin, les **métaux lourds** comme le cadmium, le plomb, le mercure et l'arsenic sont aussi considérés comme des PE (Chen *et al.*, 2023 ; Laurretta *et al.*, 2019).

## 2.3 Les voies d'exposition

Nous sommes exposés constamment aux PE tout au long de notre existence à notre travail ou dans notre cadre de vie par trois voies d'exposition. L'ingestion représente jusqu'à 90% de l'exposition des PE par les aliments ou l'eau contaminée ou le contact indirect par les mains et les objets contenant des PE (pesticides dans la nourriture, additifs alimentaires, migration de substances par les ustensiles, les emballages, etc.), (Yilmaz *et al.*, 2020). Par exemple, les phtalates et les bisphénols peuvent migrer du contenant en plastique vers le produit fini (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015). Ensuite, les individus peuvent être exposés via les voies respiratoires, par l'inhalation de fumées ou de vapeurs de substances volatiles ou semi-volatiles ou de particules de l'air ambiant. Enfin, il y a le contact cutané avec des produits cosmétiques ou pharmaceutiques, des pesticides, des textiles, etc. Hormis les expositions à forte dose et à court terme (exposition aiguë), l'exposition de la population aux PE se fait généralement à de faibles concentrations et à long terme (exposition chronique).

## 2.4 Le mode d'action et propriétés

Les perturbateurs endocriniens (PE) agissent de diverses façons : ils peuvent imiter des hormones naturelles et se lier à leurs récepteurs, bloquer l'accès des hormones aux récepteurs par compétition, ou perturber la production, l'élimination et la régulation des hormones. Ces actions modifient l'activité hormonale en l'augmentant, la diminuant, ou la stimulant à des moments inappropriés (Rolfo *et al.*, 2020). Contrairement à la logique classique de toxicologie selon laquelle « la dose fait le poison », les effets des PE peuvent survenir même à faibles doses et ne suivent pas toujours une relation dose-effet linéaire (Demeneix et Slama, 2019). Leur courbe dose-réponse est non monotone, ce qui signifie que les effets peuvent apparaître à faibles doses, diminuer à doses modérées, puis réapparaître à doses élevées (Kahn *et al.*, 2020). À des doses élevées, les PE peuvent saturer les récepteurs, inhibant ainsi leur propre action. La toxicité des PE dépend aussi du moment de l'exposition. Une exposition pendant des périodes critiques du développement, telles que les phases prénatales et postnatales, peut avoir des conséquences importantes tout au long de la vie (Encarnaçao *et al.*, 2019).

### 2.4.1 Effet cocktail

Par la grande quantité de PE existants, ceux-ci peuvent interagir entre eux par l'effet « cocktail ». Ainsi, l'exposition à un mélange de plusieurs perturbateurs endocriniens pourrait avoir des effets très différents de l'exposition aux substances seules. Leurs effets pourraient s'additionner, se renforcer ou, au contraire,

s'inhiber. Cela donne une difficulté à prédire l'effet spécifique d'un PE, car l'humain est exposé à ce cocktail (Institut national de recherche et de sécurité, 2023).

## CHAPITRE 3

### LES PRODUITS DE SOINS CORPORELS

Les produits cosmétiques et les PSP sont des substances ou mixtures d'usage externe, appliqués sur l'épiderme, les capillaires, les ongles, les lèvres et les organes génitaux externes, ou d'usage interne, utilisés pour les dents et les membranes muqueuses de la cavité orale. Ils ont comme but d'améliorer l'apparence (cosmétiques, teinture à cheveux, lotions), nettoyer (savons, shampoings, pâte à dent), parfumer, corriger les odeurs corporelles (déodorants) et protéger (crèmes solaires), (Marie *et al.*, 2016 ; Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015).

#### 3.1 La famille des produits chimiques

Plusieurs ingrédients dans les produits cosmétiques et de soins personnels sont connus pour avoir des actions endocriniennes. Le tableau 1 présente les caractéristiques de certaines familles de PE contenues dans les PSP. Les termes en **gras** sont les principaux PE de chaque famille ou les principales sources de PSP.

**Tableau 1. Exemple de caractéristiques de six groupes de PE retrouvés dans les produits cosmétiques et PSP.**

Groupe de PE	Exemple	Sources
<b>Parabènes</b>	Chaîne courte : <b>méthylparabène (MP), propylparabène (PP), éthylparabène (EP), butylparabène (BP)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crème pour le corps</li> <li>• Crème solaire</li> <li>• Antitranspirant</li> <li>• <b>Shampoing et revitalisant</b></li> <li>• Cosmétiques</li> <li>• Pâte à dent</li> <li>• Produits de bronzage</li> </ul>
<b>Phtalates</b>	<p>Faible poids moléculaires (FPM): phtalate de diéthyle (DEP), phtalate de diméthyle (DMP), phtalate de dibutyle (DBP), etc. retrouvés dans les PSP</p> <p>Poids moléculaire élevé (PMH) : bis(2-éthylehexyle) phtalate (<b>DEHP</b>), retrouvé dans les emballages plastiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernis à ongles</li> <li>• Déodorant, parfum, savons, shampoings, lotions et fixatifs</li> <li>• Cosmétiques (fond de teint, fard à paupières, mascara, rouge à lèvres)</li> <li>• Crème solaire</li> <li>• <b>Peut se trouver dans les termes « parfum » ou « fragrance » sur les étiquettes</b></li> </ul>
<b>Bisphénol</b>	Bisphénol A (BPA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenant de PSP</li> </ul>

<b>Filtres UV</b>	<p><i>Organiques</i> : benzophénones (BP), dont les BP-1, BP-2, BP-3 (oxybenzone), BP-4 et l'octinoxate</p> <p><i>Non-organiques</i> (nanoparticules) : dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) et oxyde de zinc (ZnO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Crèmes solaires</b></li> <li>• Lotions hydratantes</li> <li>• Cosmétiques (rouges à lèvres, baume pour les lèvres, crèmes antirides et pigments dans les fards à paupières)</li> <li>• Déodorant</li> <li>• Shampoing</li> <li>• Mousse à raser</li> </ul>
<b>Antibactériens</b>	<p>Triclocarban (TCC) et triclosan (TCS)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déodorant</li> <li>• <b>Dentifrice, rince-bouche, savon à main, désinfectants pour les mains</b></li> <li>• Lotion pour le corps</li> <li>• Crème à raser</li> <li>• Lingettes démaquillantes</li> </ul>
<b>PFAS</b>	<p>Acide perfluorooctanique (<b>PFOA</b>), sulfonate de perfluorooctane (<b>PFOS</b>), acides perfluoroalkylcarboxyliques (PFCA), acides perfluoroalkylsulfoniques (PFSA), acide perfluorohexanesulfonique (PFHxS), etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernis à ongles</li> <li>• Cosmétiques (fond de teint, cache-cernes)</li> </ul>

**Sources :** (Collins *et al.*, 2023 ; Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015 ; Plante *et al.*, 2022 ; Yesumanipreethi *et al.*, 2021)

## **CHAPITRE 4**

### **LES PÉRIODES DE VULNÉRABILITE**

Ce chapitre explore les différentes fenêtres de vulnérabilité qu'une femme peut traverser au cours de sa vie. Les effets de PE varient selon l'âge et l'état de santé des individus. On utilise le terme « périodes de vulnérabilité » ou « fenêtre d'exposition » durant laquelle les personnes sont plus sensibles à leurs actions. Plusieurs stades critiques, comme le stade prénatal, la petite enfance, la puberté et la grossesse, sont particulièrement plus sensibles à l'exposition aux PE (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015). Ces périodes sont caractérisées par le développement de tissus et d'organes où plusieurs hormones jouent un rôle essentiel.

#### **4.1 Le développement du nouveau-né et de la petite enfance**

Les enfants sont plus vulnérables aux expositions chimiques que les adultes puisque leur métabolisme, leurs organes et leur comportement sont en pleine maturation. En effet, les enfants ont un rapport surface corporelle/masse plus élevé que les adultes. Ainsi, pour chaque unité de poids corporel, ils respirent, boivent et ingèrent proportionnellement davantage, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux expositions de substances chimiques. De plus, les bébés et jeunes enfants ont des habitudes, comme mettre les mains à la bouche et jouer près du sol, ainsi, leur contact avec diverses substances est accru (Hauptman et Woolf, 2017).

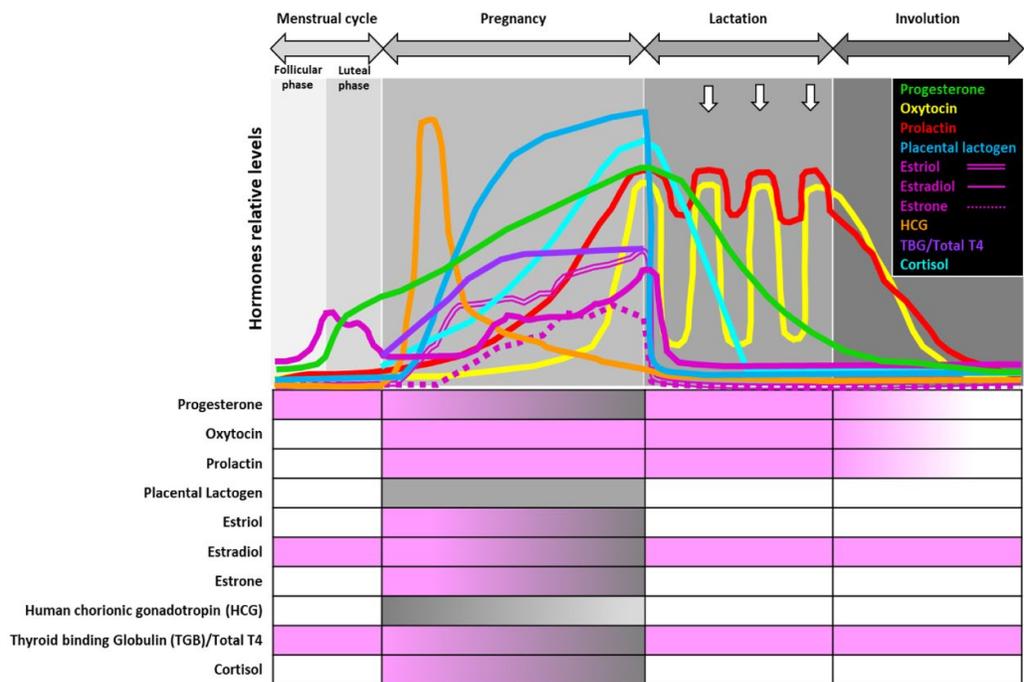
#### **4.2 Les adolescents à la puberté**

L'adolescence est marquée par d'importants changements hormonaux, physiques et comportementaux, débutant en moyenne vers 11 ans chez les filles et 12 ans chez les garçons, et se terminant à l'âge adulte. Cette période est particulièrement vulnérable aux stress environnementaux et aux produits chimiques. À la puberté, l'hypothalamus libère des hormones essentielles à la production des gamètes et au développement des capacités reproductives (figure 2), tout en influençant les changements physiques, tels que l'apparition des poils pubiens, le début des menstruations, le développement des seins chez les filles, le changement de la voix, et l'acné, ainsi que la maturation du cerveau (Graber, 2023).

#### **4.3 La période de gestation**

La grossesse entraîne de nombreux changements physiologiques affectant le système reproductif, endocrinien, immunitaire et métabolique, ainsi que des changements comportementaux et influence le développement embryonnaire et fœtal. Ces transformations impliquent divers mécanismes moléculaires, biochimiques et cellulaires, rendant cette période particulièrement vulnérable aux stressseurs

environnementaux, y compris les perturbateurs endocriniens (PE) (Plante et al., 2022). Les modifications physiologiques chez la mère et le fœtus augmentent les besoins énergétiques, ce qui se traduit par une consommation accrue d'eau et de nourriture, et donc une exposition plus élevée aux PE pendant la grossesse (Plante et al., 2022). Le développement des glandes mammaires, influencé par les variations hormonales, s'accroît généralement après l'accouchement ou pendant l'embryogenèse. Grâce à l'alvéologenèse, les glandes deviennent fonctionnelles pour l'allaitement, sous l'effet de plusieurs hormones, notamment l'estrogène et la progestérone sécrétés par les ovaires, ainsi que les lactogènes placentaires libérés par le placenta (Plante et al., 2022).



**Figure 4. Les fluctuations d'hormones produites par la mère et par le fœtus/placenta.**

**Celles qui sont présentées en rose sont celles produites par la mère. Celles en gris, sont produites par le fœtus/placenta. Les flèches blanches représentent l'allaitement de la progéniture (Plante et al., 2022).**

#### 4.3.1 La fragilité du placenta et la période prénatale

Le placenta, un organe endocrinien essentiel, soutient la grossesse et le développement fœtal en assurant l'échange de gaz, de nutriments, et de déchets entre la mère et le fœtus, ainsi que le métabolisme des xénobiotiques et la production d'hormones. Tout déséquilibre dans sa formation, sa fonction ou sa structure

affecte la santé maternelle et fœtale (Plante et al., 2023). Le développement placentaire est influencé par des facteurs comme la nutrition, le stress, les maladies maternelles, et l'exposition aux PE (Gingrich et al., 2020). Plusieurs hormones sont essentielles à la croissance du fœtus, dont l'insuline, les hormones thyroïdiennes, l'hormone de croissance, le cortisol, la progestérone et le cortisol (Kowalczyk *et al.*, 2022). Pendant les périodes prénatales et postnatales, le fœtus et le nouveau-né, en raison de leur métabolisme immature et de leur croissance, sont particulièrement vulnérables aux substances toxiques, qui peuvent être transmis via le placenta ou l'allaitement (Mallozzi et al., 2016 ; Monneret, 2017). La forte présence de récepteurs hormonaux dans le placenta le rend particulièrement sensible aux perturbations endocriniennes (Gingrich *et al.*, 2020).

## QUESTION DE RECHERCHE ET OBJECTIFS

Il existe une grande quantité d'ingrédients susceptibles de perturber le système reproductif des femmes. Il est essentiel d'évaluer leurs impacts sur la santé reproductive et sur les périodes vulnérables de la femme. Ainsi, l'essai aura comme but de répondre à la question suivante : quels sont les effets des PE dans les PSP et les cosmétiques sur la santé reproductive des femmes? Ces questions de recherche viendront répondre à plusieurs objectifs :

- Décrire les effets potentiels des PE chez la femme, le développement embryonnaire et fœtal, ainsi que du nouveau-né, pendant les périodes avant la conception, pendant la grossesse et la période postnatale;
- Déterminer les facteurs (groupes d'âge, l'origine ethnique, le statut socioéconomique, etc.) influençant l'exposition aux PE via l'utilisation des PSP;
- Proposer des solutions individuelles et communautaires afin de diminuer l'exposition aux PE chez les femmes.

# STRATÉGIE DE RECHERCHE

La stratégie de recherche de l'essai repose sur une revue de littérature qui s'appuie sur les critères **PICO(S)** utilisés pour structurer ma recherche : **P** pour population, **I**-intervention (ou exposition), **C**-comparaison, **O**-outcome (effet recherché), **S**-study design (type d'étude). La recherche d'articles sera limitée aux 10 dernières années, de 2014 à 2024 dans Google Scholar par mots-clés en combinant les éléments retrouvés dans le PICO(S). Le logiciel Zotero sera utilisé pour garder la trace de la littérature récupérée et pertinente pour la rédaction de l'essai. Afin de chercher les revues systématiques en lien avec le sujet, plusieurs mots-clés liés par des opérateurs logiques booléens « OR » et « AND » en lien avec les termes du PICO(S) ont été utilisés.

## **PICO(S) partie 1**

**La population** visée est constituée d'individus de sexe féminin. L'**exposition** se concentre sur l'effet de six familles de PE mentionnées dans la revue de littérature contenues dans les PSP et les cosmétiques, dont les phtalates, les parabènes, le bisphénol, le triclosan, les filtres UV (organiques et non organiques) et les substances perfluorées (PFAS). Les **périodes d'exposition** incluent la puberté, la grossesse et la période prénatale et postnatale. **Les effets recherchés** (outcome) incluent les effets en lien avec la santé, dont les anomalies du cycle menstruel, une puberté précoce/tardive, l'endométriose et le syndrome des ovaires polykystiques (SOPK). Aussi, les troubles de fertilité comprennent l'infertilité, une diminution des réserves ovariennes (DRO) et une ménopause précoce, aussi appelée insuffisance ovarienne prématurée (IOP). Les problèmes liés à la grossesse comprennent le risque de fausse couche, la mortalité à la naissance, les faibles poids de naissance, les malformations congénitales et les naissances prématurées. Les termes ci-dessous ne sont pas considérés : les fibromes utérins, la prééclampsie, le cancer des ovaires, de l'utérus, du col de l'utérus, des ovaires et tout autre cancer en lien avec le système reproductif féminin puisqu'ils ne sont pas considérés comme un problème hormonal. Enfin, le **type d'étude** est des revues systématiques de la littérature. Les mots-clés de la première partie (voir *Annexe A*), définis selon les critères PICO(S), permettront de faire une synthèse des revues systématiques de la littérature sur les effets des PE présents dans les PSP sur la santé reproductive des femmes.

## **PICO(S) partie 2**

La **population** inclut les individus de sexe féminin provenant de différents groupes ethniques, dont les femmes blanches, les femmes noires, les femmes asiatiques, les femmes hispaniques et les femmes

d'ethnicités mixtes, le statut socio-économique, le niveau d'éducation ainsi que le groupe d'âge. Les autres critères PICOS dans la deuxième partie de la méthodologie sont exactement les mêmes que dans la première partie, dont l'exposition, les périodes d'exposition et les effets recherchés. **Le type d'étude** inclut les revues systématiques et les articles de recherche scientifiques. Les mots-clés de la deuxième partie de recherche (voir *Annexe C*), définis selon les critères PICO(S), serviront à examiner l'influence des différents facteurs tels que l'ethnicité, le statut socioéconomique, l'âge et le niveau d'éducation sur la fréquence de l'utilisation des PSP et cosmétiques chez les femmes, ainsi que sur les impacts sur la santé reproductive.

# RÉSULTATS ET DISCUSSION

## PARTIE 1

### EFFETS DES PERTURBATEURS ENDOCRINIENS SUR LA SANTÉ REPRODUCTIVE DES FEMMES

Le choix des revues systématiques par les critères PICO(S) sur Google scholar est illustré par la figure 5. Les mots-clés du PICO(S) a donné un résultat de 89 articles. Seulement 36 d'entre eux ont été publiés entre 2014 et 2024 et seulement 22 d'entre eux étaient des revues systématiques, dont les titres et les résumés sont appropriés à mon sujet d'essai (voir *Annexe A*). Les autres sont exclus puisqu'ils n'ont aucun lien avec les PSP et les effets recherchés ne sont pas en lien avec les critères PICO(S).

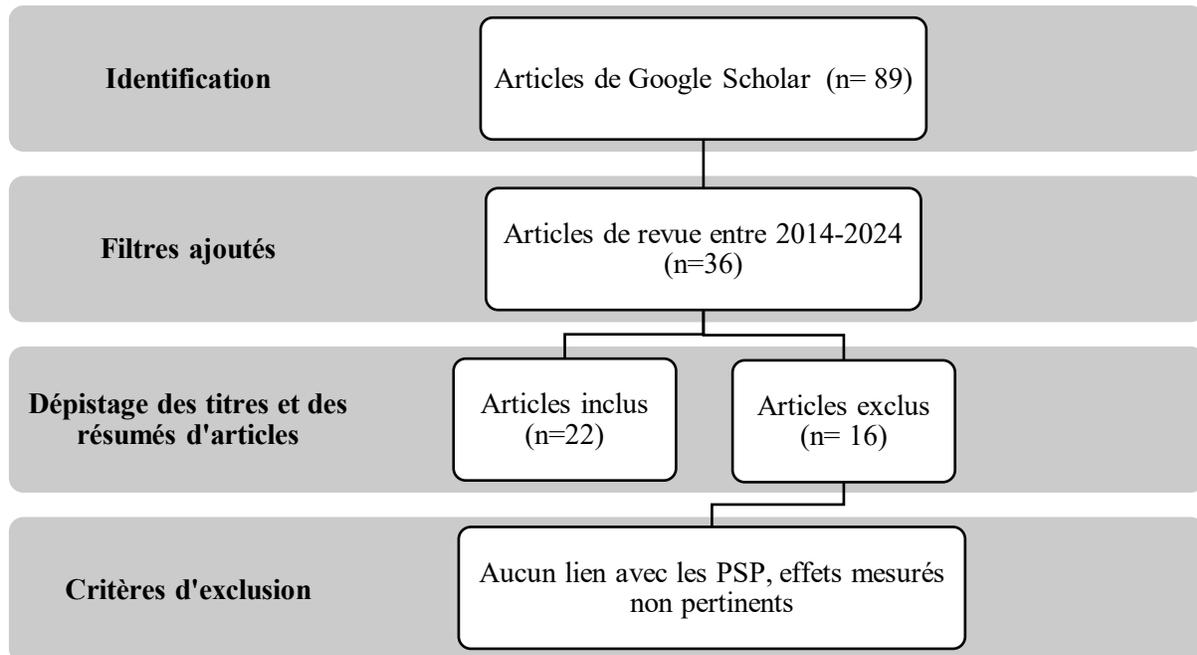


Figure 5. Diagramme d'inclusion d'articles sélectionnés dans la première partie de recherche.

#### Les parabènes

Une étude du National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) par Calafat *et al.* (2010) démontre que le méthylparabène (MP) et le propylparabène (PP) sont détectés dans 90% des 2 548 échantillons d'urines des participants à l'étude en 2005-2006 avec une concentration plus élevée chez les femmes que les hommes (Hipwell *et al.*, 2019). Les femmes auraient des concentrations de parabènes deux fois plus élevées que les hommes (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015) où 90% de l'exposition aux parabènes

se fait par l'utilisation de PSP et d'aliments emballés (Yesumanipreethi *et al.*, 2021). On les retrouve aussi dans plusieurs matrices biologiques, dont le lait maternel, le colostrum, le sang et le plasma séminal (Smovršnik *et al.*, 2023). Le parabène aurait des propriétés androgéniques (Hipwell *et al.*, 2019) et estrogéniques où ce dernier augmente en fonction de la longueur de leur chaîne alkyle : plus cette chaîne est longue, plus leur effet antimicrobien et leur effet estrogénique augmentent (Smovršnik *et al.*, 2023).

### *Complications liées à la grossesse*

Durant la grossesse, il a été observé que les parabènes réduisent le rapport entre l'estrogène et la progestérone et augmentent le taux de globulines liant les hormones sexuelles. Un taux élevé de ces globulines réduit la quantité d'hormones sexuelles actives, telles que l'œstrogène, par liaison avec celles-ci et les rendant ainsi inactives (Smovršnik *et al.*, 2023). Différents types de parabènes peuvent entraîner des complications durant la grossesse. Selon la revue systématique de Jamal *et al.*, (2019), les femmes enceintes présentent des concentrations urinaires élevées de MP et PP qui seraient associées à une augmentation du poids selon l'âge gestationnel du fœtus. Par ailleurs, le PP a été également associé à une diminution de la longueur corporelle des nouveau-nés (Khalid et Abdollahi, 2021). Des niveaux élevés de MP et d'EP ont été associés à une réduction de la durée de la gestation (Panagopoulos *et al.*, 2023). Les concentrations de butyleparabène (BuP) urinaire et dans le sang du cordon ombilical ont été associées à une diminution du poids à la naissance (Khalid et Abdollahi, 2021). Le BP pourrait avoir un impact direct sur la prolifération des cellules placentaires, entraînant ainsi des complications liées au développement précoce du placenta (Resende *et al.*, 2021). Cependant, deux revues systématique indiquent qu'il n'existe pas d'association significative entre les concentrations urinaires prénatales de parabène et le poids et la taille à la naissance (Hassan *et al.*, 2023) ou la circonférence crânienne des nouveau-nés (Jamal *et al.*, 2019).

### *Risque d'infertilité*

Les concentrations élevées de parabènes urinaires, dont le phenylparabène, ont été associées avec une diminution du nombre de follicules (Panagopoulos *et al.*, 2023) contribuant à la DOR et ainsi conduire à l'infertilité. Ils réduisent aussi les probabilités de conception. Cependant, il n'a pas été associé à des effets négatifs pour la fécondation *in vitro* (FIV) (Smovršnik *et al.*, 2023).

### *Puberté*

Peu d'études ont exploré le lien entre les parabènes et la puberté, toutefois, des concentrations urinaires élevées de MP chez les enfants ont été associées à une puberté précoce, caractérisée par un développement prématuré des seins et des poils pubiens, notamment chez ceux utilisant fréquemment des PSP (Khalid et Abdollahi, 2021). Des résultats similaires ont été rapportés par Rivera-Núñez *et al.* (2022) concernant l'exposition prénatale de MP et PP chez des filles suivies entre 9 et 13 ans. Certaines données suggèrent qu'un niveau plus élevé de parabènes pourrait être associé à un développement pubertaire légèrement avancé. Cependant, les résultats ne sont pas cohérents entre toutes les études (Rivera-Núñez *et al.*, 2022).

#### *Autres*

Les parabènes influencent le cycle menstruel en le raccourcissant (Srnovršnik *et al.*, 2023) et augmentent les taux d'œstrogènes chez les femmes préménopausées, ce qui peut entraîner des cycles menstruels irréguliers (Wieczorek *et al.*, 2022). Par ailleurs, aucune relation n'a été établie avec le syndrome des ovaires polykystiques (SOPK), et le lien potentiel avec l'endométriose nécessite davantage d'études pour être clarifié (Wieczorek *et al.*, 2022).

### **Les phtalates**

Utilisés dans les PSP et aussi comme plastifiant dans les matériaux en plastique comme l'emballage, la présence de métabolites se retrouve dans l'urine (Green *et al.*, 2021) et ils sont connus pour avoir des activités estrogéniques, anti-estrogéniques et anti-androgéniques (Yesumanipreethi *et al.*, 2021).

#### *Puberté*

Plusieurs revues systématiques ont trouvé un lien entre l'exposition aux phtalates et une puberté précoce (Yesumanipreethi *et al.*, 2021) par un développement prématuré des seins (Mesquita *et al.*, 2021), des premières menstruations précoces (Rivera-Núñez *et al.*, 2022) et à un développement précoce des poils pubiens à la suite d'une exposition prénatale de phtalate de monoéthyle (mEtP) (Khalid et Abdollahi, 2021). L'exposition au bis(2-éthylehexyle) phtalate (DEHP) est aussi liée à une ménarche précoce, surtout chez les filles qui utilisent des PSP et des cosmétiques (Khalid et Abdollahi, 2021).

#### *Complications liées à la grossesse*

Les phtalates peuvent traverser la barrière placentaire et exposer le fœtus comme l'ont démontré des études ayant détecté des métabolite de phtalates en quantité significative dans le sang du cordon ombilical,

suggérant une accumulation dans le fœtus (Mesquita *et al.*, 2021 ; Yesumanipreethi *et al.*, 2021). Cette exposition prénatale est liée à des complications, dont une naissance prématurée, l'altération du poids à la naissance ainsi que d'autres paramètres de croissance néonatale (Mesquita *et al.*, 2021). L'exposition prénatale aux DEHP provoque une insuffisance placentaire et un retard de croissance intra-utérin, affectant ainsi le poids du fœtus (Hajjar *et al.*, 2024). En raison de leurs effets anti-androgéniques, une exposition prénatale aux MEHP et DEHP ont été associée à une fausse couche et perte d'embryon précoce respectivement (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015 ; Puche-Juarez *et al.*, 2023). Cependant, selon Haggerty *et al.* (2021), les effets du DEHP sur la durée de gestation et le risque d'accouchement prématuré possèdent des résultats contradictoires. De plus, Hajjar *et al.* (2024) met en évidence une relation dose-dépendante entre certains métabolites de phtalates, dont le MBP,  $\Sigma$ DEHP et MCP, et le risque de naissance prématurée particulièrement au cours du deuxième et troisième trimestre de grossesse. Ensuite, l'exposition prénatale et postnatale par l'allaitement ont été associées à des effets négatifs sur le système reproducteur particulièrement chez les nouveau-nés mâles (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015). La présence de phtalates dans les urines des femmes enceintes a été associée à des anomalies génitales chez les fœtus mâles, notamment une réduction de la distance anogénitale et une diminution de la taille du pénis, en raison de leurs effets anti-androgéniques (Khalid et Abdollahi, 2021 ; Zlatnik, 2016). Enfin, les effets des phtalates sur la croissance fœtale restent contradictoires en raison de limitations méthodologiques, et des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre ces impacts et les mécanismes des phtalates sur la croissance fœtale (Hajjar *et al.*, 2024 ; Mesquita *et al.*, 2021).

### *Syndrome des ovaires polykystiques (SOPK)*

Des études démontrent que des femmes atteintes du SOPK ont des concentrations plus élevées de DEHP dans leur liquide folliculaire en comparaison avec le groupe témoin, contribuant potentiellement à la perte de grossesse après une FIV. Plusieurs phtalates, dont le MEHP, MBzP et le  $\Sigma$ DEHP ont été associés à une plus grande fréquence de SOPK ainsi que d'autres problèmes métaboliques, dont l'obésité (Pan *et al.*, 2024).

### *Cycle menstruel*

Des concentrations élevées de DiNP et MCOP urinaires sont associées à une phase lutéale plus courte, mais des études animales montrent que l'exposition au DEHP et au MEHP, son métabolite, réduit les taux sériques d'estradiol et allonge la durée du cycle menstruel. Cependant, des effets des phtalates et de leurs métabolites sur le cycle menstruel humain restent à élucider (Panagopoulos *et al.*, 2023).

### *Infertilité*

Une concentration élevée de DEHP provoquerait un stress oxydatif, entraînant la mort des follicules et la DRO, ce qui contribuerait à l'infertilité en modifiant le cycle œstral et en endommageant la qualité des ovocytes (Pan *et al.*, 2024). Le DEHP réduirait aussi le nombre d'ovocytes totaux, matures et fécondés, ainsi que le nombre d'embryons de bonne qualité, diminuant ainsi les chances de grossesse réussie et de naissance vivante en FIV (James-Todd *et al.*, 2016 ; Mesquita *et al.*, 2021). Une exposition élevée au DEHP est également associée à un nombre plus faible d'ovocytes récupérés et un risque accru d'échec d'implantation (Panagopoulos *et al.*, 2023). Toutefois, l'effet des phtalates sur la fertilité féminine demeure incertain en raison des contradictions entre les études, des recherches supplémentaires sont nécessaires sur le sujet (Panagopoulos *et al.*, 2023).

### *Insuffisance ovarienne primaire/ménopause prématurée*

Des études montrent qu'un niveau élevé de métabolites de phtalates dans les urines est associé à une ménopause plus précoce. Les phtalates pourraient contribuer au développement de l'insuffisance ovarienne prématurée (IOP) en perturbant l'axe hypothalamo-hypophysio-ovarien ou en agissant directement sur les cellules ovariennes (Mesquita *et al.*, 2021). Une exposition prénatale à des mélanges de phtalates, notamment le phtalate de dibutyle (DBP), peut altérer les niveaux de plusieurs hormones (testostérone, FSH et LH) et réduire le nombre de follicules primaires, avec des effets qui se répercutent sur plusieurs générations (Pan *et al.*, 2024). Ces phtalates accéléreraient le vieillissement ovarien en diminuant l'AMH et en augmentant la FSH, ce qui augmente le risque de ménopause précoce et aggrave les symptômes de l'IOP (Pan *et al.*, 2024).

### *Endométriose*

Le lien entre l'exposition aux phtalates et le risque d'endométriose reste encore incertain (Panagopoulos *et al.*, 2023). Selon Wiczorek *et al.* (2022), l'association entre l'exposition aux phtalates et l'endométriose a été investiguée par 12 études où 5 n'a pas trouvé de lien et 7 ont trouvé une association avec au moins un métabolite de phtalate et l'endométriose, dont le MEHP, DEHP, MnBP, etc. Plusieurs études ont montré que les femmes ayant l'endométriose ont des concentrations plus élevées des phtalates, dont le DEHP que le groupe témoin. Toutefois, la compréhension des effets des phtalates sur l'endométriose reste limitée, ce qui souligne que des études supplémentaires sont nécessaires (Mesquita *et al.*, 2021).

## **Les antibactériens : triclosan et triclocarban**

Le triclosan (TCS ; 2,4,4'-trichloro-2-hydroxy-diphényl éther) et le triclocarban (TCC; 3,4,4'-trichlorocarbanilide) sont retrouvés notamment dans la pâte à dent, le rince-bouche, le déodorant et les lotions. La voie d'exposition principale du triclosan est l'ingestion et l'absorption dermique et des muqueuses (Hipwell *et al.*, 2019). Plusieurs études ont montré que le triclosan pouvait se retrouver dans l'urine, le sang, le lait maternel, le liquide amniotique ainsi que d'autres matrices biologiques de différents individus à travers le monde (Daza-Rodríguez *et al.*, 2023). Il a été montré que le triclosan perturbe la synthèse de la LH, FSH et de la testostérone. De plus, dans les cellules humaines *in vitro*, le triclosan possède des effets agonistes et antagonistes en se liant aux récepteurs androgènes et estrogènes (Green *et al.*, 2021) qui seraient la cause du syndrome de type SOPK (Hipwell *et al.*, 2019 ; Smovršnik *et al.*, 2023).

### *Syndrome des ovaires polykystiques*

Selon la revue systématique de Panagopoulos *et al.* (2023), la relation entre l'exposition au TCS et le SOPK n'est toujours pas claire. Alors que Khalid et Abdollahi (2021) ont trouvé une association. Cependant, des études restent à être clarifiées.

### *Infertilité*

Une étude sur plusieurs PE, incluant le bisphénol, le triclosan et les phtalates, chez 2001 femmes durant leur premier trimestre de grossesse, a conclu que le triclosan pourrait être lié à une baisse de fertilité dans les dernières années de vie reproductive. En revanche, aucune association significative avec la fertilité n'a été observée pour le bisphénol et les phtalates (Yesumanipreethi *et al.*, 2021). Cependant, l'impact du TCS sur le risque d'infertilité reste incertain (Maksymowicz *et al.*, 2022 ; Zlatnik, 2016). La revue systématique de Daza-Rodríguez *et al.* (2023) conclut que le lien entre l'exposition au TCS et les problèmes d'infertilité n'est pas encore clairement établi. Bien que plusieurs études montrent que le TCC et le TCS réduisent le nombre de follicules antraux (Daza-Rodríguez *et al.*, 2023 ; Green *et al.*, 2021 ; Maksymowicz *et al.*, 2022), cette baisse, bien qu'elle soit un indicateur de la fertilité féminine, n'apporte pas une preuve suffisante pour conclure définitivement à un effet du TCS sur l'infertilité. Le TCS pourrait cependant affecter la fertilité de manière indirecte en allongeant le cycle menstruel, en réduisant le taux de fécondité, en diminuant les réserves ovariennes et en altérant la formation et l'implantation des embryons (Daza-Rodríguez *et al.*, 2023 ; Maksymowicz *et al.*, 2022 ; Zlatnik, 2016). Par ailleurs, une étude a montré une association entre le TCS et une diminution du nombre d'ovocytes obtenus lors de la FIV (Maksymowicz *et al.*, 2022). Une étude de cohorte sur 109 femmes qui recherchaient un traitement de fertilité ont constaté que les concentrations

urinaires de TCS étaient inversement associées à la quantité de follicules, diminuant ainsi la réserve ovarienne (Pan *et al.*, 2024)

### *Complications liées à la grossesse*

L'exposition prénatale du TCS et TCC a été associée à un risque d'issues défavorables à la naissance à cause de l'altération des niveaux hormonaux. La concentration de TCS et TCC urinaire chez les femmes enceintes a été associée à une diminution du poids à la naissance (Daza-Rodríguez *et al.*, 2023 ; Khalid et Abdollahi, 2021) et un risque fausse couche (Maksymowicz *et al.*, 2022). Cependant, Green *et al.* (2022), le TCS serait associé à une augmentation du poids à la naissance. L'exposition prénatale et postnatale aux antimicrobiens nuit à la croissance et au développement des enfants et mène à une malformation fœtale, des anomalies postnatales et une diminution de la durée gestationnelle (Khalid et Abdollahi, 2021). Plusieurs études sur des animaux de laboratoire ont montré que le TCS aurait un impact sur la longueur et le poids des fœtus sur les générations suivantes (Maksymowicz *et al.*, 2022). Tout comme les parabènes et les phtalates, le TCS a un impact sur le poids placentaire et le poids à la naissance (Khalid et Abdollahi, 2021).

### *Puberté*

Le TCC a un impact sur le développement pubertaire (Daza-Rodríguez *et al.*, 2023). La concentration urinaire prénatale de TCS a été associée à une ménarche précoce chez les filles (Maksymowicz *et al.*, 2022).

### **Les filtres UV**

L'exposition aux benzophénones (BP) se fait principalement par l'absorption dermique grâce aux crèmes solaires, rouges à lèvres, lotions, etc. Le BP-3, aussi connu sous le nom « oxybenzone » est très commun et est détecté dans l'urine. Plusieurs études *in vivo* et *in vitro* ont démontré des activités endocrines des filtres UV organiques et inorganiques. Plusieurs BP ont des propriétés estrogéniques et anti-androgéniques dans les études *in vitro*. Certains filtres UV sont présents dans le lait maternel, comme l'oxybenzone et l'octyl méthoxycinnamate (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015).

### *Grossesse et période prénatale/postnatale*

Plusieurs filtres UV organiques ont été associés avec des problèmes liés à la naissance. Par exemple, les BP comme le BP-1 et BP-3 sont connus pour avoir une affinité avec les ER et les récepteurs androgènes (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015). Ils auraient une corrélation avec un retard de croissance qui affecte

particulièrement les fœtus de sexe féminin (Wieczorek *et al.*, 2022). Par ailleurs, l'exposition prénatale à l'oxybenzone a été associée à une augmentation du poids à la naissance chez les garçons et à une diminution du poids à la naissance chez les filles (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015). D'autres filtres UV comme le 4-hydroxy-benzophenone a été associé avec une diminution du poids et de la longueur à la naissance (Green *et al.*, 2021). Dans les études *in vivo*, des expérimentations sur les rats démontrent que l'oxybenzone réduit également le poids à la naissance en plus d'augmenter la mortalité des femelles allaitantes (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015). D'autres études sur des poissons démontrent aussi que l'exposition aux nanoparticules de TiO<sub>2</sub> perturbent la progression de la période de gestation (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015).

### *Puberté*

Dans les études *in vivo* sur des animaux comme le rat, des insectes, poissons, mollusques aquatiques ont montré que plusieurs filtres UV comme le 4-méthylbenzylidène, le PABA (acide 4-aminobenzoïque) et l'octinoxate ont des impacts sur la fertilité, provoquent des retards de la maturation sexuelle de la progéniture, retardent la puberté, dont un retard de développement mammaire chez les filles et affectent les cycles œstraux (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015). Cependant, l'oxybenzone altère la maturation sexuelle en provoquant une ménarche précoce (Green *et al.*, 2021).

### *Autres*

La concentration urinaire de l'octocrylène aurait une association positive avec le SPOK et les BP auraient une incidence sur le risque d'endométriose (Khalid et Abdollahi, 2021). Cependant, seulement deux études ont porté sur l'exposition aux BP et l'endométriose, ce qui est difficile à émettre une conclusion sur la relation (Wieczorek *et al.*, 2022).

## **Le bipshénol A**

Le BPA (2,2bis(4-hydroxyphenol) propane) est le produit chimique le plus produit à travers le monde et le plus étudié. Ces effets sur le système reproductif féminin sont très bien étudiés. On le détecte dans plusieurs liquides corporels, dont l'urine, le sérum, la salive, les fluides folliculaires, le lait maternel, le placenta, le cordon ombilical et le liquide amniotique (Srnovršnik *et al.*, 2023). Le BPA est un estrogène artificiel pouvant se lier aux ER, aux récepteurs de la progestérone (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015) et possède une faible activité antiandrogénique. Son activité estrogénique serait 1000 à 100 000 fois plus faible que celui de l'estrogène (Srnovršnik *et al.*, 2023).

### *Complications liées à la grossesse*

Plusieurs revues systématiques montrent que l'exposition au BPA est associée à des effets négatifs sur la grossesse, notamment une diminution du poids du placenta (Puche-Juarez *et al.*, 2023). Cela peut entraîner plusieurs problèmes avec le développement et la croissance fœtale (Jagne *et al.*, 2016 ; Khalid et Abdollahi, 2021) et augmenter le risque de faible poids à la naissance selon l'âge gestationnel (SGA) (Khalid et Abdollahi, 2021). Par conséquent, les femmes enceintes sont plus à risque de naissances prématurées (Khalid et Abdollahi, 2021 ; Puche-Juarez *et al.*, 2023) et de fausses couches (Jagne *et al.*, 2016 ; Puche-Juarez *et al.*, 2023). Des expérimentations *in vivo* chez les souris démontrent que le BPA diminue les chances d'implantation de l'embryon en diminuant la réceptivité utérine et le développement embryonnaire, augmentant ainsi les risques de fausse couche (Jagne *et al.*, 2016). Il limite également l'apport sanguin au placenta et au fœtus (Puche-Juarez *et al.*, 2023).

### *Syndrome des ovaires polykystiques*

Le BPA a été associé au SOPK chez les femmes (Panagopoulos *et al.*, 2023). Plusieurs études montrent que les patientes atteintes du SOPK ont des concentrations de BPA plus élevées que le groupe contrôle. Les effets du BPA se manifesteraient par une perturbation de la production d'hormones ovariennes, une augmentation des hormones masculines (hyperandrogénie), un développement anormal des ovocytes, des troubles de la croissance des follicules et une aggravation des paramètres métaboliques (Pan *et al.*, 2024).

### *Insuffisance ovarienne prématurée/ménopause précoce et infertilité*

L'exposition au BPA est associée à plusieurs effets délétères en lien avec la fertilité et peut contribuer éventuellement à une IOP. Des concentrations élevées de BPA sérique ont été retrouvées chez les femmes souffrant d'IOP. Plusieurs mécanismes contribuent à la DRO, notamment l'altération des cycles œstraux, une diminution du nombre total de follicules ainsi qu'une diminution de la croissance folliculaire (Pan *et al.*, 2024). Cette diminution des réserves ovariennes, combinée à une baisse de la survie des ovocytes, pourrait entraîner des problèmes d'infertilité (Panagopoulos *et al.*, 2023). Une exposition prénatale au BPA perturbe la méiose affectant ainsi l'ovogenèse et possède des effets nocifs sur le fonctionnement de l'oviducte (Panagopoulos *et al.*, 2023). D'autres études ont trouvé du BPA dans le liquide folliculaire de femmes infertiles, où il semble perturber la maturation des ovocytes en bloquant leur division, réduisant leur viabilité ainsi que d'entraîner leur dégradation (Jagne *et al.*, 2016). Il pourrait aussi provoquer une anovulation et une diminution d'AMH contribuant également à des troubles de fertilité (Srnovršnik *et al.*, 2023). Le BPA

est aussi associé à des résultats négatifs de la FIV en diminuant le taux d'ovocytes fécondés avec succès, la maturité, le rendement et le nombre d'ovocytes ainsi que la diminution du nombre de cellules embryonnaires (Panagopoulos *et al.*, 2023). Le BPA exerce une influence marquée durant la période périnatale en perturbant la signalisation de la GnRH, une hormone essentielle dans la régulation de la fonction reproductive, et l'exposition prénatale et néonatale au BPA a montré des effets intergénérationnels (Panagopoulos *et al.*, 2023). En particulier, l'exposition prénatale au BPA peut perturber l'activation des follicules primaires chez le fœtus en développement, compromettant ainsi la réserve ovarienne future (Pan *et al.*, 2024).

### *Endométriose*

La corrélation entre l'endométriose et l'exposition au BPA reste à clarifier puisque les recherches sont limitées sur ce sujet. La majorité des études analysées par Wiezsorek *et al.* (2022) ont montré une association entre l'exposition au BPA et l'endométriose et trois études seulement n'observant aucune association. Cependant, les BPA pourraient perturber les fonctions des tissus de l'endomètre sensibles aux hormones pendant les menstruations, favorisant ainsi la croissance de tissus similaire à l'endométriose non-ovarienne (Jagne *et al.*, 2016).

### **Les PFAS**

Les PFAS sont un groupe de substances chimiques ayant plus de 4 700 congénères. Leurs propriétés hydrophobes et lipophiles leur permettent d'être utilisés dans plusieurs produits de consommation, notamment le téflon, les poêles antiadhésives, les textiles, les pesticides, les tapis, les PSP et les mousses anti-incendie. Appelés les contaminants éternels, ils sont résistants à la chaleur et à la dégradation dans l'environnement et ils sont retrouvés dans l'eau potable et s'accumulent dans le corps dont le sang, le cordon ombilical et le lait maternel (Green *et al.*, 2021) et certains PFAS interagissent avec les récepteurs d'estrogènes et d'androgènes dans les études *in vitro* (Panagopoulos *et al.*, 2023).

### *Complications liées à la grossesse*

Plusieurs études suggèrent un lien entre l'exposition aux PFAS et des problèmes liés à la naissance, telles qu'un faible poids et taille à la naissance et une circonférence de la tête réduite. Selon plusieurs études, des niveaux de PFOS élevés dans le cordon ombilical seraient associés à un risque de naissance prématurée (Green *et al.*, 2021) et à une corrélation négative au poids à la naissance des nourrissons de sexe féminin (Nicolopoulou-Stamati *et al.*, 2015). Le PFOA a aussi été associé à une diminution du poids à la naissance

(Green *et al.*, 2021), mais ne présente aucun lien cohérent avec le risque de fausse couche et la mortalité à la naissance (Hajjar *et al.*, 2024). Par ailleurs, plusieurs congénères de PFAS, dont PFDA, PFNA et PFHxS auraient une association élevée avec un risque de fausse couche (Hajjar *et al.*, 2024). Cependant, les données sur les risques de fausse couche et de naissance prématurée sont contradictoires pour d'autres congénères de PFAS et manquent de preuves suffisantes pour établir une conclusion (Green *et al.*, 2021)..

### *Infertilité*

Les PFAS contribue à la diminution des réserves ovariennes (DRO) en perturbant les premiers stades de la folliculogénèse, soit en altérant la stéroïdogénèse, soit en inhibant des signaux chimiques dans l'hypothalamus. Chez les patientes ayant une DRO, l'exposition au PFOA menace le développement embryonnaire en modifiant la composition métabolique du liquide folliculaire (Pan *et al.*, 2024). Seulement Nicolopoulou-Stamati *et al.* (2015) aurait trouvé un lien possible entre l'infertilité et les PFC. Le prolongement du temps de conception, la diminution de la fécondité et l'infertilité seraient associés à des concentrations élevées de certains PFAS dans le plasma maternel, mais plusieurs congénères de PFAS étudiés n'ont montré aucune association avec la fertilité (Green *et al.*, 2021).

### *Autres*

En interagissant avec les ER et les récepteurs androgènes, les PFCs provoqueraient des cycles menstruels irréguliers (Panagopoulos *et al.*, 2023). Des recherches épidémiologiques ont démontré que des niveaux élevés de PFOA dans le sérum des femmes atteintes du SOPK étaient associés à des cycles menstruels irréguliers (Pan *et al.*, 2024). Cependant, plusieurs études montreraient des résultats contradictoires avec l'exposition au PFAS et le cycle menstruel selon Green *et al.* (2021). Des preuves sont insuffisantes concernant l'exposition aux PFC et les résultats de la FIV, mais les PFAS seraient associés à l'endométriose et à un temps de conception plus long chez les femmes (Panagopoulos *et al.*, 2023). En bref, il y a peu d'études humaines et animales existantes et celles-ci donnent des résultats contradictoires ou insuffisants en lien avec les effets des PFAS sur la santé reproductive. Plusieurs données disponibles sur la durée du cycle menstruel, les avortements spontanés et les naissances prématurées sont limitées et souvent contradictoires. Ainsi, les données ne permettent pas d'en tirer des conclusions (Green *et al.*, 2021).

## **La synthèse des résultats des revues systématiques**

Le tableau 2 présente un résumé comparatif des effets des six familles de PE sur la santé reproductive des femmes, tels qu'analysés dans les articles sélectionnés. Les effets recherchés ont été séparés en plusieurs

catégories incluant perturbation de la fertilité (infertilité, diminution des réserves ovariennes (DRO), faible taux de fécondation *in vitro* (FIV), temps de conception et insuffisance ovarienne prématurée (IOP)), les complications liées à la grossesse (risque de fausse couche, naissance prématurée, altération du poids du fœtus et durée de la grossesse), les effets sur les nouveau-nés (poids à la naissance, malformations fœtales et longueur du corps/circonférence tête), les maladies (syndrome des ovaires polykystique (SOPK) et l'endométriose) ainsi l'altération du cycle menstruel et de l'âge de la puberté. Chaque effet est cité selon les articles du PICO(S) (voir *Annexe B*). Les résultats les mieux soutenus par la littérature scientifique avec au moins deux sources sans contradiction sont présentés en **gras** dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2. Résumé des effets des PE sur la santé reproductive des femmes.**

Effets sur la santé reproductive		Familles des PE					
		Phtalates	Parabènes	BPA	Antibactériens (TCC/TCS)	Filtres UV	PFAS
Altération du cycle menstruel		≈ [15]	↓ [19], <b>irr.</b> [20]	X [14]	↑ [1,11,22]		<b>Irr.</b> [14,15], ≈ [2]
Âge de la puberté		<b>P</b> [10,12,21]	<b>P</b> [10,18]		<b>X</b> [1], <b>P</b> [11]	<b>R</b> [13], <b>P</b> [2]	
Perturbation de la fertilité	Infertilité	X [14] ≈ [15,21]	X [15]	<b>X</b> [7,14,15,19] ≈ [21]	X [21] ≈ [1,2, 11,22]		X [13] ≈ [2]*
	IOP	<b>X</b> [12,14]		X [14]			
	DRO	X [14]	X [15]	X [14]	<b>X</b> [1, 2, 11, 14]		X [14]
	Faible taux de réussite FIV	<b>X</b> [9, 12, 14, 15]	— [19]	X [15]	X [11]		≈ [15]*
	Temps de conception						≈ [2]* ↑ [15]
Complications liées à la grossesse	Fausse couche	<b>X</b> [13,16]		X [7]	X [11]		X [4], ≈ [2]*
	Naissance prématurée	X [4,12] ≈ [3]*	↓ [10]	<b>X</b> [10,16]			X [2]*
	Durée de la grossesse	≈ [3]	↓ [15]		↓ [10]	X [13]	
	Effet sur la croissance/poids fœtale	≈ [4,12]		<b>X</b> [7,10]	<b>X</b> [10,11]	♀ ↓ [20]	
Complications liées à la naissance	Longueur du corps/circonférence tête		↓ [10]			↓ [2]	↓ [2]
	Poids naissance	↓ [4,12]	↑ [8], ↓ [10] — [5,8]	↓ [10]	↓ [1,10] ↑ [2]	♂ ↑, ♀ ↓ [2,13]	♀ [13] ↓ [2]

	Malformation fœtale	♂ <b>X</b> [10,22]			<b>X</b> [10]	<b>X</b>	
	Autres	♂ <b>X</b> [13]					
Maladies	SOPK	<b>X</b> [14]	— [20]	<b>X</b> [14,15]	≈ [15] <b>X</b> [10]	<b>X</b> [10]	
	Endométriose	≈ [12,15,20]	≈ [20]	≈ [7,20]		<b>X</b> [10], ≈ [20]	<b>X</b> [15]

**Légende :** **Irr.** : irrégulier, **X** : effet démontré, — : aucun effet démontré, ≈ : manque de preuves/incertain, **R** : retardé, **P** : précoce, ↓ : diminution, ↑ : augmentation, ♂, ♀ : selon le sexe et \* : certains congénères seulement

**Acronymes :** diminution des réserves ovariennes (DRO), fécondation *in vitro* (FIV), insuffisance ovarienne prématurée (IOP), substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS), syndrome des ovaires polykystiques (SOPK), triclocarban (TCC) et triclosan (TCS).

## PARTIE 2

### FACTEURS INFLUENÇANT L'UTILISATION DES PRODUITS DE SOINS CORPORELS ET L'EXPOSITION AUX PERTURBATEURS ENDOCRINIENS

Le processus de sélection des articles selon les critères PICO(S) est illustré à la figure 6. Parmi les 452 articles identifiés sur Google Scholar, seuls 83 étaient publiés entre 2014 et 2024. Après le dépistage des titres et des résumés, 11 articles ont été retenus (voir *Annexe D*). Cela résulte à une exclusion de 72 articles qui n'avaient pas de lien avec les PSP et les PE, où que les facteurs mesurés n'étaient pas pertinents pour l'essai. Cependant, un article a dû être exclu, car il s'agissait d'une revue systématique étant plus pertinente pour la première partie de l'analyse.

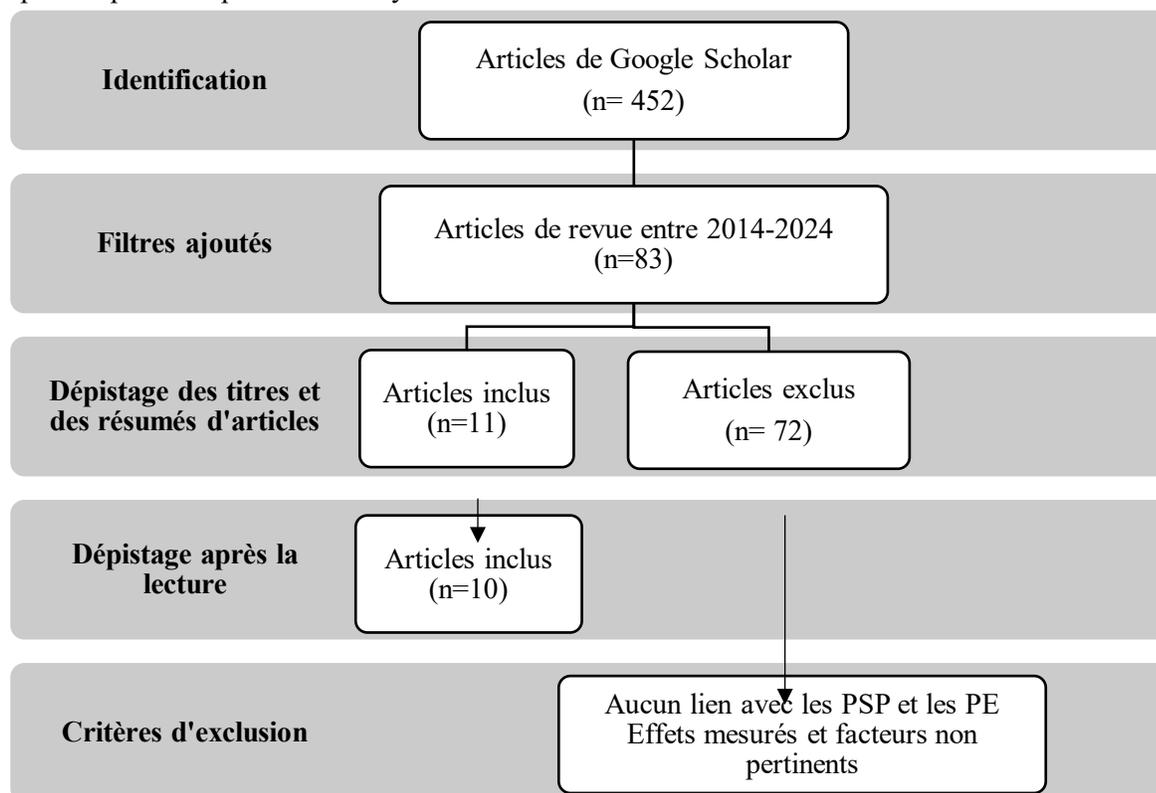


Figure 6. Diagramme d'inclusion d'articles sélectionnés dans la deuxième partie de recherche.

## **L'âge**

L'utilisation des PSP diffère selon l'âge entre l'enfance, l'adolescence et entre les jeunes adultes et les adultes plus âgés. Le parfum, le vernis à ongles, le dissolvant et les baumes pour les lèvres sont les produits de beauté les plus couramment utilisés au cours de la période de 10 à 13 ans (Goldberg *et al.*, 2024). Les jeunes enfants utilisent généralement du gel de bain et des lotions pour le corps alors que les enfants plus âgés utilisent une plus grande variété de PSP comme de l'après shampoing, du baume à lèvres et du vernis à ongles. (Khalid et Abdollahi, 2021). D'ailleurs, l'utilisation des PSP et cosmétiques est plus accrue chez les jeunes femmes en comparaison avec les femmes plus âgées. Selon une étude du Environmental Working Group (EWG, 2008), les adolescentes utilisent en moyenne jusqu'à 17 PSP en comparaison avec la femme adulte moyenne qui en utilise une douzaine quotidiennement. Cela peut s'expliquer par les problèmes d'acné causé par la puberté et la pression sociétale de se conformer au standard socioculturel (Khan, 2022). Les PSP varient entre l'adolescence et l'âge adulte. Les jeunes filles utiliseraient principalement de la mousse capillaire, du shampoing et de l'après-shampoing tandis que les femmes plus âgées ont tendance à utiliser des teintures capillaires, du vernis à ongles, du mascara, du fond de teint, de la laque pour cheveux, etc. (Khalid et Abdollahi, 2021).

## **L'ethnicité**

Les études retenues montrent clairement en évidence l'influence de l'ethnicité chez les femmes sur la prévalence et la fréquence de l'utilisation des PSP (Bloom *et al.*, 2019 ; Chan *et al.*, 2021 ; Collins *et al.*, 2023 ; James-Todd *et al.*, 2016, 2017). Plusieurs études ont mis en évidence une disparité entre les groupes ethniques, révélant que les femmes noires et hispaniques présentent des concentrations plus élevées de BPA (James-Todd *et al.*, 2016), de métabolites de phtalates (Bloom *et al.*, 2019 ; James-Todd *et al.*, 2016, 2017), comme les MEP et MiBP, et de parabènes (Chan *et al.*, 2021) comparativement aux femmes blanches, et ce, indépendamment de leur état de grossesse (James-Todd *et al.*, 2016). Les femmes noires ont tendance à utiliser davantage de produits capillaires (extensions, défrisants et huiles) parfumés, contenant des parabènes et des phtalates, dont le DEHP, mais aussi d'autres substances toxiques et des ingrédients non divulgués, que les autres groupes ethniques (Chan *et al.*, 2021 ; Collins *et al.*, 2023 ; Johnson *et al.*, 2022 ; Wang *et al.*, 2021). De plus, une autre étude chez les femmes noires a démontré que d'autres facteurs influencent l'exposition aux PE, dont le changement de saison, l'indice de masse corporelle (IMC) et les habitudes comportementales (Bethea *et al.*, 2020). Ensuite, les femmes blanches ont tendance à utiliser plus de crème solaire que les femmes racisées, ce qui les expose davantage à plus de BP-3 (Chan *et al.*, 2021) et se démarquent par l'utilisation de spray et de teinture capillaires (Collins *et al.*, 2023). Elles utilisent également davantage de shampoing et revitalisant que les femmes noires (Preston *et al.*, 2021). Les femmes asiatiques

utilisent généralement des produits pour le visage (Collins *et al.*, 2023) et des produits de soins cosmétiques ayant le moins de parabènes en comparaison avec les autres groupes (Johnson *et al.*, 2022). Elles contribuent à plus de 70 % des dépenses en produits de soins de la peau (Wang *et al.*, 2021), mais n'utilisent pas le plus de PSP parmi les autres groupes ethniques (Preston *et al.*, 2021). Les femmes hispaniques sont notamment les principales consommatrices de cosmétique, dont l'utilisation de baume à lèvres et de démaquillant (Collins *et al.*, 2023). Elles se démarquent par l'utilisation de lotions corporelles (Johnson *et al.*, 2022) et de gels pour les cheveux (Preston *et al.*, 2021). Plus précisément, les groupes de femmes noires, hispaniques et mixtes ont plus tendance à utiliser des produits d'hygiène féminine comme des nettoyants, lingettes ou sprays. De plus, parmi ces groupes ethniques, les femmes hispaniques ont tendance à utiliser le plus de PSP (Preston *et al.*, 2021). Entre autre, les femmes hispaniques et noires se démarquent par l'utilisation de crèmes blanchissantes pour la peau ayant des PE suspects (Johnson *et al.*, 2022).

Plusieurs facteurs varient l'utilisation de PSP selon les groupes ethniques, notamment les comportements et pratiques spécifiques à chaque groupe, ainsi que des facteurs socioéconomiques et culturels (James-Todd *et al.*, 2016). De plus, des critères de beauté eurocentriques, tels que les cheveux plats et le teint pâle, entraînent une discrimination raciale et orientent une commercialisation de certains PSP, ciblant en particulier les femmes noires (Collins *et al.*, 2023). En effet, par des politiques discriminatoires fondées sur la texture des cheveux et les odeurs corporelles, ces femmes ont tendance à utiliser une plus grande quantité de crèmes blanchissantes, des produits d'hygiène pour les parties intimes, de déodorant, de parfum et de produits capillaires que les autres groupes ethniques (Schildroth *et al.*, 2024). De plus, par leur texture de cheveux, les femmes noires font des traitements permanents avec des produits chimiques de lissage et de défrisage, consommant ainsi moins fréquemment du shampoing et de l'après-shampoing que les autres ethnicités (Khalid et Abdollahi, 2021). Ensuite, Wang *et al.* (2021) ont étudié l'influence de l'acculturation chez les femmes asiatiques aux États-Unis. Ce processus social, qui consiste à adopter les normes d'une culture dominante, peut entraîner de nouveaux comportements, notamment en matière de consommation. Les facteurs d'acculturation, comme l'usage de la langue anglaise, la durée de résidence aux États-Unis et l'âge d'immigration, influencent directement l'utilisation des PSP chez ces femmes. Par ailleurs, chez les immigrés asiatiques, l'évolution des critères de beauté, l'influence des réseaux sociaux, ainsi que les changements de statut socioéconomique et de pouvoir d'achat joueraient un rôle dans l'accès et l'utilisation des PSP (Wang *et al.*, 2021).

Par la suite, Bloom *et al.* (2019) ont démontré que l'exposition aux PE présente différents risques liés à la grossesse chez les femmes blanches et les femmes noires. Plus précisément, les phtalates sont associés à un risque de naissance prématurée. Ce risque est observé chez les nourrissons des femmes noires exposées

au MiBP et au MEP, deux phtalates de faibles poids moléculaires couramment présents dans les parfums, ainsi que chez les nourrissons des femmes blanches exposées au MEHP. De plus, l'exposition aux phtalates augmente le risque de faible poids à la naissance selon l'âge gestationnel chez les nourrissons des femmes noires par rapport à ceux des femmes blanches (James-Todd *et al.*, 2017). Selon Bloom *et al.* (2019), l'impact serait plus marqué sur la croissance fœtale au deuxième trimestre de grossesse.

### **Le milieu professionnel**

Les professionnels du secteur esthétique et beauté, majoritairement féminins, sont rarement reconnus comme exposés à des risques professionnels pour la santé. Les coiffeurs qui utilisent des traitements chimiques (permanentes, lissages, décolorations, colorations permanentes, traitements brésiliens/kératine) sont jusqu'à 10 fois plus exposés au MEP que les non-coiffeurs. Ces travailleurs présentent des niveaux significativement plus élevés de substances toxiques dans leur urine par rapport au groupe témoin. En Europe, plus de 80 % des travailleurs de la coiffure sont des femmes, dont 56 % ont moins de 19 ans. Aux États-Unis, 92,3 % des employés de l'industrie de la beauté sont des femmes, dont un tiers sont noires ou hispaniques et en âge de procréer. Ces données positionnent les travailleuses de ce secteur comme une population à haut risque d'exposition à des substances potentiellement nocives (Makuvara *et al.*, 2024). Cependant, quatre études qui évaluent les impacts des produits utilisés dans le milieu professionnel des cosmétiques (coiffure et manucure) ont été identifiées dans la revue de littérature de Quiros-Alcala *et al.* (2019). Les études ont démontré que les femmes travaillant dans ces domaines sont plus à risque des complications liées à la grossesse, comme un risque de fausse couche et un poids à la naissance faible. Cependant, il n'y a pas assez de preuves suffisantes pour conclure que ces milieux de travail ont un impact sur la santé reproductive des femmes.

### **Le statut socioéconomique**

Plusieurs composantes du statut socioéconomique ont été étudiées comme le revenu, le niveau d'éducation, le statut matrimonial, le statut d'assurance et d'emploi (Bethea *et al.*, 2020 ; Preston *et al.*, 2021 ; Schildroth *et al.*, 2024). Dans l'étude de Preston *et al.* (2021), menées aux États-Unis, l'utilisation des PSP varie parmi les différents groupes ethniques des femmes selon leur niveau d'éducation et leur statut d'assurance santé. Les femmes sans diplôme universitaire utilisent plus de parfum, de savon en bar, de lotion et utilisent moins de savon liquide que celles avec un diplôme. Des résultats similaires ont été observés chez les femmes avec un statut d'assurance où celles n'ayant pas d'assurance santé privée ont une utilisation plus élevée de vernis à ongle et moins élevée de produits cosmétiques. Parmi celles-ci, les femmes noires et hispaniques, possèdent une couverture d'assurance privée et un niveau scolaire plus faible que les femmes blanches. De

façon générale, les femmes ayant un SES plus faible utilisent plus souvent de PSP et l'utilisation est plus élevée chez les femmes hispaniques et plus faible chez les femmes asiatiques. Schildroth *et al.* (2024) ont aussi trouvé une corrélation dans l'utilisation des PSP chez les femmes noires selon plusieurs variables du statut socioéconomique (SES). Le groupe 3 de l'étude, ayant un SES plus faible, a une utilisation plus élevée de parfum, vernis à ongle et de déodorant vaginal et utilise le moins de maquillage et de crème solaire. Les groupes à SES inférieur utilisent davantage des produits tels que les poudres vaginales et les déodorants, les exposant aux phénols, aux triclocarban (TCC) et aux parabènes. Tandis que les individus du groupe 2, avec un SES élevé, utilisent plus fortement les crèmes solaires et les cosmétiques, les exposant à des concentrations plus élevées de parabènes et BP-3. Il semblerait que les communautés à faible revenu consomment davantage de produits contenant des concentrations plus élevées de PE (Schildroth *et al.*, 2024).

### La synthèse des résultats des articles concernant les facteurs influençant l'exposition aux PE par l'utilisation des PSP

Le tableau 3 résume les articles sélectionnés sous différentes colonnes selon les critères PICO(S) : **(P)** les facteurs d'influence analysés, dont l'ethnicité, le groupe d'âge, le statut socioéconomique (SES) et autres, **(I)** l'exposition aux PE ou à d'autres produits chimiques préoccupants (PCP), **(C)** la période d'exposition incluant l'âge de conception et la grossesse, **(O)** les résultats de l'étude et **(S)** le type d'étude. La liste des sources des articles est présentée dans l'annexe D.

**Tableau 3. Résumé des études sur les facteurs influençant l'exposition aux PE via l'utilisation des PSP.**

Articles	Type d'étude	Facteurs	Exposition	Période d'exposition	Objectifs	Résultats (effets recherchés)
(Bethea <i>et al.</i> , 2020)	Analyse transversale	<p><b>Ethnicité :</b> Femmes noires (FN)</p> <p><b>Groupe d'âge :</b> 23-34 ans</p> <p><b>SES :</b> statut marital, éducation et revenu annuel</p> <p><b>Autres :</b> statut de fumeur, consommation d'alcool durant la dernière année et l'IMC, utilisation de la crème solaire</p>	<p><b>Phénols (7) :</b> Bisphénol A (BPA), F (BPF) et S (BPS), 2,4-dichlorophenol, 2,5-dichlorophenol, benzophénone-3 (BP-3), triclosan (TCS), triclocarban (TCC)</p> <p><b>Parabènes (4) :</b> butylparabène (BuP), étylparabène (EP), méthyleparabène (MP) et propylparabène (PP)</p>	Femme en âge de se reproduire	Évaluer la distribution des concentrations urinaires de TCC, phénols et parabènes sélectionnés et examiner différents facteurs de style de vie influençant l'exposition à ces PE chez les femmes noires en âge de procréer	<p>Concentration médiane élevée pour MP, PP et BP-3</p> <p>Principaux facteurs influençant les concentrations de PE : saison, éducation et IMC</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Saison :</b> ↓ BPF, BPS et TCC et ↑ MP en hiver/ ↑ BP-3, BPS, BPF et BuP été / ↓ MP automne</li> <li>• Relation positive étroite entre <b>l'éducation</b> et BP-3, TCS, MP, BuP et PP pour les femmes ayant au moins un baccalauréat</li> <li>• <b>Revenu</b> est inversement proportionnel avec PP, BPS et TCC. Positivement associé avec TCS et BuP</li> <li>• <b>Statut marital :</b> 1,5-dichlorophénol faible chez les femmes mariées et TCC élevé chez femmes non mariées</li> <li>• <b>L'IMC</b> est positivement associé aux BPA, BPS et TCC, et relation inversement faible avec BuP et MP</li> </ul>

Articles	Type d'étude	Facteurs	Exposition	Période d'exposition	Objectifs	Résultats (effets recherchés)
						<ul style="list-style-type: none"> <li>Association élevée entre l'utilisation de la <b>crème solaire</b> avec BP-3 et BPF</li> </ul>
(Bloom <i>et al.</i> , 2019)	Étude épidémiologique	<p><b>Ethnicité :</b> Afro-américaine (AA)/Femmes noires (FN) Femmes blanches (FB)</p> <p><b>Groupe d'âge</b> moyen de 28 ans</p> <p><b>SES :</b> Revenu et éducation</p> <p><b>Autres :</b> Statut de fumeur et IMC</p>	<p><b>Phtalates (8) urinaire :</b> Phtalate de mono-n-butyle (MBP), phtalate de monoisobutyle (MiBP), phtalate de mono(2-éthylhexyle) (MEHP), phtalate de monoéthyle (MEP), etc.</p>	Grossesse entre 18 et 22 semaines de gestation	Caractériser l'association entre les métabolites urinaires maternels des phtalates et les résultats de la grossesse chez les mères afro-américaines et blanches chez les nouveau-nés mâles et femelles	<p>Niveaux de phtalates urinaires : AA&gt;FB rendant les nouveau-nés vulnérables à leurs effets</p> <p><b>Facteurs :</b> AA plus jeune, IMC plus élevé, éducation et revenu plus faible que FB</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Risque de nouveau-nés à faible poids selon l'âge gestationnel :</b> FB &gt; AA pour certains phtalates, dont MEHP et MEP</li> <li><b>Risque naissance prématurée</b> chez les AA &gt; FB (MiBP et MEP), mais ↑ risque chez FB (MEHP)</li> <li><b>Risque de faible poids à la naissance</b> chez AA et FB (MEP). Sexe masculin + à risque que sexe féminin pour 6 phtalates</li> </ul> <p>La croissance fœtale est + à risque à l'exposition aux phtalates au deuxième trimestre</p>
(Chan <i>et al.</i> , 2021)	Scoping review	<p><b>Ethnicité :</b> Femmes blanches non-hispaniques (FB) Femmes hispaniques (FH) Femmes noires non hispaniques (FN)</p>	<p><b>8 produits chimiques préoccupants (PCP) :</b> Phtalates Parabènes Benzophénone-3 (BP-3) Triclosan (TCS) Méthylsiloxanes cycliques volatils (CVM) Libérateur de formaldéhyde (LF) 1,4-dioxane Diéthanolamine</p>	Grossesse	Montrer la disparité entre différentes ethnicités chez les femmes enceintes et l'exposition prénatale aux PE dans les PSP	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Phtalates et parabènes :</b> FN et FB &gt; FH, indépendamment de leur état gestationnel. Les FN ont plus tendance à utiliser des produits capillaires parfumés ayant des parabènes que les FB</li> <li>Concentration + élevée de <b>BP-3</b> FB&gt;FN par l'utilisation de crème solaire</li> </ul> <p><b>CVM, LF, 1,4-Dioxane</b> et <b>DEA</b> sont retrouvés dans les produits capillaires utilisés par les FN</p>

Articles	Type d'étude	Facteurs	Exposition	Période d'exposition	Objectifs	Résultats (effets recherchés)
(Collins <i>et al.</i> , 2023)	Étude observationnelle	<p><b>Ethnicité :</b> Femmes noires (FN) Femmes latines (FL) Femmes vietnamiennes (FV) Femmes de race mixte (FM) Femmes blanches (FB)</p> <p><b>Groupe d'âge :</b> Femmes âgées d'au moins 18 ans</p>	Utilisation de 6 <b>catégories de PSP</b> : maquillage, cheveux, hygiène féminine, soins de la peau, ongles et déodorant/parfum	Femme en âge de reproduire	Caractériser l'utilisation des PSP chez les femmes en Californie de diverses ethnicités pour illustrer la disparité de l'exposition aux produits chimiques	<p>Les PSP les plus utilisés parmi les groupes ethniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>FL</b> : produits cosmétiques (mascara, eyeliner, fond de teint, fard à joue, baume à lèvres, etc.), démaquillant, spray et teinture pour cheveux.</li> <li>• <b>FN</b> : produits capillaires (huile, stimulateurs de cuir chevelu, extensions) et produits parfumés, ainsi que PSP commercialisés pour les groupes ethniques et lotions pour le corps. Utilisent le moins de shampooing et revitalisant</li> <li>• <b>FV</b> : produits facial (exfoliant, nettoyant, crème, etc.)</li> <li>• <b>FB</b> : spray pour cheveux et teinture pour cheveux</li> <li>• <b>FM</b> : revitalisant et gel pour cheveux</li> <li>• Les produits d'hygiène féminins sont plus utilisés parmi les MR, FH et FN</li> </ul>
(James-Todd <i>et al.</i> , 2017)	Étude épidémiologique	<p><b>Ethnicité :</b> Non-Hispanic Femmes noires (FN) Femmes hispaniques (FH) Femmes asiatiques (FA) Femmes blanches (FB) Autre</p>	<b>Phtalates (9)</b> : Phtalate de mono-n-butyle (MBP), phtalate de mono-éthyle (MEP), phtalate de mono-isobutyle (MiBP), phtalate de mono-benzyle (MBzP), phtalate de mono-(3-carboxypropyle) (MCPP), etc.	Grossesse	Déterminer si la concentration de métabolites de phtalate varie selon l'ethnicité à travers différents stades de la grossesse	<p>Phtalates FN, FH, autres &gt; FB (sauf pour le MCCP et DEHP) durant la grossesse. Certains métabolites varient au cours de la grossesse selon l'ethnicité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ↓MEP et ↓MCPP chez FH</li> <li>• MEP et MCPP constant chez FN</li> <li>• MEP faible chez FB</li> </ul> <p>Durant la grossesse : MCPP et DEHP élevés chez FN / MBP et MBzP élevés chez FH</p>

Articles	Type d'étude	Facteurs	Exposition	Période d'exposition	Objectifs	Résultats (effets recherchés)
(Johnson <i>et al.</i> , 2022)	Étude observationnelle	<b>Ethnicité :</b> Femmes noires (FN) Femmes latines (FL) Femmes vietnamiennes (FV)	Produits chimiques préoccupants retrouvés dans l'étiquette de 546 produits uniques pour les cheveux, la peau, le maquillage, les ongles, les déodorants/parfums et les soins intimes.	Femme en âge de se reproduire	Quantifier les produits chimiques en lien avec le cancer, aux troubles de la reproduction ou du développement ou les PE dans les PSP utilisés par les femmes racisées en Californie	65% des 546 produits contiennent des PCP incluant : parabènes, cyclosiloxanes, phtalates (DEP, DEHP) et formaldéhydes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les produits capillaires ont le plus de PCP suivi des produits pour la peau</li> <li>• Les parabènes sont le plus retrouvés dans ces PSP</li> <li>• 74% de ces produits contiennent des « fragrances » ou « parfum » étant des produits non divulgués</li> </ul> Utilisation des PSP selon les groupes ethniques : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>FN</b> : produits capillaires contenant des formaldéhydes et phtalates (DEHP) et des produits contenant des parfums chimiques non divulgués</li> <li>• <b>FL</b> : lotions corporelles et cosmétiques contenant des PCP (parabènes et phtalates, dont le DEP)</li> <li>• <b>FL et FN</b> : crèmes blanchissantes pour la peau ayant des PE suspects</li> <li>• <b>FV</b> : cosmétiques contenant aucun parabène</li> </ul>
(Preston <i>et al.</i> , 2021)	Étude épidémiologique	<b>SES :</b> Éducation et statut d'assurance  <b>Ethnicité:</b> Femmes blanches non-hispaniques (FB)	<b>12 catégories de PSP :</b> Déodorant, shampoing, revitalisant, spray et gel pour cheveux, autres produits capillaires, parfum, crème pour raser, savon en bar, savon liquide, lotion	Grossesse	Évaluer la différence d'utilisation des PSP selon le statut socioéconomique et l'origine ethnique parmi une cohorte de femmes enceintes	Couverture d'assurance privée faible chez FH et FN que FB et FA Diplômes universitaires sont moins commun chez les FH que les autres groupes ethniques  Utilisation des PSP selon les groupes ethniques :

Articles	Type d'étude	Facteurs	Exposition	Période d'exposition	Objectifs	Résultats (effets recherchés)
		Femmes hispaniques (FH) Femmes asiatiques (FA) Femmes noires non-hispaniques (FN)	corporel, cosmétiques et vernis à ongle.			<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>FH</b> : + gel pour cheveux, parfum et autres produits capillaires / - de savon liquide et de cosmétique que FB</li> <li>• <b>FA</b> : - déodorant, gel pour cheveux, parfum et vernis à ongle que FH et FB</li> <li>• <b>FN</b> : - shampoing, revitalisant, cosmétique et + vernis à ongle que FB</li> </ul> <b>Utilisation de PSP (toutes catégories confondues) : FH &gt; FB &gt; FA</b> Les femmes ayant un SES plus faible utilisent plus de PSP (parfum et savon/cosmétique et vernis à ongle) notamment au premier trimestre
(Quiros-Alcala <i>et al.</i> , 2019)	Revue de littérature	<b>Milieu professionnel :</b> Femmes travaillant dans les salons de coiffures et de manucures	Produits de salon toxiques, pollution de l'air intérieur et autres expositions professionnelles liées aux produits chimiques	Jeunes femmes et femmes âgées	Résumer des recherches récentes (5 ans) sur l'exposition chimiques chez les travailleurs des salons de coiffure et de manucure et décrire les effets potentiels sur la santé reproductive, respiratoire et hormonale	Exposition à plusieurs produits chimiques, dont des composés volatils organiques (COVs), des particules en suspension (PM) et des phtalates dans les salons de coiffure et manucure. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun article récent sur les effets des PE dans les produits PSP n'a été évalué. Les études ne confirment pas d'impact sur la santé reproductive, mais indiquent un risque accru de problèmes respiratoires.</li> </ul>
(Schildroth <i>et al.</i> , 2024)	Étude observationnelle transversale	<b>Ethnicité:</b> Femmes noires (FN)  <b>Groupe d'âge :</b> 25-35 ans	<b>Triclocarban (TCC)</b>  <b>Phtalates (16)</b>  <b>Phénols (7) :</b> bisphénol A, F et S (BPA, BPF,	Femme en âge de se reproduire	(1) Estimer l'association entre l'usage des PSP et la concentration des biomarqueurs de PE chez les femmes noires	Le <b>groupe 1</b> (majoritairement marié, employé, salaire et éducation moyenne) : aucune concentration de PE significativement différente par rapport aux autres groupes Le <b>groupe 2</b> (niveau d'éducation, salaire et taux d'emploi le +élevé, majoritairement

Articles	Type d'étude	Facteurs	Exposition	Période d'exposition	Objectifs	Résultats (effets recherchés)
		<p><b>SES :</b> Niveau d'éducation, revenu, statut d'emploi et statut matrimonial</p> <p><b>Autre :</b> Statut de fumeur</p>	<p>BPS), benzphéone-3 (BP-3), triclosan (TCS) 2,4-dichlorophenol et 2,5-dichlorophenol</p> <p><b>Parabènes (4) :</b> Méthylparabène (MP), éthyleparabène (EP), propylparabène (PP) et butylparabène (BuP)</p>		(2) Investiguer l'influence du statut socioéconomique sur ces facteurs	<p>non mariée) : concentrations élevées de parabènes, BP-3, parabène (MP, PP), TCS et phtalates caractérisés par une utilisation accrue de crème solaire et produits cosmétiques</p> <p>Le <b>groupe 3</b> (éducation, salaire et taux emploi +faible et majorité a non marié) : concentrations élevées de TCC, phénols, phtalates caractérisés par une utilisation élevée de parfum, vernis à ongle, <b>déodorant/poudre vaginal</b> / faible utilisation de crème solaire et cosmétiques</p>
(Wang <i>et al.</i> , 2021)	Étude observationnelle transversale	<p><b>Ethnicité :</b> Femmes asiatiques (FA)</p> <p><b>Groupe d'âge :</b> 18-45 ans</p>	<p><b>Utilisation de 9 PSP suivant :</b></p> <p>Revitalisant, shampoing, parfum, savon corporel, savon pour les mains, lotion hydratante, cosmétiques, crème solaire et vernis à ongle</p>	Femmes en en âge de se reproduire et ménopausées	Évaluation de l'utilisation des PSP associés aux PE et l'acculturation chez les femmes asiatiques	<p>Un niveau d'acculturation élevé (durée de résidence aux É-U, âge d'entrée et <b>l'utilisation de la langue anglaise</b>) a été associé avec un usage plus accru de PSP.</p> <p>Deux classes d'utilisateurs de PSP ont été identifiées :</p> <p>(1) Utilisation fréquente : shampoing et revitalisant, savon corporel, lotion hydratante, <b>parfum</b>, cosmétique et crème solaire</p> <p>(2) Utilisation modérée : shampoing, savon, lotion</p> <p>(3) Utilisation faible : parfum et vernis à ongle</p>

**Légende :** FA : femmes asiatiques, FB : femmes blanches, FH : femmes hispaniques, FL : femmes latines, FM : femmes mixtes, FN : femmes noires, FV : femmes vietnamiennes, SES : statut socioéconomique, ↓ : diminution, ↑ : augmentation, > : plus grand que, < : plus petit que.

## **BIAIS ET LIMITATION DE L'ESSAI**

L'essai comporte plusieurs limitations au niveau de mon sujet de recherche dont l'utilisation d'une seule plateforme de recherche qui était Google Scholar. En utilisant plusieurs moteurs de recherche comme Sofia de l'UQAM ou des bases de données spécialisées tels que Scopus, Pudmed ou Web of Science m'auraient donné accès à certaines publications clés pour ma recherche. Cela aurait permis de mieux appuyer certains aspects contradictoires et de renforcer les résultats de ma première partie de recherche. En effet, il est difficile de résumer les effets généraux de chaque PE sur la santé reproductive, car certains groupes de famille, comme les PFAS, les filtres UV, les parabènes et les phtalates, possèdent de nombreux congénères aux propriétés variées dont plusieurs n'ont encore jamais été étudiés. De plus, puisque la majorité des articles sélectionnés dans la deuxième partie de la recherche se concentre seulement sur le facteur « groupe ethnique », peu d'entre eux prennent en compte d'autres facteurs, tels que le statut socioéconomique (incluant le revenu, l'emploi et le niveau d'éducation) ou l'utilisation des PSP selon différents groupes d'âge. Une comparaison entre les filles en âge de la puberté, les jeunes femmes et les femmes plus âgées auraient été pertinente. Cependant, les articles scientifiques ciblent principalement les femmes enceintes ou des femmes âgées de plus de 18 ans. De plus, il est essentiel de reconnaître que l'exposition aux PE se fait via une multitude de sources dans notre environnement, tant intérieures qu'extérieures, et ne se limite pas seulement aux PSP et cosmétiques. Les résultats des articles sélectionnés dans ma recherche démontrent les effets des PE lorsqu'ils sont étudiés individuellement, alors qu'en réalité, nous sommes exposés à des mélanges de substances. Celles-ci interagissent entre elles dans l'organisme modifiant ainsi leurs propriétés et leurs effets. Enfin, l'essai n'inclut pas l'évaluation qualitative des articles en lien avec mon sujet, qui nous aurait permis de mieux comparer les résultats entre eux. Cette approche se fait généralement en groupes et en équipes d'experts, ce qui n'est pas possible dans le cadre d'un essai.

## **RECOMMANDATIONS POUR DIMINUER L'EXPOSITION AUX PE**

La dernière section de l'essai comporte plusieurs solutions pour diminuer l'exposition des femmes aux PE dans les PSP en visant des actions pouvant être faites au niveau individuel, communautaire ou via les politiques gouvernementales.

### **Les interventions comportementales**

Les interventions comportementales comprennent le choix de PCP et de cosmétiques alternatifs selon une liste d'ingrédients plus « propres ». Par exemple, il suffit d'éviter les produits parfumés pour diminuer l'exposition aux phtalates et fragrances et de favoriser les crèmes solaires à base minérale ou de tout simplement diminuer la quantité de PSP et de cosmétiques. Cependant, ces produits propres pourraient encore contenir des PE résiduels, comme des phtalates et des phénols, n'étant pas explicitement répertoriés parmi les ingrédients par les procédés de fabrication ou des matériaux des contenants utilisés pour leur stockage (Martin *et al.*, 2015). De plus, une diminution de l'utilisation des PSP durant la grossesse est recommandée dans certains pays de l'Europe, en particulier en France et au Danemark, où les autorités sanitaires informent les femmes de l'exposition aux produits chimiques résultant de l'utilisation de cosmétiques pendant la grossesse. Pour éviter une utilisation inutile et potentiellement dangereuse de cosmétiques, les femmes devraient être encouragées à diminuer leur utilisation et les quantités appliquées (Marie *et al.*, 2016). Plante et al. (2023) soulignent que, même si le danger des PE est connu auprès des femmes, elles ne prennent pas nécessairement les actions pour éviter l'exposition. Plusieurs obstacles freinent l'utilisation de PSP organiques et sains, tels que leur coût, les étiquettes peu informatives et le manque de diversité dans les magasins qui limitent l'accessibilité.

### **Les interventions éducatives**

Plusieurs approches éducatives ont démontré une diminution significative de certains PE, dont des rencontres et interviews fréquentes avec des professionnels ou des chercheurs ou des ressources disponibles en ligne comme du matériel pédagogique fournissant aux participants des connaissances et de la motivation dans le but de diminuer leur exposition (Martin *et al.*, 2015). Il peut être difficile d'éviter l'exposition des PE si elles ne connaissent pas les dangers et si les ingrédients ne sont pas entièrement divulgués sur les produits. Il est également important de sensibiliser ces femmes à l'exposition de ces PE dans les cosmétiques durant leur grossesse par les professionnels de la santé ou sur les étiquettes de ces produits (Marie et al., 2016).

## Les interventions au niveau politique et réglementation des PE entre pays

Les interventions au niveau politique peuvent s'avérer plus efficaces pour prévenir ou influencer l'exposition à long terme de la population en éliminant ces produits chimiques. Les concentrations de PE dans les produits cosmétiques sont généralement considérées comme sécuritaires, mais les réglementations varient entre l'Union européenne (UE), le Canada et les États-Unis (tableau 4). Plusieurs stratégies existent pour prévenir l'exposition et les risques des PE sur la santé dans ces pays. Depuis 2007, en Europe, l'Enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et la restriction des produits chimiques (REACH) permet d'améliorer l'ancien cadre réglementaire de l'UE sur les produits chimiques. Cela permet de fournir aux consommateurs des informations claires sur la sécurité de leurs produits en imposant aux industries d'évaluer et de gérer les risques associés aux substances chimiques utilisées. Aux États-Unis, les réglementations des produits chimiques dans les aliments et les additifs alimentaires, les médicaments et les cosmétiques sont administrés par la FDA (Kassotis *et al.*, 2020). Adopté en 1996, le Programme de dépistage des PE permet à l'EPA de lister et d'examiner les produits chimiques et toute autres substances ayant des effets potentiels sur le système endocrinien des humains et animaux. Au Canada, les produits cosmétiques vendus doivent respecter les exigences de la Loi sur les aliments et drogues et au Règlement sur les cosmétiques (Gouvernement du Canada, 2024). Par le principe de précaution, l'UE limite ou bannit les substances suspectées d'être nocives pour l'environnement, la santé humaine ou sur les animaux et ce, même sans certitude scientifique. Ainsi, plus de 1 700 ingrédients sont interdits ou restreints dans l'UE contre seulement 573 ingrédients au Canada. Plusieurs substances toxiques sont bannies en raison de leurs effets négatifs, mais sont toujours présentes dans les PSP. Par exemple, aux États-Unis, le TCC et TCS sont bannis depuis 2016 par le FDA dans les produits domestiques seulement.

**Tableau 4. Régulation des différentes catégories de PE au Canada, aux États-Unis et à l'Union européenne.**

PE	Réglementation		
	Canada	États-Unis	Union Européenne
<b>Phtalates</b>	Interdiction du DEHP dans les cosmétiques	Aucune restriction	Plusieurs phtalates banni, dont le DEHP
<b>Parabènes</b>	Aucune régulation dans les cosmétiques	Aucune régulation dans les cosmétiques	La concentration est limitée à 0,4 % par ester et 0,8 % pour une mixture dans les cosmétiques

<b>Triclocarban (TCC) et triclosan (TCS)</b>	Limite de 0,3 %	Aucune régulation dans les cosmétiques	Limite de 0,3%
<b>BPA</b>	Banni dans les cosmétiques	Banni comme ingrédients	Banni dans les cosmétiques
<b>Filtres UV</b>	Aucune régulation	Restriction de certains filtres UV organiques et limitation à des concentrations précises Concentration maximale de 25% de nanoparticules	
<b>PFAS</b>	Aucune régulation	Aucune régulation	Bannis depuis 2019 incluant le PFOA et PFOS

**Sources:** Gouvernement du Canada (2024), FDA (2022), European Parliament and the Council of the European Union (2009).

## CONCLUSION

En somme, les PSP et les cosmétiques contiennent de nombreux composés chimiques PE qui compromettent la santé reproductive des femmes à travers plusieurs étapes de leur vie. Cet essai met en lumière les effets de six catégories de PE sur ces périodes de vulnérabilité, incluant la grossesse, la puberté et la ménopause. Il est établi que, même prises isolément, ces substances présentent des risques pour la grossesse, le développement du nouveau-né, la fertilité, ainsi que les transitions hormonales liées à la puberté et à la ménopause. Bien qu'agissant souvent à de faibles doses, les impacts de ces substances, notamment lorsqu'elles interagissent en mélange, restent encore partiellement compris. Les effets combinés de ces substances et leurs interactions complexes nécessitent toutefois des recherches supplémentaires en considérant l'effet « cocktail » et de leurs effets cumulatifs à long terme. La littérature sur les PE et leurs impacts sur la santé reproductive est assez vaste et ce sujet est bien étudié malgré certaines contradictions entre les recherches. Plusieurs études en laboratoire et épidémiologiques continuent à élucider les impacts des PE et de leurs différents congénères. De plus, une comparaison d'articles scientifiques met en évidence d'importantes disparités dans l'exposition aux PE chez les femmes appartenant à des groupes ethniques, statuts socioéconomiques et ayant des normes culturelles différents. En effet, les femmes appartenant à certaines communautés ethniques sont souvent plus exposées aux PE par l'utilisation accrue de certains produits parfumés ou contenant des parabènes que les femmes blanches. Cette exposition est liée à des risques en lien avec leur grossesse. De plus, les femmes travaillant dans l'industrie de la beauté, comme les salons de manucures et de coiffures, sont également exposées à une variété de produits chimiques et de PE. Bien que les effets sur leur santé reproductive ne soient pas toujours significatifs, ces milieux professionnels contribuent à une exposition prolongée. Par ailleurs, malgré les réglementations en place au Canada, la limitation des PE en reste insuffisante en comparaison avec l'UE qui adopte des mesures plus rigoureuses et des ingrédients, bannis dans l'UE, sont encore tolérés au Canada. De plus, bien que des choix de consommation plus éclairés puissent réduire l'exposition individuelle aux PE, ces composés, omniprésents dans les produits de soins et l'environnement quotidien, continuent d'exposer les femmes à des risques, malgré leurs précautions

## **ANNEXE A**

### **MOTS-CLÉS PREMIÈRE PARTIE DE LA RECHERCHE**

("WOMEN") AND ("COSMETICS") AND ("PERSONAL CARE PRODUCTS") AND ("SYSTEMATIC REVIEW") AND ("PARABENS" OR "PHTALATES" OR "TRICLOSAN" OR "BISPHENOLS" OR "UV FILTERS" OR "POLYFLUOROALKYL SUBSTANCES" OR "PERFLUORINATED COMPOUNDS") AND ("PREGNANCY" OR "PUBERTY" OR "CHILDHOOD" OR "NEONATE" OR "EMBRYONIC DEVELOPMENT" OR "FETAL DEVELOPMENT" OR "PRENATAL" OR "POSTNATAL") AND ("PRIMARY OVARIAN INSUFFICIENCY" OR "PREMATURE BIRTH" OR "PREGNANCY COMPLICATIONS" OR "ENDOMETRIOSIS" OR "LOW BIRTH WEIGHT" OR "INFERTILITY" OR "ENDOMETRIOSIS" OR "EARLY MENOPAUSE" OR "MENSTRUAL ABNORMALITIES" OR "EARLY PUBERTY" OR "PREGNANCY COMPLICATIONS")

## ANNEXE B

### ARTICLES PREMIÈRE PARTIE DE LA RECHERCHE

- 1 Daza-Rodríguez, B., Aparicio-Marengo, D. et Márquez-Lázaro, J. (2023). Association of triclosan and human infertility: A systematic review. *Environmental Analysis Health and Toxicology*, 38(2), e2023015. <https://doi.org/10.5620/eaht.2023015>
- 2 Green, M. P., Harvey, A. J., Finger, B. J. et Tarulli, G. A. (2021). Endocrine disrupting chemicals: Impacts on human fertility and fecundity during the peri-conception period. *Environmental Research*, 194, 110694. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110694>
- 3 Haggerty, D. K., Upson, K., Pacyga, D. C., Franko, J. E., Braun, J. M. et Strakovsky, R. S. (2021). REPRODUCTIVE TOXICOLOGY: Pregnancy exposure to endocrine disrupting chemicals: implications for women's health. *Reproduction*, 162(5), F169-F180. <https://doi.org/10.1530/REP-21-0051>
- 4 Hajjar, R., Hatoum, S., Mattar, S., Moawad, G., Ayoubi, J. M., Feki, A. et Ghulmiyyah, L. (2024). Endocrine Disruptors in Pregnancy: Effects on Mothers and Fetuses—A Review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(18), 5549. <https://doi.org/10.3390/jcm13185549>
- 5 Hassan, S., Thacharodi, A., Priya, A., Meenatchi, R., Hegde, T. A., R, T., Nguyen, H. et Pugazhendhi, A. (2024). Endocrine disruptors: Unravelling the link between chemical exposure and Women's reproductive health. *Environmental Research*, 241, 117385. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117385>
- 6 Hipwell, A. E., Kahn, L. G., Factor-Litvak, P., Porucznik, C. A., Siegel, E. L., Fichorova, R. N., Hamman, R. F., Klein-Fedyshin, M., Harley, K. G. et program collaborators for Environmental influences on Child Health Outcomes. (2019). Exposure to non-persistent chemicals in consumer products and fecundability: a systematic review. *Human Reproduction Update*, 25(1), 51-71. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmy032>
- 7 Jagne, J., White, D. et Jefferson, F. (2016). Endocrine-Disrupting Chemicals: Adverse Effects of Bisphenol A and Parabens to Women's Health. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(6), 182. <https://doi.org/10.1007/s11270-016-2785-3>
- 8 Jamal, A., Rastkari, N., Dehghaniathar, R., Aghaei, M., Nodehi, R. N., Nasserli, S., Kashani, H. et Yunesian, M. (2019). Prenatal exposure to parabens and anthropometric birth outcomes: A systematic review. *Environmental Research*, 173, 419-431. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.044>
- 9 James-Todd, T. M., Chiu, Y.-H. et Zota, A. R. (2016). Racial/Ethnic Disparities in Environmental Endocrine Disrupting Chemicals and Women's Reproductive Health Outcomes: Epidemiological Examples Across the Life Course. *Current Epidemiology Reports*, 3(2), 161-180. <https://doi.org/10.1007/s40471-016-0073-9>
- 10 Khalid, M. et Abdollahi, M. (2021). Environmental Distribution of Personal Care Products and Their Effects on Human Health. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 20(1). <https://doi.org/10.22037/ijpr.2021.114891.15088>

- 11 Maksymowicz, M., Ręka, G., Machowiec, P. et Pieciewicz-Szczęśna, H. (2022). Impact of Triclosan on Female and Male Reproductive System and Its Consequences on Fertility; A Literature Review. *Journal of Family & Reproductive Health*. <https://doi.org/10.18502/jfrh.v16i1.8592>
- 12 Mesquita, I., Lorigo, M. et Cairrao, E. (2021). Update about the disrupting - effects of phthalates on the human reproductive system. *Molecular Reproduction and Development*, 88(10), 650-672. <https://doi.org/10.1002/mrd.23541>
- 13 Nicolopoulou-Stamati, P., Hens, L. et Sasco, A. J. (2015). Cosmetics as endocrine disruptors: are they a health risk? *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 16(4), 373-383. <https://doi.org/10.1007/s11154-016-9329-4>
- 14 Pan, J., Liu, P., Yu, X., Zhang, Z. et Liu, J. (2024). The adverse role of endocrine disrupting chemicals in the reproductive system. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1324993. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1324993>
- 15 Panagopoulos, P., Mavrogianni, D., Christodoulaki, C., Drakaki, E., Chrelias, G., Panagiotopoulos, D., Potiris, A., Drakakis, P. et Stavros, S. (2023). Effects of endocrine disrupting compounds on female fertility. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, 88, 102347. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2023.102347>
- 16 Puche-Juarez, M., Toledano, J. M., Moreno-Fernandez, J., Gálvez-Ontiveros, Y., Rivas, A., Diaz-Castro, J. et Ochoa, J. J. (2023). The Role of Endocrine Disrupting Chemicals in Gestation and Pregnancy Outcomes. *Nutrients*, 15(21), 4657. <https://doi.org/10.3390/nu15214657>
- 17 Resende, D. D. F., Alves, G. C. D. S., Couto, R. O. D., Sanches, C. et Chequer, F. M. D. (2021). Can parabens be added to cosmetics without posing a risk to human health? A systematic review of its toxic effects. *Revista de Ciências Farmacêutica Básica e Aplicadas - RCFBA*, 42, e706. <https://doi.org/10.4322/2179-443X.0706>
- 18 Rivera-Núñez, Z., Kinkade, C. W., Zhang, Y., Rockson, A., Bandera, E. V., Llanos, A. A. M. et Barrett, E. S. (2022). Phenols, Parabens, Phthalates and Puberty: a Systematic Review of Synthetic Chemicals Commonly Found in Personal Care Products and Girls' Pubertal Development. *Current Environmental Health Reports*, 9(4), 517-534. <https://doi.org/10.1007/s40572-022-00366-4>
- 19 Smovršnik, T., Virant-Klun, I. et Pinter, B. (2023). Polycystic Ovary Syndrome and Endocrine Disruptors (Bisphenols, Parabens, and Triclosan)—A Systematic Review. *Life*, 13(1), 138. <https://doi.org/10.3390/life13010138>
- 20 Wiczorek, K., Szczęśna, D. et Jurewicz, J. (2022). Environmental Exposure to Non-Persistent Endocrine Disrupting Chemicals and Endometriosis: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5608. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095608>
- 21 Yesumanipreethi, S., Nirmal Magadalenal, N. et Moses Inbaraj, R. (2021). Impact of Phthalates and Parabens on the Neurobehavioral and Reproductive Function: A Review. *Proceedings of the Zoological Society*, 74(4), 572-590. <https://doi.org/10.1007/s12595-021-00408-z>
- 22 Zlatnik, M. G. (2016). Endocrine - Disrupting Chemicals and Reproductive Health. *Journal of Midwifery & Women's Health*, 61(4), 442-455. <https://doi.org/10.1111/jmwh.1250>

## **ANNEXE C**

### **MOTS-CLÉS DEUXIÈME PARTIE DE LA RECHERCHE**

("WOMEN" OR "BLACK WOMEN" OR "ASIAN WOMEN" OR "HISPANIC WOMEN") AND ("SOCIOECONOMIC STATUS" OR "EDUCATION LEVEL") AND ("COSMETICS") AND ("PERSONAL CARE PRODUCTS") AND ("PARABENS" OR "PHTHALATES" OR "TRICLOSAN" OR "BISPHENOLS" OR "UV FILTERS" OR "POLYFLUOROALKYL SUBSTANCES" OR "PERFLUORINATED COMPOUNDS") AND ("PREGNANCY" OR "PUBERTY" OR "CHILDHOOD" OR "NEONATE" OR "EMBRYONIC DEVELOPMENT" OR "FETAL DEVELOPMENT" OR "PRENATAL" OR "POSTNATAL AND ("PRIMARY OVARIAN INSUFFICIENCY" OR "PREMATURE BIRTH" OR "LOW BIRTH WEIGHT" OR "INFERTILITY" OR "ENDOMETRIOSIS" OR "EARLY MENOPAUSE" OR "EARLY PUBERTY" OR "PREGNANCY COMPLICATIONS")

## ANNEXE D

### ARTICLES DEUXIÈME PARTIE DE LA RECHERCHE

- 1 Bethea, T. N., Wesselink, A. K., Weuve, J., McClean, M. D., Hauser, R., Williams, P. L., Ye, X., Calafat, A. M., Baird, D. D. et Wise, L. A. (2020). Correlates of exposure to phenols, parabens, and triclocarban in the Study of Environment, Lifestyle and Fibroids. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 30(1), 117-136. <https://doi.org/10.1038/s41370-019-0114-9>
- 2 Bloom, M. S., Wenzel, A. G., Brock, J. W., Kucklick, J. R., Wineland, R. J., Cruze, L., Unal, E. R., Yucel, R. M., Jiyessova, A. et Newman, R. B. (2019). Racial disparity in maternal phthalates exposure; Association with racial disparity in fetal growth and birth outcomes. *Environment International*, 127, 473-486. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.005>
- 3 Chan, M., Mita, C., Bellavia, A., Parker, M. et James-Todd, T. (2021). Racial/Ethnic Disparities in Pregnancy and Prenatal Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals Commonly Used in Personal Care Products. *Current Environmental Health Reports*, 8(2), 98-112. <https://doi.org/10.1007/s40572-021-00317-5>
- 4 Collins, H. N., Johnson, P. I., Calderon, N. M., Clark, P. Y., Gillis, A. D., Le, A. M., Nguyen, D., Nguyen, C., Fu, L., O'Dwyer, T. et Harley, K. G. (2023). Differences in personal care product use by race/ethnicity among women in California: implications for chemical exposures. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 33(2), 292-300. <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00404-7>
- 5 James-Todd, T. M., Chiu, Y.-H. et Zota, A. R. (2016). Racial/Ethnic Disparities in Environmental Endocrine Disrupting Chemicals and Women's Reproductive Health Outcomes: Epidemiological Examples Across the Life Course. *Current Epidemiology Reports*, 3(2), 161-180. <https://doi.org/10.1007/s40471-016-0073-9>
- 6 James-Todd, T. M., Meeker, J. D., Huang, T., Hauser, R., Seely, E. W., Ferguson, K. K., Rich-Edwards, J. W. et McElrath, T. F. (2017). Racial and ethnic variations in phthalate metabolite concentration changes across full-term pregnancies. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 27(2), 160-166. <https://doi.org/10.1038/jes.2016.2>
- 7 Johnson, P. I., Favela, K., Jarin, J., Le, A. M., Clark, P. Y., Fu, L., Gillis, A. D., Morga, N., Nguyen, C. et Harley, K. G. (2022). Chemicals of concern in personal care products used by women of color in three communities of California. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 32(6), 864-876. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00485-y>
- 8 Preston, E. V., Chan, M., Nozhenko, K., Bellavia, A., Grenon, M. C., Cantonwine, D. E., McElrath, T. F. et James-Todd, T. (2021). Socioeconomic and racial/ethnic differences in use of endocrine-disrupting chemical-associated personal care product categories among pregnant women. *Environmental Research*, 198, 111212. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111212>
- 9 Quiros-Alcala, L., Pollack, A. Z., Tchangelova, N., DeSantiago, M. et Kavi, L. K. A. (2019). Occupational Exposures Among Hair and Nail Salon Workers: a Scoping Review. *Current Environmental Health Reports*, 6(4), 269-285. <https://doi.org/10.1007/s40572-019-00247-3>

- 10 Schildroth, S., Bethea, T. N., Wesselink, A. K., Friedman, A., Fruh, V., Calafat, A. M., Wegienka, G., Gaston, S., Baird, D. D., Wise, L. A. et Claus Henn, B. (2024). Personal Care Products, Socioeconomic Status, and Endocrine-Disrupting Chemical Mixtures in Black Women. *Environmental Science & Technology*, 58(8), 3641-3653. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c06440>
- 11 Wang, V. A., Chu, M. T., Chie, L., Gaston, S. A., Jackson, C. L., Newendorp, N., Uretsky, E., Dodson, R. E., Adamkiewicz, G. et James-Todd, T. (2021). Acculturation and endocrine disrupting chemical-associated personal care product use among US-based foreign-born Chinese women of reproductive age. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 31(2), 224-232. <https://doi.org/10.1038/s41370-020-00279-0>

## ANNEXE E

# PROBLÈMES HORMONAUX EN LIEN AVEC LA SANTÉ REPRODUCTIVE DES FEMMES ET PROBLÈMES EN LIEN AVEC LA GROSSESSE

**Syndrome des ovaires polykystiques (SOPK):** Maladie caractérisée par une hyperandrogénie, un dysfonctionnement ovulatoire et une morphologie ovarienne polykystique, entraînant ainsi une stérilité anovulatoire chez les femmes. Causé par des facteurs génétiques et environnementaux spécifiques. Les PE pourraient altérer l'axe HPG à de faible concentration et provoquent des troubles métaboliques et un mécanisme étiologique possible sous-jacent au SOPK (Pan *et al.*, 2024).

**Diminution des réserves ovariennes (DRO):** Phase initiale de l'insuffisance ovarienne pouvant être attribuée à une diminution du nombre de follicules disponibles dans les ovaires ou à une diminution de la capacité de fécondation des ovocytes où les facteurs environnementaux contribuent significativement à la DRO (Pan *et al.*, 2024).

**Insuffisance ovarienne prématurée (IOP):** Autre terme décrivant la ménopause précoce, l'IOP est définie comme une perte de la fonction ovarienne caractérisée par l'épuisement prématuré des follicules, entraînant une absence de menstruation ou une infertilité pouvant être causés par des facteurs environnementaux et génétiques (Pan *et al.*, 2024).

**Endométriose :** Maladie inflammatoire chronique hormonodépendante caractérisée par l'implantation et la croissance de tissu endométrial en dehors de la cavité utérine pouvant être causée par des facteurs génétiques, hormonaux, immunologiques et environnementaux (Pan *et al.*, 2024).

**Infertilité :** Maladie caractérisée par l'incapacité à concevoir après 12 ;a 24 mois de rapports sexuels complets et réguliers sans contraception et/ou le besoin d'une intervention médicale afin d'obtenir une grossesse (Rebar, 2024).

**Nourrisson petit pour l'âge gestationnel (small for gestational age; SGA) :** Nouveau-né ayant un poids de naissance inférieur au 10<sup>e</sup> percentile pour son âge gestationnel, il est plus petit que la moyenne des bébés

nés au même stade gestationnel. SGA évalue la croissance relative par rapport à l'âge gestationnel (Quinn *et al.*, 2016).

**Faible poids de naissance (low birth weight; LBW) :** Nouveau-né ayant un poids inférieur à 2 500 grammes. Faire référence au poids absolu sans tenir compte de l'âge gestationnel (Organisation mondiale de la santé, 2025).

**Naissance prématurée (preterm birth; PTB) :** Naissance de nouveau-né avant que la 37<sup>e</sup> semaine de grossesse soient complétée (Organisation mondiale de la santé, 2023).

## BIBLIOGRAPHIE

- Bethea, T. N., Wesselink, A. K., Weuve, J., McClean, M. D., Hauser, R., Williams, P. L., Ye, X., Calafat, A. M., Baird, D. D. et Wise, L. A. (2020). Correlates of exposure to phenols, parabens, and triclocarban in the Study of Environment, Lifestyle and Fibroids. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 30(1), 117-136. <https://doi.org/10.1038/s41370-019-0114-9>
- Bloom, M. S., Wenzel, A. G., Brock, J. W., Kucklick, J. R., Wineland, R. J., Cruze, L., Unal, E. R., Yucel, R. M., Jiyessova, A. et Newman, R. B. (2019). Racial disparity in maternal phthalates exposure; Association with racial disparity in fetal growth and birth outcomes. *Environment International*, 127, 473-486. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.005>
- Calafat, A. M., Ye, X., Wong, L.-Y., Bishop, A. M. et Needham, L. L. (2010). Urinary Concentrations of Four Parabens in the U.S. Population: NHANES 2005–2006. *Environmental Health Perspectives*, 118(5), 679-685. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901560>
- Chan, M., Mita, C., Bellavia, A., Parker, M. et James-Todd, T. (2021). Racial/Ethnic Disparities in Pregnancy and Prenatal Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals Commonly Used in Personal Care Products. *Current Environmental Health Reports*, 8(2), 98-112. <https://doi.org/10.1007/s40572-021-00317-5>
- Chen, Y., Wang, Y., Cui, Z., Liu, W., Liu, B., Zeng, Q., Zhao, X., Dou, J. et Cao, J. (2023). Endocrine disrupting chemicals: A promoter of non-alcoholic fatty liver disease. *Frontiers in Public Health*, 11, 1154837. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1154837>
- Clarke, B. L. et Khosla, S. (2010). Female reproductive system and bone. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 503(1), 118-128. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2010.07.006>
- Collins, H. N., Johnson, P. I., Calderon, N. M., Clark, P. Y., Gillis, A. D., Le, A. M., Nguyen, D., Nguyen, C., Fu, L., O'Dwyer, T. et Harley, K. G. (2023). Differences in personal care product use by race/ethnicity among women in California: implications for chemical exposures. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 33(2), 292-300. <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00404-7>
- D'Argenio, V., Dittfeld, L., Lazzeri, P., Tomaiuolo, R. et Tasciotti, E. (2021). Unraveling the Balance between Genes, Microbes, Lifestyle and the Environment to Improve Healthy Reproduction. *Genes*, 12(4), 605. <https://doi.org/10.3390/genes12040605>
- Daza-Rodríguez, B., Aparicio-Marengo, D. et Márquez-Lázaro, J. (2023). Association of triclosan and human infertility: A systematic review. *Environmental Analysis Health and Toxicology*, 38(2), e2023015. <https://doi.org/10.5620/eaht.2023015>
- Dumont, A., Robin, G., Catteau-Jonard, S. et Dewailly, D. (2015). Role of Anti-Müllerian Hormone in pathophysiology, diagnosis and treatment of Polycystic Ovary Syndrome: a review. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 13(1), 137. <https://doi.org/10.1186/s12958-015-0134-9>
- Encarnação, T., Pais, A. A., Campos, M. G. et Burrows, H. D. (2019). Endocrine disrupting chemicals: Impact on human health, wildlife and the environment. *Science Progress*, 102(1), 3-42. <https://doi.org/10.1177/0036850419826802>

- Ficheux, A.-S., Gomez-Berrada, M.-P., Roudot, A.-C. et Ferret, P.-J. (2019). Consumption and exposure to finished cosmetic products: A systematic review. *Food and Chemical Toxicology*, 124, 280-299. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.11.060>
- Gingrich, J., Ticiani, E. et Veiga-Lopez, A. (2020). Placenta Disrupted: Endocrine Disrupting Chemicals and Pregnancy. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 31(7), 508-524. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2020.03.003>
- Goldberg, M., Chang, C.-J., Ogunsina, K., O'Brien, K. M., Taylor, K. W., White, A. J. et Sandler, D. P. (2024). Personal Care Product Use during Puberty and Incident Breast Cancer among Black, Hispanic/Latina, and White Women in a Prospective US-Wide Cohort. *Environmental Health Perspectives*, 132(2), 027001. <https://doi.org/10.1289/EHP13882>
- Graber, E. G. (2023). *Croissance physique et maturation sexuelle des adolescents*. Le Manuel MSD. <https://www.msmanuals.com/professional/pediatrics/growth-and-development/physical-growth-and-sexual-maturation-of-adolescents>
- Green, M. P., Harvey, A. J., Finger, B. J. et Tarulli, G. A. (2021). Endocrine disrupting chemicals: Impacts on human fertility and fecundity during the peri-conception period. *Environmental Research*, 194, 110694. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110694>
- Hajjar, R., Hatoum, S., Mattar, S., Moawad, G., Ayoubi, J. M., Feki, A. et Ghulmiyyah, L. (2024). Endocrine Disruptors in Pregnancy: Effects on Mothers and Fetuses—A Review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(18), 5549. <https://doi.org/10.3390/jcm13185549>
- Hassan, S., Thacharodi, A., Priya, A., Meenatchi, R., Hegde, T. A., R, T., Nguyen, H. T. et Pugazhendhi, A. (2023). Endocrine disruptors: Unravelling the link between chemical exposure and Women's reproductive health. *Environmental Research*, 117385. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117385>
- Hauptman, M. et Woolf, A. D. (2017). Childhood Ingestions of Environmental Toxins: What Are the Risks? *Pediatric Annals*, 46(12). <https://doi.org/10.3928/19382359-20171116-01>
- Hipwell, A. E., Kahn, L. G., Factor-Litvak, P., Porucznik, C. A., Siegel, E. L., Fichorova, R. N., Hamman, R. F., Klein-Fedyshin, M., Harley, K. G. et program collaborators for Environmental influences on Child Health Outcomes. (2019). Exposure to non-persistent chemicals in consumer products and fecundability: a systematic review. *Human Reproduction Update*, 25(1), 51-71. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmy032>
- Institut National de Recherche et de Sécurité. Perturbateurs endocriniens. Ce qu'il faut retenir - Risques - INRS. <https://www.inrs.fr/risques/perturbateurs-endocriniens/ce-qu-il-faut-retenir.html> 2023.
- Jagne, J., White, D. et Jefferson, F. (2016). Endocrine-Disrupting Chemicals: Adverse Effects of Bisphenol A and Parabens to Women's Health. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(6), 182. <https://doi.org/10.1007/s11270-016-2785-3>
- Jamal, A., Rastkari, N., Dehghaniathar, R., Aghaei, M., Nodehi, R. N., Nasser, S., Kashani, H. et Yunesian, M. (2019). Prenatal exposure to parabens and anthropometric birth outcomes: A systematic review. *Environmental Research*, 173, 419-431. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.044>
- James-Todd, T. M., Chiu, Y.-H. et Zota, A. R. (2016). Racial/Ethnic Disparities in Environmental Endocrine Disrupting Chemicals and Women's Reproductive Health Outcomes: Epidemiological Examples

Across the Life Course. *Current Epidemiology Reports*, 3(2), 161-180. <https://doi.org/10.1007/s40471-016-0073-9>

- James-Todd, T. M., Meeker, J. D., Huang, T., Hauser, R., Seely, E. W., Ferguson, K. K., Rich-Edwards, J. W. et McElrath, T. F. (2017). Racial and ethnic variations in phthalate metabolite concentration changes across full-term pregnancies. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 27(2), 160-166. <https://doi.org/10.1038/jes.2016.2>
- Johnson, P. I., Favela, K., Jarin, J., Le, A. M., Clark, P. Y., Fu, L., Gillis, A. D., Morga, N., Nguyen, C. et Harley, K. G. (2022). Chemicals of concern in personal care products used by women of color in three communities of California. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 32(6), 864-876. <https://doi.org/10.1038/s41370-022-00485-y>
- Kassotis, C. D., Vandenberg, L. N., Demeneix, B. A., Porta, M., Slama, R. et Trasande, L. (2020). Endocrine-disrupting chemicals: economic, regulatory, and policy implications. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 8(8), 719-730. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(20\)30128-5](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(20)30128-5)
- Khalid, M. et Abdollahi, M. (2021). Environmental Distribution of Personal Care Products and Their Effects on Human Health. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 20(1). <https://doi.org/10.22037/ijpr.2021.114891.15088>
- Khan, N. S. (2022). *Childhood and Adolescent Exposure to Chemicals Found in Personal Care Products* [Université du Québec à Montréal].
- Kowalczyk, A., Wrzecińska, M., Czerniawska-Piątkowska, E., Araújo, J. P. et Cwynar, P. (2022). Molecular consequences of the exposure to toxic substances for the endocrine system of females. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 155, 113730. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113730>
- Lauretta, R., Sansone, A., Sansone, M., Romanelli, F. et Appetecchia, M. (2019). Endocrine Disrupting Chemicals: Effects on Endocrine Glands. *Frontiers in Endocrinology*, 10, 178. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00178>
- Maksymowicz, M., Ręka, G., Machowiec, P. et Pieciewicz-Szczęsna, H. (2022). Impact of Triclosan on Female and Male Reproductive System and Its Consequences on Fertility; A Literature Review. *Journal of Family & Reproductive Health*. <https://doi.org/10.18502/jfrh.v16i1.8592>
- Makuvara, Z., Marumure, J., Simbanegavi, T. T., Machingura, J., Chaukura, N. et Gwenzi, W. (2024). Unveiling the dark side of beauty? Beauty parlours as potential pollution and human exposure hotspots. *Process Safety and Environmental Protection*, 182, 1153-1170. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.12.045>
- Marie, C., Cabut, S., Vendittelli, F. et Sauvart-Rochat, M.-P. (2016). Changes in Cosmetics Use during Pregnancy and Risk Perception by Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(4), 383. <https://doi.org/10.3390/ijerph13040383>
- Martin, R., Deshaies, P. et Poulin, M. Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains. Institut national de la santé publique du Québec. septembre 2015.
- McLaughlin, J. E. (2022). *Le cycle menstruel - Problèmes de santé de la femme*. Le Manuel Merck. <https://www.merckmanuals.com/fr-ca/accueil/problèmes-de-santé-de-la-femme/biologie-de-l'appareil-génital-féminin/le-cycle-menstruel>

- Mesquita, I., Lorigo, M. et Cairrao, E. (2021). Update about the disrupting-effects of phthalates on the human reproductive system. *Molecular Reproduction and Development*, 88(10), 650-672. <https://doi.org/10.1002/mrd.23541>
- Nicolopoulou-Stamati, P., Hens, L. et Sasco, A. J. (2015). Cosmetics as endocrine disruptors: are they a health risk? *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 16(4), 373-383. <https://doi.org/10.1007/s11154-016-9329-4>
- Organisation mondiale de la santé. (2023). *Preterm birth*. Organisation mondiale de la santé. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/preterm-birth>
- Organisation mondiale de la santé. (2025). *Low birth weight*. Organisation mondiale de la santé. <https://www.who.int/data/nutrition/nlis/info/low-birth-weight>
- Pan, J., Liu, P., Yu, X., Zhang, Z. et Liu, J. (2024). The adverse role of endocrine disrupting chemicals in the reproductive system. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1324993. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1324993>
- Panagopoulos, P., Mavrogianni, D., Christodoulaki, C., Drakaki, E., Chrelias, G., Panagiotopoulos, D., Potiris, A., Drakakis, P. et Stavros, S. (2023). Effects of endocrine disrupting compounds on female fertility. *Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology*, 88, 102347. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2023.102347>
- Plante, I., Winn, L. M., Vaillancourt, C., Grigorova, P. et Parent, L. (2022). Killing two birds with one stone: Pregnancy is a sensitive window for endocrine effects on both the mother and the fetus. *Environmental Research*, 205, 112435. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112435>
- Predieri, B., Iughetti, L., Bernasconi, S. et Street, M. E. (2022). Endocrine Disrupting Chemicals' Effects in Children: What We Know and What We Need to Learn? *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19), 11899. <https://doi.org/10.3390/ijms231911899>
- Preston, E. V., Chan, M., Nozhenko, K., Bellavia, A., Grenon, M. C., Cantonwine, D. E., McElrath, T. F. et James-Todd, T. (2021). Socioeconomic and racial/ethnic differences in use of endocrine-disrupting chemical-associated personal care product categories among pregnant women. *Environmental Research*, 198, 111212. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111212>
- Puche-Juarez, M., Toledano, J. M., Moreno-Fernandez, J., Gálvez-Ontiveros, Y., Rivas, A., Diaz-Castro, J. et Ochoa, J. J. (2023). The Role of Endocrine Disrupting Chemicals in Gestation and Pregnancy Outcomes. *Nutrients*, 15(21), 4657. <https://doi.org/10.3390/nu15214657>
- Quinn, J.-A., Munoz, F. M., Gonik, B., Frau, L., Cutland, C., Mallett-Moore, T., Kissou, A., Wittke, F., Das, M., Nunes, T., Pye, S., Watson, W., Ramos, A.-M. A., Cordero, J. F., Huang, W.-T., Kochhar, S. et Buttery, J. (2016). Preterm birth: Case definition & guidelines for data collection, analysis, and presentation of immunisation safety data. *Vaccine*, 34(49), 6047-6056. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.03.045>
- Quiros-Alcala, L., Pollack, A. Z., Tchangelova, N., DeSantiago, M. et Kavi, L. K. A. (2019). Occupational Exposures Among Hair and Nail Salon Workers: a Scoping Review. *Current Environmental Health Reports*, 6(4), 269-285. <https://doi.org/10.1007/s40572-019-00247-3>

- Rebar, R. W. (2024). *Présentation de l'infertilité - Problèmes de santé de la femme*. Le Manuel Merck. <https://www.merckmanuals.com/fr-ca/accueil/problèmes-de-santé-de-la-femme/stérilité-et-fausse-couche-récurrente/présentation-de-l'infertilité>
- Resende, D. D. F., Alves, G. C. D. S., Couto, R. O. D., Sanches, C. et Chequer, F. M. D. (2021). Can parabens be added to cosmetics without posing a risk to human health? A systematic review of its toxic effects. *Revista de Ciências Farmacêutica Básica e Aplicadas - RCFBA*, 42, e706. <https://doi.org/10.4322/2179-443X.0706>
- Rivera-Núñez, Z., Kinkade, C. W., Zhang, Y., Rockson, A., Bandera, E. V., Llanos, A. A. M. et Barrett, E. S. (2022). Phenols, Parabens, Phthalates and Puberty: a Systematic Review of Synthetic Chemicals Commonly Found in Personal Care Products and Girls' Pubertal Development. *Current Environmental Health Reports*, 9(4), 517-534. <https://doi.org/10.1007/s40572-022-00366-4>
- Rosner, J., Samardzic, T. et Sarao, M. S. (2024). *Physiology, Female Reproduction*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL). <http://europepmc.org/abstract/MED/30725817>
- Schildroth, S., Bethea, T. N., Wesselink, A. K., Friedman, A., Fruh, V., Calafat, A. M., Wegienka, G., Gaston, S., Baird, D. D., Wise, L. A. et Claus Henn, B. (2024). Personal Care Products, Socioeconomic Status, and Endocrine-Disrupting Chemical Mixtures in Black Women. *Environmental Science & Technology*, 58(8), 3641-3653. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c06440>
- Société canadienne du cancer. (2020, octobre). *Organes sexuels et appareil reproducteur féminins*. Société canadienne du cancer. <https://cancer.ca/fr/cancer-information/what-is-cancer/female-sex-organs-and-reproductive-system>
- Srnovršnik, T., Virant-Klun, I. et Pinter, B. (2023). Polycystic Ovary Syndrome and Endocrine Disruptors (Bisphenols, Parabens, and Triclosan)—A Systematic Review. *Life*, 13(1), 138. <https://doi.org/10.3390/life13010138>
- Wang, V. A., Chu, M. T., Chie, L., Gaston, S. A., Jackson, C. L., Newendorp, N., Uretsky, E., Dodson, R. E., Adamkiewicz, G. et James-Todd, T. (2021). Acculturation and endocrine disrupting chemical-associated personal care product use among US-based foreign-born Chinese women of reproductive age. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 31(2), 224-232. <https://doi.org/10.1038/s41370-020-00279-0>
- Wieczorek, K., Szczęśna, D. et Jurewicz, J. (2022). Environmental Exposure to Non-Persistent Endocrine Disrupting Chemicals and Endometriosis: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5608. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095608>
- Yesumanipreethi, S., Nirmal Magadalenal, N. et Moses Inbaraj, R. (2021). Impact of Phthalates and Parabens on the Neurobehavioral and Reproductive Function: A Review. *Proceedings of the Zoological Society*, 74(4), 572-590. <https://doi.org/10.1007/s12595-021-00408-z>
- Yilmaz, B., Terekeci, H., Sandal, S. et Kelestimur, F. (2020). Endocrine disrupting chemicals: exposure, effects on human health, mechanism of action, models for testing and strategies for prevention. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 21(1), 127-147. <https://doi.org/10.1007/s11154-019-09521-z>

Young, W. F. (2022). *Endocrine Function - Hormonal and Metabolic Disorders*. Le Manuel Merck. <https://www.merckmanuals.com/home/hormonal-and-metabolic-disorders/biology-of-the-endocrine-system/endocrine-function>

Zlatnik, M. G. (2016). Endocrine-Disrupting Chemicals and Reproductive Health. *Journal of Midwifery & Women's Health*, 61(4), 442-455. <https://doi.org/10.1111/jmwh.12500>