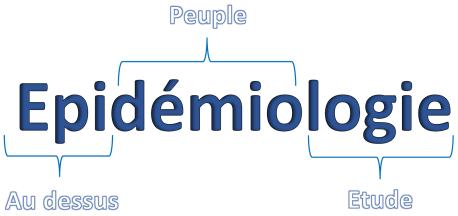
Étude de l'impact de l'activité professionnelle sur la santé perçue des sujets de la cohorte EPP3.

INSERM U970 PARCC (Paris Centre Cardiovascualaire)

E04 : Integrative Epidemiology of Cardiovascular Deseases

01/04/2019 - 31/08/2019



Odélia Guedj
M1 Mathématiques en Interaction
Université Evry Val d'Essonne

Dr Jean Philippe Empana
Research Director, MD, PhD
INSERM U970 PARCC

Table des matières

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble des personnes ayant contribué au sucés de ce stage.

Tous d'abord, merci au Dr Jean Philippe Empana de m'avoir fait confiance en m'accueillant dans son équipe. J'y ai énormément appris tant sur le plan statistique que sur le plan humain. J'ai découvert avec beaucoup de plaisir le monde de la recherche où j'espère un jour me faire une place ! Merci d'avoir toujours pris le temps de répondre à mes questions et surtout de m'avoir laissé assez de liberté pour que je découvre des choses par moi même.

Je tiens également à remercier Marie Lê Hoang, Ingénieur d'étude à l'INSERM qui a gentiment accepté de faire circuler mon CV dans l'unité et grâce à qui j'ai eu la chance d'avoir 3 propositions de stages.

Un grand merci à toute l'équipe 4 de l'unité pour ces 5 mois passés ensemble : des heures de discussions méthodologie, statistiques, éthique et médecine. Des heures à dompter des bouts de codes capricieux qui ne font pas ce qu'on leur demande. Merci pour cette ambiance de travail dans la bonne humeur : Bamba Gaye (MD, Phd), Marie-Aude Penet (MD, MSc), Prunelle Getten (MD, MSc), Willy Sutter (MD, PhD), Delphine Lavignasse (PhD), Anouk Asselin (MSc), Marie-Cécile Perrier(MSc), Lucile Ofredo (MSc), Radia B(ARC) ainsi que tous les apprentis chercheurs de passage.

Enfin, merci à Mme Agathe Guilloux et Mme Marie Luce TAUPIN, Enseignants Chercheurs à l'Université d'Évry Val d'Essonne pour leur aide durant cette année un peu particulière. Merci pour votre compréhension et pour le temps que vous m'avez accordé.

Citations

Nous ne devons pas laisser croire que tout progrès scientifique peut être réduit à des mécanismes, des machines, des rouages, quand bien même de tels mécanismes ont eux aussi leur beauté.
Madame Curie, Ève Curie, éd. Gallimard, 1938

The new form of the problem can be described in terms of a game which we call the 'imitation game."
It is played with three people, a man (A), a woman (B), and an interrogator (C) who may be of either sex.
The interrogator stays in a room apart front the other two. The object of the game for the interrogator is to determine which of the other two is the man and which is the woman. He knows them by labels X and Y, and at the end of the game he says either "X is A and Y is B" or "X is B and Y is A."
The interrogator is allowed to put questions to A and B...
We now ask the question, "What will happen when a machine takes the part of A in this game ?"
Will the interrogator decide wrongly as often when the game is played like this as he does when the game is played between a man and a woman ?
These questions replace our original, "Can machines think ?"
Mechanical Intelligence : Collected Works of A.M. Turing

Introduction

Les retraités : leur nombre, leur âge, le montant de leur pension sont des sujets récurrents des derniers mandats présidentiels français.
Les récentes législations[1] concernant le recul de l'âge légal du départ à la retraite se sont vues opposer de violentes résistances qui posent la question de la santé des individus actifs par rapport à celle des retraités[6] .

La santé perçue, Self Rated Health en anglais, est une mesure subjective de la santé des individus souvent utilisée en santé publique.
Cette mesure est effectuée grâce à une question directe aux individus : Sur une échelle de 0 à 10, comment évaluez vous votre santé (avec 0 : très mauvaise et 10 excellente).
La santé perçue est décrite dans la littérature comme un indicateur consistant de mortalité[10] [4] ayant des liens fort avec la santé mentale [9] et le contexte socio-économique des individus [8] [2].
Si la santé perçue reflète assez bien la santé objective d'individus [15] , il est important de souligner que sa nature subjective en fait un outils plus puissant encore puisqu'il permet de prendre en compte des critères psychologiques et sociaux comme les habitudes alimentaires, l'historique familial ou les disposition à la sur/sous évaluation d'un risque.

Cet outils a été utilisé dans l'étude de la cohorte GAZEL pour mettre en évidence l'hypothèse suivante[14] : les individus actifs voient leur santé perçue augmenter après avoir pris leur retraite. Pour ce faire les investigateurs disposaient de plusieurs points de mesure avant et après la retraite des sujets de la cohorte GAZEL.

L'objectif de mon stage était de m'inspirer des hypothèse de l'étude décrite ci-dessus pour montrer que la santé perçue des individus de l'Etude Parisienne Prospective 3 [5] est impactée par leur activité professionnelle.

1 Contexte

1.1 L'Inserm U970 Équipe 4

L'INSERM : Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale est un établissement publique de recherche créé en 1964 par le ministre de la santé Raymond Marcellin et dont la santé Publique et l'épidémiologie sont un des domaines de spécialité.
L'INSERM est constitué de plusieurs dizaines d'unités réparties sur l'ensemble du territoire français et dont le siège se trouve rue Tolbiac dans le 13 ème arrondissement de Paris.
J'ai effectué mon stage au PARCC (Paris Centre Cardiovasculaire) : une unité mixte de recherche de l'INSERM (U970) située dans le bâtiment recherche de l'hôpital George Pompidou (Rue Leblanc Paris 15) depuis 2009.
Cette unité est composée d'une dizaine d'équipes ayant une "vocation [1] internationale dans le domaine de la recherche fondamentale et translationnelle sur les maladies cardiovasculaires, à partir d'approches multiples combinant biochimie, biologie cellulaire et moléculaire, imagerie moléculaire, physiologie intégrative, pharmacologie, génétique et épidémiologie".

Durant mon stage j'ai intégré l'équipe 4 : Integrative Epidemiology of Cardiovascular Deseases, co-dirigée par le Dr Jean Philippe Empana et le Dr Xavier Jouven dont les sujets de recherche peuvent être résumés en quatre points :

1. CEMS : Centre d'Expertise de la Mort Subite. Il s'agit de la création d'une base de données recensant de façon exhaustive les événements de mort subite de Paris et de la petite couronne.

2. Approche multi-marqueurs à la détection de nouveaux facteurs de risque aux maladies cardiovasculaires.

3. Épidémiologie des maladies cardiovasculaires dans les pays en voie de développement.

4. The Paris Transplant Group : Epidémiologie de l'immuno-atherosclerosis.

Ma recherche est inclue dans le deuxième point ci dessus.

L'équipe est composée de médecins, de statisticiens, d'attachés de recherche clinique (ARC) et d'étudiants (thèse de science, stage M1/M2, post-doc).
On y trouve une grande diversité de nationalités, de parcours, de spécialités donnant une vue d'ensemble sur le monde de la recherche en santé/bio-statistiques et créant une émulsion qui m'a beaucoup profité.

1.2 L'étude Parisienne Prospective 3 (EPP3)

EPP3 [5] est une étude prospective de cohorte en population générale comptant n = 10157 sujets. Ces dernier ont été recrutés dans des centres IPC (centres d'examens de santé conventionnés par l'assurance maladie) entre Juin 2008 et Décembre 2011.

1. Site Web de l'Hôpital Européen George Pompidou

Pour entrer dans l'étude, les sujets doivent avoir entre 50 et 75 ans.

Les données sont récoltées via des questionnaires envoyés tous les deux ans qui, à l'exception du questionnaire d'inclusion sont élaborés à l'INSERM U970 équipe 4.
Le questionnaire d'inclusion [2] provient de l'IPC. Il contient une partie socio-admnistrative, des questions sur l'environnement professionnel des sujets ainsi que sur leurs habitudes de vie (alimentation, tabac, alcool). Une autre partie du questionnaire traite des antécédents médicaux des sujets, tant familiaux que personnels, de leur état de santé actuel et de leurs prescriptions médicamenteuses. La dernière partie traite du bien-être des sujets : on y trouve des questions sur leur stress perçu, leur équilibre mental ainsi que leur nutrition.

Le but de l'étude est la recherche de facteurs de risque pour les maladies cardiovasculaires.
Dans chacun des questionnaires il est demandé aux sujets de déclarer leurs hospitalisations en détaillant le motif d'hospitalisation, le nom de l'hôpital, du service où ils ont été traités ...
Chaque hospitalisation déclarée est appelée évènement.

Pour s'assurer de la validité des déclarations des sujets, un protocole de validation d'événement a été mis en place : régulièrement un certain nombre d'événements sont extraits de la base. Pour chaque évènement, on contacte l'hôpital pour qu'il transmette au responsable de l'étude les comptes-rendus hospitaliers (CRH) de l'évènement en question. Ensuite les CRH sont lus par un médecin qui valide, invalide ou corrige le diagnostique déclaré par le sujet.

L'étude EPP3 est une étude longue, il est prévu que le suivi dure 20 ans (10 questionnaires à raison d'un tous les deux ans).
Elle a déjà donné lieu à la publication de plus d'une vingtaine d'articles dans des revues prestigieuses comme le JACC (Journal of the American College of Cardiology) ou le JAMA (Journal of the American Medical Association).

2. Annexe 1

2 Bref aperçu de l'épidémiologie

2.1 Histoire et définition

Épidémiologie vient des mots grecs "epi" : au-dessus, "demio" : peuple. Ainsi la définition étymologique de l'épidémiologie est l'étude des peuples.
Si l'on tente de donner une définition plus précise de ce qu'est l'épidémiologie on se retrouve vite enseveli sous le nombre de possibilités.

Le dictionnaire Larousse propose la définition suivante : *Science qui étudie, au sens des populations (humaines, animales voir végétales), la fréquence et la répartition des problèmes de santé dans le temps et dans l'espace, ainsi que le rôle des facteurs qui les déterminent.*

Cependant deux autres définition méritent d'être citées pour leur pertinence (préférence subjective bien entendu). Celle Mac Mahon : *Étude de la distribution et des déterminants d'une maladie dans des populations humaines, et application des résultats de cette étude dans la lutte contre cette maladie*, et celle de Jeniceck : *L'épidémiologie est un raisonnement et une méthode propres au travail objectif en médecine et dans d'autres sciences de la santé, appliqués à la description des phénomènes de santé, à l'explication de leur étiologie, et à la recherche des méthodes d'intervention les plus efficaces.*

Ce cocasse problème de définition est cependant assez sérieux pour que des épidémiologistes décident de mener leur enquête [7] sur les définitions données à leur discipline entre 1978 et 2017. Ils en répertorient 102 et identifient 5 termes présent dans plus de la moitié des définitions répertoriées : "population", "étude", "santé","maladie" et "distribution".
Ils observent également une augmentation des mots "contrôle" et "santé" dans les définitions entre 1978 et 2017. Il est à noter que les définitions autorisées à être inclues dans l'étude sont soit en anglais soient des définitions nationales traduites en anglais.

Les 5 mots cités précédemment rendent assez bien compte de ce qu'est réellement la discipline, preuve que l'étude menée sur ses définitions n'était pas vaine puisqu'elle permet de comprendre en profondeur ce qu'est l'épidémiologie (santé, maladie, étude), en quoi elle se détache de la médecine (population, distribution) et pourquoi elle est utile (contrôle,maladie).

Forts de ces éclaircissements, nous pouvons sans trop nous tromper, faire l'hypothèse que l'épidémiologie est aussi vieille que la médecine. Depuis la discipline a beaucoup évolué, s'adaptant aux nouveaux défis posés par l'apparition de maladies.

Dans un article de médecine science publié en 2016 [3], Philippe Bizouarn [3] identifie 4 aires distinctes de l'épidémiologie.
La première appelée statistiques sanitaires repose sur la théorie des miasmes (émanations fétides du sol, de l'air, de l'eau) et occupe la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle.

La seconde, ère des maladies infectieuses, s'étend de la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle à la

3. Épidémiologiste, Praticien hospitalier - Service d'Anesthésie-Réanimation de l'Hôpital G et R Laënnec, CHU de Nantes

deuxième moitié du XX^{ème} siècle. Elle rejette la théorie des miasmes au profit de la théorie des germes avec la découverte du microbe.
Un exemple historique d'étude épidémiologique de cette ère est celle que J.Snow effectue en 1954 afin de mettre en évidence le mode de propagation du choléra. Il découvre un lien fort entre le nombre de cas de choléra dans une zone et la distribution d'eau qui la dessert. Il arrive à prouver qu'une des pompes d'eau occasionne le plus grand nombre de cas de choléra, la fait retirer et endigue ainsi l'épidémie. L'eau est alors communément admise comme voie de propagation de la maladie.

La troisième ère de l'épidémiologie identifiée par P.Bizouarn (deuxième moitié du XX^{ème} siècle jusqu'au début du XXI^{ème}) est celle des maladies chroniques dont une des études les plus connues est celle de Dull et Hill datant de 1950 sur le cancer bronchopulmonaire.

Enfin il appelle la dernière ère, l'ère de l'éco-épidémiologie caractérisée par la recherche et l'analyse des associations entre plusieurs "facteurs de risques" (par exemple l'exposition à une maladie, le tabac, l'alcool...) et les "issues" (maladies) sans rechercher systématiquement de "lien causal" entre un des facteurs et les issues.

2.2 Notions de base, vocabulaire

L'épidémiologie utilise des méthodes statistiques afin de décrire une maladie ou d'en rechercher les causes. Cependant, le vocabulaire utilisé diffère quelque peu de celui utilisé en mathématiques.
Ainsi la variable à expliquer, Y, est souvent appelée variable d'intérêt.

De plus, en épidémiologie, les variables explicatives, ou covariables, sont classées dans plusieurs groupes :

- Il y a d'une part la variable d'exposition c'est à dire la variable explicative principale.
- Les facteurs de confusion : ce sont les covariables qui sont inclues de façon (quasi) systématiques dans les modèles statistiques pour des raisons cliniques. Ces variables sont décrites dans la littérature et varient selon la branche médicale. On y retrouve souvent l'âge, le sexe, l'indice de masse corporelle des sujets ainsi que leur habitudes de vie : tabac, alcool, score de dépression, statut marital...
  Les facteurs de confusion sont des variables à la fois liées au facteur de risque et à la variable d'intérêt.
- Enfin les autres variables explicatives sont appelées variables d'ajustement : il s'agit d'autres facteurs pouvant participer, avec la variable d'exposition, à l'explication de la variable d'intérêt.

L'épidémiologie a deux champs principaux d'application :

- *L'épidémiologie classique* qui décrit et mesure des phénomènes de santé dans une population. Elle a pour but l'élaboration de stratégies de santé publique.
- *L'épidémiologie clinique* dont les études se concentrent sur des populations de patients en vue d'améliorer les connaissances d'une maladie ou de tester l'efficacité d'un traitement.

L'épidémiologie se décompose en trois branches :

1. *L'épidémiologie descriptive* qui consiste en l'étude de la fréquence et de la répartition de phénomènes de santé. Elle permet de formuler des hypothèses quant aux causes de ces phénomènes.
2. L'épidémiologie analytique dont le but est de vérifier les hypothèses susmentionnées. Elle recherche les liens entre l'exposition à un facteur et la survenue d'un phénomène de santé.
3. *L'épidémiologie évaluative* qui mesure l'efficacité d'une intervention (thérapeutique ou de prévention) sur le phénomène de santé.

Une étude épidémiologique peut se faire deux manières :

— En observant les effets sur une population de l'exposition de facteurs de risques : on parle d'*observation*.
— En contrôlant les conditions d'exposition à ces facteurs de risque : on parle d'*étude expérimentale*.

L'étude est dite *randomisée* si le hasard seul est responsable de l'appartenance d'un sujet à un groupe. On parle d'une *étude ouverte* quand le traitement est connu des sujets et des investigateurs, *en simple aveugle* quand seuls les investigateurs connaissent le traitement et *en double aveugle* lorsque ni les sujets ni les investigateurs ne connaissent le traitement.
Cependant les études expérimentales sont presque toujours irréalisables car non éthiques : une étude expérimentale sur le lien entre le tabac et l'apparition d'un cancer du poumon supposerait en effet d'exposer une partie de la population étudiée au tabac puis d'étudier les conséquences sur leur poumon.

Lorsque l'on fait de l'épidémiologie descriptive on peut faire deux sortes d'étude :

— Étudier la *prévalence* d'un phénomène de santé, c'est à dire la fréquence de survenue de ce phénomène dans une certaine population à un temps donné. Dans ce type d'étude l'évolution temporelle n'existe pas, c'est une mesure effectuée à un temps donné : on parle d'*étude transversale*.
— Étudier l'*incidence* d'un phénomène de santé, c'est à dire étudier les modifications de l'état de santé d'un ou de plusieurs groupes de sujets sur une période donnée. Ici c'est bien l'évolution dans le temps d'un état qui importe : on parle d'*étude longitudinale*.

Par ailleurs lorsque le but de l'étude épidémiologique est à visée étiologique on dénombre deux grandes familles d'étude :

— *L'étude de cohorte* : Étude d'un groupe de personnes étant ou pouvant être exposé à un facteur de risque. C'est l'étude épidémiologique la plus exhaustive.
— *L'étude cas-témoin* : elle étudie la comparaison entre deux groupes : les malades appelés cas et les non-malades appelés témoins. Le but est de déterminer si la réponse à l'exposition à un facteur est similaire dans les deux sous-groupes et ainsi d'établir un lien facteur/maladie.

Enfin, une étude peut être *prospective* si l'information concernant l'exposition des sujets à un facteur est recueillie avant la survenu d'un phénomène de santé, ou *rétrospective* si l'information concernant l'exposition des sujets à un facteur est recueillie après la survenu d'un phénomène de santé chez certains sujets.

2.3 Principaux biais de l'épidémiologie

Un biais est une erreur de méthodologie commise le plus souvent durant l'inclusion des sujets dans l'étude et conduisant à une mauvaise estimation des paramètres étudiés.

Il en existe 3 principaux :

— Le *biais de sélection* : : Intervient lors de la constitution de l'échantillon d'enquête. C'est le biais induit par la manière dont les sujets sont choisis au sein de la population.

— Le *biais de mesure* : due à une mauvaise mesure du facteur d'exposition.

— Le *biais de confusion* : due à la mauvaise analyse de la relation d'un facteur avec une issue. Un tel facteur est appelé facteur de confusion.

3 Description et explication des données

Le but de cette analyse est d'établir l'existence d'un lien entre l'activité professionnelle des sujets d'EPP3 et la manière dont ils perçoivent leur santé. Si cette dernière fait l'objet d'une question claire dans le questionnaire d'inclusion, ce n'est pas le cas de l'activité professionnelle. J'ai ainsi dû créer une nouvelle variable en extrayant de l'information de plusieurs questions grâce à des méthodes de classifications non supervisées.
La description des méthodes utilisées à la mise en forme de l'ensemble des variables utiles à l'analyse fait l'objet de cette section.

3.1 Variable d'exposition : Activité Professionnelle

Dans le questionnaire d'inclusion, 3 questions traitent de l'activité professionnelle des sujets (Question 1,2,3 du questionnaire IPC en annexe). Ces 3 questions ont été codées en 4 variables catégorielles :

- Adm12 : Êtes-vous
  - 6NNNNN contrat emploi-solidarité, intérim, CDD
  - N5NNNN chômeur depuis + de 6 mois
  - NN4NNN chômeur depuis - de 6 mois
  - NNN3NN à la recherche d'un emploi
  - NNNN2N jeune en cours de formation
  - NNNNN1 étudiant

- Adm12a : Êtes-vous
  - JXXX en formation professionnelle
  - X9XX au foyer
  - XX8X retraité(e)
  - XXX7 pré-retraité(e)

- Adm11 : Depuis quand n'exercez-vous plus d'activité professionnelle ?
  - 0 en activité

- 1 moins d'un an
- 2 1 an
- 3 2 ans
- 4 3 ans ou +
- 5 jamais travaillé

- Adm10 : Si vous travaillez quelle est votre profession ?
  La réponse à cette question est du texte libre. Après la récupération des questionnaires par l'IPC, un code à deux chiffres est attribué à chaque grand groupe de profession.

L'encodage de la variable Adm10 introduit une première source potentielle d'erreur du fait de la difficulté d'interpréter du texte libre d'une part et des possibles erreurs de "classification humaine" d'autre part. Il faut également noter qu'un des sujets a un code travail de 88 et que ce code ne correspond à aucune des professions de la liste IPC [4].

Une autre difficulté est due à la possibilité qu'ont les sujet de cocher plusieurs réponses par question. Il en résulte un grand nombre de classes dans chaque variable ce qui a compliqué le codage de la variable activité professionnelle.

3.1.1 Codage manuel

L'objectif du projet étant d'étudier l'impact de l'activité professionnelle sur la santé perçue des sujets, il faut tout d'abord résumer l'information contenue dans les 3 variables citées précédemment en une seule variable.
J'ai donc créer une variable catégorielle qui comporte 5 classes :

- R pour retraités
- T pour travailleur
- C pour chômeur
- I pour inactif
- NSP pour ne sait pas (cas "inclassables")

Pour cela j'ai fait le choix de me baser de manière successive sur les variables Adm12a puis Adm11 puis Adm12 puis Adm10. La raison en est simple : c'est la variables Adm12a qui propose la réponse "Retraités", or c'est la catégorie qu'il m'intéresse le plus d'étudier. Ensuite la variable Adm11 nous indique si le sujet travaille encore OU depuis combien de temps il a cessé de travailler. La variable Adm12 discrimine les chômeurs. Enfin, la variable Adm10 est utile pour vérifier la cohérence des différentes réponse des sujets ou bien de trancher dans des cas où les autres variables ne fournissaient pas d'informations suffisantes.

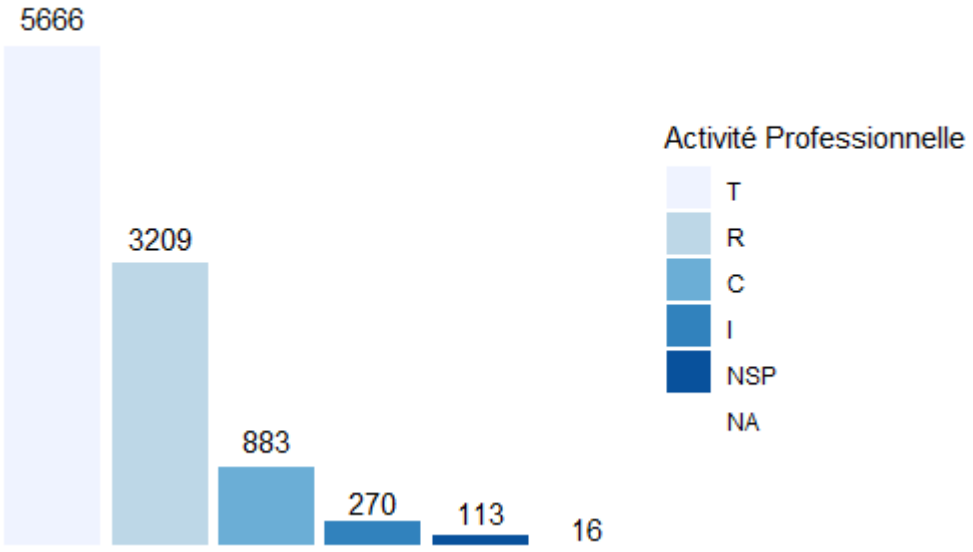
Par exemple, il y a 57 individus pour lesquels les variables Adm12 et Adm12a ne sont pas renseignées et qui déclarent ne plus travailler depuis moins d'un an ou plus (c'est à dire qu'ils ont cochés les cases 1,2,3,4 ou 5 du questionnaire). Il est possible que ces sujets soient au chômage, à la retraite ou qu'ils n'aient jamais travaillé.

4. Annexe 2

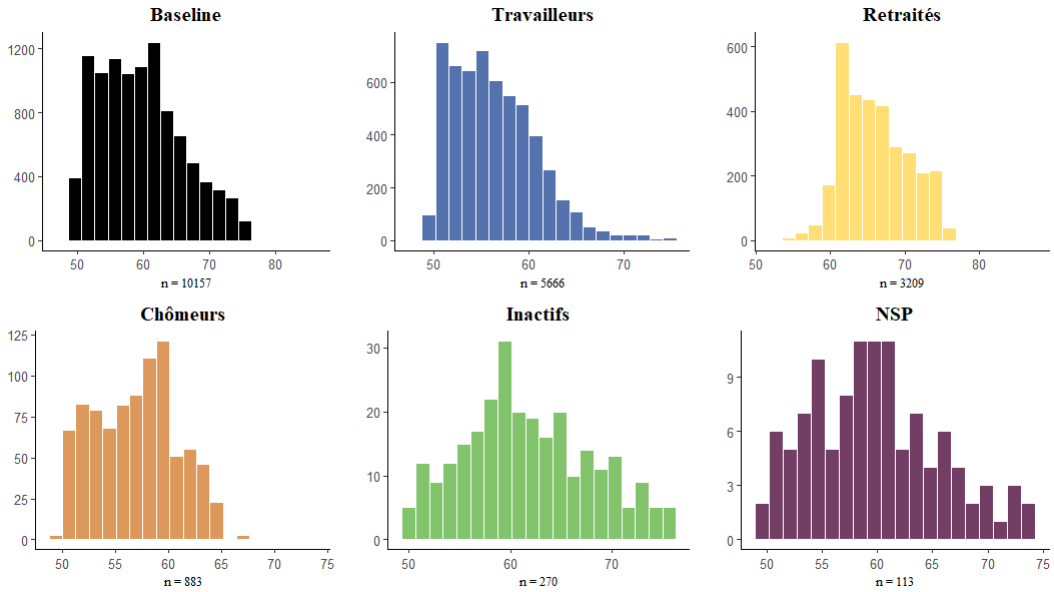
Règle de décision :

Les sujets indiquant qu'ils sont à la retraite et qu'ils travaillent sont classés en tant que travailleurs et ce, même si leur code travail (c'est à dire la variable Adm10) est de type "Ancien X" (codes 71 à 78 de la liste IPC) car il est possible de percevoir une pension de retraite et de continuer à travailler (par exemple en tant qu'expert).
Or ce qui est intéressant pour l'étude est la santé perçue des sujets ne travaillant plus du tout. Il vaut donc mieux classer ceux qui complètent leur retraite avec un emplois en tant que travailleurs qu'en tant que retraités.
Ainsi, sont étiquetés inactifs les sujets n'aillant jamais travaillé, ou déclarant être au foyer ou ayant un code travail parmi les deux suivants : 85/86. Ces codes correspondent à des individus inactifs non retraités respectivement de moins de 60 ans et de plus de 60 ans.
Si les variables Adm12 OU Adm10 indiquent que le sujet est chômeur (en incluant la simple recherche d'emplois), il est classé en chômeur.
En effet, on peut raisonnablement faire l'hypothèse que la précarité induite par la recherche d'un emplois occasionnera une plus mauvaise santé perçue.
On classe retraités tous les sujets n'ayant aucun indicateur de chômage ou d'activité professionnelle et n'étant pas inactifs.
Enfin, le reste est classé comme travailleurs.

Malgré toutes les étapes de la classification et la minutie des vérifications, il existe un certain nombre de cas "impossibles" à classer car les informations d'un sujet pour les différentes variables sont contradictoires Ces sujets sont étiquetés NSP.
Finalement on obtient la répartition suivante :



Pour vérifier la cohérence des classes obtenues on peut tracer les distributions de l'âge dans chaque classe.



On remarque que 1116 sujets classés Travailleurs ont moins de 60 ans (on peut raisonnablement supposer que l'âge de la retraite est 60 ans car les sujets de la cohorte ont, à l'inclusion, un âge compris entre 50 et 75 ans). De même, 134 sujets sont classés en tant que Retraités et ont moins de 60 ans.
Ceci peut s'expliquer soit par une erreur de classification : ayant effectué cette dernière à la main il y a un risque non négligeable que je n'ai pas appliqué exactement le même critère de jugement pour chacun des cas. Il peut aussi ne pas s'agir d'une erreur, dans ce cas les données sont ainsi et on veillera simplement à garder cela à l'esprit lorsque nous interpréterons les résultats des tests statistiques ultérieurs.

3.1.2 ACM et CAH

Pour vérifier la cohérence des résultats présentés au paragraphe précédent, j'ai effectué une Classification Ascendante Hiérarchique sur les résultats d'une Analyse des Correspondances Multiples appliquée à une base de données constituée des quatre variables utilisées pour la classification "manuelle" : Adm12a, Adm11, Adm12 et Adm10.
J'ai également veillé à supprimer les individus (n = 29) ayant une valeur manquante pour l'une de ces quatre variables.

Les résultats de l'ACM sont rassurants, dans le sens où l'emplacement dans le plan factoriel des quatre variables qui nous intéressent correspond à l'intuition qu'on en avait à savoir :

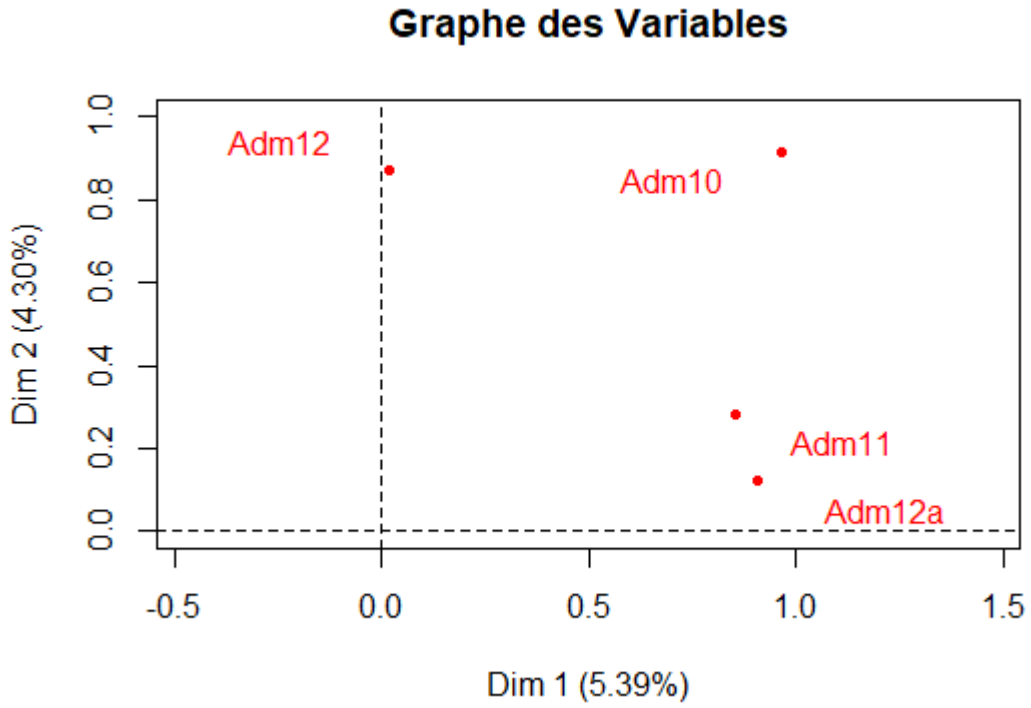
— Les variables Adm12a et Adm11 apportent globalement la même information, cohérent puisque Adm12a et Adm11 discriminent les retraités et les travailleurs.

— Adm12 et Adm10 sont sur le même plan horizontal : elles discriminent les chômeurs (avec les

codes travail 91 à 96).

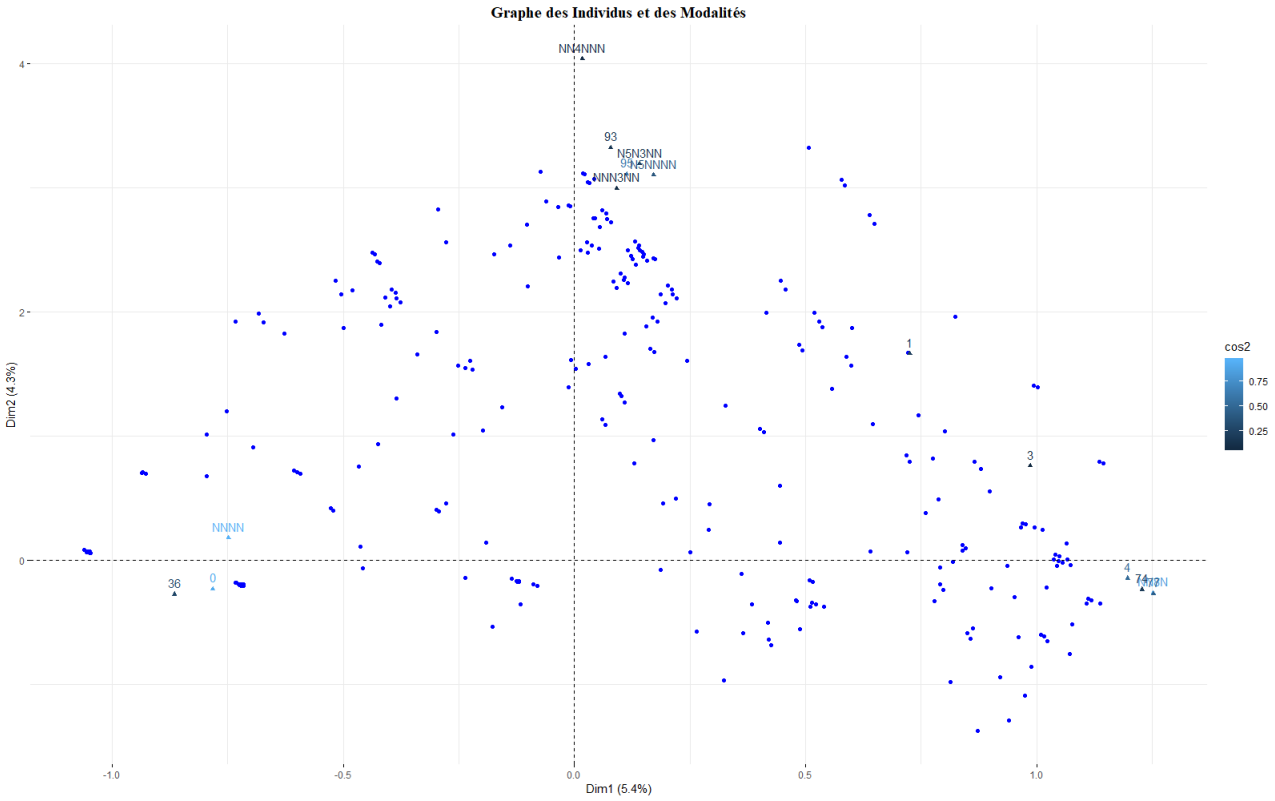
— Adm12a, Adm10 sont dans le même plan vertical : elles discriminent les inactifs.

On s'attend donc à ce que la CAH effectuée sur les résultats de l'ACM produise une classification proche de celle effectuée à la main.



NB : Les faibles pourcentages d'inertie sont tout à fait normaux dans le cadre d'une ACM. En effet, comme l'explique Jérôme Pagès dans son livre "Analyse factorielle multiple avec R", si les variables étaient toutes identiques dans le cas d'une ACP la première dimension aurait 100% d'inertie alors que dans une ACM la première dimension aurait au maximum $\frac{100}{(nb_modalités-1)}$ % d'inertie.

Sur le graphe suivant on affiche les individus ainsi que les 15 modalités ayant la plus grande contribution. Ces 15 modalités sont affichées selon un gradient de couleur en fonction de leur $\cos^2$.



On voit de façon assez claire trois groupes distincts : le premier en bas à droite est certainement celui des sujets retraités, on y retrouve les modalités 1,3,4 de Adm11 (ne travaille plus depuis resp, moin de 1 an, deux ans, trois ans et plus), 74 de Adm 10 (Ancien cadre), NN8N de Adm12a (Retraité).
Le groupe en haut correspond sans doute aux chômeurs puisque les modalités NNN3NN, NN4NNN et N5N3NN de Adm12 (resp. A la recherche d'un emploi , Chômeur depuis moins de 6 mois et A la recherche d'un empois + Chômeur depuis 6 mois) et 93 de Adm10 (cadres et professions intellectuelles chômeurs).
Enfin le dernier groupe est celui en bas à gauche, il représente surement les travailleurs puisque la modalité 0 de Adm11 s'y trouve (Travaille) ainsi que 36 de Adm10 (Cadres) et NNNN de Adm12a. La présence de cette dernière modalité fait sens puisqu'elle représente les individus n'ayant rien coché dans la variable Adm12a doit les choix étaient pré-retraités, retraités, personne au foyer, en formation professionnelle. Or si ces sujets travaillent, aucune de ces catégories ne les concerne.

Il reste deux choses qu'il me semble pertinent de relever : l'ACM semble particulièrement discriminer les cadres, on les retrouve dans les chômeurs, les retraités et les travailleurs. Ceci s'explique probablement par le fait que les modalités 36, 74 et 93 (resp Cadres d'entreprises, Anciens cadres

et Cadres et professions intellectuelles chômeurs) représentent à elles seules 3848 sujets (sur 10157 sujets dans la base globale et 10128 dans la base ayant permis l'ACM).
La deuxième chose à noter est l'absence d'un quatrième groupe qui aurait représenté les inactifs. Une explication possible est la faible proportion de ces sujets dans la base. En effet lors de la classification manuelle on n'avait étiqueté "que" 270 sujets comme inactifs.

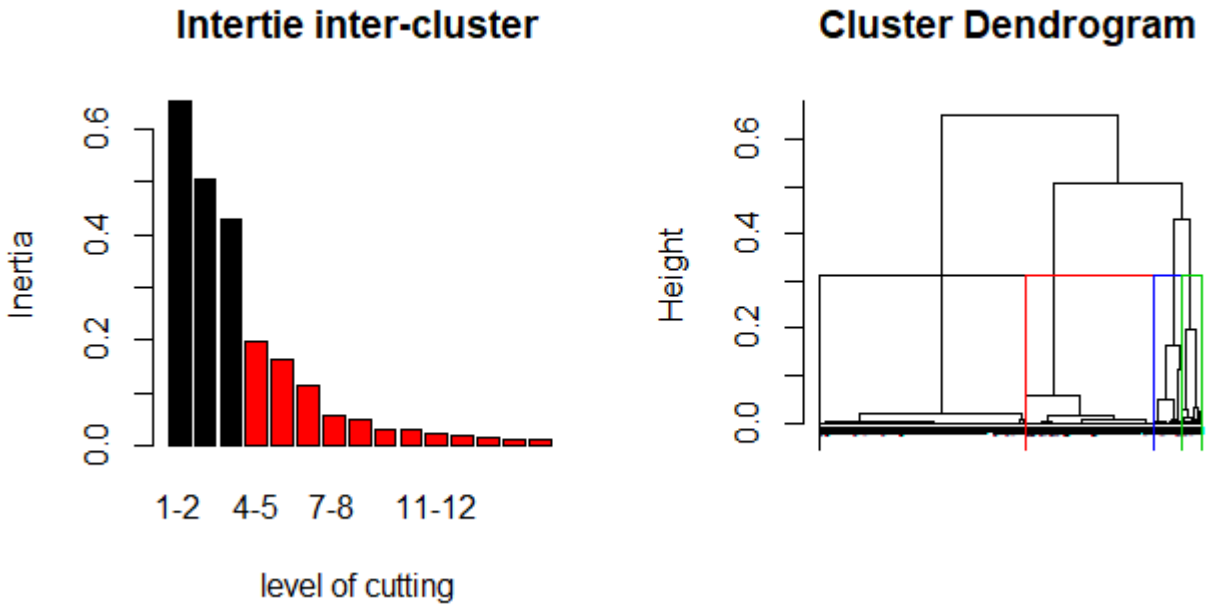
La question que je me suis ensuite posée est celle de l'allure qu'aurait ma classification si elle était effectuée par un algorithme. De plus, il serait intéressant d'analyser la classification des individus que je n'ai pas su classer. Pour cela j'ai effectué une Classification Ascendante Hiérarchique avec le package FactomineR de R en choisissant la distance du χ^2 et le critère d'agrégation de Ward.

Distance du χ^2 :
La distance entre un individu i et un individus j représentés par p variables ayant m_1, m_2, m_P modalités est donnée par :

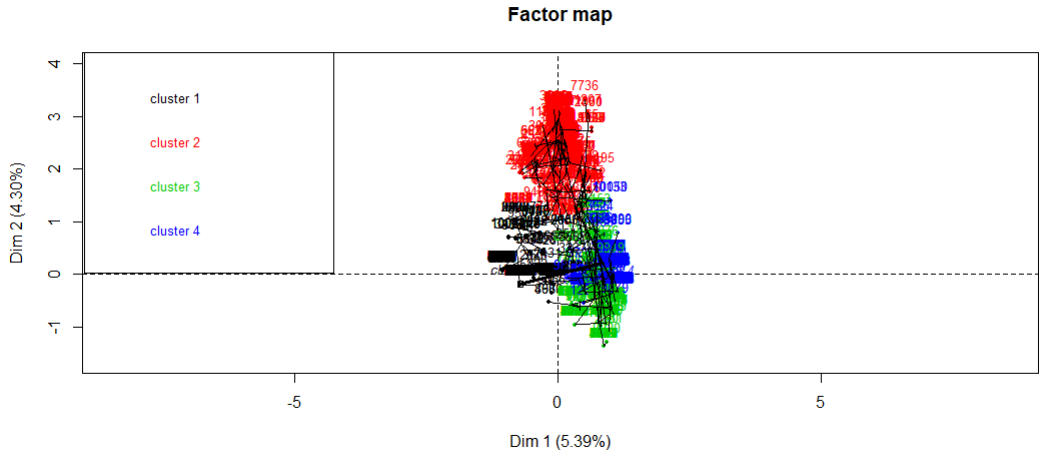
$$d_{\chi^2}(i,j) = \sqrt{\sum_k \frac{np}{n_{.k}}(\frac{x_{ik}-x_{jk}}{p})^2}$$

La distance du χ^2 traduit le fait que deux individus ayant en commun une modalité rare sont plus proches que deux individus ayant en commun une modalité fréquente.

Méthode de Ward :
C'est la méthode d'agrégation la plus courante. Elle consiste à choisir le réunion de deux groupes qui fera le moins baisser l'inertie entre les groupes, le but étant d'obtenir des groupes les plus "séparés" possible.



Le graphe d'inertie semble indiquer que le nombre idéal de clusters est 4 ce qui est bon signe puisque l'idée était de répartir tous les sujets en 4 groupes : travailleurs, retraités, chômeurs et inactifs.



Pour pouvoir interpréter les Cluster obtenus par la CAH il est indispensable de comprendre quelles sont les modalités qui contribuent le plus à chaque Cluster.
Pour cela on cherche à déterminer si la forte présence d'une modalité dans un Cluster est due au hasard. Dans le cas contraire cela signifie que la modalité est représentative du Cluster.

On effectue le test suivant pour chaque modalité dans chaque Cluster :
H_0 : La proportion de la modalité m dans le Cluster c est due au hasard.
H_1 : La proportion de la modalité m est anormalement élevée/basse dans le Cluster c.

Ainsi sous H_0 on a :

$$\frac{n_{mc}}{n_c} = \frac{n_m}{n}$$

où :
n_{mc} est le nombre de sujet du Cluster c présentant la modalité m,
n_c est le nombre de sujets dans le Cluster c,
n_m est le nombre de sujets présentant la modalité m,
n est le nombre total d'individus.

Sous H_0 : $n_{mc} = \frac{n_m . n_c}{n}$
Or le rapport $\frac{n_m . n_c}{n}$ suit une loi hypergéométrique.
Soit N_{mc} la variable aléatoire représentant le nombre d'individus de la modalité m dans le Cluster c.

$$N_{mc} \underset{H0}{\sim} \mathcal{H}(n, n_c, \frac{n_m}{m})$$

La fonction catdes() du package FactoMineR nous résume les résultats de ce test pour chaque modalité dans chacun des Clusters en classant les modalités dans l'ordre décroissant de leur contribution

au Cluster. Seuls les test significatifs sont affichés.

Dans les résultats affichés juste après, la première colonne correspond au nom de la modalité, la deuxième calcule le rapport $\frac{n_{mc}}{n_m}$, la troisième le rapport $\frac{n_m}{n_c}$, la quatrième le rapport $\frac{n_{mc}}{n}$.
La cinquième colonne est le calcul de la p-valeur :

$$\mathbb{P}_{H0}(N_{mc} \geqslant n_{mc,obs}) = \mathbb{P}_{\mathcal{H}(n,n_c,\frac{n_m}{n})}(N_{mc} \geqslant n_{mc,obs}) \tag{1}$$

Enfin, la dernière colonne est la valeur de la statistique de test calculée. Lorsqu'elle est positive la modalité à laquelle elle est associée est sur représentée dans le Cluster et lorsqu'elle est négative le modalité en question est sous représentée dans le Cluster.

Par souci de lisibilité nous n'afficheront que les modalités sur-représentées dans chaque Cluster :

Cluster 1	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Adm12a=NNNN	87.25	99.91	61.73	0	Inf
Adm11=0	92.41	99.29	57.92	0	Inf
Adm10=36	99.88	46.21	24.94	0	Inf
Adm10=54	99.62	14.41	7.80	3.80e-217	31.45
Adm12=NNNNNN	57.94	97.60	90.82	7.30e-155	26.51
Adm10=51	100	9.03	4.87	1.12e-137	24.98
Adm10=32	99.78	8.19	4.42	3.78e-122	23.50
Adm10=61	100	6.01	3.24	9.09e-91	20.20
Adm10=56	100	3.86	2.08	3.58e-58	16.08
Adm10=66	100	3.59	1.94	4.94e-54	15.48
Adm10=47	99.28	2.53	1.37	2.75e-36	12.58
Adm10=48	100	2.20	1.18	3.43e-33	12.00
Adm10=55	100	1.41	0.76	1.70e-21	9.52
Adm12=6NNNNN	80.52	2.27	1.52	4.19e-12	6.93
Adm10=41	100	0.77	0.41	4.99e-12	6.91
Adm10=46	100	0.51	0.28	2.97e-08	5.54

Les modalités de la variable Adm10 sur représentées dans le **Cluster 1** correspondent toutes à des codes travail de sujets qui travaillent.
La modalité la plus présente dans ce Cluster est Adm12a = NNNN, c'est à dire les sujets n'ayant coché aucune modalité de cette variable. Cela fait sens puisqu'aucune des modalités possibles ne traitaient d'une activité professionnelle.
Enfin les modalités de la variable Adm12 représentées dans le Cluster 1 sont NNNNNN c'est à dire ceux n'ayant rien coché et 6NNNNN : en contrat emplois-solidarité / intérim / CDD.

Cluster 2	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Adm12=N5NNNN	99.74	45.49	3.79	0	Inf
Adm10=95	98.52	71.14	6.00	0	Inf
Adm10=93	100	17.93	1.49	1.42 e-169	27.76
Adm12=N5N3NN	100	17.81	1.48	2.05 e-168	27.66
Adm12a=NNNN	12.59	93.47	61.73	1.89 e-108	22.12
Adm11=1	37.58	28.38	6.28	1.39 e-103	21.61
Adm12=NNN3NN	90.65	11.52	1.06	1.38 e-94	20.63
Adm12=NN4NNN	100	7.13	0.59	2.13 e-66	17.21
Adm10=96	82.95	8.67	0.87	7.22 e-65	17.01
Adm12=NN43NN	100	4.99	0.41	1.65 e-46	14.32
Adm12a=NNN7	55.56	5.94	0.89	6.43 e-31	11.56
Adm11=2	26.68	13.18	4.11	3.20 e-30	11.42
Adm11=3	24.17	14.61	5.03	5.04 e-29	11.18
Adm10=94	100	1.31	0.11	1.23 e-12	7.10
Adm12=65NNNN	78.57	1.31	0.14	3.63 e-10	6.27
Adm12=6NN3NN	70	0.83	0.099	2.66 e-06	4.70
Adm11=4	10.34	32.54	26.16	1.61 e-05	4.31
Adm12=65N3NN	100	0.48	0.04	4.75 e-05	4.07
Adm12=6NNNNN	17.53	3.21	1.52	2.14 e-04	3.70
Adm12=6N43NN	100	0.36	0.03	5.73 e-04	3.44
Adm12a=JNNN	66.67	0.24	0.03	2.01 e-02	2.32

Dans le **Cluster 2**, les codes travail présents sont 94/93/94 : ils correspondent aux sujets chômeurs. De plus la modalité la plus représentée dans ce Cluster est Adm12 = N5NNNN : sujets chômeurs depuis plus de 6 mois.
Toutes les autres modalités de Adm12 présentent dans le Cluster concernent également des chômeurs. Concernant la variable Adm11, les modalités présentes sont 1,2,3,4 c'est à dire les sujets ne travaillant plus depuis moins d'un an ou plus.
On remarque aussi que certains sujets en formation professionnelle (Adm12a = JNNN) sont inclus dans le Cluster.

Cluster 3	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Adm12a=N9NN	99.41	81.49	3.37	0.00 e+00	Inf
Adm10=85	98.25	67.55	2.82	0.00 e+00	Inf
Adm10=86	85.00	28.61	1.38	3.76 e-149	26.01
Adm11=5	94.23	11.78	0.51	1.36 e-65	17.10
Adm11=4	8.72	55.53	26.16	2.07 e-38	12.96
Adm12a=NNN7	36.67	7.93	0.89	2.67 e-23	9.94
Adm12=NNNNNN	4.47	98.80	90.82	2.73 e-12	6.99
Adm12a=N9N7	100.00	1.68	0.07	1.88 e-10	6.37
Adm12a=N98N	66.67	1.44	0.09	3.57 e-07	5.09

Dans le **Cluster 3** la modalité la plus significativement représentée est Adm12a = N9NN : les personnes au foyer. On trouve également des sujet se déclarant en pré retraite (Adm12a = NNN7/N9N7

ou à la retraite(Adm12a = N98N).
Les seules modalités de la variables Adm10 dans ce cluster sont 85/86 ce qui semble indiquer que le Cluster correspond à celui des inactifs.
Enfin on remarque que plus de 94 % des personnes déclarant n'avoir jamais travaillé sont dans le Cluster (Adm11 = 5).

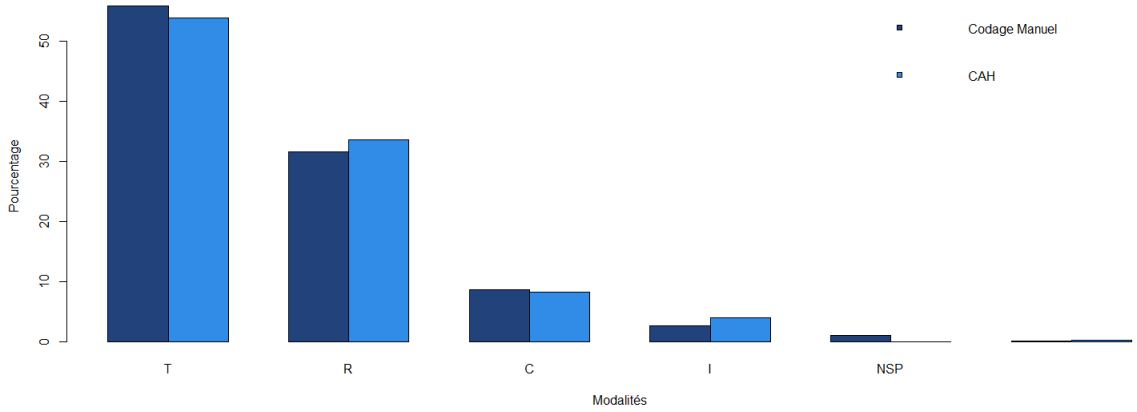
Cluster 4	Cla/Mod	Mod/Cla	Global	p.value	v.test
Adm12a=NN8N	99.09	99.50	33.81	0.00 e+00	Inf
Adm11=4	79.84	62.02	26.16	0.00 e+00	Inf
Adm10=77	98.62	62.73	21.42	0.00 e+00	Inf
Adm10=74	99.57	34.19	11.56	0.00 e+00	Inf
Adm12=NNNNNN	36.99	99.77	90.82	1.99 e-159	26.90
Adm11=3	72.89	10.88	5.06	7.49 e-77	18.55
Adm11=2	69.23	8.45	4.11	1.43 e-51	15.11
Adm11=1	57.70	10.76	6.28	1.32 e-37	12.82
Adm10=78	100.00	2.05	0.69	5.01 e-34	12.16
Adm10=75	100.00	0.79	0.27	1.60 e-13	7.38

Enfin pour le **Cluster 4** on s'attends à trouver des sujets retraités. En effet, la modalité la plus significativement représentée est Adm12a = NN8N : sujets retraités.
Les codes travail intervenant (variable Adm10) sont 77/74/78/75 : uniquement des codes de la forme "Ancien *nom de la profession*". En outre on ne trouve, dans ce Cluster, aucun individu déclarant travailler (Adm11 = 0 ou Adm12 = 6NNNNN).

On peut alors conclure que **le Cluster 1 correspond aux travailleurs**, **le Cluster 2 aux chômeurs**, **le Cluster 3 aux inactifs** et **le Cluster 4 aux retraités**.

3.1.3 Comparaisons des deux codages

Étudions les différences entre la classification manuelle et la Classification Ascendante Hiérarchique.
Tout d'abord on classe comme NA tous les sujets qui avaient une valeurs manquante pour au moins une des quatre variables ayant servies à la classification (n = 29).
On a alors :



	T	R	C	I	NSP	NA
activpro	5666	3209	883	270	113	16
activproCAH	5460	3410	842	416	0	29
Différence	206	-201	41	-146	113	-13

Il y a 509 sujets pour lesquels les deux classifications ne correspondent pas. Sur un total de 10157 cela représente 5,01 % des sujets.
On remarque que la classification Ascendante Hiérarchique a tendance à classer plus facilement les sujets en Retraités et en Inactifs et la classification manuelle en Travailleurs. Une raison simple à cette différence est sans doute la volonté d'être le plus restrictifs possible quant à la classification manuelle des retraités.

Le nombre de valeurs manquantes n'est pas le même pour les deux classifications pour une raison simple : les 16 NA de la classification manuelle sont des sujets pour lesquels TOUTES les variables nécessaires à la classification (Adm12a, Adm11, Adm12 et Am10) étaient manquantes alors que j'ai dû, pour la CAH, classer en NA les sujets pour lesquels AU MOINS UNE des 4 variables étaient manquantes afin de pouvoir réaliser l'ACM.

Il peut également être intéressant d'étudier la manière dont les sujets classés NSP (n = 113) par la classification manuelle ont été classés par la CAH :

R	I	C	T	Total
5	77	0	31	113

Sur quels critères la CAH s'est-elle basée pour classer ces 113 sujets ? Pour le comprendre on s'intéresse aux trois modalités dans lesquels elle a répartis les NSP (I,R,T) en construisant des Tableaux de Burt.

Par souci de lisibilité j'ai choisis de n'inclure dans les tableaux de Burt que les modalités contenant un nombre de sujets non nul.

Les cases en rouge correspondent simplement aux tableaux de contingences usuels (croisement des variables deux à deux).
Le tableaux est évidement "symétrique", j'ai choisi de n'en remplir que la partie inférieure.

INACTIFS

	N98N	N9NN	0	4	NNN3NN	NNNNN	77	85	86
N98N	1	∅							
N9NN	∅	76							
0	0	76	76	∅					
4	1	0	∅	1					
NNN3NN	1	0	0	1	1	∅			
NNNNNN	0	76	76	0	∅	76			
77	0	2	2	0	0	2	2	∅	∅
85/86	1	74	74	1	1	74	∅	58	17

1 sujet déclare être au foyer et à la retraite (Adm12a = "N98N), ne plus tavailler depuis au moins 3 ans (Adm11 = 4) et a un code travail correspondant à un inactif non retraité (Adm10 + 85/86). Le classer en Inactifs a donc du sens.

2 sujets déclarent être au foyer (Adm12a = N9NN), travailler (Adm11 = 0) et ont un code travail correspondant à un retraité (Adm10 = 77 : Ancien employé). Toutes les variables sont contradictoires. Classer ces sujets en Inactifs n'est pas pertinent.

74 sujets présentent les même caractéristiques que ceux expliqués précédemment à l'exception de la variable Adm10 qui indique que les sujets sont inactifs non retraités. De même, les classer en inactifs n'est pas pertinent.

De manière générale on remarque que déclarer être "au foyer" est très discriminant pour la classification en tant qu'inactifs surtout si cette modalité est couplée avec un code travail 85 ou 86.

RETRAITES

	N98N	NN87	NN8N	0	4	NNNNNN	32/36	77
N98N	1	∅	∅					
NN87	∅	1	∅					
NN8N	∅	∅	3					
0	1	1	0	2	∅			
4	0	0	3	∅	3			
NNNNNN	1	1	3	2	3	5		
32/36	0	0	3	0 3	3	1	2	∅
77	1	1	0	2	0	2	∅	2

1 déclare être à la retraite et au foyer (N98N) avec un code de travail correspondant bien à un retraité (77). Cependant il déclare également travailler (0). La CAH le classe en retraité malgré tout mais ce choix n'est pas judicieux.

3 sujets se déclarent à la retraite (NN8N), ne travaillant plus (Adm11 = 3) et ont un code travail qui correspond à des travailleurs (Adm10 = 32/36). Leur classification en Retraité n'est pas aberrante. Il est possible que ces sujets n'aient pas lu la liste des codes travail jusqu'à la fin (la où ceux concernant les retraités se trouvent) ce qui expliquerait qu'ils aient indiqué par ce code qu'ils travaillent (32/36).

1 sujet déclare être retraité et pré-retraité (NN87), travailler (Adm11 = 0) et a un code travaille de 77. Il y a une certaine forme de cohérence à l'ensemble des choix de ce sujet mais on ne peux pas le classer en tant que Retraité à cause de Adm11 = 0.

TRAVAILLEURS

	NNN7	NNNN	0	1	3	4	NNNNNN	32/36/47/48/ 51/54/55/56	85/86	88
NNN7	1	∅								
NNNN	∅	30								
0	0	12	12	∅	∅	∅				
1	0	1	∅	1	∅	∅				
3	0	1	∅	∅	1	∅				
4	1	16	∅	∅	∅	17				
NNNNNN	1	30	12	1	1	171	31			
32/36/47/48/ 51/54/55/56	1	18	0	1	1	17	19	19	∅	∅
85/86	0	11	11	0	0	0	11	∅	11	∅
88	0	1	1	0	0	0	1	∅	∅	1

1 sujet se déclare pré-retraité (NNN7), travaille (Adl11 = 0) et a un code travail correspondant à quelqu'un ayant encore une activité professionnelle. On peut accepter la classification en travailleur de ce sujet par la CAH.

11 sujets ne cochent aucune case pour Adm12a (soit ils ont oublié cette question soit aucun des choix ne les satisfont ce qui correspondrait à des personnes qui travaillent puisque ce choix n'est pas proposé dans Adm12a).En outre ils déclarent travailler (Adm11 = 0) mais leur code travail est incohérent : 85/86 correspond à des inactifs.

1 sujet travaille et a un code travail qui vaut 88. Ce code n'est pas présent dans la liste, il s'agit probablement d'une faute de frappe.

Enfin, 18 sujets déclarent ne plus travailler (Adm11 = 1/3/4)mais ont un code travail indiquant qu'ils ont encore une activité professionnelle. Ces sujets ne peuvent pas être classés comme des

travailleurs.

A présent que les deux classifications sont établies et clairement expliquées, il y a lieu de se demander si utiliser l'une ou l'autre dans un futur modèle changera les résultats.
Autrement dit construisons un test permettant de vérifier si les deux distributions de la variable activité professionnelle sont similaires.

Test du Khi deux d'ajustement
Il s'agit de vérifier si les écarts d'effectifs entre le codage manuel et la CAH sont "trop" importants pour chacune des classes.
Étant donné que la CAH classe TOUS les individus, la classe NSP de la CAH est vide. Or le test du χ^2 d'ajustement n'est applicable que si toutes les classes contiennent au moins 5 sujets.
Puisque nous nous intéressons particulièrement aux Travailleurs, Retraités et Chômeurs, on rassemble les inactifs, les NSP et les NA dans une classe "AUTRE".
On a alors :

	T	R	C	Autre
activpro	5666	3209	883	299
activproCAH	5460	3410	842	445

Notations :
k : nombre de modalités.
ϕ_i : probabilité qu'un individus soit dans la classe i de la distribution observée.
ϕ_{hi} : probabilité qu'un individu soit dans la classe i de la distribution théorique.
O_i : nombre d'individus observés dans la modalité i.
A_i : nombre d'individus attendus dans la modalité i.
On a : $\forall i \in [\![1, k]\!], A_i = n\phi_{hi}$

Hypothéses :

$$H_0 : \forall i \in [\![1, k]\!], \phi_i = \phi_{hi}$$
$$H_1 : \exists i \in [\![1, k]\!] tq \phi_i \neq \phi_{hi}$$

Statistique de test :

$$Q = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - A_i)^2}{A_i}$$

D'après le Théorème de Pearson :

$$Si\ \forall i \in [\![1, k]\!],\ A_i \geqslant 5 :$$
$$Q \underset{H_0}{\hookrightarrow} \chi^2(k-1),\ n \to +\infty$$

Application numérique :
$Q_{obs} = 69.52$ Au niveau de confiance 95 % le χ^2 à 3 degrés de liberté vaux 12.84.
On rejette donc H_0.

On ne peut pas conclure que les deux variables ont une distribution similaire. Cependant après avoir observé la manière dont les sujets "inclassables" ont été classés par la CAH il semble préférable de se baser sur la classification manuelle de l'activité professionnelle des sujets de l'étude. En analyse de sensibilité nous feront tourner le modèle final sur les données classifiées par la machine.

3.2 Variable d'intérêt : Self Rated Health (SRH)

La santé perçue est décrite dans la littérature comme un bon indicateur de la mortalité. Il s'agit d'une mesure subjective puisque le sujet s'auto-évalue : il est son propre témoin.
Dans le questionnaire d'inclusion il est demandé aux sujets d'indiquer par une note comprise entre 0 et 10 leur état de santé tel qu'il le ressente : 0 pour mauvais et 10 pour excellent.
Globalement les sujets de la cohorte EPP3 s'estiment en bonne santé avec une médiane à 7.
En choisissant ce cut off on crée une variable binaire de santé perçue :

0	1	NA
4390	5741	26

Test du χ^2 d'indépendance entre la santé perçue et l'activité professionnel des sujets de la cohorte EPP3.

On note :

X la v.a qualitative à l modalités.
Y le v.a qualitative à c modalités.

$\forall (i,j) \in [\![0,5]\!] \times [\![0,11]\!]$:
$n_{i,j}$ = Nombre de sujets présentant la modalité i de la variable X et la modalité j de la variable Y.
$n_{i.} = \sum_{j=1}^{c} n_{ij}$: nb total individus dans la classe i de la v.a X.
$n_{.j} = \sum_{i=1}^{l} n_{ij}$: nb total d'individus dans la classe j de la v.a Y.
$n = \sum_{i=1}^{l} \sum_{j=1}^{c} n_{ij}$: nb total d'individus.

On teste $H_0 : X \perp Y$ contre $H_1 = \overline{H_0}$

Statistique de test :

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^{l} \sum_{j=1}^{c} (n_{ij} - \frac{n_{i.}.n_{.j}}{n})^2}{\frac{n_{i.}.n_{.j}}{n}}$$

On a :

$$Q \underset{H_0}{\sim} \chi^2((l-1)(c-1))$$

On pose :

$$e_{ij} = \frac{n_{i.}.n_{.j}}{n}$$

C'est l'effectif théorique sous H_0 c'est à dire le nombre de sujets présentant les modalités i et j (resp. des v.a X et Y) auxquelles on s'attend sous H_0.

Règle de décision :
Si $Q_{calc} \geqslant Q_{th}$ on rejette H_0 (où Q_{th} est le quantile de la loi du χ^2 à $(l-1)(c-1)$ degrés de libertés pour un niveau de confiance α fixé).

Le test du χ^2 d'indépendance n'est applicable que lorsque $\forall (i,j) \in [\![1,l]\!] \times [\![1,c]\!] : e_{ij} \geqslant 5 \; et \; n_{ij} \geqslant 50$.

Application numérique :
Le tableau de contingence des variables activpro et srh présente des cases dont les effectifs sont inférieurs à 5. Pour effectuer le test on se base donc sur la version binarisée de la variable de santé perçue.

On pose :
X v.a qualitative à 11 modalités représentant la santé perçue des sujets.
Y v.a qualitative à 5 modalités représentant l'activité professionnelle des sujets.

On trouve $Q_{calc} = 31.71$ et $\chi^2_{4\ dll,\alpha=5\%} = 9.49$ donc on rejette H_0 avec une **p-valeur de** $2.19\ 10^{-6}$.
Autrement dit il existe un lien fort entre l'activité professionnelle et la santé perçue des sujets de la cohorte EPP3.
Lorsque l'on fait le test avec la variable activproCAH plutôt que activpro (en retirant la classe NSP puisqu'elle est évidement vide) on obtient également une p-valeur significative ($Q_{calc} = 21.51$, $Q_{th} = 7.81$ et $p = 8.24\ 10^{-6}$).

3.3 Variables d'ajustement et facteurs de confusion

Rappelons qu'un facteur de confusion est une variable à la fois liée à l'exposition et à la variable d'intérêt. Notre variable d'exposition est l'activité professionnelle des sujets et la variable d'intérêt leur santé perçue.

Le facteur de confusion le plus évident est donc l'âge du sujet puisque celui ci est determinant dans l'exercice d'une activité professionnelle mais joue également un rôle dans la perception qu'ont les sujets de leur santé.

Les autres variables d'ajustement sont choisies en se basant sur la littérature : sexe, alcool, tabac, score de dépression, statut marital, indice de masse corporel, diabète, activité sportive et niveau d'éducation.

Rappelons que l'indice de masse corporel est le rapport entre le poids et la taille carrée des individus.

Le score de dépression est quant à lui la somme de 13 variables binaires :

1. En ce moment ma vie me semble vide.
2. J'ai du mal à me débarrasser des mauvaises pensées qui me passent par la tête.
3. Je suis sans énergie.
4. Je me sens bloqué(e) ou empêché(e) devant la moindre chose à faire.
5. Je suis déçu(e) et dégouté(e) de moi-même.

6. Je suis obligé(e) de me forcer pour faire quoi que ce soit.
7. J'ai du mal à faire les choses que j'avais l'habitude de faire.
8. En ce moment je suis triste.
9. J'ai l'esprit moins clair que d'habitude.
10. J'aime moins qu'avant faire les choses qi me plaisent ou m'intéressent.
11. Ma mémoire me semble moins bonne que d'habitude.
12. Je suis sans espoir pour l'avenir.
13. En ce moment je me sens moins heureux(se) que la plupart des gens.

On considère qu'un sujet est déprimé si son score de dépression est supérieur ou égal à 7 ou s'il déclare prendre des antidépresseurs.

J'ai également choisi d'ajouter quelques autres variables qui m'ont semblé pertinentes : maladie indice de précarité (EPICE) de vie et score de stress (PSS4) qui sont deux indicateurs trés utilisés en épidémiologie et que de nombreuses études ont jugés consistants [13] [12].

Le score EPICE est un score Évaluant de la Précarité et des Inégalités de santé dans les Centres d'Examens de santé) prenant en compte diverses informations :

1. Rencontrez-vous parfois un travailleur social (assistante sociale, éducateur) ?
   coeff = 10,06
2. Bénéficiez-vous d'une assurance maladie complémentaire (mutuelle) coeff = -11,83
3. Vivez-vous en couple ? coeff = -8,28
4. Etes-vous propriétaire de votre logement (ou accédant à la propriété) ?
   coeff = -8,28
5. Y-a-t-il des périodes dans le mois où vous rencontrez de réelles difficultés financières à faire face à vos besoins (alimentation, loyer, EDF. . .) ?
   coeff = 14,80
6. Vous est-il arrivé de faire du sport au cours des 12 derniers mois ?
   coeff = -6,51
7. Etes-vous allé au spectacle (cinéma, théâtre. . .) au cours des 12 derniers mois ?
   coeff = -7,10
8. Etes-vous parti en vacances au cours des 12 derniers mois ?
   coeff = -7,10
9. Au cours des 6 derniers mois, avez-vous eu des contacts avec des membres de votre famille autres que vos parents ou vos enfants.
   coeff = -9,47
10. En cas de difficultés (financières, familiales, de santé. . .) y-a-t-il dans votre entourage des personnes sur qui vous puissiez compter pour vous héberger quelques jours en cas de besoin ?
    coeff = -9,47
11. En cas de difficultés (financières, familiales, de santé. . .), y-a-t-il dans votre entourage des personnes sur qui vous puissiez compter pour vous apporter une aide matérielle (y compris un prêt) ?
    coeff = -7,10

Lorsque la réponse à une des questions est oui on ajoute le coefficient correspondant au score constant qui vaut 75.14.
On considère un seuil de 30.17 au delà duquel le sujet est considéré comme vulnérable tout âge confondus. Ce seuil n'a évidement de sens que si les 13 questions sont renseignées.

Le score de stress PSS 4 (Perceived Stress Scale) quant à lui est un score à quatre items :

— Vous a-t-il semblé difficile de contrôler les choses importantes de votre vie ?
— Vous êtes-vous senti(e) confiant(e) en vos capacités à prendre en main vos problèmes personnels ?
— Avez-vous senti que les choses allaient comme vous le vouliez ?
— Avez-vous trouvé que les difficultés s'accumulaient à tel point que vous ne pouviez les contrôler ?

pour les questions 1 et 4 les coefficients de chaque réponse sont :

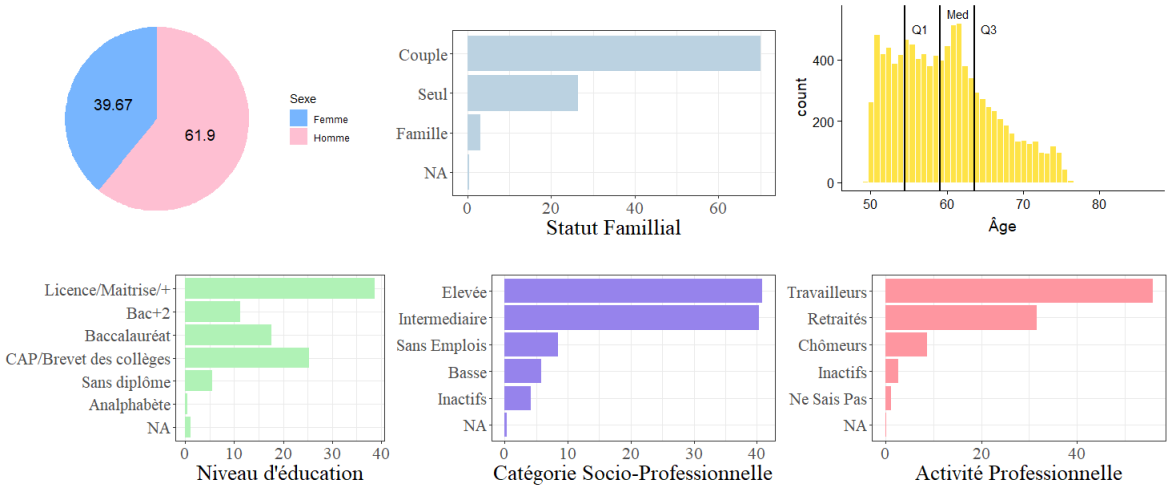
0. Jamais
1. Presque jamais
2. Parfois
3. Assez souvent
4. Souvent

Pour les question 2 et 3 :

0. Souvent
1. Assez souvent
2. Parfois
3. Presque jamais
4. Jamais

Le score est obtenu en sommant les items et est donc compris entre 0 et 16 (0 pour bon niveau de stress et 16 pour très mauvais).
Voici une description visuelle de la cohorte EPP3 en fonction des variables préalablement citées :

1. Variables Socio-Administratives



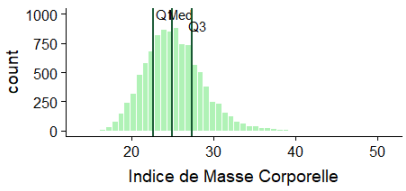
On observe ainsi que la cohorte EPP3 est masculine à plus de 60 %. De plus pres de 70 % des individus déclarent vivre en couple tandis que 30 % déclarent vivre seuls et moins de 10 % en famille.
Sans surprise l'histogramme des ages nous indique que les sujets sont globalement âgés de 50 à 75 ans (c'était un des critères d'inclusion). 50 % de la population a moins de 59 ans et 75 % moins de 63. Il n'est donc pas étonnant d'observer un peu plus de 25 % de Retraités contre un peu moins de 60 % de Travailleurs Actifs.

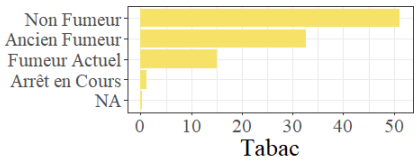
Il est à noté que la distribution de l'âge ne semble pas suivre une lois normale. Cette hypothèse est confirmée après un test de Shapiro effectué sur des échantillons aléatoires d'individus de

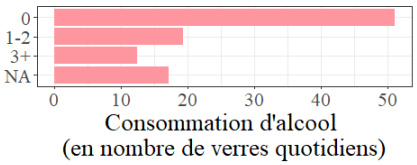
5000 sujets.

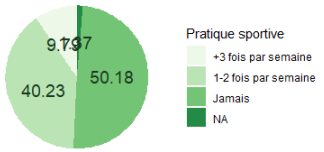
Enfin la cohorte EPP3 se situe majoritairement dans les catégories socio-professionnelles élevée et intermédiaires. Ils semblent de plus avoir un bon niveau d'éducation puisqu'à peine moins de 6 % se déclarent sans diplômes.

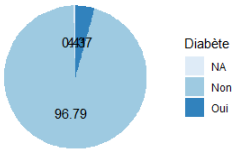
2. Variables Style de vie

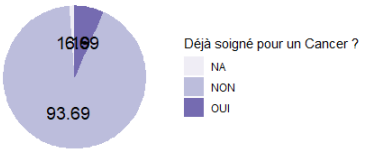


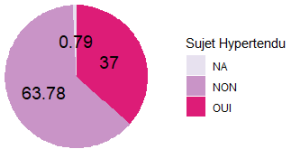










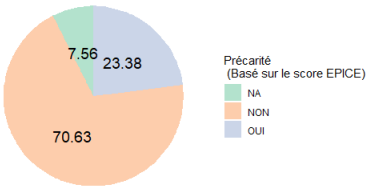


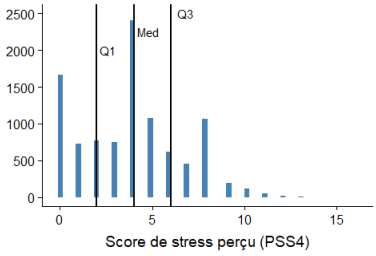
La cohorte EPP3 est dans l'ensemble en bonne santé puisque globalement non diabètique (> 96 %) et non cancéreuse ($> 96\%$).

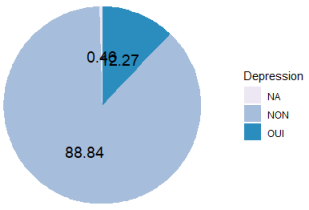
De plus une large majorité des sujets ne fume pas ou plus tandis que 70 % déclarent boire au plus 2 verres d'alcool par jours (tout alcool confondus).

Cependant une part non négligeable des sujets est hypertendue mais très peu d'individus déclarent être atteint d'une maladie cardiovasculaire.

3. Variables Santé Psychique







Enfin, on observe que très peu d'individus sont dépressifs mais que plus de 20 % sont en situation de précarité.

3.4 Données Manquantes

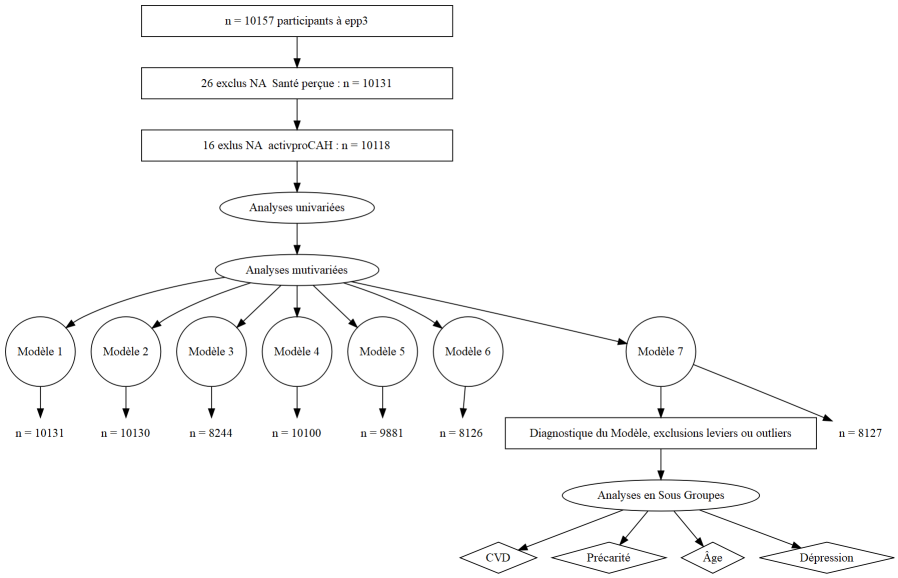
Ci dessous, le tableau du nombre de données manquantes pour chacune des variables de l'analyse.

Nb Na	% NA	Variables
1744	17.17	Alcool (Nb de verres)
756	7.44	Score Epice de Précarité
137	1.35	Sport
134	1.32	Maladies Cardiovasculaires
119	1.17	Cancer
108	1.06	Niveau d'Education
86	0.85	Score de Stresse Perçu (PSS4)
79	0.78	Hypertension Arterielle
46	0.45	Depression
42	0.41	Situation Familliale
41	0.40	Diabète
30	0.30	Catégorie Socio-Professionnelle
29	0.29	Activité Professionnelle (CAH)
26	0.26	Santé Perçue Binaire
20	0.20	Tabac
16	0.16	Activité Professionnelle (Codage Manuel)
1	0.01	Âge
0	0.00	Sexe
0	0.00	Indice de Masse Corporelle(Classes)

Le nombre de données manquantes par variable de dépasse jamais les 20 %, j'ai donc décider d'exclure les individus ayant au moins une des variables ci-dessus non renseignée.

4 Statistiques

4.1 Flowchart



4.2 Analyses univariées

Afin d'avoir une première idée des variables significativement liées à la santé perçue on effectue une régression logistique entre la santé perçue binarisée des sujets (on coupe à la médiane : si la santé perçue est $>$ à 7 on la considère comme bonne) et chacune des variables explicatives.

La régression logistique :

On cherche à modéliser la probabilité qu'une variable prenne une certaine valeur en fonction de variables explicatives.
La spécificité de la régression logistique est le caractère dichotomique de la variables à expliquer. Cela permet de modéliser l'appartenance à une classe de la variable à expliquer par une loi de Bernouilli.

Soit Y la variables à expliquer et $X_1, X_2, ...X_p$ les p variables explicatives.
On note Y_i l'observation de la variable Y pour l'individu i, $i \in [\![0, n]\!]$(où n est le nombre total d'individus) et $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, ..., X_{ip})^t$ le vecteur des variables explicatives pour le sujet.
On note $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, ..., \beta_p)^t$, le vecteur de dimension $p+1$ des paramètres du modèle.

Le modèle logistique ne fait qu'une seule hypothèse à priori :

$$Y_i \ iid \sim \mathfrak{B}(\pi(X_i))$$

Où :

$$\begin{aligned}\pi(X_i) &= \mathbb{E}(Y_i|X_i) \\ &= \mathbb{P}(Y_i = 1|X_i) \\ &= \frac{e^{(\beta_0 + \sum_{k=1}^{p} \beta_k X_{ik})}}{1 + e^{(\beta_0 + \sum_{k=1}^{p} \beta_k X_{ik})}} \\ &= sigmoïde(e^{(\beta_0 + \sum_{k=1}^{p} \beta_k X_{ik})})\end{aligned}$$

Ainsi on peut écrire :

$$\begin{aligned}Logit(\pi(X_i)) &= \frac{\log(\pi(X_i))}{1 - \pi(X_i)} \\ &= \beta_0 + \sum_{k=1}^{p} \beta_k X_{ik}\end{aligned}$$

$\forall k \in [\![1, p]\!], e^{\beta_k}$ est l'odd ratio de la variable k.

L'estimation du vecteur de régression se fait par la méthode du maximum de vraisemblance :

$$\mathfrak{L}(\beta) = \prod_{i=1}^{n} \left[\left(\frac{e^{(\beta_0 + \sum_{k=1}^{p} \beta_k X_{ik})}}{1 + e^{(\beta_0 + \sum_{k=1}^{p} \beta_k X_{ik})}} \right)^{Y_i} \left(\frac{1}{1 + e^{(\beta_0 + \sum_{k=1}^{p} \beta_k X_{ik})}} \right)^{(1-Y_i)} \right]$$

Ainsi :

$$\log\left(\mathfrak{L}(\beta)\right) = \sum_{k=1}^{n} \left[Y_i \left(\beta_0 + \sum_{k=1}^{p} \beta_k X_{ik} \right) - \log\left(1 + e^{\beta_0 + \sum_{k=1}^{p} \beta_k X_{ik}} \right) \right]$$

Et donc $\forall k \in [\![0, p]\!]$:

$$\frac{\partial \log\left(\mathfrak{L}(\beta)\right)}{\partial \beta_k} = \sum_{i=1}^{n} X_{ik}\left(Y_i - \frac{e^{X_i^t\beta}}{1+e^{X_i^t\beta}}\right)$$

Avec $X_{i0} = 1$ et $X_i^t\beta = \sum_{k=1}^{p} \beta_k X_{ik}$

L'équation $\frac{\partial \log(\mathfrak{L}(\beta))}{\partial \beta} = 0$, qui permet d'obtenir $\hat{\beta}$, est résolue grâce à des algorithmes itératifs.

On a de plus $\forall k \in [\![0, p]\!]$:

$$\hat{\beta}_k \underset{n\to\infty}{\sim} \mathcal{N}\left(\beta_k, \hat{\mathbb{V}}\left(\hat{\beta}_j\right)\right)$$

Ainsi au niveau de confiance $-\alpha$ on a :

$$IC\left(\beta_k\right) = \left[\hat{\beta}_k \pm |z_{\frac{\alpha}{2}}| \sqrt{\hat{\mathbb{V}}\left(\hat{\beta}_k\right)}\right]$$

Où $z_{\frac{\alpha}{2}}$ est t.q $\mathbb{P}\left(Z < z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = \frac{\alpha}{2}$ pour $Z \sim \mathcal{N}(0,1)$

On a alors les intervalles de confiance des odd ration pour chacune des variables :

$$\begin{aligned} IC\left(e^{\beta_k}\right) &= IC\left(OR_k\right) \\ &= e^{\left[\hat{\beta}_k \pm |z_{\frac{\alpha}{2}}| \sqrt{\hat{\mathbb{V}}\left(\hat{\beta}_k\right)}\right]} \\ &= \left[e^{\hat{\beta}_k - |z_{\frac{\alpha}{2}}| \sqrt{\hat{\mathbb{V}}\left(\hat{\beta}_k\right)}} \; ; \; e^{\hat{\beta}_k + |z_{\frac{\alpha}{2}}| \sqrt{\hat{\mathbb{V}}\left(\hat{\beta}_k\right)}}\right] \end{aligned}$$

Ici la variable Y est la santé perçue binarisée, les autres variables sont $p = 16$ variables explicatives.

J'ai choisi de catégoriser 3 des variables continues (IMC, âge et score épice de précarité afin de rendre l'interprétation des résultats plus évidente).
Ainsi l'âge a été découpé en quartiles.
Pour l'indice de masse corporelle, après discussion avec des médecins j'ai fixé à 25 le seuil de normalité et à 30 le seuil de sur poids. Au delà de 30 on parle d'obésité.
Enfin, le score de précarité a un seul officiel, comme expliqué plus haut les sujets ayant un score supérieur à 30.17 sont considéré en situation de précarité.

TABLE 1: Analyses univariées

	0 N=4390	1 N=5741	OR	p.ratio
Activité Professionnelle :				
Travailleurs	2446 (55.7%)	3213 (56.0%)	Ref.	Ref.
Retraités	1315 (30.0%)	1892 (33.0%)	1.10 [1.00 ;1.20]	0.042
Chômeurs	424 (9.66%)	458 (7.98%)	0.82 [0.71 ;0.95]	0.007
Inactifs	142 (3.23%)	128 (2.23%)	0.69 [0.54 ;0.88]	0.003
Ne Sais Pas	63 (1.44%)	50 (0.87%)	0.60 [0.41 ;0.88]	0.008
Activité Professionnelle (CAH) :				
Travailleurs	2364 (53.9%)	3089 (53.9%)	Ref.	Ref.
Chômeurs	403 (9.19%)	438 (7.64%)	0.83 [0.72 ;0.96]	0.013
Inactifs	210 (4.79%)	206 (3.59%)	0.75 [0.61 ;0.92]	0.005
Retraités	1408 (32.1%)	2000 (34.9%)	1.09 [1.00 ;1.19]	0.059
Sexe :				
Hommes	2424 (55.2%)	3750 (65.3%)	Ref.	Ref.
Femmes	1966 (44.8%)	1991 (34.7%)	0.65 [0.60 ;0.71]	0.000
Situation Familiale :				
Couple	2929 (66.8%)	4180 (73.1%)	Ref.	Ref.
Famille	134 (3.06%)	188 (3.29%)	0.98 [0.78 ;1.23]	0.881
Seul	1320 (30.1%)	1354 (23.7%)	0.72 [0.66 ;0.79]	<0.001
Âge :				
$\leqslant$ 54	1134 (25.8%)	1395 (24.3%)	Ref.	Ref.
]54,59]	1140 (26.0%)	1393 (24.3%)	0.99 [0.89 ;1.11]	0.906
]59,63]	1051 (23.9%)	1482 (25.8%)	1.15 [1.03 ;1.28]	0.016
	1065 (24.3%)	1470 (25.6%)	1.12 [1.00 ;1.25]	0.042
Éducation :				
CAP/Brevet des collèges	1212 (27.9%)	1354 (23.8%)	Ref.	Ref.
Analphabète	26 (0.60%)	24 (0.42%)	0.83 [0.47 ;1.45]	0.508
Bac+2	485 (11.2%)	662 (11.6%)	1.22 [1.06 ;1.41]	0.005
Baccalauréat	812 (18.7%)	977 (17.2%)	1.08 [0.95 ;1.22]	0.230
Licence/Maitrise/+	1500 (34.5%)	2435 (42.8%)	1.45 [1.31 ;1.61]	<0.001
Sans diplôme	313 (7.20%)	239 (4.20%)	0.68 [0.57 ;0.82]	<0.001
Catégorie Socio-Professionnelle :				
Intermédiaire	1908 (43.5%)	2186 (38.1%)	Ref.	Ref.
Basse	300 (6.84%)	294 (5.13%)	0.86 [0.72 ;1.02]	0.076
Élevée	1541 (35.2%)	2605 (45.4%)	1.48 [1.35 ;1.61]	0.000
Inactifs	219 (5.00%)	207 (3.61%)	0.83 [0.68 ;1.01]	0.059
Sans Emplois	416 (9.49%)	441 (7.69%)	0.93 [0.80 ;1.07]	0.302
Indice de Masse Corporelle :				
Normal	2080 (47.4%)	3105 (54.1%)	Ref.	Ref.
Obésité	551 (12.6%)	427 (7.44%)	0.52 [0.45 ;0.60]	0.000
Sur-poids	1759 (40.1%)	2209 (38.5%)	0.84 [0.77 ;0.91]	<0.001

continued on next page

TABLE 1 – *continued from previous page*

	0 N=4390	1 N=5741	OR	p.ratio
Tabac :				
Non Fumeurs	2269 (51.7%)	2919 (50.9%)	Ref.	Ref.
Ancien Fumeurs	1327 (30.2%)	1979 (34.5%)	1.16 [1.06 ;1.27]	0.001
Arrête en Cours	61 (1.39%)	49 (0.85%)	0.62 [0.43 ;0.91]	0.015
Fumeurs	733 (16.7%)	790 (13.8%)	0.84 [0.75 ;0.94]	0.002
Diabète :				
Non	4132 (94.3%)	5537 (96.7%)	Ref.	Ref.
Oui	250 (5.71%)	187 (3.27%)	0.56 [0.46 ;0.68]	<0.001
Activité Sportive :				
Jamais	2531 (58.4%)	2480 (43.7%)	Ref.	Ref.
1-2 fois par semaine	1524 (35.2%)	2496 (44.0%)	1.67 [1.54 ;1.82]	0.000
$\geqslant$ 3 fois par semaine	277 (6.39%)	702 (12.4%)	2.59 [2.23 ;3.01]	0.000
Hypertension Artérielle :				
Non	2564 (58.9%)	3801 (66.7%)	Ref.	Ref.
Oui	1792 (41.1%)	1898 (33.3%)	0.71 [0.66 ;0.78]	<0.001
Consommation d'alcool :				
0	2262 (63.7%)	2922 (60.1%)	Ref.	Ref.
1-2	759 (21.4%)	1205 (24.8%)	1.23 [1.11 ;1.37]	<0.001
3+	528 (14.9%)	734 (15.1%)	1.08 [0.95 ;1.22]	0.248
Cancer :				
Non	3997 (91.9%)	5364 (94.5%)	Ref.	Ref.
Oui	354 (8.14%)	315 (5.55%)	0.66 [0.57 ;0.78]	<0.001
Score EPICE de précarité :				
Situation non précaire	2827 (69.5%)	4230 (79.5%)	Ref.	Ref.
Situation précaire	1240 (30.5%)	1094 (20.5%)	0.59 [0.54 ;0.65]	0.000
Dépression :				
Non	3533 (80.7%)	5344 (93.4%)	Ref.	Ref.
Oui	847 (19.3%)	377 (6.59%)	0.29 [0.26 ;0.33]	0.000
Score de stresse perçu (PSS4)	.	.	0.82 [0.81 ; 0.84]	< 2.2e-16

On remarque un lien significatif entre l'activité professionnelle et la santé perçue et ce, que l'on considère la classification manuelle ou la classification ascendante hiérarchique de la variable activité professionnelle. Ainsi, les retraités ont une santé perçue de 10 % supérieure aux travailleurs tandis que la SRH des chômeurs est 40 % moins bonne et celle des inactifs 30 $
Le groupe des individus non classés manuellement (NSP) s'apparente aux inactifs en terme de baisse de santé perçue. Ce résultat est cohérent avec l'observation faite plus haut : la CAH classe majoritairement ces individus en inactifs.
Les femmes ont une santé perçue de 35 % inférieure à celle des hommes. On peut peu-être expliquer

cela par le fait que les grossesses rendent la santé des femmes plus fragile. De plus certaines études montrent que les femmes sont plus enclines à la dépression que les hommes [11]. Or la santé perçue des sujets dépressifs est de 70 % inférieure à celle des sujets non dépressifs.

Un résultat intéressant est le lien entre la santé perçue et l'entourage du sujet. Les individus déclarant vivre seuls ont une santé perçue significativement inférieure à celle des sujets en couple.
Il aurait été éclairant de pouvoir tester cette liaison plus en profondeur, par exemple en demandant aux individus de noter leur sentiment de bonheur au quotidien et d'ensuite coupler ces résultats avec le fait de vivre en couple ou non.

Sans surprise on observe que les sujets ayant une catégorie scio-professionnelle basse se perçoivent en moins bonne santé que ceux de la classe intermédiaire (de même que les inactifs comme nous l'avons déjà vu grâce à la variable d'activité professionnelle), tandis que les sujets d'une CSP élevée voient leur santé perçue augmentée de 50 %. On peut facilement imaginer que plus on descend dans les catégories socio-professionnelles, plus l'accès au soin dans son sens le plus large (ne serait-ce que l'accès à l'information de santé et à la prévention) est difficile.

Dans le même ordre d'idée les sujets de la cohorte se perçoivent en meilleur santé lorsqu'ils ont eu un parcours éducatif plus long. Ainsi les détenteurs d'un BAC+2 ont une santé perçue de 22 % supérieure à ceux ayant un CAP ou le brevet des collèges. Cette augmentation passe à 45 % pour les détenteurs d'une licence ou d'un autre diplôme supérieur. Toutefois les sujets ne sachant ni lire ni écrire voient leur santé perçue baisser de plus de 20 % par rapport aux diplômés d'un CAP ou d'un Brevet des collèges.

Parmi les variables décrivant la santé réelle des sujets de l'étude, observons que les fumeurs ont une santé perçue de plus de 15 % inférieure à celle des non fumeurs. Il est intéressant de remarquer que les anciens fumeurs s'estiment en meilleur santé que ceux qui sont non fumeurs (augmentation de 20 %). Cela s'explique peut-être par le fait que ces individus ont vu un réel effet de l'arrêt du tabac sur leur corps et qu'ils s'estiment, par conséquent, en très bonne santé à présent qu'ils ne fument plus.
Ce qui parait étonnant par contre c'est que les sujets déclarant être en période de sevrage ont une baisse de santé perçue plus importante que les les fumeurs par rapport aux sujets non fumeurs. La difficulté psychologique de l'arrêt de la cigarette ainsi que la prise de poids qui le suit souvent sont des explications probables.

L'un des résultats les plus étonnants de cette analyse est celui concernant la consommation quotidienne d'alcool (en nombre de verres).
Par rapport aux abstinents, on trouve chez les sujets buvant entre 1 et 2 verres d'alcool par jour une augmentation significative de plus de 20 % de la santé perçue. On pourrait expliquer ce phénomène par le plaisir de boire un verre entre amis ou avec son conjoint. S'il est impossible de vérifier que les individus déclarant boire 1 à 2 verres par jour boivent seuls ou avec des amis ou de la famille, on peut cependant remarquer que la grande majorité de ces individus vivent en couple et qu'ils sont pour la plupart non dépressifs (ils ont donc probablement moins tendance à s'isoler et ont donc plus probablement une vie sociale développée).

couple	1472
famille	61
seul	426

0	1767
1	196
NA	3

4.3 Analyses multivariées

4.3.1 Régression logistique

On prend en compte dans le modèle l'ensemble des variables décrites dans l'analyse univariée puisque cette dernière montre qu'elles sont toutes significatives.
Nous avions précédemment établi que l'âge était un facteur de confusion évident pour le lien entre la santé perçue et l'activité professionnelle : la comparaison des deux modèles suivants le montre assez clairement :

TABLE 2: Mise en évidence de l'âge comme facteur de confusion

	Modèle 1			Modèle 2		
	OR	IC	p	OR	IC	p
Intercept	1.52	[1.43; 1.62]	<2.2e-16	1.44	[1.33; 1.57]	<2.2e-16
Activité Professionnelle :						
Travailleurs	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
Retraités	1.15	[1.05; 1.26]	0.002	1.06	[0.94; 1.20]	0.36
Chômeurs	0.82	[0.71; 0.95]	0.006	0.81	[0.70; 0.94]	0.004
Inactifs	0.88	[0.68; 1.13]	0.30	0.84	[0.65; 1.08]	0.18
Ne Sais Pas	0.68	[0.47; 0.99]	0.048	0.66	[0.45; 0.97]	0.03
Sexe :						
Hommes	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.	Ref.
Femmes	0.65	[0.6; 0.71]	<2.2 e-16	0.65	[0.6; 0.71]	<2.2 e-16
Âge :						
<54.5				Ref.	Ref.	Ref.
[54.5; 59.1]				1.04	[0.93; 1.16]	0.53
[59.1; 63.7]				1.18	[1.04; 1.34]	0.008
[63.7; 86.2]				1.13	[0.97; 1.31]	0.11

Lorsque l'on n'ajuste pas le modèle sur l'âge, on montre que les retraités ont une meilleurs santé perçue que les travailleurs : augmentation de 15 % avec une p-valeur de 0.002.
Dés lors que l'on ajuste sur l'âge cette information est masquée par l'augmentation de 18 % de la santé perçue des sujets dont l'âge est compris entre 59 et 64 ans : tranche d'âge de près d'un tiers des retraités (97 % ont plus de 59 ans).

Les variables considérées par l'étude peuvent être divisées en 3 catégories : celles qui traitent du style de vie des sujets (indice de masse corporelle, statut tabagique, diabète, pratique sportive, hypertension, consommation d'alcool), les variables "socio-administratives" (sexe, statut familiale, âge, niveau d'éducation, catégorie socio-professionnel, activité professionnelle) et celles traitant de la santé psychique des sujets (dépression, stresse).

J'ai fait une sélection de variables dans chacun des trois blocs en me basant sur le critère AIC [5] (méthode stepwise) en incluant dans chaque modèle l'activité professionnelle qui est notre variable d'exposition, l'âge et le sexe. Chacun des trois modèles élimine l'âge et conserve toutes les autres variables.

On inclut ces dernières dans le modèle final :

5. $AIC = -2\log\left(\mathfrak{L}(\hat{\beta})\right) + 2p$

Table 3: Modèle final

	OR	IC	p
Intercepte :	2.90	[2.42 ;3.47]	< 2.2e-16
Activité professionnelle :			
Travailleurs	Ref.	Ref.	Ref.
Retraités	1.20	[1.08 ;1.35]	0.001
Chômeurs	1.03	[0.42 ;2.61]	0.95
Inactifs	0.99	[0.56 ;1.75]	0.99
NSP	0.73	[0.39 ;1.34]	0.309
Sexe			
Hommes	Ref.	Ref.	Ref.
Femmes	0.82	[0.73 ;0.91]	0.0004
Catégorie socio-professionnelle			
Intermédiaire			
Basse	0.85	[0.52 ;1.42]	0.54
Elevée	0.87	[0.68 ;1.11]	0.25
Inactifs	0.83	[0.73 ;0.93]	0.002
Sans Emplois	0.89	[0.35 ;2.23]	0.81
Éducation			
CAP/Brevet des collèges	Ref.	Ref.	Ref.
Analphabète	1.45	[0.55 ;3.81]	0.44
Bac+2	1.04	[0.88 ;1.24]	0.66
Baccalauréat	0.99	[0.86 ;1.16]	0.98
Licence/Maitrise/+	1.11	[0.97 ;1.27]	0.12
Sans diplôme	0.77	[0.60 ;0.97]	0.03
Situation Familiale			
Couple	Ref.	Ref.	Ref.
Famille	1.01	[0.76 ;1.35]	0.95
Seul	0.94	[0.84 ;1.05]	0.26
Activité Sportive			
Jamais	Ref.	Ref.	Ref.
1-2 fois par semaine	1.47	[1.32 ;1.62]	1.03e-13
$\geqslant$3 fois par semaine	2.38	[1.99 ;2.84]	< 2.2e-16
Indice de Masse Corporelle			
Normal	Ref.	Ref.	Ref.
Sur-poids	0.80	[0.72 ;0.89]	3.07e-05
Obésité	0.59	[0.49 ;0.70]	1.03e-09
Hypertension Artérielle			
Non	Ref.	Ref.	Ref.
Oui	0.77	[0.69 ;0.85]	2.217e-07
Statut Tabagique			
Non fumeurs	Ref.	Ref.	Ref.
Ancien Fumeur	1.09	[0.98 ;1.21]	0.12

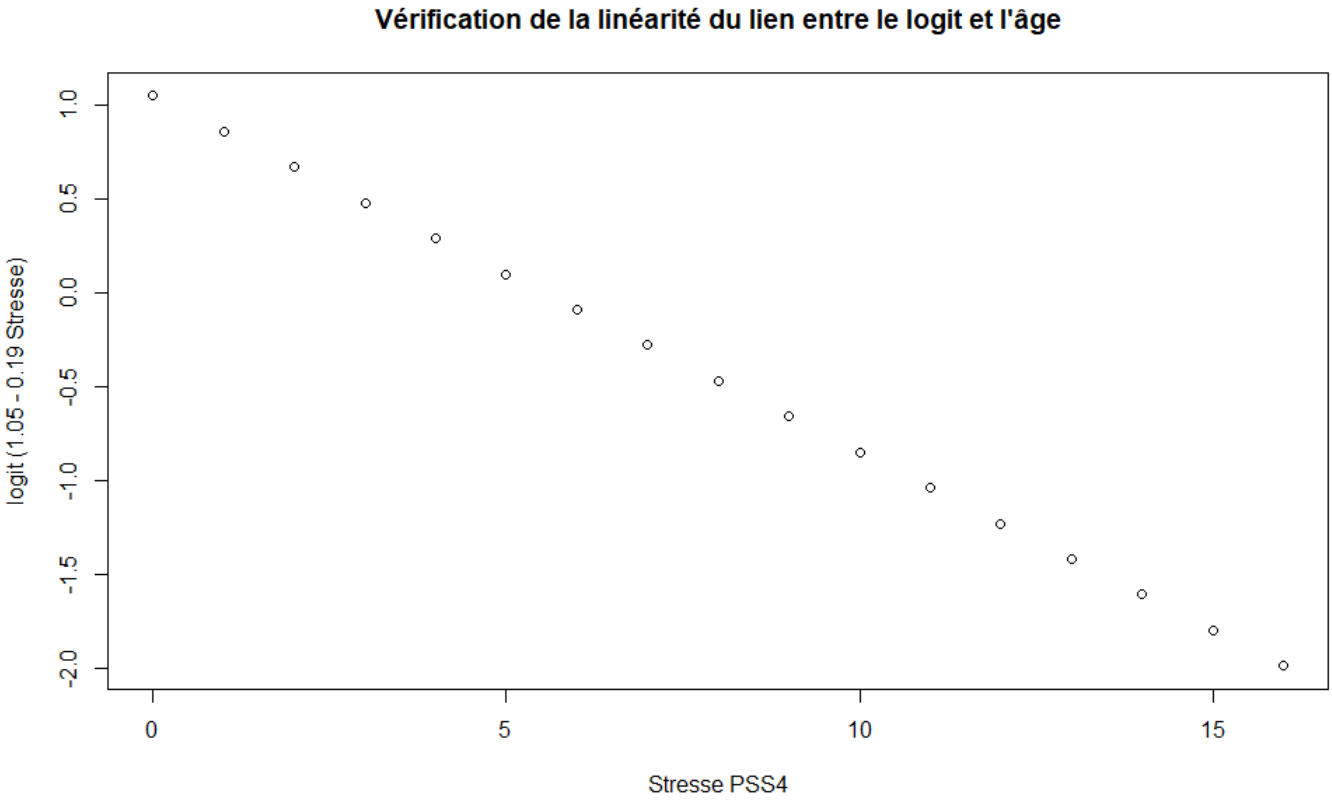
continued on next page

TABLE 3 – *continued from previous page*

	OR	IC	p
Arrêt en cours	0.56	[0.35 ;0.88]	0.01
Fumeurs actuels	0.92	[0.80 ;1.06]	0.24
Dépression			
Non	Ref.	Ref.	Ref.
Oui	0.47	[0.39 ;0.55]	< 2.2e-16
Stresse	0.86	[0.85 ;0.88]	< 2.2e-16

4.3.2 Diagnostique du modèle

Tout d'abord, vérifions le linéarité du lien entre la santé perçue binarisée est le stresse (unique covariable quantitative).



Le Logit semble baisser lorsque le score de tresse augmente ce qui est logique puisque plus le PSS4 est élevé plus le sujet est considéré comme stressé.

test des résidus de Pearson $\forall i \in [\![1, n$ on a :

$$e_i = \frac{Y_i - \widehat{\pi(X_i)}}{}$$

H_0 : Le modèle est adéquat.
H_1 : Le modèle n'est pas adéquat.

4.4 Analyse en sous-groupes

on applique le modele precedent en comprant a caque fois deux populations : celle qui possede un certain critere et celle qui ne le posse de pas.

4.4.1 Pathologies lourdes

4.4.2 Score précarité

4.4.3 Âge

5 Perspectives : Ce que j'ai fait, découvert, appris

Comme expliqué plus haut, j'ai effectué mon stage dans l'unité INSERM 970 qui est spécialisée dans les maladies cardiovasculaires.
J'y ait passé cinq mois : du 01/04/2019 au 31/08/2019, durant lesquels j'ai beaucoup appris dans des domaines très variés.
Tout d'abord j'ai découvert le monde de la recherche, qui m'a beaucoup plu. C'était un monde entièrement neuf pour moi et la longue durée de mon stage a été un atout non négligeable dans son succès : en effet j'ai eu le temps de m'adapter à l'environnement, aux us et coutumes, au jargon, à l'équipe.

Cela m'a également donné le temps de me documenter sur l'épidémiologie : domaine qui m'était inconnu et qui, malgré sa ressemblance avec les statistique a ses propres règles, son propre vocabulaire.

En m'intégrant dans l'équipe, j'ai découvert le travail de groupe nécessaire à la rédaction de chaque article scientifique et l'émulsion que cela occasionne. J'ai pu apprendre les grandes étapes de l'élaboration d'une étude épidémiologique, le cadre légal, le recrutement des individus, leur suivi ainsi que la saisie et le nettoyage des données.
J'ai également participé au recueil de certaines données en appelant les hôpitaux pour récupérer des comptes redus hospitaliers de sujets de l'étude qui étaient utiles aux médecins investigateurs pour confirmer une pathologie déclarée par lesdits sujets dans les questionnaires de suivis. J'ai ainsi pu me confronter à l'épineux problème de la confidentialité des données de santé.
J'ai également eu l'occasion de participer au reviewing d'un article (pas officiellement juste pour la pédagogie). J'ai ainsi pu apprendre toutes les étapes de la rédaction d'un article : le travail de recherche, la mise en forme des idée puis la recherche d'une revue susceptible de publier l'article, l'étape de relecture par des pairs et la prise en compte de leurs remarques...

Au delà du monde de la recherche, j'ai dû apprendre à m'intégrer dans un groupe où il y avait une grande pluralité des parcours (médecins, statisticiens, attachés de recherches cliniques, ingénieurs...). Cela supposait de se rendre intelligible par tous, et parfois de verser dans une forme de vulgarisation de certains concepts statistiques ce qui m'a beaucoup enrichie [6].
J'ai également beaucoup profité du savoir des médecins qui m'entouraient notamment sur le fonctionnement de la santé en France ainsi que sur certaines notions médicales élémentaires. Ainsi j'ai pu percevoir la différence entre une "jolie" analyse statistique et une analyse qui avait un sens/intérêt clinique.

Au niveau des statistiques, plutôt que de me lancer dans de techniques "avancées", mon directeur de stage et moi avons décider de nous concentrer sur les bases comme la visualisation de données et la régression logistique. J'ai pris l'initiative de tenter des méthodes exploratoires comme l'ACM ou la CAH.
Régulièrement l'équipe se réunissait pour des réunions de méthodologie durant lesquelles j'ai pu me familiariser avec d'autres notions dont j'espère étudier le versant mathématiques en M2 (modèles de suivi, méta-analyse, données répétées et GEE...).
Ces réunions avaient pour support un article dont on faisant une lecture critique en tentant de comprendre d'une part les intérêts clinique de l'étude menée et d'autre part les méthodes statistiques mises en œuvre.

Profitant du temps que j'avais, je me suis familiarisée avec de nouveaux outils qui se sont révélés trés utils : github pour le versionnage de mon code et de ce rapport, pubmed pour lire ce qui s'était déjà fait sur mon sujet et zotero pour créer ma bibliographie.

Pour conclure, ce stage était une très bonne expérience, très enrichissante qui m'a donné envie de poursuivre dans la recherche en en bio-satistiques.

6. Voir les chaînes Youtube StatQuest et science4all (notamment la série de vidéo sur la formule de Bayes) qui ne se contentent pas d'expliquer vaguement quelques concepts très connu mais qui vont au fond des choses tout en les rendant accessibles au "grand publique"

Conclusion

Conclusion on verra à la fin :
Reste à faire :
Il faut aussi mettre la méthode maths de l'ACM
Dans la partie sur la CAH : ajouter les equations maths de distance chi2 et critère de ward.
Appliquer consolidation par k means et adapter la rédaction qui suit (la ou on décrit le résultats sur le classf qui vont forcement changer puisqu'on ajoute une autre méthode de classif)
Décrire la méthode des k means. Préciser qu'on perd la hiérarchisation mais que cela permet de rendre la CAH plus stable. Expliquer que utiliser le k means en premier n'était pas une bonne idée car il fallait déterminer x0 et que je n'avais aucune idée de comment faire un choix pertinent. (en plus k means très sensible à l'initialisation : pas cool)
Il faut faire un compareGroups sur la ppo totale et pop-exclus.
S Il faut également, dans la partie statistique inclure un récap sur ce qu'est la régression logistique
Dernières choses : mettre ne annexe le questionnaire ipc et la feuille d'évaluatoion de Jean Philippe.
Ne pas oublier de rediger la bibliographie.

6 Annexes

7 Bibliographie

Bibliographie

[1] Code de la sécurité sociale - Article L351-8.

[2] Javier Alvarez-Galvez, Maria Luisa Rodero-Cosano, Emma Motrico, Jose A. Salinas-Perez, Carlos Garcia-Alonso, and Luis Salvador-Carulla. The impact of socio-economic status on self-rated health : study of 29 countries using European social surveys (2002-2008). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(3) :747–761, February 2013.

[3] Philippe Bizouarn. L'éco-épidémiologie - Vers une épidémiologie de la complexité. *médecine/sciences*, 32(5) :500–505, May 2016.

[4] Thomas F. Crossley and Steven Kennedy. The reliability of self-assessed health status. *Journal of Health Economics*, 21(4) :643–658, July 2002.

[5] Jean-Philippe Empana, Kathy Bean, Catherine Guibout, Frédérique Thomas, Annie Bingham, Bruno Pannier, Pierre Boutouyrie, Xavier Jouven, and PPS3 Study Group. Paris Prospective Study III : a study of novel heart rate parameters, baroreflex sensitivity and risk of sudden death. *European Journal of Epidemiology*, 26(11) :887–892, November 2011.

[6] Enrique Fatas, Juan A. Lacomba, and Francisco Lagos. An Experimental Test on Retirement Decisions. *Economic Inquiry*, 45(3) :602–614, 2007.

[7] Mathilde Frérot, Annick Lefebvre, Simon Aho, Patrick Callier, Karine Astruc, and Ludwig Serge Aho Glélé. What is epidemiology ? Changing definitions of epidemiology 1978-2017. *PLoS ONE*, 13(12), December 2018.

[8] Carol Mansyur, Benjamin C. Amick, Ronald B. Harrist, and Luisa Franzini. Social capital, income inequality, and self-rated health in 45 countries. *Social Science & Medicine (1982)*, 66(1) :43–56, January 2008.

[9] José C. Millán-Calenti, Alba Sánchez, Trinidad Lorenzo, and Ana Maseda. Depressive symptoms and other factors associated with poor self-rated health in the elderly : gender differences. *Geriatrics & Gerontology International*, 12(2) :198–206, April 2012.

[10] J. M. Mossey and E. Shapiro. Self-rated health : a predictor of mortality among the elderly. *American Journal of Public Health*, 72(8) :800–808, August 1982.

[11] Susan Nolen-Hoeksema. Gender differences in depression. *Current directions in psychological science*, 10(5) :173–176, 2001.

[12] Catherine Sass, R. Guéguen, J.-J. Moulin, L. Abric, V. Dauphinot, C. Dupré, J.-P. Giordanella, F. Girard, C. Guenot, Émilie Labbé, Emilio La Rosa, P. Magnier, Emmanuelle Martin, B. Royer, M. Rubirola, and Laurent Gerbaud. Comparaison du score individuel de précarité des Centres d'examens de santé, EPICES, à la définition socio-administrative de la précarité. *Sante Publique*, Vol. 18(4) :513–522, 2006.

[13] Sheryl L Warttig, Mark J Forshaw, Jane South, and Alan K White. New, normative, English-sample data for the Short Form Perceived Stress Scale (PSS-4). *Journal of Health Psychology*, 18(12) :1617–1628, December 2013.

[14] Hugo Westerlund, Mika Kivimäki, Archana Singh-Manoux, Maria Melchior, Jane E. Ferrie, Jaana Pentti, Markus Jokela, Constanze Leineweber, Marcel Goldberg, Marie Zins, and Jussi Vahtera. Self-rated health before and after retirement in France (GAZEL) : a cohort study. *Lancet (London, England)*, 374(9705) :1889–1896, December 2009.

[15] Shunquan Wu, Rui Wang, Yanfang Zhao, Xiuqiang Ma, Meijing Wu, Xiaoyan Yan, and Jia He. The relationship between self-rated health and objective health status : a population-based study. *BMC public health*, 13 :320, April 2013.