



HAL
open science

La surveillance du diabète en France : un outil d'aide à la décision et à l'évaluation des politiques publiques de prévention et de promotion de la santé

Sandrine Fosse Eдорh

► To cite this version:

Sandrine Fosse Eдорh. La surveillance du diabète en France : un outil d'aide à la décision et à l'évaluation des politiques publiques de prévention et de promotion de la santé. Médecine humaine et pathologie. Université Paris-Est, 2022. Français. NNT : 2022PESC0015 . tel-04391505

HAL Id: tel-04391505

<https://theses.hal.science/tel-04391505>

Submitted on 12 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ECOLE DOCTORALE DE SANTE PUBLIQUE

Thèse de doctorat de l'Université de Paris-Est

Spécialité Epidémiologie - Santé publique

Sandrine FOSSE EDORH

**La surveillance du diabète en France :
un outil d'aide à la décision et à l'évaluation
des politiques publiques de prévention
et de promotion de la santé**

Thèse dirigée par Anne Gallay

Soutenue le 10 juin 2022

Jury :

M Pierre FONTAINE

Président/Rapporteur

Mme Barbara HEUDE

Rapporteur

M Sébastien CZERNICHOW

Examineur

Mme Anne GALLAY

Examineur

Résumé

Le diabète est une maladie chronique fréquente, emblématique des enjeux liés à la transition épidémiologique et aux inégalités sociales de santé.

En France, en 2020, plus de 5,3 % de la population était traitée pharmacologiquement pour un diabète. Il s'agit, dans la majorité des cas d'un diabète de type 2. En outre, en 2016, 1,2 % des adultes métropolitains âgés de 18 à 74 ans étaient diabétiques et non traités pharmacologiquement et 1,7 % étaient diabétiques méconnus. L'évolution du diabète peut être associée à de graves complications, en cas de contrôle insuffisant de la maladie. Ces complications induisent des coûts en soin élevés, une mortalité prématurée. Ainsi, le diabète constitue un enjeu de santé publique important.

Le caractère évitable de la survenue du diabète de type 2, souvent lié à des facteurs modifiables, associé à l'existence de traitements efficaces permettant de retarder voire d'éviter les complications sévères, constituent des leviers mobilisables pour réduire le fardeau de cette maladie.

Un système de surveillance du diabète de type 1 et de type 2, reposant sur un dispositif multi-sources et des développements méthodologiques innovants, a été mis en œuvre en France afin de produire un ensemble d'indicateurs pertinents, permettant de mesurer le fardeau du diabète, qu'il s'agisse de la charge de comorbidités, de mortalité ou des facteurs de risque ainsi que son évolution spatio-temporelle. Cette surveillance doit s'intégrer dans un contexte territorial et socio-économique afin de guider l'élaboration des politiques de prévention, de prise en charge et d'en évaluer leur impact, à un niveau national, local, ou au sein de populations spécifiques.

Mots clefs : diabète de type 2, diabète de type 1, surveillance épidémiologique, santé publique, prévention, algorithme

Abstract

Diabetes is a frequent chronic disease, emblematic of the challenges related to epidemiological transition and social inequalities in health.

In France, in 2020, more than 5.3% of the population was pharmacologically treated for diabetes. The majority of cases have a type 2 diabetes. In 2016, 1.2% of the adults living in metropolitan France, aged 18 to 74 were not pharmacologically treated for their diabetes and 1.7% have unknown diabetes. Insufficient control of diabetes can be associated with serious complications. In turn, these complications lead to high treatment costs and premature mortality. Thus, diabetes is an important public health issue.

The preventable nature of type 2 diabetes, often linked with modifiable risk factors combined with the existence of effective treatments to delay or even avoid severe complications. Consequently, it can support reducing the burden of this disease.

A surveillance system for type 1 and type 2 diabetes, based on a multi-source system and innovative methodological developments, has been implemented in France in order to produce a set of relevant indicators. This system allows to measure the burden of diabetes, whether it is the burden of comorbidities, mortality or risk factors as well as its spatio-temporal evolution. This surveillance system must be integrated into socio-economic context to guide the development of prevention and care policies and to assess their impact, at the territorial level (including national or local level), or within specific populations.

Keywords : type 2 diabetes, type 1 diabetes, epidemiological surveillance, public health, prevention, algorithm

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Madame Anne Gallay, Directrice des Maladies non Transmissibles et des Traumatismes à Santé publique France d'avoir accepté de diriger ce travail de thèse et de m'avoir accompagné avec bienveillance dans ce cheminement.

Je tiens à remercier les membres de mon jury. Je suis reconnaissante à Monsieur le Pr Pierre Fontaine et Madame Barbara Heude, qui ont accepté la charge de rapporteurs. Je remercie également Monsieur le Pr Sébastien Czernichow d'évaluer mon travail en tant qu'examinateur. Je remercie l'école doctorale de Santé Publique de l'Université Paris-Est pour leur disponibilité.

Je remercie également Messieurs François Bourdillon, Jean-Claude Desenclos, et Martial Mettendorf pour leur confiance et leur soutien dans le développement du programme de surveillance du diabète et notamment de nous avoir permis de renouveler l'étude Entred 3, si utile à la surveillance.

J'aimerais adresser mes plus sincères remerciements à l'ensemble des personnes qui ont œuvré pour faire de la surveillance du diabète ce qu'elle est aujourd'hui. Mes premières pensées vont bien entendu vers Anne Fagot-Campagna qui nous a quittés bien trop tôt. Anne a su me transmettre sa passion pour l'épidémiologie du diabète et sa persévérance. Je garde chaleureusement en mémoire mes débuts à l'InVS à ses côtés, le bonheur de travailler dans cette équipe dynamique qu'elle avait composée avec Isabelle Romon, Candice Roudier puis Céline Druet. Je voudrais également adresser de sincères remerciements à Laurence Mandereau-Bruno avec laquelle il est si agréable de travailler et qui a tellement œuvré pour l'épidémiologie du diabète. Mille mercis également à Jessica Gane, Valérie Henry, Leila Saboni, Emmanuelle Szego, qui ont tant fait pour la mise en œuvre d'Entred 3. Enfin, je tiens à remercier chaleureusement l'équipe diabète actuelle qui contribue et qui contribuera à la surveillance du diabète de demain : Clara Piffaretti, Isadora Mathevet, Céline Lavalette, Sonsoles Fuentes, Marie Guion et Roxane Agius. Merci également à tous les stagiaires de M2, M1, DUT, aux internes de santé publique qui nous ont rejoint et ont contribué au développement de ce système de surveillance.

Mes remerciements également à tous les experts du diabète, les membres du « comité scientifique » (ou « comité d'interface » selon le nom officiel) qui nous accompagnent dans nos travaux depuis de nombreuses années et avec lesquels il est si passionnant d'échanger. Un grand merci particulièrement au Pr Emmanuel Cosson aux côtés duquel j'ai eu plaisir à encadrer deux thèses.

Je tiens à remercier particulièrement mes parents qui m'ont apporté la valeur du travail et enfin, je réserve mes plus chaleureux remerciements à mon mari et mes enfants, Louise, Gabriel et Apolline qui me soutiennent au quotidien et qui m'ont offert de leur temps pour que je puisse rédiger ce manuscrit.

Production scientifique

Valorisations en lien avec le travail doctoral

Publications dans des revues indexées

Donzeau A, Piffaretti C, Jossens A, Levaillant L, Bouhours-Nouet N, Amsellem-Jager J, Ghosn W, Rey G, **Fosse-Edorh S**, Coutant R. Time trend in excess mortality in children with type 1 diabetes from 1987 to 2016 in mainland France. *Pediatr Diabetes*. 2022 Feb;23(1):38-44. doi: 10.1111/pedi.13298. Epub 2021 Dec 19.

Magliano DJ, Chen L, Islam RM, Carstensen B, Gregg EW, Pavkov ME, Andes LJ, Balicer R, Baviera M, Boersma-van Dam E, Booth GL, Chan JCN, Chua YX, **Fosse-Edorh S**, Fuentes S, Gulseth HL, Gurevicius R, Ha KH, Hird TR, Jermendy G, Khalangot MD, Kim DJ, Kiss Z, Kravchenko VI, Leventer-Roberts M, Lin CY, Luk AOY, Mata-Cases M, Mauricio D, Nichols GA, Nielen MM, Pang D, Paul SK, Pelletier C, Pildava S, Porath A, Read SH, Roncaglioni MC, Lopez-Doriga Ruiz P, Shestakova M, Vikulova O, Wang KL, Wild SH, Yekutieli N, Shaw JE. Trends in the incidence of diagnosed diabetes: a multicountry analysis of aggregate data from 22 million diagnoses in high-income and middle-income settings. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2021 Apr;9(4):203-211. doi: 10.1016/S2213-8587(20)30402-2. Epub 2021 Feb 23.

Haneef R, Kab S, Hrzic R, Fuentes S, **Fosse-Edorh S**, Cosson E, Gallay A. Use of artificial intelligence for public health surveillance: a case study to develop a machine Learning-algorithm to estimate the incidence of diabetes mellitus in France. *Arch Public Health*. 2021 Sep 22;79(1):168. doi: 10.1186/s13690-021-00687-0.

Lailler G, Piffaretti C, Fuentes S, Nabe HD, Oleko A, Cosson E, **Fosse-Edorh S**. Prevalence of prediabetes and undiagnosed type 2 diabetes in France: Results from the national survey ESTEBAN, 2014-2016. *Diabetes Res Clin Pract*. 2020 Jul;165:108252. doi: 10.1016/j.diabres.2020.108252. Epub 2020 Jun 8.

Tatulashvili S, Fagherazzi G, Dow C, Cohen R, **Fosse S**, Bihan H. Socioeconomic inequalities and type 2 diabetes complications: A systematic review. *Diabetes Metab*. 2020 Apr;46(2):89-99. doi: 10.1016/j.diabet.2019.11.001. Epub 2019 Nov 20.

Fuentes S, Mandereau-Bruno L, Regnault N, Bernillon P, Bonaldi C, Cosson E, **Fosse-Edorh S**. Is the type 2 diabetes epidemic plateauing in France? A nationwide population-based study. *Diabetes Metab*. 2020 Jan 7:S1262-3636(20)30001-X. doi: 10.1016/j.diabet.2019.12.006.

Fuentes S, Cosson E, Mandereau-Bruno L, Fagot-Campagna A, Bernillon P, Goldberg M, **Fosse-Edorh S**. Identifying diabetes cases in health administrative databases: a validation study based on a large French cohort. *Int J Public Health*. 2018 Dec 4.

Piffaretti C, Mandereau-Bruno L, Guilmin-Crepon S, Choleau C, Coutant R, **Fosse-Edorh S**. Trends in childhood type 1 diabetes incidence in France, 2010 – 2015. *Diabetes Res Clin Pract*. 2018 Nov.

Briet C, Piffaretti C, **Fosse S**, Denis P, Allix I, Campagna AF, Coutant R. [Epidemiology of type 1 diabetes and its complications]. *Rev Prat*. 2018 Jun;68(6):607-610.

Fosse-Edorh S, Rigou A, Morin S, Fezeu L, Mandereau-Bruno L, Fagot-Campagna A. [Algorithms based on medico-administrative data in the field of endocrine, nutritional and metabolic diseases, especially diabetes]. *Rev Epidemiol Sante Publique*. 2017 Oct;65 Suppl 4:S168-S173. doi: 10.1016/j.respe.2017.05.001.

Fosse-Edorh S, Fagot-Campagna A, Detournay B, Bihan H, Eschwege E, Gautier A, et al. Impact of socio-economic position on health and quality of care in adults with Type 2 diabetes in France: the Entred 2007 study. *Diabet Med*. 2015 Nov;32(11):1438-44.

Fosse-Edorh S, Fagot-Campagna A, Detournay B, Bihan H, Gautier A, Dalichampt M, et al. Type 2 diabetes prevalence, health status and quality of care among the North African immigrant population living in France. *Diabetes metab*. 2014 Apr;40(2):143-50.

Assogba GF, Couchoud C, Roudier C, Pomet C, **Fosse S**, Romon I, Druet C, Stengel B, Fagot-Campagna A. Prevalence, screening and treatment of chronic kidney disease in people with type 2 diabetes in France: the ENTRED surveys (2001 and 2007). *Diabetes Metab*. 2012 Dec;38(6):558-66.

Pomet C, Bourdel-Marchasson I, Lecomte P, Eschwège E, Romon I, **Fosse S**, Assogba F, Roudier C, Fagot-Campagna A for the Entred scientific committee. Trends in the quality of care for elderly people with type 2 diabetes: the need for improvements in safety and quality (the 2001 and 2007 Entred studies). *Diabetes Metab*. 2011 Apr;37(2):152-61.

Hiebel A, Fagot-Campagna A, **Fosse S**, Varroud-Vial M, Weill A, Penfornis A. Feasibility of screening for silent myocardial ischaemia according to the ALFEDIAM-SFC 2004 Guidelines in a population of diabetic patients. *Diabetes Metab* 2010;36:286-292.

Fosse S, Hartemann-Heurtier A, Jacqueminet S, Ha Van G, Grimaldi A, Fagot-Campagna A. Incidence and characteristics of lower limb amputations in people with diabetes. *Diabet Med* 2009;26(4):391-6.

Marant C, Romon I, **Fosse S**, Weill A, Simon D, Eschwège E, Varroud-Vial M, Fagot-Campagna A. French medical practice in type 2 diabetes: the need for better control of cardiovascular risk factors. *Diabetes Metab.* 2008 Feb;34(1):38-45.

Romon I, **Fosse S**, Eschwège E, Simon D, Weill A, Varroud-Vial M, Detournay B, Fagot-Campagna A. Prevalence of macrovascular complications and cardiovascular risk factors in people treated for diabetes and living in France. The ENTRED study 2001. *Diabetes Metab.* 2008;34(2):140-7.

Lecomte P, Romon I, **Fosse S**, Simon D, Fagot-Campagna A. Self-monitoring of blood glucose in France: ENTRED Study 2001. *Diabetes Metab.* 2008;34(3):219-26.

Hillier TA, **Fosse S**, Balkau B, Simon D, Eschwège E, Fagot-Campagna A. Weight, the metabolic syndrome, and coronary heart disease in type 2 diabetes: associations among a national French sample of adults with diabetes-the ENTRED study. *J Cardiometab Syndr.* 2006 Fall;1(5):318-25.

Publications dans des revues non indexées

Azaz A, Jezewski-Serra D, Ruello M, Y. H, Piffaretti C, **Fosse-Edorh S**. Estimation de la prévalence du diabète et du prédiabète à Mayotte et caractéristiques des personnes diabétiques, Mayotte, 2019. *Bull Epidemiol Hebd.* 2022; A paraître

Piffaretti C, Mandereau-Bruno L, Guilmin-Crepon S, Choleau C, Coutant R, **Fosse-Edorh S**. Incidence du diabète de type 1 chez l'enfant en France en 2013-2015, à partir du système national des données de santé (SNDS). Variations régionales. *Bull Epidemiol Hebd.* 2017;(27-28):571-8. http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2017/27-28/2017_27-28_1.html

Mandereau-Bruno L, **Fosse-Edorh S**. Prévalence du diabète traité pharmacologiquement (tous types) en France en 2015. Disparités territoriales et socio-économiques. *Bull Epidemiol Hebd.* 2017;(27-28):586-91. http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2017/27-28/2017_27-28_3.html

Fosse-Edorh S, Mandereau-Bruno L, Hartmann-Heurtier A. Inégalités sociales et territoriales de santé dans la prise en charge du pied diabétique, en France, en 2015. *Médecine des maladies métaboliques.* Octobre 2016 (10,6) :501-508.

Mandereau-Bruno L, Fagot-Campagna A, Rey G, Piffaretti C, Antero-Jacquemin J, Latouche A, **Fosse-Edorh S**. Évolution de la mortalité et de la surmortalité à 5 ans des personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France métropolitaine : comparaison des cohortes Entred 2001 et Entred 2007. *Bull Epidemiol Hebd.* 2016;(37-38):668-75

Mandereau-Bruno L, Fagot-Campagna A, Rey G, Piffaretti C, Antero-Jacquemin J, Latouche A, **Fosse-Edorh S**. Surmortalité sur la période 2002-2011 des personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France métropolitaine par rapport à la population générale. Cohorte Entred 2001. *Bull Epidemiol Hebd.* 2016;(37-38):676-80

Piffaretti C, Fagot-Campagna A, Rey G, Antero-Jacquemin J, Latouche A, Mandereau-Bruno L, **Fosse-Edorh S**. Déterminants de la mortalité des personnes diabétiques de type 2. Cohortes Entred, France, 2002-2013. *Bull Epidemiol Hebd.* 2016;(37-38):681-90.

Regnault N, Salanave B, Castetbon K, Cosson E, Vambergue A, Barry Y, **Fosse-Edorh S**, Vernay M. Diabète gestationnel en France en 2012 : dépistage, prévalence et modalités de prise en charge pendant la grossesse. *Bull Epidemiol Hebd.* 2016 (9) :164-73.

Fosse-Edorh S, Mandereau-Bruno L, Regnault N. Le poids des complications liées au diabète en France en 2013. Synthèse et perspectives. *Bull Epidemiol Hebd.* 2015(34-35):619-25.

Fosse-Edorh S, Mandereau-Bruno L, Olié V. Les hospitalisations pour infarctus du myocarde ou accident vasculaire cérébral chez les personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France en 2013. *Bull Epidemiol Hebd.* 2015(34-35):625-31.

Fosse-Edorh S, Mandereau-Bruno L, Hartemann-Heurtier A. Les hospitalisations pour complications podologiques chez les personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France en 2013. *Bull Epidemiol Hebd.* 2015(34-35):638-44.

Fosse-Edorh S, Mandereau-Bruno L. Suivi des examens recommandés dans le surveillance du diabète en France en 2013. *Bull Epidemiol Hebd.* 2015(34-35):645-54.

Fosse-Edorh S, Pernet C, Delpierre C, Rey G, Bihan H, Fagot-Campagna A. Associations entre niveau socioéconomique et recours aux soins des personnes diabétiques, et évolutions entre 2001 et 2007, à partir d'une approche écologique. *Enquêtes Entred 2001 et 2007, France.* *Bull Epidemiol Hebd.* 2014;30-31.

Regnault N, Chantry M, Azogui Levy S, **Fosse-Edorh S**. Connaissances et pratiques en termes de santé bucco-dentaire chez les personnes diabétiques de type 2 dans l'étude Entred 2007, France. *Bull Epidemiol Hebd.* 2014;30-31.

Mandereau-Bruno L, Denis P, Fagot-Campagna A, **Fosse-Edorh S**. Prévalence du diabète traité pharmacologiquement et disparités territoriales en France en 2012. N° thématique. Journée mondiale du diabète, 14 novembre 2014. *Bull Epidemiol Hebd.* 2014(30-31):493-9.

Assogba F, Penfornis F, Detournay B, Lecomte P, Bourdel-Marchasson I, Druet C, Weill A, Fagot-Campagna A, **Fosse-Edorh S**. Facteurs associés à l'hospitalisation des personnes diabétiques adultes en France. Entred 2007. Bull Epidémiol hebdomadaire 2013;37-38.

Druet C, Bourdel-Marchasson I, Weill A, Eschwege E, Penfornis A, **Fosse S**, Fournier C, Chantry M, Attali C, Lecomte P, Simon D, Poutignat N, Gautier A, Risse M, Fagot-Campagna A. Le diabète de type 2 en France : épidémiologie, évolution de la qualité de la prise en charge, poids social et économique. Entred 2007. Presse Med. 2013 May;42(5):830-8.

Fosse S ; Fagot Campagna A. Encadré - Prévalence du diabète, état de santé et recours aux soins des personnes diabétiques originaires d'un pays du Maghreb et résidant en France métropolitaine. Numéro thématique. Santé et recours aux soins des migrants en France. Bull Epidemiol Hebdomadaire, 2012;2-4:35-6.

Fagot-Campagna A, Weill A, Paumier A, Poutignat N, Fournier C, **Fosse S**, Roudier C, Romon I, Chantry M, Detournay B, Eschwege E, Rudnichi A, Druet C, Halimi S. Que retenir du bilan d'Entred 2007-2010 ? Médecine des Maladies Métaboliques 2010;2(4):212-218.

Fagot-Campagna A, **Fosse S**, Roudier C, Romon I, Penfornis A, Lecomte P, Bourdel-Marchasson I, Chantry M, Deligne J, Fournier C, Poutignat N, Weill A, Paumier A, Eschwege E, pour le Comité Scientifique Entred. Caractéristiques, risque vasculaire et complications chez les personnes diabétiques en France métropolitaine : d'importantes évolutions entre Entred 2001 et Entred 2007. Feuillet de Biologie 2010;294(LI):1-6.

Fagot-Campagna A, **Fosse S**, Roudier C, Romon I, Penfornis A, Lecomte P, Bourdel-Marchasson I, Chantry M, Deligne J, Fournier C, Poutignat N, Weill A, Paumier A, Eschwege E, pour le comité scientifique Entred. Caractéristiques, risque vasculaire et complications chez les personnes diabétiques en France métropolitaine : d'importantes évolutions entre Entred 2001 et Entred 2007. Bull Epidémiol hebdomadaire 2009;42-43:450-5

Fosse S, Jacqueminet SA, Duplan H, Hartemann-Heurtier A, Ha Van G, Grimaldi A, Fagot-Campagna A. Incidence et caractéristiques des amputations de membres inférieurs chez les personnes diabétiques en France métropolitaine, 2003. Bulletin épidémiologique hebdomadaire 2006 ; 10 : 69-71.

Romon I, Dupin J, **Fosse S**, Dalichampt M, Dray-Spira R, Varroud-Vial M, Weill A, Fagot-Campagna A. Relations entre caractéristiques socio-économiques et état de santé, recours aux soins et qualité des soins des personnes diabétiques, Entred 2001. Bull Epidemiol Hebdomadaire, 2006;45:347-350.

Romon I, **Fosse S**, Weill A, Varroud-Vial M, Fagot-Campagna A. Prévalence des complications macrovasculaires et niveau de risque vasculaire des diabétiques en France. Étude Entred 2001. Bull Epidemiol Hebdomadaire 2005;12-13:46-48.

Fagot-Campagna A, **Fosse S**, Weill A, Simon D, Varroud-Vial M. Rétinopathie et neuropathie liées au diabète en France métropolitaine : dépistage, prévalence et prise en charge médicale. Étude Entred 2001. Bull Epidemiol Hebdomadaire 2005;12-13:48-50.

Névanen S, Sobngwi-Tambekou J, **Fosse S**, Simon D, Weill A, Varroud-Vial M, Lecomte P, Fagot-Campagna A. Caractéristiques et état de santé des personnes diabétiques âgées et leur prise en charge médicale. Étude Entred 2001. Bull Epidemiol Hebdomadaire 2005;12-13:51-52.

Rapports publiés

Druet C, Roudier C, Romon I, Assogba F, Bourdel-Marchasson I, Eschwege E, Risse-Fleury M, Poutignat N, Gautier A, Chantry M, Weill A, **Fosse S**, Fagot-Campagna A. Échantillon national témoin représentatif des personnes diabétiques, Entred 2007-2010. Caractéristiques, état de santé, prise en charge et poids économique des personnes diabétiques. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2013. 140 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/diabete/documents/rapport-synthese/echantillon-national-temoin-representatif-des-personnes-diabetiques-entred-2007-2010-caracteristiques-etat-de-sante-prise-en-charge-et-poids-eco>

Fosse S ; Romon I ; Druet C ; Fagot Campagna A. Echantillon national témoin représentatif des personnes diabétiques, Entred 2007-2010. Rapport méthodologique. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2012. 73 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/diabete/documents/rapport-synthese/echantillon-national-temoin-representatif-des-personnes-diabetiques-entred-2007-2010-rapport-methodologique>

Fosse S ; Dalichampt M ; Fagot Campagna A. Prévalence du diabète et recours aux soins en fonction du niveau socio-économique et du pays d'origine en France métropolitaine. Enquête décennale santé 2002-2003 et enquêtes santé et protection sociale 2002 et 2004. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2011. 78 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/diabete/documents/rapport-synthese/prevalence-du-diabete-et-recours-aux-soins-en-fonction-du-niveau-socio-economique-et-du-pays-d-origine-en-france-metropolitaine.-enquete-decennale>

Chapitres d'ouvrage

Piffaretti C, **Fosse-Edorh S**, Denis P, Fagot-Campagna A, Coutant R. Épidémiologie du diabète de l'enfant. In : Diabétologie de l'enfant. Nicolino M, Coutant R. Scolaire/ Universitaire. Nov 2018

Synthèses publiées

Fosse-Edorh S, Mandereau Bruno L, Piffaretti C. Le poids du diabète en France en 2016. Synthèse épidémiologique. Santé publique France. Saint-Maurice, 2018. p. 8. <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/diabete/documents/rapport-synthese/le-poids-du-diabete-en-france-en-2016.-synthese-epidemiologique>

Fagot Campagna A, Romon I, **Fosse S**, Roudier C. Prévalence et incidence du diabète, et mortalité liée au diabète en France – Synthèse épidémiologique. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, novembre 2010, 12 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/diabete/documents/rapport-synthese/prevalence-et-incidence-du-diabete-et-mortalite-liee-au-diabete-en-france.-synthese-epidemiologique>

Communications orales

Fosse-Edorh S. Apports du Système national des données de santé (SNDS) et des enquêtes adossées, l'exemple d'Entred 3. Table ronde SFD/FFD-Données informatisées des patients diabétiques. Congrès de la Société francophone du diabète. Nice mars 2022.

Fosse-Edorh S. Mandereau-Bruno L, Wargny M, Cournard-Grégoire A, Piffaretti C. Time trends in diabetes-related complications in France, between 2010 and 2019. Edeg meeting online 26-27 April 2021

Fosse-Edorh S. Epidémiologie du diabète : que disent les dernières données françaises ? Rencontres de Santé publique France. Paris. Mai 2018

Fosse-Edorh S. Epidémiologie des diabètes : que disent les dernières données françaises ? Congrès de la Société francophone du diabète Paramédical. Nantes mars 2018.

Mandereau-Bruno L, Fagot-Campagna A, Rey G, Latouche A, **Fosse-Edorh S**. Evolution de la surmortalité des personnes diabétiques traitées pharmacologiquement entre 2002-2006 et 2007-2012 – Cohortes Entred 2001 et Entred 2007. Congrès de la Société francophone du diabète, Lyon, 22-25 mars 2016. Diabetes Metabol 2016;42:A1

Fosse S. Epidémiologie du diabète en France. Journées thématiques du CESP, Kremlin-Bicêtre, 7 septembre 2015.

Fosse S, Chatelus AL, Feldman-Billard S, Massin P, Druet C, Fagot-Campagna A. Prévalence de la déficience visuelle grave (DVG) chez les personnes diabétiques en France métropolitaine en 2008. Congrès de la Société francophone du diabète, Nice, 20-23 mars 2012. Diabetes Metabol 2012;38:A8.

Fosse S, Druet C, Romon I, Weill A, Paumier A, Poutignat N, Fournier C, Fagot-Campagna A. Les personnes diabétiques : Entred, une enquête sur la santé et la prise en charge du diabète. Journées de l'InVS, Paris - 29 avril 2011

Fosse S, Hartemann-Heurtier A, Jacqueminet S, Mouquet MC, Oberlin P, Fagot-Campagna A. Evolution du taux d'incidence des amputations de membre inférieur chez les personnes diabétiques, et devenir à 3 ans des personnes diabétiques amputées, selon les données du PMSI [Communication orale]. In: Congrès de la Société francophone du diabète, Lille, 16-19 mars 2010. Diabetes Metab 2010; 36:A26.

Fosse S, Hartemann-Heurtier A, Jacqueminet S, Mouquet MC, Oberlin P, Fagot-Campagna A. Evolution du taux d'incidence des amputations de membre inférieur chez les personnes diabétiques, et devenir à 3 ans des personnes diabétiques amputées, selon les données du PMSI. Congrès Emois, 22-23 avril 2010, Bordeaux.

Fosse S, Fagot-Campagna A, Romon I, Pham AI, Weill A, Poutignat N, Fournier C. Renouveau en 2007 d'une enquête sur le diabète – Entred : analyse des besoins des patients et de leur médecin concernant la démarche éducative. [Communication orale] In : Journées de prévention de l'Institut national de prévention et d'éducation à la santé, 29 et 30 mars 2007, Paris.

Fosse S. Impact du niveau socio-économique sur le diabète. Données françaises et quelques données internationales. 10èmes journées annuelles de santé publique. Montréal, 23 et 24 octobre 2006

Co-encadrement de thèses

Guion M. Thèse de doctorat en Santé publique / Université Paris XIII - Galilée. Surveillance des inégalités sociales de santé dans le domaine du diabète - Identifier des leviers d'actions pour la prévention. *En cours*. Directeur : Cosson E, Co-encadrant : **Fosse-Edorh S**.

Fuentes S. Thèse de doctorat en Santé publique – épidémiologie / Université Paris Est. Définition et validation d'algorithmes d'identification des cas de diabète dans les bases de données médico-administratives à partir de la cohorte Constances et application à l'étude de l'évolution de la prévalence et de l'incidence du diabète dans le SNDS. Soutenue le 17/09/2020. <http://theses.fr/2020PESC0058>. Directeur : Cosson E, Co-encadrant : **Fosse-Edorh S**.

Piffaretti C. Thèse de doctorat en Médecine - Santé publique et médecine sociale / Université Paris VI. Incidence du diabète de type 1 chez l'enfant en France, et son évolution de 2010 à 2015. N° 2017PA06S037. Soutenue le 27/06/2017. Directeur : Grémy I, Co-encadrant : **Fosse-Edorh S**.

Table des matières

Partie 1. Contexte dans lequel s'inscrivent les travaux menés

Résumé.....	2
Abstract	3
Remerciements	4
Production scientifique	6
1 Introduction.....	16
1.1 Le diabète	17
1.1.1 Définition du diabète et du prédiabète.....	17
1.1.2 Expression clinique des diabètes.....	17
1.1.3 Complications – Mortalité	18
1.1.4 Dépistage, diagnostic et prise en charge.....	19
1.1.5 Principaux facteurs de risque du DT1 et du DT2	23
1.1.6 Prévention	25
1.1.7 Synthèse	31
1.2 La surveillance du diabète en France au début des années 2000.....	32
1.2.1 Les origines du dispositif de surveillance du diabète en France	32
1.2.2 Prévalence du diabète.....	32
1.2.3 Incidence du diabète	36
1.2.4 Mortalité liée au diabète.....	37
1.2.5 ENTRED – Une étude sur l'état de santé des personnes diabétiques.....	37
1.3 La Loi de Santé publique de 2004, cadre du système de surveillance	39
1.4 Problématique et enjeux.....	41
1.5 Objectifs.....	43

Partie 2. Travaux les plus marquants

2 Outils et méthodes.....	45
2.1 Les enquêtes en population générale	45
2.1.1 Les enquêtes en population générale sans examen de santé.....	46

2.1.2	Les enquêtes en population générale avec examen de santé	48
2.1.3	Définition du statut glycémique dans les enquêtes en population générale	50
2.1.4	Définition du type de diabète dans les enquêtes.....	51
2.2	Les bases de données médico-administratives.....	51
2.2.1	Evolution des BDMA en France	52
2.2.2	L'identification des cas de diabète dans le SNDS	55
2.2.3	Définition des cas incidents de diabète.....	62
2.2.4	Identification des cas de diabète de type 1 / diabète de type 2.....	62
2.2.5	Algorithme d'identification des nouveaux cas de DT1 de l'enfant dans le SNDS	65
2.2.6	Estimation des taux de prévalence et d'incidence.....	66
2.2.7	Les études de morbi-mortalité liée au diabète	66
2.3	Les enquêtes en population spécifique : Entred	70
2.3.1	Objectifs généraux.....	70
2.3.2	Méthodologie générale	71
2.3.3	Les spécificités d'Entred 3	75
2.4	Synthèse – Chronologie des développements méthodologiques.....	79
3	Surveillance de la dynamique de la pathologie (prévalence, incidence, mortalité)	80
3.1	Prévalence	80
3.1.1	Prévalence du diabète total	80
3.1.2	Prévalence du diabète traité pharmacologiquement	82
3.1.3	Prévalence du diabète de type 1/type 2	83
3.2	Incidence	84
3.2.1	Incidence du diabète de type 2	84
3.2.2	Incidence du diabète de type 1 de l'enfant.....	85
3.3	Mortalité.....	86
3.4	Evolutions temporelles.....	87
3.4.1	Diabète de type 2	87
3.4.2	Diabète de type 1	92
3.5	Synthèse – Chronologie des travaux de surveillance de la dynamique du diabète	93
3.6	Discussion sur la surveillance de la dynamique de la pathologie	94
3.6.1	Diabète de type 2	94
3.6.2	Diabète de type 1	98
4	Surveillance des caractéristiques de la population, de son état de santé	98
4.1	Caractéristiques de la population diabétique	98
4.2	Facteurs de risque de complications liées au diabète	99
4.3	Complications liées au diabète.....	100

4.4	Causes de décès et surmortalité	101
4.5	Suivi des examens recommandés	103
4.6	Synthèse chronologie des travaux de surveillance des caractéristiques de la population, de son état de santé.....	104
4.7	Discussion sur la surveillance des caractéristiques de la population, de son état de santé.....	105
5	Surveillance des inégalités sociales et territoriales.....	106
5.1	Inégalités sociales et territoriales de survenue d'un diabète	106
5.2	Inégalités sociales et territoriales de morbi-mortalité du diabète et de prévention des complications	114
5.3	Synthèse, chronologie des travaux de surveillance des inégalités sociales et territoriales	125
5.4	Discussion sur la surveillance des inégalités sociales et territoriales	125
6	Discussion générale	129
6.1	Synthèse	129
6.2	Limites	131
6.3	Finalités	131
6.4	Perspectives de développement	132
7	Conclusion	134
8	Références.....	135
9	Annexes	142

Liste des Acronymes

ACCORD	Action to Control Cardiovascular Risk in Diabetes
ADA	American Diabetes Association
ADVANCE	Action in Diabetes and Vascular
AJD	Aide aux jeunes diabétiques
ALD	Affection de longue durée
AMI	Amputation de membre inférieur
ANAES	Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé
ANCREd	Association Nationale de Coordination des Réseaux de Soins aux Diabétiques
ANSM	Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé
ARS	Agence régionale de santé
AVC	Accident vasculaire cérébral
ATC	Anatomique, Thérapeutique et Chimique
BDMA	Bases de données médico-administratives
BEH	Bulletin Epidémiologique hebdomadaire
C2S	Complémentaire santé solidaire
CépiDc	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès
CES	Centres d'examen de santé
CIM10	Classification internationale des maladies
CMF	Comparative Mortality Figure
CMU-C	Couverture maladie universelle complémentaire
CNAMTS	Caisse nationale d'Assurance maladie des travailleurs salariés
CNSA	Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie
CPAM	Caisse primaire d'assurance maladie
DG	Diabète gestationnel
DGS	Direction générales de la santé
DP	Diagnostic principal
DPP	Diabetes Prevention Program
DPS	Diabetes Prevention Survey
DQS	DA Qing study

DR	Diagnostic relié
DREES	Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques
DROM	Départements et régions d'outre-mer
DT1	Diabète de type 1
DT2	Diabète de type 2
ECG	Electrocardiogramme
EDI	European Deprivation Index
EDS	Enquêtes décennale Santé
ENNS	Enquête nationale nutrition santé
ENTRED	Echantillon National Témoin et Représentatif des Diabétiques
EPAS	Echantillon permanent des assurés sociaux
ESPS	Enquête santé protection sociale
ESTEBAN	Etude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition
GAJ	Glycémie à jeun
GBD	Global Burden of Disease
HAS	Haute Autorité de Santé
HbA1c	Hémoglobine glyquée A1c
HCSP	Haut conseil de la santé publique
HDL	High density lipoprotein
HGPO	Hyperglycémie provoquée par voie orale
HR	Hazard ratio
HSI	Enquête handicap santé institution
HSM	Enquête handicap santé ménage
HTA	Hypertension artérielle
IDM	Infarctus du myocarde
IEC	International expert committee
IMC	Indice de masse corporelle
INSEE	Institut national de la statistique et des études
INSERM	Institut national de la santé et de la recherche médicale
InVS	Institut de Veille Sanitaire

IRCT	Insuffisance rénale chronique terminale
IRDES	Recherche et Documentation en Economie de la Santé
IRIS	Ilots regroupés pour l'information statistique
MDPH	Maisons départementales des personnes handicapées
MODY	Maturity-onset diabetes of the young
MSA	Mutualité sociale agricole
NDPP	National diabetes prevention program
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique
OMS	Organisation mondiale de la santé
PAD	Pression artérielle diastolique
PAS	Pression artérielle systolique
PCS	Profession et catégorie socio-professionnelle
PM _{2,5}	Particulate matter (particules en suspension) de diamètre inférieur 2,5 µm
PMSI	Programme de médicalisation des systèmes d'information
PNSE	Plan National Santé Environnement
PNNS	Programme National Nutrition Santé
RG	Régime général
RNIPP	Répertoire National d'Identification des Personnes Physiques
RR	Risque relatif
RSI	Régime social des indépendants
SIAM	Système informationnel de l'Assurance maladie
SLM	Sections locales mutualistes
SML	Supervised Machine Learning
SMR	Standardized Mortality Ratio
SNDS	Système national des données de santé
Sniiram	Système national d'information inter-régimes de l'assurance maladie
SSI	Sécurité sociale des indépendants
UKPDS	United Kingdom Prospective Diabetes Study
VADT	Veterans Affairs Diabetes Trial
VPN	Valeur prédictive négative
VPP	Valeur prédictive positive

Partie 1. Contexte dans lequel s'inscrivent les travaux menés

1 Introduction

L'International Diabetes Federation (IDF) estime qu'à une échelle mondiale, 537 millions d'adultes vivaient avec le diabète en 2021 (1), contre environ 150 millions en 2000 (1, 2). La prévalence mondiale du diabète a triplé depuis 2000, passant de 4,6 à 10,5 % de la population adulte et l'IDF estime que 6,7 millions d'adulte sont décédés d'une cause liée au diabète en 2021 (1). Selon le classement du Global Burden of Disease (GBD), la mortalité due au diabète de type 2 (DT2) avait progressé de la 14^{ème} place à la 10^{ème} place du classement des principales causes de décès dans le monde entre 2007 et 2017, enregistrant une augmentation de 6,5% du nombre de décès pour 100 000 habitants (3). En 2019, le diabète (tous types confondus) occupait la 9^{ème} place en termes de mortalité, 14^{ème} en termes d'années de vie perdues et la 6^{ème} en termes d'années de vie perdues sans incapacité (4). Les principaux contributeurs à cette réduction de l'espérance de vie sans incapacités sont les complications macrovasculaires (maladies coronariennes, accidents vasculaires cérébraux, maladies vasculaires périphériques) et les complications microvasculaires (insuffisance rénale chronique terminale [IRCT], rétinopathie, neuropathie), ainsi que les comorbidités et le déséquilibre glycémique (5-9).

Les complications liées au diabète et leurs conséquences, telles que la cécité ou l'amputation d'un membre inférieur (AMI), ont également un impact majeur sur les services de santé et sur le coût économique. Au niveau individuel, la qualité de vie est fortement affectée dès la survenue de complications. L'instauration d'une insulinothérapie (10) s'avère une étape majeure dans la dégradation de la qualité de vie. Elle peut donc être détériorée à un âge très jeune dans le cas du diabète de type 1 (DT1), avec des conséquences sur la vie de l'enfant, sa scolarisation et sa vie professionnelle.

Si l'évitabilité du DT1 est faible, celle du DT2 est très élevée. Certains de ses principaux facteurs de risque sont liés au mode de vie et sont donc modifiables. En outre, quel que soit le type de diabète, les complications peuvent être retardées voire évitées grâce à des interventions sur le mode de vie conjuguées aux avancées médicales, aux progrès technologiques et pharmacologiques déterminants au cours des dernières décennies.

L'une des recommandations du rapport de l'OMS de 2016 (2) pour lutter contre le fardeau du diabète est de « Renforcer la capacité nationale à recueillir, analyser et utiliser des données représentatives sur la charge de morbidité et les tendances du diabète et ses principaux facteurs de risque ». En d'autres termes, l'OMS appelait les états à renforcer leurs systèmes de surveillance du diabète afin d'être en capacité d'orienter les politiques de santé publique.

1.1 Le diabète

1.1.1 Définition du diabète et du prédiabète

Le diabète est défini par l'élévation chronique de la concentration de glucose dans le sang (hyperglycémie chronique). Il se caractérise par la perte progressive des capacités sécrétoires de l'insuline (hormone régulatrice de la glycémie), accompagnée d'une augmentation de la résistance des cellules musculaires, hépatiques et adipeuses à l'insuline (11, 12).

Le diabète peut être regroupé en quatre principales catégories (11, 12) :

- Le **diabète de type 1** (DT1), précédemment appelé diabète insulino-dépendant ou diabète juvénile, se caractérise par une production insuffisante d'insuline dans l'organisme. Il est secondaire à la destruction auto-immune des cellules bêta des îlots de Langerhans pancréatiques.
- Le **diabète de type 2** (DT2), précédemment appelé diabète non insulino-dépendant ou diabète de l'adulte, se caractérise par une déficience de l'action de l'insuline (insulinorésistance) et/ou par une déficience de la sécrétion d'insuline par les cellules bêta des îlots de Langerhans pancréatiques.
- Le **diabète gestationnel** est une affection provisoire qui survient pendant la grossesse. Il est associé à un risque à long terme de DT2 (13).
- D'autres types de diabètes spécifiques ont été identifiés : secondaires à une atteinte du pancréas (telle que les pancréatopathies, les fibroses kystiques), monogénique (tel que le diabète néonatal, Maturity-onset diabetes of the young - MODY) ou induit par un traitement (antipsychotiques atypiques, corticoïdes).

Le DT1 et DT2 étant les éléments centraux de cette thèse, ils seront décrits en détails dans ce manuscrit.

Le prédiabète ou intolérance au glucose, correspond à une hyperglycémie modérée, c'est-à-dire n'atteignant pas le seuil diagnostique de diabète, mais associée à une augmentation du risque de progression vers le DT2.

1.1.2 Expression clinique des diabètes

1.1.2.1 Le diabète de type 1

Le DT1 se manifeste cliniquement le plus souvent par une polyurie (miction fréquente) associée à une polydipsie (augmentation de la soif entraînant une prise abondante de boisson), une polyphagie (faim constante), une perte de poids, une altération de la vision et une fatigue. Il se déclare très tôt, pendant l'enfance, l'adolescence ou chez l'adulte jeune. Il se développe de façon aiguë avec une aggravation

rapide. Un diagnostic tardif peut entraîner une acidocétose pouvant conduire à un coma voire à un décès (14).

1.1.2.2 *Le diabète de type 2*

Les symptômes du DT2 peuvent être similaires à ceux du DT1 mais sont souvent faiblement marqués voire absents. Ainsi la maladie s'installe le plus souvent progressivement, de manière insidieuse et très rarement de façon aiguë. Elle peut rester non diagnostiquée pendant de nombreuses années, exposant la personne à une hyperglycémie importante, délétère pour les organes. La maladie peut n'être révélée que lors de manifestations de complications liées au diabète.

1.1.3 Complications – Mortalité

Qu'il s'agisse du DT1 ou du DT2, les complications du diabète sont multiples avec un potentiel élevé de gravité si elles ne sont pas prévenues ou traitées. Elles ont un fort impact sur la qualité de vie des personnes atteintes et sur le système de santé en raison des coûts induits par leur prise en charge.

Les **complications macrovasculaires** (maladies coronariennes, accidents vasculaires cérébraux et maladies vasculaires périphériques) et les **complications microvasculaires** (IRCT, rétinopathie, neuropathie et leurs conséquences telles que la cécité ou les amputations des membres inférieurs) sont responsables d'une grande partie du fardeau associé au diabète. Il est de plus en plus admis que le diabète est lié de manière causale à un ensemble d'autres maladies telles que les cancers, la démence, les infections et les maladies du foie (15).

Par ailleurs, les **complications aiguës** du diabète, c'est-à-dire l'acidocétose diabétique, l'hypoglycémie sévère, l'état d'hyperglycémie hyperosmolaire et l'acidocétose lactique, bien qu'évitables, sont responsables d'une morbidité et d'une mortalité élevée chez les personnes diabétiques. L'acidocétose et l'hypoglycémie sévère sont plus fréquentes dans le DT1, tandis que l'état d'hyperglycémie hyperosmolaire est plus fréquemment associée au DT2. Aux États-Unis, au cours de la période 2000-2009, la mortalité liée à une acidocétose répertoriée comme cause sous-jacente de décès a diminué de 35%, passant d'un taux annuel de 12,9 pour 100 000 personnes diabétiques en 2000 et 2001 à 8,4 pour 100 000 personnes diabétiques en 2009. Les taux estimés d'admissions à l'hôpital pour un état d'hyperglycémie hyperosmolaire étaient moindres par rapport aux acidocétoses. Un état d'hyperglycémie hyperosmolaire représentait moins de 1 % de toutes les admissions liées au diabète. En 2001-2010, l'acidocétose lactique représentait 1,2 % des hospitalisations des patients diabétiques. Sur cette même période, une hypoglycémie a été répertoriée comme cause sous-jacente dans près de 288 000 hospitalisations, ce qui représente 5,4 % du total des hospitalisations dues au diabète. L'hypoglycémie sévère conduisant à un coma ou à des convulsions, secondaire au traitement du diabète, restait élevé (jusqu'à cinq épisodes pour 10 patients-années) (16).

Le risque de **mortalité**, toutes causes confondues, est nettement plus élevé chez les personnes diabétiques que chez les personnes non diabétiques. Ce sur-risque est principalement attribuable aux pathologies cardiovasculaires et aux cancers (17, 18). Toutefois, au cours des dernières décennies, la mortalité liée au diabète a diminué (17-20) et l'espérance de vie des personnes diabétiques a progressé grâce à une meilleure prise en charge médicale et thérapeutique (21). Malgré cette amélioration, l'espérance de vie des personnes diabétiques reste plus faible que celle des personnes non diabétiques et notamment l'espérance de vie sans incapacités. Une étude australienne rapporte une réduction de l'espérance de vie à 50 ans, associée au diabète, de respectivement 3,2 années chez les hommes et 3,1 années chez les femmes et une réduction de, respectivement 8,2 et 9,1 années concernant l'espérance de vie sans incapacité à 50 ans comparativement aux personnes non diabétiques (22).

1.1.4 Dépistage, diagnostic et prise en charge

1.1.4.1 Diabète de type 1

Dans la majorité des cas, le DT1 survient de façon brutale et son diagnostic doit être établi rapidement pour éviter l'acidocétose qui peut évoluer vers un coma voire au décès de l'enfant ou du jeune adulte. En cas de suspicion de DT1, reposant sur la présence de symptômes évocateurs associés à une glycosurie détectée à partir d'une bandelette ou une hyperglycémie capillaire, le médecin traitant doit orienter l'enfant ou le jeune, sans attendre, vers un établissement hospitalier pour confirmer le diagnostic.

1.1.4.2 Diabète de type 2

Dépistage

Etant donné l'intérêt clinique d'un dépistage du DT2, l'Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (ANAES), devenue par la suite la Haute autorité en santé (HAS), a rendu en 2003 un avis favorable à un dépistage du DT2 (23). La HAS a actualisé le référentiel de pratiques de l'examen périodique de santé pour la prévention et le dépistage du diabète de type 2 et des maladies liées au diabète fin 2014 (24). Différents critères de dépistage ont été défini suivant les populations cibles :

- **En population générale**, un dépistage opportuniste cible les personnes symptomatiques ou asymptomatiques âgées de 45 ans et plus présentant l'un des facteurs ou marqueurs¹ de risque suivant:
 - Excès pondéral, défini par un indice de masse corporelle, IMC ≥ 28 kg/m² ;
 - Sédentarité, définie par l'absence d'activité physique régulière (30 minutes, 3 fois par semaine) ;
 - Origine géographique non caucasienne et/ou migrante ;

¹ Les marqueurs de risque correspondent à des pathologies associées au diabète pour lesquelles le lien de causalité n'a pas été clairement démontré

- Antécédent personnel de diabète gestationnel ou d'accouchement d'un ou plusieurs enfants de poids de naissance > 4 kg ;
- Antécédent familial de diabète chez un apparenté du 1er degré (père, mère, fratrie) ;
- Traitement en cours ou un antécédent de diabète induit (antipsychotiques atypiques, corticoïdes, etc.) ;
- Anomalie de la glycorégulation ou prédiabète.
- **En population à haut risque cardiovasculaire**, les personnes âgées de 45 ans et plus, présentant l'un des facteurs ou marqueurs de risque suivants doivent bénéficier d'un dépistage du DT2 :
 - Hypertension artérielle (HTA) traitée ou non traitée, définie par une pression artérielle systolique (PAS) > 140 mmHg et/ou une pression artérielle diastolique (PAD) > 90 mmHg et/ou une HTA connue traitée ;
 - Dyslipidémie traitée ou non traitée, définie par une HDL-cholestérolémie < 0,35 g/l (0,9 mmol/l) ou une triglycéridémie > 2 g/l (2,3 mmol/l).
- **En population en situation de précarité**, toutes les personnes âgées de plus de 45 ans doivent bénéficier d'un dépistage du DT2, qu'elles aient ou non un facteur ou marqueur de risque associé.

Le dépistage du DT2 doit être renouvelé :

- dans un délai de 1 à 3 ans si la glycémie veineuse à jeun (GAJ) est < 1,10 g/l (6,0 mmol/l);
- 1 an plus tard si la GAJ est comprise entre 1,10 et 1,25 g/l (6,0 et 6,8 mmol/l).

Dès 2009, un comité d'experts international, the International expert committee (IEC) (25) et en 2011, un comité d'experts de l'OMS (26) ont retenu l'hémoglobine glyquée (HbA1c) comme critère de diagnostic du diabète avec un seuil de 6,5 %. Le groupe d'experts a également conclu qu'il n'était pas possible d'émettre des recommandations formelles sur l'interprétation d'une valeur HbA1c inférieure à 6,5 %. La mesure de l'HbA1c est plus coûteuse que la mesure de la GAJ, mais elle a comme avantage de refléter l'équilibre de la glycémie au cours des 3 mois qui précèdent le dosage sanguin, de ne pas nécessiter d'être à jeun, d'avoir une faible variabilité biologique intra-individuelle, et de ne pas dépendre de l'apport nutritionnel ou de l'activité physique de la veille. Cependant, le dosage de l'HbA1c peut être faussé en cas de grossesse, d'hémoglobinopathies, de sphérocytose héréditaire (anémie hémolytique), de cancer, d'hépatite chronique sévère, de maladie rénale, de variants de l'hémoglobine.

Les Etats-Unis ont adopté l'HbA1c comme critère diagnostique dans leurs recommandations dès 2010, puis progressivement d'autres pays (Espagne et UK en 2012, Italie en 2014...). La France, comme la Norvège ou l'Ecosse, ne l'a, à ce jour, pas retenue comme critère diagnostique dans ses recommandations.

Diagnostic

Le diagnostic de diabète est confirmé sur la base de critères de valeurs glycémiques établis soit à partir de la GAJ², soit sur une hyperglycémie provoquée par voie orale³ (HGPO), soit sur une mesure de l'HbA1c, *non recommandée en France*. Les instances internationales, OMS et American Diabetes Association (ADA) s'accordent sur les seuils retenus pour établir le diagnostic. Les critères sont précisés dans la tableau 1.

Tableau 1. Critères de diagnostic du diabète

Critère	Diagnostic
Une seule GAJ \geq 2 g/l associée ou non à des symptômes (polyurie, polydipsie, amaigrissement)	Diabète
Une GAJ \geq 1,26 g/l, vérifiée à deux reprises	Diabète
Une glycémie \geq 2 g/l, 2 heures après une charge orale de 75 g de glucose (HGPO)	Diabète
Une HbA1c \geq 6,5%	Diabète

1.1.4.3 Prédiabète

L'OMS et l'ADA définissent le prédiabète sur la base de valeurs glycémiques établis soit à partir de la GAJ⁴, l'hyperglycémie modérée à jeun, soit sur une HGPO⁵, l'intolérance au glucose. Toutefois, les seuils retenus par l'OMS et l'ADA diffèrent. Par ailleurs, l'ADA et l'IEC préconisent le recours à l'HbA1c pour définir le prédiabète, avec des seuils différents, alors que l'OMS ne le recommande pas. Ces seuils sont précisés dans le tableau ci-dessous.

² Le jeûne est défini par une absence de prise de calorie pendant au moins 8 heures

³ L'HGPO doit être réalisée comme défini par l'OMS après une charge orale de 75g de glucose

⁴ Le jeûne est défini par une absence de prise de calorie pendant au moins 8 heures

⁵ L'HGPO doit être réalisée comme défini par l'OMS après une charge orale de 75g de glucose

Tableau 2. Critères de définition du prédiabète

Critère	Statut
Une glycémie comprise entre 1,4 g/l et 1,99 g/l, 2 heures après une charge orale de 75 g de glucose (HGPO)	Prédiabète - Intolérance au glucose
Une 1,10 g/l \leq GAJ < 1,26 g/l, vérifiée à deux reprises	Prédiabète - Hyperglycémie modérée à jeun (Définition OMS)
Une 1 g/l \leq GAJ < 1,26 g/l, vérifiée à deux reprises	Prédiabète - Hyperglycémie modérée à jeun (Définition ADA)
Une 5,7 % \leq HbA1c < 6,5%	Prédiabète (Définition ADA)
Une 6 % \leq HbA1c < 6,5%	Prédiabète (Définition IEC)

1.1.4.4 Prise en charge

La prise en charge d'une personne diabétique vise à limiter l'aggravation de son diabète en agissant sur le contrôle des facteurs de risque de complications. Il s'agit, en premier lieu, d'une prise en charge nutritionnelle puis éventuellement d'une prise en charge médicamenteuse.

Le suivi clinique du diabète fait l'objet de recommandations de la HAS, qu'il s'agisse du DT1 ou du DT2 (24, 27-29). Il est recommandé de pratiquer annuellement certains examens et consultations. Il s'agit d'un recours annuel à :

- au moins 3 dosages d'HbA1c,
- au moins un bilan lipidique,
- au moins un dosage de la microalbuminurie,
- au moins un dosage de la créatinémie,
- au moins un électrocardiogramme (ECG) ou une visite en cardiologie,
- au moins une visite chez un dentiste,
- au moins un examen de la rétine tous les deux ans.

En France, un programme d'accompagnement des patients, «le programme Sophia», a été développé par l'Assurance maladie pour fournir des informations et des outils pédagogiques aux personnes diabétiques (<https://www.ameli.fr/val-de-marne/assure/sante/assurance-maladie/service-sophia-pour-accompagner-les-malades-chroniques>). Le projet a débuté par un projet pilote en 2008 et a été étendu à l'ensemble du pays au début de l'année 2013. La participation est volontaire et les services

offerts comprennent des conseils téléphoniques par des infirmières spécialement formées ainsi qu'un soutien par Internet pour assurer des contacts réguliers avec les personnes diabétiques.

1.1.5 Principaux facteurs de risque du DT1 et du DT2

1.1.5.1 *Le diabète de type 1*

L'étiologie du TD1 est encore mal connue, son caractère multifactoriel est évoqué et fait l'objet de recherches. Il s'agit de facteurs environnementaux, génétiques ou de leurs interactions. Les infections virales, les facteurs nutritionnels, les substances toxiques, les conditions de vie stressantes, ne pas avoir été allaité, le manque de vitamine D ou les facteurs liés à l'hypothèse hygiéniste⁶ sont évoqués (30-33).

1.1.5.2 *Le diabète de type 2*

Les facteurs de risque de DT2 peuvent être regroupés en trois catégories : les facteurs de risque modifiables au niveau individuel, les facteurs de risque non modifiables et les facteurs de risque environnementaux. Si ces derniers sont difficilement modifiables au niveau individuel, ils peuvent l'être au niveau sociétal par l'intermédiaire de politiques publiques.

Les facteurs de risque du DT2 modifiables au niveau individuel

Le **surpoids** (IMC ≥ 25 kg/m²) et l'**obésité** (IMC ≥ 30 kg/m²) sont des facteurs de risque majeurs de survenue d'un DT2. Une méta-analyse basée sur 18 études prospectives a estimé le risque relatif (RR) de développer un DT2 supérieur à 7 parmi les personnes présentant une obésité par rapport à celles ayant une corpulence normale et un RR de près de 3 pour celles ayant un surpoids (34). Par ailleurs, une méta-analyse réalisée à partir des données de deux cohortes finlandaises a mis en évidence que le surpoids était le plus fort prédicteur modifiable du DT2, avec une fraction de risque attribuable de 77% (35). La survenue de l'obésité à un âge précoce et la durée d'exposition à une obésité augmente également le risque de DT2 (36).

Indépendamment de la corpulence, un **faible niveau d'activité physique** est un facteur de risque majeur de DT2. Une méta-analyse rapporte une réduction du risque de développer un DT2 de 26% parmi les personnes ayant une activité physique équivalente à 150 mn d'activité d'intensité modérée par semaine par rapport aux personnes inactives (37).

L'**hypertension artérielle** est également un facteur de risque indépendant de survenue d'un DT2. Une méta-analyse rapporte un sur-risque de 58% et 52%, respectivement, pour une augmentation de

⁶ Hypothèse selon laquelle une réduction de l'exposition en bas âge aux infections et aux composantes microbiennes dans les pays industrialisés entraînerait une diminution de la maturation du système immunitaire et, en conséquence, une augmentation de la prévalence des maladies allergiques, auto-immunes, inflammatoires ou de certains cancers

20 mmHg de la PAS et de 10 mmHg de la PAD. Néanmoins, la force de cette association diminuait avec l'augmentation de l'âge et du niveau d'IMC (38).

D'autre part, concernant le **tabagisme**, une méta-analyse basée sur 88 études prospectives rapportait un RR de DT2 de 1,37 (95% CI 1,33-1,42) chez les fumeurs actuels par rapport aux non fumeurs), un RR de 1,14 (1,10-1,18) pour les anciens fumeurs comparés à ceux n'ayant jamais fumé et de 1,22 (1,10-1,35) pour les non fumeurs exposés à un tabagisme passif par rapport aux non fumeurs non exposés (39).

D'autres facteurs de risque modifiables sont également identifiés avec une association moins importante. Il s'agit notamment **de la qualité et de la durée du sommeil (40), du stress psychosocial (41).**

Les facteurs de risque non modifiables du DT2

Le risque de DT2 croît avec **l'âge** et connaît une augmentation rapide **dès l'âge de 45 ans**. Dans la plupart des régions du monde, et notamment en Europe, le DT2 est plus fréquent chez les hommes que chez les femmes. Il a été montré que l'équilibre énergétique et le métabolisme du glucose sont régulés différemment chez les hommes et les femmes et influencent leur prédisposition au DT2. Des observations cliniques et expérimentales ont mis en évidence les actions protectrices des œstrogènes endogènes dans divers tissus, y compris le cerveau, le foie, les muscles squelettiques, le tissu adipeux et les cellules bêta pancréatiques (42). La répartition corporelle différenciée au niveau des dépôts de graisse pourrait également expliquer un risque de DT2 différent chez les hommes et les femmes (43). Néanmoins, cette relation peut différer selon les groupes ethniques (44).

Indépendamment du sexe, le risque de DT2 est plus élevé dans les **populations issues de l'immigration et d'origine ethnique minoritaire**. Ce sur-risque a été largement documenté dans des études menées aux Etats-Unis. Si les facteurs génétiques ou physiologiques expliquant une part de ce risque peuvent être transposables à d'autres pays, d'autres facteurs d'ordre socio-économiques, de conditions de vie ou d'histoire des migrations sont à considérer de façon spécifique pour chaque pays. Un élément majeur à considérer concerne le lien entre ethnicité et corpulence. Les données de plusieurs études suggèrent que le seuil de risque de l'IMC devrait être abaissé, à un niveau de 23 kg/m² pour la population américaine d'origine asiatique (45-47). D'autres études suggèrent également que certaines autres minorités ethniques pourraient bénéficier de seuils d'IMC inférieurs. Par exemple, une large étude de cohorte multiethnique américaine rapportait un taux d'incidence du diabète de DT2 équivalent entre un IMC de 30 kg/m² chez les blancs non hispaniques et un IMC de 26 kg/m² chez les

Afro-Américains (48). Plus récemment, une étude anglaise basée sur un suivi de près de 1,5 million de personnes pendant une durée médiane de 6,5 années rapportait qu'à sexe et âge équivalent, l'incidence du DT2 à un seuil d'IMC de 30 kg/m² dans les populations blanches, correspondait à un seuil de 23,9 kg/m² (23,6-24,0) dans les populations d'Asie du sud, 28,1 kg/m² (28,0-28,4) dans les populations noires, 26,9 kg/m² (26,7-27,2) dans les populations chinoises and 26,6 kg/m² (26,5-27,0) dans les populations arabes (49).

Indépendamment des autres facteurs de risque, les **antécédents familiaux** de DT2 chez un apparenté du premier degré multiplie le risque de développer un DT2 par 2,4 et par 5 lorsqu'il s'agit des deux parents (50).

Les **antécédents de diabète gestationnel** constituent également un facteur de risque majeur. Une méta-analyse a mis en évidence que les femmes qui ont vécu un épisode de diabète gestationnel ont un risque de développer un DT2 multiplié par 7 par rapport à des femmes ayant eu des grossesses normo-glycémiques (51). Un sur-risque élevé a été confirmé dans une méta-analyse récente dans laquelle il était estimé que le risque de DT2 était multiplié par 10 (13).

Les facteurs environnementaux

L'impact de certains **facteurs de risque environnementaux** sur la survenue du DT2 est également décrit dans la littérature (52). Le lien entre la pollution atmosphérique et l'incidence du DT2 est établi pour les particules en suspension (particulate matter) de diamètre inférieur 2,5 µm (PM_{2,5}). Une récente méta-analyse incluant 30 études publiées a montré une association significative entre une exposition aux PM_{2,5} et l'incidence du DT2 avec un hazard ratio (HR) = 1,10 (1,04 ; 1,16) pour une augmentation de 10 µg/m³ de la concentration en PM_{2,5} (53). Par ailleurs, l'exposition aux perturbateurs endocriniens et aux métaux pouvant induire un stress oxydatif sont décrits comme étant à l'origine d'une perturbation métabolique et de la survenue de DT2 (54, 55).

1.1.6 Prévention

La prévention consiste à éviter l'apparition, le développement ou l'aggravation d'une maladie. On peut distinguer la prévention primaire qui agit en amont de la maladie sur les facteurs de risque, la prévention secondaire qui agit à un stade précoce de son évolution (dépistage), et la prévention tertiaire qui agit afin de limiter ou d'éviter la survenue de complications.

1.1.6.1 Prévention primaire

La prévention primaire consiste à lutter contre les facteurs de risques avérés, ou fortement suspectés et modifiables du diabète afin de prévenir l'installation de la maladie. Il peut s'agir des facteurs de risque liés aux habitudes de vie ou à des expositions environnementales.

En l'état actuel des connaissances, les facteurs de risque de DT1 étant encore mal connus, avec un caractère multifactoriel évoqué impliquant des facteurs environnementaux et génétiques, les mesures de prévention primaire sont donc limitées au niveau individuel. Néanmoins, les mesures de politiques publiques visant à réduire, de façon générale, les expositions aux polluants peuvent être évoquées comme principe de précaution voire comme mesure de prévention primaire du DT1, lorsque que le risque est suspecté. Ainsi, nous pouvons citer comme exemple les mesures prises par la France à partir de 2012 pour limiter l'exposition au bisphénol A, perturbateur endocrinien avéré.

Les polluants évoqués ci-dessus étant également des facteurs de risque de DT2, les mesures visant à les limiter ont également un impact sur la survenue du DT2. Cependant, une part importante du risque de DT2 est liée à des **facteurs modifiables** offrant la possibilité de mettre en œuvre des actions de prévention primaire qui reposent sur des interventions sur le mode de vie (56, 57).

Au début des années 2000, de nombreux programmes de prévention, à plus ou moins grande échelle, ont été mis en œuvre dans des populations à haut risque de DT2 et ont montré qu'il était possible de réduire considérablement l'incidence du DT2. Ces programmes sont fondés sur les grands essais cliniques menés dans les années 80 et 90, essentiellement le DA Qing (DQS) (58) mené en Chine dès 1986, le Diabetes Prevention Survey (DPS) (59) en Finlande en 1993 et le Diabetes Prevention Program (DPP) (60) aux Etats-Unis en 1996. Ces études cliniques randomisées contrôlées ont mis en évidence des réductions de l'incidence du DT2 comprises entre 30% et 75% dans les groupes d'intervention, où les personnes bénéficiaient d'un programme intensif de changement des habitudes de vie, par rapport aux groupes témoins. La transposition de ces études cliniques vers des programmes de prévention en populations cibles a soulevé trois incertitudes principales : la durabilité des résultats observés, son déploiement en vie réelle et le coût de ce type d'intervention.

Concernant la durabilité des résultats observés, le suivi à long terme des personnes incluses dans les 3 principaux essais cliniques (DQS, DPS, DPP) a montré que les résultats restaient favorables au cours du temps. Ce suivi comportait des interventions de groupe sur le mode de vie. Elles étaient organisées trimestriellement ou semestriellement et associées à des bilans individuels de façon ponctuelle. Aux Etats-Unis, le suivi sur 15 ans de la DPP a mis en évidence une diminution de 27% de l'incidence du DT2, 43% pour celui sur 9 ans de la DPS et 19% pour un suivi sur 23 ans de la DQS.

Une fois l'efficacité de ce type d'intervention montrée, l'enjeu principal consiste à déployer ces programmes au niveau populationnel. Certains pays l'ont initié à grande échelle : la Finlande (FIN-D2D), l'Australie (Life !) et les Etats-Unis (NDPP). En 2018, l'Angleterre est le premier pays à l'avoir déployé au niveau national avec son programme Healthier You.

En France, une expérimentation sur 3 territoires (Bas-Rhin, Seine-Saint-Denis, La Réunion) a été lancée en 2018 (**Dites non au diabète**, www.ditesnonaudiabete.fr) ciblant des populations à haut risque de diabète. Les objectifs de cette expérimentation sont de tester :

- la capacité à mobiliser et à coordonner les différents acteurs ;
- l'efficacité (impact sur les habitudes de vie, le poids, l'incidence du diabète) ;
- l'efficience avec un objectif de coût le plus bas compatible avec une efficacité mesurée.

L'inclusion de 10 000 participants était prévue pendant 3 ans avec un suivi pendant 2 ans des participants. La population cible est définie selon les critères suivants : un âge compris entre 45 et 70 ans ; ne pas être diabétique ; avoir une GAJ entre [1,10 ; 1,26[g/l et être en surpoids (IMC ≥ 25 kg/m²). L'intervention consiste à participer à un programme composé de plusieurs séances collectives basées sur l'alimentation, l'activité physique et l'accompagnement psychosocial au changement.

Outre des interventions ciblant des populations à très haut risque de développer un DT2, des programmes de prévention primaire peuvent être développés en population générale. Ces programmes ne sont pas spécifiques au DT2 mais visent à agir sur des facteurs de risque communs à de nombreuses pathologies. Il s'agit de plans nationaux tels que le **Programme National Nutrition Santé (PNNS)** ou le **Plan National Santé Environnement (PNSE)**.

Le PNNS a été mis en place dès janvier 2001 pour améliorer la situation nutritionnelle de la population générale, comme de certains groupes (jeunes enfants, populations vulnérables...). Les objectifs de santé publique du PNNS portent à la fois sur les consommations alimentaires, l'activité physique et la sédentarité, ainsi que sur divers marqueurs de l'état nutritionnel. Ils répondent à 4 axes qui sont :

- la réduction de l'obésité et du surpoids dans la population ;
- l'augmentation de l'activité physique et la diminution de la sédentarité à tous les âges ;
- l'amélioration des pratiques alimentaires et des apports nutritionnels, notamment dans les populations à risque ;
- la réduction de la prévalence des pathologies nutritionnelles.

Le PNNS a été reconduit en 2006, puis en 2011. Ces différents programmes n'ayant atteint que partiellement les objectifs fixés, le Haut conseil de la santé publique (HCSP) a proposé, pour 2017-2021, une politique nutritionnelle de santé publique s'appuyant sur des mesures visant la population générale et qui tient compte du gradient social. L'objectif est à la fois d'avoir un impact sur l'état

nutritionnel et l'état de santé des populations les plus fragiles et ainsi de contribuer à lutter contre les inégalités sociales de santé (<https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=632>).

D'autres mesures ont également été mises en place par les autorités publiques, telles que :

- la taxe Soda en 2013 qui vise les boissons contenant des sucres ajoutés (sodas par exemple) ou des édulcorants de synthèse (de type boissons *light*).
- le Nutri-score en 2017 développé suite à la loi de modernisation du système de santé du 26 janvier 2016 visant à faciliter l'information du consommateur sur la qualité nutritionnelle des denrées alimentaires, par une information synthétique, simple et accessible à tous, au moyen de « graphiques ou symboles sur la face avant des emballages ».

Le PNSE a été lancé en 2004. Depuis, deux plans se sont succédés et le 3^{ème} (2015-2019) avait pour ambition de réduire l'impact des altérations de l'environnement sur la santé en s'articulant autour de 4 grandes catégories d'enjeux :

- les enjeux de santé prioritaires ;
- la connaissance des expositions et de leurs effets ;
- la recherche en santé environnement ;
- les actions territoriales, l'information, la communication et la formation.

L'une des actions de ce plan prévoyait « dans le cadre de l'analyse du rôle des facteurs environnementaux sur le développement des maladies métaboliques et de leur contribution aux gradients sociaux et territoriaux, disposer des données sur la prévalence de ces maladies en fonction du genre et du milieu et intégrer des méthodes de recueil de données environnementales ».

Un 4^{ème} volet lui succède en 2020 « Mon environnement, ma santé ». Un de ses objectifs est de mieux connaître les expositions et les effets de l'environnement sur la santé des populations et il s'articule autour du concept d'«exposome». Ce concept repose sur une approche globale des expositions tout au long de la vie de l'individu. Il doit permettre de mieux comprendre et agir sur la survenue des maladies chroniques, dont le DT1 et DT2, et la possibilité pour chacun d'évoluer dans un environnement favorable à sa santé.

1.1.6.2 Prévention secondaire

La prévention secondaire a pour but de déceler, à un stade précoce de leur évolution, des maladies qui n'ont pas pu être évitées par la prévention primaire.

Le DT1 survient, généralement, de façon brutale avec une évolution rapide qui peut être fatale. Les mesures de prévention secondaire portent donc essentiellement sur la reconnaissance des symptômes par la personne elle-même, son entourage et les médecins. Des campagnes nationales ont été menées

sur la période 2009-2010 par l'Association française d'Aide aux jeunes diabétiques (AJD). Elles consistaient en une action nationale pour informer les familles et les médecins sur les symptômes d'alerte et sur l'urgence au diagnostic, afin de réduire le délai entre l'apparition des premiers symptômes et le début du traitement. Deux affiches (figure 1) inspirées de la campagne de Parme en Italie (61) ont été largement distribuées aux pédiatres, aux hôpitaux, et aux écoles à l'initiative des associations des familles de l'AJD. La campagne incluait également des conférences de presse et de nombreuses publications dans des journaux professionnels et généraux, des spots sur les télévisions et les radios nationales ou régionales. L'information a ainsi ciblé de façon prioritaire le milieu pédiatrique et, de façon plus sporadique, le grand public.

Figure 1. Affiches pour l'information du grand public et des professionnels de santé dans le cadre de la campagne nationale de prévention du diabète de type 1 de l'association d'Aide aux Jeunes diabétiques – France, 2009-2010



Toutefois, pour être efficace, ce type de campagne doit s'inscrire de façon pérenne. Pour des raisons principalement de coût-efficacité, une nouvelle phase a été orientée principalement sur l'information des médecins libéraux.

Le DT2 se caractérise par une phase asymptomatique au cours de laquelle peuvent se développer des complications avant que le diagnostic de DT2 ne soit posé. Cette phase silencieuse d'hyperglycémie pouvant évoluer sur une période relativement longue rend le dépistage essentiel afin d'éviter le développement des complications. Les mesures de prévention secondaire s'articulent donc autour des campagnes de dépistage. Elles doivent également être accompagnées d'actions de prise en charge de la maladie. Dans un premier temps, ces actions reposent sur le changement de mode de vie similaires à celles décrites précédemment dans les mesures de prévention primaire (paragraphe 1.1.6.1). Si celles-ci ne sont pas suffisantes, elles doivent être complétées par un traitement pharmacologique.

1.1.6.3 Prévention tertiaire

La prévention tertiaire a pour but de prévenir ou traiter les complications liées à une maladie installée.

Le développement des complications liées au diabète dépend du degré d'hyperglycémie et de sa durée d'exposition. Il est donc possible de prévenir la survenue et/ou de ralentir la progression des complications liées au diabète en contrôlant la glycémie. Les grands essais cliniques UKPDS⁷, VADT⁸, ACCORD⁹, ADVANCE¹⁰ ont permis de montrer que la mise en œuvre de mesures intensives de contrôle glycémique avaient une efficacité sur les complications microvasculaires:

- Une diminution de 1% du taux d'HbA1c était associée à une diminution de 43% des amputations ou des décès dus à une pathologie artérielle périphérique [étude UKPDS (62)];
- Une augmentation de 1% du taux d'HbA1c s'accompagnait d'une augmentation du risque d'artériopathie périphérique de 28% (étude UKPDS).

Le bénéfice à long terme (3,5-10 ans) d'une stratégie intensive du contrôle glycémique a été démontré sur la survenue de la rétinopathie (UKPDS, ACCORD) et de la néphropathie (ADVANCE), avec un effet additif du contrôle de la tension artérielle (UKPDS, ADVANCE).

⁷ UKPDS : United Kingdom Prospective Diabetes Study - L'étude a inclus, entre 1977 et 1991, 4 209 sujets DT2 nouvellement diagnostiqués. Les sujets ont été randomisés soit dans le bras traitement conventionnel (mesures hygiéno-diététiques), soit dans le bras traitement médicamenteux. Sur l'ensemble des sujets inclus, 3 277 patients ont fini l'étude et intégré la surveillance post-étude et 1 525 ont été suivis tous les ans pendant 10 ans

⁸ VADT : Veterans Affairs Diabetes Trial - L'étude a inclus, entre 2000 et 2003, 1 791 vétérans militaires (2,9 % de femmes), dont l'ancienneté du diabète était en moyenne de 11,5 ans. Les sujets étaient randomisés en deux groupes : un groupe traitement « intensif » dont l'objectif thérapeutique était une réduction d'au moins 1,5 point du taux d'HbA1C par rapport au groupe ayant un traitement standard.

⁹ ACCORD : Action to Control Cardiovascular Risk in Diabetes - L'étude a inclus 10 251 sujets DT2 entre 2001 et 2005 dont le diabète était connu depuis 10 ans en moyenne. Les sujets étaient randomisés en 2 groupes de traitement : traitement « intensif » (objectif d'HbA1C < 6 %) et traitement standard (objectif : HbA1C comprise entre 7,0 % et 7,9 %).

¹⁰ ADVANCE : Action in Diabetes and Vascular Disease - L'étude a inclus, entre 2001 et 2003, 11 140 sujets DT2 avec une ancienneté moyenne du diabète de 8 ans. Les sujets ont été randomisés en un groupe traité par perindopril + indapamide, ou un placebo. Chaque groupe était subdivisé en 2 groupes : un groupe bénéficiant d'une stratégie intensive de contrôle glycémique (objectif : HbA1C ≤ 6,5 %) et un groupe bénéficiant d'une stratégie de contrôle standard.

Toutefois, l'intensification du contrôle glycémique présente des limites qui ont été largement décrites au cours des dernières décennies. La stratégie intensive du contrôle glycémique, par rapport à un contrôle classique, ne diminue pas la mortalité globale ou la mortalité cardiovasculaire (63). Elle réduit le risque de complications microvasculaires, mais augmente le risque d'hypoglycémie (augmentation de la mortalité dans ACCORD et augmentation des morts subites dans VADT).

La prévention des complications liées au diabète est également assurée par la surveillance de l'atteinte des organes cibles (cœur, vaisseaux, rein, œil, pied, système nerveux, dents) et passe par la réalisation des examens recommandés de suivi du diabète (cf paragraphe 1.1.4.4).

1.1.7 Synthèse

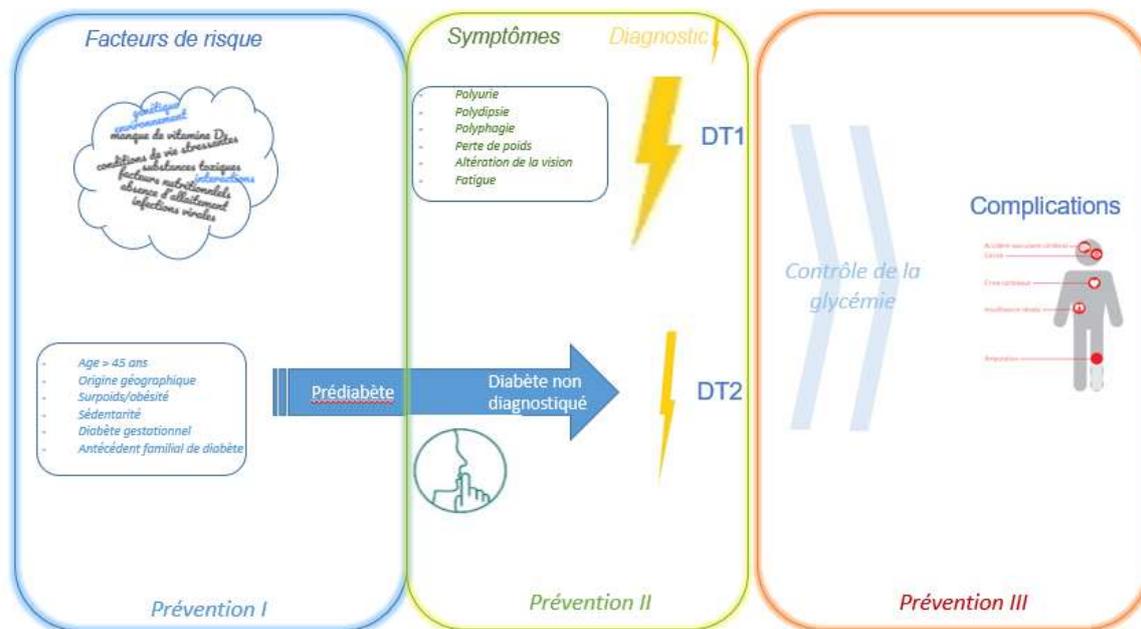
Nous avons décrit des processus évolutifs très différents pour le DT1 et le DT2. Ils sont synthétisés dans la figure 2.

Les **facteurs de risque du DT1** sont encore mal connus. Des hypothèses de nature environnementale, génétique, nutritionnelle voire des interactions entre génétique et environnement sont évoquées avec des périodes d'exposition qui peuvent être plus ou moins récentes et inclure la période de la grossesse. Cette méconnaissance des facteurs de risque limite les **actions de prévention primaire** pour lutter contre la survenue du DT1. En revanche, **les facteurs de risque du DT2** sont mieux connus et beaucoup sont modifiables, notamment ceux liés au mode de vie. Les actions de prévention primaire sont donc possibles et efficaces. Elles peuvent être mises en œuvre à un stade précoce et porter sur l'ensemble de la population, comme par exemple le PNNS, ou porter sur la population à haut risque de développer un diabète, il s'agit des interventions en population prédiabétique.

Concernant les symptômes et le diagnostic, le DT1 se distingue également du DT2. Le DT1 survient, généralement à un âge jeune et de façon brutale avec une évolution rapide qui peut être fatale. Les mesures de prévention secondaire portent donc essentiellement sur la reconnaissance des symptômes par l'entourage et les médecins. En revanche, le DT2 survient à un âge avancé et peut évoluer de façon silencieuse pendant une longue période. Pendant cette période, la personne est exposée à une hyperglycémie délétère pour les organes et donc à risque de développer des complications. La prévention secondaire, qui passe par un dépistage est donc fondamentale pour limiter les risques de complications.

Enfin, une fois le diagnostic établi, les mesures de prévention tertiaire qui consistent à réduire les risques de développer des complications du diabète sont similaires pour le DT1 et le DT2 et passent par un bon contrôle glycémique et une surveillance de l'atteinte des organes cibles.

Figure 2. Processus évolutif du diabète de type 1 et du diabète de type 2



1.2 La surveillance du diabète en France au début des années 2000

1.2.1 Les origines du dispositif de surveillance du diabète en France

La mise en place d'un système de surveillance du diabète en France a été progressive. Elle a été insufflée par la Déclaration de Saint-Vincent, conférence internationale tenue en Italie, du 10 au 12 octobre 1989, à l'issue de laquelle un ensemble d'objectifs pour la prise en charge du diabète a été publié (64). Dans les suites de ce mouvement, le diabète a été retenu comme une priorité de santé publique dans le rapport du HCSP et la Conférence nationale de santé dès 1998 (65). Les trois principaux régimes d'Assurance maladie français ont, par la suite, lancé, en juin 1999, un programme pluriannuel de santé publique visant à améliorer la prise en charge du DT2. Ce programme prévoyait d'évaluer les modalités de prise en charge des malades en comptabilisant, dans les bases de données de l'Assurance maladie, les prestations qui leur étaient remboursées (66-68). Il s'agissait des fondations du système de surveillance du diabète en France.

1.2.2 Prévalence du diabète

1.2.2.1 Diabète traité pharmacologiquement

Les premières estimations de la prévalence du diabète traité pharmacologiquement en France datent de 1999. Elles ont été établies par le Régime général des travailleurs salariés à partir du système informationnel de l'Assurance maladie (SIAM) au niveau local, dans chaque caisse primaire d'assurance maladie (CPAM). Le recueil d'informations reposait sur des extractions de bases de données de chacune des 128 CPAM que comptait la France métropolitaine. Cette requête portait sur 3 mois de

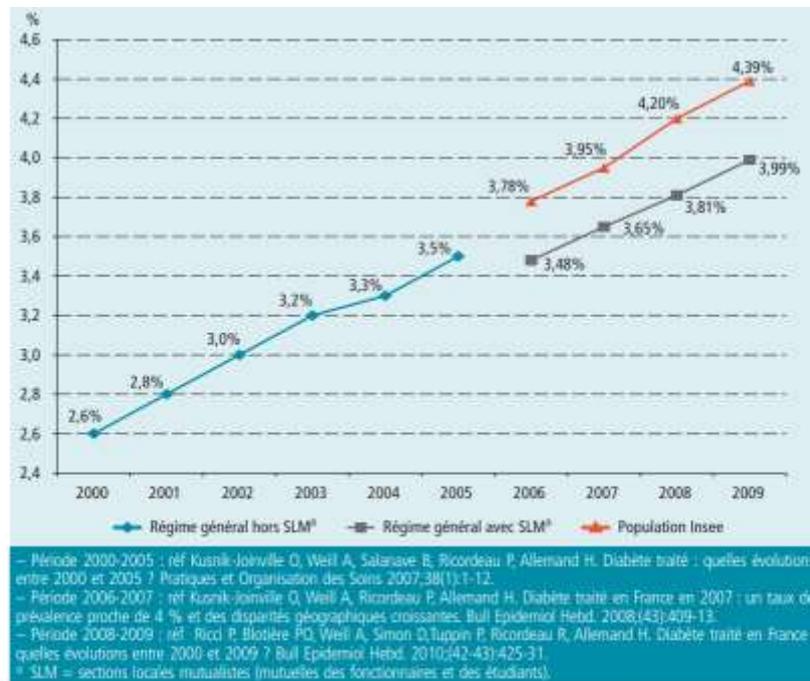
remboursements de médicaments et une personne était considérée comme diabétique si elle avait bénéficié d'au moins un remboursement de traitement antidiabétique. Il s'agit du **premier algorithme d'identification du diabète** traité pharmacologiquement.

A cette époque, le codage de la pharmacie n'était pas encore exhaustif et était en pleine montée en charge (70,3% en 1998 ; 89% en 2001) avec une variabilité territoriale. Les résultats ont été pondérés pour tenir compte de cette montée en charge dans chaque CPAM. Par ailleurs, la méthode excluait les sections locales mutualistes (SLM), dont notamment les fonctionnaires et les étudiants. Les résultats du régime général, *stricto sensu* étaient extrapolés à l'ensemble de la population bénéficiaire de la Caisse nationale d'Assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS). En 1999, la prévalence était de 2,78 % et elle était de 2,96 % en 2000, soit une augmentation estimée à 3,2% par an (69).

Par la suite, l'identification des cas de diabète traité pharmacologiquement a évolué vers une nouvelle définition : la prise en compte de **trois remboursements de traitements antidiabétiques à trois dates différentes au cours d'une année**. Différents systèmes d'informations ont également été mis en place permettant des estimations de prévalence du diabète facilitées mais pour lesquels il faut adapter la méthodologie. Tout d'abord, l'Echantillon permanent des assurés sociaux (EPAS), échantillon au 1/600ème représentatif des personnes affiliées au régime général de l'assurance maladie a permis d'estimer les taux de prévalence pour le Régime général hors SLM sur la période 2000-2005 (70). Puis, le système national d'information inter-régimes de l'assurance maladie (Sniiram) a été mis en place ouvrant un accès à l'exhaustivité des remboursements du régime général de l'Assurance maladie (71).

Les estimations de prévalence sur la période 2000-2009, basée sur ces différents systèmes d'information et leur méthodologie associée, figurent dans la Figure 3 extraite de Ricci P et al., BEH 2010 (71).

Figure 3. Evolution de la prévalence du diabète traité entre 2000 et 2009 (régime général de l'assurance maladie, France)



Extraite de Ricci P et al., BEH 2010 (71)

Sur la période 1998-2009 les méthodes d'estimation du taux de prévalence ont donc varié en s'adaptant à l'évolution des systèmes d'information. Les adaptations méthodologiques sont résumées dans la tableau 3.

Tableau 3. Evolution de la méthodologie d'estimation de la prévalence du diabète sur la période 1998-2009

Période d'estimation	Système d'information	Echantillon	Population couverte	Algorithme
1998-2000	SIAM	Exhaustif CPAM – codage des médicaments non exhaustif	RG hors SLM	1 remboursement de traitement antidiabétique sur 3 mois
2000-2005	EPAS	Echantillon 1/600	RG hors SLM	3 remboursements de traitements antidiabétiques à au moins trois dates différentes sur 12 mois
2006-2009	SNIIRAM	Exhaustif	RG avec SLM	3 remboursements de traitements antidiabétiques à au moins trois dates différentes sur 12 mois

SIAM : Système informationnel de l'Assurance maladie ; EPAS : Echantillon permanent des assurés sociaux ; SNIIRAM : Système national d'information inter-régimes de l'assurance maladie ; CPAM : Caisse primaire d'Assurance maladie ; RG : Régime général ; SLM : Sections locales mutualistes

Quelle que soit la méthode utilisée, une incertitude importante résidait dans l'extrapolation des estimations du Régime général stricto sensu d'une part, à celles du RG avec SLM puis à la France entière, tous régimes confondus.

1.2.2.2 Diabète non traité pharmacologiquement, diabète non diagnostiqué et prédiabète

En complément de ces estimations du taux de prévalence du diabète traité pharmacologiquement, la première estimation du taux de prévalence du diabète non traité pharmacologiquement et celle du diabète non diagnostiqué a été obtenu grâce à l'enquête nationale nutrition santé (ENNS), mise en œuvre en métropole, en 2006-2007. Cette enquête, menée chez les personnes âgées de 18 à 74 ans, couplait un recueil par questionnaire à un examen de santé, durant lequel était dosée une GAJ. Puis,

un dosage de l'HbA1c était effectué sur des échantillons de sang congelé dans un laboratoire centralisé (72).

La prévalence du diabète diagnostiqué était estimée à 4,6 % (3,6 - 5,7) et 82 % des cas étaient traités pharmacologiquement. La prévalence du diabète non diagnostiqué était estimée à 1 % (0,6 – 1,7). Ainsi, la prévalence du diabète total, cumulant le diabète diagnostiqué et le diabète non diagnostiqué, était estimée à 5,1 % (4,0 - 6,4). Cette étude rapportait également un taux de prévalence du prédiabète estimé à 5,6 % (4,3 - 7,4).

1.2.3 Incidence du diabète

Au début des années 2000, aucune estimation du taux d'incidence du diabète n'était disponible en France, faute d'outils permettant de l'estimer, tels qu'un registre. Afin de l'approcher, une analyse des données d'Affection de longue durée (ALD) diabète, disponibles au sein des principaux régimes d'assurance maladie [Régime général (RG), Mutualité sociale agricole (MSA), Régime social des indépendants (RSI)], a permis d'effectuer une première estimation du taux **d'incidence des admissions en ALD pour diabète** en 2006. Elle rapportait un taux brut de recours à une ALD de 289 pour 100 000 habitants en métropole, soit environ 178 000 nouvelles admissions en ALD diabète sur l'année (73). Il augmentait avec l'âge jusqu'à 64-75 ans où les taux atteignaient 1 011/100 000 chez les hommes et 670/100 000 chez les femmes. Il diminuait ensuite. En métropole, le taux standardisé d'incidence de la mise en ALD-diabète était plus élevé chez les hommes que chez les femmes (154 versus 121/100 000) et des disparités territoriales étaient observées : les taux les plus élevés étaient retrouvés dans le Nord-Est, les taux les plus faibles étaient retrouvés dans l'Ouest (en Bretagne, Basse-Normandie, Pays de la Loire, Poitou-Charentes, Limousin et Aquitaine). Dans les départements et régions d'outre-mer (DROM), les taux d'incidence standardisés, calculés globalement sur la période 2000-2006 étaient très élevés : 517/100 000 à La Réunion ; 559/100 000 en Guadeloupe ; 366/100 000 en Martinique ; 307/100 000 en Guyane, versus 244/100 000 en métropole sur la même période. Contrairement à la situation en métropole, les taux d'incidence étaient plus élevés chez les femmes que chez les hommes.

Le taux d'incidence standardisé variait également en fonction de la catégorie professionnelle : les taux étaient plus élevés en 2006 chez les commerçants (358/100 000), les salariés agricoles (326/100 000), et les artisans (305/100 000) que dans la population couverte par le RG (230/100 000). Le taux était en revanche inférieur chez les personnes exerçant une profession libérale (161/100 000) (73).

Toutefois, l'incidence des admissions en ALD diabète ne pouvait pas se substituer à l'incidence du diabète. En effet, toutes les personnes diabétiques ne sont pas sous ALD diabète : certaines ne le souhaitent pas pour diverses raisons, d'autres bénéficient d'une ALD pour une autre pathologie et

d'autres n'ont pas d'ALD. En 2007, seuls 83% des personnes diabétiques bénéficiaient d'une ALD, que ce soit pour diabète ou pour une autre pathologie (73). Le taux de couverture de l'ALD diabète et sa variabilité temporelle et spatiale seront décrits dans la seconde partie de ce manuscrit.

1.2.4 Mortalité liée au diabète

L'analyse des certificats de décès de 2002 a permis d'étudier la mortalité de la population en France et les maladies ou processus morbides qui ont directement contribué au décès, tels qu'ils ont été déclarés par les médecins certificateurs et recodés par le Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (CépiDc). Le diabète étant rarement la cause directe du décès, mais davantage une cause indirecte via une de ses complications, la mortalité est dite liée au diabète quand le médecin certificateur a reporté le diabète comme étant soit la cause initiale du décès, soit une des causes associées au décès (analyse dite en causes multiples).

Parmi l'ensemble des certificats de décès des personnes résidant en France, en 2002, le diabète était mentionné dans 2,1 % des cas comme cause initiale du décès (soit 11 177 décès) et dans 5,3 % des certificats parmi les différentes maladies ayant contribué au décès (causes multiples, initiale ou associées), soit dans 29 357 certificats de décès (74). Le taux brut de mortalité liée au diabète était estimé à 49,2/100 000 habitants en 2002. Le taux standardisé de mortalité liée au diabète était plus élevé chez les hommes que chez les femmes (41/100 000 hommes versus 24,6/100 000 femmes). L'âge moyen au décès était plus élevé chez les femmes que chez les hommes (81 versus 75 ans). Des disparités géographiques de mortalité liées au diabète étaient observées: les taux standardisés de mortalité liée au diabète étaient particulièrement élevés dans les régions du Nord-Est et faibles dans l'Ouest de la métropole. Même si les DROM étaient inclus dans cette étude, les effectifs rapportés sur une seule année étaient trop faibles pour mettre en évidence les spécificités de ces territoires. Une seconde analyse cumulant les 3 années de la période 2004-2006 (73) a permis de mettre en évidence des taux de mortalité particulièrement élevés dans les DROM : 110, 69, 64, 56/100 000 habitants, respectivement à La Réunion, en Guadeloupe, Guyane et à la Martinique ; un âge moyen au décès plus jeune qu'en métropole (de 71 à 77 ans selon le DROM) et une surmortalité masculine observée en métropole plus faible en Martinique et à La Réunion, et quasi nulle en Guadeloupe et Guyane (73).

1.2.5 ENTRED – Une étude sur l'état de santé des personnes diabétiques

Dans les années 1990, de nombreux réseaux de soins ont été créés par les professionnels de santé et ont passé des conventions avec les Fonds d'Aide à la Qualité des Soins pour améliorer le suivi et les soins délivrés à ces patients. Le besoin d'évaluation de ces réseaux est apparu et l'Association Nationale de Coordination des Réseaux de Soins aux Diabétiques (ANCREd) a développé un projet visant à évaluer l'impact médical et économique des différents modes de prise en charge des

personnes atteintes de DT2. Il s'agissait de constituer, au niveau national, un échantillon représentatif des patients, suivi pendant 3 ans, afin :

- d'évaluer l'évolution de l'état de santé et des modalités de prise en charge de ces patients par les médecins libéraux et le recours aux établissements hospitaliers ;
- de servir d'échantillon témoin pour l'évaluation externe des réseaux agréés ;
- de servir de façon générale à l'évaluation de toute action ayant pour but l'amélioration des soins aux diabétiques de type 2.

Ce projet, baptisé Echantillon National Témoin et Représentatif des Diabétiques (ENTRED), mis en œuvre en partenariat entre le Département des Soins de Ville de la CNAMTS, les unités de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) U258 et 341 et l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), s'inscrivait dans le cadre de la veille sanitaire et de la santé publique, de l'évaluation et de l'amélioration des pratiques professionnelles. Il a été appuyé par le programme ministériel diabète.

C'est ainsi que l'étude ENTRED a été conçue avec deux objectifs complémentaires : d'une part la surveillance de l'état de santé des personnes diabétiques traitées et d'autre part, l'évaluation des réseaux diabète, à partir d'un échantillon représentatif au niveau national. A son origine, il était envisagé de renouveler cet échantillon tous les trois ans.

Début 2002, un auto-questionnaire était envoyé, par voie postale, à un échantillon de 10 000 personnes ayant été remboursées d'au moins une prescription de médicaments antidiabétiques durant les trois derniers mois de l'année 2001 (algorithme d'identification des personnes diabétiques en vigueur à cette époque). Après recueil des coordonnées du médecin soignant et autorisation de le contacter, un questionnaire postal était envoyé à ce dernier. En complément, une requête dans le SIAM était effectuée sur l'ensemble des soins remboursés pendant l'année 2001, et cette requête était reconduite en 2004 sur les soins remboursés en 2002 et 2003. En outre, un suivi de mortalité des personnes sélectionnées dans l'échantillon a été effectué avec une extraction du statut vital auprès du Répertoire National d'Identification des Personnes Physiques (RNIPP) géré par l'Institut national de la statistique et des études (INSEE) puis des causes de décès auprès du CépiDC pour les personnes décédées.

Ainsi, il s'agissait d'une **première étude d'appariement** de données recueillies par auto-questionnaire à des données médico-administratives.

1.3 La Loi de Santé publique de 2004, cadre du système de surveillance

Dans le cadre de la préparation de la seconde Loi de Santé publique 806-2004 du 9 août 2004 (la première datait de 1902), des groupes de travail, pilotés par la Direction générale de la santé (DGS), ont été constitués afin de déterminer les indicateurs à retenir comme objectifs fixés par cette loi. Ces groupes de travail regroupaient les différents acteurs intervenant dans le domaine du diabète. Le choix des indicateurs reposait sur des critères de pertinence vis-à-vis de leur potentiel d'amélioration mais également de disponibilité de systèmes d'information permettant de mesurer leur évolution. Ils ont été regroupés en indicateurs principaux et indicateurs complémentaires.

Parmi les 100 objectifs retenus dans l'ensemble de la Loi, deux concernaient le diabète. Il s'agissait de :

- **L'objectif 54** portant sur la **surveillance des personnes diabétiques**. Cet objectif visait à améliorer la surveillance médicale de l'ensemble des diabétiques afin de réduire la fréquence des complications du diabète envisagées dans l'objectif 55. Ainsi, 80 % des personnes diabétiques devaient bénéficier en 2008 des recommandations de bonnes pratiques cliniques émises par l'ANAES (29). Les indicateurs de suivi de cet objectif étaient donc des indicateurs de bonne pratique construits à partir des recommandations. Deux types d'indicateurs complémentaires étaient également retenus : la prévalence du diabète qui est un indicateur de contexte permettant de suivre l'évolution de la fréquence de la maladie; et le niveau des facteurs de risque vasculaire (HbA1c, pression artérielle et LDL-cholestérol) qui apportent des informations sur les résultats du suivi et du traitement, et qui constituent des indicateurs intermédiaires entre la qualité des pratiques et l'état de santé.
- **L'objectif 55** portait sur **les complications** du diabète. Les complications potentielles du diabète étant nombreuses, l'objectif proposé par la loi de santé publique était de « réduire la fréquence et la gravité des complications du diabète et notamment les complications cardiovasculaires ». Les complications les plus graves ont été retenues : infarctus du myocarde, cécité, insuffisance rénale chronique terminale, amputation d'un membre inférieur, mal perforant plantaire. Un objectif préalable consistait en l'amélioration du système de surveillance sur le diabète et ses complications. La mortalité liée au diabète ou à ses complications constituait un indicateur complémentaire, limité toutefois, par le codage du diabète non systématique pour les décès dus à l'une de ses complications.

Tableau 4. Objectifs et indicateurs de la Loi de Santé publique de 2004 relatifs au diabète

Objectif	Indicateur	Type	Source
54	<i>Surveillance des personnes diabétiques</i>		
	Proportion de personnes diabétiques ayant eu dans l'année au moins 3 remboursements pour dosage de l'hémoglobine glyquée (et au moins 2)	P	Entred
	Proportion de personnes diabétiques ayant eu dans l'année au moins 1 remboursement pour dosage de cholestérol (ou bilan lipidique)	P	Entred
	Proportion de personnes diabétiques ayant eu dans l'année au moins 1 remboursement pour dosage de la créatininémie	P	Entred
	Proportion de personnes diabétiques ayant eu dans l'année au moins 1 remboursement pour dosage de microalbuminurie	P	Entred
	Proportion de personnes diabétiques ayant eu dans l'année au moins 1 remboursement d'ECG (ou une consultation de cardiologie)	P	Entred
	Proportion de personnes diabétiques ayant eu dans l'année au moins 1 remboursement pour dosage des triglycérides (ou bilan lipidique)	P	Entred
	Proportion de personnes diabétiques ayant eu dans l'année au moins 1 remboursement de consultation ophtalmologique (ou rétinographie)	P	Entred
	Prévalence du diabète	CP	Données de remboursements -CnamTS
55	<i>Complications</i>		
	Prévalence et incidence de la cécité chez les personnes présentant un diabète	P	Entred
	Prévalence et incidence de l'infarctus du myocarde chez les personnes présentant un diabète	P	Entred
	Prévalence et incidence d'amputations chez les personnes présentant un diabète	P	Entred

Prévalence et incidence de l'insuffisance rénale chronique chez les personnes présentant un diabète	P	Entred
Prévalence et incidence du mal perforant plantaire chez les personnes présentant un diabète	P	Entred
Hospitalisations de personnes diabétiques pour amputations	P	PMSI
Hospitalisations de personnes diabétiques pour infarctus du myocarde	P	PMSI
Hospitalisations de personnes diabétiques pour plaies du pied	P	PMSI
Nombre de personnes diabétiques entrant en insuffisance rénale chronique terminale	P	REIN
Nombre et taux de décès ayant pour cause un diabète et âge moyen au décès	CP	CepiDC
Traitement laser ophtalmologique	Cp	Entred

P = indicateur principal ; CP = indicateur complémentaire

Dans le cadre de cette Loi, l'échelon régional était retenu comme le niveau territorial optimal pour fédérer l'action des multiples acteurs de la santé publique dans la perspective d'une plus grande efficacité.

Ainsi, la Loi de Santé publique de 2004 a permis de dresser le cadre du système de surveillance à partir de réflexions d'experts du diabète. Il s'agissait d'une « feuille de route » à suivre et à adapter à l'état des connaissances et au développement des outils.

1.4 Problématique et enjeux

L'OMS a défini la surveillance épidémiologique ainsi : « la surveillance s'entend de la collecte, de la compilation et de l'analyse systématiques et continues de données à des fins de santé publique et de la diffusion d'informations de santé publique en temps voulu à des fins d'évaluation et aux fins d'une action de santé publique, selon les besoins » (75). Il s'agit donc de fournir des informations probantes pour les décideurs des politiques publiques afin d'agir sur les déterminants et d'améliorer la prise en charge de la santé de la population (76-78).

Au cours des paragraphes précédents, nous nous sommes attachés à décrire les spécificités du DT1 et du DT2 (Figure 2). Il s'agit de pathologies résultant toutes deux d'une hyperglycémie chronique mais dont les principaux facteurs de risque, le niveau d'expression des symptômes évocateurs, les profils des populations touchées diffèrent. Les besoins en termes de prévention primaire et secondaire sont donc spécifiques de chaque type de diabète tandis qu'ils se rejoignent en termes de prévention tertiaire. D'un point de vue de santé publique, selon les critères du fardeau de la maladie tels que le nombre de personnes concernées, le poids en termes de morbi-mortalité, le retentissement sur la qualité de vie et le coût économique, le **DT2 est une problématique majeure**. Néanmoins, au regard de la vulnérabilité de la population, le **DT1**, touchant des enfants ou des adultes jeunes, avec d'une part, un fort retentissement sur leur qualité de vie et celle de leur entourage et d'autre part, une réduction de leur espérance de vie, **représente une réelle problématique de santé publique. Un enjeu de la surveillance du diabète est donc de produire des indicateurs permettant de décrire le fardeau du diabète en France, en distinguant les spécificités du DT1 et du DT2**. Concernant les autres types de diabète, qu'il s'agisse du diabète monogénique, secondaire ou induit, ils ont leurs propres facteurs de risque, souvent difficiles à prévenir et touchent des populations de tailles réduites. Leur impact en termes de santé publique est donc moindre. Ils seront considérés, dans le cadre de ce manuscrit, dans le champ des diabètes traités pharmacologiquement sans approche de leurs spécificités. Enfin, si le diabète gestationnel (DG) représente une faible proportion de l'ensemble des cas de diabète, il concerne une part élevée des femmes pendant leur grossesse, avec des conséquences défavorables pour la mère et l'enfant. Par ailleurs, il s'agit d'un facteur de risque du DT2 pour la mère et l'enfant. Le DG est donc un problème majeur de santé publique, à la frontière entre le diabète et la périnatalité. Il fait l'objet d'une collaboration avec le système de surveillance en périnatalité mais ne sera pas traité spécifiquement dans le cadre de ce manuscrit.

Les personnes diabétiques constituent une population aux caractéristiques multiples d'un point de vue culturelle, génétique, socio-démographique ou socio-économique. Ces caractéristiques ont un impact sur la survenue du diabète, son diagnostic et son suivi. Il est indispensable de tenir compte de ces diversités pour décrire les situations variées face au diabète et adapter les mesures de prévention primaire, secondaire et tertiaire aux profils des personnes concernées. **Le système de surveillance doit permettre de décrire les diversités des populations concernées et notamment les spécificités territoriales et socio-économiques.**

Depuis les dernières années, les outils sur lesquels reposent le système de surveillance du diabète, connaissent une profonde mutation. Les développements scientifiques et technologiques autour des bases de données médico-administratives qui sont devenues un entrepôt de données de santé, et les possibilités d'appariement avec les données d'enquête offrent de vastes opportunités pour la

surveillance. Cela permet d'une part l'amélioration des indicateurs existants et d'autre part d'offrir de nombreuses perspectives de développement de nouveaux indicateurs. Ces mutations nous obligent à repenser nos outils, à nous adapter en recherchant de nouvelles approches méthodologiques, à rechercher de nouvelles collaborations pour relever **des défis analytiques afin de gérer ces « big data » et les mettre rapidement à disposition**. Cela requiert **des développements méthodologiques avec le recours à des techniques innovantes, telles que l'intelligence artificielle**.

De façon concomitante, le traitement des données a été soumis à des obligations destinées à protéger la vie privée et les libertés individuelles. De nouvelles obligations sont apparues au niveau européen avec la mise en place du règlement général sur la protection des données (RGPD) en mai 2018 qui a conduit à un changement de paradigme dans la mise en œuvre des enquêtes. **La sécurisation des données** est devenu un enjeu fondamental et le recueil de données a dû être repensé pour répondre à cette problématique.

Par ailleurs, le **développement d'outils internet** a facilité le recueil des données et leur apurement. Si ces outils offrent un accès facilité et plus rapide aux données, il génère également le risque d'éloigner les populations vulnérables du champ des enquêtes. Un nouvel enjeu est donc la **capacité à recourir à des techniques de recueil multimodes qui combinent des outils internet et des outils classiques** tel que le questionnaire papier ou l'enquête en face à face, plus difficiles à mettre en œuvre, plus coûteuses, moins rapides mais mieux adaptées au **profil des personnes cibles**.

1.5 Objectifs

Notre **objectif principal** est de développer un système de surveillance du diabète en France, c'est-à-dire de mettre à disposition un ensemble d'indicateurs pertinents, permettant de mesurer le fardeau du diabète, qu'il s'agisse du DT1 ou du DT2. Ce fardeau doit être mesuré dans toutes ses dimensions, qu'il s'agisse de la charge de comorbidités, de mortalité ou des facteurs de risque et doit s'intégrer dans un contexte territorial et socio-économique. Sa finalité est de guider l'élaboration des politiques de prévention, de prise en charge et d'en évaluer leur impact, à un niveau national, local, ou au sein de populations spécifiques.

Cet objectif principal peut se décliner en sous-objectifs :

- **Mesurer les évolutions temporelles** des indicateurs, qu'il s'agisse de la dynamique épidémiologique (prévalence, incidence et mortalité) ou de l'évolution de la charge de morbidité ;
- **Décliner** ces indicateurs **selon les territoires** et d'en mesurer les évolutions temporelles au niveau territorial ;

- **Etudier les disparités socio-économiques** de ces indicateurs et d'en mesurer les évolutions temporelles.

La seconde partie de ce mémoire sera consacrée à la présentation des travaux qui ont été menés pour répondre à ces objectifs. Dans un premier temps, nous développerons les outils et les méthodes utilisés pour identifier les cas de diabète, pour distinguer le DT1 et le DT2, pour mesurer la morbi-mortalité liée au diabète. Puis, nous décrirons la dynamique du diabète, les caractéristiques des populations diabétiques et leur état de santé, les spécificités territoriales et socio-économiques.

Partie 2. Travaux les plus marquants

2 Outils et méthodes

Le **système de surveillance du diabète** en France repose sur plusieurs sources de données exploitées de façon complémentaire pour produire l'ensemble des indicateurs épidémiologiques. Il s'agit :

- des enquêtes en population générale ;
- des bases de données médico-administratives ;
- des enquêtes en population spécifique.

2.1 Les enquêtes en population générale

Il s'agit d'enquêtes généralistes mises en œuvre afin d'étudier l'état de santé de la population française. Le statut diabétique y est classiquement collecté à partir de deux questions types :

- un **tableau listant les maladies chroniques**, comme par exemple dans le questionnaire de l'enquête santé protection sociale (ESPS) 2014, ci-dessous:

**Au cours des 12 derniers mois, avez-vous eu une de ces maladies ou problèmes de santé ?
(plusieurs réponses possibles)**

- ₀₁ Asthme (y compris l'asthme d'origine allergique)
- ₀₂ Bronchite chronique, broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO), emphysème
- ₀₃ Infarctus du myocarde (crise cardiaque) ou séquelles d'infarctus
- ₀₄ Maladies des artères coronaires, angine de poitrine, angor
- ₀₅ Hypertension artérielle
- ₀₆ Accident vasculaire cérébral (AVC), attaque cérébrale (hémorragie cérébrale, thrombose cérébrale), ou séquelles d'AVC ou d'attaque cérébrale
- ₀₇ Arthrose
- ₀₈ Douleur ou affection chronique du dos ou du bas du dos (dorsalgie, lombalgie, sciatique)
- ₀₉ Douleur ou affection chronique de la nuque ou des cervicales
- ₁₀ **Diabète**
- ₁₁ Allergies (hors asthme d'origine allergique) telles que : rhinite allergique, rhume des foins, conjonctivite allergique, allergie de la peau, allergie alimentaire
- ₁₂ Cirrhose du foie
- ₁₃ Incontinence urinaire, fuites urinaires, problème de contrôle de la vessie
- ₁₄ Problèmes rénaux tels que insuffisance rénale, néphrite, calculs des reins
- ₁₅ Dépression
- ₁₆ Une autre maladie chronique non citée ci-dessus, précisez :
- ₁₇ **Aucune de ces maladies au cours des 12 derniers mois**

- Un **recueil spécifique** avec une question par pathologie, comme par exemple dans la cohorte Constances :

Un professionnel de santé (médecin ou autre) vous a-t-il déjà dit que vous étiez atteint(e) de diabète (en dehors d'un diabète gestationnel) ?

₁ Oui ₂ Non

Certaines enquêtes combinent un recueil par questionnaire à un examen de santé. Depuis la dernière décennie, ces enquêtes sont fréquemment combinées à des extractions de données médico-administratives.

2.1.1 Les enquêtes en population générale sans examen de santé

Parmi les **enquêtes en population générale sans examen de santé** exploitées pour la surveillance du diabète, peuvent être citées :

- Les **Enquêtes Santé Protection Sociale (ESPS)**, mises en Œuvre par l'Institut de Recherche et Documentation en Economie de la Santé (IRDES). Il s'agissait d'enquêtes transversales portant sur l'état de santé de la population française métropolitaine, répétées tous les 2 ans de 1988 à 2014. Elles incluaient des échantillons de 8 000 ménages dont l'un des membres était bénéficiaire du RG, de la MSA ou du RSI, soit environ 20 000 personnes. Les échantillons n'étaient pas indépendants : les individus étaient réinterrogés tous les 4 ans. Le diabète y était recueilli à partir d'un tableau de maladies et un volet diabète complémentaire a été introduit dans l'édition 2002.
- Les **Enquêtes décennale Santé (EDS)** mises en œuvre par la Division condition de vie des ménages de l'INSEE avec, pour objectif de dresser un panorama de l'état de santé de la population. Il s'agissait d'enquêtes à caractère obligatoire, transversales, répétées tous les 10 ans. La population cible était les personnes résidant en France métropolitaine, en ménage ordinaire. Le volet 2002-2003 comportait près de 40 000 personnes. Le diabète était recueilli à partir d'une liste de maladies chroniques. En outre, les traitements achetés pendant les deux mois d'enquête ou consommés les dernières 24h précédant la troisième visite étaient recueillis (déclaration et / ou scan du code barre de la boîte).
- **l'Enquête handicap santé ménage et institution (HSM/HSI)**, mise en œuvre par l'Insee et la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (Drees) auprès de 39 000 personnes de tous âges en 2008, visait à étudier les déficiences et les incapacités

physiques et mentales. Les personnes étaient interviewées à leur domicile par un enquêteur au cours de 3 visites. Le diabète était déclaré à partir d'une liste de maladies.

Tableau 5. Synthèse des enquêtes en population générale sans examen de santé exploitées pour la surveillance du diabète

Enquête	Promoteur	Année	Schéma d'enquête	Mode de recueil	Appariement BDMA*	Taille de l'échantillon et population cible
ESPS	Irdes	1988 à 2014	Transversale répétée tous les 2 ans - Echantillons non indépendants	Auto-questionnaire et face à face certaines années pour les personnes fragiles - Diabète recueilli à partir d'un tableau de maladies - volet diabète spécifique en 2002	A partir de 2002	Population métropolitaine non institutionnalisée - Echantillons d'environ 8 000 ménages, soit environ 20 000 personnes
EDS	INSEE	1960-2002	Transversales, répétées tous les 10 ans, obligatoire	Questionnaire en face à face - Diabète recueilli à partir d'un tableau de maladies	Non	Population métropolitaine non institutionnalisée - Echantillons d'environ 16 000 ménages, soit environ 40 000 personnes
HSM/HSI	INSEE / DREES	2008-2009	Transversale	Questionnaire en face à face - Diabète recueilli à partir d'un tableau de maladies	Non	Population métropolitaine - Echantillons d'environ 39 000 personnes

*BDMA = Bases de données médico-administratives

En outre, des questions spécifiques ont été introduites dans les derniers volets des Baromètres Santé dans les DROM (Martinique, Guadeloupe, Réunion, Guyane) et à Saint-Pierre et Miquelon. Ces données sont en cours d'exploitation. Il s'agit d'enquêtes téléphoniques mises en œuvre par Santé publique France en 2021 sur des échantillons de 1 500 à 2 000 personnes dans les DROM et en 2020 sur un échantillon d'environ 1 000 personnes à Saint Pierre et Miquelon. Dans les DROM, un questionnaire spécifique a été développé afin d'approcher la prévalence du diabète existant mais non déclaré et du diabète pris en charge par des traitements alternatifs.

Les enquêtes en population générale sans examen de santé permettent d'estimer la prévalence du diabète diagnostiqué, traité pharmacologiquement ou non.

2.1.2 Les enquêtes en population générale avec examen de santé

Les enquêtes qui conjuguent un recueil de données par questionnaire à un examen de santé permettent, en outre, d'estimer la prévalence du prédiabète et du diabète non diagnostiqué. Les dernières enquêtes de ce type, exploitées dans le cadre de la surveillance du diabète sont :

- La **cohorte Constances**, cohorte généraliste mise en œuvre en 2012 par l'Inserm. Elle est basée sur un échantillon de 200 000 adultes âgés de 18 à 70 ans résidant en France Métropolitaine bénéficiaires du RG et des SLM, inscrits à l'un des 17 centres d'examen de santé (CES) participants (79). Un des objectifs principaux de cette cohorte est de fournir des informations utiles aux acteurs de santé publique sur l'état de santé de la population française et son recours aux services de soins (80). Il s'agit d'un suivi longitudinal. A l'inclusion, les participants remplissent un auto-questionnaire, puis bénéficient d'un examen médical dans le CES de référence. Il comprend un questionnaire médical, un examen clinique et une analyse de sang (dont une GAJ). Puis, les participants sont suivis annuellement par un recueil par auto-questionnaire et ils bénéficient d'un examen de santé tous les 4 ans. Si le participant a donné son accord, ses données du Système national des données de santé (SNDS) sont extraites et appariées avec les données recueillies dans le cadre de l'étude.
- **L'étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (ESTEBAN)** mise en œuvre par Santé publique France en 2014-2016 vise à mesurer l'exposition à certaines substances de l'environnement, à étudier l'alimentation et l'activité physique et à mesurer la fréquence de certaines maladies chroniques dans la population métropolitaine âgée de 6 à 74 ans. Il s'agit d'une étude transversale répétée (anciennement ENNS) portant sur un échantillon de près de 3 500 adultes et 1 000 enfants. Cette étude incluait une enquête

par questionnaires en face à face, par auto-questionnaires, une enquête alimentaire et la réalisation d'un examen de santé (dont une GAJ). Le recueil du statut diabétique était effectué à partir d'une question spécifique. Si les personnes acceptaient de communiquer leur NIR, les données du SNDS étaient extraites.

- **L'enquête Unono Wa Maore** mise en œuvre par Santé publique France en 2019 vise à décrire l'état de santé de la population mahoraise âgée de moins de 70 ans. Il s'agit d'une étude transversale portant sur un échantillon de plus de 7 000 personnes : 4 817 âgées de 15 à 69 ans, 1 637 âgées de 4 à 14 ans et 791 avaient moins de trois ans. Le recueil de données était effectué en face à face et un examen de santé, avec prélèvement sanguin était réalisé par un infirmier au domicile de la personne. Le questionnaire incluait un recueil de données spécifiques sur le diabète et un dosage de l'HbA1c était réalisé.

Tableau 6. Synthèse des enquêtes en population générale avec examen de santé exploitées pour la surveillance du diabète

Enquête	Promoteur	Année	Schéma d'enquête	Mode de recueil	Appariement BDMA	Taille de l'échantillon et population cible
Constances	Inserm	A partir de 2012	Longitudinal	Auto-questionnaire et examen de santé en centre d'examen de santé	Oui	Population métropolitaine non institutionnalisée, bénéficiaire du RG, y compris SLM, âgée de 18 à 69 ans – Echantillon de plus de 200 000 personnes
Esteban	Santé publique France	2014-2016	Transversale répétée	Questionnaire en face à face et auto-questionnaire, question spécifique sur le diabète et dosage de la GAJ	Oui	Population métropolitaine non institutionnalisée âgée de 6 à 74 ans – Echantillon de près de 3 500 adultes
Unono Wa Maore	Santé publique France	2019	Transversale	Questionnaire en face à face, question spécifique	Non	Population mahoraise âgée de moins de 70 ans –

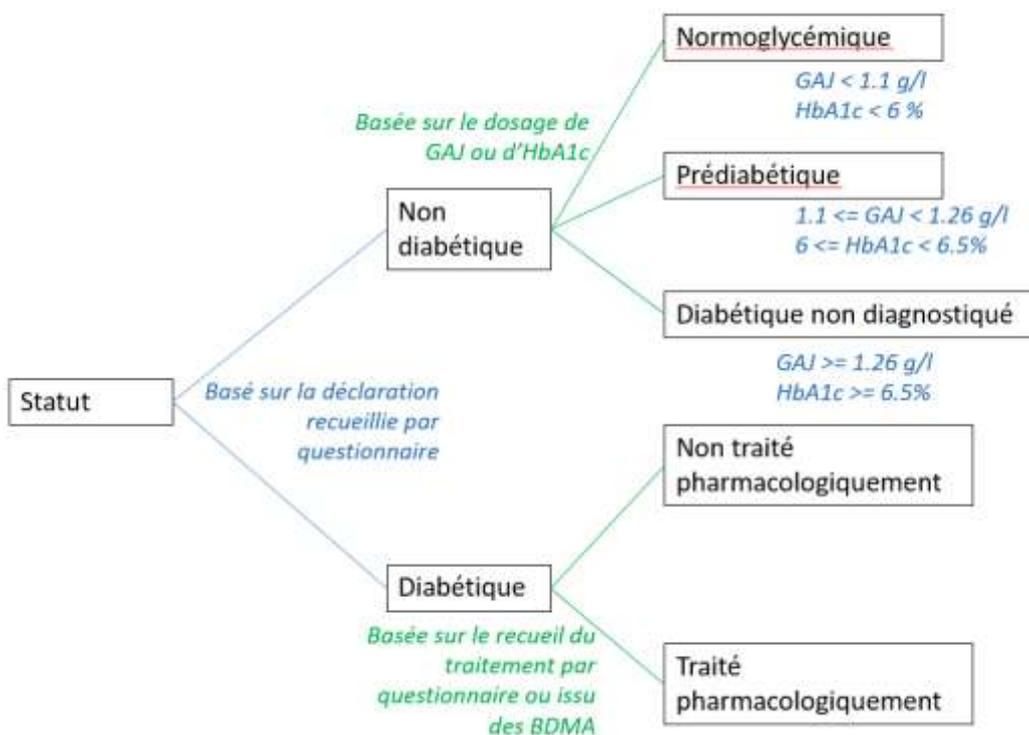
				sur le diabète et dosage de l'HbA1c		Echantillon de plus de 7 000 personnes dont plus de 4 800 âgées de 15 à 69 ans
--	--	--	--	-------------------------------------	--	--

2.1.3 Définition du statut glycémique dans les enquêtes en population générale

La définition du **statut glycémique** utilisée dans les enquêtes en population générale peut être résumée de la façon suivante (Figure 4) :

- Normoglycémie = Diabète non déclaré ET (Dosage de GAJ <1,1 g/l / HbA1c < 6%)
- Prédiabète = Diabète non déclaré ET (1,1 ≤ GAJ <1,26 g/l / 6 ≤ HbA1c < 6,5 %)
- Diabète non diagnostiqué = Diabète non déclaré ET (Dosage de GAJ ≥1,26 g/l / HbA1c ≥ 6,5%)
- Diabète diagnostiqué = Diabète déclaré
- Diabète diagnostiqué et non traité pharmacologiquement = Diabète déclaré ET (traitement pharmacologique non déclaré et non remboursé)
- Diabète diagnostiqué et traité pharmacologiquement = Diabète déclaré ET (traitement pharmacologique déclaré ou remboursé)

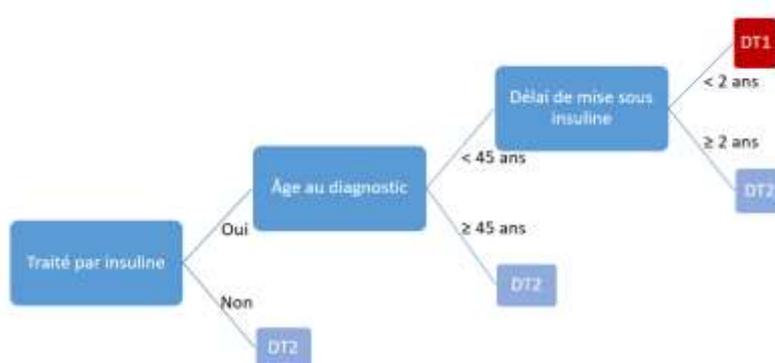
Figure 4. Définition du statut glycémique dans les enquêtes en population générale



2.1.4 Définition du type de diabète dans les enquêtes

Il est difficile de recueillir le type de diabète dans les enquêtes car beaucoup de patients n'en ont pas connaissance. Un algorithme épidémiologique a donc été développé pour l'approcher. Il est basé sur l'âge au diagnostic de diabète et l'âge à la mise sous insuline. Un cas de DT1 est défini par un âge au diagnostic avant 45 ans et une mise sous insuline dans les 2 ans suivant le diagnostic (Figure 5). Cet algorithme a été développé sur avis d'un groupe d'experts à partir des données de la première édition de l'étude Entred.

Figure 5. Algorithme de typage du diabète



2.2 Les bases de données médico-administratives

Les bases de données médico-administratives (BDMA) constituent un recueil passif de données collectées à des fins médico-économiques. Il s'agit principalement de données d'hospitalisations recueillies par les établissements hospitaliers dans le cadre du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI), de données de consommation de soins recueillies par les organismes de soins de santé et les organismes d'assurance maladie. Il s'agit d'un processus de collecte en continu et exhaustif (81).

A l'origine, ces bases ont été développées avec un objectif médico-administratif et non dans une finalité de surveillance épidémiologique ou de recherche médicale, néanmoins leur apport dans ces domaines est majeur. Elles peuvent constituer de solides socles pour des systèmes de surveillance régionaux ou nationaux pour un grand nombre de pathologies. Concernant le diabète, de nombreux pays, tels que le Canada, les Etats-Unis, la Grande-Bretagne, l'Espagne, les Pays-Bas, la Norvège, la Hongrie, La Lituanie, Israël, Hong-Kong, Singapour, la Corée du Sud, Taiwan (82), ont recours à l'exploitation des BDMA pour développer leur système de surveillance.

2.2.1 Evolution des BDMA en France

Au cours des dernières décennies, les capacités informatiques en termes de stockage de données et de puissance de calcul ont connu un essor fulgurant. En France, cet élan a été accompagné d'une volonté politique de développer des systèmes de données de santé permettant d'enrichir les connaissances dans de nombreux domaines de santé. Ainsi, en 1999, le législateur a souhaité que les régimes d'Assurance Maladie développent un système national d'information afin de mieux connaître et évaluer le recours aux soins et les dépenses de santé des assurés, le SNIIRAM. Les données de consommation de soins gérées par les différents régimes d'Assurance maladie ont été structurées au niveau national puis appariées aux données d'hospitalisation. Le SNIIRAM contenait donc des informations individuelles sur des caractéristiques sociodémographiques et médicales des assurés et l'ensemble des remboursements de soins hospitaliers et de médecine de ville, codés selon différents référentiels (83).

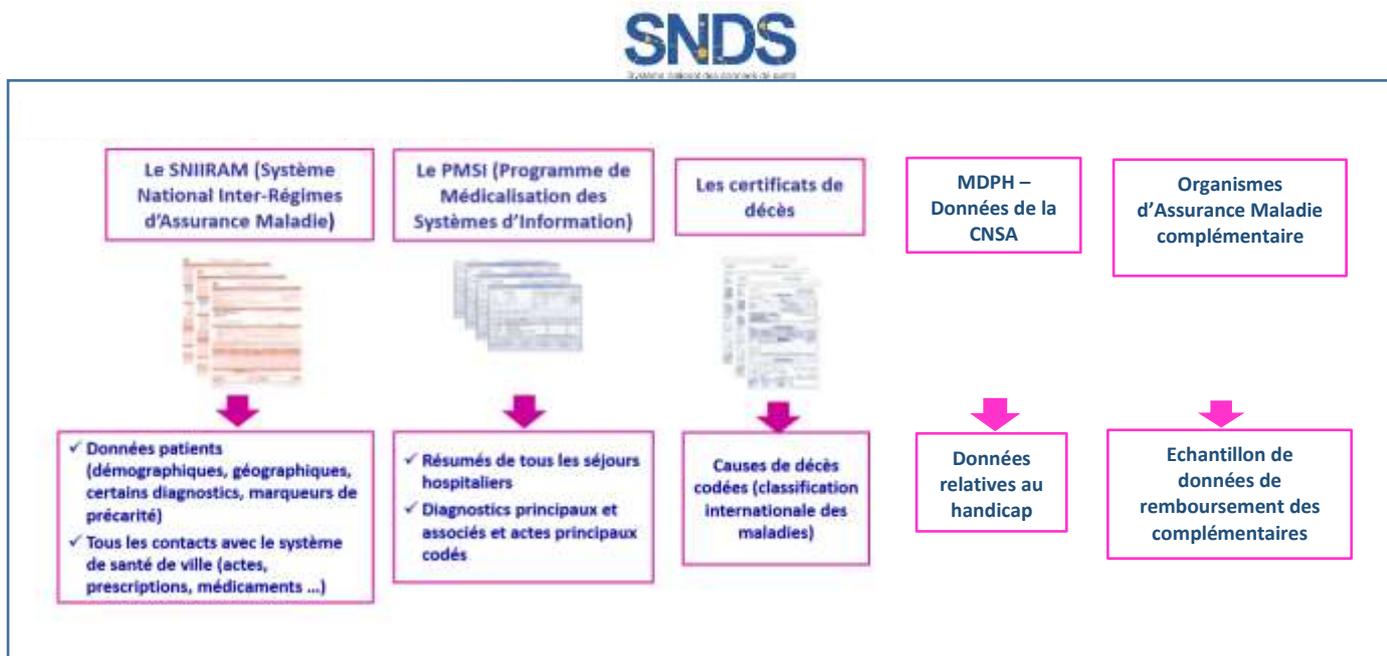
Le SNIIRAM a continué à évoluer mais aussi à s'étendre pour devenir, en 2016, le SNDS qui intègre de nouvelles informations. En 2021, le SNDS contient les sources d'informations suivantes :

- les données de l'Assurance Maladie (base SNIIRAM) ;
- les données d'hospitalisation (base PMSI) ;
- les causes médicales de décès (base du CépiDC de l'Inserm) ;
- les données relatives au handicap, en provenance des maisons départementales des personnes handicapées (MDPH) - données de la caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA) ;
- un échantillon de données en provenance des organismes d'Assurance Maladie complémentaire.



Les composantes actuelles du SNDS sont résumées dans le schéma ci-dessous extrait du guide de formation DCIR Simplifié / DCIR développé par la Cnam et mis à jour en janvier 2021.

Figure 6. Composantes actuelles du SNDS



Adaptée du guide de formation DCIR Simplifié / DCIR (CNAM) – Mis à jour en janvier 2021

Ces données, liées par un identifiant unique, sont pseudonymisées au niveau local rendant toute identification impossible. Elles couvrent l'ensemble des personnes résidant en France, soit 66 millions de personnes ce qui en fait la base de données médico-administratives d'une ampleur unique au monde. Néanmoins, l'absence de certaines données telle que des indicateurs socio-économiques individuels ou des données cliniques (les motifs de consultation, les résultats d'examen biologiques, les compte-rendu de radiologie...) peuvent constituer un frein pour la surveillance et la recherche (Tableau 7).

Tableau 7. Informations manquantes dans le SNDS considérées comme essentielles

Catégorie d'information	Type d'information manquante	Proxy
Caractéristiques socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> - Revenus - Profession et catégorie socio-professionnelle - Activité professionnelle - Statut marital - Pays de naissance 	<ul style="list-style-type: none"> - Indice de désavantage social de la commune de résidence - CMU-C
Facteurs de risque	<ul style="list-style-type: none"> - Corpulence - Pression artérielle - Tabagisme - Consommation d'alcool - Sédentarité - Nutrition - Antécédents familiaux 	
Données de laboratoire	<ul style="list-style-type: none"> - Résultats des dosages 	
Motifs de consultation		
Traitements	<ul style="list-style-type: none"> - Motifs de prescription - Posologie prescrite - Adhérence au traitement 	

Adapté de Tuppin P et al. RESP 2017 (83)

Ce constat a été largement souligné dans le rapport de préfiguration qui a conduit à la création de la Plateforme des données de santé, « Health Data Hub » (84). Le projet de décret relatif au SNDS publié le 1^{er} juillet 2021, marquait le début de la mise en œuvre de l'élargissement du SNDS, visant à intégrer des informations essentielles mentionnées dans le tableau ci-dessus.

Le SNDS repose sur diverses bases de données médico-administratives qui, indépendamment les unes des autres constituent des outils pertinents pour la surveillance et la recherche médicale mais qui ont chacune leurs propres limites. L'appariement de ces bases de données entre elles permet de contourner certaines de ces limites. La puissance de ce système d'informations provient donc d'une part de l'appariement de ces bases et d'autre part de sa couverture nationale. Il en résulte un système d'informations extrêmement pertinent pour la surveillance des pathologies et la recherche médicale. Ce système dispose encore d'un fort potentiel d'évolution.

2.2.2 L'identification des cas de diabète dans le SNDS

L'identification d'un cas de diabète et de son type reposent sur un diagnostic clinique. Celui-ci est très rarement présent dans les systèmes d'information, à l'exception des registres populationnels telles que ceux des pays du Nord de l'Europe (Danemark, Pays-Bas, Suède, par exemple) ou des recueils de diagnostics établis par les médecins généralistes, telle qu'en Ecosse par exemple (85). En France, ces recueils n'existant pas, il convient de développer des proxy pour identifier les cas de diabète en minimisant les biais de classification.

2.2.2.1 Algorithmes

Dans la première partie de ce manuscrit, nous avons décrit les premiers algorithmes d'identification des cas de diabète datant du début des années 2000 qui reposaient sur le remboursement d'un traitement antidiabétique sur 3 mois (tableau 3). Par la suite, ces algorithmes ont évolué de façon empirique afin de s'adapter à l'évolution des outils et à l'amélioration des connaissances.

En 2017, le groupe de travail Endocrinologie, nutrition et métabolisme du Redsiam¹¹ que nous coordonnons s'est attaché à recenser les algorithmes d'identification des cas de diabète disponibles en France. Ce travail a donné lieu à la publication d'un article scientifique (86) dans la Revue d'Epidémiologie et de Santé publique.



Disponible en ligne sur
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com

Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique 655 (2017) S168–S173

**Revue d'Epidémiologie
et de Santé Publique**
Epidemiology and Public Health

Réseau REDSIAM

Algorithmes basés sur les données médico-administratives dans le champ des maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques, et en particulier du diabète

Algorithms based on medico-administrative data in the field of endocrine, nutritional and metabolic diseases, especially diabetes

S. Fosse-Edorh ^{1a,*}, A. Rigou ^b, S. Morin ^b, L. Fezeu ^c, L. Mandereau-Bruno ^a, A. Fagot-Campagna ^d

^a Santé publique France, 12, rue du Val-d'Osme, 94415 Saint-Maurice cedex, France

^b Haute Autorité de santé, 93210 Saint-Denis, France

^c Inserm (U1153), Inra (U1125), université Paris 13, équipe de recherche en épidémiologie nutritionnelle (EREN), centre de recherche en épidémiologie et statistiques, Cnam, COMUE, Sorbonne Paris Cité, 93000 Bobigny, France

^d Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés, 75020 Paris, France

Reçu le 31 octobre 2016 ; accepté le 2 mai 2017

Disponible sur Internet le 29 juillet 2017

¹¹ Réseau pour mieux utiliser les données du Système national des données de santé (Redsiam)

Trois principaux algorithmes étaient identifiés. Ils sont basés sur le repérage :

- des bénéficiaires de l'ALD¹² diabète, établi à partir des codes E10-E14 de la 10^{ème} révision de la Classification internationale des maladies (CIM10) ;
- des personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète, établi à partir du remboursement de traitements antidiabétiques (classe A10 de la classification Anatomique, Thérapeutique et Chimique [ATC]) à au moins trois dates différentes, ou deux en cas de délivrance d'au moins un grand conditionnement, au cours d'une année calendaire ;
- des personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète, ou bénéficiaires d'une ALD-diabète ou hospitalisées en lien avec le diabète, établi à partir de la combinaison des remboursements de traitements antidiabétique (classe ATC A10) à au moins trois dates différentes au cours d'une année n, ou au cours de l'année précédente (ou deux en cas de grand conditionnement) ; du bénéfice d'une ALD diabète l'année n ; ou en présence d'une hospitalisation lors d'une des deux dernières années avec un diagnostic principal (DP) ou relié (DR) de diabète (E10-E14), ou à la fois une complication du diabète en DP ou DR (G59.0*, G63.2*, G73.0*, G99.0*, H28.0* , H36.0* , I79.2* , L97 , M14.2* , M14.6* , N08.3*) et un diagnostic associé en E10-E14.

Ces trois algorithmes reposent sur des critères très spécifiques du diabète (ALD, traitements ou hospitalisations) et sont pertinents selon l'objectif de l'étude auquel elle vise à répondre. Leurs limites ont été discutées dans l'article sus-mentionné. **L'algorithme basé uniquement sur l'ALD diabète** est pertinent dans le cadre d'études à des fins d'analyse médico-économique et de suivi du dispositif de l'ALD. L'ALD est un dispositif de prise en charge administrative et financière qui repose sur une demande effectuée par le médecin traitant. Des campagnes d'incitation menées par l'Assurance maladie ont conduit à des montées en charge au cours du temps au niveau local. En outre, son bénéfice est également soumis à des fluctuations des pratiques médicales. Il est maintenant établi que la fréquence et le taux d'incidence de mise sous ALD-diabète ne peuvent pas être assimilées aux taux de prévalence et d'incidence du diabète (87). En 2014, parmi les personnes diabétiques du Régime général (hors SLM) traitées pharmacologiquement pour un diabète, 21% ne bénéficiaient pas d'une prise en charge pour une ALD-diabète (87). Plusieurs arguments peuvent expliquer ce taux de non recours à une ALD-diabète chez une personne diabétique : le bénéfice d'une ALD pour une autre pathologie; des raisons personnelles telles que les difficultés pour recourir à une assurance, à un prêt immobilier ; le recours à la couverture maladie universelle complémentaire (CMU-C). Ce taux de non recours à une ALD-diabète chez une personne diabétique varie selon les profils. Il augmentait avec

¹² Dispositif ouvrant droit à une prise en charge à 100 % (avec exonération du ticket modérateur) des soins en rapport avec leur affection, pour les patients ayant une maladie chronique comportant un traitement prolongé et une thérapeutique particulièrement coûteuse.

l'âge, passant de 4% pour les 0-4 ans à 27% pour les 90 ans et plus, et variait selon le niveau socio-économique (de 19% dans le quintile de personnes résidant dans les communes métropolitaines les plus défavorisées à 25% dans le quintile des résidents dans les communes les plus favorisées). Il était plus élevé chez les bénéficiaires de la CMU-C âgés de moins de 60 ans (24%) que chez les non-bénéficiaires de cette même tranche d'âge (20%). Ce taux variait également selon le territoire, de 17% en Alsace-Lorraine-Champagne-Ardenne à 29% en Corse et en Guyane. Ces biais différentiels selon le temps, les territoires et les populations contribuent à rendre cet algorithme peu pertinent pour des études à visée de surveillance épidémiologique ou de recherche médicale sur le diabète. Par ailleurs, si les données d'ALD alimentent le SNIIRAM depuis 2006 pour le RG, elles ne l'alimentent de façon satisfaisante que depuis 2014 pour le RSI et la MSA.

L'algorithme de repérage des personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète a été utilisé dès 2000 à partir des données de l'EPAS. Cet algorithme est applicable à l'ensemble des régimes d'assurance maladie disponibles dans le SNIIRAM. Il permet donc d'étudier les évolutions temporelles et les inégalités sociales et territoriales du diabète traité pharmacologiquement. Cet algorithme souffre également de quelques limites. Ainsi, même si la sélection de faux positifs est rare, elle est tout de même possible. C'est le cas des femmes traitées par metformine pour un syndrome des ovaires micro polykystiques ou de personnes pré-diabétiques traitées par hypoglycémiant oraux hors autorisation de mise sur le marché. Il peut aussi inclure des cas de diabète transitoire, comme le diabète gestationnel, un diabète induit, ou d'autres situations particulières pour lesquelles une guérison ou une rémission est possible. Par ailleurs, des personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète, mais n'ayant pas eu le nombre de remboursements requis pour diverses raisons (hospitalisations de longue durée y compris les personnes ayant les complications les plus graves, les personnes diabétiques vivant dans un établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes doté d'une pharmacie à usage intérieur, ou décédées en début d'année, ou ayant débuté ou arrêté un traitement en cours d'année ou ayant deux identifiants SNIIRAM, etc.) peuvent ne pas être identifiées par cet algorithme. D'autre part, les estimations de prévalence établies à partir de cet algorithme peuvent être soumises à des fluctuations dues à des changements de pratiques telles qu'une montée en charge du dépistage ou une instauration du traitement plus précoce.

L'algorithme combinant le bénéfice d'une ALD, les traitements du diabète et les hospitalisations en lien avec le diabète, en recherchant les deux derniers sur deux années, a l'avantage de réduire les exclusions à tort des personnes diabétiques n'ayant pas eu le nombre de remboursements de médicaments requis. Cela inclut les patients ayant eu une hospitalisation de longue durée, ceux au

stade le plus grave de la maladie (hospitalisés sur le long terme, décédés tôt dans l'année avant d'obtenir trois délivrances de médicaments ou chez lesquels le traitement a été arrêté compte tenu de complications ou comorbidités sévères) et les personnes les moins observantes au traitement. L'inclusion des patients les plus graves permet d'étudier les complications du diabète, le recours aux soins ou les dépenses de santé en réduisant les biais. Des analyses d'impact ont été réalisées décrivant les effectifs et caractéristiques des patients ajoutés par cet algorithme (88). Parmi les personnes bénéficiant de l'ALD-diabète ou qui ont eu 3 délivrances d'antidiabétiques l'année en cours ou l'année précédente, 3,8% avaient une ALD diabète sans traitement antidiabétique l'année en cours. Par ailleurs, en plus des 3 millions de personnes identifiées par leur consommation médicamenteuse, 8 900 personnes étaient identifiées uniquement par un séjour en lien avec le diabète tel que défini par l'algorithme. Cet affinement de l'algorithme, bien que modeste en nombre de patients identifiés en plus, permet de rattraper une population plus à risque de complications.

Cet algorithme est également soumis aux limites mentionnées pour les autres algorithmes, inhérentes à l'utilisation de l'ALD et des traitements médicamenteux, ainsi qu'aux fluctuations liées à des variations du recours à l'hospitalisation pour diabète ou complication du diabète et des pratiques de codage des diagnostics dans le PMSI. Cet algorithme peut être utilisé à compter de 2006 pour le régime général de l'assurance maladie et de 2014 dans les exploitations tous régimes, puisqu'il nécessite les données d'ALD.

2.2.2.2 Validation des algorithmes

Les algorithmes d'identification des cas de diabète dans les BDMA ont été largement utilisés, mais aucun d'entre eux n'avait été validé. Pour réaliser une étude de validation, il conviendrait d'estimer leurs critères de performance (sensibilité, spécificité) en les comparant à un « gold standard » disponible dans le dossier médical. Cette étude devrait couvrir le territoire national, les différents types d'établissements ou de structure, pour limiter les biais. Les données du SNDS étant anonymes, elles ne permettent pas de retour direct au dossier médical. Cela nécessite une levée d'anonymat au niveau local. Il s'agirait donc d'une étude extrêmement lourde à mettre en œuvre et coûteuse.

Une alternative à ce schéma classique d'étude de validation est de recourir à un échantillon du SNDS pour lequel un appariement avec des données médicales est possible. Dans ce cas, la pertinence de l'étude de validation repose sur la fiabilité des données médicales recueillies. Ce type d'étude peut, par exemple, être effectué à partir d'un appariement avec des registres d'une pathologie. Les limites principales reposent alors, d'une part, sur l'exhaustivité du recueil des cas, mais il s'agit d'un critère intrinsèque à un registre et, d'autre part, sur la couverture géographique qui doit être représentative de territoire national. En France, ce type d'étude ne peut pas être réalisée car il n'existe pas de registres

de diabète de type 2. Néanmoins, la cohorte Constances nous a fourni l'opportunité de développer une étude de validation en confrontant les cas identifiés à partir des données extraites du SNDS aux données recueillies par auto-questionnaire et lors de l'examen de santé.

a. Les « gold standard »

Parmi les algorithmes d'identification des cas de diabète dans le SNDS utilisés en France et recensés dans l'article susmentionné (86), deux visent à identifier les cas de diabète diagnostiqué et le troisième vise à identifier les cas de diabète traité pharmacologiquement.

Afin de valider les algorithmes au regard de leurs objectifs, deux sources de données ont été définies comme « gold-standard », l'une pour valider l'algorithme d'identification des cas dans le SNDS de diabète diagnostiqué et la seconde des cas de diabète traité pharmacologiquement.

- Concernant le « diabète diagnostiqué », la combinaison du statut diabétique auto-déclaré dans la cohorte Constances, à partir de la réponse positive à la question suivante : « Est-ce qu'un médecin ou un professionnel de santé vous a déjà dit que vous étiez atteint(e) de diabète? », combiné avec la confirmation d'un diabète à l'examen médical constituait le gold standard.
- Le gold-standard pour le statut « diabète traité pharmacologiquement » combinait l'auto-déclaration d'un traitement antidiabétique dans la cohorte Constances et leurs remboursements dans les données du SNDS.

Les critères de performance (sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive (VPP), valeur prédictive négative (VPN), coefficient kappa (K) et F1 score. ...) de chaque algorithme ont été estimés à partir de ces deux gold-standard. Les résultats ont été publiés dans l'article suivant (89).

International Journal of Public Health
<https://doi.org/10.1007/s00038-018-1186-3>



ORIGINAL ARTICLE



Identifying diabetes cases in health administrative databases: a validation study based on a large French cohort

Sonsoles Fuentes¹  · Emmanuel Cosson^{2,3} · Laurence Mandereau-Bruno¹ · Anne Fagot-Campagna⁴ · Pascale Bernillon¹ · Marcel Goldberg⁵ · Sandrine Fosse-Edorh¹ · CONSTANCES-Diab Group

Les principales conclusions de cette étude rapportent que ces trois algorithmes ont des performances optimales pour identifier les cas de « **diabète diagnostiqué** ». L'algorithme combinant le bénéfice d'une ALD, les traitements du diabète et les hospitalisations en lien avec le diabète, présentait la sensibilité la plus élevée (93,8%) ; celle-ci décroissait pour les algorithmes basés sur les traitements

antidiabétiques et les ALD (85,8% et 73,7% respectivement). Ces 3 algorithmes avaient des spécificités, VPP et VPN très élevées, spécialement l'algorithme basé sur les ALD avec une spécificité de 100% en l'absence de faux positifs. L'algorithme combinant le bénéfice d'une ALD, les traitements du diabète et les hospitalisations en lien avec le diabète avait les coefficients kappa et les scores F1¹³ les plus élevés (0,95 et 0,95 respectivement). L'algorithme basé sur les traitements antidiabétiques présentait aussi un score F1 et un coefficient kappa supérieurs à 0,9.

Concernant l'identification des cas de « **diabète traité pharmacologiquement** », la sensibilité de l'algorithme basé sur les ALD était de 77,2%, celle de l'algorithme basé sur les traitements antidiabétiques était de 97,3% et enfin celle de l'algorithme combinant ALD, traitements antidiabétiques et hospitalisations était de 99,3%. Les spécificités et VPNs de tous les algorithmes étaient supérieures à 99%. L'algorithme basé sur les traitements antidiabétiques avait la VPN la plus élevée (97,9%) et l'algorithme combinant l'ensemble des critères, la moins élevée (90,6%). L'algorithme basé sur les traitements antidiabétiques avait le coefficient kappa et le score F1 les plus élevés, ceux-ci diminuaient pour l'algorithme combinant l'ensemble des critères et l'algorithme basé sur les ALD.

Par ailleurs, pour compléter cette analyse et rechercher d'éventuels biais différentiels liés au sexe et à l'âge, une analyse des performances des algorithmes, stratifiée sur ces deux variables a été effectuée et aucune différence significative n'était observée selon le sexe et les groupes d'âge, pour les deux gold-standard.

b. Discussion

Cette étude de validation a montré que les trois algorithmes de repérage des cas de diabète (diagnostiqué ou traité pharmacologiquement) utilisés dans le SNDS ont d'excellentes performances. Au-delà des critères de performance des algorithmes, le choix de leur utilisation dépend également des objectifs de l'étude (86).

Concernant la surveillance épidémiologique, dont un des objectifs principaux est l'étude des tendances temporelles, des disparités territoriales et socio-économiques, le biais différentiel induit par le recours à l'ALD-diabète est important. En effet, nous avons vu que le recours à l'ALD-diabète évoluait au cours du temps et variait selon les régimes d'assurance maladie, les territoires et le bénéfice de la CMU-C. Ce biais est impactant pour la finalité des études à visée de surveillance épidémiologique. L'algorithme que nous avons retenu est donc celui basé uniquement sur les

¹³ Le coefficient kappa et le score F1 sont des indicateurs de mesure de la performance de l'algorithme
 $K = (Po - Pa) / (1 - Pa)$ où Po = Probabilité observée et Pa = Probabilité attendue
Score F1 = $2 * (VPP * Se) / (VPP + Se)$ où VPP = valeur prédictive positive et Se = Sensibilité

traitements pharmacologiques. Il a également l'avantage de bien cibler le périmètre de la population identifiée : **les personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète.**

Même si les performances de cet algorithme sont excellentes, des limites ont été identifiées. Tout d'abord, il ne permet pas de capter les populations de personnes diabétiques de type 2 non traitées pharmacologiquement ou non prise en charge médicalement et les personnes non diagnostiquées. Une autre limite importante porte sur l'incapacité à distinguer le diabète de type 1 du diabète de type 2 et à exclure les autres types de diabète. Des tentatives ont été développées dans ce domaine (86, 88) mais en l'absence de diagnostic médical validé dans les bases de données médico-administratives, elles reposaient sur le détail des codes CIM-10 d'ALD et d'hospitalisation, qui ne sont pas jugés fiables. Néanmoins, étant donné que 92 % des adultes diabétiques traités pharmacologiquement ont un DT2, l'algorithme basé sur les traitements pharmacologiques permet une approche du DT2. Les limites de cet algorithme sont décrites dans la figure 7.

Figure 7. Population identifiée à partir de l'algorithme basé sur les traitements pharmacologiques et populations exclues



DT1 : diabète de type 1; DT2 : diabète de type 2; mesures hygiéno-diét. : mesures hygiéno-diététiques; diabète non diag. : diabète non diagnostiqué; diabète non traité pharma. : diabète non traité pharmacologiquement

2.2.3 Définition des cas incidents de diabète

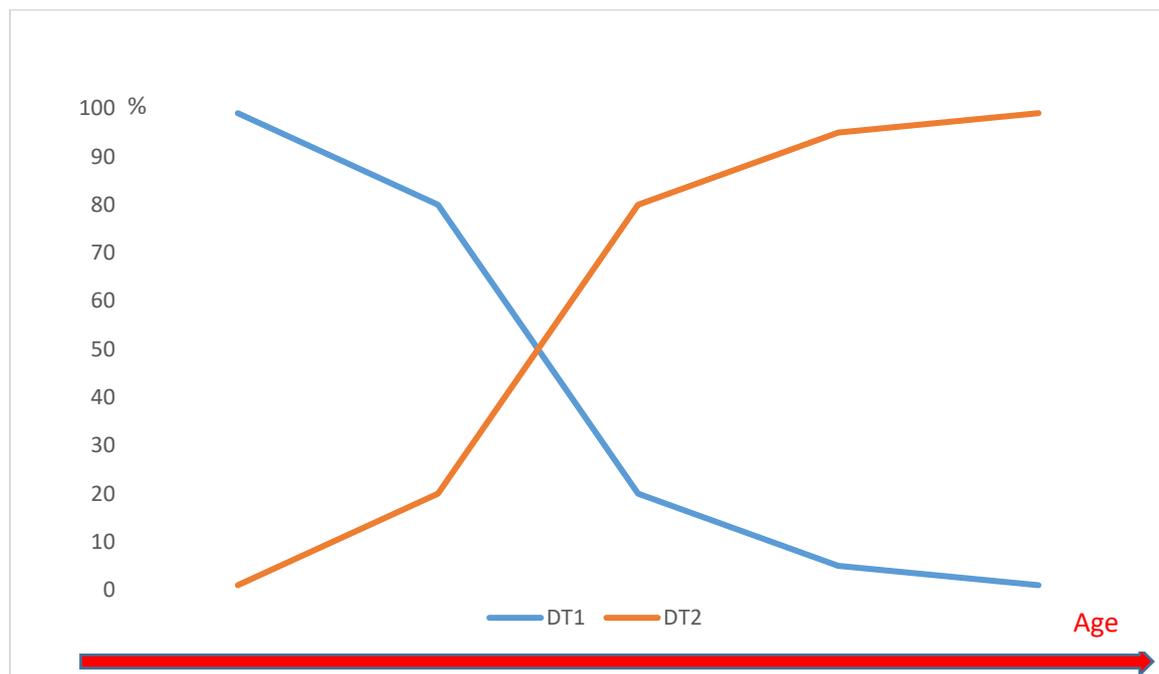
Nous avons établi un postulat pour définir un nouveau cas de diabète :

Une personne identifiée diabétique, à partir de l'algorithme, une année n mais non identifiée diabétique au cours des deux années $n-1$ et $n-2$ précédentes est considérée comme étant **un cas incident de diabète** l'année n .

2.2.4 Identification des cas de diabète de type 1 / diabète de type 2

Sur l'ensemble des cas de diabète traités pharmacologiquement, environ 92% sont des cas de DT2 et 6% des cas DT1. Néanmoins, cette répartition n'est pas stable quel que soit l'âge. Le DT2 reste rare chez les enfants en France atteints majoritairement de type 1 à l'exception de cas de diabète monogénique, secondaire... Chez les adultes de moins de 45 ans, la majorité sont des DT1 (92% des cas d'après Entred 2 (90) mais la fréquence diminue très vite avec l'âge. Chez les adultes de moins de 55 ans, 23% sont des cas de DT1 (91).

Figure 8. Schéma de répartition du DT1 et du DT2



DT1 : diabète de type 1 ; DT2 : diabète de type 2

Une approche empirique visant à améliorer la spécificité du DT1 ou du DT2 consiste à restreindre la population selon des critères d'âge. Ainsi, si on ne s'intéresse qu'au DT2 et qu'on souhaite maximiser la spécificité de l'algorithme pour identifier des cas de DT2, une restriction de la population aux personnes âgées de plus de 45 ans est une approche fréquemment utilisée.

Concernant le DT1, une restriction aux personnes âgées de moins de 45 ans améliorerait la spécificité de l'algorithme dans l'identification des cas de diabète de type 1. Toutefois, des variabilités peuvent exister selon les territoires ou le sexe. Une fréquence de DT2 plus élevée dans les populations jeunes peut être observée dans certains territoires, notamment en outre-mer (92) dans lesquels la prévalence de l'obésité serait plus élevée à un âge plus jeune et pour des raisons génétiques. De même, parmi les femmes, le diabète gestationnel vient impacter la sensibilité du DT1. Ainsi, cette approche par ciblage des populations sur un critère d'âge comporte des limites et des biais pour la surveillance épidémiologique du DT1.

2.2.4.1 Algorithme de typage du diabète

Plusieurs tentatives de développement d'un algorithme d'identification du DT1 ont été effectuées par différentes équipes de recherche. Ces algorithmes reposaient soit sur les diagnostics des ALD, soit sur les diagnostics renseignés dans le PMSI, soit sur les traitements médicamenteux. Ceux-ci n'ont pas aboutis du fait du manque de précision sur le type de diabète dans le codage des diagnostics dans les bases de données medico-administratives d'une part et d'autre part des nombreux cas particuliers dans les remboursements de traitements (interruption de remboursements de traitements, modifications de classes thérapeutiques...).

La cohorte Constances nous a offert l'opportunité de recourir à des techniques statistiques innovantes pour développer un algorithme de typage du diabète dans le SNDS. Une approche par une méthodologie Machine Learning avec un apprentissage supervisé (Supervised Machine Learning, SML) permet de s'affranchir d'hypothèses *a priori*. Ce développement a fait l'objet d'une thèse de recherche appliquée en épidémiologie – Santé publique de Sonsoles Fuentes que nous avons co-encadrée (93) et d'un article scientifique soumis à une revue internationale (94).

TITLE PAGE

Full title:

Development of type 1/type 2 diabetes classification algorithm through machine learning methods

Authors:

Sonsoles Fuentes¹, Rok Hrzic², Romana Haneef¹, Sofiane Kab³, Sandrine Fosse-Edorh^{*1} and

Emmanuel Cosson ^{*4,5}

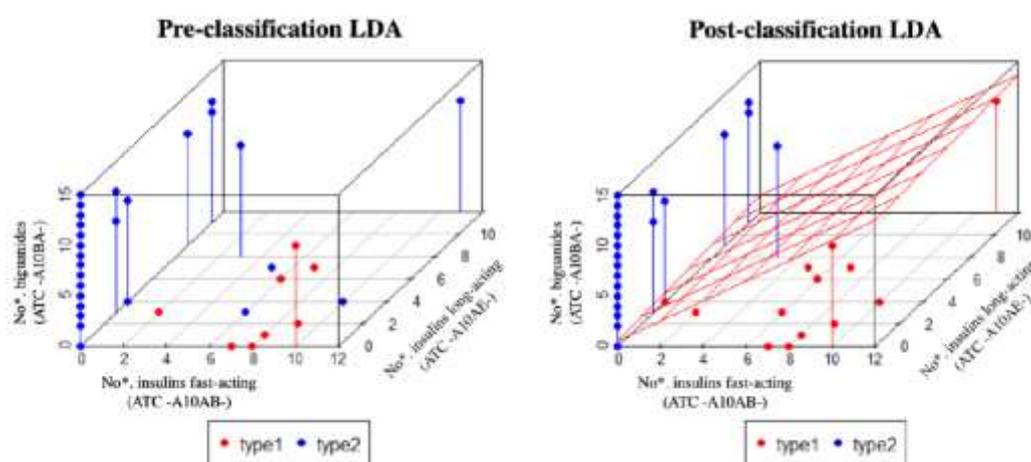
* E.C. and S.F-E. contributed equally to this work.



La cohorte Constances constituait une bonne opportunité pour effectuer ce développement car elle permet d'identifier le type de diabète à partir du recueil de données auto-déclarées et lors des examens de santé. Une fois identifiée, l'information sur le type de diabète peut être croisée avec les données extraites du SNDS.

La méthodologie développée est détaillée dans la thèse sus-mentionnée (93). Le résultat obtenu est une analyse linéaire discriminante basée sur le nombre de remboursements dans l'année précédente d'insuline à action rapide, d'insuline de longue durée et de biguanides, en cohérence avec les recommandations de prise en charge thérapeutique du diabète de la HAS (95). Son application sur les données de la cohorte Constances figure ci-dessous

Figure 9. Algorithme de typage du diabète



Extraite de Fuentes S. Thèse de doctorat en Santé publique – épidémiologie (93) – LDA : linear discriminant analysis ; ATC : anatomic therapeutic chemical

Cet algorithme présente des limites liées aux caractéristiques de la population de la cohorte Constances, sur laquelle repose son développement. En effet, la cohorte Constances n'inclut que des personnes âgées de 18 à 70 ans qui sont dans un état de santé plus favorable que celui de la population générale. Elles ont donc une faible probabilité d'avoir un DT2 sévère qui nécessiterait un recours à l'insuline et une contre-indication aux biguanides. De plus, même si le nombre de volontaires inclus dans cette cohorte est important, le nombre de personnes diabétiques reste faible. Une autre limite concerne sur la temporalité. Etant donné que cet algorithme repose sur les données de consommations de soins, tout changement important dans les consommations peut avoir un impact majeur sur le résultat obtenu. Or, la prise en charge à 100% des appareils de mesure du glucose interstitiel par les régimes d'assurance maladie, pour les personnes avec un traitement intensif

d'insuline, survenue en 2017, soit postérieure à la période sur laquelle repose le développement de cet algorithme, aurait probablement modifié la sélection des variables incluses dans l'algorithme final.

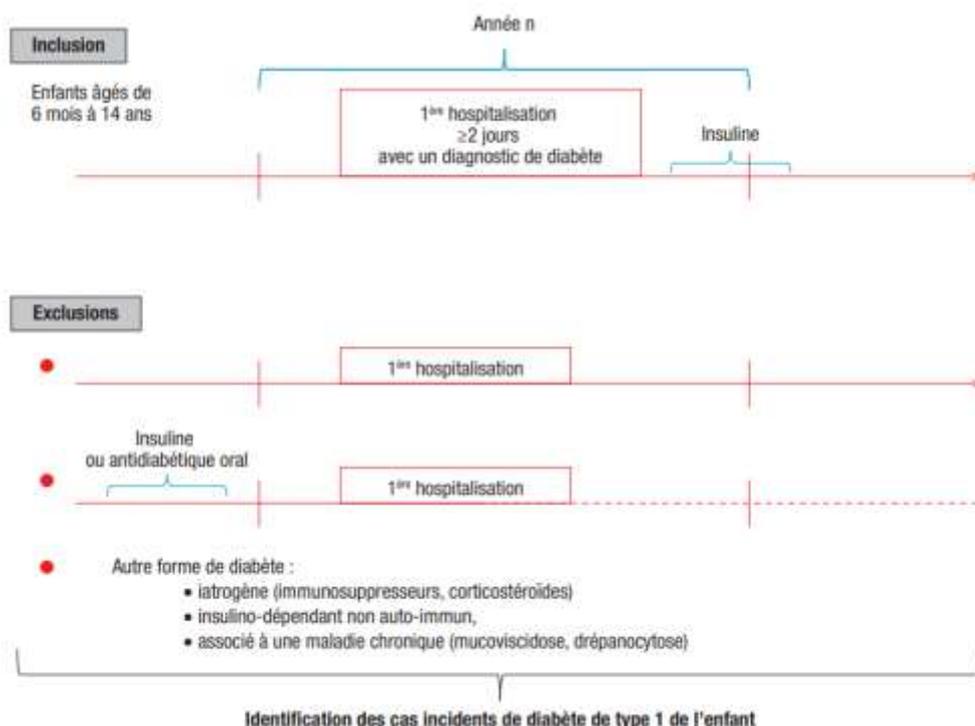
Cet algorithme est une première approche intéressante pour identifier les cas de DT1 dans le SNDS et nécessite d'être étendue à une population incluant des cas de DT2 plus sévères, plus âgés et sur une période plus récente.

2.2.5 Algorithme d'identification des nouveaux cas de DT1 de l'enfant dans le SNDS

Concernant l'identification des nouveaux cas de DT1 chez les enfants, une spécificité de la prise en charge française du DT1 de l'enfant nous a permis de développer un algorithme spécifique d'identification des nouveaux cas de DT1. En effet, en France, les recommandations de la HAS préconisent que tout nouveau cas de DT1 chez un enfant fait l'objet d'une hospitalisation (96) afin d'initier le traitement et de mettre en place l'éducation thérapeutique chez l'enfant et sa famille.

Le développement de cet algorithme a fait l'objet de la thèse d'exercice de médecine de Clara Piffaretti que nous avons co-encadré (97). L'algorithme développé est décrit dans la figure ci-dessous. Un nouveau cas de DT1 de l'enfant est identifié à partir d'une première hospitalisation de plus de 2 jours chez un enfant avec un diagnostic de diabète suivi d'un remboursement d'insuline dans les 12 mois et non précédé d'un remboursement d'insuline.

Figure 10. Description de l'algorithme d'identification des nouveaux cas de DT1 de l'enfant



Extraite de Piffaretti C, Thèse de doctorat en médecine (97)

2.2.6 Estimation des taux de prévalence et d'incidence

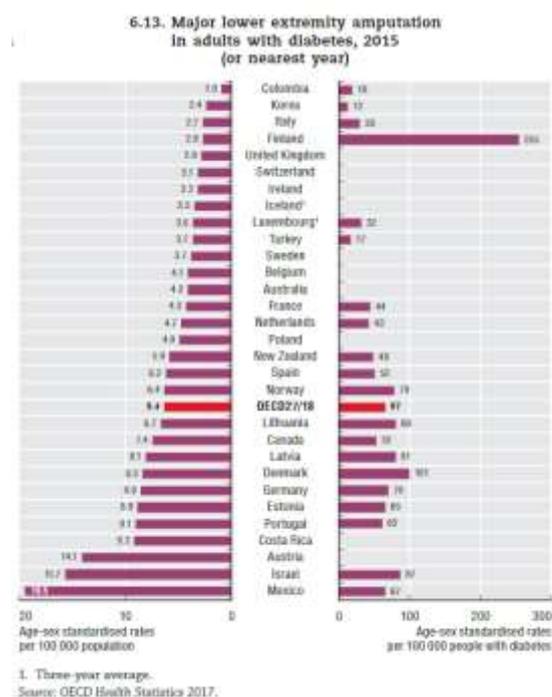
Une fois les cas de diabète identifiés, la quasi exhaustivité des données du SNDS permet d'estimer les taux de prévalence et d'incidence d'une année n en rapportant respectivement le nombre de cas (pour la prévalence) ou le nombre de nouveaux cas (pour l'incidence) à la population Insee moyenne des années n et $n+1$. Les taux déclinés selon certaines caractéristiques variant selon l'âge, sont standardisés selon la structure d'âge de la population européenne Eurostat (98).

2.2.7 Les études de morbi-mortalité liée au diabète

2.2.7.1 Les données d'hospitalisation

Les bases de données médico-administratives et notamment les données d'hospitalisation représentent une source intéressante pour étudier la morbidité liée au diabète. En effet, les complications du diabète ont des conséquences graves qui nécessitent un recours à une hospitalisation [infarctus du myocarde (IDM), accident vasculaire cérébral (AVC), amputation de membre inférieure (AMI), insuffisance rénale chronique terminale (IRCT), par exemple]. Une surveillance de la morbidité liée au diabète reposant sur les données d'hospitalisation s'est développée dans de nombreux pays (15). L'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) a également organisé un recueil de l'incidence des AMI chez les personnes diabétiques dans les pays membres. Ce recueil est basé sur une méthodologie homogène reposant sur les données d'hospitalisation (99) auquel la France a pu contribuer grâce aux données du PMSI.

Figure 11. Recueil de l'incidence des amputations majeures de membres inférieurs chez les personnes diabétiques en 2015 dans les pays de l'Organisation de coopération et de développement économique



Extraite de OCDE Health at a glance, 2017 (99)

Néanmoins, une limite majeure, à laquelle est fréquemment confrontée le recueil de la morbidité dans les bases de données médico-administratives, réside dans la sous-déclaration du diabète (100). En effet, le diagnostic de diabète est souvent manquant dans ces bases de données à visée médico-économique.

En France, pour limiter ce biais de recueil dans l'exploitation des données du PMSI avant la mise en oeuvre du SNDS et l'appariement aux données de consommation de soins, une méthodologie spécifique a été mise en oeuvre. Il s'agissait de rechercher un diagnostic principal ou associé de diabète (code CIM-10 : E10-E14) dans l'ensemble des séjours hospitaliers précédents le séjour pour AMI et de ne pas se limiter à la recherche d'un diagnostic de diabète mentionné uniquement lors du séjour pour AMI, comme l'illustre la figure suivante.

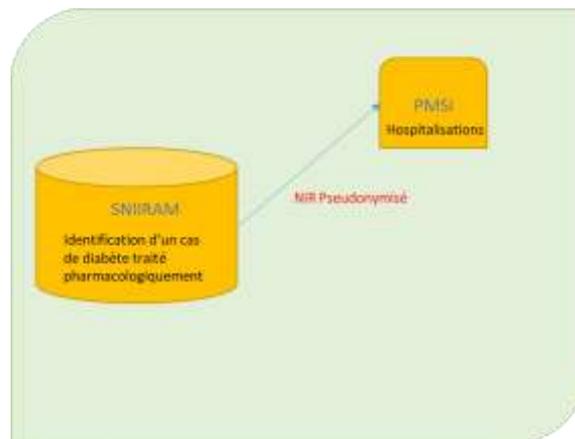
Figure 12. Méthodologie mise en oeuvre pour améliorer l'identification des cas de diabète dans le PMSI avant la mise en oeuvre du SNDS



En 2003, cette méthodologie a permis d'attribuer 14% de séjours supplémentaires à des cas de diabète (101). Toutefois, même si cela permettait d'améliorer la sensibilité de l'identification des cas de diabète associés à une AMI dans le PMSI, il est probable que l'incidence restait sous-estimée.

La possibilité de chaîner les BDMA entre elles offerte par le SNDS a permis de contourner cette limite majeure. Ainsi, les personnes diabétiques peuvent être repérées à partir de l'algorithme d'identification des cas de diabète dans le SNIRAM, à partir de leurs remboursements de traitements antidiabétiques, puis leurs hospitalisations sont étudiées dans le PMSI.

Figure 13. Repérage des cas de diabète dans le SNDS en vue des études de morbidité



Cette approche a été utilisée pour estimer l'incidence des complications podologiques et cardio-neurovasculaires du diabète en 2013 et publiée pour la première fois dans un numéro thématique du BEH en 2015 (102-104), dont le sommaire figure ci-dessous.

Figure 14. Sommaire du BEH thématique diabète – Suivi du diabète et poids de ses complications sévères en France, novembre 2015

JOURNÉE MONDIALE DU DIABÈTE 2015. SUIVI DU DIABÈTE ET POIDS DE SES COMPLICATIONS SÈVÈRES EN FRANCE N° 34-35 - 10 novembre 2015
 WORLD DIABETES DAY 2015. DIABETES FOLLOW-UP AND BURDEN OF ITS SEVERE COMPLICATIONS, IN FRANCE. Télécharger le numéro PDF

SOMMAIRE // Contents

<p>ÉDITORIAL // Editorial Complications sévères du diabète et suivi des examens recommandés en France : progrès, insuffisances et disparités // Severe complications of diabetes and adherence to recommended care guidelines in France : progress, gaps and disparities Jacques Bringer Faculté de médecine et CHU de Montpellier</p>	<p>ARTICLE // Article Le poids des complications liées au diabète en France en 2013. Synthèse et perspectives // The burden of diabetes-related complications in France in 2013. Summary and perspectives Sandrine Fosse-Edorh et coll. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France</p>
<p>ARTICLE // Article Les hospitalisations pour infarctus du myocarde ou accident vasculaire cérébral chez les personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France en 2013 // Hospitalizations for acute myocardial infarction or stroke in people pharmacologically treated for diabetes in France in 2013 Sandrine Fosse-Edorh et coll. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France</p>	<p>ARTICLE // Article Incidence de l'insuffisance rénale chronique terminale traitée chez les personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France en 2013 // Incidence of end-stage renal disease on renal replacement therapy among diabetic patients in France in 2013 Cécile Couchoud et coll. Agence de la biomédecine, Saint-Denis La Plaine, France</p>
<p>ARTICLE // Article Les hospitalisations pour complications podologiques chez les personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France en 2013 // Hospitalization for podiatric complications in people pharmacologically treated for diabetes in France in 2013 Sandrine Fosse-Edorh et coll. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France</p>	<p>ARTICLE // Article Suivi des examens recommandés dans la surveillance du diabète en France en 2013 // Adherence to diabetes care guidelines in France in 2013 Sandrine Fosse-Edorh et coll. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France</p>

L'actualisation de ces indicateurs pour l'année 2016 a, par la suite, était publiée sous forme de synthèse (105). Celle-ci incluait également une estimation du taux d'incidence de l'IRCT pour l'année 2016, basée sur la même méthodologie.

Figure 15. Première page de la synthèse épidémiologique intitulée Le poids du diabète en France. Synthèse épidémiologique parue en novembre 2018



2.2.7.2 Estimation des taux d'incidence des hospitalisations liées à une complication du diabète

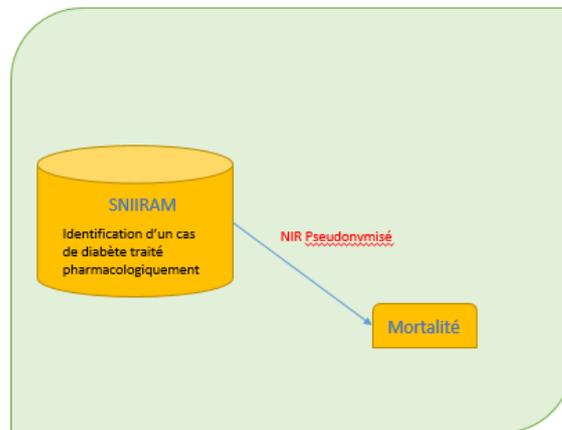
Les taux d'incidence des hospitalisations liées à une complication du diabète sont calculés en rapportant le nombre de personnes identifiées comme traitées pharmacologiquement pour un diabète et hospitalisées au cours d'une année n à l'effectif de la population traitée pharmacologiquement pour un diabète. Lorsque les taux d'incidence sont déclinés selon des caractéristiques qui peuvent varier en fonction de l'âge, ils sont standardisés sur la structure d'âge de la population européenne Eurostat (98), chez les personnes âgées de 45 ans et plus.

2.2.7.3 Les données de mortalité

La limite relative à la sous-déclaration du diabète dans les données d'hospitalisation est retrouvée également dans les données de mortalité, sous-estimant les taux de mortalité liée au diabète obtenus à partir de l'exploitation des certificats de décès. Cette sous-déclaration a été documentée à partir du suivi de mortalité de l'étude Entred 1. Ce suivi a montré que, même pour un décès lié à une complication spécifique du diabète (IRCT, IDM ou AVC), le diabète n'est mentionné que dans 47% des cas (106) alors que le diabète ne peut être écarté du processus morbide ayant conduit au décès. Une analyse des données de mortalité sous-estime donc fortement la mortalité liée au diabète. Toutefois, depuis 2017, l'appariement des causes de mortalité et du SNIIRAM offre de nouvelles perspectives pour l'étude de la mortalité liée au diabète. En effet, il est ainsi possible d'identifier une personne traitée pharmacologiquement pour un diabète indépendamment de la mention du diabète dans les

causes de décès et de relier le décès au diabète lorsque la cause ayant entraîné ce décès est une complication du diabète (AVC, IDM, IRCT).

Figure 16. Repérage des cas de diabète dans le SNDS en vue des études de mortalité



2.3 Les enquêtes en population spécifique : Entred

Il a été mentionné dans les paragraphes précédents que des informations essentielles faisaient défaut dans les bases de données médico-administratives. Il s'agit des caractéristiques socio-économiques, des facteurs de risque, des données de laboratoire, des motifs de consultations, des traitements (tableau 7 du paragraphe 2.2.1). Ce défaut d'informations n'est pas spécifique aux besoins de surveillance épidémiologique mais est largement partagé, par exemple dans les études médico-économiques ou pharmaco-épidémiologiques.

Un dispositif de recueil de ces informations à partir d'enquêtes transversales répétées adossées aux bases de données médico-administratives a été mis en œuvre auprès de personnes diabétiques dans le cadre d'un partenariat institutionnel associant Santé publique France à la Cnam, le RSI (devenu la Sécurité sociale des indépendants [SSI] avant d'être rattaché à la Cnam), la HAS et l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM). Il s'agit des enquêtes Entred portant sur des échantillons de personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète. Trois éditions d'Entred ont été mises en œuvre : Entred 1 en 2001, Entred 2 en 2007 et Entred 3 en 2019.

2.3.1 Objectifs généraux

Les études Entred visent à répondre aux besoins d'information en santé publique des parties prenantes dans le domaine du diabète. Les objectifs principaux sont de :

- Décrire et étudier les évolutions :
 - des caractéristiques des personnes diabétiques traitées pharmacologiquement, notamment leur niveau socio-économique ;

- de l'état de santé lié au diabète ;
 - du coût des soins ;
 - du parcours de soins, y compris les démarches éducatives ;
 - de la qualité des soins ;
 - de la qualité de vie ;
 - de la mortalité par cause spécifique.
- Mettre des populations de référence à disposition de la communauté scientifique et notamment des programmes de santé, afin de pouvoir effectuer des comparaisons à visée d'évaluations.

2.3.2 Méthodologie générale

Les éditions d'Entred reposent sur un même socle méthodologique afin de garantir l'étude des tendances temporelles. Toutefois, la méthodologie n'a cessé d'évoluer afin de bénéficier des améliorations liées à l'état des connaissances et à l'évolution des outils de recueil d'informations.

Le principe général est de sélectionner aléatoirement un échantillon de personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète dans les bases de consommation de soins et de recueillir des informations par questionnaire auprès de ces personnes et de leurs médecins. Celles-ci viennent compléter les données médico-administratives extraites qui constituent une cohorte passive.

2.3.2.1 Populations cibles

La population cible d'Entred 1 était les adultes résidant en France métropolitaine bénéficiaires du RG *stricto sensu*, puis elle a été étendue dans Entred 2 aux bénéficiaires du RSI et aux résidents des DROM et enfin, Entred 3 a également intégré les bénéficiaires des SLM info-gérées.

2.3.2.2 Taille des échantillons

Le calcul de la taille des échantillons sont décrits dans les protocoles de chaque édition d'enquête (annexe 1) et dans le rapport méthodologique d'Entred 2 (107). Brièvement, il reposait sur des hypothèses de taux de participation aux enquêtes auprès des personnes diabétiques et de leur médecin et sur une estimation de la précision des indicateurs.

Pour exemple, dans Entred 3, avec un échantillon de 8 000 personnes diabétiques adultes en métropole et un taux de participation de 50% aux deux enquêtes successives auprès des patients et des médecins, soit des effectifs de répondants de 4 000 patients et 2 000 médecins, pour un indicateur dont la fréquence est estimée à 50 % (scénario le plus défavorable), l'estimation de l'intervalle de confiance à 95 % est de :

- [48,4 %-51,6 %] pour un N=4000 patients;
- [47,8 % -52,2 %] pour un N=2000 médecins ;

- [46,3 %-53,7 %] pour un N=700, basé sur une prévalence des complications coronariennes estimée à 17,3 % dans Entred 2.

Par ailleurs, la SSI souhaitait que les personnes diabétiques de chacune de ses grandes catégories professionnelles (artisans, commerçants, professions libérales) soient représentées par au moins 300 personnes. Un sur-échantillonnage a donc été effectué au sein de ces 3 grandes catégories professionnelles pour atteindre cet effectif minimal dans Entred 2 et Entred 3.

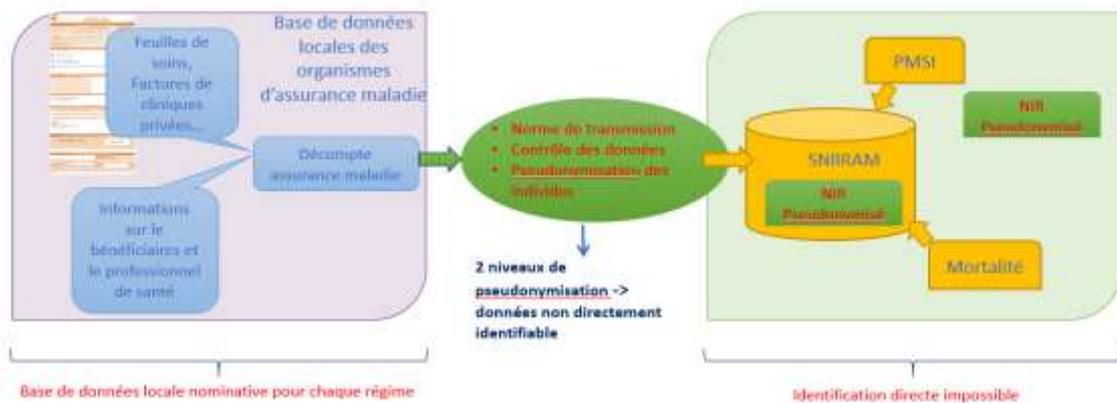
D'autres sur-échantillonnages ont été mis en œuvre dans Entred 3 afin de disposer de sous-échantillons d'effectif suffisant pour une étude de leurs spécificités (personnes âgées de plus de 45 ans sous insuline et les résidents des DROM). Le calcul de la taille de ces sur-échantillons a également reposé sur une méthode de précision acceptable. En outre, le sur-échantillonnage des personnes résidant dans les DROM a également été basé sur un calcul de puissance nécessaire pour mettre en évidence une différence significative entre les indicateurs estimés en métropole et dans les DROM. Par exemple, il a été estimé que 600 personnes par groupe étaient nécessaires afin de mettre en évidence une différence significative entre la prévalence de l'obésité estimée chez les personnes diabétiques de type 2 résidant dans les DROM et celle des personnes résidant en métropole (prévalence estimée à 41 % en métropole et 32 % dans les DROM dans Entred 2) avec un risque alpha de 5 % et une puissance de 90 %. Un effectif de 390 personnes par groupe était nécessaire pour mettre en évidence une différence statistiquement significative de prévalence des complications coronariennes estimées dans Entred 2 à 17 % pour la métropole et 9,4 % dans les DROM, avec un risque alpha de 5 % et une puissance de 90 %.

Entred 1 a ainsi inclus 10 000 personnes, 9 000 personnes dans Entred 2 et 13 000 personnes dans Entred 3.

2.3.2.3 Constitution des échantillons

Comme décrit précédemment, un algorithme d'identification de personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète dans le SNDS est disponible et validé. Pour rappel, il est défini sur la base de remboursements de traitements antidiabétiques (classe A10 de la classification ATC à l'exception du benfluorex) à au moins trois dates différentes au cours des douze derniers mois (ou deux dates en cas d'au moins un grand conditionnement). Il est donc aisé de sélectionner un échantillon aléatoire de personnes traitées pharmacologiquement dans le SNDS. Toutefois, le SNDS comme l'ensemble des bases de données médico-administratives sont pseudonymisées rendant impossible l'identification d'un individu et donc toute extraction de son adresse postale pour lui adresser un questionnaire. La constitution de l'échantillon ne peut donc être réalisée qu'en amont de la pseudonymisation, c'est-à-dire au niveau local tel que décrit dans la figure ci-dessous adaptée de Tuppin et al, RESP 2017 (83).

Figure 17. Pseudonymisation des données de consommation de soins

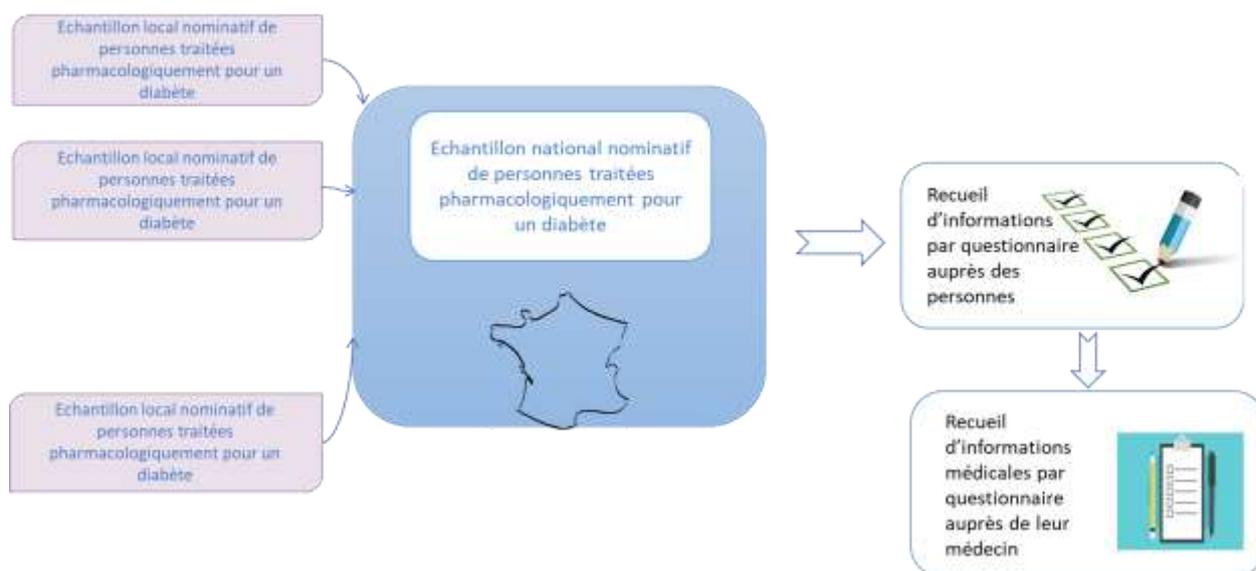


Adaptée de Tuppin et al, RESP 2017 (83)

L'échantillon national repose donc sur la fusion de sous-échantillons locaux. Ceux-ci sont réalisés par les caisses locales d'assurance maladie à partir de l'exécution d'une même requête informatique garantissant un processus identique dans chaque caisse. Cette requête est basée sur la sélection de clefs matriculaires, c'est-à-dire les deux derniers chiffres du NIR, comprises entre 01 et 97. Il s'agit du reste de la division par 97 des chiffres précédents du NIR. Cette clef matriculaire est considérée comme étant aléatoire. Un échantillonnage basé sur la sélection d'une ou plusieurs de ces clefs n'entraîne donc pas de biais. Les clefs utilisées dans les précédentes éditions étaient supprimées de la sélection afin de garantir l'indépendance des échantillons pour chaque édition. De même, les clefs utilisées pour la sélection des personnes diabétiques devaient être distinctes d'un régime à l'autre afin de ne pas sélectionner de personnes bénéficiaires des deux régimes. Enfin, des restrictions aléatoires simples étaient effectuées afin d'obtenir l'effectif attendu.

La figure ci-dessous résume le processus général mis en œuvre.

Figure 18. Constitution de l'échantillon national d'Entred



2.3.2.4 Schéma d'étude

Chaque personne incluse dans l'échantillon d'étude était informée par l'assurance maladie de sa sélection dans Entred et du transfert de ses données vers Santé publique France. Elle pouvait s'y opposer par retour d'un coupon-réponse. En l'absence de refus, s'enchaînaient quatre enquêtes, les unes après les autres :

1. une enquête téléphonique brève (réalisée par l'Assurance maladie) ;
2. une enquête par auto-questionnaire (postal ou électronique) détaillée auprès des personnes diabétiques et recueil des coordonnées des médecins ;
3. une enquête par auto-questionnaire (postal ou électronique) détaillée auprès des médecins-soignants des personnes diabétiques (réalisée par Santé publique France) ;
4. une extraction des données médico-administratives (consommations de soins, données d'hospitalisation, données de mortalité).

Les schémas d'études détaillés sont décrits dans les protocoles des trois éditions d'Entred (le protocole d'Entred 3 figure en annexe 1) et dans le rapport méthodologique d'Entred 2 (107).

2.3.2.5 Méthodes d'analyse

Les indicateurs sont estimés à partir de données pondérées tenant compte du plan de sondage complexe et de la non-participation. La constitution de la base de sondage issue des données de l'assurance maladie permet de disposer de données auxiliaires sur l'ensemble de l'échantillon tiré au sort. Ainsi, il est possible de décrire le profil des personnes n'ayant pas participé à l'enquête et de tenir

compte de leurs caractéristiques pour pondérer les estimations afin de limiter les biais de sélection (107, 108).

De façon générale, les résultats univariés sont présentés sous forme de moyennes ou fréquences avec leurs intervalles de confiance à 95 % associés. Des modèles multivariés de régression logistique ont été développés pour étudier les déterminants de certains indicateurs. Les résultats sont présentés sous forme d'odds ratios et de leurs intervalles de confiance à 95 %.

Plus spécifiquement, l'évolution de la mortalité entre les deux périodes relatives au suivi de 5 ans des deux cohortes Entred 1 et 2, c'est à dire sur les périodes 2002-2007 et 2007-2012, a été étudiée à partir d'une estimation de CMF (*Comparative Mortality Figure*) rapportant les taux de décès standardisés¹⁴ au cours des deux périodes. L'évolution la surmortalité des personnes diabétiques par rapport à la population générale a été effectuée à l'aide de SMR (*Standardized Mortality Ratio*). Le nombre attendu de décès a été calculé en utilisant les taux de mortalité de France métropolitaine par sexe, âge en classes quinquennales et année calendaire.

2.3.3 Les spécificités d'Entred 3

2.3.3.1 Nouveaux objectifs

Les spécificités d'Entred 3 résident dans l'étude approfondie de certaines populations, trop peu représentées dans les éditions précédentes et dans les études en général :

- personnes diabétiques de type 1 ;
- personnes diabétiques résidant dans les DROM (Guyane, île de la Réunion, Martinique, Guadeloupe).

Par ailleurs, les nouvelles thématiques suivantes ont été introduites dans Entred 3 :

- la littératie en santé ;
- les nouveaux dispositifs, les outils connectés ;
- les connaissances, perceptions et comportements par rapport aux habitudes alimentaires, à l'activité physique ;
- la fragilité ;
- les complications aiguës : hypoglycémies et recours aux services de soins ;
- les stratégies thérapeutiques ;

¹⁴ Standardisation effectuée par la méthode directe selon la structure d'âge de la population européenne Eurostat (2010)

- le retentissement professionnel, familial, social.

2.3.3.2 *Sur-échantillonnages*

Des sur-échantillonnages ont été réalisés pour répondre à l'objectif d'approfondissement de l'étude des personnes :

- **diabétiques de type 1.** La plus faible prévalence du diabète de type 1 a conduit, en l'absence de sur-échantillonnage, à inclure seulement 275 personnes DT1 dans Entred 2. Ainsi, afin d'avoir un échantillon d'un effectif suffisant pour approfondir son étude, et en absence d'un algorithme d'identification du diabète de type 1, 1 000 personnes âgées de moins de 45 ans et traitées par insuline ont été sélectionnées en complément.
- **diabétiques résidant dans les DROM** (Guyane, île de la Réunion, Martinique, Guadeloupe). Même si la prévalence du diabète est très élevée dans ces territoires, le nombre de personnes diabétiques reste peu élevé à l'échelle de la France entière. Dans Entred 2, en l'absence de sur-échantillonnage, 855 personnes résidant dans les DROM avaient été incluses dans l'enquête et 294 avaient participé pour les 4 territoires cumulés. Dans Entred 3, un sur-échantillonnage de 4 000 personnes (1 000 par territoire a été effectué).

2.3.3.3 *Schéma d'enquêtes en Outre-mer*

Au-delà du sur-échantillonnage nécessaire dans les DROM, le schéma d'enquête nécessitait des adaptations. En effet, afin d'éviter des biais de participation, il était indispensable que les questionnaires soient accessibles à tous, quelles que soient leurs caractéristiques. La première limite concernait l'auto-questionnaire qui n'était disponible qu'en français et non traduisible en créole qui est d'une part, une langue parlée et d'autre part est nuancé selon les territoires. Par ailleurs, il aurait été nécessaire de recueillir, au préalable, la préférence de la personne pour participer dans une langue. Cette option a donc très rapidement été écartée au profit d'une seconde option qui était de proposer un questionnaire téléphonique administré par des enquêteurs créolophones. Une étude pilote a été réalisée pour tester cette option. Le principal obstacle rencontré était le recueil du numéro de téléphone, peu fréquemment disponible dans la base de sondage. Le participant était invité à le renvoyer par voie postale. Nous avons été confronté à un faible taux de retour (environ 10%) rendant impossible le choix de cette option. Toutefois, cette enquête pilote a permis de tester la faisabilité de l'administration du questionnaire par téléphone et sa durée de passation. Malgré la longueur du questionnaire dont la passation était estimée à plus d'une heure, le questionnaire était bien accepté et quelques remontées ont permis d'améliorer sa fluidité en modifiant l'ordre des questions. Enfin, l'option d'une administration des questionnaires en face à face, écartée d'emblée pour des raisons budgétaires, a été proposée et retenue après l'obtention d'un budget complémentaire.

Les questionnaires ont été revu par des experts locaux afin de les adapter aux spécificités du diabète dans ces territoires. Aucune question posée en métropole n'a été écartée et quelques questions complémentaires ont été ajoutées telles que le recours aux médicaments alternatifs.

Par ailleurs, nous avons cherché à ce que les résidents des DROM s'approprient cette enquête. Nous avons donc développé des plaquettes d'information spécifiques pour chaque territoire et, par exemple, nous avons eu recours à un numéro de hotline indexé avec le préfixe local.

Figure 19. Plaquettes d'information pour les participants à Entred 3 dans les DROM



Concernant l'enquête auprès des médecins, il a été décidé d'avoir recours au même matériel d'étude qu'en métropole.

2.3.3.4 Enquêtes multi-modes

Depuis quelques années, le développement des outils Web a facilité le recueil d'information en réduisant les coûts, les délais de recueil de l'information et de mise à disposition des résultats. Le recueil par internet dans les enquêtes est donc devenu le mode privilégié. Toutefois, l'âge moyen élevé des personnes diabétiques de type 2 et les inégalités socio-économiques fréquentes au sein de cette population augmentaient le risque de biais de participation au profit de personnes plus jeunes et d'un statut socio-économique plus favorable. A l'inverse, ne pas offrir la possibilité aux personnes qui le souhaitent de participer par internet n'était pas envisageable. Il a donc été décidé de développer un recueil multimode. Ainsi, un recours à trois modes de recueil a été proposé aux personnes diabétiques en métropole (téléphone, web, papier), deux en Outre-mer (face à face, web) et deux auprès des médecins (papier, Web).

Durant le terrain d'enquête, afin de s'adapter aux différentes contraintes liées à la Covid-19, il a été nécessaire d'avoir recours à un recueil par téléphone auprès des personnes diabétiques en Outre-mer et auprès des médecins en métropole et en Outre-mer.

2.3.3.5 *Extraction de données du SNDS*

Les études Entred ont été pionnières dans les enquêtes appariées aux données médico-administratives. En effet, dès 2001, avant même l'existence du SNIIRAM, les données d'enquête d'Entred 1 ont été appariées aux données de consommation de soins. Cette démarche était toutefois extrêmement lourde car cela nécessitait d'effectuer les extractions au niveau local puis de les fusionner pour constituer une base nationale. Des extractions ont été effectuées pour l'année précédant le tirage au sort et répétées les deux années suivantes. La lourdeur de la procédure ne permettait pas de prolonger le suivi de cette cohorte passive. Pour Entred 2, en 2007, la même démarche a été réalisée et un appariement supplémentaire a pu être effectué avec la base de données nationale du PMSI.

En outre, les données de mortalité avaient dû être extraites à partir d'une procédure en deux temps :

- 1/ extraction du statut vital auprès du RNIPP géré par l'INSEE ;
- 2/ extraction des causes de décès auprès du CépiDC pour les personnes décédées.

Au-delà de la lourdeur de ce protocole, il s'agissait d'appariements probabilistes ne garantissant pas l'exhaustivité du recueil de l'information.

Dans Entred 3, le SNDS a facilité la démarche d'extraction. Elle repose sur un appariement à partir du NIR. Ainsi, le suivi de la cohorte passive a pu être prolongé sur 20 ans (10 ans en rétrospectif et 10 ans en prospectif) et porte sur l'ensemble des données du SNDS (SNIIRAM, PMSI et causes médicales de décès).

2.3.3.6 *Prise en compte des caractéristiques socio-économiques dans la pondération*

La méthodologie d'Entred permet d'extraire des données auxiliaires très riches, c'est à dire des informations issues de la base de sondage, disponibles pour l'ensemble des personnes sélectionnées dans l'échantillon, qu'elles participent ou pas. Ainsi, à partir des requêtes exécutées au niveau des caisses locales d'assurance maladie, il a été possible d'extraire le sexe, l'âge, les traitements antidiabétiques. En outre, le pays de naissance a été extrait du NIR et l'adresse postale a été géocodée au niveau de l'îlot regroupé pour l'information statistique¹⁵ (IRIS) permettant d'y associer un indice de désavantage social, proxy d'un indicateur de niveau socio-économique. Ces informations auxiliaires

¹⁵ IRIS : îlot regroupé pour l'information statistique, maille élémentaire d'environ 2 000 habitants. L'IRIS constitue la brique de base en matière de diffusion de données infra-communales. Il doit respecter des critères géographiques et démographiques et avoir des contours identifiables sans ambiguïté et stables dans le temps. Les communes d'au moins 10 000 habitants et une forte proportion des communes de 5 000 à 10 000 habitants sont découpées en IRIS. Ce découpage constitue une partition de leur territoire. La France compte environ 16 100 IRIS dont 650 dans les DOM. <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1523>

permettent de comparer le profil des participants aux questionnaires à celui des non participants et de tenir compte de ces profils dans le développement des jeux de pondération.

Dans Entred 2, le jeu de pondération développé prenait déjà en compte des informations auxiliaires (sexe, âge, traitement antidiabétique), mais aucune caractéristique socio-économique n'était disponible alors que le statut socio-économique est un déterminant important de la participation à une enquête et de l'état de santé et de la prise en charge des personnes diabétiques. Des analyses avaient mis en évidence cette limite d'Entred 2 (107), sans qu'elle ait pu être corrigée. Pour Entred 3, le recueil complémentaire du pays de naissance et de l'IRIS de résidence permet de tenir compte de cette limite et d'améliorer les estimations des indicateurs.

2.3.3.7 Enquête qualitative

Au-delà de la richesse du recueil de données quantitatives, le design d'Entred permet la mise en œuvre d'enquêtes ancillaires qualitatives permettant d'approfondir des thématiques spécifiques. Le sujet des connaissances, perceptions et comportements par rapport aux habitudes alimentaires, à l'activité physique est un objectif d'Entred 3 mais est difficile à aborder dans un recueil par questionnaire standardisé dans une approche quantitative. Une enquête qualitative a donc été mise en œuvre pour aborder de façon générale les difficultés liées à la gestion de la maladie. La finalité de cette étude qualitative est de reconstituer des trajectoires de personnes diabétiques permettant de comprendre ce qui les a conduits à améliorer la gestion de leur maladie, en fonction de leurs ressources personnelles et des ressources accessibles dans leur environnement. Les dimensions liées à l'alimentation et à l'activité physique y sont abordées spécifiquement et leur expérience d'accès aux ressources leur permettant de gérer leur vie avec la maladie. Cette enquête fait l'objet d'un partenariat dans le cadre d'une convention de recherche et développement avec l'Irdes et le Laboratoire Icare de l'Université de la Réunion. Un échantillon d'une cinquantaine de personnes ayant participé à Entred 3 en métropole et n'ayant pas refusé d'être recontactées pour d'autres enquêtes sur le diabète a été inclus pour participer à ce recueil d'informations par entretien semi-directif. Par ailleurs, l'obtention d'un financement spécifique de l'Agence régionale de santé (ARS) de la Réunion a permis de conduire une étude similaire auprès de 25 personnes ayant participé à Entred 3 et résidant à la Réunion.

2.4 Synthèse – Chronologie des développements méthodologiques

En synthèse, la frise figurant dans le figure ci-dessous décrit la chronologie des développements méthodologiques mis en œuvre pour développer le système de surveillance du diabète.

Figure 20. Chronologie des développements méthodologiques



3 Surveillance de la dynamique de la pathologie (prévalence, incidence, mortalité)

3.1 Prévalence

3.1.1 Prévalence du diabète total

Le taux de prévalence du diabète total, qu'il soit diagnostiqué ou non diagnostiqué a pu être estimé grâce à des enquêtes en population générale. En métropole, les dernières données disponibles proviennent de l'enquête Esteban. En 2014-2016, parmi les personnes âgées de 18 à 74 ans, résidant en France métropolitaine, le taux de prévalence du diabète total était estimé à 7,4 % [5,9–8,9], incluant 1,7 % [1,1–2,4] de cas de diabète non diagnostiqués, découverts pendant l'enquête. Le taux de prévalence du diabète diagnostiqué et non traité pharmacologiquement était de 1,2 % [0,6–1,9] et celui du diabète traité pharmacologiquement de 4,5 % [3,2–5,7]. Ainsi, 79 % des cas de diabète diagnostiqués étaient traités pharmacologiquement.

En outre, cette étude a permis d'estimer la prévalence du prédiabète à 9,9 % [8,3–11,5] selon les critères de l'OMS.

Quel que soit le statut glycémique, les taux de prévalence étaient plus élevés chez les hommes que chez les femmes. Ces résultats sont publiés dans un article court dans la revue Diabetes research and clinical practices (109).



Brief Report

Prevalence of prediabetes and undiagnosed type 2 diabetes in France: Results from the national survey ESTEBAN, 2014–2016



Grégory Lailier^a, Clara Piffaretti^a, Sonsoles Fuentes^a, Hadja Djessira Nabe^a, Amivi Oleko^b, Emmanuel Cosson^{c,d}, Sandrine Fosse-Edorh^{a,*}

Une limite importante de cette étude réside dans la taille de l'échantillon (2 270 personnes) qui ne permet pas d'estimer des déclinaisons des taux de prévalence avec une bonne précision. Ainsi, cet article ne présente que les taux de prévalence selon le sexe. Les déclinaisons par sexe et âge, qui sont d'intérêt, souffrent d'un manque de précision dû au faible nombre de cas (Tableau 8).

Tableau 8. Taux de prévalence du diabète diagnostiqué selon le sexe et l'âge – France métropolitaine – Esteban 2014-2016

Âge (ans)	Hommes		Femmes	
18-54 (N=1 238)	N=15	3,7% (1,4 ; 6,0)	N=8	2,0% (0,4 ; 3,5)
55-64 (N=584)	N=31	3,7% (7,8 ; 19,7)	N=14	6,7% (2,3 ; 11,0)
65-74 (N=448)	N=28	17,4% (9,5 ; 25,3)	N=13	6,6% (2,3 ; 10,9)
Total (N=2 270)	N=74	7,9% (5,6 ; 10,2)	N=35	3,7% (2,2 ; 5,3)

Les données d'inclusion de la cohorte Constances pour les années 2013-2014 ont également été analysées avec le même objectif. Cette étude portait également sur la France métropolitaine mais sur une population d'un effectif beaucoup plus important (25 137 personnes âgées de 18 à 69 ans incluses en 2013-2014) permettant de décliner les résultats selon certaines caractéristiques ou facteurs de risque. Les taux de prévalence selon l'âge, le sexe et la corpulence sont décrits dans le tableau ci-dessous.

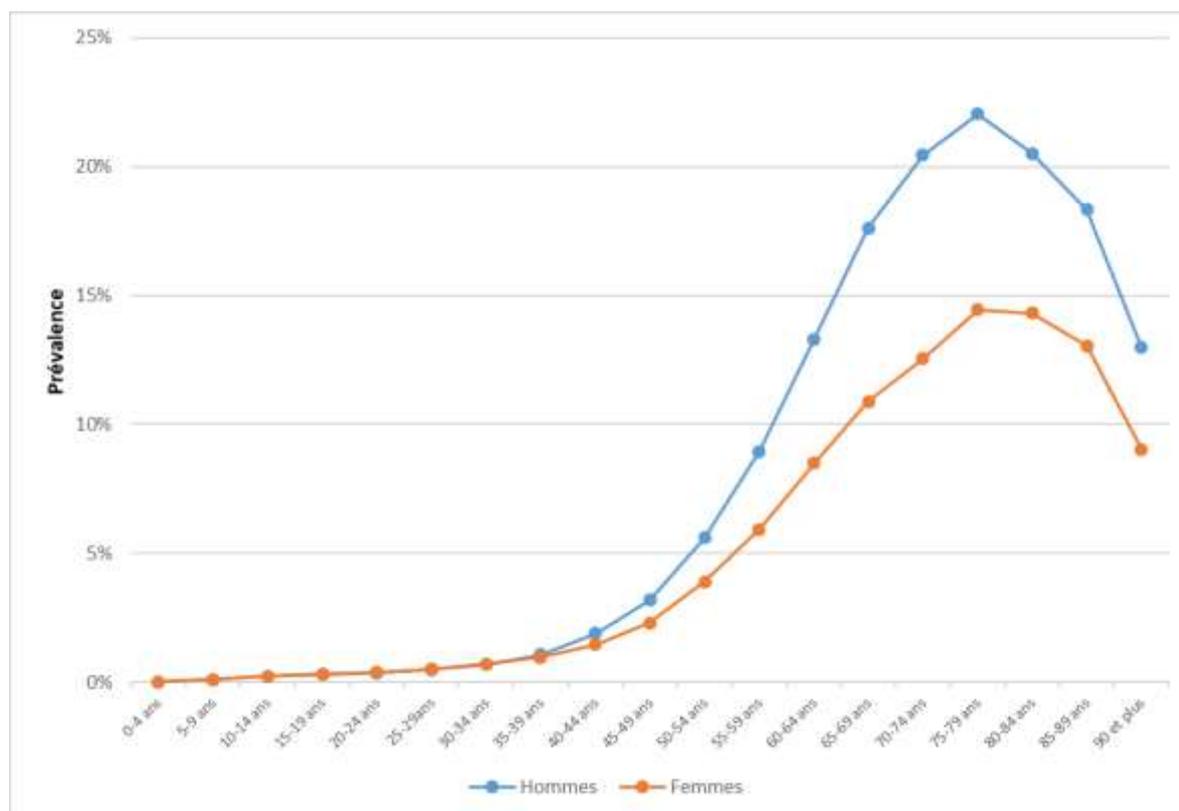
Tableau 9. Taux de prévalence des statuts glycémiques selon le sexe, l'âge et la corpulence – France métropolitaine – Constances 2013-2014

	Prédiabète (OMS)		Diabète non diagnostiqué		Diabète diagnostiqué	
	%	95% IC	%	95% IC	%	95% IC
Total	7,2%	6.7 – 7.7	1,6%	1.4 – 1.9	4,0%	3.6 – 4.4
Sexe						
Homme	10,7%	9,9 – 11,6	2,2%	1,9 – 2,7	5,1%	4,5 – 5,9
Femme	3,7%	3,2 – 4,3	0,9%	0,6 – 1,1	2,9%	2,3 – 3,4
Age						
18-29 ans	3,0%	2,5 – 3,6	0,4%	0,2 – 0,6	0,7%	0,4 – 1,0
30-54 ans	10,2%	9,2 – 11,2	2,2%	1,7 – 2,8	5,0%	4,1 – 5,8
55-70 ans	13,7%	12,3 – 15,1	3,6%	2,8 – 4,4	11,6%	10,0 – 13,2
IMC						
<25 kg/m ²	3,8%	3,3 – 4,3	0,5%	0,3 – 0,7	1,1%	0,8 – 1,4
25-29 kg/m ²	9,9%	8,9 – 11,0	2,0%	1,5 – 2,4	5,0%	4,1 – 5,9
≥30 kg/m ²	14,2%	12,4 – 16,0	4,6%	3,5 – 5,7	12,5%	10,6 – 14,5

3.1.2 Prévalence du diabète traité pharmacologiquement

Concernant le diabète traité pharmacologiquement, les données du SNDS permettent d'estimer les taux de prévalence du diabète traité pharmacologiquement sur la quasi-exhaustivité de la population résidant en France. Ainsi, en 2020, plus de 3,5 millions de personnes étaient traitées pharmacologiquement pour un diabète en France, soit 5,3 % de la population. Les taux sont plus élevés chez les hommes que chez les femmes, respectivement 5,8% et 4,4 %, et ils augmentent avec l'âge pour atteindre un pic chez les hommes de 75 à 80 ans et chez les femmes de 75 à 85 ans.

Figure 21. Taux de prévalence du diabète traité pharmacologiquement selon le sexe et l'âge en France en 2020



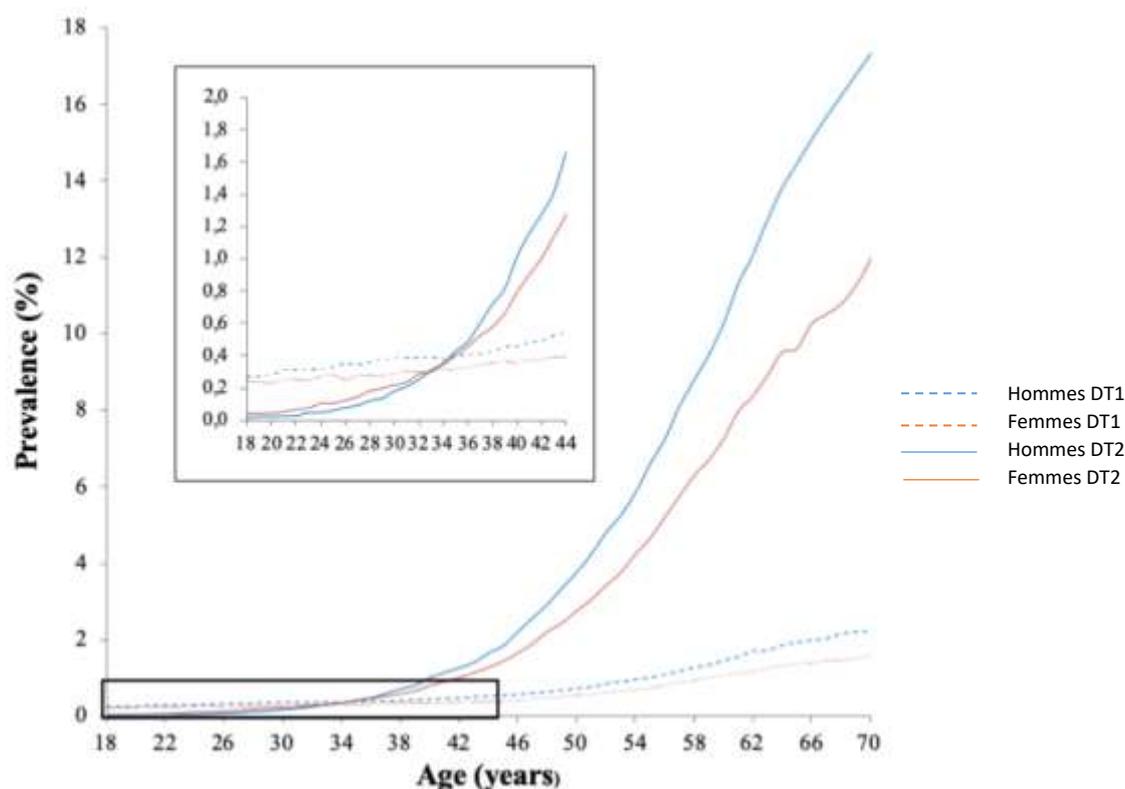
Source : SNDS – SNIIRAM – Exploitation Santé publique France

Cet indicateur est actualisé annuellement et publié régulièrement sous différents formats : synthèse, articles BEH (105, 110, 111). Par ailleurs, la plateforme Geodes de Santé publique France (<https://geodes.santepubliquefrance.fr>) permet un accès dynamique aux taux de prévalence bruts et standardisés du diabète traité pharmacologiquement déclinés selon le sexe, le département et à leurs évolutions temporelles sur la période 2010-2020.

3.1.3 Prévalence du diabète de type 1/type 2

Une première estimation de la prévalence du DT1 et du DT2 en France en 2016 dans la population âgée de 18 à 70 ans a pu être réalisée à partir de l'algorithme développé sur les données du SNDS (93, 94). Ainsi, après ajustement sur les caractéristiques de l'algorithme (VPP et VPN), 6,7 % des cas de diabète traité pharmacologiquement étaient identifiés comme DT1 parmi les 18-70 ans et la prévalence du DT1 sur cette tranche d'âge était estimée à 0,32 % (0,36 % chez les hommes et 0,29 % chez les femmes). La prévalence du DT2 dans cette tranche d'âge était de 4,36 % (5,03 % chez les hommes et 3,72 % chez les femmes).

Figure 22. Prévalence du diabète de type 1 et du diabète de type 2 chez les hommes et les femmes selon l'âge en 2016 – France entière



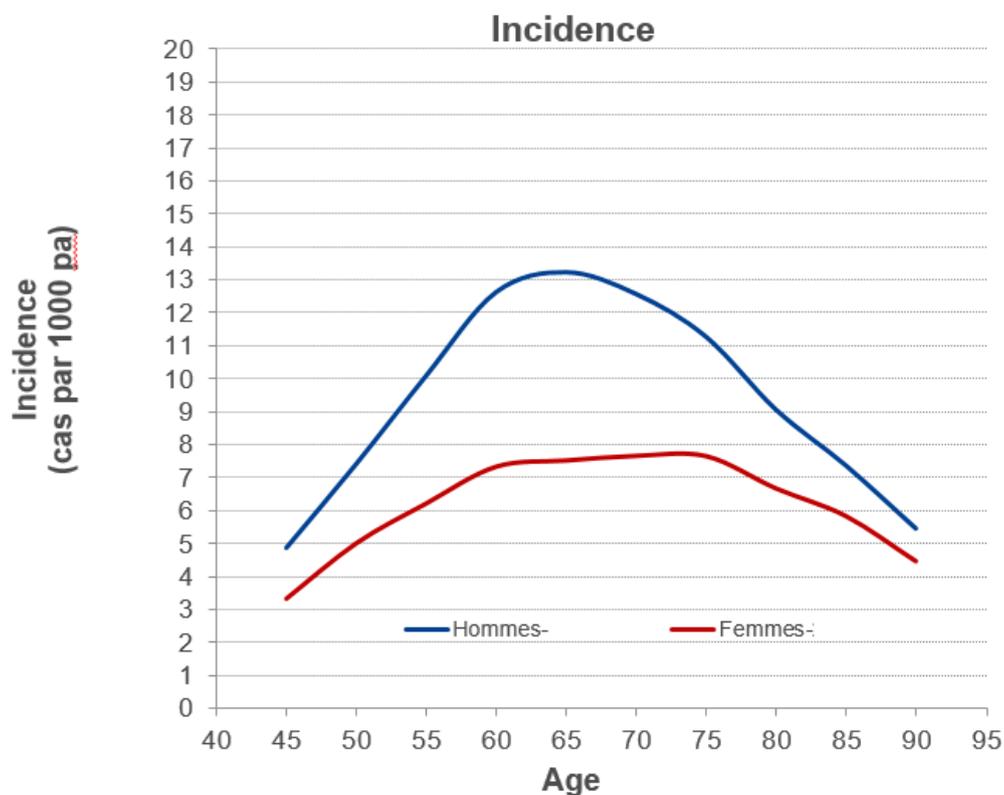
Extraite de Fuentes S. Thèse de doctorat en Santé publique – épidémiologie (93, 94)

3.2 Incidence

3.2.1 Incidence du diabète de type 2

Selon la physiopathologie du diabète, la probabilité qu'un cas de diabète survenu après l'âge de 45 ans soit un cas de DT2 est très élevée (à l'exception des cas de diabète secondaire ou induit). Ainsi, notre définition : tout nouveau cas identifié comme diabète traité pharmacologiquement une année donnée mais non identifié comme tel au cours des deux années précédentes est un cas incident de diabète traité pharmacologiquement, peut être considérée comme spécifique du DT2 au-delà de 45 ans. Cela nous permet d'estimer le taux d'incidence du diabète de type 2 et de le décliner selon le sexe et l'âge. Ainsi, en 2017, l'incidence du DT2 chez les hommes âgés de 45 ans et plus était estimée à 9,6 / 1 000 personnes-années et à 6,1 / 1 000 personnes-années chez les femmes. En outre, la dynamique variait selon l'âge et les sexe (cf figure 23). Chez les hommes, le risque augmentait fortement jusqu'à atteindre un pic, autour de 13/1 000 pa, entre 60 et 70 ans puis diminuait fortement au-delà. Tandis que chez les femmes, le risque augmentait progressivement pour atteindre un plateau, autour de 7,5/1 000 pa, entre 60 et 80 ans puis diminuait progressivement au-delà de 80 ans. Quel que soit l'âge, le risque est plus élevé chez l'homme que chez la femme mais le sur-risque est majeur entre 55 et 75 ans.

Figure 23. Taux d'incidence du diabète traité pharmacologiquement en fonction de l'âge, selon le sexe en 2017 – France entière



Extraite de Fuentes S et al. *Diabetes Metab.* 2020 (112)

3.2.2 Incidence du diabète de type 1 de l'enfant

Chez l'enfant de moins de 15 ans, l'algorithme spécifique développé pour identifier les nouveaux cas de DT1 (cf paragraphe 2.2.5) a permis une première estimation de l'incidence du DT1 sur la période 2013-2015. Ainsi, sur cette période, 6 424 enfants (2 008 en 2013, 2 130 en 2014 et 2 286 en 2015) ont été identifiés comme nouvellement atteints de DT1 (tableau 10) : 3 411 garçons et 3 013 filles.

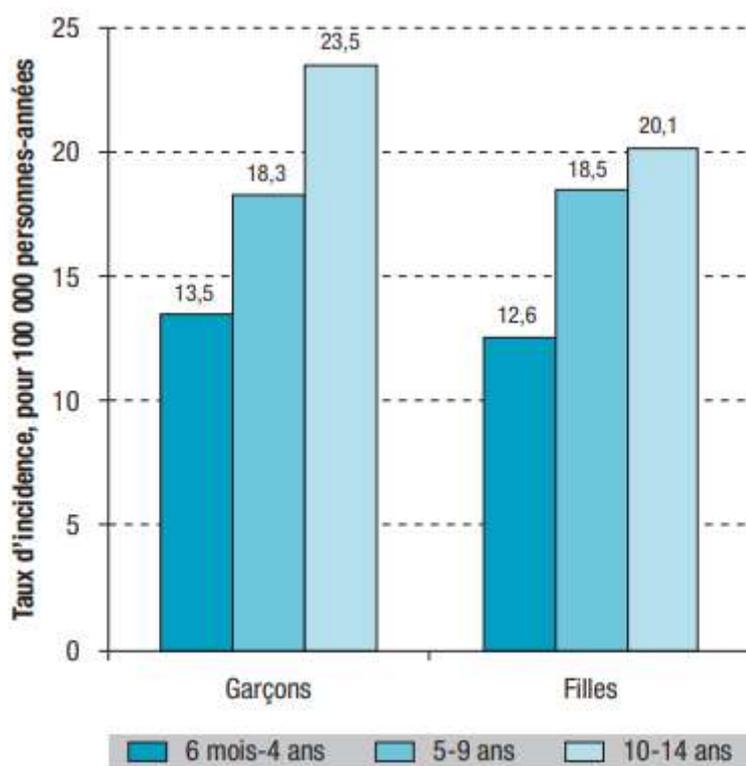
Tableau 10. Nombre d'enfants nouvellement diagnostiqués pour un diabète de type 1 en France sur la période 2013-2015 selon l'âge et le sexe

	Garçons	Filles	Total
6 mois-4 ans	748 (22%)	668 (22%)	1 416 (22%)
5-9 ans	1 168 (34%)	1 124 (37%)	2 292 (36%)
10-14 ans	1 495 (44%)	1 221 (41%)	2 716 (42%)
Total	3 411 (100%)	3 013 (100%)	6 424 (100%)

Extrait de Piffaretti C et al., *BEH* 2017 (113)

Le ratio garçon/fille était de 1,13. Les taux d'incidence étaient respectivement de 18,0/100 000 personnes-années en France, 18,6 chez les garçons et 17,3 chez les filles. Les taux d'incidence par sexe et classe d'âge (figure 24) augmentaient avec l'âge, chez les garçons comme chez les filles. Chez les 6 mois-4 ans et les 10-14 ans, les taux d'incidence étaient plus élevés chez les garçons.

Figure 24. Taux d'incidence du diabète de type 1 par sexe et classe d'âge. France entière – 2013-2015



Extrait de Piffaretti C et al., BEH 2017 (113)

Ces résultats ont fait l'objet d'un article publié dans le BEH (113).

3.3 Mortalité

Le suivi de mortalité de la cohorte Entred 2 a permis d'estimer le taux de mortalité à 5 ans des personnes diabétiques traitées pharmacologiquement sur la période 2007-2012 (114). Le statut vital était connu pour 5 869 personnes (98%) de la cohorte Entred 2. Le nombre de décès (toutes causes)

observé était de 1 067 (15,3%) : 603 parmi les hommes (16,4%) et 464 parmi les femmes (13,9%). L'âge médian au décès était de 75 ans pour les hommes et 81 ans pour les femmes.

Pour les hommes, les taux de décès à 5 ans (toutes causes) standardisés sur l'âge était de 35,8‰ et de 27,1‰ pour les femmes.

3.4 Evolutions temporelles

3.4.1 Diabète de type 2

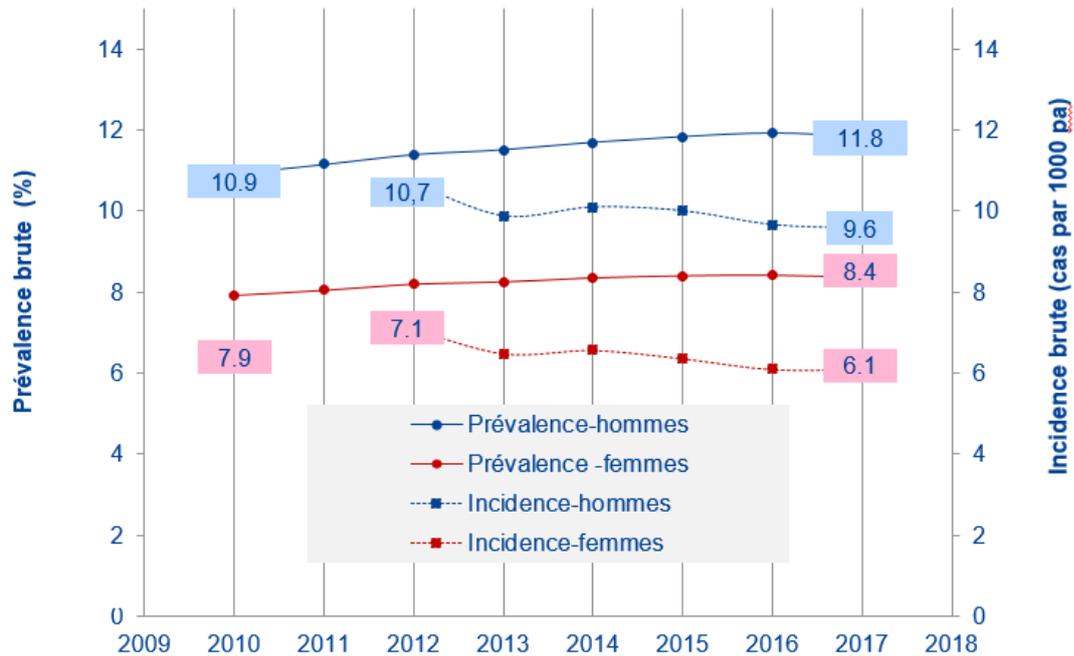
3.4.1.1 *Traité pharmacologiquement*

Dans la première partie de ce manuscrit, nous avons décrit la forte évolution de la prévalence du diabète observée au début des années 2000. L'évolution, ces vingt dernières années, des systèmes d'information et les changements méthodologiques ont complexifié l'interprétation et l'étude des évolutions temporelles. La mise en œuvre du SNDS couplée avec le développement et la stabilisation de l'algorithme d'identification des cas de diabète traité pharmacologiquement a facilité cette étude. Les données du SNIIRAM étant fiables pour la quasi-totalité des régimes d'assurance maladie depuis 2010, une analyse de l'évolution temporelle a pu être réalisée à partir de l'année 2010.

En l'absence d'algorithme de typage du diabète au moment de l'étude, permettant de différencier le DT1 du DT2, nous avons fait le choix de réduire l'étude de l'évolution temporelle de la prévalence et de l'incidence du diabète aux personnes âgées de 45 ans et plus afin d'approcher la dynamique du DT2. D'autre part, la définition de l'incidence du diabète traité pharmacologiquement nécessitant 2 ans de recul nous a également conduit à débiter la période d'étude à l'année 2012.

L'évolution des taux bruts de prévalence du diabète traité pharmacologiquement chez les personnes âgées de 45 ans et plus sont présentés dans la figure ci-dessous pour la période de 2010 à 2017 et ceux de l'incidence pour 2012 à 2017.

Figure 25. Taux bruts de prévalence et d'incidence du diabète traité pharmacologiquement chez les personnes de 45 ans et plus de 2010 à 2017 – France entière

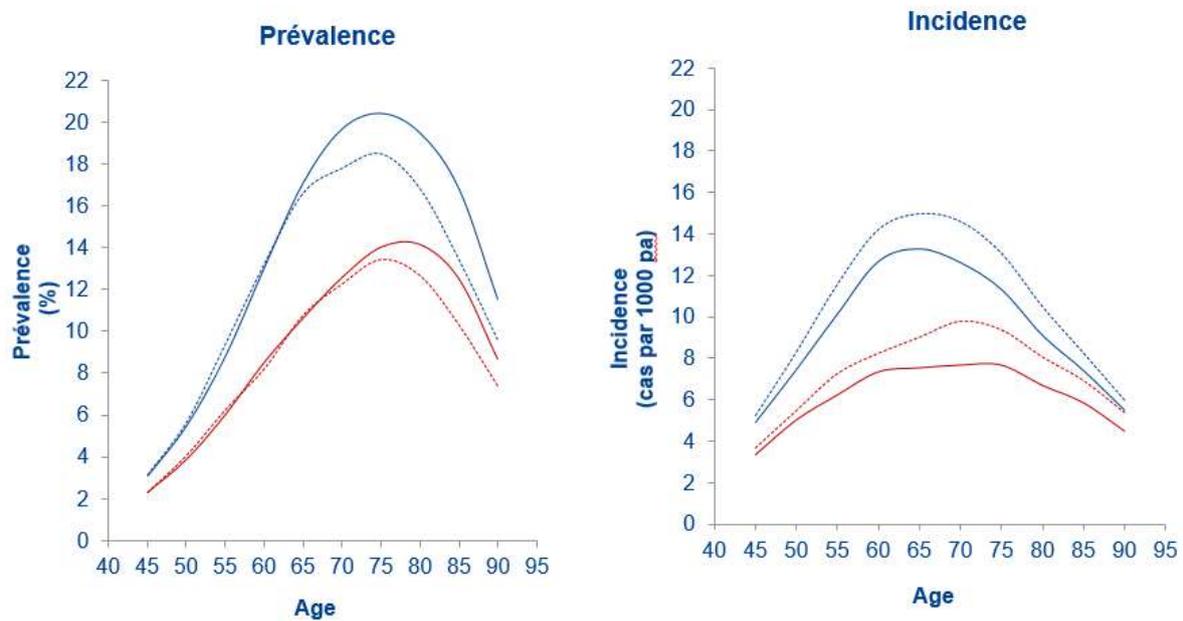


Adaptée de Fuentes S. Thèse de doctorat en Santé publique – épidémiologie (93)

Parmi les personnes âgées de 45 ans et plus, la prévalence du diabète traité pharmacologiquement a augmenté, passant de 10,9% à 11,8% chez les hommes et de 7,9% à 8,4% chez les femmes entre 2010 et 2017. Depuis 2013, les taux de prévalence restent stables quel que soit le sexe. Concernant l'incidence du diabète traité pharmacologiquement, on observe une diminution des taux depuis le début de la période d'observation. Ainsi, le taux d'incidence diminuait de 1,1 point chez les hommes et de 1 point chez les femmes entre 2012 et 2017.

Entre 2010 et 2017, l'évolution de la prévalence varie selon l'âge. Chez les hommes, on observe une augmentation uniquement à partir de 65 ans et chez les femmes, l'augmentation est observée à partir de 70 ans. Quant à l'incidence, on observe une diminution entre 2012 et 2017 quel que soit l'âge pour les hommes comme pour les femmes. Ces évolutions en fonction de l'âge et selon le sexe sont représentées graphiquement dans la figure ci-dessous.

Figure 26. Evolution des taux de prévalence du diabète traité pharmacologiquement entre 2010 et 2017 et de l'incidence entre 2012 et 2017 en fonction de l'âge et selon le sexe – France entière



Adaptée de Fuentes S. Thèse de doctorat en Santé publique – épidémiologie (93)

Les taux d'évolution de la prévalence et de l'incidence ont été estimés après ajustement sur l'âge, le sexe et la région. Une légère augmentation de la prévalence a été estimée sur la période 2010-2017 de +0,9 % (0,7- 1) chez les hommes et +0,4 % [+0,2 - +0,6] chez les femmes. Tandis que l'incidence diminuait de -2,6 % [-3,1 - -2,0] chez les hommes et -3,9 % [-4,5 - -3,4] chez les femmes de 45 ans ou plus sur la période 2012-2017.

Ces résultats ont fait l'objet de la thèse de sciences de Fuentes S (93) et ont été publiés dans la revue Diabetes & Metabolism (112).

Diabetes & Metabolism 46 (2020) 472–479



Available online at
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com



Original article

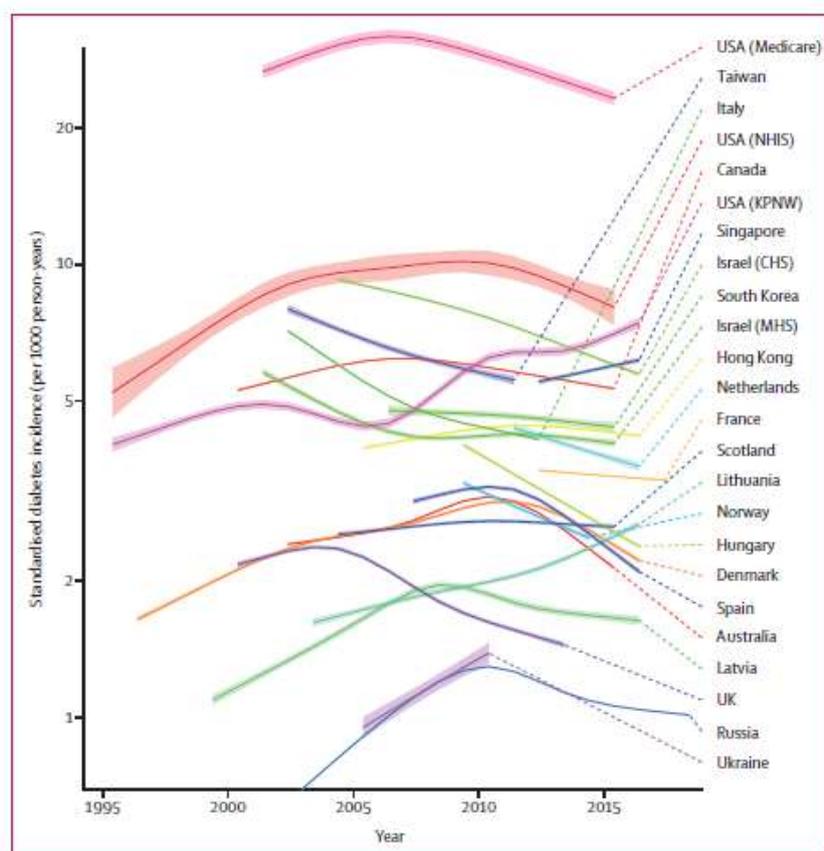
Is the type 2 diabetes epidemic plateauing in France? A nationwide population-based study



S. Fuentes ^{a,*}, L. Mandereau-Bruno ^a, N. Regnault ^a, P. Bernillon ^a, C. Bonaldi ^a, E. Cosson ^{b,c},
 S. Fosse-Edorh ^a

Les données d'incidence ont également permis de contribuer à une étude internationale (82) mise en œuvre dans le cadre d'un consortium. Cette étude portait sur des données agrégées collectées auprès de 24 sources différentes dans 21 pays. Au total, 22 millions de cas de diabète diagnostiqués ont été identifiés dans cette étude portant sur une population de 5 milliards de personnes-année. Une diminution de l'incidence a été mise en évidence dans 19 sources différentes avec une diminution variant de -1,1% à -10,8%. Seules 4 sources montraient une augmentation de l'incidence variant de +0,9% à 5,6%. Les résultats sont présentés dans la figure ci-dessous.

Figure 27. Evolution des taux d'incidence du diabète diagnostiqué standardisés sur l'âge et le sexe dans 21 pays



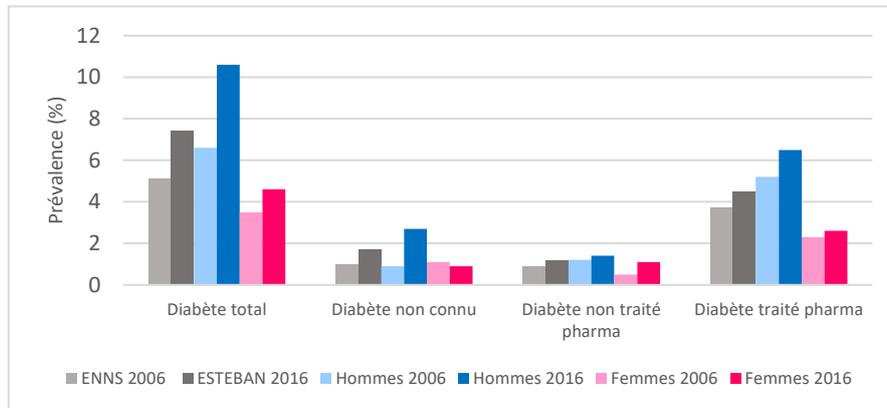
Extrait de Magliano D et al., *Lancet Diabetes Endocrinol.*, 2021 (82)

3.4.1.2 Diabète total et prédiabète

Concernant le diabète total, qui englobe le diabète traité pharmacologiquement, le diabète non traité pharmacologiquement et le diabète non diagnostiqué, l'étude Esteban menée en 2014-2016 avec une

méthodologie proche de celle de l'étude ENNS menée en 2005-2006, permet une seconde estimation à 10 ans d'intervalle.

Figure 28. Taux de prévalence du diabète total – France métropolitaine – Personnes âgées de 18 à 74 ans – ENNS 2005-2006 et ESTEBAN 2014-2016



Entre ces deux points de mesure, on observe une augmentation des taux de prévalence du diabète quelle que soit la catégorie : non diagnostiqué, non traité pharmacologiquement ou traité pharmacologiquement. On observe une faible augmentation de la prévalence du diabète non traité pharmacologiquement au cours de ces dix ans (0,9% vs. 1,2%). Tandis que le diabète non diagnostiqué progresse de 1% à 1,7%, sans toutefois que cette différence ne soit statistiquement significative. Cette augmentation est essentiellement notée chez les hommes (0,9% vs. 2,7%, non statistiquement significatif) alors que chez les femmes, ce taux diminue sensiblement (1,1% vs. 0,9%). De façon globale, l'écart entre la prévalence chez les hommes et les femmes s'est creusé au cours de ces 10 ans. Cet écart était de 3,1 point en 2006 et de 6 points en 2016. Ainsi, en 2016, le taux de prévalence chez les hommes était plus de deux fois plus élevé que chez les femmes. Il est toutefois à noter que ces résultats ne portent que sur la métropole.

Une différence méthodologique entre les deux études ENNS et Esteban peut avoir eu un impact sur les dosages de glycémie et donc sur l'évolution des taux de prévalence. Dans Esteban 2014-2016, les tubes utilisés pour les prélèvements sanguins étaient des tubes antiglycolytiques recommandés pour le dosage de la glycémie (115); tandis que les tubes utilisés dans ENNS 2005-2006 étaient des tubes fluorés classiques. L'impact est difficilement quantifiable et dépend du respect du protocole d'enquête d'ENNS. Il peut être négligeable si le délai de centrifugation était très court (<1h) telle que le protocole le prévoyait. Dans le cas contraire, le risque de glycolyse lié à l'utilisation des tubes fluorés aurait eu tendance à diminuer les valeurs de glycémie et ainsi sous-estimer les taux de prévalence dans ENNS.

Les études ENNS 2005-2006 et ESTEBAN 2014-2016 ont permis d'estimer et d'observer l'évolution de la prévalence du prédiabète au cours de ces 10 ans en métropole. En 2005-2006, 5,6 % [4,3 - 7,4] des personnes âgées de 18 à 74 ans étaient prédiabétiques (7,9 % chez les hommes et 3,4 % chez les femmes). En 2014-2016, cette proportion était de 9,9 % [8,3 - 11,5] (13,2 % chez les hommes et 7,0 % chez les femmes). Toutefois, ces comparaisons sont soumises aux mêmes réserves méthodologiques que celles évoquées précédemment concernant l'évolution de la prévalence du diabète

3.4.1.3 Mortalité

La comparaison de la mortalité estimée dans les deux cohortes Entred met en évidence une diminution de la mortalité entre 2002 – 2006 et 2007 – 2012 parmi les personnes âgées de 45 ans et plus. Les taux de mortalité sur 5 ans ont diminué de façon significative chez les hommes et à la limite de la significativité chez les femmes (tableau 11).

Tableau 11. Évolution par sexe de la mortalité globale sur 5 ans dans les cohortes Entred 2001 et Entred 2007 (≥45 ans), France

	Hommes		Femmes	
	01/2002- 12/2006	08/2007 – 07/2012	01/2002- 12/2006	08/2007 – 07/2012
Effectif	4569	3667	3868	3327
Taux bruts (%)	41,6	35,7	35,4	29,9
Taux standardisés (%)	48,5	35,8	30,5	27,1
CMF (IC95%)	0,74 (0,64 ; 0,85)		0,89 (0,77 ; 1,02)	

CMF = comparative mortality figure; IC95% : intervalle de confiance à 95%
Extrait de Mandereau-Bruno et al., BEH, 2016 (114)

3.4.2 Diabète de type 1

Une analyse spécifique de l'évolution de l'incidence du diabète de type 1 de l'enfant a été menée sur la période 2010-2015 et publiée dans Diabetes Research and Clinical Practices (116).



Contents available at ScienceDirect

Diabetes Research
and Clinical Practicejournal homepage: www.elsevier.com/locate/diabresInternational
Diabetes
Federation

Trends in childhood type 1 diabetes incidence in France, 2010–2015

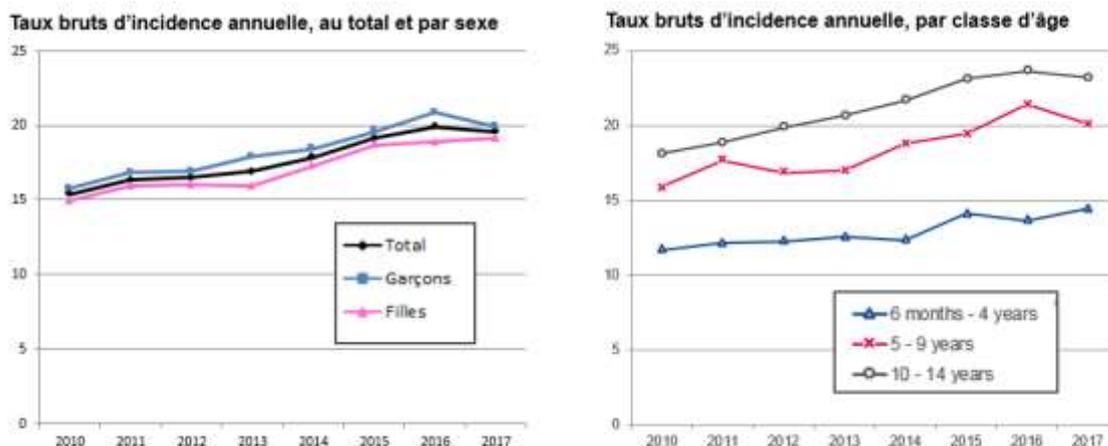


Clara Piffaretti^{a,*}, Laurence Mandereau-Bruno^a, Sophie Guilmin-Crepon^b, Carine Choleau^c, Régis Coutant^d, Sandrine Fosse-Edorh^a

Cette étude a mis en évidence une augmentation du taux d'incidence de 15,4 [14,7 - 16,1] à 19,1 [18,3 - 19,9] pour 100 000 personnes-années entre 2010 et 2015, soit un taux annuel d'augmentation de 4,0 % [3,4 - 4,6] après ajustement sur le sexe et l'âge. Cette augmentation n'était pas statistiquement différente selon le sexe ou les groupes d'âge.

Les taux d'incidence ont été actualisés jusqu'en 2017 (figure 29), avec un taux de croissance inchangé sur l'ensemble de la période mais une stabilisation du taux en 2017.

Figure 29. Taux d'incidence du diabète (/100 000 personnes-années) chez les enfants de moins de 15 ans par sexe et classes d'âge



3.5 Synthèse – Chronologie des travaux de surveillance de la dynamique du diabète

En synthèse, la frise figurant ci-dessous décrit la chronologie des travaux de surveillance de la dynamique de la pathologie (prévalence, incidence, mortalité).

Figure 30. Chronologie des travaux de surveillance de la dynamique de la pathologie (prévalence, incidence, mortalité)



3.6 Discussion sur la surveillance de la dynamique de la pathologie

Nos travaux sur les tendances temporelles de la prévalence, de l'incidence et de la mortalité du diabète traité pharmacologiquement, présentées ci-dessus, apportent des éléments de compréhension de la dynamique du diabète en France au cours de la dernière décennie.

3.6.1 Diabète de type 2

Sur la période 2010-2017, la prévalence du diabète de type 2 a progressé en France modestement mais de façon significative. Dans la même période l'incidence a diminué. Une hypothèse qui pourrait expliquer ces tendances inversées serait une diminution des taux de mortalité. En effet, la prévalence, résultant à la fois de l'incidence et de la mortalité peut continuer d'augmenter si la diminution de l'incidence est compensée par une diminution de la mortalité. La diminution des taux de mortalité observée sur la période 2002-2012 tendrait à corroborer cette hypothèse ; néanmoins, il serait nécessaire d'étudier la tendance de la mortalité sur une période concomitante. Depuis 2018, le SNDS le permet et un projet est en cours pour étudier l'évolution de la mortalité des personnes diabétiques au cours de la période 2010-2020.

La diminution de l'incidence du diabète a également été observée au niveau international à partir des résultats d'une étude (82) à laquelle nous avons contribué en transmettant les données françaises extraites du SNDS. Plusieurs hypothèses ont été suggérées pour expliquer cette tendance au niveau international. Tout d'abord, les multiples actions de prévention primaire menées pourraient avoir un effet sur les comportements en diminuant l'exposition aux facteurs de risque du diabète. Il peut s'agir d'interventions intensives sur les habitudes de vie qui ciblent les populations à très haut risque de DT2 ou d'approches en population générale qui inclut des actions de sensibilisation, des campagnes d'éducation, des développements d'environnements propices à l'activité physique, la mise en place de taxe sur certains aliments et boissons. La diminution de la prévalence de l'obésité dans certains pays pourrait être une conséquence de ces interventions et une hypothèse pour expliquer la diminution de l'incidence du DT2. Une autre hypothèse est celle d'un changement de méthode diagnostic avec l'introduction de l'HbA1c comme critère diagnostic dès 2010 dans certains pays. L'HbA1c qui détecte moins de cas que l'HGPO aurait pu conduire à une diminution artificielle de l'incidence. Enfin, une dernière hypothèse suggère un phénomène de « rattrapage » de cas de diabète non diagnostiqué antérieurement qui se serait estompé avec le temps générant une augmentation de l'incidence du diabète diagnostiqué en début de période.

Ces hypothèses suggérées au niveau international ne sont pas toutes transposables au contexte français. Tout d'abord, **l'HbA1c n'est pas un critère diagnostic recommandé** en France et même s'il est utilisé en dehors des recommandations, il vient probablement substituer des GAJ mais pas des HGPO dont le recours en pratique clinique est moins répandu. Concernant la **prévalence de l'obésité** en France, l'étude ESTEBAN a mis en évidence une stabilisation de la prévalence du surpoids et de l'obésité chez les adultes et les enfants en France métropolitaine sur la période 2006-2015 (117). Une analyse des données de la cohorte Constances sur la période 2013-2016 a confirmé ces résultats à l'exception des plus jeunes (18-29 ans) pour lesquels une augmentation significative de la prévalence de l'obésité était observée (118).

Enfin, si l'hypothèse d'un éventuel **effet de « rattrapage » des cas non diagnostiqués** en début de période était avérée, on observerait une diminution de la prévalence du diabète non diagnostiqué ; or, les résultats de l'étude ESTEBAN ne vont pas dans ce sens. En effet, entre 2006 et 2015, la prévalence du diabète non diagnostiqué a eu tendance à augmenter de 1% à 1,7% en France métropolitaine. Ces taux sont probablement surestimés car basés sur une seule GAJ et donc potentiellement biaisée par un jeûne qui pourrait être mal respecté et par l'absence de seconde mesure qui, en pratique clinique, vient confirmer le diagnostic de diabète. Néanmoins, la méthodologie étant identique dans les deux études, il ne s'agit pas d'un biais différentiel et la prévalence du diabète non diagnostiqué a augmenté entre les deux points de mesure.

Par ailleurs, une autre hypothèse pouvant expliquer la diminution de l'incidence du diabète traité pharmacologiquement serait une **augmentation du recours à un traitement non médicamenteux**. Cette hypothèse n'a pas été évoquée pour expliquer la diminution de l'incidence au niveau international car un grand nombre d'études incluses dans l'étude internationale portent sur le diabète diagnostiqué. La diminution de l'incidence observée dans notre étude ne porte que sur le diabète traité pharmacologiquement. Si une augmentation de la part des personnes diagnostiqués mais non traités pharmacologiquement était observée, cela pourrait conduire à une diminution de l'incidence du diabète traité pharmacologiquement. Néanmoins, nous observons entre, 2006 et 2015, qu'une faible augmentation de la prévalence du diabète non traité pharmacologiquement (0,9 % vs. 1,2 %) et une stabilité de la proportion du diabète non traité pharmacologiquement parmi l'ensemble des cas de diabète (20 % vs. 21 %).

Enfin, l'hypothèse optimiste suggérant **l'effet des actions de prévention primaire** en population générale ne peut être écartée. On a décrit dans la première partie de ce manuscrit, les grands plans nationaux de nutrition et de santé qui ont été mis en place en France dès 2001. Les actions de sensibilisation à une meilleure alimentation et à une augmentation de l'activité physique sont menées en France depuis 20 ans et donc depuis plus de 10 ans avant le début de notre période d'étude. Au-delà de ces plans nationaux, on peut également mentionner les initiatives locales, associatives, communautaires qui se sont multipliées au cours de ces deux dernières décennies et qui contribuent également à sensibiliser les populations à une meilleure hygiène de vie. On peut citer par exemple certains programmes d'interventions, évalués ou en cours d'évaluation, auprès des enfants ou des adolescents, tels que « Bouge ta santé », Epipoi, ICAPS ou encore des populations précaires, tels que FLAM qui sont. L'ensemble de ces actions peut contribuer à développer un environnement moins diabéto-gène.

Concernant les personnes à haut risque de développer un DT2, l'augmentation de la prévalence du diabète gestationnel observée au cours de la dernière décennie (119) et l'augmentation de la prévalence que nous observons dans nos études entre 2006 et 2015 devrait conduire à une augmentation de l'incidence du DT2 ; or, nous observons l'inverse. Deux hypothèses pourraient être avancées pour expliquer ce paradoxe. Tout d'abord, la période entre l'observation de l'augmentation de la population à risque (2006-2015) et la diminution de l'incidence du DT2 (2012-2017) serait trop courte, eu égard à l'histoire de la maladie et l'impact de l'augmentation de la prévalence du prédiabète ne pourrait être observable que sur une période plus longue. Une autre hypothèse encourageante pouvant expliquer ce paradoxe serait une moindre conversion du prédiabète vers le DT2. Celle-ci pourrait être justifiée par une meilleure prise en charge du prédiabète. Il s'agit en effet d'un état à haut risque de développer un DT2 mais également d'un état réversible. Une étude menée en Suède

chez des personnes âgées de 60 ans et plus met en évidence, dans un suivi sur 12 ans, une réversibilité du prédiabète vers un statut normoglycémique dans 22 % des cas, une stabilité dans 42 % des cas et une progression vers un DT2 dans 13 % des cas (120). Les actions de sensibilisation à une alimentation plus équilibrée et à une augmentation de l'activité physique menées en population générale, combinée à une meilleure prise en charge de la part des médecins généralistes peuvent avoir un impact important sur la réversibilité du prédiabète. Il s'agit de l'objectif du programme expérimental « Dites non au diabète », lancé en France en 2018, auprès de personnes prédiabétiques, orienté sur l'activité physique, l'alimentation et un soutien au changement.

En outre, **l'évolution du recours à la chirurgie bariatrique** a pu avoir un impact sur la réduction de l'incidence du DT2. En France, une étude menée à partir des données du SNDS a identifié 15 650 cas de chirurgie bariatrique incidents en 2009 (121). L'âge moyen des personnes concernées était de 38,9 ans et près de 85 % étaient des femmes, 1 633 étaient traités pharmacologiquement pour un diabète. Parmi les personnes non traitées pharmacologiquement pour un diabète, seuls 1,4 % des cas avaient initié un traitement antidiabétique dans les 6 ans de suivis de cette cohorte tandis que dans un groupe contrôle, sans intervention chirurgicale, apparié sur le sexe, l'âge et la corpulence, le taux d'initiation de traitement antidiabétique était de 12 %. Une seconde étude menée à partir des données du PMSI sur la période 2008-2014 a mis en évidence une augmentation du recours à la chirurgie bariatrique, avec 16 791 interventions en 2008 et 45 474 interventions en 2014 (122). La proportion de femmes restait très élevée, 84,6 % en 2008 et 82 % en 2014. La Drees a publié une étude portant également sur les données du PMSI, sur une période de suivi plus longue, de 1997 à 2016, mettant en évidence un nombre d'actes multipliés par 20 sur cette période, pour atteindre 59 300 en 2016, dont 80% de femmes (123). Ainsi la France était le 3^e pays dans le monde pour le nombre de gestes de chirurgie bariatrique après les États-Unis et le Brésil, alors que la prévalence de l'obésité reste faible à l'échelle internationale (124). Cumulé sur une période de 5 à 10 ans, le nombre de personnes ayant eu recours à la chirurgie bariatrique en France est élevé et son impact sur la diminution de l'incidence du DT2 reste à évaluer.

En perspectives, pour améliorer la compréhension de la dynamique du DT2 en France, il sera utile d'étudier les déterminants de la conversion du prédiabète en DT2 à partir des données de la cohorte Constances. Ce projet a été soumis dans le cadre d'un projet de consortium déposé en 2016 auprès du comité scientifique de Constances. Par ailleurs, la surveillance de la mortalité des personnes diabétiques effectuée à partir des données du SNDS fera l'objet d'un des axes d'une thèse d'épidémiologie que nous coordonnons.

3.6.2 Diabète de type 1

Nous observons une forte augmentation de l'incidence du diabète de type 1 de l'enfant, estimée à environ 4 % par an, qui se poursuit sur une période récente. Cette augmentation qui est également observée dans d'autres pays ne pourrait être expliquée uniquement par une augmentation des facteurs génétiques. De plus en plus d'études visent l'étiologie environnementale du diabète de type 1, suggérant une association causale avec des expositions à certains polluants de l'environnement (125). Un projet est en cours, en collaboration avec la Direction Santé environnement et travail de Santé publique France afin de décrire et d'analyser les tendances spatio-temporelles de l'incidence du DT1 de l'enfant en France, à l'échelle du département et du canton; et d'étudier le lien entre l'incidence du DT1 et des facteurs de risques environnementaux géographiquement déterminés par la réalisation d'une étude de corrélation écologique.

Concernant l'incidence du DT1 au-delà de 15 ans, l'algorithme de typage du diabète développé à partir des données de la cohorte Constances constitue une première approche méthodologique intéressante. Elle est perfectible à court terme grâce aux données d'Entred 3 qui incluent un effectif important de cas de DT1 mais également des personnes ayant un DT2 plus grave, traitées par insuline et plus âgées. La consolidation de cet algorithme permettra de développer une surveillance spécifique du DT1 quel que soit l'âge à partir des données du SNDS.

4 Surveillance des caractéristiques de la population, de son état de santé

4.1 Caractéristiques de la population diabétique

Le SNDS apportent quelques informations sur les caractéristiques socio-démographiques et socio-économiques de la population diabétique traitée pharmacologiquement résidant en France. Ainsi, au niveau national en 2020, l'âge moyen des personnes diabétiques était de 67 ans, 44,5 % étaient des femmes; 19 % des personnes de moins de 60 ans étaient bénéficiaires de la CMU-C.

Néanmoins, comme nous l'avons décrit dans les paragraphes précédents, si les informations issues du SNDS ont l'avantage d'être exhaustives, elles sont relativement limitées en matière d'indicateurs socio-démographiques et socio-économiques. Pour compenser ce manque, l'un des objectifs de l'étude Entred 3 (cf protocole en annexe 1) (126) est de compléter ces informations à partir d'un recueil détaillé provenant d'un échantillon représentatif de personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète et ainsi de décrire les caractéristiques de la population diabétique. Il s'agit de décrire, selon le type de diabète:

- Les caractéristiques socio-démographiques : pays de naissance, pays d'origine des parents, langue maternelle ;

- Les caractéristiques socio-économiques : niveau d'études, profession et catégorie socio-professionnelle, revenus du foyer, ressenti financier, niveau de littératie en santé ;
- L'histoire de la maladie : circonstances de découverte, ancienneté de la maladie, ancienneté du traitement antidiabétique.

Quelques résultats préliminaires d'Entred 3 (108) nous rapportent qu'en 2019, en métropole, l'âge moyen des personnes DT2 était de 65 ans, 56 % étaient des hommes, 74 % étaient nés en France et 12 % dans un pays du Maghreb ; 31 % avaient un niveau d'étude primaire ou inférieur (4 % n'avaient jamais été scolarisés), 38 % avaient un niveau d'étude intermédiaire (collège) et 17 % avaient un niveau bac+2 ou plus ; l'ancienneté du diabète était de moins de 5 ans dans 24 % des cas, de 5 à 10 ans pour 21 %, de 10 à 20 ans pour 32 % et de 20 ans ou plus pour 23 % des DT2. Parmi les DT1, l'âge moyen était de 47 ans, 59 % étaient des hommes, 82 % étaient nés en France et 4 % dans un pays du Maghreb ; 37 % avaient un niveau d'étude intermédiaire (collège) et 38 % un niveau bac+2 ou plus, enfin 54% avaient un diabète depuis 20 ans ou plus.

En complément, l'étude ESTEBAN permet de décrire les caractéristiques de la population diabétique totale métropolitaine (diagnostiquée, méconnu, traitée pharmacologiquement ou non). En 2016, parmi l'ensemble des adultes diabétiques, 56,3% étaient des hommes, 15% étaient âgés de 18 à 29 ans, 49% de 30 à 54 ans et 36% de 55 à 74 ans ; 59% avaient un niveau d'étude qui ne dépassait pas le collège tandis que 24% avaient un niveau d'enseignement supérieur.

4.2 Facteurs de risque de complications liées au diabète

L'absence de résultats d'examens cliniques et biologiques dans les données du SNDS ne permet pas de décrire le niveau de contrôle des facteurs de risque de complications liées au diabète. Pour compenser ce manque, ces informations sont recueillies par questionnaire auprès des personnes diabétiques et de leur médecin dans les études Entred. Ainsi, sont recueillis :

- la corpulence ;
- le tabagisme actuel et ancien ;
- la consommation d'alcool ;
- l'équilibre glycémique ;
- l'hypertension artérielle ;
- les dyslipidémies ;
- les indicateurs biologiques d'atteinte rénale (microalbuminurie, créatininémie, créatininurie, début de filtration glomérulaire, clairance de la créatinine).

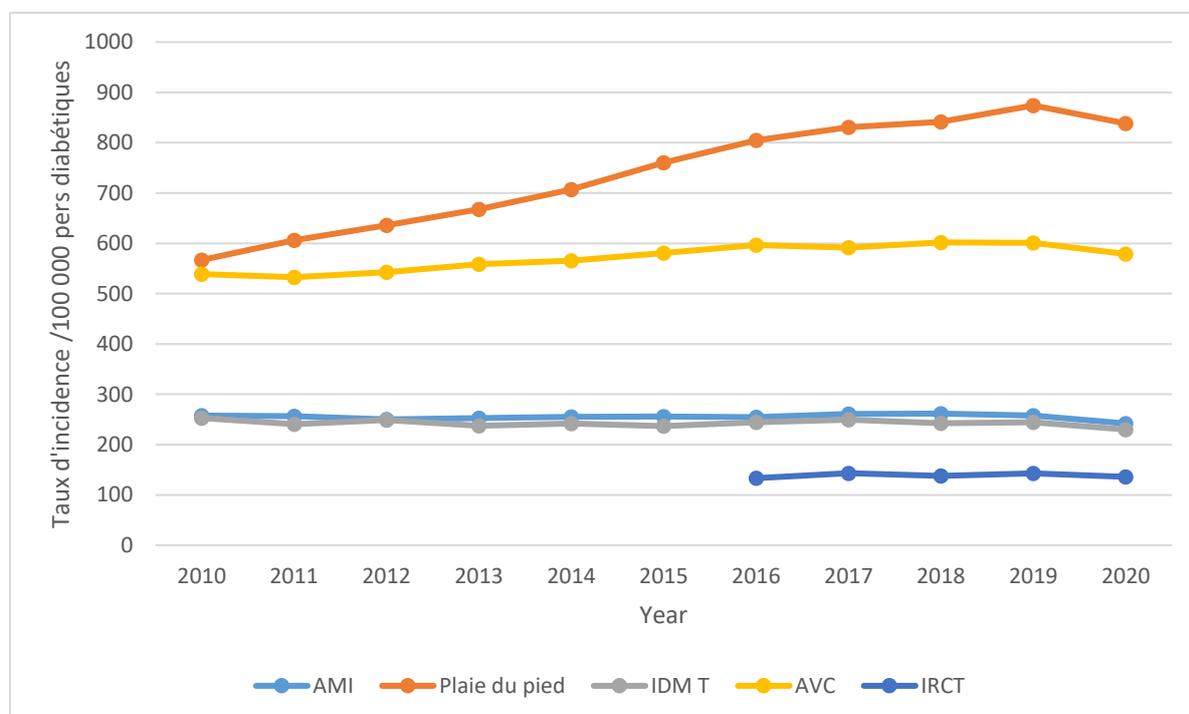
Ces données sont en cours d'exploitation. Quelques résultats préliminaires (108) nous rapportent qu'en 2019, en métropole, 19 % des personnes DT2 avaient une corpulence normale, 40 % étaient en

surpoids et 40 % étaient obèses ; enfin 15 % déclaraient fumer occasionnellement ou tous les jours. Parmi les personnes DT1, 48 % avaient une corpulence normale, 30 % étaient en surpoids et 22 % étaient obèses. Concernant le tabagisme, 26 % des personnes DT1 déclaraient fumer occasionnellement ou tous les jours.

4.3 Complications liées au diabète

Comme décrit dans le paragraphe 2.2.7.1, la surveillance des complications liées au diabète est facilitée par le chaînage des données de consommations de soins et d'hospitalisations dans le SNDS. Ainsi, il est possible d'identifier les personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète dans le SNIIRAM et de rechercher la survenue d'une hospitalisation pour une complication liée au diabète. Les taux d'incidence des hospitalisations pour plaie du pied ont augmenté régulièrement entre 2010 et 2019, de même que pour les AVC, de manière moins marquée, alors que les AMI, les infarctus du myocarde transmuraux, et l'insuffisance rénale chronique terminale (depuis 2016) sont stables. sont produits régulièrement et publiés sous forme de synthèse ou d'articles BEH (102-105, 127). Un infléchissement de l'incidence était observée en 2020 pour toutes les complications. Ces taux sont mis à disposition de façon dynamique à l'échelle de la région sur la plateforme Geodes de Santé publique France (<https://geodes.santepubliquefrance.fr/>). Ce suivi permet d'étudier leur évolution temporelle depuis 2010, présenté dans la figure 31.

Figure 31. Evolution temporelle de l'incidence des hospitalisations pour complications liées au diabète, France, 2010 à 2020



AMI = amputation de membre inférieur; IDM T = infarctus du myocarde transmurale ; AVC = accident vasculaire cérébral; IRCT = insuffisance rénale chronique terminale

D'autres complications liées au diabète sont plus difficiles à identifier à partir du SNDS car elles ne conduisent pas à une hospitalisation ou à un acte traceur, comme les complications ophtalmologiques, les complications sexuelles, les neuropathies périphériques, les artériopathies oblitérantes des membres inférieurs. Une estimation de la prévalence de certaines de ces complications est effectuée à partir des études Entred. Ainsi Entred 2 rapportait, en 2017, une prévalence des complications cardiaques (angor ou IDM) de 16,7 %, des revascularisations coronariennes de 13,9 %, de la perte de la vue d'un œil de 3,9 % et d'un traitement ophtalmologique par laser de 16,6 % (128). Entred 3 permettra de mesurer leur évolution temporelle. En outre, Entred permet de recueillir des informations sur la prise en charge des complications, notamment celle des hypoglycémies sévères et des plaies du pied (protocole en annexe 1).

4.4 Causes de décès et surmortalité

Le **suiti de mortalité** de la cohorte Entred 1 pendant 10 ans a permis d'étudier les causes de décès des personnes diabétiques. Parmi les 8 437 personnes dont le statut vital était connu (97% de la cohorte), d'âge médian à l'inclusion de 65 ans pour les hommes et 70 ans pour les femmes, 2 976 (35%) étaient décédées à 10 ans. Pour 2 961 d'entre eux (99,5%), la cause de décès a pu être appariée. L'âge médian au décès était de 77 ans pour les hommes et de 82 ans pour les femmes. Les maladies de l'appareil circulatoire et les tumeurs malignes représentaient respectivement 30% et 26% des causes initiales de décès. Le diabète était la troisième cause initiale de décès déclarée (13%), suivi par les maladies respiratoires (5%), les maladies de l'appareil digestif (4%), les maladies de l'appareil génito-urinaire (2%) et les maladies infectieuses (2%) (129).

La **surmortalité** par rapport à la population générale a pu être estimée sur cette période de 10 ans et est présentée dans le tableau ci-dessous. La surmortalité globale des personnes diabétiques par rapport à la population générale était élevée pour les hommes, 1,55 [1,48 – 1,63] et les femmes, 1,63 [1,54-1,72]. Les hommes comme les femmes diabétiques avaient une surmortalité significativement plus élevée par rapport à la population générale pour les maladies cardiovasculaires et rénales ainsi que pour certaines localisations de cancer : pancréas, foie et côlon-rectum. Chez les femmes, on observait une surmortalité par cancer de l'utérus et chez les hommes par cancer de la vessie et leucémie. De plus, un excès de mortalité était retrouvé par maladies de l'appareil digestif, maladies infectieuses et maladies respiratoires dont les pneumopathies.

Tableau 12. Nombre de décès et surmortalité globale et par causes spécifiques de décès des personnes diabétiques de la cohorte Entred 1 (≥ 45 ans) par rapport à la population générale, France métropolitaine, 2002-2011

Cause initiale de décès	Codes CIM-10	Total			Hommes			Femmes		
		n	SMR	IC95%	n	SMR	IC95%	n	SMR	IC95%
Maladies infectieuses et parasitaires	A00-B99	49	1,36	1,00-1,79	29	1,46	0,98-2,10	20	1,23	0,75-1,90
Tumeurs malignes	C00-C97	765	1,34	1,25-1,44	504	1,32	1,21-1,44	261	1,38	1,22-1,56
Tumeur maligne du côlon, rectum et anus	C18-C21	98	1,48	1,20-1,80	57	1,41	1,07-1,83	41	1,58	1,13-2,14
Tumeur maligne du foie et des voies biliaires	C22	80	2,53	2,00-3,15	64	2,56	1,97-3,27	16	2,40	1,37-3,89
Tumeur maligne du pancréas	C25	60	1,83	1,40-2,35	31	1,63	1,11-2,32	29	2,10	1,41-3,02
Tumeur maligne de la trachée, des bronches et du poumon	C33-C34	118	1,08	0,90-1,30	101	1,11	0,90-1,34	17	0,97	0,57-1,56
Tumeur maligne du sein	C50	-	-	-	-	-	-	36	1,09	0,76-1,51
Tumeur maligne de l'utérus	C53-C55	-	-	-	-	-	-	20	2,19	1,34-3,39
Tumeur maligne de la prostate	C61	-	-	-	33	0,78	0,54-1,10	-	-	-
Tumeur maligne de la vessie	C67	34	1,66	1,15-2,33	26	1,57	1,02-2,30	8	2,07	0,89-4,08
Leucémie	C91-C95	30	1,44	0,97-2,05	22	1,70	1,07-2,58	8	1,00	0,43-1,98
Maladies de l'appareil circulatoire	I00-I99	900	1,65	1,54-1,76	484	1,64	1,50-1,79	416	1,66	1,50-1,83
Cardiopathies ischémiques	I20-I25	324	2,16	1,93-2,41	199	2,09	1,81-2,40	125	2,28	1,90-2,71
Autres cardiopathies	I30-I51	255	1,47	1,29-1,66	119	1,36	1,12-1,62	136	1,58	1,33-1,87
Maladies cérébrovasculaires	I60-I69	180	1,44	1,24-1,67	95	1,54	1,25-1,89	85	1,34	1,07-1,66
Troubles mentaux et du comportement	F01-F99	50	0,91	0,67-1,20	24	0,94	0,60-1,40	26	0,88	0,58-1,29
Maladies du système nerveux et des organes des sens	G00-H95	99	0,96	0,78-1,17	50	1,04	0,78-1,38	49	0,89	0,66-1,18
Maladies de l'appareil respiratoire	J00-J99	154	1,25	1,06-1,46	88	1,18	0,95-1,45	66	1,36	1,05-1,73
Pneumopathies	J12-J18	57	1,55	1,17-2,00	30	1,49	1,00-2,13	27	1,61	1,06-2,35
Maladies de l'appareil digestif	K00-K92	131	1,62	1,35-1,92	71	1,48	1,15-1,86	60	1,82	1,39-2,35
Cirrhoses, fibroses et hépatites chroniques	K70, K73-K74	52	2,17	1,62-2,84	32	1,73	1,18-2,44	20	3,68	2,25-5,68
Maladies de l'appareil génito-urinaire	N00-N99	67	2,08	1,61-2,64	36	2,00	1,40-2,77	31	2,18	1,48-3,09
Néphropathies	N00-N19	51	2,07	1,54-2,76	27	1,96	1,29-2,86	24	2,21	1,42-3,29
Symptômes et états morbides mal définis	R00-R99	142	1,26	1,06-1,49	60	1,07	0,82-1,38	82	1,45	1,15-1,80
Causes externes de morbidité et mortalité	V01-Y89	108	1,12	0,82-1,36	65	1,14	0,88-1,45	43	1,10	0,80-1,48
Toutes causes	-	2 976	1,58	1,53-1,64	1 686	1,56	1,48-1,63	1 290	1,63	1,54-1,72

CIM-10 : Classification internationale des maladies, 10^e révision ; SMR : ratios standardisés de mortalité ; IC95% : intervalle de confiance à 95%.

Extrait de Mandereau-Bruno L et al., BEH, 2016 (129)

Par ailleurs, l'évolution de la surmortalité à 5 ans a pu être étudiée à partir du suivi de mortalité des deux cohortes Entred 1 et Entred 2, c'est à dire sur les périodes 2002-2007 et 2007-2012. Sur la période la plus récente, la surmortalité à 5 ans des personnes diabétiques par rapport à la population générale, toutes causes confondues, était de 1,34 [1,23-1,45] chez les hommes et de 1,51 [1,38-1,66] chez les femmes. La surmortalité diminuait avec l'âge (Tableau 13). Chez les hommes diabétiques âgés de 80 ans et plus, on n'observait plus de surmortalité.

Entre les deux périodes étudiées, la surmortalité de la population diabétique a diminué chez les hommes (1,53 [1,44-1,63] vs. 1,34 [1,23-1,45]) mais est restée stable chez les femmes (1,57 [1,45-1,69] vs. 1,51 [1,38-1,66]).

Tableau 13. Evolution par sexe de la surmortalité globale à 5 ans des personnes diabétiques par rapport à la population générale dans les cohortes Entred 1 et Entred 2 (≥45 ans), France

	01/2002-12/2006			06/2007-07/2012*		
	Nombre de décès	SMR	IC95%	Nombre de décès	SMR	IC95%
Hommes	862	1,53	[1,44-1,63]	603	1,34	[1,23-1,45]
<65 ans	157	1,92	[1,63-2,24]	129	1,99	[1,66-2,36]
65-79 ans	459	1,58	[1,44-1,73]	281	1,43	[1,27-1,61]
≥80 ans	246	1,29	[1,13-1,46]	192	1,02	[0,88-1,17]
Femmes	631	1,57	[1,45-1,69]	464	1,51	[1,38-1,66]
<65 ans	40	1,82	[1,31-2,49]	37	1,72	[1,21-2,37]
65-79 ans	237	1,74	[1,53-1,98]	169	1,83	[1,57-2,13]
≥80 ans	354	1,45	[1,30-1,60]	257	1,33	[1,18-1,51]

* Analyse pondérée sur le refus de participer.

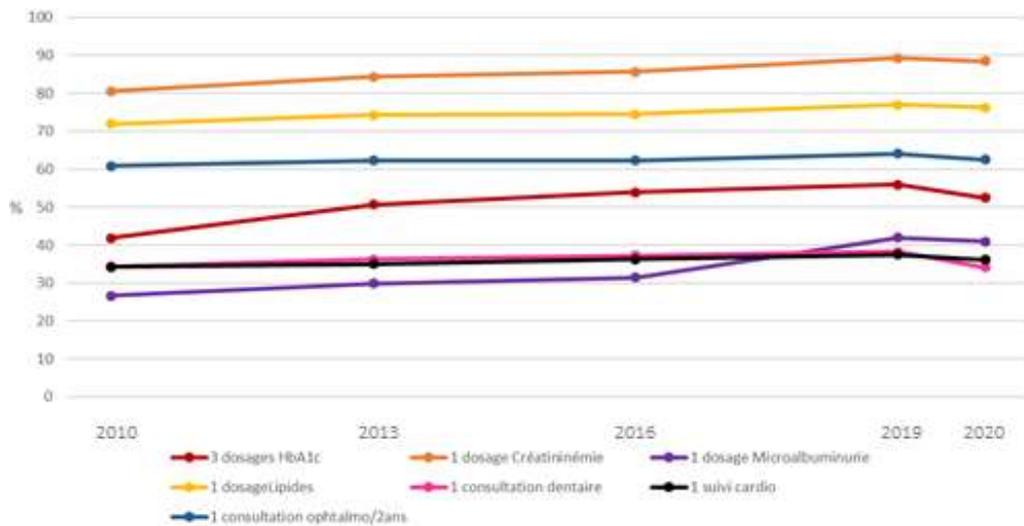
SMR : Ratio standardisé de mortalité ; IC95% : intervalle de confiance à 95%.

Extrait de Mandereau-Bruno L et al., BEH, 2016 (114)

4.5 Suivi des examens recommandés

Le suivi clinique des personnes diabétiques est guidé par les recommandations de parcours de soins établies par la HAS et décrites dans le paragraphe 1.1.4.4. La surveillance des examens recommandés est effectuée grâce aux données du SNDS. Il existe une grande variabilité de la proportion des patients diabétiques (30 à 90%) bénéficiant des examens de suivi selon le type d'examen recommandés. Si globalement, la part des patients ayant bénéficié du suivi clinique a augmenté de 10 à 15 points entre 2010 et 2019 pour certains examens, pour d'autres examens la tendance est restée stable (>60% consultation ophtalmique, > 35% pour la consultation dentaire et le suivi cardiologique). En 2020, on observait une diminution de 1 à 3 points pour l'ensemble des examens de suivi. Les indicateurs du recours à ces examens sont produits régulièrement sous forme de synthèse ou d'articles BEH (102, 105, 130) et mis à disposition sur la plateforme Geodes (<https://geodes.santepubliquefrance.fr/>) à l'échelle de la région. L'évolution temporelle peut être décrite depuis 2010 (Figure 32). En outre, les études Entred permettent également d'avoir une première mesure, dès 2001, à partir d'échantillons de personnes traitées pharmacologiquement pour un diabète.

Figure 32. Evolution temporelle de la fréquence de recours aux examens recommandés dans le cadre de la surveillance clinique du diabète. France. 2010-2020



4.6 Synthèse chronologie des travaux de surveillance des caractéristiques de la population, de son état de santé

En synthèse, la frise figurant ci-dessous décrit la chronologie des travaux de surveillance des caractéristiques de la population, de son état de santé.

Figure 33. Chronologie des travaux de surveillance des caractéristiques de la population, de son état de santé



4.7 Discussion sur la surveillance des caractéristiques de la population, de son état de santé

Les **caractéristiques et l'état de santé de la population diabétique** peuvent être étudiés à partir des données du SNDS qui permettent l'étude de l'incidence des complications chroniques du diabète (plaies du pied, AMI, IDM transmurales, AVC, IRCT). Une revue de la littérature sur les études portant sur l'incidence des complications du diabète permet de situer les taux d'incidence estimés en France par rapport aux pays disposant de données similaires (15). Ainsi, concernant le taux d'incidence des AMI, la France se situe à un niveau relativement faible, proche de celui observé en Allemagne, Ecosse et bien inférieur à ceux observés en Australie ou en Andalousie. Concernant l'IRCT, le taux d'incidence observé se situe à un niveau intermédiaire, proche de ceux observés en Corée du Sud, Malaisie et Etats-Unis et supérieur à ceux observés en Russie, Ecosse, Bosnie Herzégovine et Australie. Concernant les complications cardiovasculaires, la comparaison est plus délicate du fait de l'hétérogénéité des indicateurs recueillis.

Les comparaisons internationales restent toujours limitées en raison des méthodologies qui peuvent différer, notamment concernant l'identification des personnes diabétiques dans les bases de données d'hospitalisation (100). Comme nous l'avons décrit dans le paragraphe 2.2.7, les taux d'incidence des complications et de mortalité peuvent être fortement sous-estimés si l'identification des cas de diabète repose uniquement sur la présence d'un code diagnostic de diabète dans les données d'hospitalisation ou dans les causes de décès. En France, le chaînage des données de consommation de soins et d'hospitalisation est une avancée essentielle pour obtenir des estimations moins biaisées de l'incidence des complications. Un second apport fondamental du SNDS est la possibilité de disposer d'estimations fiables du nombre de personnes diabétiques et donc d'un dénominateur permettant d'estimer des taux d'incidence des complications au sein de cette population. Certains pays ne disposent pas de cette information et ont recours à un taux d'incidence des complications du diabète rapporté à la population générale (Figure 11). Dans ces pays, l'interprétation des taux d'incidence des complications reste limitée car elles dépendent de la prévalence du diabète qui peut fluctuer au cours du temps, des territoires...

En France, les estimations des taux d'incidence des complications portent sur le diabète traité pharmacologiquement sans distinction entre le DT1 et le DT2. Les complications touchant principalement des personnes âgées de plus de 45 ans, il s'agit donc essentiellement d'une surveillance de l'incidence des complications du DT2. Une limite de notre système de surveillance est l'absence de surveillance de la morbi-mortalité spécifique du DT1.

Une autre limite de la surveillance basée sur les données du SNDS concerne l'absence de surveillance de certaines complications telles que les complications ophtalmiques ou les complications aiguës par

absence de données ou d'algorithmes fiables permettant de les identifier. De même, le niveau de contrôle des facteurs de risque de complications ne peut pas être surveillé à partir du SNDS. Il s'agit pourtant d'indicateurs intermédiaires qui permettraient la mise en place d'interventions pour prévenir la survenue des complications. Enfin, la surveillance des caractéristiques socio-démographiques et socio-économiques restent très limitée par le manque d'indicateurs disponibles dans le SNDS.

Pour compenser ces limites, les études en population générale ou en population diabétique (Entred), permettent de disposer d'informations complémentaires. Néanmoins, ces études restent très lourdes à mettre en œuvre, très coûteuses et peuvent difficilement être répétées à des intervalles de temps courts permettant de disposer d'indicateurs fréquemment.

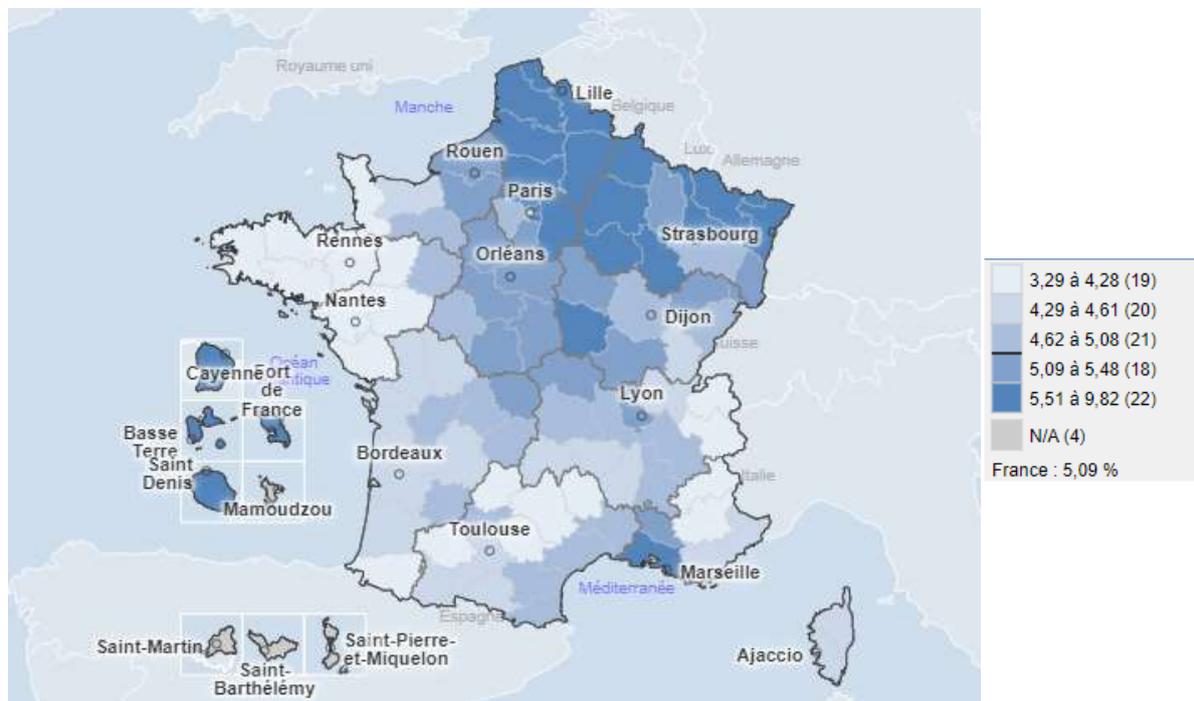
5 Surveillance des inégalités sociales et territoriales

5.1 Inégalités sociales et territoriales de survenue d'un diabète

L'exhaustivité du SNDS permet d'étudier les **disparités territoriales** de la prévalence du diabète traité pharmacologiquement. Les taux standardisés sont présentés ci-dessous à l'échelle du département (figure 34) et sont disponibles de façon dynamique sur la plateforme GEODES (<https://geodes.santepubliquefrance.fr>). Ils font également l'objet de publications sous forme de synthèse ou d'articles dans le BEH (105, 110, 111).

La prévalence du diabète traité pharmacologiquement est beaucoup plus élevée dans les départements d'Outre-mer (La Réunion 9,92 %, Guadeloupe 9,10 %, Martinique 7,66 % et Guyane 7,46 %) et en Seine Saint Denis (8,03 %) que sur le reste du territoire français. En métropole, on observe un gradient Nord-Est/Ouest avec des taux élevés dans les départements du Nord-Est de la métropole (Pas de Calais 6,42%, Aisne 6,39%, Nord 6,25%, Somme 6,16%, Ardennes 6,06%) et également dans le Val d'Oise (6,61 %). A l'opposé, les départements situés à l'Ouest de la Métropole et notamment en Bretagne enregistrent les taux les plus faibles (Ile et vilaine 3,29 %, Finistère 3,42 %, Morbihan 3,50 %, Cotes d'Armor 3,50%).

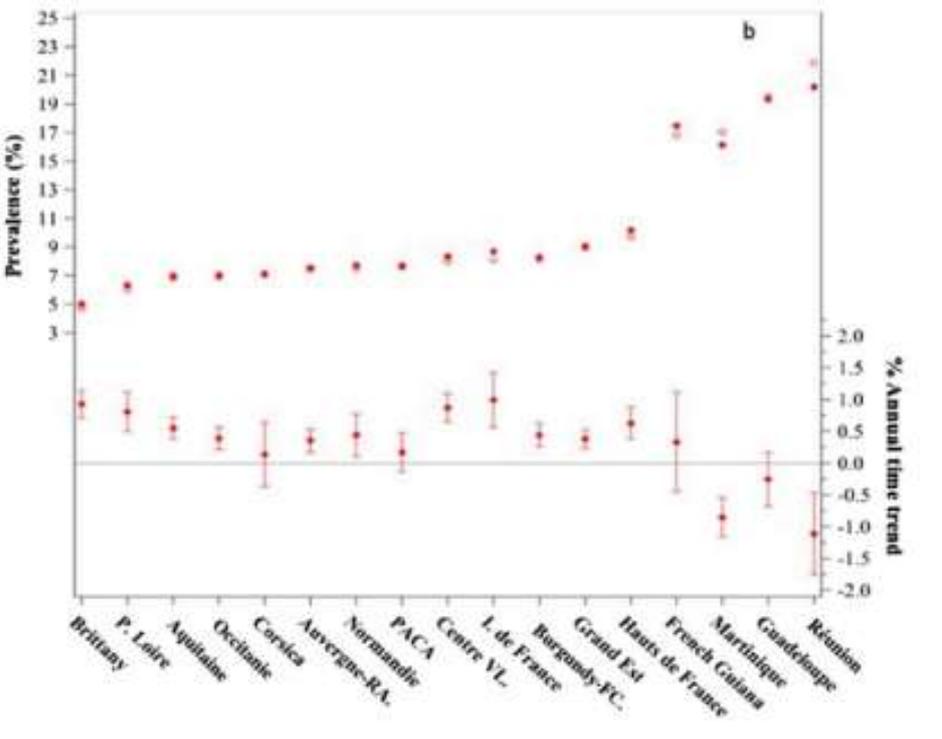
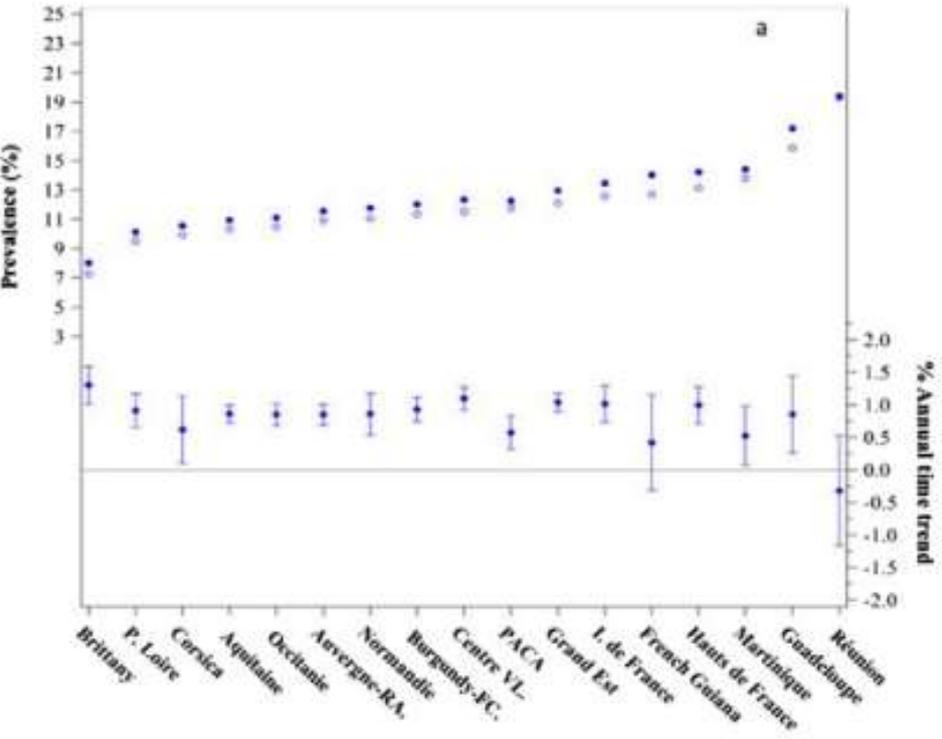
Figure 34. Taux de prévalence standardisés du diabète traité pharmacologiquement (%), France, 2020

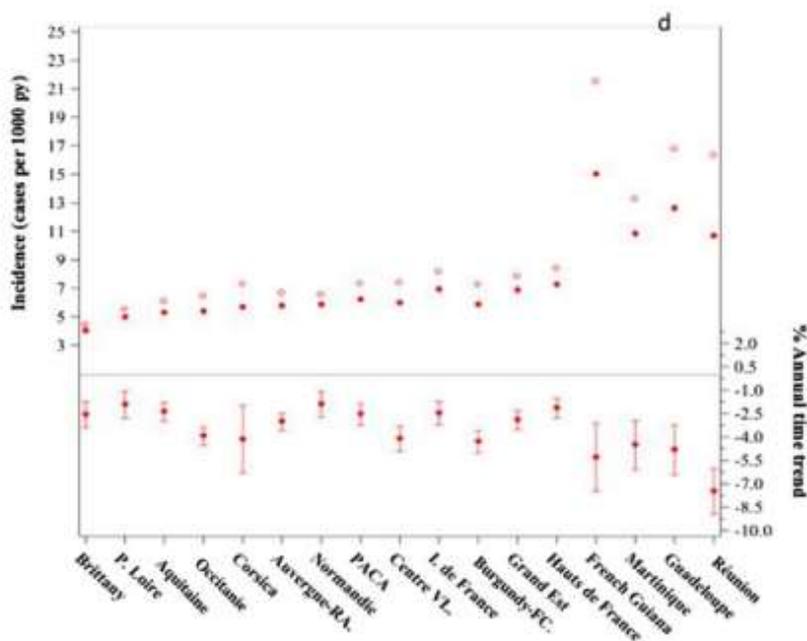
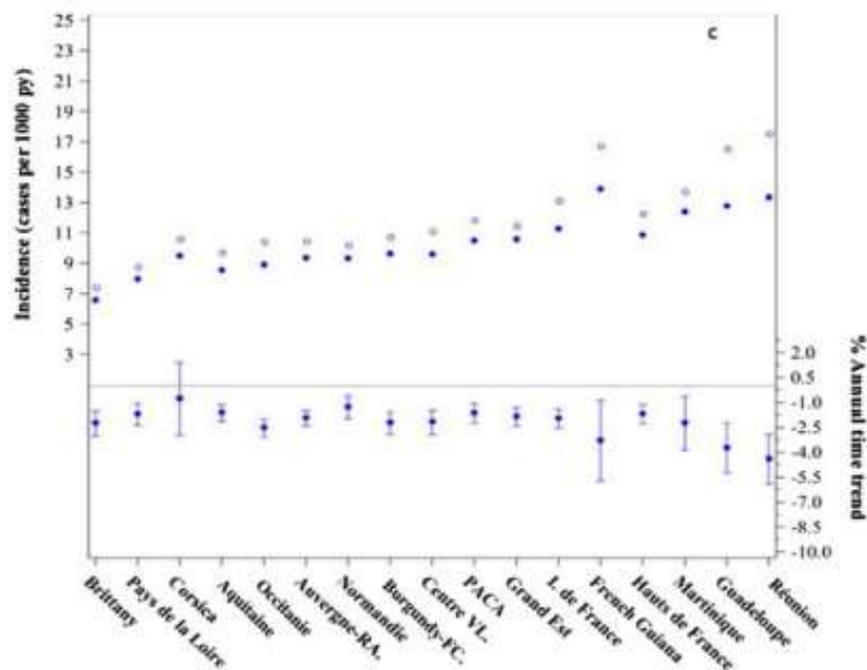


Extrait de la plateforme Geodes

L'étude de l'évolution de la prévalence et de l'incidence du DT2 (112), mentionnée au paragraphe 3.4.1, a introduit une dimension régionale. Ainsi, cette étude rapporte que sur la période 2010-2017, la prévalence du DT2 avait augmenté modestement dans l'ensemble des régions françaises à l'exception de l'île de la Réunion, de la Guadeloupe et de la Martinique qui avaient enregistré une diminution des taux chez les femmes. Une diminution du taux de prévalence était observée chez les hommes à l'île de la Réunion mais sans que cette dernière ne soit significative. Parallèlement à ces tendances, on observait sur la période 2012-2017 une diminution de l'incidence du DT2 chez les hommes et chez les femmes dans toutes les régions françaises. Ces diminutions étaient d'autant plus marquées que le taux de prévalence était élevé. Ainsi, ce sont les territoires ultra-marins qui enregistraient les plus fortes diminutions des taux d'incidence sur cette période (Figure 35). Les taux d'incidence du diabète traité pharmacologiquement déclinés au niveau de la région sont en cours d'exploitation et seront bientôt disponibles sur la plateforme Geodes.

Figure 35. Evolution des taux de prévalence et d'incidence standardisés du diabète traité pharmacologiquement, selon le sexe et la région, France, 2010-2017





Extrait de Fuentes S, et al., *Diabetes & Metabolism*, 2020 (112)

La figure 35a. présente les taux de prévalence standardisés chez les hommes en 2010 (cercles pleins) et 2017 (cercles vides), et les taux de variation annuelle (partie inférieure de la figure)

La figure 35b. présente les taux de prévalence standardisés chez les femmes en 2010 (cercles pleins) et 2017 (cercles vides), et les taux de variation annuelle (partie inférieure de la figure)

La figure 35c. présente les taux d'incidence standardisés chez les hommes en 2012 (cercles pleins) et 2017 (cercles vides), et les taux de variation annuelle (partie inférieure de la figure)

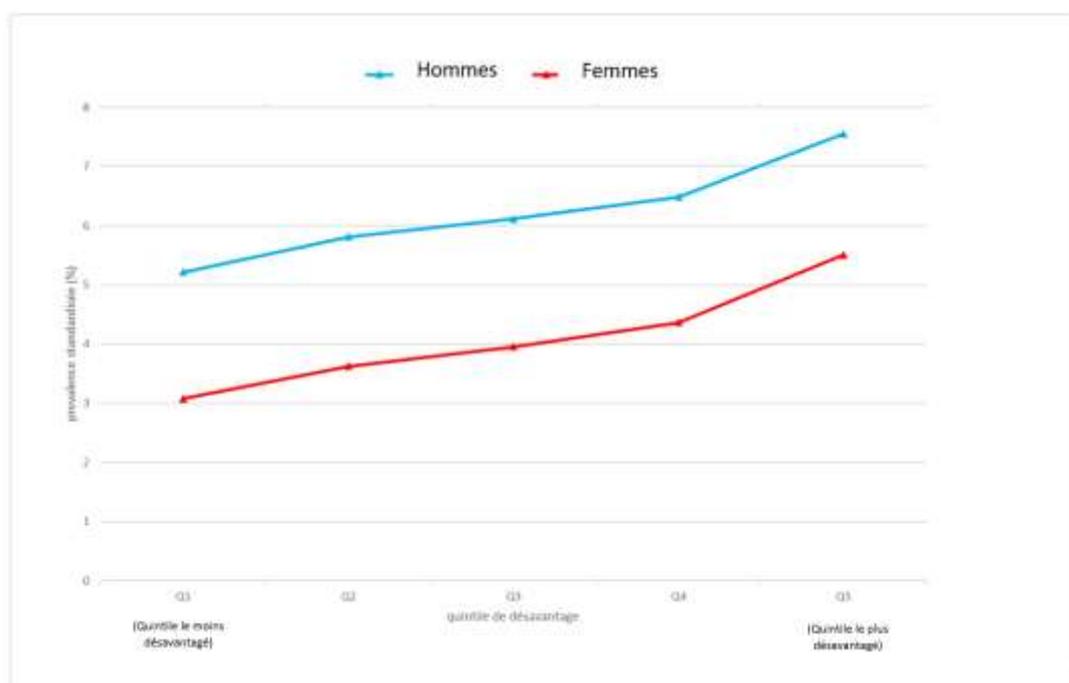
La figure 35d. présente les taux d'incidence standardisés chez les femmes en 2012 (cercles pleins) et 2017 (cercles vides), et les taux de variation annuelle (partie inférieure de la figure)

Les taux de prévalence du diabète traité pharmacologiquement sont déclinés selon deux indicateurs de niveau socio-économique disponibles dans le SNDS : le bénéfice de la CMU-C chez les personnes âgées de moins de 60 ans et un indicateur écologique de désavantage social mesuré au niveau de la commune, le FDep¹⁶ (131). Ces déclinaisons permettent d'étudier les **disparités sociales** du diabète traité pharmacologiquement.

En 2020, parmi les personnes âgées de moins de 60 ans, à structure d'âge identique, la prévalence du diabète traité pharmacologiquement était près de deux fois plus élevée chez les personnes bénéficiant de la CMU-C que chez celles n'en bénéficiant pas (3,9 % versus 2,1 %, taux standardisés). Par ailleurs, on observait un gradient positif entre la prévalence du diabète traité pharmacologiquement et le niveau de désavantage social (Figure 36). La prévalence du diabète traité pharmacologiquement était 1,4 fois plus élevée chez les hommes résidant dans les communes métropolitaines les plus défavorisées que chez ceux qui résidaient dans des communes métropolitaines les plus favorisées et ce ratio était davantage marqué chez les femmes : 1,8.

¹⁶ L'indice de désavantage social appelé FDep a été développé dans le contexte français (Rey et al, 2009). Il a été construit à l'échelle communale à partir des données de recensement de la population de 1999 (Insee) et des revenus fiscaux des ménages de 2001 (Insee-DGI). Quatre variables ont été utilisées : le pourcentage d'ouvriers dans la population active, le pourcentage de bacheliers chez les 15 ans et plus, le pourcentage de chômeurs dans la population active et le revenu médian par foyer. L'indice a été obtenu à l'aide d'une analyse en composantes principales (ACP) conduite sur ces quatre variables. Une version actualisée du FDep pour l'année 2015 dans les limites géographiques de 2017 est disponible à l'échelle de la commune et de l'IRIS.

Figure 36. Taux de prévalence standardisés du diabète traité pharmacologiquement selon le niveau de désavantage social de la commune de résidence en France métropolitaine en 2020



Source : SNDS – SNIIRAM – Exploitation Santé publique France

La cohorte Constances, qui dispose d'un recueil détaillé d'indicateurs individuels de niveau socio-économique nous a permis d'approfondir l'étude des inégalités socio-économiques dans la survenue du DT2 en déclinant les taux de prévalence du diabète et du prédiabète selon le niveau d'études et le pays de naissance. Les taux estimés à partir des données d'inclusion pondérées des années 2013 et 2014 sont présentés dans le tableau 14. On observe une relation inversée entre la prévalence du prédiabète, du diabète non diagnostiqué, du diabète diagnostiqué et le niveau d'étude. Ainsi, parmi les personnes ayant un niveau d'étude équivalent au primaire/collège, la prévalence du prédiabète était de 11,3 %, celle du diabète diagnostiqué de 8,9 % et celle du diabète non diagnostiqué de 3,4 % ; tandis que ces taux étaient, respectivement de 4,3 %, 1,7 % et 0,6 % chez les personnes ayant un niveau d'études supérieur à 4 ans post baccalauréat.

En outre, on observe des taux de prévalence significativement plus élevés chez les personnes nées dans un pays du Maghreb par rapport à celles nées en France pour le prédiabète (11,1 % vs. 7,0 %) et le diabète diagnostiqué (9,0 % vs. 3,4 %).

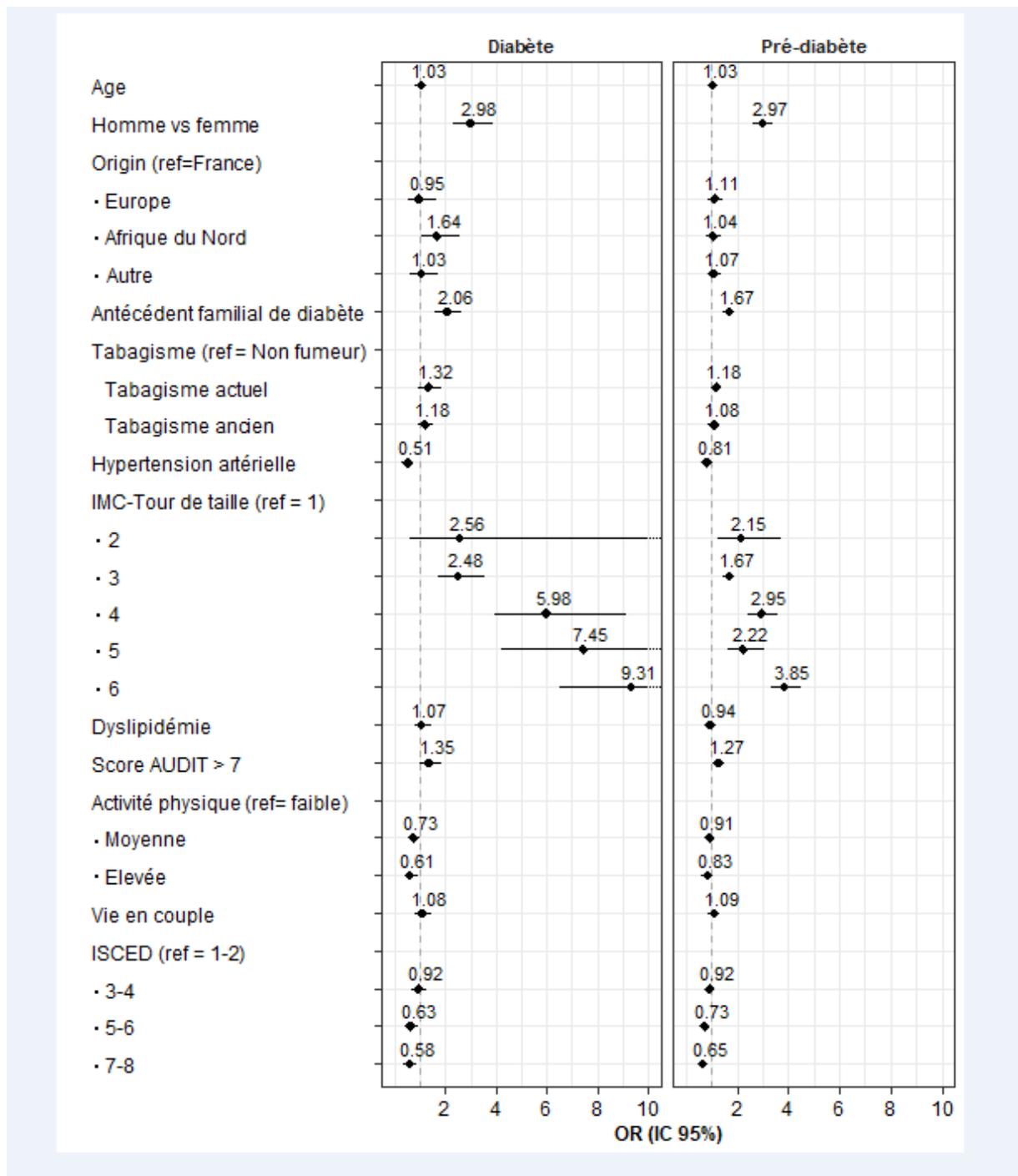
Tableau 14. Taux de prévalence des statuts glycémiques selon le pays de naissance et le niveau d'études – France métropolitaine – Constances 2013-2014

	Prédiabète (OMS)		Diabète non diagnostiqué		Diabète diagnostiqué	
	%	95% IC	%	95% IC	%	95% IC
Total	7,2%	6,7 – 7,7	1,6%	1,4 – 1,9	4,0%	3,6 – 4,4
Pays de naissance						
France	7,0%	6,5 – 7,5	1,5%	1,3 – 1,8	3,4%	3,8 – 3,8
Europe	8,5%	5,9 – 11,1	1,8%	0,6 – 3,0	5,0%	2,5 – 7,6
Afrique du Nord	11,1%	7,5 – 14,7	2,9%	1,1 – 4,7	9,0%	5,6 – 12,5
Autre	6,8%	4,9 – 8,6	1,0%	0,3 – 1,8	7,3%	5,1 – 9,5
Niveau d'études						
Primaire-Collège	11,0%	9,2 – 12,8	3,4%	2,3 – 4,5	8,9%	6,9 – 11,0
Lycée	8,5%	7,7 – 9,4	2,0%	1,5 – 2,4	4,7%	3,9 – 5,4
BAC-BAC+3	5,4%	4,6 – 6,2	0,9%	0,6 – 1,1	2,3%	1,7 – 2,9
≥ BAC+4	4,3%	3,5 – 5,1	0,6%	0,3 – 0,9	1,7%	1,1 – 2,3

Données pondérées ; OMS : Organisation mondiale de la santé ; IC : intervalle de confiance ; BAC : baccalauréat

Après ajustement sur les autres facteurs de risque de DT2, les associations entre le niveau d'étude et la présence d'un diabète et d'un prédiabète restaient significatives (Figure 37). De même, l'association entre le pays de naissance et la présence d'un diabète diagnostiqué restait significative (OR = 1,64 pour la naissance dans un pays du Maghreb par rapport à la France) mais l'association avec le prédiabète ne l'était plus.

Figure 37. Déterminants de la présence d'un diabète ou d'un prédiabète - France métropolitaine – Constances 2013-2014



IMC : Indice de masse corporelle); AUDIT : Alcohol Use Disorders Identification Test (niveau de dépendance à l'alcool); ISCED : International Standard Classification of Education (Classification internationale du type d'éducation) [Niveau 1-2 = Primaire-Collège; 3-4 = Lycée; 5-6 = BAC-BAC+3 ; 7-8 = ≥ BAC+4

L'association entre la présence d'un diabète et l'origine géographique avait déjà été mise en évidence dans une étude antérieure menée à partir des données de l'Enquête décennale santé 2002-2003 et publiée dans *Diabetes & Metabolism* (132).



Available online at
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com/en

Diabetes & Metabolism 40 (2014) 143–150



Original article

Type 2 diabetes prevalence, health status and quality of care among the North African immigrant population living in France

S. Fosse-Edorh^{a,*}, A. Fagot-Campagna^{a,b}, B. Detournay^c, H. Bihan^d, A. Gautier^e,
M. Dalichampt^a, C. Druet^a

^a Department of Chronic Diseases and Injuries, French Institute for Public Health Surveillance, 12, rue du Val-d'Osne, 94415 Saint-Maurice cedex, France

^b Strategy and Research Department, National Health Insurance, Île-de-France, Paris, France

^c Cemka-Eval, Bourg-la-Reine, France

^d Department of Endocrinology, Diabetology and Metabolic Disease, Avicenne Hospital, Paris XIII University and Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, Bobigny, France

^e National Institute for Prevention and Health Education, Saint-Denis, France

Received 15 July 2013; received in revised form 26 November 2013; accepted 27 November 2013

Cette étude incluait 13 959 personnes âgées de 45 ans ou plus. La prévalence du DT2 était estimée à 14,0 % [9,9 - 18,0] parmi les personnes nées dans un pays du Maghreb et à 7,5 % [7,0 - 8,0] parmi les personnes nées en France. Chez les femmes, la présence d'un DT2 restait associée au pays de naissance (Maghreb ou France) après ajustement sur l'âge, l'IMC et les revenus ou la profession et catégorie socio-professionnelle (PCS). Cette association n'était plus significative après ajustement sur le niveau d'études. Chez les hommes, aucune association n'était observée.

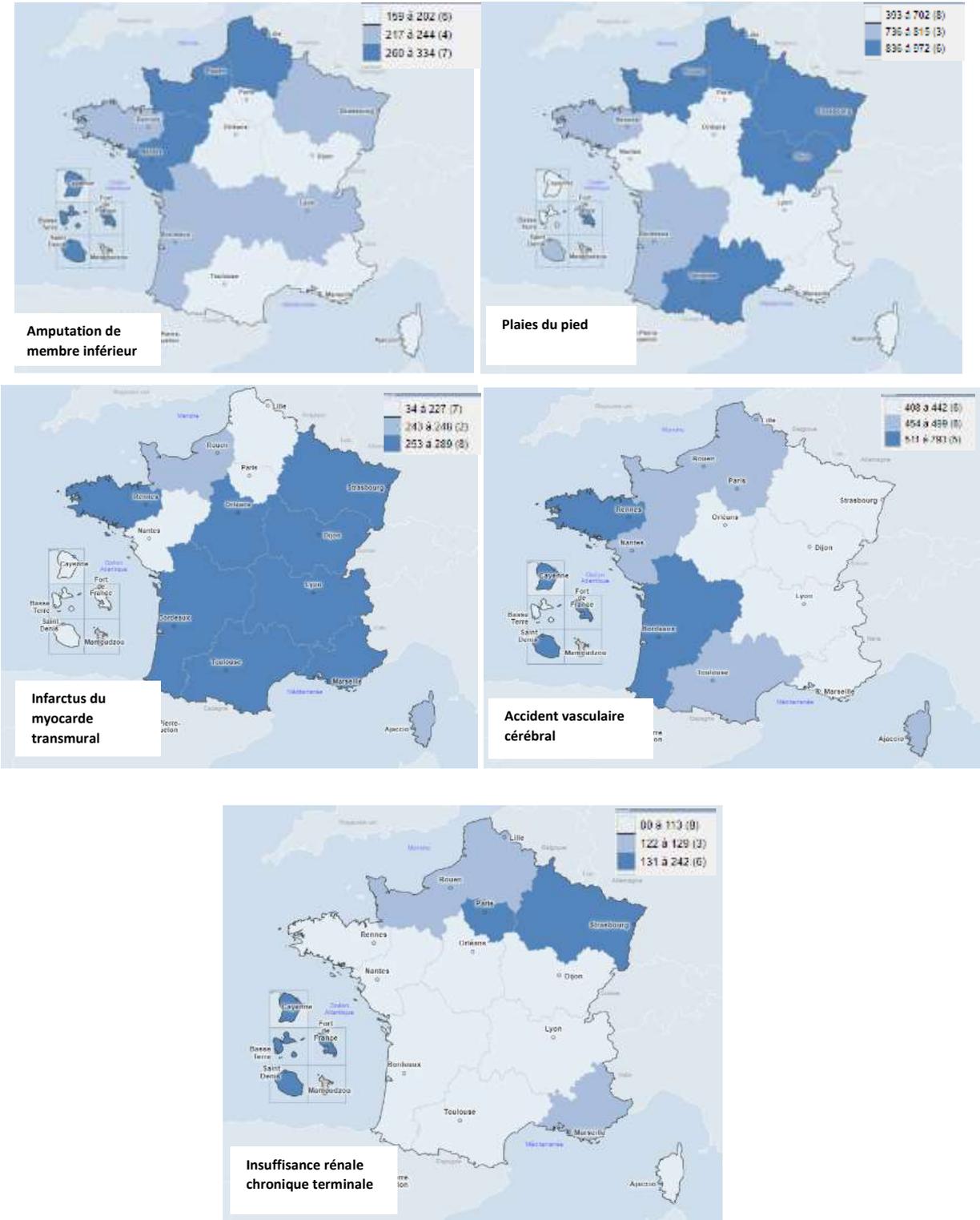
5.2 Inégalités sociales et territoriales de morbi-mortalité du diabète et de prévention des complications

L'exhaustivité des données du SNDS permet d'étudier **les disparités territoriales** de la survenue d'hospitalisations pour **complications liées au diabète** (102-105) et de la fréquence de **recours aux examens recommandés** (105, 130) pour le suivi clinique. Les taux régionaux et leurs évolutions temporelles sur la période 2010-2020 sont également disponibles sur la plateforme Geodes.

Les taux d'incidence des hospitalisations pour complications liées au diabète varient fortement en fonction des régions (Figure 38). On observe des taux d'incidence beaucoup plus élevés que les taux nationaux dans les régions d'outre-mer pour certaines complications. À structure d'âge identique, le taux d'incidence des hospitalisations pour mise sous dialyse ou greffe rénale était 2 fois supérieur au taux national en Martinique, 1,7 fois plus élevé à la Réunion, 1,6 fois en Guyane et 1,3 fois en Guadeloupe. Le taux d'incidence des hospitalisations pour AVC était 1,6 fois plus élevé que le taux

national à la Réunion et 1,4 fois plus élevé en Guyane. Le taux d'incidence des hospitalisations pour AMI était 1,5 fois plus élevé que le taux national en Martinique et à la Réunion, 1,3 fois en Guyane et 1,2 fois plus élevé en Guadeloupe. Enfin, en Martinique, le taux d'incidence des hospitalisations pour plaie du pied était 1,2 fois supérieur au taux national. À l'inverse, le taux d'incidence des hospitalisations pour plaie du pied était très faible en Guyane et en Guadeloupe (0,8 fois plus faible que le taux national). Le taux d'incidence des hospitalisations pour IDM transmural était très faible dans les régions d'outre-mer : la Guyane et la Guadeloupe, 0,1 et 0,3 fois moins élevé que le niveau national, respectivement. La Martinique et la Réunion enregistraient également des taux plus faibles que le taux national, respectivement 0,5 et 0,8 fois moins élevé. En métropole, on observe des taux d'incidence très élevés dans les Hauts-de-France pour les hospitalisations pour AMI (1,2 fois supérieur au taux national) et pour plaie du pied (1,3 fois le taux national). On observe également des taux élevés d'incidence des AMI en Normandie et Pays-de-la-Loire (1,2 fois le taux national) et d'incidence des plaies du pied en Bourgogne-Franche-Comté (1,3 fois). À l'inverse, on observe des taux d'incidence des plaies du pied plus faibles en Corse (0,5 fois plus faible que le taux national) et dans les régions Provence-Alpes-Cotes-d'Azur, Auvergne-Rhône-Alpes et Centre-Val-de-Loire (0,8 fois plus faible). Le taux d'incidence de l'IDM transmural était plus élevé dans les régions Centre-Val de Loire et Bourgogne-Franche-Comté (1,2 fois le niveau national). Le taux d'incidence des AVC était plus élevé en Bretagne (1,3 fois le niveau national) tandis que le taux d'incidence pour mise sous dialyse ou greffe rénale était faible en Pays-de-la-Loire et en Corse (0,7 fois moins élevé que le taux national).

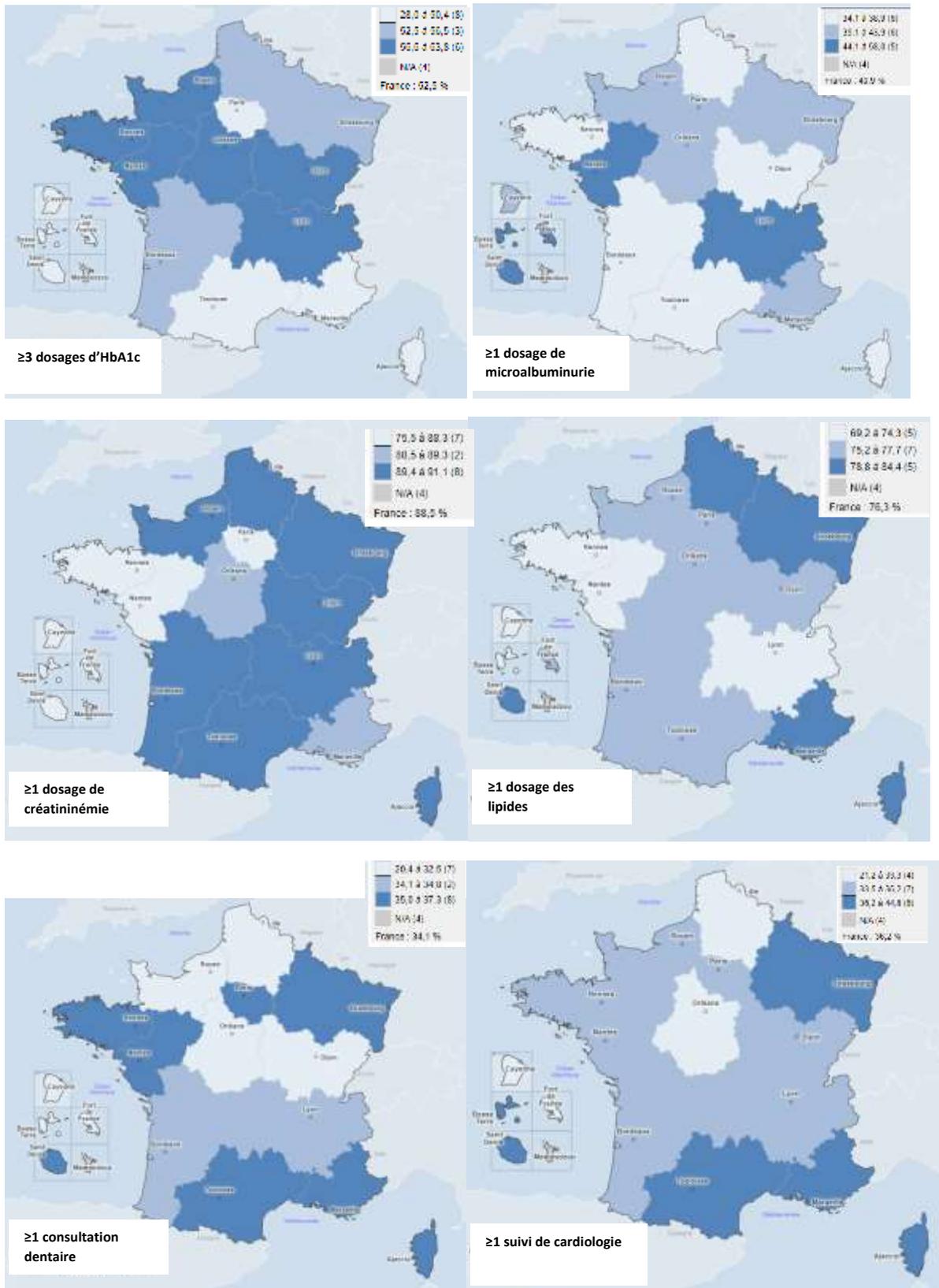
Figure 38. Disparités régionales des taux d'incidence standardisés (/100 000 personnes diabétiques traitées) des complications liées au diabète, personnes diabétiques âgées de 45 ans et plus, France entière, 2020

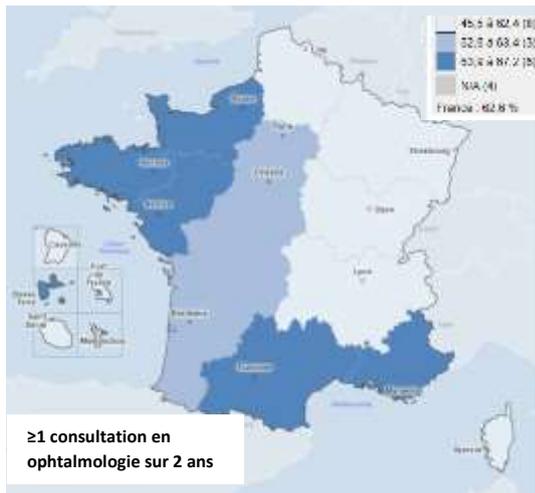


Cartes extraites de la plateforme Geodes

Concernant la fréquence de **recours aux examens recommandés** dans le cadre du suivi des personnes diabétiques, on observe des taux hétérogènes selon la région et le type d'examen (figure 39). Il est à noter le meilleur suivi de la microalbuminurie dans les DROM par rapport aux régions métropolitaines. Ce résultat, qui avait déjà été observé dans l'étude Entred 2 (92) souligne probablement une plus grande sensibilisation des médecins au dépistage de la néphropathie diabétique. Excepté pour le suivi de la microalbuminurie, la Guyane se démarque des autres régions par un très faible recours aux examens de suivi biologique et clinique en général. A l'inverse, la Réunion se différencie avec un suivi plus élevé que les taux nationaux pour la majorité des indicateurs.

Figure 39. Fréquence de suivi par les personnes diabétiques traitées pharmacologiquement des examens recommandés par la HAS, selon la région, France, 2020





Cartes extraites de la plateforme Geodes

Par ailleurs, les données du SNDS apportent quelques informations sur les **inégalités sociales de survenue des complications** (102-105). Parmi les personnes diabétiques âgées de moins de 60 ans, les personnes bénéficiant de la CMU-C étaient plus fréquemment hospitalisées pour des complications liées au diabète (Tableau 15). Par ailleurs, les taux standardisés d'incidence des hospitalisations étaient plus élevés chez les personnes résidant dans les communes les plus défavorisées : 1,3 fois plus élevé pour le taux d'incidence de la mise sous dialyse ou greffe rénale et 1,4 fois pour celui des plaies du pied et des AMI. Ce rapport était moins élevé pour le taux d'incidence des hospitalisations pour AVC (1,1), et le taux d'incidence des hospitalisations pour IDM transmurale ne variait pas en fonction du niveau de désavantage social (Figure 40).

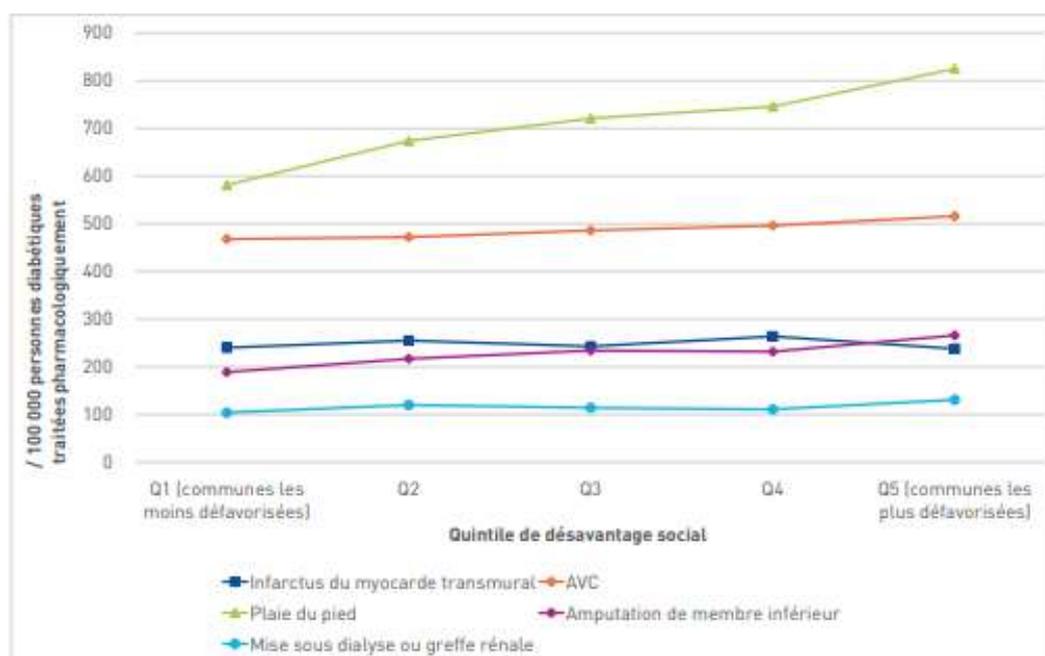
Tableau 15. Taux d'incidence standardisés des hospitalisations pour complications liées au diabète selon le bénéfice de la CMU-C parmi les personnes diabétiques de moins de 60 ans, France entière, 2016

	CMU-C (<60 ans) (/100 000)	Non CMU-C (<60 ans) (/100 000)	Indice comparatif d'incidence
Infarctus du myocarde transmurale	331	231	1,4
Accident vasculaire cérébral	362	226	1,6
Mise sous dialyse ou greffe rénale	126	78	1,6
Amputation d'un membre inférieur	250	147	1,7
Plaie du pied	639	455	1,4

* Standardisation sur la structure d'âge de la population européenne 2010 : Eurostat, population EU-27 chez les personnes âgées de plus de 45 ans / Champ : France entière hors Mayotte, personnes âgées de plus de 45 ans / Source : SNDS-PMSI/DCIR ; exploitation Santé publique France

Extrait de Fosse-Edorh S et al., Synthèse épidémiologique, 2018 (105)

Figure 40. Taux d'incidence standardisés des hospitalisations pour complications liées au diabète selon le niveau territorial de désavantage social, France métropolitaine, 2016



* Standardisation sur la structure d'âge de la population européenne 2010 : Eurostat, population EU-27 chez les personnes âgées de plus de 45 ans / Champ: France métropolitaine, personnes âgées de plus de 45 ans, hors sections locales mutualistes / Source: SNDS-PMSI/DCIR; exploitation Santé publique France

Extraite de Fosse-Edorh S et al., Synthèse épidémiologique, 2018 (105)

Le recueil d'indicateurs individuels de niveau socio-économique et d'indicateurs de contrôle des facteurs de risque dans les études Entred permet d'approfondir l'étude des associations entre le **niveau socio-économique et l'état de santé** des personnes diabétiques de type 2. Ainsi, une première étude réalisée à partir des données d'Entred 2 a été publiée dans la revue Diabetic Medicine (133).

Research: Epidemiology

Impact of socio-economic position on health and quality of care in adults with Type 2 diabetes in France: the Entred 2007 study

S. Fosse-Edorh , A. Fagot-Campagna, B. Detournay, H. Bihan, E. Eschwege, A. Gautier, C. Druet

First published: 17 April 2015 | <https://doi.org/10.1111/dme.12783> | Citations: 21

Parmi les 3 894 personnes ayant un DT2 dans Entred 2, celles ayant déclaré avoir des difficultés financières étaient plus fréquemment fumeurs, $OR_{aj} = 1,4 (1,1-1,6)$, obèses, $OR_{aj} = 1,3 (1,2-1,6)$ et avaient un moins bon contrôle glycémique ($HbA1c > 8\%$), $OR_{aj} = 1,4 (1,1-1,8)$, par rapport aux personnes ne déclarant pas de difficultés financières. Ils présentaient également davantage de complications coronaires et podologiques, $OR_{aj} = 1,3 (1,1-1,6)$ et $OR_{aj} = 1,7 (1,4-2,2)$, respectivement.

Les associations entre le statut socio-économique, mesuré par le niveau d'études et le ressenti financier, et l'état de santé des personnes diabétiques figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 16. Associations entre les facteurs de risque et le statut socio-économique, Entred 2

Table 2 Associations between health status outcomes and socio-economic position, $N = 3894$

	Educational level			Ability to make ends meet	
	≤ Primary school ($n = 1760$)	Secondary school ($n = 1134$)	≥ High school ($n = 805$)	Financial difficulties ($n = 1976$)	Financially comfortable ($n = 1775$)
Obese	1.6 (1.3–2.0)*	1.5 (1.2–1.8)*	1	1.3 (1.2–1.6)*	1
Smoker	1.0 (0.8–1.3)	1.2 (1.0–1.6)	1	1.4 (1.1–1.6)*	1
Treatment for hypertension [†]	1.1 (0.9–1.4)	1.2 (1.0–1.5)	1	1.0 (0.9–1.2)	1
Treatment for hypercholesterolemia [†]	1.0 (0.8–1.2)	0.9 (0.7–1.1)	1	1.0 (0.9–1.2)	1
HbA1c > 64 mmol/mol (8%) [†]	1.1 (0.7–1.5)	0.8 (0.6–1.2)	1	1.4 (1.1–1.8)*	1
Ophthalmologic complications [‡]	0.9 (0.7–1.1)	0.8 (0.6–1.1)	1	1.0 (0.8–1.2)	1
Chronic kidney disease ^{*,**}	1.3 (0.9–1.9)	1.0 (0.7–1.6)	1	1.4 (1.1–1.9)*	1
Podiatric complications [#]	1.7 (1.2–2.4)*	1.4 (1.0–2.0)	1	1.7 (1.4–2.2)*	1
Coronary complications [§]	1.4 (1.1–1.8)*	1.4 (1.0–1.8)*	1	1.3 (1.1–1.6)*	1

Data are presented as odds ratio (95% CIs) adjusted for age and sex.

* $P < 0.05$.

[†]Additional adjustment for BMI.

[‡]Additional adjustment for duration of diabetes, hypoglycaemic treatment and country of origin.

[#]Additional adjustment for duration of diabetes and hypoglycaemic treatment.

[§]Additional adjustment for BMI, smoking, self-reported hypertension, self-reported hypercholesterolemia, duration of diabetes and hypoglycaemic treatment.

**Stage ≥ 3 chronic kidney disease.

Extrait de Fosse-Edorh S et al., *Diabetic Med*, 2015 (133)

D'autre part, les personnes ayant déclaré avoir des difficultés financières avaient moins fréquemment eu recours à des spécialistes : ophtalmologistes, $OR_{aj} = 0,7 (0,6-0,8)$, dentistes, $OR_{aj} = 0,8 (0,7-0,9)$. Cependant, aucune association entre le ressenti financier et le recours aux examens biologiques recommandés n'était mise en évidence dans cette étude (tableau 17).

Tableau 17. Associations entre les indicateurs de qualité des soins et le statut socio-économique, Entred 2, N= 3 894

Table 3 Associations between quality of care criteria and socio-economic position, N = 3894

	Educational level			Ability to make ends meet	
	≤ Primary school (n = 1760)	Secondary school (n = 1134)	≥ High school (n = 805)	Financial difficulties (n = 1976)	Financially comfortable (n = 1775)
Benefiting from full coverage for a chronic disease	1.5 (1.2-2.0)*	1.2 (0.9-1.6)	1	1.3 (1.1-1.6)*	1
Number of visits to a general practitioner / year [†]	1.3 (1.2-1.4)*	1.2 (1.1-1.2)*	1	1.2 (1.1-1.2)*	1
≥ 1 visit/year to a private endocrinologist	0.5 (0.3-0.6)*	0.7 (0.5-0.9)*	1	0.9 (0.7-1.1)	1
≥ 1 visit/year to a private ophthalmologist	0.8 (0.6-0.9)*	0.9 (0.7-1.1)	1	0.7 (0.6-0.8)*	1
≥ 1 visit/year to a private dentist	0.6 (0.5-0.7)*	0.8 (0.7-1.0)*	1	0.8 (0.7-0.9)*	1
≥ 1 ECG or visit/year to a private cardiologist	1.0 (0.9-1.3)	0.9 (0.8-1.2)	1	1.0 (0.8-1.1)	1
≥ 3 HbA1c measurements/year	1.1 (0.9-1.3)	1.1 (0.9-1.4)	1	1.0 (0.8-1.1)	1
≥ 1 exploration of lipid abnormalities /year	0.7 (0.6-0.9)*	0.9 (0.7-1.1)	1	0.9 (0.8-1.1)	1
≥ 1 serum creatinine measurement/year	1.1 (0.8-1.4)	1.0 (0.8-1.3)	1	1.0 (0.9-1.2)	1
≥ 1 urine albumin measurement/year	1.0 (0.8-1.2)	0.8 (0.7-1.0)	1	0.9 (0.8-1.1)	1

Data are presented as odds ratios (95% CIs) adjusted for age, sex, duration of diabetes and hypoglycaemic treatment.

*P < 0.05.

[†]Data were log-transformed before analysis: results are presented as ratios of estimated marginal means (95% CIs) adjusted for age, sex, duration of diabetes and hypoglycaemic treatment.

Extrait de Fosse-Edorh S et al., *Diabetic Medicine*, 2015 (133)

Une seconde étude, réalisée à partir de l'intégralité des personnes sélectionnées dans les études Entred 1 et Entred 2, qu'elles aient répondu aux questionnaires ou non, et visant à mesurer l'évolution des inégalités sociales de recours aux soins des personnes diabétiques entre 2001 et 2007, a confirmé l'absence d'association entre le niveau socio-économique et le recours aux examens biologiques. Les résultats ont été publiés dans un article BEH (134). Dans cette étude, les inégalités sociales ont été mesurées à partir d'un indicateur écologique de désavantage social au niveau de l'IRIS, l'European Deprivation Index¹⁷ (EDI) (135). En 2001, les personnes résidant dans les IRIS les plus défavorisés avaient été remboursées de 3 dosages d'HbA1c et des autres dosages biologiques recommandés aussi souvent que les personnes résidant dans les IRIS les moins défavorisés. Cependant, elles avaient moins souvent consulté un endocrinologue, un ophtalmologiste ou un dentiste, mais avaient eu un recours

¹⁷ L'EDI (European Deprivation Index) est construit au niveau de l'Iris et inclut les variables suivantes : surpopulation dans le logement, pas de chauffage central ou électrique, non propriétaire, chômeur, de nationalité étrangère, pas de voiture, ouvrier non qualifié ou agricole, niveau d'études faible et famille monoparentale

plus fréquent au médecin généraliste. Entre 2001 et 2007, la plupart des indicateurs de recours aux soins avaient progressé, quel que soit le niveau de désavantage social. Le recours à l'ophtalmologiste était le seul indicateur à n'avoir progressé que chez les personnes résidant dans les IRIS les moins défavorisés. Aucun gradient n'avait évolué de façon statistiquement significative au cours de cette période, à l'exception de la fréquence des consultations de médecins généralistes qui avait diminué chez les personnes résidant dans les IRIS les moins défavorisés. Ainsi, si l'impact des inégalités sociales sur le recours aux soins restait important en 2007 en ce qui concerne le recours aux professionnels de santé (à l'exception de l'endocrinologue libéral), l'écart entre les niveaux de désavantage social semblait stable, voire s'était réduit, sauf pour le recours à l'ophtalmologiste.

En complément, une analyse spécifique **de l'état de santé des personnes diabétiques nées dans un pays du Maghreb** par rapport aux personnes nées en France a été réalisée et publiée dans l'article mentionnée au paragraphe 5.1 (132). Les personnes diabétiques nées dans un pays du Maghreb avaient un moins bon contrôle glycémique (HbA_{1c} > 8%: 30% vs. 15%) et avaient davantage de complications ophtalmologiques (25% vs. 18%, respectivement). Ces associations restaient significatives après ajustement sur le niveau socio-économique (Tableau 18).

Tableau 18. Associations entre le pays de naissance et l'état de santé des personnes diabétiques de type 2

Table 3
Cardiovascular risk factors and complications in type 2 diabetes participants in the ENTRED study.

	BIF (n = 3272)	BNA (n = 284)	P _{adjusted} ^a Model 1	P _{adjusted} Model 2 ^b
Self-reported hypertension (%)	60 (58; 62)	57 (51; 63)	0.169	0.123
Self-reported hypercholesterolaemia (%)	56 (54; 57)	57 (50; 62)	0.895	0.791
Smoking (%)	17 (15; 18)	17 (13; 21)	0.207	0.102
HbA _{1c} > 8% (%)	15 (14; 17)	30 (22; 38)	<0.001	0.004
Ophthalmological complications (%)	18 (17; 20)	25 (20; 30)	0.006	0.042
Renal complications (%)	31 (29; 34)	27 (18; 36)	0.966	0.657
Podiatric complications (%)	10 (9.1; 11)	13 (8.7; 16)	0.540	0.702
Coronary complications (%)	20 (19; 22)	23 (17; 28)	0.194	0.676

Data are presented as unadjusted percentages (95% CI); all values were weighted according to the complex survey design and non-response rate; BIF: born in France; BNA: born in North Africa; SES: socioeconomic status (financial difficulties and education level).

^a Adjusted for gender, age, diabetes duration, hypoglycaemic treatment.

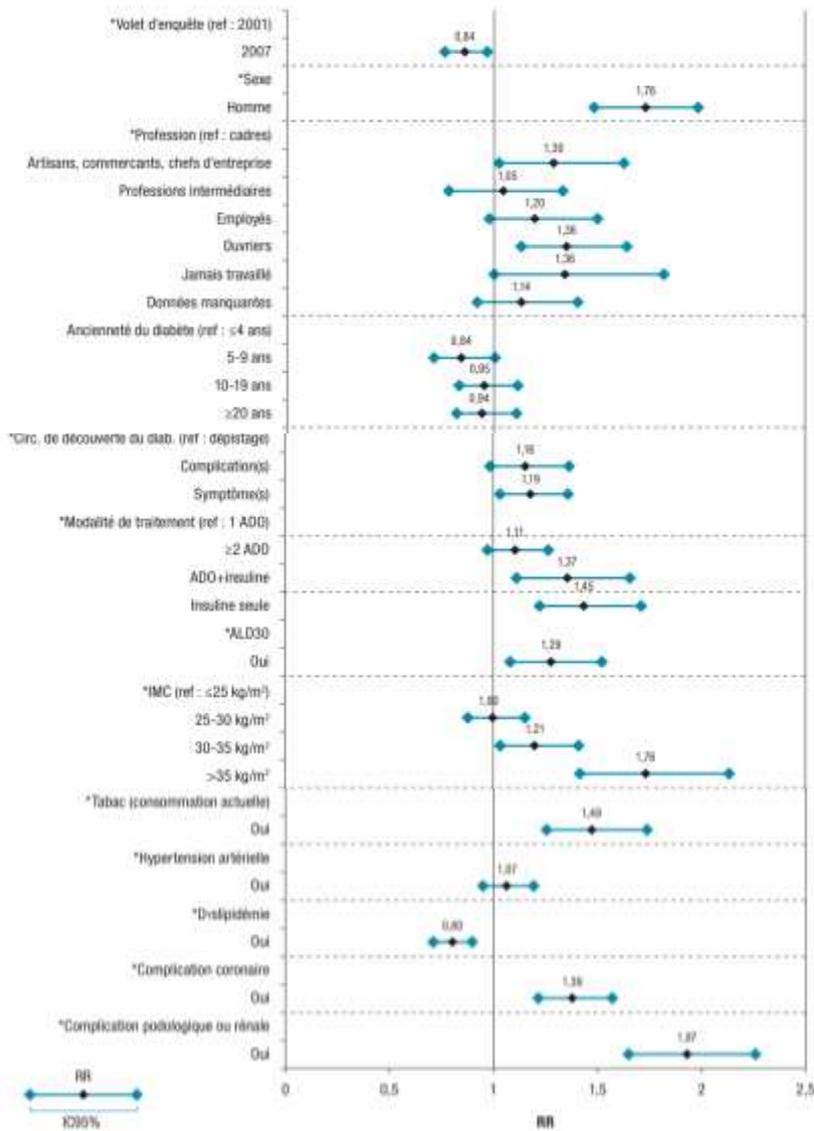
^b Same as model 1 with additional adjustment for SES.

Extrait de Fosse-Edorh S et al., *Diab & metab*, 2014 (132)

Enfin, parmi **les déterminants de la mortalité** des personnes diabétiques étudiés à partir du suivi de mortalité des deux études Entred 1 et Entred 2 combinées, on observait un risque de décès significativement plus élevé chez les ouvriers (RR=1,36 [1,11-1,67]) et chez les artisans, commerçants

et chefs d'entreprise (RR=1,30 [1,02-1,65]) par rapport aux cadres. Le résultat du modèle multivarié complet figure ci-dessous et ces résultats ont été publiés dans un article BEH (136).

Figure 41. Déterminants de la mortalité des personnes diabétiques de type 2 participant à l'une des deux cohortes Entred 1 ou Entred 2



¹ = Au moins 3 hypoglycémies sévères au cours des trois derniers mois : variable exclue du modèle de Cox car non significative.
²p < 0,05. IC95% : intervalle de confiance à 95%.
 ADO : antidiabétique oral ; ALD : affection de longue durée ; RR : risque relatif ; IMC : indice de masse corporelle.

Extraite de Piffaretti C et al., BEH 2016 (136)

5.3 Synthèse, chronologie des travaux de surveillance des inégalités sociales et territoriales

En synthèse, la frise figurant ci-dessous décrit la chronologie des travaux de surveillance des inégalités sociales et territoriales.

Figure 42. Chronologie des travaux de surveillance des inégalités sociales et territoriales



5.4 Discussion sur la surveillance des inégalités sociales et territoriales

L'exhaustivité du SNDS et sa couverture nationale permet de disposer d'une source d'informations extrêmement précieuse pour l'étude des **disparités territoriales**. Ainsi, il permet de décliner les indicateurs à l'échelle du département ou de la région. La prévalence du diabète traité pharmacologiquement est disponible annuellement à l'échelle du département depuis 2010, l'incidence des complications liées au diabète par le biais des hospitalisations et la fréquence des examens de recours aux soins sont disponibles à l'échelle de la région depuis également cette même année. Ces déclinaisons permettent d'effectuer des analyses à un niveau de maillage infranational en métropole et dans les territoires d'outre-mer (la Réunion, la Martinique, la Guadeloupe et la Guyane). Ces déclinaisons territoriales apportent des éléments informatifs pour les acteurs locaux, leur permettant d'une part de se positionner par rapport au niveau national et aux autres régions et d'autre part d'observer les tendances temporelles. Pour exemple, les indicateurs régionaux ont contribué à dresser un état des lieux du diabète à la Réunion dans le cadre de conférence de consensus, initiée en par l'ARS Océan Indien et qui réunit l'ensemble des acteurs afin de définir le contenu des actions à

mettre en œuvre, et les conditions de leur efficacité, pour améliorer la prévention du diabète à la Réunion et l'accompagnement des malades (137).

Toutefois, ce maillage n'est pas suffisamment fin pour être pleinement utile à la mise en œuvre d'interventions ciblées à un niveau géographique et populationnel fin. Par exemple, les Agences régionales de santé dans le cadre de leur Projet régional de santé, ont besoin d'informations à une unité géographique la plus fine possible pour pouvoir cibler les territoires prioritaires pour mettre en place des interventions.

Le choix de l'unité géographique, département ou région, repose sur des considérations de robustesse et de secret statistique. La prévalence du diabète traité pharmacologiquement est estimée relativement à la population générale donc sur un effectif suffisamment important pour être décliné à un niveau plus fin, soit au département. Les autres indicateurs sont estimés relativement à la population diabétique traitée pharmacologiquement donc nous produisons ces indicateurs au niveau de la région afin que les dénominateurs soient suffisants pour éviter les fluctuations liées aux petits effectifs. Une solution qui pourrait être proposée serait de produire les indicateurs de surveillance à une unité géographique plus fine en cumulant plusieurs années pour avoir davantage de stabilité. Il s'agit de la solution retenue pour l'incidence du diabète de type 1 de l'enfant. S'agissant d'un événement relativement rare (18/100 000), nous cumulons l'incidence sur 3 années pour pouvoir le décliner à l'échelle de la région.

Les données du SNDS ne permettent pas d'inclure le département de Mayotte faute d'exhaustivité des données de consommation de soins. Pour compenser ce manque, l'exploitation de l'enquête Unono Wa Maore réalisée en population générale à Mayotte en 2018-2019, permet de disposer d'informations sur la prévalence du diabète à Mayotte, sur l'état de santé et le recours aux soins des personnes diabétiques. Cette étude a apporté une estimation de la prévalence du diabète dans la population mahoraise âgée de 18 à 69 ans de 12,1 % [10,6 - 13,6] en 2019, dont une prévalence du diabète non connu de 4,7 % [3,8 - 5,7]. Ces résultats permettent de mettre en lumière l'urgence de la situation face au diabète dans ce département français et la nécessité de mettre en place des campagnes de dépistage et des interventions en prévention primaire (138).

La majorité des enquêtes en population générale, telle que Esteban, ne permettent pas de déclinaisons au niveau territorial faute d'effectifs suffisants et n'incluent pas les territoires ultra-marins. Pour permettre une approche territoriale, ces enquêtes doivent, soit cibler spécifiquement des territoires, comme l'étude Unono Wa Maore ou les Baromètres santé DROM ou Saint-Pierre-et-Miquelon, soit inclure un sur-échantillonnage de certains territoires, comme nous l'avons effectué dans la 3^{ème} édition de l'étude Entred. Un des objectifs d'Entred 3 était d'étudier de façon approfondie les spécificités du

diabète dans les DROM. Même si le diabète est très fréquent dans ces territoires, les résidents des DROM sont trop peu représentés lorsque le plan de sondage des enquêtes est établi au niveau national sans surreprésentation. C'était le cas dans la précédente édition d'Entred. Dans cette dernière édition, il a été d'emblée prévu, d'effectuer un sur-échantillonnage afin de disposer d'échantillons de taille suffisante pour permettre l'étude des spécificités des DROM, territoires dans lesquels le fardeau du diabète est le plus lourd. De plus, les outils et modes de recueil ont été adaptés pour faciliter la participation d'un plus grand nombre de personnes mais également pour que la diversité des populations puisse être représentée dans cette enquête qui vise à être représentative de la population diabétique.

L'étude des **disparités sociales** dans le SNDS est limitée par le manque d'informations sur le statut social. Deux indicateurs sont utilisés : le bénéfice de la CMU-C et l'indicateur de désavantage social, le FDep. Ces deux indicateurs présentent des avantages mais également des limites importantes. Tout d'abord le bénéfice de la CMU-C est un indicateur individuel qui peut être interprété comme un proxy de la précarité sociale. Le bénéfice de la CMU-C est soumis à des conditions de ressources dont le plafond est peu élevé (8 951 € en métropole et 9 962 € dans les DROM en 2020 pour une personne). Toutefois, au-delà de 60 ans, les minimas sociaux dont peuvent bénéficier les personnes les plus précaires ont des montants supérieurs au plafond de la CMU-C. Par exemple, en 2020, le montant de l'allocation de solidarité aux personnes âgées était de 10 836 €. Cela rend cet indicateur peu pertinent parmi les personnes âgées de plus de 60 ans et constitue une limite importante dans l'étude du diabète où la population est âgée en moyenne de 67 ans. Toutefois, depuis le 1^{er} novembre 2019, la mise en place de la complémentaire santé solidaire (C2S) permet de contourner cette limite. Les personnes de faibles ressources mais qui n'étaient pas éligibles à la CMU-C, telles que les bénéficiaires de l'allocation de solidarité aux personnes âgées, peuvent désormais prétendre à la C2S. Ce nouvel indicateur sera donc très pertinent dans les prochaines années, dès que sa montée en charge sera stabilisée.

Quant au recours à l'indicateur écologique de désavantage social, le FDep, il possède l'avantage de permettre l'étude de gradients sociaux sans se limiter à la précarité sociale. Toutefois, l'unité géographique la plus fine disponible dans le SNDS est la commune de résidence qui est une unité trop vaste pour permettre une mesure précise du désavantage. Une étude canadienne a montré que plus l'unité géographique est large, plus la dispersion des indicateurs est réduite et ainsi les inégalités sont sous-estimées (139). Les gradients socio-économiques très marqués que nous observons, notamment celui de la prévalence du diabète traité pharmacologiquement, sont probablement sous-estimés. Au niveau international, des indices de désavantage social sont disponibles dans les BDMA dans de nombreux pays à des échelles plus fines (140).

Pour compenser le manque d'indicateurs de niveau socio-économique dans le SNDS, les études en population générale (EDS, ESPS, EHIS, ENNS, Esteban, Constances...) sont d'une grande utilité. Ces enquêtes disposent d'un recueil d'indicateurs de niveau socio-économique individuels très développé permettant d'étudier les associations entre le statut social et la présence d'un diabète. Il est toutefois nécessaire que ces études portent sur des échantillons de taille suffisante pour permettre d'étudier les disparités sociales avec la puissance nécessaire. A court terme, la cohorte Constances permettra d'étudier les déterminants, dont le statut socio-économique, de la survenue d'un diabète. Enfin, les études Entred apportent la puissance nécessaire à l'étude des associations entre le statut socio-économique et l'état de santé ainsi que le recours aux soins des personnes diabétiques.

Au-delà de la puissance nécessaire, l'enjeu des études en population générale est de limiter les biais de participation. De façon générale, les personnes de plus faible niveau socio-économique participent moins aux enquêtes. Il est donc nécessaire de développer des méthodes de recueil permettant la plus grande diversité des profils de répondants ainsi que des méthodes statistiques permettant de corriger les biais de sélection. La méthodologie mise en œuvre dans Entred 3 illustre cette recherche de minimisation des biais de sélection. D'une part, un recueil de données multimode était proposé aux participants : en métropole, les personnes pouvaient participer par internet, par téléphone ou par questionnaire papier ; dans les DROM, elles pouvaient participer par internet ou en face à face avec des enquêteurs créolophones. D'autre part, des données auxiliaires étaient recueillies pour l'ensemble de l'échantillon tiré au sort. Il s'agissait du sexe, de l'âge, des traitements antidiabétiques, du pays de naissance. L'adresse postale a également été géocodée à l'Iris, offrant la possibilité de disposer d'un indicateur écologique de niveau socio-économique. Les extractions de données du SNDS pour ceux qui ne les avaient pas refusées (93 %) venaient compléter cette connaissance des profils de répondants et permettent de pondérer les données pour corriger les biais de participation.

L'ensemble des travaux menés à partir des différentes sources de données mettent en évidence une association entre le statut socio-économique et la prévalence du DT2, le recours à certains soins, le niveau de contrôle des facteurs de risque, la survenue des complications et la mortalité. En 2020, la prévalence du diabète traité pharmacologiquement était 1,8 fois plus élevée parmi les femmes résidant dans les communes les plus défavorisées par rapport à celles qui résident dans les communes les plus favorisées. Ce rapport était de 1,4 chez les hommes. D'autre part, l'analyse des données des premières années d'inclusion dans la cohorte Constances a montré que la présence d'un diabète était significativement associée au niveau d'études et au pays d'origine après ajustement sur les principaux facteurs de risque de DT2 (âge, sexe, antécédents familiaux, tabagisme, HTA, corpulence,

dyslipidémies, consommation d'alcool, activité physique). Une relation inversée était observée entre le niveau d'études et la prévalence du diabète et de même pour la prévalence du prédiabète. De plus, indépendamment du niveau d'études, le pays de naissance et notamment le fait d'être né dans un pays du Maghreb était significativement associé à la présence d'un diabète, mais pas d'un prédiabète.

Au-delà de la survenue du diabète, d'importantes inégalités sociales ont également été mises en évidence dans la survenue des complications du diabète. Ces inégalités sont également observées en termes de mortalité avec un sur-risque de décès observé chez les ouvriers par rapport aux cadres à état de santé équivalent. Néanmoins, un résultat positif, illustré dans nos études, concerne l'absence de mise en évidence d'un impact des inégalités socio-économiques sur le suivi des examens biologiques recommandés. Ces examens, notamment les indicateurs de suivi de l'équilibre glycémique et de l'atteinte rénale, restent trop peu fréquemment réalisés pour l'ensemble des personnes diabétiques. Les consultations dentaires et ophtalmologiques sont moins fréquentes dans les populations les plus défavorisées, mais ces résultats ne sont pas spécifiques à la population diabétique (141).

Cette relative homogénéité de suivi biologique observée interpelle. Le DT2 touche davantage les populations défavorisées et une fois la maladie établie, alors que le suivi biologique semble similaire, de fortes disparités dans la survenue des complications resurgissent. Cela suggère que la lutte contre les inégalités ne passe pas uniquement par le suivi des examens recommandés (quoique fondamental) mais essentiellement par une gestion appropriée de la maladie de la part de la personne diabétique et de son médecin. Cette gestion de la maladie repose notamment sur l'éducation du patient, qui doit être la mieux adaptée à son profil, facilitant l'observance des mesures hygiéno-diététiques et des traitements médicamenteux. Elle doit également reposer sur l'intensification de ces traitements, si nécessaire. Ainsi, ces observations rappellent que le diabète est une pathologie pour laquelle chaque niveau de prévention, qu'il soit primaire, secondaire ou tertiaire, reste fondamental pour lutter contre les conséquences des inégalités sociales. L'identification des obstacles à l'appropriation par le patient de sa maladie, son traitement et sa prévention reste un enjeu majeur dans la réduction des inégalités sociales de santé.

6 Discussion générale

6.1 Synthèse

Au fil du temps, les progrès technologiques, l'accès aux données par le biais des BDMA a permis de développer un système de surveillance multi-sources permettant de produire l'ensemble des indicateurs épidémiologiques du diabète présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19. Indicateurs développés dans le cadre du système de surveillance du diabète en France en 2022

<p>Risque de diabète</p>	<p>(1) Source d'information, (2) Déclinaison disponible selon : - Inégalités territoriales (IT); - Inégalités socio-économiques (ISE); (3) Tendances temporelles</p>	<p>Poids du diabète</p>	<p>(1) Source d'information, (2) Déclinaison disponible selon : - Inégalités territoriales (IT); - Inégalités socio-économiques (ISE); (3) Tendances temporelles</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Prévalence du prédiabète 	<ul style="list-style-type: none"> • (1) Esteban, Constances, (2) ISE, (3) 2006 et 2016 	<ul style="list-style-type: none"> • Prévalence du diabète traité pharmacologiquement • Incidence du diabète traité pharmacologiquement • Incidence du DT1 de l'enfant • Prévalence du diabète méconnu • Prévalence du diabète non traité pharmacologiquement • Caractéristiques des personnes diabétiques • Histoire de la maladie • Qualité de vie 	<ul style="list-style-type: none"> • (1) SNDS, (2) IT et ISE (3) 2010-2020 • (1) SNDS, (2) IT et ISE en cours (3) 2012-2020 en cours • (1) SNDS, (2) IT et ISE, (3) 2013-2017 • (1) Esteban, Constances, (2) ISE, (3) 2006 et 2016 • (1) Entred, (2) ISE et IST partielles (3) 2001, 2007, 2019
<p>Réduction du risque de complications</p>	<p>(1) Source d'information, (2) Déclinaison disponible selon : - Inégalités territoriales (IT); - Inégalités socio-économiques (ISE); (3) Tendances temporelles</p>	<p>Morbi-mortalité</p>	<p>(1) Source d'information, (2) Déclinaison disponible selon : - Inégalités territoriales (IT); - Inégalités socio-économiques (ISE); (3) Tendances temporelles</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Niveau de contrôle des facteurs de risque • Recours aux examens recommandés • Déterminants de la mortalité 	<ul style="list-style-type: none"> • (1) Entred, (2) ISE et IST partielles (3) 2001, 2007, 2019 • (1) SNDS, (2) IT et ISE (3) 2010-2020 • (1) Entred, (2) ISE, (3) 2002-2012 	<ul style="list-style-type: none"> • Incidence des hospitalisations pour complication • Prévalence des complications • Mortalité par causes • Surmortalité par causes 	<ul style="list-style-type: none"> • (1) SNDS, (2) IT et ISE (3) 2010-2020 • (1) Entred, (2) ISE et IST partielles (3) 2001, 2007, 2019 • (1) Entred, (2) ISE, (3) 2002-2012

6.2 Limites

Le système de surveillance du diabète repose sur de multiples sources d'informations : BDMA, enquêtes en population générale, enquêtes en population spécifique afin de mesurer le fardeau de cette maladie dans toutes ses dimensions. Chacune de ces sources nécessite un lourd investissement pour appréhender les données, leurs limites, les méthodologies spécifiques à développer. Cela nécessite également une veille permanente pour anticiper les besoins et créer des opportunités afin d'accéder à de nouvelles sources. La principale limite de ce système de surveillance multisources est donc sa lourdeur.

Cette lourdeur implique également un manque de réactivité. De façon générale, l'évolution des pathologies chroniques a une cinétique lente et une mise à disposition d'indicateurs à intervalle de temps régulier, par exemple tous les 3 ans est acceptable. Cependant, en temps de crise sanitaire telle que celle que nous vivons, notre système de surveillance n'est pas assez réactif pour mesurer l'impact de la crise en temps réel et à court terme et cette limite est devenue une contrainte forte.

6.3 Finalités

La principale finalité d'un système de surveillance doit être la production d'informations utiles pour l'action. Il est nécessaire pour les parties prenantes de disposer d'informations pertinentes permettant la mise en place d'une politique de santé publique visant à protéger et à améliorer la santé de la population, que ce soit à l'échelon national, régional ou local. Les indicateurs de surveillance permettent de documenter, de dresser un état de la situation. Il s'agit des éléments de base devant être complétés par des études de recherche afin de disposer de données probantes, notamment sur les facteurs de risque et les déterminants, à des fins de construction d'une démarche d'intervention avec une finalité de réduction du risque de diabète. Cette démarche s'inscrit dans un continuum allant de la donnée à la prévention. Par exemple, les indicateurs contributifs de la mesure du fardeau du diabète et leur description en fonction de certaines caractéristiques socio-démographiques, socio-économiques, culturelles permettent de cibler des populations prioritaires pour la mise en œuvre d'interventions de prévention primaire. En outre, la possibilité d'étudier les évolutions temporelles de l'incidence du diabète traité pharmacologiquement permettrait d'évaluer une campagne de prévention. Par ailleurs, nous pouvons illustrer l'intérêt des indicateurs mesurant le risque de complications. Par exemple, Entred permet d'estimer la fréquence du tabagisme et d'étudier les profils de fumeurs actifs. Cette étude peut venir en appui des recommandations rédigées actuellement par la Société Francophone du diabète et la Société Francophone de tabacologie. Cette étude peut également être utile à la Fédération française des diabétiques dans sa prochaine campagne de

prévention contre le tabac. Enfin, dans la lutte contre les inégalités sociales de santé, la littératie en santé est reconnue comme l'un des principaux piliers de la promotion de la santé pour lutter contre les inégalités sociales de santé, Entred 3 permettra de dresser un état des lieux du niveau de littératie en santé chez les personnes diabétiques en France, d'apporter des éléments de compréhension des mécanismes qui sous-tendent les liens entre littératie en santé, inégalités sociales et état de santé, et enfin d'identifier des populations prioritaires pour la mise en place d'interventions.

Nos travaux ont également d'autres finalités. Tout d'abord, la valorisation sous différents formats permet de partager la connaissance scientifique au niveau français et international et de réaliser des comparaisons. Ensuite, le partage des indicateurs vers des consortium internationaux ou vers des instances internationales, qu'il s'agisse de l'OMS ou de l'OCDE permet de participer aux efforts de lutte contre le diabète au niveau européen et mondial.

La transmission des indicateurs dans le cadre de collaborations avec des équipes œuvrant dans d'autres domaines permet également de participer à l'amélioration des connaissances en santé publique. Par exemple, les données d'incidence du DT1 de l'enfant complétées par des indicateurs écologiques de facteurs de risque connus de diabète (expositions à des polluants environnementaux, facteurs de risque associés à la mère et au déroulement de la grossesse, facteurs sociodémographiques) ont permis à la Direction Santé Environnement Travail de Santé publique France de mener une étude écologique concernant les facteurs de variation géographique du DT1 de l'enfant. D'autre part, la collaboration avec une équipe de l'université de Maastricht a permis de recourir à une méthodologie innovante, basée sur le machine learning, pour développer un algorithme de typage du diabète. Cela a permis de montrer les opportunités qu'offre le recours à l'intelligence artificielle dans le champ de la surveillance, voire de la prévention (142, 143).

6.4 Perspectives de développement

Les perspectives de développement sont nombreuses. A court terme, certains **indicateurs complémentaires pourraient être proposés**, telles que l'incidence des complications aiguës, la déclinaison de l'incidence des amputations de membres inférieurs selon le niveau majeur/mineur, le taux de mortalité annuel, le nombre d'années potentielles de vie perdues. Par ailleurs, les travaux initiés dans la cohorte Constances pour développer un algorithme de typage du diabète à partir d'une approche de type Machine Learning seront poursuivis. L'étude Entred 3 dispose d'un échantillon de taille plus conséquente de personnes diabétiques et surtout de DT1 sans limite d'âge et sans contraintes liées à l'état de santé. L'application de l'approche développée dans Constances aux données de l'étude Entred 3 permettront de contourner les limites identifiées et de finaliser un

algorithme qui serait ensuite applicable aux données du SNDS. Ainsi, nous serons en capacité de **développer un système de surveillance spécifique du DT1.**

Le recours à l'intelligence artificielle pourra être également appliquée au développement d'autres indicateurs faisant défaut actuellement. Ainsi un projet en collaboration avec l'Agence de la biomédecine pour le développement d'un algorithme d'identification de l'insuffisance rénale chronique est en cours. Cette méthodologie pourrait également être développée pour identifier les complications ophtalmiques. Cela nécessiterait néanmoins de disposer d'un gold-standard fiable, c'est à dire issu d'un examen ophtalmique dans une enquête avec examen de santé et appariée aux données du SNDS, du type de Constances. Ainsi, la convergence de trois éléments que sont les **outils d'envergures**, les **méthodes innovantes** et les **collaborations** ouvrent de vastes perspectives de développement.

Dans cette perspective, nous co-encadrons deux thèses qui portent sur les inégalités sociales de santé. L'une vise à étudier :

1. la dynamique de la prévalence et de l'incidence du diabète selon les ISS;
2. le rôle des ISS et de l'accessibilité de l'offre de soins dans la survenue des complications du diabète et de la mortalité des personnes diabétiques et d'en étudier la dynamique ;
3. le rôle des ISS dans le contrôle des facteurs de risque de complications liées au diabète.

La seconde porte sur la littératie en santé et a pour objectifs :

1. d'étudier les facteurs liés à un faible niveau de littératie en santé des personnes diabétiques en France ;
2. d'identifier des sous-populations au profil homogène en matière de littératie en santé, afin de prioriser les besoins pour une intervention ;
3. de préciser les mécanismes des liens entre inégalités sociales, niveau de littératie en santé et état de santé.

Les travaux menés dans le cadre de ces deux thèses permettront d'une part **d'améliorer la mesure** des inégalités sociales de santé et d'autre part de **rechercher des leviers** permettant de les réduire.

Enfin, des perspectives de développement prometteuses proviennent des **entrepôts de données**. Le SNDS, premier entrepôt de données de santé mis en œuvre en France a révolutionné les systèmes de surveillance des maladies chroniques. La **perspective** de disposer d'un **entrepôt de données de biologie**, issue de la capitalisation de la surveillance des infections au Sars-Cov2, constitue un changement de paradigme. D'une part, cela permettait d'améliorer certains indicateurs existants et d'en développer de nouveaux. Par exemple, disposer des résultats des dosages d'anticorps spécifiques

permettrait d'avoir un indicateur très fiable de l'incidence du DT1 ; disposer du pH, de la réserve alcaline ou des bicarbonates permettrait de disposer d'un indicateur de sévérité de l'acidocétose. D'autre part, cela permettrait d'alléger le recueil de données biologiques auprès des médecins dans les enquêtes Entred ou de façon plus générale dans les enquêtes avec examen de santé. Enfin, à plus long terme, le croisement de ces données avec des données environnementales et socio-économiques permettrait de disposer d'éléments de compréhension des déterminants comportementaux et des expositions environnementales, conceptualisé dans la notion d'exposome, associés à la survenue du diabète, dans une perspective plus intégrée des interventions.

7 Conclusion

Le système de surveillance du diabète en France s'est développé autour d'un socle solide que constitue le SNDS complété par les exploitations de différentes sources de données existantes (Esteban, Constances...) et par la mise en œuvre d'enquêtes spécifiques. Le défi du développement d'un tel système de surveillance est de saisir les opportunités, de s'appuyer sur les ressources existantes et d'établir des collaborations avec des experts du diabète mais également d'autres spécialités au niveau national ou international. Pour l'avenir, les progrès technologiques et les défis du numérique en santé, offrent de vastes opportunités de pratiquer la surveillance de la santé publique de manière plus efficiente et efficace.

8 Références

1. IDF. IDF Diabetes Atlas 10th edition. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation; 2021.
2. Organisation mondiale de la santé. Rapport mondial sur le diabète. Genève; 2016.
3. Williams J, Loeffler M. Global Trends in Type 2 Diabetes, 2007-2017. *JAMA*. 2019;322(16):1542.
4. Global Health Metrics - Diabetes Mellitus - Level 3 2020 [Available from: <https://www.thelancet.com/pb-assets/Lancet/gbd/summaries/diseases/diabetes-mellitus.pdf>].
5. Gregg EW, Beckles GL, Williamson DF, Leveille SG, Langlois JA, Engelgau MM, et al. Diabetes and physical disability among older U.S. adults. *Diabetes Care*. 2000;23(9):1272-7.
6. Kalyani RR, Saudek CD, Brancati FL, Selvin E. Association of diabetes, comorbidities, and A1C with functional disability in older adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), 1999-2006. *Diabetes Care*. 2010;33(5):1055-60.
7. Volpato S, Blaum C, Resnick H, Ferrucci L, Fried LP, Guralnik JM. Comorbidities and impairments explaining the association between diabetes and lower extremity disability: The Women's Health and Aging Study. *Diabetes Care*. 2002;25(4):678-83.
8. Sinclair AJ, Conroy SP, Bayer AJ. Impact of diabetes on physical function in older people. *Diabetes Care*. 2008;31(2):233-5.
9. Bossoni S, Mazziotti G, Gazzaruso C, Martinelli D, Orini S, Solerte SB, et al. Relationship between instrumental activities of daily living and blood glucose control in elderly subjects with type 2 diabetes. *Age Ageing*. 2008;37(2):222-5.
10. Bourdel-Marchasson I, Druet C, Helmer C, Eschwege E, Lecomte P, Le-Goff M, et al. Correlates of health-related quality of life in French people with type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*. 2013;101(2):226-35.
11. WHO. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications: report of a WHO consultation. Part 1, Diagnosis and classification of diabetes mellitus. 1999.
12. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2020. *Diabetes Care*. 2020;43(Suppl 1):S14-s31.
13. Vounzoulaki E, Khunti K, Abner SC, Tan BK, Davies MJ, Gillies CL. Progression to type 2 diabetes in women with a known history of gestational diabetes: systematic review and meta-analysis. *Bmj*. 2020;369:m1361.
14. Mayer-Davis EJ, Kahkoska AR, Jefferies C, Dabelea D, Balde N, Gong CX, et al. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Definition, epidemiology, and classification of diabetes in children and adolescents. *Pediatr Diabetes*. 2018;19 Suppl 27(Suppl 27):7-19.
15. Harding JL, Pavkov ME, Magliano DJ, Shaw JE, Gregg EW. Global trends in diabetes complications: a review of current evidence. *Diabetologia*. 2019;62(1):3-16.
16. Rewers A. Acute metabolic complications in diabetes. *Diabetes in America*, 3rd edn. NIH Pub No. 17-1468 ed2017. p. 17.1-9.
17. Harding JL, Andes LJ, Gregg EW, Cheng YJ, Weir HK, Bullard KM, et al. Trends in cancer mortality among people with vs without diabetes in the USA, 1988-2015. *Diabetologia*. 2020;63(1):75-84.
18. Pearson-Stuttard J, Bennett J, Cheng YJ, Vamos EP, Cross AJ, Ezzati M, et al. Trends in predominant causes of death in individuals with and without diabetes in England from 2001 to 2018: an epidemiological analysis of linked primary care records. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2021;9(3):165-73.
19. Gregg EW, Cheng YJ, Srinivasan M, Lin J, Geiss LS, Albright AL, et al. Trends in cause-specific mortality among adults with and without diagnosed diabetes in the USA: an epidemiological analysis of linked national survey and vital statistics data. *Lancet*. 2018;391(10138):2430-40.
20. Chen L, Islam RM, Wang J, Hird TR, Pavkov ME, Gregg EW, et al. A systematic review of trends in all-cause mortality among people with diabetes. *Diabetologia*. 2020;63(9):1718-35.

21. Gregg EW, Zhuo X, Cheng YJ, Albright AL, Narayan KM, Thompson TJ. Trends in lifetime risk and years of life lost due to diabetes in the USA, 1985-2011: a modelling study. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2014;2(11):867-74.
22. Huo L, Shaw JE, Wong E, Harding JL, Peeters A, Magliano DJ. Burden of diabetes in Australia: life expectancy and disability-free life expectancy in adults with diabetes. *Diabetologia.* 2016;59(7):1437-45.
23. Principes de dépistage du diabète de type 2. Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé; 2003.
24. Prévention et dépistage du diabète de type 2 et des maladies liées au diabète. Haute autorité de santé; 2014.
25. Gillett MJ. International Expert Committee report on the role of the A1c assay in the diagnosis of diabetes: *Diabetes Care* 2009; 32(7): 1327-1334. *Clin Biochem Rev.* 2009;30(4):197-200.
26. Use of Glycated Haemoglobin (HbA1c) in the Diagnosis of Diabetes Mellitus. Geneva: World Health Organisation; 2011. Contract No.: WHO/NMH/CHP/CPM/11.1.
27. Guide Affection de longue durée - La prise en charge de votre maladie, le diabète de type 1 de l'adulte. Haute autorité de santé; 2007.
28. Guide Affection de longue durée - La prise en charge de votre maladie, le diabète de type 2. Haute Autorité de santé; 2007.
29. Suivi du patient diabétique de type 2 à l'exclusion du suivi des complications. Recommandations de l'ANAES *Diabetes Metab.* 1999 25 1-64.
30. Peng H, Hagopian W. Environmental factors in the development of Type 1 diabetes. *Rev Endocr Metab Disord.* 2006;7(3):149-62.
31. Towards a better understanding of type 1 diabetes. *Lancet.* 2016;387(10035):2264.
32. Rewers M, Ludvigsson J. Environmental risk factors for type 1 diabetes. *Lancet.* 2016;387(10035):2340-8.
33. Pociot F, Lernmark Å. Genetic risk factors for type 1 diabetes. *Lancet.* 2016;387(10035):2331-9.
34. Abdullah A, Peeters A, de Courten M, Stoelwinder J. The magnitude of association between overweight and obesity and the risk of diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Diabetes Res Clin Pract.* 2010;89(3):309-19.
35. Laaksonen MA, Knekt P, Härkänen T, Virtala E, Oja H. Estimation of the population attributable fraction for mortality in a cohort study using a piecewise constant hazards model. *Am J Epidemiol.* 2010;171(7):837-47.
36. Luo J, Hodge A, Hendryx M, Byles JE. Age of obesity onset, cumulative obesity exposure over early adulthood and risk of type 2 diabetes. *Diabetologia.* 2020;63(3):519-27.
37. Smith AD, Crippa A, Woodcock J, Brage S. Physical activity and incident type 2 diabetes mellitus: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Diabetologia.* 2016;59(12):2527-45.
38. Emdin CA, Anderson SG, Woodward M, Rahimi K. Usual Blood Pressure and Risk of New-Onset Diabetes: Evidence From 4.1 Million Adults and a Meta-Analysis of Prospective Studies. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(14):1552-62.
39. Pan A, Wang Y, Talaei M, Hu FB, Wu T. Relation of active, passive, and quitting smoking with incident type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2015;3(12):958-67.
40. Shan Z, Ma H, Xie M, Yan P, Guo Y, Bao W, et al. Sleep duration and risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective studies. *Diabetes Care.* 2015;38(3):529-37.
41. Virtanen M, Ferrie JE, Tabak AG, Akbaraly TN, Vahtera J, Singh-Manoux A, et al. Psychological distress and incidence of type 2 diabetes in high-risk and low-risk populations: the Whitehall II Cohort Study. *Diabetes Care.* 2014;37(8):2091-7.
42. Tramunt B, Smati S, Grandgeorge N, Lenfant F, Arnal JF, Montagner A, et al. Sex differences in metabolic regulation and diabetes susceptibility. *Diabetologia.* 2020;63(3):453-61.

43. Kautzky-Willer A, Harreiter J, Pacini G. Sex and Gender Differences in Risk, Pathophysiology and Complications of Type 2 Diabetes Mellitus. *Endocr Rev.* 2016;37(3):278-316.
44. Diaz VA, Mainous AG, 3rd, Baker R, Carnemolla M, Majeed A. How does ethnicity affect the association between obesity and diabetes? *Diabet Med.* 2007;24(11):1199-204.
45. Araneta MR, Kanaya AM, Hsu WC, Chang HK, Grandinetti A, Boyko EJ, et al. Optimum BMI cut points to screen asian americans for type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2015;38(5):814-20.
46. Hsu WC, Araneta MR, Kanaya AM, Chiang JL, Fujimoto W. BMI cut points to identify at-risk Asian Americans for type 2 diabetes screening. *Diabetes Care.* 2015;38(1):150-8.
47. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet.* 2004;363(9403):157-63.
48. Chiu M, Austin PC, Manuel DG, Shah BR, Tu JV. Deriving ethnic-specific BMI cutoff points for assessing diabetes risk. *Diabetes Care.* 2011;34(8):1741-8.
49. Caleyachetty R, Barber TM, Mohammed NI, Cappuccio FP, Hardy R, Mathur R, et al. Ethnicity-specific BMI cutoffs for obesity based on type 2 diabetes risk in England: a population-based cohort study. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2021;9(7):419-26.
50. Scott RA, Langenberg C, Sharp SJ, Franks PW, Rolandsson O, Drogan D, et al. The link between family history and risk of type 2 diabetes is not explained by anthropometric, lifestyle or genetic risk factors: the EPIC-InterAct study. *Diabetologia.* 2013;56(1):60-9.
51. Bellamy L, Casas JP, Hingorani AD, Williams D. Type 2 diabetes mellitus after gestational diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2009;373(9677):1773-9.
52. Dendup T, Feng X, Clingan S, Astell-Burt T. Environmental Risk Factors for Developing Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(1).
53. Liu F, Chen G, Huo W, Wang C, Liu S, Li N, et al. Associations between long-term exposure to ambient air pollution and risk of type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Environ Pollut.* 2019;252(Pt B):1235-45.
54. Rancière F, Botton J, Slama R, Lacroix MZ, Debrauwer L, Charles MA, et al. Exposure to Bisphenol A and Bisphenol S and Incident Type 2 Diabetes: A Case-Cohort Study in the French Cohort D.E.S.I.R. *Environ Health Perspect.* 2019;127(10):107013.
55. Song Y, Chou EL, Baecker A, You NC, Song Y, Sun Q, et al. Endocrine-disrupting chemicals, risk of type 2 diabetes, and diabetes-related metabolic traits: A systematic review and meta-analysis. *Journal of diabetes.* 2016;8(4):516-32.
56. Hamman RF, Wing RR, Edelstein SL, Lachin JM, Bray GA, Delahanty L, et al. Effect of weight loss with lifestyle intervention on risk of diabetes. *Diabetes Care.* 2006;29(9):2102-7.
57. Ley SH, Hamdy O, Mohan V, Hu FB. Prevention and management of type 2 diabetes: dietary components and nutritional strategies. *Lancet.* 2014;383(9933):1999-2007.
58. Pan XR, Li GW, Hu YH, Wang JX, Yang WY, An ZX, et al. Effects of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance. The Da Qing IGT and Diabetes Study. *Diabetes Care.* 1997;20(4):537-44.
59. Eriksson J, Lindström J, Valle T, Aunola S, Hämäläinen H, Ilanne-Parikka P, et al. Prevention of Type II diabetes in subjects with impaired glucose tolerance: the Diabetes Prevention Study (DPS) in Finland. Study design and 1-year interim report on the feasibility of the lifestyle intervention programme. *Diabetologia.* 1999;42(7):793-801.
60. The Diabetes Prevention Program. Design and methods for a clinical trial in the prevention of type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 1999;22(4):623-34.
61. Vanelli M, Chiari G, Ghizzoni L, Costi G, Giacalone T, Chiarelli F. Effectiveness of a prevention program for diabetic ketoacidosis in children. An 8-year study in schools and private practices. *Diabetes Care.* 1999;22(1):7-9.
62. Stratton IM, Adler AI, Neil HA, Matthews DR, Manley SE, Cull CA, et al. Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study. *Bmj.* 2000;321(7258):405-12.

63. Hemmingsen B, Lund SS, Gluud C, Vaag A, Almdal T, Hemmingsen C, et al. Targeting intensive glycaemic control versus targeting conventional glycaemic control for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011(6):Cd008143.
64. La Déclaration de Saint-Vincent et son programme. Diabète sucré : prise en charge, traitement et recherche en Europe – Adoption française par le Conseil supérieur du diabète. *Diabetes & metabolism*. 1992;18:329-77.
65. Avis du HCSP - Diabète : prévention, dispositifs de soin, éducation du patient. Actualité et dossier en santé publique. 1998;23:30-2.
66. Allemand H, Fender P. [A public health program for better patient management]. *Diabetes & metabolism*. 2000;26 Suppl 6:7-9.
67. Weill A, Ricordeau P, Vallier N, Bourrel R, Fender P, Allemand H. [Modalities of follow-up on non-insulin treated diabetics treated in metropolitan France in 1998]. *Diabetes & metabolism*. 2000;26 Suppl 6:39-48.
68. Ricordeau P, Weill A, Vallier N, Bourrel R, Fender P, Allemand H. [Epidemiology of diabetes in metropolitan France]. *Diabetes & metabolism*. 2000;26 Suppl 6:11-24.
69. Ricordeau P, Weill A, Vallier N, Bourrel R, Guilhot J, Fender P. Prévalence et coût du diabète en France métropolitaine : quelles évolutions entre 1998 et 2000 ? *Rev Med Ass Maladie*. 2002;33:257-65.
70. Kusnik-Joinville O, Weill A, Salanave B, Ricordeau P, Allemand H. Prevalence and treatment of diabetes in France: trends between 2000 and 2005. *Diabetes & metabolism*. 2008;34(3):266-72.
71. Ricci P, Blotiere PO, Weill A, Simon D, Tuppin P, Ricordeau P, et al. Diabète traité : quelles évolutions entre 2000 et 2009 en France ? *Bull Epidemiol Hebd*. 2010(42-43):425-31.
72. Bonaldi C, Vernay M, Roudier C, Salanave B, Oleko A, Malon A, et al. A first national prevalence estimate of diagnosed and undiagnosed diabetes in France in 18- to 74-year-old individuals: the French Nutrition and Health Survey 2006/2007. *Diabet Med*. 2011;28(5):583-9.
73. Fagot Campagna A, Romon I, Fosse S, Roudier C. Prévalence et incidence du diabète, et mortalité liée au diabète en France – Synthèse épidémiologique. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, novembre 2010, 12 p.
74. Romon I, Jouglu E, Balkau B, Fagot-Campagna A. The burden of diabetes-related mortality in France in 2002: an analysis using both underlying and multiple causes of death. *Eur J Epidemiol*. 2008;23(5):327-34.
75. OMS, Règlement sanitaire international : 2005, Genève, Organisation mondiale de la santé, 2016, 3e éd., 100 p. (ISBN 978-92-4-258049-5).
76. Walker B, Jr. The Future of Public Health: the Institute of Medicine's 1988 report. *J Public Health Policy*. 1989;10(1):19-31.
77. Buehler JW. CDC's vision for public health surveillance in the 21st century. Introduction. *MMWR Suppl*. 2012;61(3):1-2.
78. World Health Organization. Integrated surveillance of noncommunicable diseases (iNCD). 2015. 56p. Copenhagen, Denmark.
https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0020/314507/iNCD-Report-2015.pdf.
79. Zins M, Bonenfant S, Carton M, Coeuret-Pellicer M, Guéguen A, Gourmelen J, et al. The CONSTANCES cohort: an open epidemiological laboratory. *BMC Public Health*. 2010;10:479.
80. Zins M, Goldberg M. The French CONSTANCES population-based cohort: design, inclusion and follow-up. *Eur J Epidemiol*. 2015;30(12):1317-28.
81. Gavrielov-Yusim N, Friger M. Use of administrative medical databases in population-based research. *J Epidemiol Community Health*. 2014;68(3):283-7.
82. Magliano DJ, Chen L, Islam RM, Carstensen B, Gregg EW, Pavkov ME, et al. Trends in the incidence of diagnosed diabetes: a multicountry analysis of aggregate data from 22 million diagnoses in high-income and middle-income settings. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2021;9(4):203-11.
83. Tuppin P, Rudant J, Constantinou P, Gastaldi-Ménager C, Rachas A, de Roquefeuil L, et al. Value of a national administrative database to guide public decisions: From the système national

d'information interrégimes de l'Assurance Maladie (SNIIRAM) to the système national des données de santé (SNDS) in France. Revue d'épidémiologie et de santé publique. 2017;65 Suppl 4:S149-s67.

84. Rapport Health Data Hub - Mission de préfiguration - Available from <https://solidarites-sante.gouv.fr/ministere/documentation-et-publications-officielles/rapports/sante/article/rapport-health-data-hub-mission-de-prefiguration>. 2018.

85. Scottish Diabetes Survey Monitoring Group, NHS Scotland Scottish Diabetes Survey 2015 2016. Accessed May 3, 2018. <http://www.diabetesinscotland.org.uk/Publications/SDS2015.pdf>.

86. Fosse-Edorh S, Rigou A, Morin S, Fezeu L, Mandereau-Bruno L, Fagot-Campagna A. [Algorithms based on medico-administrative data in the field of endocrine, nutritional and metabolic diseases, especially diabetes]. Revue d'épidémiologie et de santé publique. 2017;65 Suppl 4:S168-s73.

87. Païta M, Rivière S, Tala S, Fagot Campagna A. Les bénéficiaires du dispositif des affections de longue durée en 2014 et les évolutions depuis 2005. Points de repère. 2016;46.

88. Quantin c. Etude des algorithmes de définition de pathologies dans le Système national d'information inter-régimes de l'Assurance maladie (SNIIRAM). CnamTS; 2015.

89. Fuentes S, Cosson E, Mandereau-Bruno L, Fagot-Campagna A, Bernillon P, Goldberg M, et al. Identifying diabetes cases in health administrative databases: a validation study based on a large French cohort. International journal of public health. 2019;64(3):441-50.

90. Druet C, Roudier C, Romon I, Assogba FGA, Bourdel Marchasson I, al. a. Echantillon national témoin représentatif des personnes diabétiques, Entred 2007-2010 Caractéristiques, état de santé, prise en charge et poids économique des personnes diabétiques. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2013.

91. Wargny M, Gourdy P, Ludwig L, Seret-Bégué D, Bourron O, Darmon P, et al. Type 1 Diabetes in People Hospitalized for COVID-19: New Insights From the CORONADO Study. Diabetes Care. 2020;43(11):e174-e7.

92. Ndong JR, Romon I, Druet C, Prevot L, Hubert Brierre R, Pascolini E, et al. Caractéristiques, risque vasculaire, complications et qualité des soins des personnes diabétiques dans les départements d'outre-mer et comparaison à la métropole : Entred 2007-2010, France. Bull Epidemiol Hebd. 2010(42-43):432-6.

93. Fuentes S. Thèse de doctorat en Santé publique – épidémiologie / Université Paris Est. Définition et validation d'algorithmes d'identification des cas de diabète dans les bases de données médico-administratives à partir de la cohorte Constances et application à l'étude de l'évolution de la prévalence et de l'incidence du diabète dans le SNDS. Soutenue le 17/09/2020. Available from <http://theses.fr/2020PESC0058>.

94. Fuentes S, Hrzic R, Haneef R, Kab S, Fosse Edorh S, Cosson E. Development of type 1/type 2 diabetes classification algorithm through machine learning methods. Eur J Public Health. Submitted for publication.

95. Haute autorité de santé - Stratégie thérapeutique du diabète de type 2 : Fiche mémo et parcours de soins intégrés - Note de cadrage - Mise en ligne 24 juin 2020 - Available from https://www.has-sante.fr/jcms/p_3191108/fr/strategie-therapeutique-du-diabete-du-type-2-fiche-memo-et-parcours-de-soins-integres-note-de-cadrage.

96. Haute Autorité de Santé. Guide Patient - Affection de Longue Durée. La prise en charge du diabète de type 1 chez l'enfant et l'adolescent. Vivre avec un diabète de type 1. Available from : http://www.hassante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/bd-07-058-diabete_enfant.pdf.

97. Piffaretti C. Thèse de doctorat en Médecine - Santé publique et médecine sociale / Université Paris VI. Incidence du diabète de type 1 chez l'enfant en France, et son évolution de 2010 à 2015. N° 2017PA06S037. Soutenue le 27/06/2017.

98. Revision of the European Standard Population. Report of Eurostat's task force. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2013. 121p. <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5926869/KS-RA-13-028-EN.PDF/e713fa79-1add-44e8-b23d-5e8fa09b3f8f>.

99. Health at a Glance ; Health at a Glance 2017 ; OECD Indicators ; Available from https://doi.org/10.1787/health_glance-2017-en.
100. Jeffcoate W, Game F, Morbach S, Narres M, Van Acker K, Icks A. Assessing data on the incidence of lower limb amputation in diabetes. *Diabetologia*. 2021;64(6):1442-6.
101. Fosse S, Hartemann-Heurtier A, Jacqueminet S, Ha Van G, Grimaldi A, Fagot-Campagna A. Incidence and characteristics of lower limb amputations in people with diabetes. *Diabet Med*. 2009;26(4):391-6.
102. Fosse Etorh S, Mandereau Bruno L, Regnault N. Le poids des complications liées au diabète en France, en 2013. Synthèse et perspectives. *Bull Epidemiol Hebd*. 2015(34-35):619-25.
103. Fosse-Etorh S, Mandereau Bruno L, Olie V. Les hospitalisations pour infarctus du myocarde ou accident vasculaire cérébral chez les personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France en 2013. *Bull Epidemiol Hebd*. 2015(34-35):625-31.
104. Fosse Etorh S, Mandereau Bruno L, Hartemann Heurtier A. Les hospitalisations pour complications podologiques chez les personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France en 2013. Numéro thématique. Journée mondiale du diabète 2015. Suivi du diabète et poids de ses complications sévères en France. *Bull Epidemiol Hebd*. 2015(34-35):638-44.
105. Fosse Etorh S, Mandereau Bruno L, Piffaretti C. Le poids du diabète en France en 2016. Synthèse épidémiologique. . In: Fance Sp, editor. Saint-Maurice2018. p. 8.
106. Romon I, Rey G, Mandereau-Bruno L, Weill A, Jouglu E, Eschwege E, et al. The excess mortality related to cardiovascular diseases and cancer among adults pharmacologically treated for diabetes--the 2001-2006 ENTRED cohort. *Diabet Med*. 2014;31(8):946-53.
107. Fosse S, Romon I, Druet C, Fagot Campagna A. Echantillon national témoin représentatif des personnes diabétiques, Entred 2007-2010. Rapport méthodologique. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2012.
108. Fosse-Etorh S. Apports du Système nationale des données de santé (SNDS) et des enquêtes adossées, l'exemple d'Entred 3. Table ronde sur les données informatisées des personnes diabétiques. Communication orale. Congrès de la SFD, Nice, mars 2022. 2022.
109. Lailler G, Piffaretti C, Fuentes S, Nabe HD, Oleko A, Cosson E, et al. Prevalence of prediabetes and undiagnosed type 2 diabetes in France: Results from the national survey ESTEBAN, 2014-2016. *Diabetes Res Clin Pract*. 2020;165:108252.
110. Mandereau Bruno L, Denis P, Fagot Campagna A, Fosse Etorh S. Prévalence du diabète traité pharmacologiquement et disparités territoriales en France en 2012. N° thématique. Journée mondiale du diabète, 14 novembre 2014. *Bull Epidemiol Hebd*. 2014(30-31):493-9.
111. Mandereau Bruno L, Fosse Etorh S. Prévalence du diabète traité pharmacologiquement (tous types) en France en 2015 – Disparités territoriales et socio-économiques. *Bull Epidemiol Hebd*. 2017.
112. Fuentes S, Mandereau-Bruno L, Regnault N, Bernillon P, Bonaldi C, Cosson E, et al. Is the type 2 diabetes epidemic plateauing in France? A nationwide population-based study. *Diabetes & metabolism*. 2020;46(6):472-9.
113. Piffaretti C, Mandereau Bruno L, Guilmin-Crepon S, Choleau C, Coutant R, Fosse Etorh S. Incidence du diabète de type 1 chez l'enfant en France en 2013-2015, à partir du système national des données de santé (SNDS). Variations régionales. . *Bull Epidemiol Hebd*. 2017;27-28:571-8.
114. Mandereau Bruno L, Fagot Campagna A, Rey G, Piffaretti C, Antero Jacquemin J, Latouche A, et al. Évolution de la mortalité et de la surmortalité à 5 ans des personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France métropolitaine : comparaison des cohortes Entred 2001 et Entred 2007. Numéro thématique. Mortalité liée au diabète en France. *Bull Epidemiol Hebd*. 2016(37-38):668-75.
115. Sacks DB, Arnold M, Bakris GL, Bruns DE, Horvath AR, Kirkman MS, et al. Guidelines and recommendations for laboratory analysis in the diagnosis and management of diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2011;34(6):e61-99.
116. Piffaretti C, Mandereau-Bruno L, Guilmin-Crepon S, Choleau C, Coutant R, Fosse-Etorh S. Trends in childhood type 1 diabetes incidence in France, 2010-2015. *Diabetes Res Clin Pract*. 2019;149:200-7.

117. Verdot C, Torres M, Salanave B, Deschamps V. Corpulence des enfants et des adultes en France métropolitaine en 2015. Résultats de l'étude Esteban et évolution depuis 2006. . Bull Epidemiol Hebd. 2017;13:234-41.
118. Czernichow S, Renuy A, Rives-Lange C, Carette C, Airagnes G, Wiernik E, et al. Evolution of the prevalence of obesity in the adult population in France, 2013-2016: the Constances study. Sci Rep. 2021;11(1):14152.
119. Gomes E, Menguy C, Cahour L, Regnault N. Rapport de surveillance de la santé périnatale en France. Santé publique France. A paraître.
120. Shang Y, Marseglia A, Fratiglioni L, Welmer AK, Wang R, Wang HX, et al. Natural history of prediabetes in older adults from a population-based longitudinal study. J Intern Med. 2019;286(3):326-40.
121. Thereaux J, Lesuffleur T, Czernichow S, Basdevant A, Msika S, Nocca D, et al. Association Between Bariatric Surgery and Rates of Continuation, Discontinuation, or Initiation of Antidiabetes Treatment 6 Years Later. JAMA Surg. 2018;153(6):526-33.
122. Hazart J, Lahaye C, Farigon N, Vidal P, Slim K, Boirie Y. Évolution du recours à la chirurgie bariatrique en France entre 2008 et 2014. Bull Epidemiol Hebd. 2018;5:84-92.
123. Oberlin P, de Perreti C. Chirurgie de l'obésité en France : 20 fois plus d'interventions en 20 ans. . Etudes et résultats Drees. 2018;1051.
124. Halimi S. Chirurgie bariatrique : état des lieux en France en 2019 S. Halimi. Médecine des Maladies Métaboliques. . 2019;13(8):677-86.
125. Howard SG. Exposure to environmental chemicals and type 1 diabetes: an update. J Epidemiol Community Health. 2019;73(6):483-8.
126. Henry V, Piffaretti C, Saboni L, Gane J, Fosse E, Henry V; Piffaretti C; Saboni L; Gane J; Fosse-Edorh S. The Entred 3 study: a national representative sample of people with diabetes, 3rd edition-France-2019. Eur J Public Health. 2019;29.
127. Fosse E, Mandereau Bruno L, Hartemann Heurtier A. Inégalités sociales et territoriales de santé dans la prise en charge du pied diabétique, en France, en 2015. Médecine des maladies métaboliques. 2016;10.6:501-8.
128. Fagot Campagna A, Fosse S, Roudier C, Romon I, Penfornis A, Lecomte P, et al. Caractéristiques, risque vasculaire et complications chez les personnes diabétiques en France métropolitaine : d'importantes évolutions entre Entred 2001 et Entred 2007. Numéro thématique. Les enquêtes Entred : des outils épidémiologiques et d'évaluation pour mieux comprendre et maîtriser le diabète. Bull Epidemiol Hebd. 2009(42-43):450-5.
129. Mandereau Bruno L, Fagot Campagna A, Rey G, Piffaretti C, Antero Jacquemin J, Latouche A, et al. Surmortalité sur la période 2002-2011 des personnes diabétiques traitées pharmacologiquement en France métropolitaine par rapport à la population générale. Cohorte Entred 2001. . bull Epidemiol Hebd. 2016;37-38:676-80.
130. Fosse E, Mandereau Bruno L. Suivi des examens recommandés dans la surveillance du diabète en France en 2013. Numéro thématique. Journée mondiale du diabète 2015. Suivi du diabète et poids de ses complications sévères en France. Bull Epidemiol Hebd. 2015(34-35):645-54.
131. Rey G, Jouglé E, Fouillet A, Hemon D. Ecological association between a deprivation index and mortality in France over the period 1997 - 2001: variations with spatial scale, degree of urbanicity, age, gender and cause of death. BMC Public Health. 2009;9:33.
132. Fosse-Edorh S, Fagot-Campagna A, Detournay B, Bihan H, Gautier A, Dalichampt M, et al. Type 2 diabetes prevalence, health status and quality of care among the North African immigrant population living in France. Diabetes & metabolism. 2014;40(2):143-50.
133. Fosse-Edorh S, Fagot-Campagna A, Detournay B, Bihan H, Eschwege E, Gautier A, et al. Impact of socio-economic position on health and quality of care in adults with Type 2 diabetes in France: the Entred 2007 study. Diabet Med. 2015.
134. Fosse E, Pornet C, Delpierre C, Rey G, Bihan H, Fagot Campagna A. Associations entre niveau socioéconomique et recours aux soins des personnes diabétiques, et évolutions entre 2001 et

- 2007, à partir d'une approche écologique. Enquêtes Entred 2001 et 2007, France. N° thématique. Journée mondiale du diabète, 14 novembre 2014. Bull Epidemiol Hebd. 2014(30-31):500-6.
135. Pernet C, Delpierre C, Dejardin O, Grosclaude P, Launay L, Guittet L, et al. Construction of an adaptable European transnational ecological deprivation index: the French version. J Epidemiol Community Health. 2012;66(11):982-9.
136. Piffaretti C, Fagot Campagna A, Rey G, Antero Jacquemin J, Latouche A, Mandereau Bruno L, et al. Déterminants de la mortalité des personnes diabétiques de type 2. Cohortes Entred, France, 2002-2013. Numéro thématique. Mortalité liée au diabète en France. Bull Epidemiol Hebd. 2016(37-38):681-90.
137. Observatoire régional de la Santé. La réunion. Le diabète et les personnes diabétiques à la Réunion - Chiffres clés - Edition 2020. Available from : https://www.ors-reunion.fr/IMG/pdf/orsoi_chiffres_diabete_reunion_2020.pdf.
138. Azaz A, Jezewski-Serra D, Ruello M, Y. H, Piffaretti C, Fosse-Edorh S. Estimation de la prévalence du diabète et du prédiabète à Mayotte et caractéristiques des personnes diabétiques, Mayotte, 2019. Bull Epidemiol Hebd. 2022;A paraitre.
139. Gamache, P., Hamel, D., et Blaser, C. (2019) L'indice de défavorisation matérielle et sociale : en bref - Site Web de l'INSPQ. www.inspq.qc.ca/publications/2639.
140. Indicateurs de suivi de l'évolution des inégalités sociales de santé dans les systèmes d'information en santé. Rapport du HCSP. Juin 2013. .
141. Dourgnon P, Or Z, Sorasith C, Institut de Recherche et de Documentation en Economie de la Santé. Paris FRA. L'impact du dispositif des affections de longue durée (ALD) sur les inégalités de recours aux soins ambulatoires entre 1998 et 2008. QUESTIONS D'ECONOMIE DE LA SANTE. 2013(183):6p.
142. Fuentes S, Hrzic R, Haneef R, Kab S, Fosse-Edorh S, Cosson E. Apports de l'intelligence artificielle dans la prévention du diabète : comment cibler les personnes ayant un diabète méconnu dans le Système National des Données Santé : Étude basée sur les données de la cohorte CONSTANCES. 8-11 septembre 2020, Congrès SFD 2020, Bruxelles (Belgique).
143. Fuentes S, Hrzic R, Kab S, Haneef R, Fosse-Edorh S, Cosson E. 1614-P: Targeting People with Unknown Diabetes in Health Insurance Databases through Artificial Intelligence. Diabetes. 2020 Jun, 69(1s):1614-P.

9 Annexes

Annexe 1 – Protocole de l'étude Entred 3