

GENRE, POLITIQUE ET RADIOACTIVITÉ : LE CAS DE VIENNE LA ROUGE

[Maria Rentetzi](#)

La Découverte | « Travail, genre et sociétés »

2010/1 n° 23 | pages 127 à 146

ISSN 1294-6303

ISBN 9782707159991

Article disponible en ligne à l'adresse :

<https://www.cairn.info/revue-travail-genre-et-societes-2010-1-page-127.htm>

Distribution électronique Cairn.info pour La Découverte.

© La Découverte. 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.

GENRE, POLITIQUE ET RADIOACTIVITÉ : LE CAS DE VIENNE LA ROUGE

Maria Rentetzi*

A nalisant le statut des femmes scientifiques aux États-Unis, Margaret Rossiter pouvait affirmer que « même si beaucoup pensaient vers 1920 que les carrières scientifiques étaient désormais pleinement acceptées pour les femmes, ils durent être déçus car la situation des femmes scientifiques progressa très peu au cours des deux décennies suivantes. » [Rossiter, 1984, p. 129]. De fait, les politiques de l'emploi inscrites dans les schémas économiques et sociaux hérités du début du XX^e siècle ont systématiquement confiné les femmes dans des rôles secondaires. Ces schémas sociaux et les politiques de l'emploi des années 1920 n'étaient cependant pas en tout lieu uniformes. À Vienne, le suffrage universel porta au pouvoir le Parti social-démocrate (SDAP) et lui donna la majorité absolue à la mairie. Les sociaux-démocrates gouvernèrent « Vienne la Rouge » de 1919 à 1934 et menèrent à bien de nombreuses réformes sociales, y compris en faveur du travail des femmes dans les sciences.

Du logement social aux réformes dans l'éducation, en passant par l'entrée des femmes dans les institutions qui leur restaient obstinément fermées à l'issue du premier

* Texte traduit de l'anglais par Hélène Tronc. Des sections de cet article ont déjà été publiées (voir Maria Rentetzi [2008]). L'auteure souhaite remercier les éditrices et les deux lectrices-lecteurs anonymes qui l'ont aidée à clarifier son argumentation conformément au thème de cette revue.

conflit mondial, l'objectif principal des sociaux-démocrates était de reconstruire les classes ouvrière et moyenne selon des normes socialistes. Cette reconstruction concernait aussi le sens pris par la différence des sexes dans la société viennoise. Dans son discours et son programme de réformes sociales, le parti mettait en avant la dimension construite du genre. Ayant assuré leur domination intellectuelle et politique grâce au contrôle du gouvernement municipal et de certains instituts universitaires, les sociaux-démocrates purent proposer un nouveau cadre conceptuel pour comprendre les relations entre les hommes et les femmes. C'est dans ce cadre que les femmes purent se penser en actrices du nouvel ordre social et politique. Les conséquences de la Première Guerre mondiale sur la répartition des emplois entre les sexes jouèrent également un rôle important. La mathématicienne viennoise Olga Tausky-Todd se souvenait :

« Avant la Première Guerre mondiale, les femmes avaient principalement le choix entre des carrières d'enseignantes dans les écoles de filles, de secrétaires, de vendeuses, de domestiques, d'infirmières, de couturières, et d'autres métiers du même type. Tout changea avec la guerre et il n'y eut pas de retour en arrière, même si les hommes retrouvèrent ensuite certains emplois conquis par les femmes pendant le conflit. Je me souviens bien que dans les bus et les trams, les contrôleurs étaient des femmes et que même les conducteurs étaient parfois des femmes. Toutes les secrétaires étaient désormais des femmes. Les infirmières recevaient une formation exigeante, incluant des cours à l'université, et leur profession devint très respectée. Les enseignantes devaient suivre une formation beaucoup plus poussée que ce qu'on exigeait d'elles auparavant – voire être titulaires d'un doctorat dans les meilleurs lycées » [Tausky-Todd, 1985, p. 314].

La communauté académique occupa un rôle central dans cette redéfinition progressive et multiple des rapports de genre. Les réformes socialistes visaient avant tout le prolétariat mais les universitaires ne furent pas en reste. Profitant de ces bouleversements politiques, les femmes entrèrent dans plusieurs institutions scientifiques. Avant la guerre, l'université accueillait une femme pour douze hommes ; à la fin du mandat social-démocrate à la mairie de Vienne, la proportion était passée à une femme pour 2,8 hommes [Tuma, 1990, p. 81-82]. Et pendant cette période, les femmes entrèrent en nombre dans les disciplines traditionnellement masculines. La physique est un bon exemple de cette évolution, notamment la recherche sur la radioactivité, où les femmes réussirent à s'imposer et obtinrent des résultats remarquables.

Les plus grands physiciens, tels que Ludwig Boltzmann, Victor von Lang et Franz Exner, aidèrent les femmes à s'intégrer dans la communauté universitaire viennoise et les accueillirent dans leurs laboratoires. L'Université de Vienne ouvrit ses portes aux femmes en 1897 et le nombre d'étudiantes ne cessa d'augmenter, passant de trente-sept en

1887-1898 à 796 en 1913-1914. Pendant cette période, le pourcentage d'étudiantes inscrites dans la faculté de philosophie et choisissant la physique avoisinait les 30% en moyenne. L'Institut du radium put attirer de nombreuses femmes diplômées et les intégrer dans la communauté scientifique locale et internationale. Dans les années 1920 en particulier, l'Institut comptait plus d'un tiers de femmes. De plus, ces dernières n'étaient pas cantonnées dans des rôles de techniciennes ou d'assistantes invisibles mais étaient de véritables chercheuses indépendantes, qui manipulaient les sources de radium pour mener à bien leurs expériences, concevaient leurs propres appareils et participaient à la communauté scientifique internationale. Faut-il en déduire que Vienne et sa communauté scientifique constituaient des exceptions ?

Marlene et Geoffrey Rayner-Canham ont déjà souligné que les femmes s'étaient illustrées dans l'étude de la radioactivité au début du XX^e siècle. Ils distinguent trois grandes écoles en Europe pour ce type de recherche – française, anglaise et austro-allemande – et affirment que le nombre de femmes « était disproportionné dans l'étude de la radioactivité comparée à de nombreuses autres branches de la physique » [Rayner-Canham, 1997, p. 12]. En s'appuyant sur l'étude biographique des principales chercheuses de ces trois zones géographiques, les auteurs tentent d'élucider les raisons pour lesquelles tant de femmes optèrent pour cette spécialité. Ils l'expliquent en grande partie par la personnalité de leurs mentors, directeurs et principaux collaborateurs. Plus ceux-ci les soutenaient, plus elles se faisaient accepter dans les laboratoires de physique spécialisés dans l'étude de la radioactivité. Dès que les femmes réussissaient à s'intégrer professionnellement dans ce domaine, elles tissaient de solides réseaux et restaient en contact étroit pour préserver leurs acquis.

On explique aussi, souvent, la présence des femmes dans cette branche de la physique par les pratiques expérimentales et la nature minutieuse, élémentaire et répétitive des opérations nécessaires. Comme beaucoup d'autres, les Rayner-Canham estiment que les femmes étaient plus prêtes que les hommes à accomplir des tâches monotones et à endurer les contraintes inhérentes au maniement des matières radioactives. Enfin, dernière explication communément avancée, l'idée que la structuration et l'objet même de la discipline auraient favorisé sa féminisation. Au début, la radioactivité était considérée comme un champ relativement nouveau, en marge de la science traditionnelle. On n'y retrouvait donc pas les mêmes hiérarchies masculines, ce qui facilita l'entrée des femmes dans la discipline et attira celles qui recherchaient une carrière intéressante. Outre ce type

d'explication, d'autres chercheurs ont abordé ces questions sous un angle biographique dans une série d'études sur les grandes figures féminines de la recherche sur la radioactivité, afin de combler les lacunes historiques, d'exhumer des scientifiques oubliées et de rendre justice au rôle de pionnière de Marie Curie.

Si ces études rendent justice à la contribution scientifique des femmes, elles créent aussi un métarécit qui présente la radioactivité comme un domaine attirant les femmes en général et oblitère les différences géographiques et les contextes historiques particuliers. L'absence de toute analyse comparative des différentes écoles de recherche sur le plan institutionnel, culturel et politique laisse penser que les femmes étaient très présentes dans tous les instituts européens spécialisés dans la radioactivité. Si l'on suppose d'autre part que ce type de recherche impliquait des tâches monotones auxquelles les femmes étaient moins rétives que leurs collègues masculins, sans tenir compte du contexte institutionnel, on risque d'interpréter sans nuance les pratiques de recherche et la culture des laboratoires.

Il est établi qu'au début du ^{xx}e siècle, plusieurs femmes travaillaient dans les laboratoires les plus prestigieux de leur époque et étudiaient les propriétés chimiques, physiques et biologiques des matières radioactives. Ellen Gleditsch à Oslo, Lise Meitner à Berlin et Jarmilla Petrova à Prague ne sont que quelques-unes de celles qui se consacrèrent à la radioactivité. Nous savons néanmoins, d'après les études disponibles, que les seuls instituts où le pourcentage de chercheuses était élevé étaient l'*Institut für Radiumforschung* (l'Institut de recherche sur le radium) à Vienne et le laboratoire du radium de Marie Curie à Paris. De 1910 à 1919, les femmes représentaient 16 % du nombre total de chercheurs à l'Institut viennois et leur proportion atteignit 38 % en 1934. Dans le laboratoire de Marie Curie (devenu l'Institut du radium à partir de 1914), le pourcentage de femmes varia de 25 % à 30 % entre 1906 et 1934 [Schürmann, 2003]. À Cambridge, en revanche, alors qu'Ernest Rutherford défendait et encourageait la participation des femmes, il n'en comptait aucune parmi ses étudiants ou ses collaborateurs dans les années 1920. Ellen Gleditsch semble n'avoir eu qu'une ou deux étudiantes dans son laboratoire et on ignore toujours si le groupe de Lise Meitner comprenait des chercheuses [Kant, 2002].

Cet article nuance l'idée répandue chez les historiens selon laquelle une proportion beaucoup plus grande de femmes se serait dirigée vers l'étude de la radioactivité. Dans leur grande majorité, les travaux antérieurs omettent de tenir compte du contexte institutionnel, et notamment des pratiques de travail et des modes de collaboration entre les

deux sexes dans les principaux centres de recherche sur la radioactivité. En se concentrant principalement sur Vienne, cet article montre que c'est la conjonction singulière d'une politique progressiste et de personnalités encourageantes et engagées politiquement qui créa les conditions locales permettant aux femmes de jouer un rôle inédit et majeur à l'Institut du radium de Vienne. Ces éléments contextuels sont complétés par les spécificités de la recherche sur la radioactivité. Du fait de sa pluridisciplinarité, le champ de la radioactivité offrait une chance unique aux scientifiques de dépasser les frontières entre les disciplines. Cette stratégie fut souvent payante pour les femmes qui souhaitèrent continuer leur activité de chercheuses.

Cette étude met ainsi davantage l'accent sur les contingences historiques et géographiques et souligne l'importance du contexte culturel et politique dans les études historiques, tout en mettant en lumière la corrélation entre pratiques scientifiques et genre. Il ne s'agit pas de sous-estimer pour autant le rôle des individus occupant des postes administratifs ou scientifiques décisifs, mais de chercher au contraire à expliciter les relations de pouvoir dans lesquelles ils étaient pris, les autorisant à tirer parti de la pluridisciplinarité de leur spécialité et à innover radicalement en matière d'égalité entre les hommes et les femmes à l'Institut.

LA RECHERCHE MENÉE À L'INSTITUT DU RADIUM

En 1910, un juriste et industriel viennois s'associa financièrement à l'Académie autrichienne des sciences et à l'État pour fonder l'*Institut für Radiumforschung* à Vienne. Exclusivement consacré à la recherche, il était spécialisé dans l'étude des propriétés chimiques et physiques de la radioactivité. Franz Exner, un membre éminent de la bourgeoisie viennoise et de l'Académie autrichienne des sciences, en devint officiellement le directeur. Mais l'un de ses étudiants, Stefan Meyer, un jeune physicien talentueux, se chargea de la direction exécutive, de la planification et de la gestion de l'Institut dès le début.

À la fin des années 1910, les physiciens de l'Institut viennois étaient déjà considérés comme des pionniers dans la communauté des chercheurs européens spécialistes de la radioactivité. La concurrence se limitait à trois autres centres de recherche : l'institut de Marie Curie à Paris, le laboratoire d'Ernest Rutherford à l'Université de Manchester, le département de radioactivité d'Otto Hahn et de Lise Meitner au *Kaiser Wilhelm Institut für Chemie* à Berlin. Au début tout au moins, les Viennois bénéficiaient de conditions exceptionnelles. Ils avaient accès aux riches réserves de pechblende

des mines de Sankt Joachimsthal en Bohême et pouvaient aussi se procurer la quantité de radium nécessaire pour mener leurs expériences. Ils réussirent même à pénétrer dans le cercle étroit des physiciens spécialistes de la radioactivité en devenant le principal fournisseur de ce matériau coûteux auprès des laboratoires scientifiques et s'imposèrent rapidement à la pointe de la recherche sur le radium. L'Institut disposa de surcroît, dès sa création, d'un personnel très qualifié.

Mais le pays comme l'Institut traversèrent une période difficile à la fin de la Première Guerre mondiale. Ce dernier n'avait même pas les moyens de s'abonner aux revues scientifiques les plus prestigieuses¹. Il dut en outre faire face à la dispersion de ses anciens membres et figures clés des années 1910. De jeunes chercheurs furent donc recrutés, formant deux groupes principaux. Le premier, dirigé par le physicien suédois Hans Pettersson, entreprit d'étudier les phénomènes de désintégration artificielle, c'est-à-dire la transmutation d'un élément à un autre par bombardement de particules alpha, avec l'émission de particules de long parcours. Le second s'intéressa au phénomène de la radiophotoluminescence sous la conduite du physicien viennois Karl Przibram. Elizabeth Rona, l'une des physiciennes de l'Institut, évoqua par la suite ces années :

« L'ambiance à l'Institut était extrêmement agréable. Nous formions une grande famille. Chacun s'intéressait aux travaux des autres, offrant son aide pour les expériences et proposant d'échanger des idées. Des amitiés y sont nées qui durent encore. La personnalité de Meyer et celle du directeur-adjoint, Karl Przibram, étaient pour beaucoup dans la création d'une ambiance si agréable » [Rona, 1978, p. 15].

Ces groupes de recherche recrutèrent bientôt des étudiants chercheurs de troisième cycle ainsi que des physiciens et des chimistes plus expérimentés, dont de nombreuses femmes – fait inédit à l'époque. L'examen des pratiques de travail de l'Institut révèle d'intéressants schémas dans la répartition des tâches entre les hommes et les femmes dans la discipline.

Une partie des membres et des étudiants stagiaires sont photographiés sur le toit de l'Institut au lendemain de la Première Guerre mondiale (photo). De gauche à droite : Erwin Schrödinger, Ludwig Flamm, Victor Hess. L'homme qui se tient debout derrière tout le monde est Hans Thirring. Les femmes au premier rang sont, de gauche à droite, Hilda Fonovitz, Grete Richter, Eleonore Albrecht et Friederike Friedmann, juste derrière Victor Hess. Au deuxième rang, debout, se trouvent Maria Szeparowicz et Anna Gabler (Source : Bibliothèque centrale de physique à Vienne).



¹ Meyer à Rutherford, 22 janvier 1920, *Archiv der Österreichische Akademie der Wissenschaften* (ci-après AÖAW).

LA CULTURE SCIENTIFIQUE DE TRAVAIL DE L'INSTITUT VIENNOIS

L'almanach de l'Académie autrichienne des sciences entre 1919 et 1934 peut servir de premier indicateur du nombre d'hommes et de femmes parmi les membres de l'Institut. Les rapports annuels, rédigés par le directeur et publiés dans l'almanach montrent qu'en quinze ans, sur un total de cent treize chercheurs, quarante-trois étaient des femmes et soixante-dix des hommes. Pendant cette période, une majorité d'entre eux, à savoir quatre-vingt-trois, soit 73 % du total, restèrent entre un et trois ans à l'Institut. En raison de la réputation internationale de l'établissement, quelques-uns de ces chercheurs venaient de l'étranger.

L'un des cas les plus intéressants est celui de Frances Wick, maître de conférences au *Vassar College* aux États-Unis. Wick avait obtenu sa licence à l'Université de Cornell, en 1908, et avait été la première femme à travailler à la conception de radios et de viseurs pour l'aviation, pour le *Signal Corps* de l'armée américaine, en 1918 [Rossiter, 1984, p. 118]. Elle séjourna à Vienne deux fois et passa plus de deux ans à l'Institut, dans le groupe de Karl Przibram, qui travaillait sur la radioluminescence. En dehors des chercheurs invités, la plupart des scientifiques qui effectuaient de brefs passages à l'Institut étaient des étudiants stagiaires qui profitaient d'une formation spéciale, le *praktikum* en radioactivité, proposé chaque semestre de printemps, à l'Institut, aux jeunes physiciens². L'Institut étant uniquement un établissement de recherche, ceux qui y entraient, principalement à la fin de leurs études, étaient exclusivement des spécialistes de la radioactivité. Il semble que la plupart de ces étudiants stagiaires publiaient un ou deux articles sur leur sujet de thèse dans les *Mitteilungen* – le rapport de recherche annuel de l'Institut – avant leur départ. Près de 39 % de ces scientifiques temporairement rattachés à l'Institut étaient des femmes.

Sur les trente chercheurs qui passèrent plus de quatre ans à l'Institut, dix étaient des femmes, certaines d'entre elles occupèrent des postes administratifs clés dans la hiérarchie de l'établissement. Hilda Fonovits, par exemple, une jeune physicienne, accepta un poste d'assistante non rémunérée en décembre 1919 [Bischof, 2000, p. 66]. Née en 1893 à Vienne, Hilda Fonovits faisait partie des femmes formées à l'Université de Vienne pendant la Première Guerre mondiale. Étudiante de Franz Exner et du physicien théorique Gustav Jaeger, Hilda Fonovits obtint son doctorat de physique en juin 1919, grâce à une thèse consacrée aux facteurs nécessaires pour obtenir une saturation du rayonnement alpha³. Elle effectua son stage à l'Institut du radium et son premier article, directement issu de sa thèse, parut dans les *Mitteilungen*

² Stefan Meyer, 28 novembre 1931, Rapport supplémentaire dans le dossier *Mitarbeiten/Assistenten*, AÖAW.

³ Hilda Fonovits, Curriculum vitae, *Archiv der Universität Wien* (ci-après AUW).

en 1919 [Fonovits, 1919]. Ce n'est qu'un an plus tard, en décembre 1920, qu'elle fut officiellement recrutée comme *ausserordentliche Assistentin* à l'Institut, pour un salaire mensuel de 1 000 couronnes⁴.

Hilda Fonovits se maria dans l'intervalle. Devenue Fonovits-Smerekker, elle occupa un poste d'*Assistentin*, partagé entre le second Institut de physique et l'Institut du radium en 1920-1921. À la naissance de son fils, en 1922, elle peina à concilier son rôle de mère de famille et sa carrière scientifique. Elle admettait dans une lettre à Stefan Meyer : « malheureusement je n'ai guère eu de succès jusqu'à présent, malgré mes efforts, pour trouver une employée fiable qui puisse s'occuper du bébé à ma place dans la journée, de sorte qu'il m'est impossible de conserver mon poste d'assistante »⁵. Hilda Fonovits était prête à renoncer à sa carrière pour satisfaire aux exigences de la maternité. « Je suis désolée », admettait-elle, « de devoir arrêter le métier que j'aimais, mais je n'ai pas trouvé le moyen de concilier mes devoirs professionnels et domestiques »⁶. Les schémas familiaux traditionnels continuaient de primer, même dans un cadre professionnel qui semblait moins conventionnel que d'autres pour les questions de genre.

Quelques années plus tard, le ministère autrichien de l'Éducation offrit 5 000 schillings pour recruter un *wissenschaftliche Hilfskraft* (assistant scientifique) à l'Institut du radium⁷. En 1928, le poste fut offert à Elizabeth Kara-Michailova « avec le salaire d'un *ausserordentlicher Assistent* »⁸. Née en 1897 dans une famille bourgeoise aisée, Elisabeth Kara-Michailova avait passé son enfance à Vienne et reçu une éducation particulière. Son père, Ivan Kara-Michailoff, était un physicien bulgare et sa mère, Mary Slade, une musicienne anglaise. En 1907, ses parents décidèrent de partir pour Sofia où ils finirent par s'installer et jouèrent un rôle important dans la vie scientifique et artistique de la ville. Dix ans plus tard, Elisabeth Kara-Michailova retourna en Autriche, seule, pour étudier à l'Université de Vienne. De 1917 à 1921, elle étudia la physique, les mathématiques, la chimie, la minéralogie et la philosophie, avant de privilégier pour son diplôme la physique et, en second, les mathématiques, tandis que Stefan Meyer et Gustav Jäger formaient le jury de ses examens de fin d'études.

Très tôt, avant même d'avoir achevé sa thèse, Elisabeth Kara-Michailova collabora étroitement avec Karl Przibram ; elle publia avec lui de nombreux articles, non seulement dans les *Mitteilungen* mais aussi dans la prestigieuse *Zeitschrift für Physik* [Kara-Michailova et Przibram, 1920 ; 1922 ; 1923]. Avant de passer dans le groupe de Pettersson en 1923, elle s'intéressa aux phénomènes de luminescence et de photoluminescence induits par une exposition à des sources de

⁴ Stefan Meyer au *Professorenkollegium der Philosophischen Fakultät der Universität*, 27 octobre 1920, AÖAW.

⁵ Fonovits-Smerekker à Meyer, 9 septembre 1922, AÖAW.

⁶ Fonovits-Smerekker à Meyer, 9 septembre 1922, AÖAW.

⁷ Meyer, 28 novembre 1931, *Mitarbeiten/ Assistenten*, AÖAW.

⁸ 6 novembre 1928, *Mitarbeiten/ Assistenten*, AÖAW.

radium et effectua des mesures photoélectriques de l'intensité de la fluorescence en fonction de la durée d'irradiation. En collaboration avec Hans Pettersson, elle modifia le système optique du compteur à scintillation – l'instrument principal des expériences de désintégration artificielle – et utilisa sa connaissance des mesures de la fluorescence et de l'éclairage pour améliorer la méthode [Kara-Michailova et Pettersson, 1924].

Il semble que, vers la fin du mois de mars 1933, dans le contexte plus vaste de la crise politique en Europe, l'Institut, comme l'Autriche, fut durement touché. Les difficultés financières incitèrent Stefan Meyer à s'adresser au responsable de la Faculté de philosophie le 21 mars 1933. Il demanda que le poste d'assistant scientifique soit conservé, fût-ce pour la moitié du salaire d'Elisabeth Kara-Michailova⁹. Celle-ci avait, entre-temps, décidé de postuler à une bourse Yarrow pour la recherche scientifique, qui visait à soutenir les chercheuses. Comme elle en informa Stefan Meyer depuis Sofia, elle bénéficiait du soutien de son père, qui souhaitait qu'elle poursuive ses recherches au cas où son affiliation à l'Institut ne puisse pas se prolonger au-delà du mois de mars¹⁰.

Le 1^{er} avril 1933, ce fut au tour de Berta Karlik d'obtenir le poste. Son salaire mensuel fut de fait réduit à 150 schillings, tandis que Kara-Michailova en touchait 289,5 en 1932¹¹. Karlik était née en 1904 dans une famille de la haute société viennoise. Son père, Carl Karlik, dirigeait l'organisme national de prêt hypothécaire pour la Basse-Autriche et le Burgenland. Alors qu'elle était entrée à l'Université de Vienne en 1923, Berta Karlik souhaitait avant tout passer les diplômes lui permettant de devenir enseignante et d'étudier la physique et les mathématiques en parallèle. Sa vie se déroula autrement. Attirée par la physique, elle mena de front des recherches à l'Institut du radium et l'enseignement dans un *Realgymnasium* viennois à partir de 1930. C'est à cette époque que son nom apparut parmi les collaborateurs de l'Institut dans l'almanach de l'Académie. En 1935, elle s'installa enfin à Cambridge et passa quatre ans dans le laboratoire Cavendish.

Outre Hilda Fonovits-Smrecker, Elisabeth Kara-Michailova et Berta Karlik, qui étaient directement rémunérées par l'Institut, Elisabeth Rona fut recrutée comme *wissenschaftliche Hilfskraft* supplémentaire pour l'année universitaire 1928-1929. Erwin Zach, le consul général d'Autriche-Hongrie à Singapour et l'industriel Ignaz Kreidl, dont le fils Norbert travaillait comme étudiant-chercheur dans le groupe de Pettersson, financèrent son poste. Rona, qui était surnommée la « femme polonium », était sans doute la chercheuse la plus expérimentée de toutes les femmes de l'Institut. Elle était née en

⁹ Meyer à Dekan, 21 mars 1933, dossier Karlik, *Mitarbeiten/Assistenten*, AÖAW.

¹⁰ Kara-Michailova à Meyer, 18 janvier 1933, AÖAW.

¹¹ 10 janvier 1934, dossier Karlik, *Mitarbeiten/Assistenten*, AÖAW ; 2 décembre 1932, dossier Kara-Michailova, *Mitarbeiten/Assistenten*, AÖAW.

1890 à Budapest, dans une famille juive aisée. Son père, Samuel Rona, un médecin étroitement lié à Louis Wickham et Henri Dominici, les inventeurs de la radiumthérapie à Paris, contribua à introduire ce domaine de recherche à Budapest [Rona, 1978, p. 2].



Berta Karlik à l'Institut du radium vers 1925. La nomination de Karlik comme directrice de l'Institut après la Seconde Guerre mondiale illustre la place qu'y occupaient les femmes. (Source : Agnes Rodhe, archive personnelle).

Elisabeth Rona grandit dans un environnement stimulant, étudia la physique à l'Université de Budapest et poursuivit des études de troisième cycle à l'Université de Karlsruhe en Allemagne, en se spécialisant en chimie physique. Dans l'intervalle, elle passa quelques mois dans la section de chimie de l'Institut de physiologie animale à Berlin. Elle découvrit finalement la radioactivité grâce à Kasimir Fajans à Karlsruhe. Au printemps 1914, après avoir noué avec Kasimir Fajans une solide amitié qui allait durer de nombreuses années, Elisabeth Rona passa un été en Angleterre à travailler dans le groupe de Ramsay. Durant la Première Guerre mondiale, elle travaillait avec Georges de Hevesy en Hongrie.

La collaboration avec Hevesy valut à Elisabeth Rona une place éminente dans la communauté des spécialistes de la radioactivité, au même titre que Ernest Rutherford, Frederic Soddy, Alexander Fleck, Lise Meitner et Otto Hahn. À la fin de la guerre, elle était déjà considérée comme une chercheuse expérimentée, travaillant aux frontières de la chimie, de la physique et de la biologie. Cette communauté était suffisamment petite pour que les chercheurs puissent se

faire connaître et suffisamment internationale pour encourager la mobilité et les échanges scientifiques entre les divers instituts. Les travaux d'Elisabeth Rona, avec Kasimir Fajans puis avec Georges de Hevesy, lui valurent une telle renommée que Otto Hahn lui procura une bourse et la possibilité de collaborer avec lui et Lise Meitner au sein du département de radioactivité de l'Institut Kaiser Wilhelm de Berlin-Dahlem. De 1921 à 1923, Elisabeth Rona maîtrisa la séparation du thorium-230 des minerais d'uranium et, lorsque la situation économique en Allemagne se détériora, elle fut transférée à l'Institut Kaiser Wilhelm du textile. Comme elle l'expliqua : « seules les institutions dont la recherche était vitale pour l'économie de la nation recevaient des crédits ». En 1924, un heureux hasard la conduisit à l'Institut de Vienne. Tandis qu'elle retrouvait sa famille dans la station autrichienne de Bad Ischl pour les vacances d'été, elle rencontra Stefan Meyer qui avait aussi l'habitude d'y passer ses vacances et qui lui proposa un poste dans son Institut.

Les archives sont tellement incomplètes qu'il est difficile de dresser un tableau systématique des subventions reçues par ceux qui effectuaient des recherches à l'Institut, en dehors des assistants. L'*Institutsverrechnung*, un registre succinct des recettes et dépenses mensuelles de l'Institut, révèle que de 1925 à 1928 Elisabeth Kara-Michailova aurait reçu des chèques mensuels de 200 schillings. De 1928 à 1932, Elisabeth Rona touchait une somme régulière de 250 schillings par mois, tandis que, de 1929 à 1932, Marietta Blau recevait des chèques allant de 100 à 200 schillings par mois¹². Dans les archives de l'Institut, quelques *Bestätigungen* épars, des reçus signés par des chercheuses, confirment que certaines étaient rémunérées pour des travaux chimiques et photographiques en plus de la préparation des sources radioactives. Il en allait de même pour un grand nombre de leurs collègues masculins qui semblent avoir reçu une paie mensuelle ou des rémunérations pour des tâches particulières.

La liste des chercheurs rémunérés par l'Institut confirme son exceptionnelle ouverture aux femmes à la fois dans le recrutement et dans les activités de recherche. Les *Mitteilungen* reflètent la division sexuée du travail et la proportion d'hommes et de femmes dans les projets de recherche menés à l'Institut. De 1920 à 1934, sur quatre-vingt-dix-huit auteurs d'articles dans les *Mitteilungen*, trente-deux étaient des femmes et soixante-six des hommes. Seuls six des femmes et quinze des hommes y publièrent plus de deux articles. Si l'on excepte Hans Pettersson (vingt-trois articles) et Karl Przibram (quarante-trois articles), les femmes qui rédigèrent des articles en publièrent en moyenne un de plus que leurs collègues masculins.

¹² *Institutsverrechnung* 1922-1932, AÖAW.

On peut donc affirmer avec certitude que les femmes faisaient partie des chercheurs les plus productifs de l'Institut. Si l'on rapporte le nombre de leurs publications au nombre d'années qu'elles y passèrent, il apparaît clairement qu'elles n'étaient pas de simples assistantes ou techniciennes chargées de seconder les chercheurs, en préparant leurs expériences et en accomplissant des tâches préliminaires routinières pour leurs collègues masculins. Leur contribution à l'étude de la radioactivité fut au contraire majeure et constante et elles ne furent pas moins productives scientifiquement que les hommes de l'Institut, puisqu'elles publiaient même ailleurs que dans la revue de l'Institut. Elisabeth Kara-Michailova, Berta Karlik et Elisabeth Rona publièrent souvent dans des revues aussi prestigieuses que *Zeitschrift für Physik*, *Physikalische Zeitschrift*, *Naturwissenschaften*, *Journal of the Chemical Society* et *Nature*.

POURQUOI VIENNE ?

La participation active des femmes dans la vie du laboratoire était due en grande partie aux idées progressistes de Stefan Meyer, complétées et renforcées par le contexte politique. Mais la recherche menée à l'Institut dans les années 1920 fut aussi déterminée par l'évolution de la discipline. Dès 1919, Ernest Rutherford constata que le noyau d'azote se désintérait lorsqu'on le bombardait avec des particules alpha du radium C et qu'il se produisait une émission de particules de long parcours (protons)¹³. La même année, il quittait Manchester pour le laboratoire Cavendish à Cambridge où il se voyait offrir d'excellentes conditions matérielles pour mener à bien ses recherches. Jouissant d'une autorité incontestée, il se lança dans l'étude des phénomènes de désintégration artificielle. Après quelques années de recherche intensive, Ernest Rutherford et son proche collaborateur James Chadwick conclurent que des éléments légers comme le béryllium, le magnésium et le silicium ne pouvaient pas être désintégrés. Le groupe de Rutherford, composé principalement de jeunes gens étudiants en physique, fonda ses travaux sur la fiabilité du compteur à scintillation, un instrument censé compter les minuscules éclairs lumineux produits par l'impact des particules chargées sur un écran de sulfure de zinc [Hughes, 1993].

À Vienne, Hans Pettersson et son collaborateur Gerhard Kirsch furent les premiers à contredire les résultats du laboratoire de Rutherford, en faisant valoir que les éléments légers émettent aussi des particules de long parcours. Comme Roger Stuewer l'a bien expliqué, Hans Pettersson et Gerhard Kirsch présentèrent les critiques les plus sérieuses des théories et des résultats expérimentaux de Rutherford ;

¹³ Le radium C était le nom historique du bismuth.

et surtout ils furent les premiers à remettre en question son autorité dans la discipline, déclenchant une violente controverse avec le Britannique [Stuewer, 1985]. L'enjeu n'était pas seulement la crédibilité du laboratoire Cavendish dans le domaine de la radioactivité mais aussi le modèle planétaire de l'atome avec des électrons satellisés autour d'un noyau. La culture du groupe de Cambridge – ses méthodes, les instruments utilisés et la répartition sexuée des tâches dans la collaboration au sein du laboratoire – fut aussi vivement attaquée. Il faut d'ailleurs noter que le groupe de Cambridge ne comptait aucune femme parmi ses collaborateurs. La culture masculine du laboratoire et de l'université à laquelle il appartenait explique en partie ce fait.

Le laboratoire Cavendish avait été fondé en 1874 pour enseigner les sciences physiques aux jeunes gens étudiant les mathématiques. Malgré des campagnes de pétitions répétées, les femmes s'étaient toujours vues refuser la possibilité d'obtenir des diplômes de l'Université de Cambridge, à la fois par sa direction et par les étudiants de premier cycle qui redoutaient la concurrence des étudiantes sur le marché du travail et la restriction de leur liberté. C'est parce qu'on refusait de leur décerner des diplômes et de les considérer comme des membres à part entière que les femmes fondèrent leurs propres collèges, l'un à Girton, en dehors de Cambridge (1873), et l'autre, Newnham Hall (1875), aux limites de la ville. Ces deux établissements, nommés d'après le lieu où ils furent implantés, n'étaient pas considérés comme faisant partie intégrante de l'université mais les femmes pouvaient y recevoir le meilleur enseignement accessible à l'époque grâce à l'université et passer les examens de manière non officielle. En 1882, il fut décidé, sur proposition de Lord Rayleigh, que tous les cours et les démonstrations pratiques, y compris ceux du laboratoire Cavendish, seraient ouverts aux étudiantes des deux collèges féminins. Alors qu'elles pouvaient bénéficier d'un enseignement similaire à celui de leurs collègues masculins, les femmes ne furent cependant pas acceptées officiellement par l'université avant le début des années 1920. Une commission royale fut chargée en 1919 d'examiner les changements suscités par les années de guerre et de proposer des évolutions, y compris touchant au statut des femmes à Cambridge. Le 20 octobre de la même année, une motion permettait aux femmes de devenir titulaires des diplômes qu'elles obtenaient, sans pour autant leur donner le droit de participer au gouvernement de l'université.

Lorsque Ernest Rutherford devint professeur à Cambridge, la situation des femmes avait beaucoup progressé, grâce notamment à un nouveau règlement entré en vigueur en 1923, qui les autorisait à accéder de plein droit à la biblio-

thèque et à emprunter des livres en leur nom, et grâce aussi à la décision de la commission royale de laisser l'université statuer sur l'admission des femmes en tant que membres de plein droit de l'université. Ernest Rutherford était partisan d'une égalité complète des hommes et des femmes à l'université, tandis que Joseph John Thomson préférait conserver quelques restrictions. Il est significatif que les photographies de groupe des chercheurs du laboratoire Cavendish montrent une femme sur vingt-neuf personnes en 1921, une sur vingt-cinq en 1923 et deux sur trente-neuf en 1932 [Heilborn, 2003, p. 102 ; Hunt et Barker, 1998]. L'étude des publications du groupe de Cambridge révèle que dans le laboratoire de Rutherford les expériences, y compris l'utilisation du compteur à scintillation et l'observation des éclairs lumineux, étaient des projets masculins. Elles mettaient en œuvre des schémas de collaboration précis et reflétaient des préjugés sur la capacité respective des deux sexes à réaliser des observations et à manipuler le matériel.

À Vienne au contraire, les besoins en personnel qualifié incitèrent de jeunes chercheurs motivés à entrer à l'Institut et des personnes initialement affectées à d'autres projets à rejoindre le groupe de Pettersson. De nombreuses physiciennes telles que Marietta Blau, Elisabeth Kara-Michailova et Elisabeth Rona s'engagèrent dans la recherche, faisant de l'Institut du radium, selon l'expression de Peter Galison, une « Mecque » pour les femmes spécialistes de la radioactivité [Galison, 1997, p. 150]. En outre, des étudiantes faisant leur stage pratique, telles Berta Karlik, Hertha Wambacher, Theodora Kautz, Erna Bussecker, Felicitas Weiss-Tessbach, Selma Schneidt et Elsa Holesch, orientèrent leurs projets de recherche en fonction des sujets du groupe de Pettersson. Le financement de la recherche et des postes était assuré par un mécénat régulier provenant de Suède et par l'*International Education Board*, future fondation Rockefeller. La formulation par Hans Pettersson des méthodes du groupe dans son rapport à l'*International Education Board* nous étonne encore aujourd'hui :

« Après des années passées à rechercher l'organisation optimale, chaque *collaborateur ou collaboratrice* [je souligne] a désormais son propre rôle dans la préparation pratique d'une expérience. *Chacun* ou *chacune* [je souligne] se consacre à son propre sujet de recherche, mais peut compter sur l'aide d'un ou de plusieurs collègues. Cette aide est offerte sans contrepartie et il est arrivé que des collègues passent des mois à travailler à la préparation des expériences de quelqu'un d'autre. »¹⁴

Au milieu des années 1920, le groupe de Vienne, comme celui de Cambridge, avait grandement perfectionné le compteur à scintillation, mais son principal défaut demeurait la difficulté à distinguer les éclairs lumineux produits par les différents types de particules. L'observation très

¹⁴ Hans Pettersson, *Report to the International Education Board*, avril 1928, en anglais, archives de la Göteborgs Universitetsbibliotek (GUB), Suède.

minutieuse, fatigante et incertaine des éclairs de scintillation conduisit doucement mais sûrement les laboratoires de Cambridge et de Vienne à modifier leurs pratiques de travail [Chaloner, 1997]. Comme Hans Pettersson le rapporta par la suite,

« la nature subjective de toutes les observations faites grâce à la méthode par scintillation ajoutée à la fatigue oculaire de ceux chargés de compter les éclairs rend nécessaire la mise au point de nouvelles méthodes d'étude des particules atomiques, moins épuisantes et plus fiables »¹⁵.

À l'Institut du radium, Hans Pettersson confia la mise au point de l'une des nouvelles techniques d'observation, les émulsions photographiques, à Marietta Blau, qui venait de réintégrer l'Institut après un séjour à Berlin. Au début de 1924, Marietta Blau s'intéressa aux effets photographiques des protons. Elle chercha d'abord à observer les protons de recul produits par les particules alpha sur de la paraffine. Ne disposant que de sources faiblement radioactives, elle ne pouvait observer que les particules de moindre énergie. L'unique source fortement radioactive disponible à l'époque était le polonium. Comme l'expliquait Marietta Blau :

« pour empêcher que la plaque ne noircisse sous l'effet des rayons gamma, on travaillait avec du polonium que le docteur Elisabeth Rona préparait en échantillons très concentrés. Après une longue série d'expériences inabouties, la méthode fut enfin couronnée de succès en 1926 et put être appliquée l'année suivante à la désintégration de divers atomes avec des particules alpha. »¹⁶

Outre de nouveaux instruments pour suivre les particules, le groupe de Vienne avait besoin de sources radioactives, de préférence du polonium, communément utilisé dans les expériences de désintégration artificielle. N'émettant pas de particules beta qui interféraient avec le comptage par scintillation, le polonium était une source radioactive très précieuse. Surtout habitué aux expériences menées avec une chambre de Wilson, le groupe de Vienne avait besoin de l'expertise technique nécessaire pour préparer ces sources de polonium. Irène Curie était alors l'une des rares expertes de la communauté des chercheurs spécialistes de la radioactivité capable d'extraire et de préparer les sources de polonium. Il fallait pour cela réaliser la difficile séparation chimique de l'élément, le purifier et enfin le concentrer sur une petite surface. Elisabeth Rona se révéla la plus compétente pour cette tâche. Hans Pettersson s'arrangea même pour qu'elle approfondisse sa formation à l'Institut Curie.

Tandis que le groupe de Pettersson recherchait fébrilement de nouvelles techniques, plus fiables, pour compter les particules produites par les désintégrations atomiques, Elisabeth Kara-Michailova perfectionna la conception et la construction du compteur à scintillation. Le 5 mai 1927, elle présenta une nouvelle étude sur la scintillation à l'Académie

¹⁵ Pettersson, *Report to the International Educational Board*.

¹⁶ Blau, *curriculum vitae*, Archives de Leopold Halpern.

de Vienne [Kara-Michailova, 1927]. Elle était essentiellement consacrée à la luminosité des scintillations produites par les particules H en fonction de leur vitesse. Comme elle le fit remarquer, la principale condition sur laquelle reposait la méthode par scintillation était la détermination de la vitesse minimale des particules à partir de laquelle l'observateur remarquait les scintillations. Durant la phase de conception de sa nouvelle expérience, Elisabeth Kara-Michailova échangea de nombreuses pièces avec le spectrographe de masse de Georg Stetter.

Georg Stetter, qui travaillait dans le groupe de Pettersson, avait construit un spectrographe de masse en modifiant le modèle originel de Francis William Aston [Stetter, 1925]. Il fut le premier à remplacer les plaques photographiques par le compteur à scintillation de Hans Pettersson et de Kara-Michailova. Les échanges de pièces d'appareils allaient toutefois dans les deux sens. Comme Elisabeth Kara-Michailova le reconnaissait dans son article, « J'exprime toute ma reconnaissance à Herrn Dr. Stetter pour m'avoir permis d'utiliser son appareil et pour son aide dans la recherche » [Kara-Michailova, 1927, p. 359-360]. Dans les aller et retour entre sa paillasse et celle de Georg Stetter, la transformation de l'appareil refléta la disparition de certaines pratiques expérimentales. Reposant sur la vue imparfaite de l'observateur, le compteur à scintillation fut délaissé tandis que les expérimentateurs recherchaient des méthodes plus fiables et objectives.

Au début des années 1920, il devint évident que la discipline était en pleine mutation. Les Viennois ne faisaient pas partie des laboratoires qui allaient survivre dans l'univers de la physique nucléaire. Alors que certaines techniques expérimentales montraient leurs limites et qu'il devenait nécessaire de recourir à de nouvelles compétences et de nouvelles méthodes, les physiciens viennois voulurent sauvegarder leur culture expérimentale. La résolution finale de la controverse en faveur du groupe britannique, l'apparition de plusieurs autres groupes de recherche dans ce domaine et le contexte politique autrichien entraînèrent la débâcle de l'Institut viennois. Hans Pettersson retourna en Suède. Le départ de cette figure-clé provoqua une crise financière et l'annulation du projet de recherche sur la désintégration artificielle. Ne bénéficiant pas de postes universitaires permanents ni de salaires mensuels payés par l'État, les femmes furent les plus affectées par la dissolution du groupe de Pettersson. Afin de demeurer des scientifiques actives, certaines déplacèrent leurs travaux aux frontières de la radioactivité et de l'océanographie.

Après son départ de Vienne, Hans Pettersson rentra à Uppsala, où il créa un institut océanographique couplé à une

station à Bornö. Tout au long des années 1930, il invita la plupart de ses anciens collègues à collaborer à ses nouveaux projets de recherche. Des femmes telles que Berta Karlik et Elisabeth Rona travaillèrent temporairement dans la station de Bornö, analysant des échantillons des fonds marins pour déterminer leur teneur en radium. Mais les soubresauts politiques des années 1930 affectèrent non seulement le sort des femmes qui avaient travaillé dans le groupe de Pettersson mais aussi celui de tout l'Institut du radium. De 1934 à 1938, les fascistes puis les nazis s'emparèrent du pouvoir. Au cours de ces années, les persécutions politiques et raciales rappelèrent aux physiciens de l'Institut que les nouveaux régimes ne toléraient pas les sociaux-démocrates et les Juifs, et d'autant moins s'ils étaient des femmes. Après l'Anschluss de 1938, les hommes et femmes juifs de l'Institut furent contraints d'abandonner leur poste et de fuir l'Autriche.

* *
*

Que signifiait, en fin de compte, le fait d'être une chercheuse spécialiste de la radioactivité à Vienne ? Poser la question, c'est sous entendre qu'être expérimentateur dans ce domaine pouvait varier en fonction des cultures de laboratoires et reconnaître que la recherche sur la radioactivité pouvait dépendre de conditions locales. Nous avons vu que le maniement des compteurs à scintillation et la préparation du radium différaient à Cambridge et à Vienne. Les différences portaient sur les techniques et les matériaux mais aussi sur les modes de collaboration, la répartition des responsabilités en fonction du sexe et les relations de pouvoir au sein du laboratoire. L'analyse de laboratoire comme méthode nous a familiarisés avec l'idée (ou, tout au moins, avertis du fait) que le laboratoire n'est pas un espace isolé du contexte politique et culturel plus large dans lequel il s'inscrit. Ce que ces études tendent à montrer, au contraire, c'est que tout expérimentateur individuel incarne un ensemble de significations, de valeurs et de symboles, autant de composantes essentielles issues de son interaction avec la société et son discours dominant. J'ai voulu montrer ici, en prenant au sérieux cette interaction, que la politique mise en œuvre par la municipalité social-démocrate de Vienne et les pratiques expérimentales du laboratoire viennois favorisèrent l'existence de relations de genre exceptionnelles.

La vie culturelle, politique et intellectuelle viennoise au début du XX^e siècle facilita l'émancipation des femmes et leur accès à une vie professionnelle. Dans le cas particulier de l'Institut de Vienne, l'accès des femmes à des postes de recherche bénéficia de la détermination de Franz Exner et de

Stefan Meyer. La carrière de ces femmes fut ensuite en grande partie déterminée par l'évolution des représentations et des politiques touchant à la place des femmes en science. Durant le mandat social-démocrate de 1919 à 1934, les femmes devinrent une catégorie politique à part entière. Le programme du parti et ses projets de réformes dans l'éducation créèrent les conditions pour que les femmes puissent s'imaginer actives socialement. Le parti encouragea en outre des figures-clés comme Stefan Meyer à mettre en œuvre leurs idées progressistes sur le travail des femmes. Il est révélateur qu'après l'Anschluss, lorsque l'ensemble des réformes éducatives et des mesures sociales et politiques de la municipalité social-démocrate fut mis à bas, conformément à la propagande antisémite et anti-sociale-démocrate, le changement se refléta nettement dans la répartition des membres de l'Institut tant du point de vue sexuel que racial.

Le contexte politique viennois aide à comprendre l'histoire de l'Institut. La culture expérimentale de l'Institut du radium fut un facteur décisif dans l'implication active des femmes dans ce domaine de recherche. Les travaux publiés montrent que les femmes n'entraient pas à l'Institut comme simples techniciennes ou assistantes de laboratoire, subordonnées à leurs collègues masculins. Elles étaient au contraire partie prenante des programmes de recherche en tant que chercheuses maîtrisant leurs appareils. L'atmosphère collégiale et, de façon notable, le type de leadership exercé par Hans Pettersson, créèrent une situation exceptionnelle pour ce qui est des rapports entre hommes et femmes à l'Institut. De plus, le fait que les appareils utilisés dans l'étude de la radioactivité étaient petits, portatifs et simples à fabriquer, contribua à aider les femmes à imposer leur rôle dans ce domaine scientifique. En se rendant capables de transférer une technique précise d'une paillasse à une autre et en traversant les frontières disciplinaires du fait de leur expertise, les femmes accrurent leurs chances d'insertion et leurs possibilités de travailler.

L'Institut du radium à Vienne est-il un cas unique dans l'histoire de la radioactivité ? La réponse n'est pas simple. En l'absence d'études comparatives consacrées aux institutions, il est tentant de s'en remettre à des explications générales et de faire valoir qu'indépendamment des spécificités locales la radioactivité fut la spécialité qui détermina, encouragea et favorisa la carrière d'un très grand nombre de femmes. Cet article a essayé de spécifier ce qu'il faut caractériser pour répondre à la question posée. À un autre niveau, il propose de délaisser l'historiographie des causes au profit de celle des contingences locales et historiques.

BIBLIOGRAPHIE

- BISCHOF Brigitte, 2000, *Frauen am Wiener Institut für Radiumforschung*, Mémoire de maîtrise, Université de Vienne.
- CHALONER Clinton, 1997, « The Most Wonderful Experiment in the World : A History of the Cloud Chamber », *British Journal for the History of Science*, n° 30, pp. 357-374.
- FONOVITS Hilda, 1919, « Über die Erreichung des Sättigungsstromes für alpha-Strahlen im Plattenkondensator », *Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, 1919, n° 128 (2a), pp. 761-793.
- GALISON Peter, 1997, *Image and Logic*, The University of Chicago Press, Chicago.
- HEILBORN J. L., 2003, *Ernest Rutherford and the explosion of Atom*, Oxford University Press, Oxford.
- HUGHES Jeffrey, 1993, *The Radioactivists : Community, Controversy and the Rise of Nuclear Physics*, thèse de doctorat, Université de Cambridge.
- HUNT Felicity et BARKER Carol, 1998, *Women at Cambridge : A Brief History*, University of Cambridge Press, Cambridge.
- KANT Horst, 2002, « Von KWI für Chemie zum KWI für Radioaktivität », *Dahlemer Archivgespräche*, n° 8, pp. 57-92.
- KARA-MICHAILOVA Elisabeth et PETERSSON Hans, 1924, « Über die Messung der relativen Helligkeit von Szintillationen », *Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, n° 133 (2a), pp. 163-168.
- KARA-MICHAILOVA Elisabeth et PRZIBRAM Karl, 1920, « Orientierte Gleitbüschel auf Kristallflächen », *Zeitschrift für Physik*, n° 2, p. 297.
- KARA-MICHAILOVA Elisabeth et PRZIBRAM Karl, 1922, « Über Radiolumineszenz und Radio-Photolumineszenz », *Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, n° 131 (2a), pp. 511-530.
- KARA-MICHAILOVA Elisabeth et PRZIBRAM Karl, 1923, « Über Radiolumineszenz und Radio-Photolumineszenz », *Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, n° 132, pp. 285-298.
- KARA-MICHAILOVA Elisabeth, 1927, « Helligkeit und Zählbarkeit der Scintillationen von magnetische abgelenkten H-Strahlen verschiedener Geschwindigkeit », *Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, n° 136 (2a), pp. 357-368.
- RAYNER-CANHAM Marelene et RAYNER-CANHAM Geoffrey, 1997, « Elizabeth Rona : The Polonium Woman », in Marelene et Geoffrey RAYNER-CANHAM (dir.), *A Devotion to their Science : Pioneer Women of Radioactivity*, dirigé par, Chemical Heritage Foundation, Philadelphia, et McGill-Queen's University Press, Montréal, pp. 209-216.
- RENTETZI Maria, 2008, *Trafficking Materials and Gendered Experimental Practices : Radium Research in Early 20th Century Vienna*, Columbia University Press, New York.
- RONA Elizabeth, 1978, *How it Came About : Radioactivity*, Nuclear Physics, Atomic Energy, Oak Ridge Associated Universities.
- ROSSITER Margaret, 1984, *Women Scientists in America : Struggles and Strategies to 1940*, vol. I, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- SCHÜRMMANN Astrid, 2003, « Promoting International Women's Research in Radioactivity : The Curie Laboratory in Paris », in S. ŠTRBÁŇOVÁ, I. H. STAMHUIS and K. MOJSEJOVÁ (dir.), *Women Scholars and Institutions :*

Proceedings of the International Conference Prague, June 8-11, 2003, pp. 591-609, Prague.

STETTER Georg, 1925, « Die Massenbestimmung von H-Partiklen », *Zeitschrift für Physik*, n° 34, pp. 158-177.

STETTER Georg, 1926, « Die Bestimmung des Quotienten Ladung/Masse für natürlich H-Strahlen und Atomtrümmer aus Aluminium », *Sitzungsberichte Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, n° 135, pp. 61-69.

STUEWER Roger, 1985, « Artificial Disintegration and the Vienna-Cambridge Controversy », in Peter ACHINSTEIN et Owen HANNAWAY (dir.), *Observation, Experiment, and Hypothesis in Modern Physical Science*, MIT Press, Cambridge, MA, pp. 239-307.

TAUSKY-TODD Olga, 1985, « Olga Tausky-Todd : An Autobiographical Essay », in ALBERS D. et ALEXADERSON G. (dir.), *Mathematical People : Profiles and Interviews*, Birkhäuser, Boston, pp. 309-336.

TUMA Renate, 1990, « Die österreichischen Studentinnen der Universität Wien (ab 1897) », in Waltraud HEINDL et Marina TICHY (dir.), « *Durch Erkenntnis zu Freiheit und Glück* » *Frauen an der Universität Wien*, Schriftenreihe des Universitätsarchivs, Band 5, Universität Wien, Vienne, pp. 79-107.