



Article scientifique

Article

2021

Published version

Open Access

This is the published version of the publication, made available in accordance with the publisher's policy.

Quand congeler revient déjà à genrer : une étude comparative du développement des techniques biomédicales de cryopréservation des gamètes humains mâles et femelles

Grino, Claire

How to cite

GRINO, Claire. Quand congeler revient déjà à genrer : une étude comparative du développement des techniques biomédicales de cryopréservation des gamètes humains mâles et femelles. In: Nouvelles questions féministes, 2021, vol. 39, n° 2, p. 14–30. doi: 10.3917/nqf.392.0014

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:165445>

Publication DOI: [10.3917/nqf.392.0014](https://doi.org/10.3917/nqf.392.0014)



QUAND CONGELER REVIENT DÉJÀ À GENRER : UNE ÉTUDE COMPARATIVE DU DÉVELOPPEMENT DES TECHNIQUES BIOMÉDICALES DE CRYOPRÉSERVATION DES GAMÈTES HUMAINS MÂLES ET FEMELLES

[Claire Grino](#)

Éditions Antipodes | « [Nouvelles Questions Féministes](#) »

2020/2 Vol. 39 | pages 14 à 30

ISSN 0248-4951

DOI 10.3917/nqf.392.0014

Article disponible en ligne à l'adresse :

<https://www.cairn.info/revue-nouvelles-questions-feministes-2020-2-page-14.htm>

Distribution électronique Cairn.info pour Éditions Antipodes.

© Éditions Antipodes. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

Grand an

Quand congeler revient déjà à genrer : une étude comparative du développement des techniques biomédicales de cryopréservation des gamètes humains mâles et femelles

Claire Grino

La thèse d'Emily Martin est désormais bien connue dans le champ de la critique féministe des sciences : la caractérisation implicite des ovocytes comme féminins et des spermatozoïdes comme masculins a longtemps empêché les biologistes de se poser la question de l'activité des gamètes femelles, les maintenant dans l'ignorance sur ce point. En effet, tant que les ovocytes étaient dépeints sous les traits de la belle au bois dormant attendant patiemment son prince charmant, une telle question ne faisait pas sens (Martin, 1991). On pourrait penser que ces biais de genre, qui nuisent à la recherche, appartiennent à une époque révolue et que la science d'aujourd'hui en est exempte. L'examen des textes scientifiques touchant à une technique biomédicale qui fait l'actualité depuis maintenant plusieurs années, la congélation des gamètes et en particulier des ovocytes, nous prouve pourtant le contraire.

Dans une perspective d'histoire et de philosophie des sciences et des techniques, cet article se penche sur l'économie symbolique à l'œuvre dans les savoirs experts de la cryopréservation du sperme et des ovocytes. La cryopréservation consiste à préserver les propriétés biologiques des cellules, tissus, organes ou organismes grâce au froid. Appliquée aux gamètes, elle permet leur utilisation après décongélation dans un but procréatif décalé dans le temps — pour faire des enfants plus tard. Or, l'analyse de la littérature médicale internationale débouche sur le constat d'une dynamique genrée dans la mise en récit du développement des techniques de cryopréservation

Quand congeler revient déjà à genrer : une étude comparative
du développement des techniques biomédicales
de cryopréservation des gamètes humains mâles et femelles
Claire Grino

appliquées aux cellules reproductrices. J'aimerais montrer que cette dynamique produit des représentations biaisées des gamètes, tout en entravant la recherche¹.

Cet argument fait écho à l'affirmation de Martin (1991) selon laquelle les métaphores dans les sciences maintiennent en vie certains des stéréotypes de genre les plus éculés ; il s'inscrit également dans le sillage des travaux de Donna Haraway (1991), qui a montré le rôle central des métaphores dans la constitution des savoirs biologiques ; il s'inspire enfin des réflexions d'Evelyn Fox Keller (2000: 47) sur le fait que «les métaphores que nous invoquons [...] pour représenter les objets [...] peuvent [...] avoir des effets sur les connaissances que nous obtenons». Par conséquent, les réflexions présentées ici se situent en amont des enjeux bioéthiques, angle sous lequel on discute habituellement la cryoconservation des gamètes. Ce ne sont pas les questions que cette technique, maintenant qu'elle est développée, pose à la société qui seront examinées ici, mais plutôt, à l'inverse, comment le sens commun et les représentations vernaculaires s'invitent dans la production scientifique et technique, de sorte que les techniques de cryopréservation des gamètes arrivent sur le marché de l'offre médicale en ayant déjà internalisé certaines valeurs de leur contexte de conception (Fennberg, 2004), en particulier les valeurs de genre.

La présentation des chronologies respectives du développement de la cryopréservation des ovocytes et de la cryopréservation du sperme, complétée de l'analyse du lexique employé, mettra en évidence l'attribution erronée de traits genrés aux gamètes mâles et femelles ; ce sont ensuite les effets de ces représentations genrées sur les raisonnements scientifiques qui seront observés².

Une histoire d'ovocytes indomptables...

La cryobiologie moderne commence au début du XX^e siècle, même si les effets paradoxaux des très basses températures sur les êtres vivants sont connus depuis longtemps, comme les engelures ou, au contraire, l'hibernation. Le défi pour la cryobiologie – dont relève la cryopréservation des

1. Je remercie très chaleureusement Delphine Gardey et Camille Bajoux pour les discussions riches et constructives que nous avons eues à ce sujet.

2. Avant de commencer, une précision s'impose : la littérature médicale consultée pour ce travail emploie le terme de «femme» pour femme *cis* et d'«homme» pour homme *cis*, ignorant donc les personnes *trans*. Afin de simplifier la terminologie de cet article, et parce que les difficultés pratiques et cliniques rencontrées par les personnes trans pour préserver leur fertilité demanderaient une étude à part entière, qui reste à faire (exception : Hérault, 2015), le terme de «sexe» renvoie à l'appareil reproducteur des corps. Sa déclinaison en masculin et féminin ne désigne pas l'identité genrée de personnes, mais des corps censés produire respectivement des ovules et des spermatozoïdes. Les termes de «femme» et d'«homme» valent grossièrement pour femme *cis* et homme *cis*.

gamètes — consiste à maintenir en vie des cellules et tissus vivants à des températures sous 0°C. Les premières notions de cryopréservation sont acquises par les biologistes au tournant du XIX^e siècle, quand ils reconnaissent la nécessité d'utiliser des additifs pour préserver les cellules des dommages de l'eau changeant d'état — qu'il s'agisse d'éviter la dégradation des cellules au moment de la cristallisation ou au moment de la décongélation, lorsque ces cristaux fondent (Rajan et Matsumura, 2018). C'est la période à partir de laquelle les récits sur la cryopréservation des gamètes débutent en général.

Dans cette première moitié du XX^e siècle, on rapporte toutefois que les expériences de cryopréservation demeurent largement infructueuses malgré de nombreuses tentatives (Gook, 2011). Bien que différents cryoprotecteurs non perméables, dont le sucrose, soient testés et décrits dès 1908, avec quelques résultats positifs notamment pour les plantes (Maksimov, 1913, cité par Isachenko *et al.*, 2003), puis pour le sperme de lapin, de cochon d'Inde, de taureau, de bélier, d'étalon et de sanglier dans les années 1930 (Bernstein et Petropavlovsky, 1937, cité par Isachenko *et al.*, 2003), les réussites demeurent aléatoires et c'est seulement en 1949, avec l'identification des conditions d'usage du glycérol comme cryoprotecteur (Polge, Smith et Parkes, 1949), que la cryobiologie des gamètes est réputée s'épanouir. Toutefois, dans les années 1950, de telles expériences à base de glycérol demeurent des échecs quand elles sont conduites sur des ovocytes non fécondés de souris, de chèvre et de lapine (Sherman et Lin, 1959 ; Averill et Rowson, 1959 ; Smith, 1953). Le problème du mouvement de l'eau et de sa solidification dans la cellule reproductrice des femelles n'est pas réglé. Des agents cryoprotecteurs alternatifs au glycérol sont essayés, avec très peu de succès.

C'est en 1958 que, pour la première fois, un protocole de congélation et décongélation d'ovocytes de mammifère préservant leur pouvoir de génération est mis au point grâce à une solution modifiée de glycérol (Sherman et Lin, 1958). Il s'agit d'ovocytes de souris. Mais il s'avère impossible d'appliquer la méthode à d'autres espèces. En 1977, presque vingt ans plus tard, a lieu la première fécondation *in vitro* (FIV) issue d'ovocytes de souris préalablement stockés dans de l'azote liquide et donnant des souriceaux en parfaite santé (Whittingham, 1977). La méthode de Whittingham (congélation lente) a ensuite été appliquée avec succès à d'autres espèces, telles que les rates, les hamsters femelles, les lapines et enfin les femelles primates en 1984 (Ambrosini *et al.*, 2006 ; Gook, 2011).

De tels protocoles de congélation lente persistent cependant à donner de moins bons résultats pour les ovocytes que pour les embryons (et *a fortiori* pour le sperme). De plus, ces expériences soulèvent de nombreux problèmes : anomalies génétiques, processus de parthénogenèse, altérations de la membrane cellulaire empêchant la fécondation de la cellule (Gook, 2011). Bref, le développement embryonnaire et fœtal d'ovocytes antérieurement congelés est très pauvre.

En parallèle à ces développements, une autre voie technique est proposée dès 1937, celle de la congélation ultra rapide appelée vitrification (Luyet, 1937). L'intérêt de cette méthode est d'empêcher la formation de glace et les problèmes qui l'accompagnent, en atteignant directement un état de transition vitreuse (Rall et Fahy, 1985). Mais la grande toxicité des cryoprotecteurs requis pour une telle opération n'est pas plus aisée à maîtriser. De fait, des problèmes majeurs apparaissent : pertes post-implantatoires, fœtus malformés et diverses anomalies chromosomiques. En conséquence, à la fin des années 1980, la vitrification des ovocytes est abandonnée.

En raison des échecs auxquels aboutissent les protocoles tant de congélation lente que de vitrification, les scientifiques se tournent durant cette période vers d'autres méthodes. Toutes les expériences précédentes ont été réalisées sur des ovocytes matures, au stade dit de « métaphase II ». Ce stade correspond au niveau de développement atteint par les ovocytes quand le corps les délivre pour une éventuelle fécondation. C'est également le stade auquel on les ponctionne après stimulation ovarienne dans les protocoles de FIV. Est alors avancée l'hypothèse selon laquelle ce stade de développement serait peut-être mal adapté à la congélation. De nouvelles techniques de préservation de la fertilité sont inaugurées, telles que la maturation in vitro des ovocytes et la congélation de tissu ovarien. Ces techniques sont toutefois marquées à leur tour par des échecs (Gook, 2011).

Dans ces conditions, les années 1980 sont présentées comme le théâtre d'une situation paradoxale : d'un côté, le développement considérable de la pratique de la FIV nourrit un vif intérêt pour les techniques de procréation médicalement assistée (PMA), y compris pour la congélation des ovocytes, tandis que, de l'autre, la maîtrise de la congélation des embryons au début des années 1980 interrompt la clinique de la cryopréservation des ovocytes, en satisfaisant à sa manière un certain nombre de besoins (internes à la pratique de la FIV ou relatifs à la préservation de la fertilité). Pour rappel, la première FIV humaine date de 1978 avec la naissance de Louise Brown, la première naissance issue de don d'ovocytes frais remonte à 1983, et 1983-1984 marquent le commencement du recours clinique aux embryons congelés. C'est seulement en 1986 que naît le premier enfant à partir d'un ovocyte congelé (Chen, 1986). Pourtant, durant les deux décennies suivantes, la cryopréservation des ovocytes n'est pas intégrée à la clinique (Allahbadia, Kuwayama et Gandhi, 2015). Deux raisons sont invoquées pour expliquer ce report dans le temps : d'abord, les mauvais résultats obtenus, puisque jusqu'au début des années 2000, les scientifiques ne parviennent pas à reproduire la réussite des protocoles de cryopréservation ovocytaire ; ensuite, la disponibilité d'une solution alternative. La maîtrise de la cryopréservation des embryons, comme indiquée, minore le besoin de la congélation ovocytaire et rend son développement moins urgent.

Cela n'empêche pas l'ouverture, en 1994, en Australie, de la première banque d'ovocytes (qui suppose l'usage d'ovocytes congelés), dédiée aux

femmes atteintes d'un cancer. Le véritable tournant est cependant réputé intervenir dix ans plus tard, en 2003, avec l'introduction de la méthode Cryotop³ dans les protocoles de vitrification par des équipes japonaises (Katayama *et al.* 2003), ce qui permet de réduire considérablement la toxicité des cryoprotecteurs employés. La vitrification devient alors très efficace pour congeler les ovocytes, avec des taux de survie atteignant les 90% (Cobo *et al.*, 2008). Et c'est dans le sillage de cette technique que le début du XXI^e siècle voit prospérer les applications cliniques.

Parmi elles, on compte l'autoconservation ovocytaire dite «sociétale» (pour permettre aux femmes en bonne santé de reporter le moment de faire un enfant), dont l'émergence se concrétise avec l'ouverture, dès 2004, d'une clinique dénommée Extend Fertility à New York. Celle-ci se consacre exclusivement à la commercialisation de cette application hors indications médicales. En 2008 et 2011, différentes études rapportent que, dans le cadre des FIV, le taux de succès des grossesses à partir d'ovocytes congelés est le même que celui des grossesses résultant d'ovocytes frais (Boldt, 2011). Cela conduit alors à la déclassification de la procédure de son statut expérimental par l'ASRM (American Society for Reproductive Medicine), par la SART (Society for Assisted Reproductive Technology) et, à leur suite, par l'ensemble des autorités médicales de par le monde, statuant que la congélation ovocytaire est désormais considérée comme une technique médicale standard (SART, 2013). Quelques mois plus tard, en 2014, les compagnies Apple et Facebook annoncent qu'elles procureront aux salariées qui le souhaiteraient le bénéfice d'une cryopréservation ovocytaire sociétale à hauteur de 20000 dollars, contribuant, de par la polémique que cette annonce suscita, à faire connaître au grand public cette technique biomédicale⁴.

Un tel regard rétrospectif sur les étapes du développement de la cryopréservation ovocytaire fait état de nombreuses embûches rencontrées par les scientifiques de la reproduction. Sous leur plume, cette technique biomédicale apparaît effectivement comme le résultat de nombreuses décennies de recherche qui ont défié les ressources et l'ingéniosité d'une large communauté (biologistes et médecins de diverses spécialités): «La congélation des ovocytes a vingt-cinq ans d'histoire, alternant entre succès et revers⁵», avance une équipe italienne de gynécologues en 2006 (Ambrosini *et al.*, 2006: 258). Encore faudrait-il souligner dans cette perspective que les vingt-cinq ans mentionnés, auxquels sept années doivent être ajoutées pour que la technique devienne routinière, ne considèrent que les échecs et

3. Cette méthode permet de congeler très rapidement les ovocytes et de les plonger immédiatement dans l'azote liquide, où ils sont alors conservés.

4. Danielle Friedman, «Perk up: Facebook and Apple now pay for women to freeze eggs», NBC News, 14 octobre 2014. En ligne: <http://www.nbcnews.com/news/us-news/perkfacebook-apple-now-pay-women-freeze-eggs-n225011> (consulté le 15 septembre 2015).

5. Toutes les traductions de cet article sont faites par mes soins.

espoirs déçus de l'époque des FIV, ignorant des prémices, tout aussi malheureuses dans les premiers temps, de la cryobiologie. À l'aune d'un tel récit, on comprend pourquoi le terme de « révolution » est fréquemment employé pour désigner la maîtrise récente et tant espérée de cette technique pour la clinique, comme le souligne Karey Harwood (2009).

... comparée à une histoire de spermatozoïdes malléables

L'histoire de la cryopréservation des spermatozoïdes humains tranche avec celle des ovocytes. Pour sa part, elle est présentée de manière ramassée et linéaire. Elle semble ainsi dotée d'une certaine évidence et peut se targuer d'une facilité dans la mise en place – une histoire courte et simple, en somme.

H.W. Michelmann (2002, dans la section « Cryobiology ») en fait un récit progressiste particulièrement efficace en sept dates clefs, corroborées par de nombreuses sources (Talwar et Ghosh, 2018 ; Martins, Agarwal et Henkel, 2019 ; Talwar, 2012 ; Gook, 2011 ; Hezavehei *et al.*, 2018). Dès le XVIII^e siècle, un biologiste italien à qui l'on attribue les premières inséminations artificielles réalisées chez les chiennes observe les effets de la congélation sur le sperme : Lauro Spallanzani constate qu'après réchauffement, les spermatozoïdes congelés dans la neige retrouvent leur motilité. La preuve est ainsi faite, en 1776, que le froid ne les tue pas. Un siècle plus tard, Paolo Mantegazza rapporte à son tour, en 1866, la survivance de spermatozoïdes plongés à -17°C pendant quatre jours.

La troisième date que retient Michelmann appartient à l'époque contemporaine de la cryopréservation du sperme. Il crédite en effet Hudson Hoagland et Gregory Pincus (1942) d'avoir réalisé la première vitrification de sperme humain en 1942, dans le sillage de travaux précurseurs concernant cette technique particulière (Luyet et Hodapp, 1938 ; Schaffner, 1942). Toutefois, c'est 1949 (quatrième date de Michelmann) qui marque les évolutions postérieures des protocoles de cryopréservation, quand trois chercheurs en médecine, Christopher Polge, Audey Smith et Alan Sterling Parkes, découvrent un cryoprotecteur très performant pour la congélation lente du sperme humain, le glycérol, de manière fortuite. Selon leurs propres mots, « leur attention [a été] dirigée par une observation chanceuse vers l'action du glycérol, lequel protège les spermatozoïdes des effets des basses températures » (Polge, Smith et Parkes, 1949 : 666). Le glycérol fait date dans l'histoire de la cryobiologie et les succès de cette découverte évincent les recherches sur la vitrification.

Depuis lors, les réalisations s'enchaînent. En 1953 a lieu la première fertilisation humaine avec du sperme décongelé (Sherman et Bunge, 1953) ; en 1954, Raymond Bunge, William Kettel et Jerome Sherman rapportent

quatre grossesses issues de sperme congelé ; et, en 1963, Sherman fait part de premières naissances issues de sperme préservé dans de l'azote liquide. Désormais, les paillettes de sperme font partie intégrante des pratiques de PMA, utilisées d'abord dans les protocoles d'insémination artificielle, puis, massivement, dans ceux des FIV à partir de 1978.

On peut ajouter à cette chronologie le développement parallèle des banques de sperme avec la création des premières d'entre elles au sein des universités dans les années 1950, comme celle de l'Université d'Iowa, où travaille Sherman. Les banques privées suivront dans les années 1970, dont la fameuse California Cryobank en 1977. C'est également en 1977 que les CECOS (Centre d'étude et de conservation des œufs et du sperme) ouvrent leurs portes en France, sur un modèle très différent qui combine la gratuité et l'anonymat dans le cadre d'une institution publique (Cahen et van Wijland, 2016).

Ainsi, si l'on s'en tient à la période contemporaine, il faut constater que cinq années seulement séparent la découverte en laboratoire d'un cryoprotecteur à même d'assurer le caractère standard des protocoles de cryopréservation du sperme (1949) des premières applications cliniques couronnées de succès, avec la naissance d'enfants (1954). Voilà qui est remarquablement rapide. Par comparaison, le tableau des décennies requises pour obtenir des résultats acceptables en matière de cryopréservation des ovocytes dépeint une succession de batailles scientifiques et techniques longues et difficiles, sans commune mesure. Il s'en dégage un fort contraste entre les manières dont les cellules sexuelles des hommes et des femmes ont été apprivoisées et peuvent être manipulées. Dans une telle perspective antagoniste, les observations précoces de sperme congelé aux XVIII^e et XIX^e siècles, loin d'étendre la période de recherche à des époques antérieures, renforcent l'impression que les spermatozoïdes sont facilement congelables, même sans équipements modernes. Il en va de même du caractère accidentel, et donc subit et immédiat, de la découverte majeure du glycérol comme cryoprotecteur pour le sperme, fait largement souligné : sa révélation impromptue à des scientifiques en quête d'autre chose semble le signe d'une simplicité organique propre aux spermatozoïdes. Bref, à travers ces deux chronologies antagonistes, les gamètes mâles sont perçus comme facilement contrôlables, par opposition à des gamètes femelles qui apparaissent rebelles et difficiles à maîtriser.

Un lexique hétéronormé

Le lexique employé corrobore une telle interprétation genrée des gamètes. Le propos suivant est caractéristique des connotations associées au sperme : « Dans le contexte de la cryobiologie des cellules et tissus reproductifs, la cryopréservation du sperme a la plus longue histoire. Du fait de la nature

Quand congeler revient déjà à genrer : une étude comparative
du développement des techniques biomédicales
de cryopréservation des gamètes humains mâles et femelles
Claire Grino

robuste du gamète mâle, il peut être stocké indéfiniment dans l'azote liquide sans que sa capacité à être utilisé dans les traitements d'infertilité soit compromise» (Kagalwala, 2015: 31). Il tranche avec cet autre extrait non moins caractéristique des connotations associées aux ovocytes, déjà mentionné, mais qui vaut la peine d'être complété : «La congélation des ovocytes a vingt-cinq ans d'histoire, alternant entre succès et revers. Les ovocytes humains ont une architecture délicate, mais sont susceptibles d'être congelés» (Ambrosini *et al.*, 2006: 258). Les spermatozoïdes seraient robustes, tandis que les ovocytes auraient l'architecture délicate : comment ne pas lire ici la projection sur ces gamètes des traits de personnalité attribués aux hommes et aux femmes dans notre culture hétéronormée ? Il faut souligner l'incongruité de telles qualifications. En effet, parler de gamètes, c'est parler de cellules, à savoir de l'unité la plus élémentaire du monde vivant. Ni organisme, ni organe, ni même tissu, les cellules sont des entités biologiques de dix micromètres de diamètre, dotées chez les êtres humains d'un noyau et d'un cytoplasme et au nombre de cent mille milliards pour constituer un corps. Par conséquent, l'opération qui consiste à personnifier des cellules ne saurait découler de l'observation : elle suppose des ressources extrabiologiques pour être menée.

Justement, il est frappant de constater que les chercheur·e·s et praticien·ne·s du domaine de la procréation qui s'intéressent à la cryopréservation ne tarissent pas d'éloges à l'endroit du sperme. D'abord, on apprend qu'«à la différence du sperme animal, le sperme humain se congèle facilement parce qu'il est *extrêmement résistant* aux variations osmotiques et au choc hypothermique» (Michelmann, 2002: 289, je souligne). L'absence de spécification des espèces considérées tourne facilement à l'avantage des êtres humains. En outre, l'affirmation oublie que l'expérience dans la neige de Spallanzani au XVIII^e siècle a été réalisée à partir de sperme de chevaux (Leibo, 2007), de même qu'elle omet toutes les expériences concluantes pour le sperme animal, mais vouées à l'échec pour les gamètes femelles, et qui ont d'ailleurs servi d'étendard pour se désoler des difficultés à congeler les ovocytes (Gook, 2011). Il faudrait reconnaître à tout le moins que le sperme de nombreux animaux est lui aussi facile à congeler. Ensuite, bien sûr, Michelmann et ses confrères et consœurs n'oublient pas que «le nombre immense de gamètes disponibles» est un atout majeur pour la réussite de la procédure de congélation. Enfin, on apprend que «[m]ême sans aucun cryoprotecteur, certains spermatozoïdes survivent au processus de congélation» (Michelmann, 2002: 289). Les spermatozoïdes sont décidément très forts ! C'est bien encore leur robustesse qui se lit dans l'admiration qui leur est vouée.

Or, disséminées ça et là, ces formules seraient sans signification si le consensus ne se formait pas sur des considérations opposées concernant les ovocytes. On se rappelle que les ovocytes matures ont pu sembler un temps trop vulnérables pour pouvoir être congelés : «À la fin des années 1980, un consensus finit par se former autour de l'idée que l'ovocyte était trop

vulnérable pour la cryopréservation au stade de métaphase II» (Gook, 2011: 282, je souligne). Le problème est réputé résider dans la constitution de l'ovocyte: «La complexité structurelle de l'ovocyte est la cause la plus probable du taux de réussite réduit de la cryopréservation ovocytaire» (O'Hern Peretto *et al.*, 2013: 191). Non pas que la complexité de la cellule représente un quelconque avantage, en termes de développement ou d'adaptabilité; elle condamne au contraire l'ovocyte à l'échec. La taille en particulier pose problème. «Il est connu que l'ovocyte est la plus grande cellule du corps humain» (Yurchuk, Petrushko et Fuller, 2018: 8). Or, dans un article sur la cryopréservation, on lit: «L'utilisation du sperme a présenté moins de difficultés techniques. Les spermatozoïdes sont beaucoup plus petits que les ovocytes et ils survivent au processus de congélation et décongélation *indemnes*» (Turkington et Alper, 2001: 38, je souligne). Plus grands, les ovocytes sont justement plus vulnérables. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle la comparaison des ovocytes humains avec ceux d'autres animaux, en l'occurrence de souris et de lapines, est en leur défaveur (Porcu *et al.*, 2003: 214). D'ailleurs, «[d]e toutes les cellules de mammifère, l'ovocyte est parmi les plus grandes» (Vanderzwahlen *et al.*, 2011: 577). Il en irait presque d'un péché d'orgueil! En tout état de cause, on discerne un ton très différent dans les descriptions de l'ovocyte, par comparaison avec celui qui prévaut dans les spécifications du sperme. C'est ce contraste dans l'expression qui trahit la présence de présupposés genrés dans les caractérisations des deux gamètes, indépendamment de leurs déterminations respectives.

Un raisonnement erroné

Il n'est assurément pas question d'ignorer que deux cellules peuvent avoir des caractéristiques différentes et que leurs structures propres, eu égard aux fonctions qui sont les leurs, peuvent de fait être plus ou moins sensibles à certains types de modifications qu'on leur fait subir. En l'occurrence, il faut reconnaître que la grande taille des ovocytes rend la maîtrise de la cellule plus difficile à contrôler lors des changements de température; l'importante quantité d'eau à l'intérieur de la cellule implique de forts risques de formation de cristaux; et la faible surface de la membrane cellulaire, en proportion de sa taille et du fait de sa forme sphérique, empêche des échanges aisés avec l'extérieur (que ce soit pour évacuer l'eau ou intégrer les cryoprotecteurs) (i.e. Noyes *et al.*, 2011; Yurchuk, Petrushko et Fuller, 2018). La SART (2013: 37) résume les choses ainsi: «Les premiers succès furent limités par la fragilité de la métaphase II de l'ovocyte, liée à sa grande taille, sa teneur en eau et la position des chromosomes.»

De leur côté, les spermatozoïdes sont dotés d'une constitution bien différente: «Les effets typiques [la bonne survie] observés sur le sperme congelé-décongelé dérivent de la constitution unique de la cellule. Les spermatozoïdes humains sont des cellules relativement simples avec un

Quand congeler revient déjà à générer : une étude comparative du développement des techniques biomédicales de cryopréservation des gamètes humains mâles et femelles
Claire Grino

grand ratio surface/volume et ils ont une grande perméabilité à l'eau. [...] Le matériel génétique est fortement condensé et est moins susceptible d'être affecté par les cryoprotecteurs que les embryons [ou les ovocytes]» (Seli et Agarwal, 2012: 290).

Si on laisse de côté le choix malheureux du vocabulaire («fragilité», «constitution unique»), il faut reconnaître que la démarche scientifique appelle légitimement à identifier et nommer les traits spécifiques qui expliquent les réactions variées aux procédures de congélation. Toutefois, le problème réside dans l'opération d'induction qui en vient à qualifier les cellules elles-mêmes à l'aune de ce que l'on cherche à faire avec elles. En effet, le critère de faisabilité permet de qualifier la réaction des cellules aux interventions techniques auxquelles on les soumet, mais pas leurs propriétés internes. En l'occurrence, il est avéré que la structure des ovocytes handicape les protocoles de congélation, plutôt qu'elle ne les facilite. Mais les ovocytes ne sont pas handicapés en soi, ils ne sont pas des problèmes par nature, des obstacles, des monuments d'instabilité, comme le laisse entendre la littérature médicale (délicates, vulnérables, fragiles). Pourtant, l'étape d'attribution de caractères essentiels est souvent et aisément franchie.

Illustrant ce point, l'extrait suivant, en apparence anodin, nous montre l'ampleur du problème. Son analyse interdit d'en faire une simple question de style malencontreusement misogynne, ou de vernissage «après coup» posé sur des découpages conceptuels qui seraient premiers et inéluctables, comme si le raisonnement scientifique n'était pas affecté par les images et métaphores mobilisées pour réfléchir, et en l'occurrence par les représentations genrées des gamètes : «Le résultat final est toujours insatisfaisant et la principale raison de cela réside dans les caractéristiques biologiques spécifiques de l'ovocyte et la sévérité des problèmes qui sont rencontrés quand cette cellule est soumise aux protocoles de congélation-décongélation» (Ambrosini *et al.*, 2006: 251). Ici, le poids des échecs est presque entièrement imputé à la structuration interne des ovocytes, ce qui contribue à nouveau à produire une image dégradée de leur être, même si aucun adjectif péjoratif n'est employé. Mais il y a plus. L'attribution des difficultés expérimentales à la nature de l'ovocyte revêt un caractère étonnamment providentiel. En effet, les raisons des échecs répétés ne devraient-elles pas également être cherchées ailleurs? Or, cette question n'est guère posée par les scientifiques. L'attribution de traits masculins au sperme et féminins aux ovocytes justifie le développement différencié de la cryopréservation des gamètes mâles et femelles. Mieux, elle fournit une explication toute faite aux échecs enregistrés, et rend caduque la recherche d'autres causalités. Loin d'être neutre, la mobilisation de la métaphore genrée assume donc une fonction heuristique majeure. Face au constat d'une inférence erronée sur la «nature» des gamètes mâles et femelles dans les récits scientifiques, la question de ce que les stéréotypes de genre font aux histoires que proposent les scientifiques doit être posée.

Des échecs structurés par des standards androcentrés

Faisons l'économie de l'hypothèse selon laquelle le temps et les efforts qui ont été requis pour la cryopréservation des ovocytes découleraient des propriétés sophistiquées de ces cellules : d'autres éléments d'explication peuvent alors apparaître. De fait, après avoir rappelé les caractéristiques ovocytaires en jeu dans le processus de congélation (grande taille, maigre surface de la cellule et relative perméabilité de sa membrane externe), Taisiia Yurchuk et ses collègues notent que ces propriétés « ne permettent pas l'utilisation des protocoles standards pour la congélation des ovocytes » (Yurchuk, Petrushko et Fuller, 2018 : 8). Ces auteur-e-s pointent en réalité un véritable problème : quels protocoles ont été utilisés ? Le sperme ayant été la première entité biologique dont on a eu la maîtrise par le froid, suivi des embryons, il a largement défini les critères du champ, de sorte que ce sont les procédures lui correspondant qui ont été promues au rang de standard, valant ensuite comme étalon pour attester des réussites sur les ovocytes. Jaffar Ali, Naif AlHarbi et Nafisa Ali (2017 : 11) en témoignent quand ils remarquent qu'après la désillusion de la fin des années 1980, à la suite de l'impossibilité de répéter le succès de Christopher Chen⁶, « [i]l sembla nécessaire de développer des techniques de cryopréservation qui soient inoffensives pour les cellules visées ». Faute de protocoles adaptés, les mauvais résultats des expériences paraissent en effet inévitables. Mais l'édification des chronologies ne prend jamais ce paramètre comme critère explicatif des échecs, puisque loin d'être conçu dans sa spécificité, l'écart à la norme « spermatique » des ovocytes est perçu comme un handicap. On ne saurait donc s'étonner de lire de la part de la SART (2013 : 38) la supposition suivante : « Les modifications apportées dans les dernières années aux méthodes de cryopréservation pourraient expliquer l'amélioration de la survie des ovocytes matures cryopréservés. »

Il faut ajouter à cela que les connaissances sur les ovocytes n'ont pas été suffisamment développées. En effet, des spécialistes constatent que « [p]endant longtemps, les tentatives pour cryopréserver les ovocytes humains furent vouées à l'échec, ce qui peut s'expliquer par le manque de connaissance précise de la structure des gamètes féminins » (Yurchuk, Petrushko et Fuller, 2018 : 8) Or, il semble évident que la mise au point de protocoles appropriés dépend en grande partie de la compréhension des mécanismes spécifiques à l'œuvre. On voit ainsi comment, au-delà des caractères objectifs des cellules sexuelles, toute une dynamique de méconnaissance vient étayer les idées reçues sur les gamètes féminins. L'absence de connaissances appropriées entraîne l'échec de protocoles mal construits, pour déboucher sur une caractérisation des ovocytes en termes de fragilité, plutôt que sur une remise en cause de protocoles mal adaptés. Une telle attitude est favorisée par une culture médicale qui a largement érigé le corps

6. C'est son équipe qui a permis la première naissance issue d'un ovocyte congelé en 1986.

Quand congeler revient déjà à genrer : une étude comparative
du développement des techniques biomédicales
de cryopréservation des gamètes humains mâles et femelles
Claire Grino

masculin en corps universel et qui légitime historiquement la mise à l'écart des spécificités des corps féminins (Giacomini, Rozée-Koker et Pepitone-Arreola-Rockwell, 1986 ; Harrison, 1990). Sous couvert d'un enregistrement neutre des faits, les qualifications avancées sont en réalité le fruit d'une activité humaine orientée, en amont, par des biais androcentrés.

Enfin, le bénéfice de la primeur qui revient à la congélation du sperme a permis de compter comme succès des expériences à son endroit qui, reproduites avec les mêmes résultats sur les ovocytes, ont été invalidées. Par exemple, en 1949, la découverte accidentelle des propriétés cryoprotectrices du glycérol pour le sperme humain est considérée comme un grand succès dans le domaine de la cryobiologie. On lit pourtant ceci dans l'article qui relate cette expérience : «Aucune information n'est encore disponible concernant le pouvoir de fécondation des spermatozoïdes ainsi ressuscités» (Polge, Smith et Parkes, 1949: 666). Or, dans les années 1950, autrement dit à la même époque, la simple survie des ovocytes dans les expériences avec du glycérol et d'autres cryoprotecteurs n'est pas jugée suffisante pour parler d'expérience couronnée de succès (Gook, 2011). La capacité des ovocytes à être fécondés est requise. Dans ces conditions de double standard pour évaluer les expériences (ce qui n'est pas la même chose que l'établissement de protocoles adaptés à chaque gamète), on trouve évidemment bien plus d'échecs d'un côté que de l'autre.

Ainsi, la propension à lire et mettre en récit une accumulation d'échecs participe à la représentation des ovocytes comme entité biologique «fragile». Mais, en outre, l'adoption d'une telle explication – la fragilité des ovocytes – apporte une réponse jugée satisfaisante à des inepties scientifiques, au point où elle légitime des pratiques inadaptées (lignes protocolaires, manque de connaissance, critères de réussite). En effet, dès lors que les échecs sont imputés aux caractéristiques des cellules, l'amélioration des standards scientifiques n'est pas perçue comme nécessaire. On peut dire que la force de conviction de la métaphore genrée appliquée aux gamètes a entravé l'identification du problème de l'androcentrisme.

Un panégyrique problématique de la congélation du sperme

En ce qui concerne l'histoire de la cryopréservation du sperme, loin que des échecs demeurent mal expliqués, c'est le récit d'une collection de victoires scientifiques qui se heurte à certaines incohérences. On se rappelle de l'affirmation selon laquelle la congélation du sperme n'a guère présenté de difficultés techniques et livre des spermatozoïdes «indemnes» de toute altération (Turkington et Alper, 2001). Les choses ne semblent pourtant pas aussi simples, car «la cryopréservation peut conduire à des transformations délétères de la structure du sperme et de sa fonction» (Kagalwala, 2015: 4). De nombreux problèmes sont effectivement rapportés. Ils peuvent être

regroupés sous les cinq préoccupations suivantes : la capacité de fertilisation du sperme, sa motilité, sa morphologie, sa viabilité et l'activité de l'acrosine, une enzyme qui permet au sperme de fusionner avec l'ovocyte (Kagalwala, 2015 ; Martins, Agarwal et Henkel, 2019). De plus, la question de la formation de cristaux à l'intérieur des spermatozoïdes n'a pas été écartée d'emblée. Elle a au contraire animé la communauté scientifique assez longtemps (Agarwal et Tvrda, 2017). C'est ce qui conduira à l'adoption de la méthode rapide (ou vitrification), quand la démonstration sera faite qu'à partir d'une certaine vitesse de refroidissement ce problème n'apparaît plus (Morris, cité par Kagalwala, 2015: 33). De la même manière, les débats sur les dommages causés à l'ADN des spermatozoïdes sont toujours en cours (Kuwayama *et al.*, 2015 ; Martins, Agarwal et Henkel, 2019). Les ouvrages plus récents (Allahbadia, Kuwayama et Gandhi, 2015 ; Nagy, Varghese et Agarwal, 2017, 2019) contredisent ainsi les chronologies plus classiques.

De tels doutes émis sur l'innocuité de la procédure pourraient sembler suspects, au vu du recours massif et satisfaisant au sperme congelé dans les procédures de FIV depuis plusieurs décennies. Mais il n'en est rien, car l'un des critères déterminants du fort taux de réussite de la congélation du sperme réside dans le nombre de spermatozoïdes disponibles (présents dans un éjaculat). Il est estimé qu'environ 50% des spermatozoïdes perdent leur motilité après l'opération et, parmi ceux qui bougent encore, environ 50% sont endommagés (Talwar, 2012 ; Kagalwala, 2015 ; Rodriguez-Wallberg, Waterstone et Anastácio, 2019). Mais il en reste toujours un grand nombre, et un seul suffit. La réussite des FIV n'est donc pas entamée. Si la quantité de spermatozoïdes disponibles explique les bons résultats des traitements de l'infertilité grâce aux paillettes de sperme, en revanche les cellules individuelles ne peuvent être créditées aussi facilement de robustesse, quand on sait qu'une bonne partie d'entre elles perdent leur motilité et que la moitié restante est altérée.

Enfin, à rebours de l'histoire de la médecine, qui s'est davantage focalisée sur le corps et l'appareil reproducteur des femmes que sur celui des hommes, les volumes de publications dédiées à la cryopréservation du sperme sont bien plus importants que ceux consacrés à la cryopréservation des ovocytes. Si l'on compare, à l'aide de PubMed, le nombre d'articles identifiés par les deux mots indépendants «*oocyte*» et «*cryopreservation*» d'une part, «*sperm*» et «*cryopreservation*» d'autre part, on obtient 4440 occurrences pour la première recherche et 6631 pour la seconde. Il en va de même pour une requête qui substitue «*freezing*» à «*cryopreservation*», avec respectivement 1569 et 3772 articles. Dans ce dernier cas, il y a même plus de deux fois plus d'articles consacrés à la congélation du sperme qu'à celle des ovocytes. Deux éléments, relevant de l'histoire matérielle et de l'histoire économique du développement de ces techniques, peuvent être invoqués à l'appui de ce décalage dans l'investissement des deux objets. D'une part, la disponibilité des spermatozoïdes, émis en dehors du corps humain et en

Quand congeler revient déjà à générer : une étude comparative
du développement des techniques biomédicales
de cryopréservation des gamètes humains mâles et femelles
Claire Grino

grand nombre, a facilité les expériences à leur endroit, par opposition à l'indisponibilité des ovocytes, rares et devant être chirurgicalement prélevés (Borini et Bianchi, 2012). D'autre part, le recours systématique à l'insémination artificielle dans l'élevage industriel a nourri un intérêt massif dans la seconde moitié du XX^e siècle pour la congélation du sperme toutes espèces confondues. Or, ce décalage temporel initial dans la maîtrise et l'investissement de la congélation des gamètes mâles et femelles possède des effets quantitatifs sur le long terme concernant le volume final des contributions produites. En tout état de cause, si la congélation des cellules sexuelles mâles a davantage été étudiée que celle de leurs homologues femelles, alors les meilleurs résultats pour la congélation du sperme s'expliquent au moins en partie par un investissement asymétrique dans les deux objets. Voilà qui remet en cause le trope d'une facilité à congeler le sperme, versus des efforts répétés pour les ovocytes.

L'invocation des qualités organiques des spermatozoïdes n'est donc pas aussi évidente qu'il paraît au premier abord pour expliquer les succès de la cryopréservation du sperme. Une telle explication ne tient en réalité qu'au prix d'un certain nombre de négligences (occultations de certains débats, décompte problématique, efforts escamotés). L'hypothèse de la robustesse du sperme brandie dans les chronologies habituelles doit dès lors se lire comme le fruit d'une mise en scène particulière des manipulations de congélation. Au service de la puissance masculine qu'elle exalte, la masculinisation des gamètes consolide la représentation hétéronormée des hommes en conférant à cette idéologie l'autorité de la science. Mais l'impératif de vigueur qui s'exerce sur l'observation des spermatozoïdes opère en outre une sélection des pistes de recherche — écartant tout récit alternatif —, et ce de manière constante depuis les premiers travaux sur cet objet. C'est là une sérieuse contrainte contre-productive qu'a exercée la métaphore de la robustesse sur l'activité scientifique, dans la mesure où la science se nourrit au contraire de la diversité des hypothèses et requiert la confrontation des points de vue pour progresser (Longino, 1990).

Conclusion

Loin de l'opposition entre des échecs récurrents et une série de découvertes fructueuses, on voit à quel point les histoires de la cryopréservation des ovocytes et du sperme pourraient à l'inverse être largement nuancées, et mêlées. Les rétrospectives contribuent pourtant à creuser les différences. Inscrite dans son époque, la recherche médicale projette la binarité des normes de genre qui lui est contemporaine sur les cellules sexuelles qu'elle cherche à congeler. L'enjeu ne se réduit toutefois pas à une question stylistique. Il en va de la qualité de la science, car les métaphores utilisées, par ailleurs très stéréotypées (fragilité versus robustesse des gamètes respectivement femelles et mâles), interviennent directement dans le processus

scientifique : elles légitiment les difficultés rencontrées avec les cellules sexuelles féminines, tandis qu'elles jettent un voile sur l'investissement massif dont ont fait l'objet les cellules sexuelles masculines. La qualité des descriptions et des connaissances produites en pâtit.

Tout cela renforce le poncif têtue au sein de l'univers médical selon lequel le sexe des femmes ne serait pas normal, mais différent. Une fois encore, au tournant du XXI^e siècle, les corps masculins représentent la norme fonctionnelle, tandis que les corps des femmes sont caractérisés par leur différence, perçus comme complexes et faibles (délicats et vulnérables), dans un écho aux « maladies des femmes » du XVIII^e siècle. Les traits jadis attribués aux corps féminins sont étendus à leur produit, en l'occurrence aux cellules reproductrices. Bref, l'histoire du développement de la cryopréservation des gamètes perpétue la catégorie du corps des femmes comme un problème médical.

Dans les conditions d'une telle économie symbolique, l'innovation technologique que représente la cryopréservation des gamètes est loin de renouveler la tradition de pensée genrée concernant la capacité des corps masculins et féminins à procréer. Dès lors, il est légitime de se demander si et comment ces biais se traduisent dans la clinique, et la reconduction implicite de tels préjugés par les canaux professionnels appelle assurément toute notre vigilance. Ce point symbolique ne devrait donc pas être évacué des discussions sur les pratiques (prises en charge, conditions d'accès et indications jugées légitimes, parcours de soin, remboursement, etc.). Sa prise en compte enrichirait notamment l'examen d'une application qui fait beaucoup parler d'elle ces derniers temps, le *social egg freezing* ou autoconservation ovocytaire de prévention. ■

Références

- Agarwal, Ashok et Eva Tvrda (2017). « Slow freezing of human sperm ». In Zsolt P. Nagy, Alex C. Varghese et Ashok Agarwal (éds), *Cryopreservation of mammalian gametes and embryos. Methods and protocols* (pp. 67-78). New York : Springer Science & Business Media.
- Ali, Jaffar, Naif Alharbi et Nafisa Ali (2017). « Historical background on gamete and embryo cryopreservation ». In Zsolt P. Nagy, Alex C. Varghese et Ashok Agarwal (éds), *Cryopreservation of mammalian gametes and embryos. Methods and protocols* (pp. 3-22). New York : Springer Science & Business Media.
- Allahbadia, Gautam, Masashige Kuwayama et Goral Gandhi (éds) (2015). *Vitrification in assisted reproduction. A user's manual*. New Dehli : Springer India.
- Ambrosini, G., A. Andrisani, E. Porcu, E. Rebellato, A. Revelli, D. Caserta, E. Cosmi, R. Marci et M. Moscarini (2006). « Oocytes cryopreservation : State of art ». *Reproductive toxicology*, 22 (2), 250-262.
- Averill, R. L. W. et L. E. A. Rowson (1959). « Attempts at storage of sheep ova at low temperatures ». *The Journal of Agricultural Science*, 52 (3), 392-395.
- Boldt, Jeffrey (2011). « Current results with slow freezing and vitrification of the human oocyte ». *Reproductive biomedicine online*, 23 (3), 314-322.
- Borini, Andrea et Veronica Bianchi (2012). « Oocyte cryopreservation ». In Emre Seli et Ashok Agarwal (éds), *Fertility preservation : emerging technologies and clinical applications* (pp. 89-106). New York : Springer Science & Business Media.
- Bunge, Raymond G., William C. Keettel et Jerome K. Sherman (1954). « Clinical use of frozen semen :

Quand congeler revient déjà à générer : une étude comparative du développement des techniques biomédicales de cryopréservation des gamètes humains mâles et femelles
Claire Grino

- report of four cases». *Fertility and sterility*, 5 (6), 520-529.
- Cahen, Fabrice et Jérôme van Wijland (2016). *Inventer le don de sperme : entretiens avec Georges David, fondateur des CECOS*. Paris : Éditions Matériologiques.
- Chen, Christopher (1986). «Pregnancy after human oocyte cryopreservation». *Lancet*, 327, 884-886.
- Cobo, Ana, Masashige Kuwayama, Sonia Pérez, Amparo Ruiz, Antonio Pellicer et José Remohí (2008). «Comparison of concomitant outcome achieved with fresh and cryopreserved donor oocytes vitrified by the Cryotop method». *Fertility and sterility*, 89 (6), 1657-1664.
- Fennberg, Andrew (2004). *Repenser la technique. Vers une technologie démocratique*. Paris : La Découverte.
- Giacomini, Mita, Patricia Rozée-Koker et Fran Pepitone-Arreola-Rockwell (1986). «Gender bias in human anatomy textbook illustrations». *Psychology of Women Quarterly*, 10, 413-412.
- Ginsburg, Faye D. et Rayna Rapp (éds) (1995). *Conceiving the new world order: The global politics of reproduction*. Berkeley : University of California Press.
- Gook, Debra A. (2011). «History of oocyte cryopreservation». *Reproductive biomedicine online*, 23 (3), 281-289.
- Haraway, Donna (1991). *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*. New York : Routledge.
- Harrison, Michelle (1990). «Women as other: The premise of medicine». *JAMA*, 45, 225-226.
- Harwood, Karey (2009). «Egg freezing: A breakthrough for reproductive autonomy?» *Bioethics*, 23 (1), 39-46.
- Héroult, Laurence (2015). «La gestion médicale de la parenté trans en France». *Enfances, Familles, Générations*, 23, 165-184.
- Hezavehei, Maryam, Mohsen Sharafi, Homa Mohseni Kouchesfahani, Ralf Henkel, Ashok Agarwal, Vahid Esmaeili et Abdolhossein Shahverdi (2018). «Sperm cryopreservation: A review on current molecular cryobiology and advanced approaches». *Reproductive biomedicine online*, 37 (3), 327-339.
- Hoagland, Hudson et Gregory Pincus (1942). «Revival of mammalian sperm after immersion in liquid nitrogen». *The Journal of general physiology*, 25 (3), 337-344.
- Isachenko, Eugenia, Vladimir Isachenko, Igor I. Katkov, Salvator Dessolet et Frank Nawroth (2003). «Vitrification of mammalian spermatozoa in the absence of cryoprotectants: From past practical difficulties to present success». *Reproductive biomedicine online*, 6 (2), 191-200.
- Kagalwala, Sakina (2015). «Sperm vitrification». In Gautam Allahbadia, Masashige Kuwayama et Goral Gandhi (éds), *Vitrification in assisted reproduction. A user's manual* (pp. 31-42). New Delhi : Springer India.
- Katayama, K. Paul, Joni Stehlik, Masashige Kuwayama, Osamu Kato et Ed Stehlik (2003). «High survival rate of vitrified human oocytes results in clinical pregnancy». *Fertility and sterility*, 80, 223-224.
- Keller, Evelyn Fox (2000). «Histoire d'une trajectoire de recherche. De la problématique "genre et science" au thème "langage et science"». In Delphine Gardey et Ilana Löwy (éds), *L'invention du naturel : les sciences et la fabrication du féminin et du masculin* (pp. 45-58). Paris : Éditions des Archives Contemporaines.
- Kuwayama, Masasjige, Goral Gandhi, Sakina Kagalwala et Ramya Ramani (2015). «Vitrification: an overview». In Allahbadia Gautam, Masashige Kuwayama et Goral Gandhi (éds), *Vitrification in assisted reproduction. A user's manual* (pp. 1-8). New Delhi : Springer India.
- Leibo, Stanley P. (2007). «Origins of techniques in human and animal embryology». *Theriogenology*, 67, 2-5.
- Longino, Helen E. (1990). *Science as social knowledge: Values and objectivity in scientific inquiry*. Princeton University Press.
- Luyet, Basile J. (1937). «The vitrification of organic colloids and of protoplasm». *Biodynamica*, 1, 1-14.
- Luyet, Basile J. et Eugene L. Hodapp (1938). «Revival of frog's spermatozoa vitrified in liquid air». *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 39 (3), 433-434.
- Martin, Emily (1991). «The egg and the sperm : How science has constructed a romance based on stereotypical male-female roles». *Signs*, 16 (3), 485-501. Traduction en français : «L'ovule et le spermatozoïde. Comment la science a construit un roman d'amour basé sur des rôles féminins et masculins stéréotypés», in Delphine Gardey et Marilène Vuille (éds) (2018). *Les sciences du désir. La sexualité féminine de la psychanalyse aux neurosciences* (pp. 149-169). Paris : Le Bord de l'Eau.
- Martins, Ana D., Ashok Agarwal et Ralf Henkel (2019). «Sperm Cryopreservation». In Zolt Peter Nagy, Alex C. Varghese et Ashok Agarwal (éds), *In Vitro Fertilization* (pp. 625-642). Springer International Publishing.
- Michelmann, H. W. (2002). «Sperm and testicular tissue». In David L. Healy, Gabor T. Kovacs, Robert McLachlan et Otto Rodriguez-Armas (éds), *Reproductive medicine in the twenty-first century: Proceedings of the 17th World Congress on fertility*

and sterility, Melbourne, Australia (pp. 287-294). Boca Raton : Parthenon Pub. Group.

Nagy, Zsolt Peter, Alex C. Varghese et Ashok Agarwal (éds) (2017). *Cryopreservation of mammalian gametes and embryos. Methods and protocols*. New York : Springer Science & Business Media.

Nagy, Zsolt Peter, Alex C. Varghese et Ashok Agarwal (éds) (2019). *In Vitro Fertilization. A textbook of current and emerging methods and devices*. Second edition. Springer International Publishing.

Noyes, Nicole, Jaime M. Knopman, Katherine Melzer, Elizabeth M. Fino, Brooke Friedman et Lynn M. Westphal (2011). «Oocyte cryopreservation as a fertility preservation measure for cancer patients». *Reproductive biomedicine online*, 23 (3), 323-333.

O'Hern Perfetto, Candice, Gary M. Horowitz, Mohamed A. Bedaiwy, Tommaso Falcone, Jeffrey M. Goldberg, Marjan Attaran, Ashok Agarwal et Lynn M. Westphal (2013). «Female infertility and fertility preservation». In Tommaso Falcone et William W. Hurd (éds), *Clinical reproductive medicine and surgery* (pp. 177-196). New York : Springer Science & Business Media.

Polge, Christopher, Audrey U. Smith et Alan Sterling Parkes (1949). «Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperatures». *Nature*, 164, 666.

Porcu, Eleonora, Patrizia M. Ciotti, Raffaella Fabbri, Giuseppe Damiano, Angela Scarano et Stefano Venturoli (2003). «Technology for the cryopreservation of human embryos and gametes». In Alberto Revelli, Ilan Tur-Kaspa, Jan Gunnar Holte et Marco Massobrio (éds), *Biotechnology of human reproduction* (pp. 211-218). Informa Healthcare.

Rajan, Robin et Kazuaki Matsumura (2018). «Development and application of cryoprotectants». In Mari Iwaya-Inoue, Minoru Sakurai et Matsuo Uemura (éds), *Survival strategies in extreme cold and desiccation* (pp. 339-354). Singapore : Springer.

Rall, William F. et Gregory M. Fahy (1985). «Ice-free cryopreservation of mouse embryos at -196 degrees C by vitrification». *Nature*, 313, 573-575.

Rodriguez-Wallberg, Kenny Alexandra, Max Waterstone et Amandine Anastácio (2019). «Ice age : Cryopreservation in assisted reproduction. An update». *Reproductive biology*, 19, 119-126.

Schaffner, C. S. (1942). «Longevity of fowl spermatozoa in frozen condition». *Science*, 96, 337.

Seli, Emre et Ashok Agarwal (éds) (2012). *Fertility preservation. Emerging technologies and clinical applications*. New York : Springer Science & Business Media.

Sherman, Jerome K. (1963). «Improved methods of preservation of human spermatozoa by freezing and freeze-drying». *Fertility and sterility*, 14 (1), 49-64.

Sherman, Jerome K. et Raymond G. Bunge (1953). «Observations on preservation of human spermatozoa at low temperatures». *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 82 (4), 686-688.

Sherman, Jerome K. et The Ping Lin (1958). «Survival of unfertilized mouse eggs during freezing and thawing». *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 98 (4), 902-905.

Sherman, Jerome K. et The Ping Lin (1959). «Temperature shock and cold storage of unfertilized mouse eggs». *Fertility and sterility*, 10, 384-387.

Smith, Audrey U. (1953). «In vitro experiments with rabbit eggs». In G.E.W. Wolstenholme (éd.), *Mammalian germ cells*. Londres : Ciba Foundation Symposium.

Society for Assisted Reproductive Technology (SART) (2013). «Mature oocyte cryopreservation : a guideline». *Fertility and sterility*, 99 (1), 37-43.

Talwar, Pankaj et Pranay Ghosh (2018). «Sperm Freezing Injuries». In Ahmad Majzoub et Ashok Agarwal (éds), *The Complete Guide to Male Fertility Preservation* (pp. 205-226). Springer International Publishing.

Talwar, Pankaj (2012). «Update on sperm banking». In Emre Seli et Ashok Agarwal (éds), *Fertility preservation : emerging technologies and clinical applications* (pp. 289-302). New York : Springer Science & Business Media.

Turkington, Carol et Michael M. Alper (2001). *The encyclopedia of fertility and infertility*. New York : Facts on file.

Vanderzwalmen, Pierre, Fabien Ectors, Yannis Prapas, Mathias Zech, David Jareno, Bernard Lejeune, Sabine Vanderzwalmen, Barbara Wirleitner, Nicolas Zech et Luc Grobet (2011). «Cryopréservation d'ovocytes et d'embryons par congélation lente ou vitrification dans le cadre de l'assistance médicale à la procréation». In Christophe Poncelet et Christophe Sifer (éds), *Physiologie, pathologie et thérapie de la reproduction chez l'humain* (pp. 567-586). Paris : Springer.

Whittingham, D.G. (1977). «Fertilization in vitro and development to term of unfertilized mouse oocytes previously stored at -196 degrees C». *Journal of Reproduction and Fertility*, 49, 89-94.

Yurchuk, Taisiia, Maryna Petrushko et Barry Fuller (2018). «Science of cryopreservation in reproductive medicine – Embryos and oocytes as exemplars». *Early human development*, 126, 6-9.

Sitographie

<http://www.nbcnews.com/news/us-news/perkface-book-apple-now-pay-women-freeze-eggs-n225011>.