

**Université de Limoges**

École Doctorale Sciences Biologiques et Santé (ED 615)

Équipe de recherche HAVAE – EA 6310

Thèse pour obtenir le grade de

**Docteur de l'Université de Limoges**

Recherche clinique et Innovation

Présentée et soutenue par **Charlotte BIMOU**

Le 09 octobre 2019

**Analyse de trajectoires, perte d'autonomie et facteurs prédictifs :  
Modélisation de trajectoires.**

Thèse co-dirigée par :

Monsieur le Professeur Achille TCHALLA

Monsieur le Professeur Michel HAREL

JURY :

Président du jury

Monsieur le Professeur Joseph NGATCHOU-WANDJI, Institut Elie Cartan de  
Lorraine

Rapporteurs

Monsieur le Professeur Hervé ABDI, The University of Texas of Dallas Richardson

Monsieur le Professeur Frédéric BLOCH, CHU d'Amiens

Examineurs

Monsieur le Professeur Jean-Christophe DAVIET, EA 6310, CHU de Limoges

Monsieur le Professeur Michel HAREL, ESPE de Limoges, IMT de Toulouse

Monsieur le Professeur Achille TCHALLA, EA 6310, CHU de Limoges

Invitée

Madame le Docteur Noëlle CARDINAUD, CHU Limoges

À mes chers parents *Timothée* et *Nathalie*, à mon oncle *Labilé*.



«Entre l'objectif et la réussite, il y a une chose essentielle la persévérance ; qui est la croyance fondamentale de toujours réussir, la volonté de tourner l'objectif en or, la grandeur de ne jamais abandonner, la prévoyance du rêve qui vous permet d'y arriver»

***Ifeanyi Enoch Onuoha***



## Remerciements

---

Tout au long de la rédaction de cette thèse, j'ai reçu beaucoup de soutien et d'assistance. Je voudrais tout d'abord remercier mes Directeurs, Messieurs les Professeurs des Universités Achille TCHALLA, Michel HAREL.

Monsieur le Professeur Achille TCHALLA, je tiens à vous exprimer toute ma reconnaissance de m'avoir encadrée, orientée, aidée et précieusement conseillée dans la poursuite et la réalisation de cette recherche. Je vous remercie pour votre soutien, vos conseils avisés et vos critiques qui ont guidé mes réflexions et qui ont été des éléments moteurs pour la bonne réussite de cette thèse.

Monsieur le Professeur Michel HAREL, je vous remercie pour la confiance que vous m'avez accordée en acceptant d'encadrer ce projet de thèse doctoral. Je vous remercie pour vos multiples conseils, vos heures consacrées à la direction de cette thèse, votre rigueur intellectuelle ainsi que votre soutien durant ces années de recherche. Vos qualités humaines d'écoute et de compréhension m'ont été d'une grande aide.

Monsieur le Professeur Thierry DANTOINE, je vous exprime mes sincères remerciements pour votre accueil au sein de l'URCI (Unité de Recherche Clinique et de l'Innovation), votre précieuse expertise pour la formulation du sujet de recherche et pour la confiance que vous m'avez accordée en acceptant ma collaboration.

Monsieur le Professeur Joseph NGATCHOU-WANDJI, je vous remercie d'avoir accepté de présider cette soutenance de thèse. Je vous adresse ma reconnaissance pour vos conseils pour la sélection de revues scientifiques pertinentes et pour la relecture de ce travail. Un grand merci pour l'honneur que vous m'avez accordé en acceptant de faire partie des examinateurs de mon travail.

Je voudrais remercier les rapporteurs de cette thèse Messieurs le Professeur Hervé ABDI et Frédéric BLOCH à qui j'exprime ma reconnaissance pour l'honneur que vous m'avez accordé en acceptant d'être membre de mon jury de thèse. Professeur Hervé ABDI, je tiens à vous remercier de m'avoir reçue au commencement de la thèse à Paris lors d'un de vos déplacements en France. Vos précieux conseils ont guidé mes réflexions au cours de recherche.

Ce travail n'aurait pas été possible sans la Fondation Universitaire de Limoges ("Chaire académique d'excellence E-Santé Bien Vieillir et Autonomie"), l'ADER-LPC (Associations pour le Développement de l'Enseignement et de la Recherche, Limoges Poitou-Charentes) qui m'ont permis, grâce à une allocation de recherches, de me consacrer sereinement à l'élaboration de ma thèse. Je vous adresse mes sincères remerciements.

Les travaux de recherche présentés dans ce document ont été réalisés au sein du Laboratoire de recherche HAVAE (Handicap, Activités, Vieillesse, Autonomie, Environnement).

Je désire exprimer ma reconnaissance envers le Directeur Monsieur le Professeur Jean-Christophe DAVIET de m'avoir accueillie ainsi qu'à l'ensemble de l'équipe du laboratoire.

Mes sincères remerciements vont vers Madame le Docteur Nöelle CARDINAUD responsable de l'UPSAV (Unité de Prévention, de Suivi et d'Analyse du Vieillesse) pour son professionnalisme et pour avoir accepté de relire mon travail. Je remercie également Mesdames les Docteurs Cécile LAUBARIE-MOURET et Marrison CHARENTON-BLAUVIGNAC et Monsieur le Docteur Fateh MEKHICHE.

Je tiens à remercier mes collègues de l'équipe UPSAV. Je remercie Madame Baudou la cadre de Santé, les infirmières : Géraldine, Christelle, Claire, Céline, Marie-Jeanne et les rééducateurs Estelle, Lucile, Cassandre et les assistances sociales Christine et Karen. Je n'oublie pas les secrétaires Isabelle et Martine.

Merci à mes collègues de l'URCI les attachés de recherche clinique (ARC) Johann, Pierre, Emmanuelle, Caroline, Anaël, Murielle, Cécilia et Maxime. Vous m'avez accueillie avec un grand professionnalisme pendant ces trois années. Mention spéciale à mon collègue Abdoul. Merci pour nos pauses délibération.

À Justine ma collègue, merci pour ton écoute et ton soutien, pour la relecture de ce mémoire, ta disponibilité et ton réel sens de l'humour. Nassima, je te remercie pour ton accompagnement scientifique et extra scientifique tout au long de ces années. Tu as toujours su m'encourager. Sophie, tu as toujours été disponible. Merci pour tes suggestions concernant la rédaction de ce mémoire, merci pour la relecture du document final et ton accompagnement lors de nos colloques.

J'associe à ces remerciements Estelle pour avoir joué le rôle de relecteur du document final.

Je remercie Antoine qui a toujours été là pour moi. Ton soutien et tes encouragements ont été d'une grande aide. Appolinaire, merci pour ton soutien, ton écoute et tes encouragements. Lauriane, je te remercie pour ton écoute et ton soutien affectif sans faille.

Je tiens à remercier de tout cœur mes frères et sœurs François, Benjamin et Pascaline, mes très chers parents pour leur soutien généreux et inconditionnel, leurs judicieux conseils et leurs profondes affections. Merci pour tout ce que vous m'avez apporté tout au long de ma vie et en particulier tout au long de cette recherche.



## Droits d'auteurs

---

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :  
« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »  
disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



## Sommaire

---

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>4</b>
<b>DROITS D'AUTEURS .....</b>	<b>6</b>
<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS .....</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>14</b>
<b>CHAPITRE I. CONTEXTE SCIENTIFIQUE DE LA RECHERCHE .....</b>	<b>15</b>
<b>I.1. Vieillissement .....</b>	<b>16</b>
I.1.1. Définition du vieillissement.....	16
I.1.2. Epidémiologie du vieillissement.....	16
I.1.2.1. Vieillissement démographique en France.....	16
I.1.2.1.1. Vieillissement démographique en Nouvelle-Aquitaine.....	16
I.1.2.1.1.1. Cas particulier de l'ex-région Limousin.....	17
I.1.2.2. Cause du vieillissement démographique général.....	18
I.1.3. Modèles de vieillissement.....	19
I.1.3.1. <i>Vieillissement réussi</i> .....	20
I.1.3.2. <i>Vieillissement habituel</i> .....	20
I.1.3.2.1. Concept de fragilité.....	20
I.1.3.3. <i>Vieillissement pathologique</i> .....	21
I.1.3.4. <i>Vieillissement lié aux facteurs environnementaux</i> .....	21
I.1.4. Mesure du vieillissement.....	22
I.1.5. Pathologies et maladies chroniques liées à la l'âge et génératrices de perte d'autonomie fonctionnelles.....	23
<b>I.2. Perte d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées.....</b>	<b>23</b>
I.2.1. Conceptualisation de la perte d'autonomie fonctionnelle.....	23
I.2.1.1. Autonomie.....	23
I.2.1.2. Dépendance.....	24
I.2.1.2.1. Mécanisme à l'origine de la dépendance.....	24
I.2.1.3. Perte d'autonomie fonctionnelle.....	25
I.2.1.4. Démographie de la perte d'autonomie des personnes âgées en région Nouvelle-Aquitaine.....	25
I.2.1.4.1. Cas particulier de l'ex-région Limousin.....	25
I.2.1.5. Coût de la dépendance des personnes âgées.....	26
I.2.2. Mesure de l'autonomie fonctionnelle.....	26
I.2.2.1. SMAF.....	27
I.2.2.2. ADL.....	28
I.2.2.3. IADL.....	28
I.2.2.4. AGGIR.....	29



I.2.3. L'Unité de Prévention, de Suivi et d'Analyse du Vieillissement (UPSAV) .....	29
I.2.3.1. Évaluation Gérontologique Globale (EGG).....	30
I.2.3.1.1.1. Une évaluation socio-environnementale.....	30
I.2.3.1.2. Une évaluation de l'autonomie.....	31
I.2.3.1.3. Une évaluation de la qualité de vie. ....	31
I.2.3.1.4. Un recueil des antécédents médicaux et chirurgicaux, les facteurs de risque cardiovasculaires du patient et de ses traitements concomitants.....	31
I.2.3.1.5. Une évaluation nutritionnelle .....	31
I.2.3.1.6. Une évaluation cognitive et thymique: .....	32
I.2.3.1.7. Une évaluation de la fragilité à partir des critères de Fried .....	32
I.2.3.1.8. Une évaluation des capacités physiques .....	32
I.2.3.1.9. Une évaluation de l'équilibre .....	33
 <b>CONTEXTE GENERAL DU PROJET DE THESE .....</b>	 <b>34</b>
 <b>CHAPITRE II. ANALYSE DE TRAJECTOIRE D'AUTONOMIE .....</b>	 <b>37</b>
 <b>II.1. Analyse de trajectoire d'autonomie fonctionnelle .....</b>	 <b>37</b>
II.1.1. Objectifs et Hypothèses de recherche .....	37
II.1.1.1. Objectif général.....	37
II.1.1.2. Hypothèses de recherche des objectifs spécifiques .....	37
 <b>II.2. Matériels et Méthodes .....</b>	 <b>38</b>
II.2.1. Population de l'étude .....	38
II.2.2. Cohorte UPSAV.....	38
II.2.2.1. Description.....	38
II.2.2.2. Critères d'inclusion .....	38
II.2.2.3. Critères de non inclusion.....	38
II.2.2.4. Modalités de recrutement des sujets.....	38
II.2.2.5. Suivi des sujets et collecte des données .....	39
II.2.3. Mesures des variables.....	39
II.2.3.1. Variables d'intérêt : SMAF et ADL .....	39
II.2.3.2. Variables explicatives .....	39
II.2.3.2.1. Variables explicatives liées au volet socio environnemental.....	39
II.2.3.2.2. Variables explicatives liées à la santé .....	40
II.2.3.3. Description de la population.....	40
II.2.3.3.1. Tri à plat des modalités des variables .....	40
II.2.3.3.2. Gestion des données manquantes .....	41
II.2.4. Analyse descriptive .....	41
II.2.4.1. Description de la variable d'intérêt SMAF .....	41
II.2.5. Analyse de trajectoires .....	41
II.2.5.1. Group-Based Trajectory Modeling .....	41
II.2.5.1.1. Description de la méthode .....	41
II.2.5.1.2. Modèle Statistique .....	42
II.2.5.1.3. Covariables du modèle .....	42
II.2.5.1.4. Estimation des paramètres.....	44
II.2.5.1.5. Construction de la vraisemblance .....	44
II.2.5.1.6. Sélection du modèle .....	47
II.2.5.1.7. Comparaison de deux modèles .....	47





II.2.5.1.8. Inclusion des caractéristiques (facteurs de risque) associées à l'appartenance à un groupe de trajectoire .....	49
II.2.5.2. Les méthodes de classification : K-means et Classification Ascendante Hiérarchique...	50
II.2.5.2.1. Classification par la technique KmL utilisant l'algorithme k-means.....	50
II.2.5.2.2. Fonctionnement de l'algorithme k-means .....	50
II.2.5.2.3. Estimation des paramètres des trajectoires.....	51
II.2.5.2.4. Choix du nombre optimal de groupes .....	51
II.2.5.2.5. Classification Ascendante Hiérarchique.....	52
II.2.5.2.5.1. Fonctionnement de l'algorithme de classification ascendante hiérarchique .....	52
II.2.5.2.6. Evaluation des critères de choix du nombre optimal de groupes des deux méthodes (k-means et CAH) par les critères AIC, BIC, ICL.....	52
II.2.5.3. Comparaison des moyennes du SMAF entre les groupes pour chaque méthode de classification .....	54
II.2.5.4. Modélisation par la méthode de régression logistique multinomiale .....	55
II.2.5.4.1. Équation du modèle de régression logistique multinomiale .....	55
II.2.5.4.2. Estimation des paramètres.....	56
II.2.5.4.3. Calcul du vecteur gradient.....	56
II.2.5.4.4. Calcul de la dérivée de la log-vraisemblance .....	57
II.2.5.4.5. Test de la significativité des coefficients du modèle logit .....	64
II.2.5.4.6. Test du rapport de vraisemblance .....	64
II.2.5.4.7. Test de Wald.....	65
II.2.5.4.8. Mesure de la qualité du modèle.....	65
II.2.5.4.9. Diagnostic du modèle.....	65
<b>II.3. Résultats.....</b>	<b>68</b>
II.3.1. Analyse descriptive .....	68
II.3.2. Résultats : Première étude .....	74
II.3.2.1. Description de la variable d'intérêt : SMAF.....	74
II.3.2.1.1. Moyenne et écart type du SMAF pour chaque temps .....	74
II.3.2.1.2. Description de la population.....	75
II.3.3. Analyse de trajectoires .....	76
II.3.3.1. Group-Based Trajectory Modeling .....	76
II.3.3.1.1. Analyse univariée.....	80
II.3.3.1.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	80
II.3.3.1.1. Analyse multivariée.....	82
II.3.3.1.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	82
II.3.3.2. K-means.....	85
II.3.3.2.1. Choix du nombre optimal de groupes par critère de Calinski-Harabasz .....	85
II.3.3.2.2. Trajectoires d'autonomie fonctionnelle par la méthode du k-means.....	87
II.3.3.3. Résultats de la modélisation par la régression logistique multinomiale .....	88
II.3.3.3.1. Analyse univariée.....	89
II.3.3.3.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	90
II.3.3.3.2. Analyse multivariée.....	90
II.3.3.3.2.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	90
II.3.3.4. Classification ascendante hiérarchique.....	92
II.3.3.4.1. Choix du nombre optimal de groupes par critère de Ward.....	92
II.3.3.5. Résultats de la modélisation par la régression logistique multinomiale .....	94
II.3.3.5.1. Analyse univariée.....	96
II.3.3.5.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	97
II.3.3.5.2. Analyse multivariée.....	97



II.3.3.5.2.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	97
II.3.3.6. Mise en application des critères AIC et BIC .....	99
II.3.3.6.1. Applications sur les résultats du k-means et classification ascendante hiérarchique .....	99
II.3.3.6.2. Test d'ANOVA .....	103
<b>II.4. Résultats : Deuxième étude .....</b>	<b>105</b>
II.4.1. Analyse descriptive .....	105
II.4.1.1. Description de la variable d'intérêt : ADL .....	105
II.4.2. Analyse de trajectoires .....	106
II.4.2.1. Identification des trajectoires d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées .....	106
II.4.2.1. Group-Based Trajectory Modeling .....	106
II.4.2.1.1. Analyse univariée.....	110
II.4.2.1.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	110
II.4.2.1.2. Analyse multivariée.....	111
II.4.2.1.2.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	111
II.4.2.2. K-means.....	113
II.4.2.2.1. Choix du nombre optimal de groupe par critère de Calinski et Harabasz.....	113
II.4.2.2.2. Trajectoires d'autonomie fonctionnelle par la méthode du k-means .....	114
II.4.2.3. Résultats de la modélisation par la régression logistique multinomiale .....	115
II.4.2.3.1. Analyse univariée.....	116
II.4.2.3.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	116
II.4.2.3.2. Analyse multivariée.....	117
II.4.2.3.2.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	117
II.4.2.4. Classification ascendante hiérarchique.....	118
II.4.2.4.1. Choix du nombre optimal de groupes par critère de Ward.....	118
II.4.2.4.2. Analyse univariée.....	121
II.4.2.4.2.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	121
II.4.2.4.3. Analyse multivariée.....	122
II.4.2.4.3.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires .....	122
<b>II.5. Discussion .....</b>	<b>124</b>
II.5.1. Les trajectoires .....	124
II.5.2. Facteurs prédictifs des trajectoires.....	125
II.5.2.1. Première étude .....	125
II.5.2.2. Deuxième étude .....	127
II.5.3. Forces et Limites des deux études.....	129
<b>II.6. Conclusion .....</b>	<b>130</b>
<b>COMMUNICATIONS ET ARTICLES .....</b>	<b>131</b>
<b>II.7. Communications affichées .....</b>	<b>131</b>
<b>II.8. Communications orales.....</b>	<b>134</b>
<b>II.9. Articles.....</b>	<b>135</b>
II.9.1. Article soumis.....	135
II.9.2. Article publié.....	166



## **CHAPITRE III. RESULTATS CLINIQUES DES TRAJECTOIRES D'AUTONOMIE** ..... 200

<b>III.1. Conséquences cliniques des trajectoires d'autonomie fonctionnelle</b> .....	<b>200</b>
III.1.1. Objectifs .....	200
III.1.2. La chute .....	200
III.1.2.1. Définition de la chute de la personne âgée .....	200
III.1.2.2. Épidémiologie de la chute de la personne âgée .....	201
III.1.2.2.1. Causes de la chute .....	201
III.1.2.2.2. Conséquences de la chute .....	201
III.1.2.2.2.1. Fracture .....	202
III.1.2.2.2.2. Hospitalisation .....	202
III.1.3. Matériels et Méthodes .....	203
III.1.3.1. Recueil des données .....	203
III.1.3.2. Calcul des taux d'incidence .....	204
III.1.4. Résultats .....	204
III.1.4.1. Facteurs sociodémographiques et certaines pathologies potentiellement liées aux trajectoires du SMAF .....	205
III.1.5. Résultats cliniques et facteurs sociodémographiques et pathologies associées aux trajectoires des ADLs .....	207
III.1.6. Analyse de survie de la chute .....	209
III.1.6.1. Analyse de survie de la chute pour les trajectoires SMAF .....	209
III.1.6.2. Analyse de survie de la chute pour les trajectoires des ADLs .....	210
<b>III.2. Discussion</b> .....	<b>210</b>
<b>III.3. Conclusion</b> .....	<b>213</b>

## **CHAPITRE IV. ANALYSE DE SURVIE**..... 214

<b>IV.1. Analyse de survie des patients selon le profil d'autonomie fonctionnelle</b> .....	<b>214</b>
IV.1.1. Introduction à l'analyse de survie .....	214
IV.1.2. Objectifs .....	214
IV.1.3. Méthodes .....	215
IV.1.3.1. Suivi à long terme .....	215
IV.1.3.2. Analyse descriptive .....	215
IV.1.3.3. Analyse comparative .....	215
IV.1.3.4. Modèle de Cox .....	215
IV.1.3.4.1. Distribution de la durée de survie .....	216
IV.1.3.4.2. Fonction de Survie .....	216
IV.1.3.4.3. Fonction de répartition .....	216
IV.1.3.4.4. Densité de la variable aléatoire $T$ moment du décès .....	217
IV.1.3.4.5. Estimation de la fonction de survie .....	218
IV.1.3.4.5.1. Modèle de Cox .....	219
IV.1.3.5. Variables explicatives (covariables) dépendantes du temps .....	222
IV.1.3.5.1.1. Lien entre survie et covariables .....	222
IV.1.3.5.1.1.1. Sélection de covariables du modèle .....	222
IV.1.3.5.1.2. Diagnostic du modèle .....	222
IV.1.3.5.1.2.1. Résidus de Schoenfeld .....	223
IV.1.3.5.1.2.2. Résidus martingales .....	223



IV.1.3.5.1.2.3. Les déviations résiduelles ou résidus de déviance .....	223
IV.1.3.5.1.2.4. Résidus de la différence Bêta ( <i>df beta</i> ).....	223
IV.1.3.6. Construction des données .....	224
IV.1.3.7. Covariables de l'analyse .....	224
IV.1.4. Résultats .....	224
IV.1.4.1. Caractéristiques descriptives de la population .....	224
IV.1.4.1.1. Pronostic à long terme de la population.....	224
IV.1.4.1.2. Courbe de survie de Kaplan Meier .....	225
IV.1.4.2. Modèle de Cox .....	225
IV.1.4.3. Diagnostic des résidus du modèle de Cox.....	226
IV.1.4.3.1. Vérification de l'hypothèse de risque relatif par le test de Schoenfeld.....	226
<b>IV.2. Discussion .....</b>	<b>227</b>
<b>IV.3. Conclusion.....</b>	<b>229</b>
<b>DISCUSSION GENERALE .....</b>	<b>230</b>
<b>CONCLUSION GENERALE ET IMPLICATIONS .....</b>	<b>234</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>235</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>249</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>322</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX.....</b>	<b>324</b>



## Liste des abréviations

---

ADL	Activities of Daily Living
AGGIR	Autonomie Gérontologie Groupe Iso-Ressource
AIC	Akaïke Information Criterion
APA	Allocation Personnalisée d'Autonomie
BIC	Bayesian Information Criterion
CAH	Classification Ascendante Hiérarchique
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CHS	Cardiovascular Health Study
DCAF	Déclin constant de l'autonomie fonctionnelle
DSDAF	Déclin stable de l'autonomie fonctionnelle
DMLA	Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age
EGG	Évaluation Gérontologique Globale
EHPAD	Établissement d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendante
EM	Expectation-Maximization
GBTM	Group-Based Trajectory Modeling
GDS	Geriatric Depression Scale
GIR	Groupe Iso-Ressource
GMM	Gaussian Mixture Model
HAD	Hospitalisation à Domicile
HAS	Haute Autorité de Santé
HCFEA	Haut Conseil de la Famille, de l'Enfance et de l'Age
ICL	Integrated Completed Likelihood
IADL	Instrumental Activities of Daily Living
IC	Intervalle de Confiance
IDE	Infirmière Diplômée d'État
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
IRDES	Institut de Recherche et Documentation en Economie de la Santé
HAVAE	Handicap Activité Vieillesse Autonomie Environnement
MMSE	Mini Mental State Examination
MNA	Mini Nutritional Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OR	Odds Ratio
SFA	Société Française d'Allergologie
SFGG	Société Française de Gériatrie et de Gérontologie
SFdS	Société Française de Statistique
SMAF	Système de Mesure de l'Autonomie Fonctionnelle
SPPB	Short Physical Performance Battery
SSIAD	Service de soins Infirmiers à Domicile
UPSAV	Unité de Prévention, de Suivi et d'Analyse du Vieillesse
URCI	Unité de Recherche Clinique et d'Innovation
USLD	Unité de Soins de Longue Durée



## Introduction

---

Le vieillissement de la population dans les pays développés suscite un véritable problème de santé et fait l'objet d'importantes réflexions. Entraînant de nouveaux problèmes sociaux, le vieillissement devient un véritable enjeu de la société et se place par conséquent au centre des préoccupations majeures des professionnels de santé. En France, la population gériatrique se distingue des autres types de populations de par la survenue fréquente de plusieurs pathologies (HAS, 2015), d'évènements pouvant porter atteinte à la santé, la sécurité et le bien-être. La vieillesse est ainsi devenue une période de survenue de modifications physiques, psychiques et biologiques. De ce fait, elle devient une période de perte d'autonomie au taux prévisionnels élevés aux horizons de 2040 (Duée et al., 2005) (Lecroart, 2013). Au cours du processus de vieillissement, la survenue d'une dépendance devient un tournant évolutif majeur (Corpus de Gériatrie, 2000a).

Dans ces travaux de recherche, nous nous intéressons à l'évolution au cours du temps de l'autonomie fonctionnelle des personnes âgées vivant à domicile en Limousin en abordant les facteurs prédictifs de perte d'autonomie et les conséquences cliniques associées. Pour la compréhension et l'identification de ces potentiels facteurs prédictifs de perte d'indépendance fonctionnelle liés au vieillissement, des modélisations mathématiques et statistiques paraissent nécessaires. À cet égard, nous proposons dans ces travaux de recherche, des méthodes de Datamining appliquées aux données d'une population gériatrique suivie pendant plusieurs mois de façon prospective pour trouver des modèles mathématiques, statistiques répondant à des hypothèses spécifiques. Ainsi, notre travail croise la statistique et l'épidémiologie et s'appuie sur l'utilisation de méthodes d'analyse statistique pour répondre à des questions spécifiques de recherche.

Notre objectif est d'identifier et de comprendre l'évolution dans le temps de scores d'indépendance fonctionnelle sur une cohorte de personnes âgées de 75 ans et plus, d'identifier les sources de variabilité inter patients, de décrire et d'identifier les facteurs prédictifs de ces évolutions ainsi que les conséquences cliniques associées. Notre travail vise donc à proposer des trajectoires d'autonomie fonctionnelle (suffisamment homogènes) d'une population gériatrique hétérogène. L'autonomie fonctionnelle étant évaluée par un outil innovant qui est le Système de Mesure de l'Autonomie Fonctionnelle (SMAF), une telle approche nous semble fondamentale puisque qu'à ce jour, à notre connaissance, aucune étude n'a été faite à ce sujet. Notre travail devrait permettre de retrouver différents profils de la personne âgée en matière de capacité fonctionnelle. Il devrait également aider à cibler les personnes âgées à risque de perte d'autonomie. À ce titre, les efforts de prévention de l'UPS AV devraient donc viser à augmenter les années de vie en bonne santé des personnes âgées.



# Chapitre I. Contexte scientifique de la recherche

---

Ce travail de recherche est organisé en quatre chapitres. Le **chapitre I** introduit le vieillissement démographique en France et la notion de perte d'autonomie fonctionnelle de la personne âgée. Dans ce premier chapitre, il s'agira de faire l'état des connaissances actuelles sur la perte d'indépendance fonctionnelle à savoir la définition des concepts, les causes, les mesures, la prévalence, les facteurs de risque, les conséquences et surtout de mettre en avant les limites de la littérature sur le sujet. Le contexte scientifique du projet de thèse sera également abordé en évoquant quelques données épidémiologiques de la perte d'autonomie des personnes âgées dans un cadre de santé publique. Le **chapitre II** met en avant le détail des différentes méthodes de modélisation mathématiques et statistiques employées pour modéliser les trajectoires développementales de l'autonomie fonctionnelle. Dans cette partie, deux études seront réalisées sur la base de deux outils d'évaluation de l'autonomie fonctionnelle de la personne âgée : SMAF et Activity of Daily Living (ADL). Les facteurs prédictifs des trajectoires y seront également abordés. Le **chapitre III** est axé sur les conséquences cliniques des trajectoires et certaines pathologies associées aux trajectoires. Le **chapitre IV** met en avant l'analyse de survie des patients. À la fin des chapitres 2, 3, et 4, nous présenterons les résultats, les discussions ainsi que les forces et limites de l'étude. Dans la dernière partie de ce document, nous proposerons une discussion générale en évoquant l'originalité de nos travaux, les potentielles retombées, une conclusion générale et les implications de cette recherche.



## **I.1. Vieillessement**

### **I.1.1. Définition du vieillissement**

Le vieillissement est un phénomène biologique, un processus lent, progressif, complexe et multifactoriel, une résultante des effets compliqués de facteurs génétiques (caractères héréditaires transmis par des parents à leurs enfants) et de facteurs environnementaux (liés à l'origine géographique, l'éducation, l'entourage familial et social) (Beaulieu et al., 2010) auxquels l'organisme est soumis tout au long de sa vie (Jaeger and Cherin, 2011). Il est considéré comme l'ensemble des processus physiologiques et psychologiques qui modifient la structure et les fonctions de l'organisme à partir de l'âge mûr (Corpus de Gériatrie, 2000a). Boirie définit le vieillissement par l'ensemble des phénomènes associés au déclin des capacités fonctionnelles avec le temps, qui compromettent les probabilités de survie (Boirie and Patureau Mirand, 2007). Le vieillissement diffère d'un individu à un autre et à ce stade de la vie, certains changements proviennent de processus internes c'est-à-dire du vieillissement lui-même. Le vieillissement se caractérise donc par un processus variable d'une personne à une autre, d'une époque à une autre.

### **I.1.2. Epidémiologie du vieillissement**

#### **I.1.2.1. Vieillessement démographique en France**

Le vieillissement démographique est l'évolution au décours du temps de la composition par âge de la population. Cette évolution est déterminée par la fécondité, la mortalité et les migrations internationales (Calot and Sardon, 1999). Aujourd'hui, la population mondiale est touchée par le vieillissement démographique. Selon une étude réalisée par Pison en 2009, la croissance de la population est plus ou moins avancée dans les pays développés (Pison, 2009). Il a été observé qu'au cours de la dernière moitié de siècle, la population gériatrique a poursuivi son augmentation. Dans l'Union Européenne par exemple, la proportion des personnes de 65 ans ou plus est passée de 16,8% à 19,2% entre 2006 et 2016 soit une hausse de 2,4% en dix ans. En France, la fréquence des individus dans la tranche d'âge de 60-74 ans est passée de 13,3% à 16,6% entre 1970 et 2018. Dans la même période, la part des 75 ans et plus a presque doublé. Elle est passée de 4,7% à 9,30% par rapport à la part des jeunes de moins de 20 ans qui a baissé. Celle-ci est passée de 33,1% à 24,1% soit une diminution de 9%. Au premier janvier 2019, selon l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), la proportion des personnes âgées de 65 à 74 ans a été estimée à 10,8% (7 194 489), celle des 75 à 84 ans à 6% (3 958 525) de la population. À la même période, la fréquence des personnes de 85 ans et plus a été estimée à 3% (2 142 187) de la population.

##### **I.1.2.1.1. Vieillessement démographique en Nouvelle-Aquitaine**

Au cours des quarante dernières années, deux régions de France : l'Auvergne-Rhône-Alpes et la Nouvelle-Aquitaine se sont démarquées des autres de par leurs croissances rapides de la proportion des 60 ans et plus. Placée en deuxième position après l'Auvergne-Rhône-Alpes, la Nouvelle-Aquitaine comptait 703 032 en 1978 soit 14,4% des personnes âgées de 60 à 74 ans et 338 294 (6,9%) des personnes de 75 ans ou plus. Selon l'Insee, en 2018 la région comptait 1 135 569 (18,9%) des 60 à 74 ans et 668 369 (11,2%) des 75 ans ou plus. Dans la même période, la part des jeunes de moins de 20 ans était de 1 424 675 (29,2%)





contre 1 318 535 (21,9%) en 2018. On note aujourd'hui une hausse de la proportion des personnes âgées et une baisse de celle des jeunes. Comparativement à la France Métropolitaine, la population de la Nouvelle-Aquitaine est plus âgée mais garde toutefois un état de santé relativement favorable.

### I.1.2.1.1.1. Cas particulier de l'ex-région Limousin

La démographie Limousine se caractérise par le vieillissement de sa population dont un tiers aura plus de 65 ans en 2040 avec 10 ans d'avance sur le reste de la France. Selon les données de l'Insee illustrées sur la *Figure I. 1* ci-dessous, la part des personnes âgées de 60 à 74 ans a augmenté de 4,6% entre 1975 (118 874 soit 16,4%) et 2019 (152 865 soit 21%). La part des 75 à 84 ans est restée plus ou moins stable. À cette même période, la part de 85 ans et plus a augmenté de 2,5%. Cependant, celle des plus jeunes a baissé sur la même période : 22% en 1975 pour les moins de 20 ans contre 20,4% en 2019, soit une baisse de 1,6%. En 2015, la région ex-Limousin était la plus âgée avec 46 ans d'âge médian. En 2015, près d'un tiers de la population Limousine était âgée de 60 ans ou plus contre 20% pour la tranche des 11 à 30 ans (INSEE, 2006).

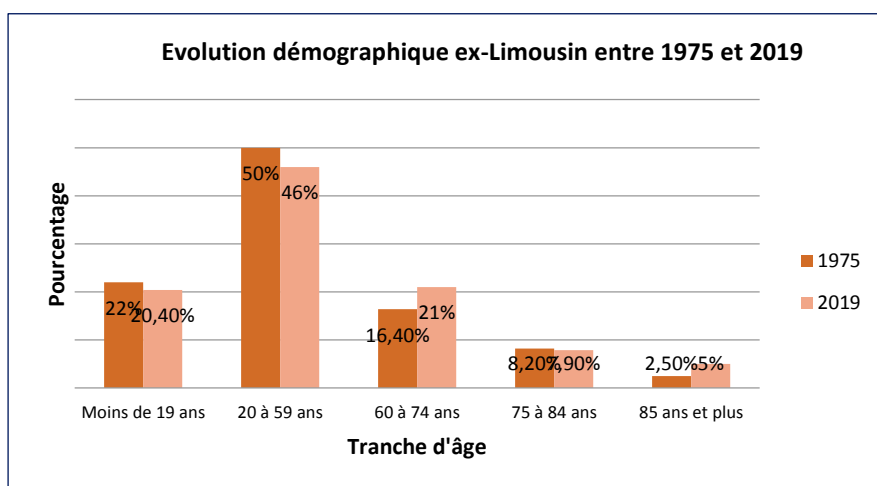


Figure I. 1: Représentation par tranche d'âge de la population ex-région Limousine au cours des quarante dernières années (1975 – 2019). Source des données : Insee.

Au premier janvier 2019, la démographie des trois départements de l'ancienne région à savoir la Haute-Vienne, Creuse et Corrèze est comme suit. La part des jeunes de moins de 20 ans est de 21,5% en Haute-Vienne contre 17% en creuse et 20% en Corrèze. Les jeunes adultes (20 à 59 ans) représentent 47% de la population en Haute-Vienne, 43% en Creuse et 45% en Corrèze. On retrouve en Creuse la proportion la plus importante des personnes de 60 à 74 ans. Elle est estimée à 25%. Le département enregistre également la plus haute fréquence des personnes de 75 à 84 ans (9%) et celle de 85 ans et plus (6%) (*Figure I.2*). Ainsi, l'ex-région Limousine est décrite par une population particulièrement âgée. La croissance de la population est plus rapide que la moyenne en France.



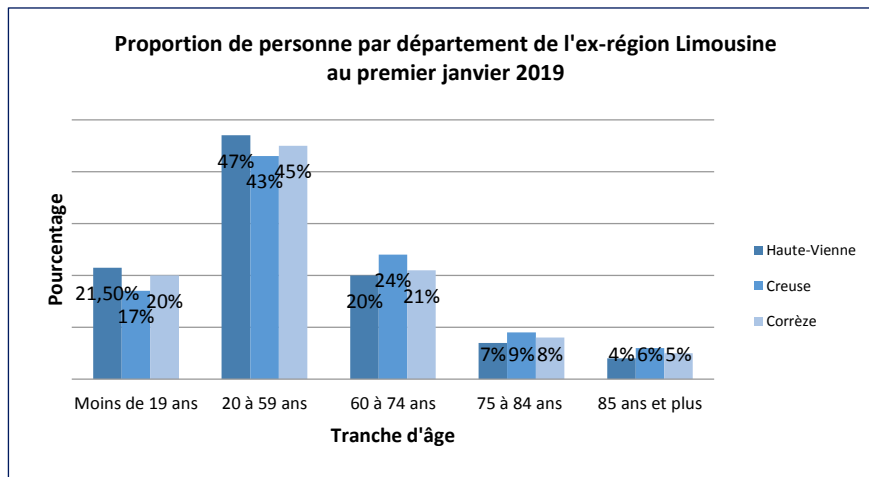


Figure I. 2: Représentation de la population ex-région Limousine par tranche d'âge et par département au premier janvier 2019. Source des données : Insee.

### I.1.2.2. Cause du vieillissement démographique général

Selon des études prévisionnelles, les tendances démographiques de la proportion des personnes âgées de 60 ans et plus augmenteraient fortement jusqu'en 2035 (Blanpain and Chardon, 2010). Au cours de la dernière décennie, une augmentation rapide de la proportion des individus âgés de 60 ans et plus par rapport à celle des jeunes est observée en Nouvelle-Aquitaine. Ce phénomène de vieillissement serait lié à la diminution de la taille des familles et à l'allongement de la durée de vie. Cette forte augmentation correspond à la baisse de la natalité observée au début du XIX<sup>ème</sup> siècle suivie de l'augmentation de l'allongement de la durée de vie au cours du XX<sup>ème</sup> siècle (Montagnier, 2014) ainsi qu'à l'arrivée des générations issues du baby-boom dans la tranche d'âge des 65 ans et plus. Aujourd'hui, l'espérance de vie en France est de 79,5 chez les hommes et de 85,4 chez les femmes soit une hausse de 32 ans de plus chez les hommes et de 34 ans chez les femmes par rapport à 1900 d'après l'Insee.

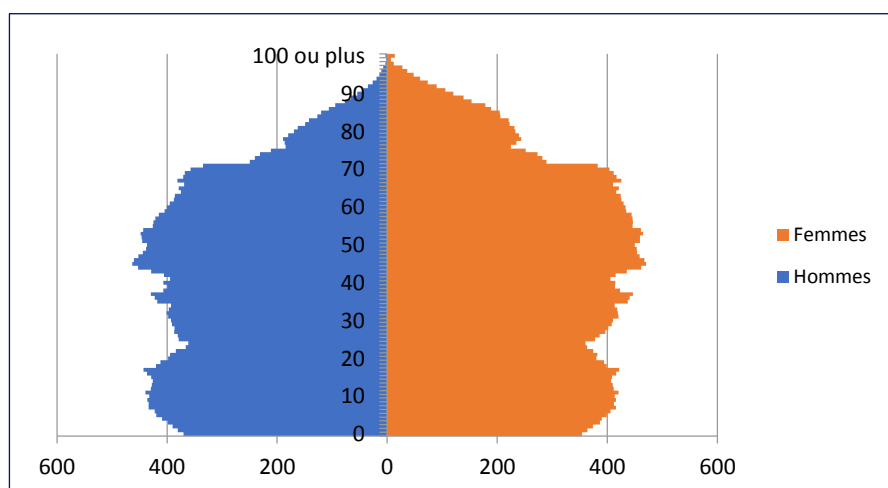


Figure I. 3: **Pyramide des âges de la population Française.** L'axe vertical des ordonnées désigne les classes d'âge. Les plus jeunes sont en bas et les plus âgées en haut. L'axe horizontal des abscisses illustre l'effectif de la population en milliers d'habitants. L'effectif des femmes est placé à droite et celui des hommes à gauche. Source des données : (Insee, 2019).



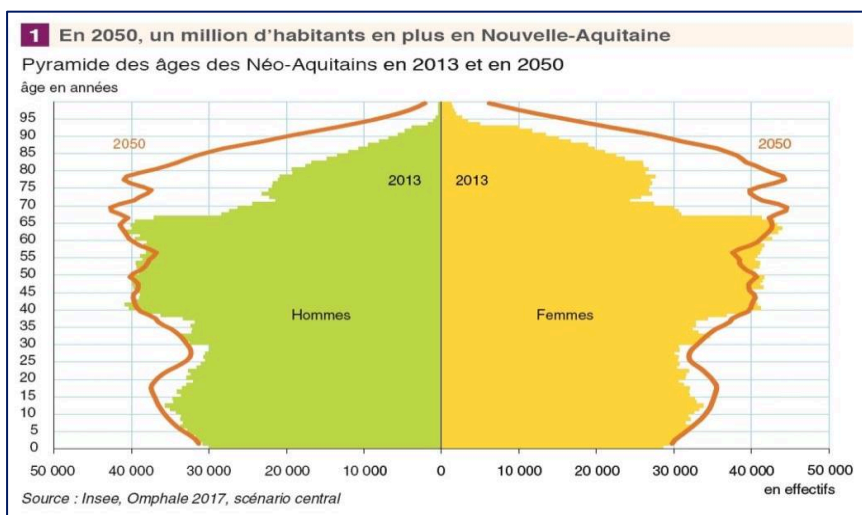


Figure I. 4: **Estimation en 2050 de la pyramide des âges de la population des personnes âgées Néo-Aquitaine.** L'axe vertical des ordonnées désigne les classes d'âge. Les plus jeunes sont en bas et les plus âgées en haut. L'axe horizontal des abscisses illustre l'effectif de la population en milliers d'habitants. L'effectif des femmes est placé à droite et celui des hommes à gauche (Insee, 2017).

Les pyramides des âges illustrées sur les *Figure I. 3* et *Figure I. 4* sous forme de pagode présentent une base moins large qui signifie que le taux de natalité a commencé à baisser et elle s'étire vers le haut. Cela traduit l'augmentation de l'espérance de vie. On observe ainsi un vieillissement général de la population française sur la *Figure I. 3* et de la population de la Nouvelle-Aquitaine en particulier sur la *Figure I.4*. Selon les projections de l'Insee, le vieillissement de la population devrait se poursuivre à l'avenir, le nombre de personnes de 80 ans et plus devant presque doubler d'ici 2025, et être multiplié par 3,7 d'ici 2050, dans un contexte de croissance modérée de l'ensemble de la population française (cette dernière progresserait de 10% entre 2000 et 2040, puis diminuerait très légèrement). Selon l'Insee, les tendances démographiques récentes se poursuivront au 1<sup>er</sup> janvier 2050. La population de la Nouvelle-Aquitaine serait de 6,9 millions d'habitants, soit un gain de 1 million d'habitants par rapport au recensement de 2013 *Figure I. 4*. Le taux de croissance annuel moyen serait de 0,3% en France.

### I.1.3. Modèles de vieillissement

La population âgée est caractérisée par une grande hétérogénéité. Aujourd'hui, de nombreuses hypothèses explicatives du vieillissement aux niveaux cellulaire et moléculaire existent. Mais, aucun processus biologique unique ne pourrait expliquer l'origine et les conséquences du vieillissement (de Jaeger and Cherin, 2011). Le vieillissement intervient dans différents niveaux de l'organisme humain parmi lesquels on note le vieillissement chimique et le vieillissement cellulaire. Le vieillissement chimique se manifeste dans la structure des cristaux ou dans l'agrégation macromoléculaire (Blain and Jeandel, 2003). Le vieillissement cellulaire est la faculté de division limitée de cellules humaines (Mishara and Riedel, 1994) (Blain and Jeandel, 2003), une altération subie par les organismes qui composent les cellules (Thiebault and Sprumont, 2005). Ainsi, le vieillissement s'accompagne d'une réduction des capacités fonctionnelles de l'organisme. La baisse de ces réserves fonctionnelles va avoir des répercussions qui varient d'un organe (système nerveux, le système cardiovasculaire, immunitaire, l'appareil digestif, respiratoire, locomoteur, urinaire, les organes du sens, les organes sexuels, la peau) à un autre, d'une



personne à une autre. Ainsi, les conséquences du vieillissement peuvent être très importantes chez certains sujets âgés et être minimes voire absentes chez d'autres individus du même âge. De ce fait, Rowe et Kahn définissent trois types de vieillissement : réussi, habituel et pathologique (Rowe and Kahn, 1997).

### ***1.1.3.1. Vieillissement réussi***

Le concept du vieillissement réussi (*successful aging*) a fait l'objet de recherches dans de multiples disciplines académiques (Phelan and Larson, 2002) depuis plus de trente ans (Le Deun and Gentric, 2007). Ces dernières années, le concept a connu un regain d'intérêt lié à l'allongement de l'espérance de vie et de la longévité. Il est un modèle de vieillissement décrit par une absence ou une atteinte modérée des capacités fonctionnelles, de pathologies (Trivalle, 2000) (Rowe and Kahn, 1997). Le vieillissement est réussi lorsque les sujets âgés sont robustes (Champoux, 2005). Cependant, les représentations et les aspirations de ce que serait un vieillissement réussi diffèrent d'une société à l'autre, d'une culture à l'autre. Ce niveau du vieillissement passe par la prévention continue.

### ***1.1.3.2. Vieillissement habituel***

Le vieillissement habituel ou usuel (*usual aging*) ou encore « vieillissement actif » est un modèle de vieillissement accompagné des atteintes physiologiques liées à l'âge de certaines fonctions et organes mais sans pathologie bien définie (Trivalle, 2000) (Rowe and Kahn, 1997). Sous cette dimension, il s'agit d'une réduction des réserves adaptatives pouvant aboutir à un déséquilibre en cas de survenue d'un phénomène aigu. Ce qui est la définition actuelle du syndrome de la fragilité (Rowe and Kahn, 1997) caractérisé par une décompensation fonctionnelle conduisant à une altération de l'état de santé ou une dépendance. Le vieillissement habituel est caractérisé par l'absence de maladies exprimées. Cependant, il inclut des troubles fonctionnels liés à l'avancé en âge, aux traumatismes physiques, aux facteurs de risque et aux répercussions psychologiques des pertes marquant le parcours de vie (Trincaz et al., 2008). La prévalence de ce modèle de vieillissement passe par la prévention des pathologies qui lui sont associées.

#### **1.1.3.2.1. Concept de fragilité**

Depuis une trentaine d'année, le concept de fragilité est retrouvé dans la littérature et continue à faire l'objet de nombreuses publications scientifiques. La fragilité a été considérée comme synonyme d'invalidité, de comorbidité et d'autres caractéristiques, mais il est reconnu qu'elle peut avoir un fondement biologique et être un syndrome clinique distinct. À ce jour, une définition normalisée n'a pas encore été établie. De ce fait, la mesure et la détection de la fragilité restent donc des problématiques complexes (Boyer, 2018). Les modèles les plus fréquemment retrouvés dans la littérature sont les modèles élaborés par Fried (Fried et al., 2001) et Rockwood (Rockwood et al., 2005).

La fragilité est considérée comme étant très répandue avec l'âge et présentant un risque élevé d'effets indésirables sur la santé, y compris la mortalité, le placement en établissement, les chutes et l'hospitalisation (Bharathi and Baby, 1999)(Speechley and Tinetti, 1991) (Winograd, 1991). Elle est définie par Fried et ses collègues comme une condition répondant à 3 des 5 critères phénotypiques suivants : perte de poids involontaire (4 à 5 kg en un an), épuisement subjectif rapporté par la personne elle-même, faiblesse (force



de préhension < 20 % main dominante), vitesse de marche lente (< 20 % du temps pour marcher 5 mètres), activité physique réduite (<20 % des dépenses énergétiques). Chacune des 5 dimensions de la fragilité est traduite par un critère établi par l'analyse du Cardiovascular Health Study (CHS) basée sur 5317 personnes (Fried et al., 2001). Si un sujet ne présente aucun des critères celui-ci est considéré comme nonfragile. Le sujet est considéré pré-fragile s'il présente 1 ou 2 des critères. Ce profil est un sous-ensemble présentant un risque élevé de progression à la fragilité. Enfin, les sujets présentant 3 critères ou plus sont définis comme fragiles. Selon Fried et ses collaborateurs, la prévalence de la fragilité à 65 ans est évaluée à 7% (4,9% pour les hommes et 7,3% pour les femmes). La proportion de sujets pré-fragiles à cet âge est de 47% et celle de personnes non-fragiles est de 46%. Avec l'avance dans l'âge, la proportion de sujets fragiles augmente. Selon une recherche basée sur la cohorte Lc65+ visant à étudier la fragilité dans la population générale, la fréquence de sujets pré-fragiles âgés de 65 à 69 ans retrouvée est de 26%. Cependant, la prévalence de la fragilité retrouvée est de 2,3% (Santos-Eggimann, 2013) (Michel et al., 2008).

### ***1.1.3.3. Vieillesse pathologique***

Le vieillissement pathologique (*pathological aging*) concerne les affections cardiovasculaires, la démence, la dépression, les troubles de la locomotion et sensoriels. C'est le vieillissement avec pathologies sévères ou évolutives (Trivalle, 2000) responsable d'un déclin ou d'une dépendance fonctionnelle. Généralement, une dénutrition s'associe à ce modèle de vieillissement et favorise l'apparition de pathologies aiguës (Rowe and Kahn, 1997). Le mode de prévention de ce type de vieillissement passe par trois niveaux (Corpus de Gériatrie, 2000b) :

- la prévention primaire qui passe par le ralentissement des processus du vieillissement. Elle vise ainsi à prévenir ou retarder l'apparition de la maladie alors même qu'il n'y a pas de maladie ;
- la prévention secondaire qui est une détection précoce de la maladie ou une prévention des récives ;
- la prévention tertiaire qui vise à prévenir les complications liées à la maladie.

### ***1.1.3.4. Vieillesse lié aux facteurs environnementaux***

Les facteurs environnementaux jouent un rôle tout aussi important dans le processus de vieillissement. Ce type de vieillissement est généralement lié à l'origine géographique, l'éducation, l'entourage familial et social, les émotions, la profession antérieure, les revenus mensuels (Beaulieu et al., 2010) de la personne. À ce niveau, des actions de prévention orientées sur des facteurs d'environnement possiblement modifiables s'avèrent particulièrement intéressantes et doivent être développées pour promouvoir un vieillissement en bonne santé (Phelan and Larson, 2002).

Le concept de vieillissement réussi s'opposerait au vieillissement usuel et pathologique qui eux, s'accompagnent d'un risque de fragilité. Les conséquences physiologiques du vieillissement même chez les individus vieillissant en bonne santé, pourraient atteindre des fonctions qui jouent un rôle important dans la prise alimentaire, dans les modifications métaboliques, dans la sarcopénie entraînée par le processus de dénutrition (Ferry, 2010) et dans la perte d'autonomie.



Depuis plusieurs années, la question du vieillissement démographique précoce a suscité beaucoup d'interrogations tant au niveau individuel, collectif, médical, social, économique que sociétal. D'un point de vue médical, il s'agit par exemple de la prise en charge des pathologies liées à l'âge telles que les pathologies neurodégénératives. En ce qui concerne le volet social, il s'agit de prendre la dépendance en compte ainsi que les aides (humaine, technique, financière) aux personnes âgées. Dans le volet économique, il s'agirait de mettre en place des financements des retraites, de la dépendance mais aussi de l'assurance maladie. Le vieillissement de la population peut engendrer des conséquences non négligeables parmi lesquelles l'on peut citer l'accroissement de la fréquence de personnes susceptibles de se retrouver dans un état de perte d'autonomie, de dépendance.

Au regard des multiples définitions et descriptions du concept de vieillissement, la notion de personne âgée est perçue différemment et varie d'un organisme à un autre. Dans les prochaines sections de ce document, nous expliciterons la terminologie de personne âgée en abordant les définitions retrouvées dans la littérature scientifique.

#### **I.1.4. Mesure du vieillissement**

La mesure quantitative du degré de vieillissement nécessite de préciser qui sont les personnes âgées. On ne peut déterminer en effet avec certitude, ni pour une personne ni pour une classe d'âge, le moment où elle est à inclure parmi les personnes âgées. La définition et la perception de ce terme ne sont donc pas univoques. Elle dépend du domaine et de l'objectif d'étude (Calot and Sardon, 1999). Dans le cas où l'objectif de l'étude concerne la perte d'autonomie par exemple, la personne âgée serait un individu dont l'âge excède 75 ans. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit la personne âgée par un individu dont l'âge minimal est égal à 65 ans. Dans les instituts gériatriques, l'âge moyen retenu pour la personne âgée est de 85 ans. Selon l'Insee, c'est un individu dont l'âge excède les 60 ans (Ennuyer, 2011). La mesure du vieillissement peut donc être faite par l'identification et la quantification de marqueurs biologiques et génétiques, par le bilan de certaines aptitudes physiques, ou encore par l'appréciation de signes physiques liés au vieillissement.

La croissance démographique de la population gériatrique nécessite des implications économiques, sociales et médicales assez importantes. Le phénomène de vieillissement est conditionné par le temps et implique un processus d'altération du corps humain (Blain and Jeandel, 2003). Il augmente les chances de développer une incapacité dans la réalisation des activités de la vie courante, une diminution des réserves physiologiques, une incapacité physique, psychique, biologique et socio-économique (Blain and Jeandel, 2003). Ces facteurs sont susceptibles d'entraîner la personne âgée vers un état à un risque de perte d'indépendance fonctionnelle. La population âgée est alors sujette à des limitations fonctionnelles et des restrictions d'activités qui nécessitent des soins et un accompagnement de longue durée (Brunel and Carrère, 2017). À ce jour, les travaux menés dans ce sens ont fait l'objet d'études transversales dans le but d'estimer les prévalences, les incidences, des causes et conséquences, des facteurs de risque associés. Quelques études sur données longitudinales ont fait l'objet de recherches sur le sujet de la perte d'autonomie fonctionnelle de la population gériatrique. Cependant, la connaissance sur le sujet reste souvent abstraite et méconnue. Notre travail est axé sur l'analyse de données longitudinales d'une cohorte de personnes âgées dans le but d'identifier des trajectoires distinctes d'autonomie fonctionnelle et des potentiels facteurs prédictifs qui en résultent.



### **I.1.5. Pathologies et maladies chroniques liées à l'âge et génératrices de perte d'autonomie fonctionnelle**

L'avancée dans l'âge prédispose la population gériatrique à un risque accru de fragilité physique, psychique ou socio-économique, de perte d'autonomie fonctionnelle et de dépendance (HAS, 2015). La polyopathie selon Fortin est définie par « la cooccurrence de plusieurs maladies chroniques chez le même individu sur la même période ». Elle est définie par la présence d'au moins 2 maladies chroniques, c'est-à-dire nécessitant des soins sur le long terme, sur une même période chez le même patient (Almirall and Fortin, 2013). Selon l'OMS, les maladies chroniques sont des affections de longue durée qui évoluent dans le temps de façon lente et qui nécessitent des soins à long terme. Parmi elles, on note le diabète, les maladies cardiovasculaires (athérosclérose, hypercholestérolémie, hypertension artérielle, insuffisance coronaire, insuffisance vasculaire cérébrale, insuffisance respiratoire, arythmie,...), les maladies respiratoires (bronchopneumopathie chronique obstructive, asthme...), les maladies neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson, la sclérose en plaque...), certains troubles mentaux (dépression, schizophrénie...), ainsi que certaines maladies rares ou orphelines (mucoviscidose, drépanocytose...), le VIH. Les maladies chroniques sont responsables de 63% des décès et se présentent comme la première cause de mortalité dans le monde. En 2008, sur les 543 139 décès, les maladies chroniques représentaient plus de 70% des causes de décès parmi lesquels les cancers étaient en tête de liste (Aouba et al., 2011). De par leur importance dans la population et leur coût, les maladies chroniques chez les personnes âgées sont devenues un véritable enjeu de société (Briançon et al., 2010). L'enquête Insee-Credes sur la santé et les soins médicaux réalisée auprès d'un échantillon aléatoire de 8 235 ménages représentatifs de l'ensemble des ménages a montré que la polyopathie était la règle chez les personnes très âgées : 93 % des 70 ans et plus avaient au moins 2 maladies, et 85 % au moins 3 maladies. Les plus fréquentes étaient les affections cardiovasculaires et ostéoarticulaires (Le Pape and Sermet, 1996).

## **I.2. Perte d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées**

### **I.2.1. Conceptualisation de la perte d'autonomie fonctionnelle**

#### **I.2.1.1. Autonomie**

L'autonomie, concept ayant trait à la philosophie, la psychologie, le droit et la bioéthique vient du mot grec *autos* qui signifie soi-même et *nomos* qui signifie règle. Elle reflète donc du libre arbitre de la personne et se définit ainsi par la capacité de se gouverner soi-même (Bouilly et al., 2016). Elle est aussi définie par la liberté de pouvoir agir et accepter ou refuser en fonction de son jugement, c'est-à-dire la capacité de prévoir et de choisir (Corpus de Gériatrie, 2000b). Contrairement à ce que l'on peut penser, le concept ne peut être défini comme l'absence de dépendance même s'il est partial de considérer l'autonomie comme étant diamétralement opposée à la dépendance.

La perte d'autonomie est une notion n'ayant pas de définition univoque (Roy, 2016). L'autonomie fonctionnelle fait référence à la qualité de la santé physique sur la base des capacités de la personne âgée à réaliser certaines activités de la vie courante. Elle demande donc du potentiel physique et psychique (Lamy, 1993). Il est important de noter que la perte d'autonomie et la dépendance sont deux notions complémentaires mais ne se définissent



pas exactement de la même manière. Dans les sections suivantes, nous expliciterons chacun de ces concepts.

### I.2.1.2. Dépendance

La dépendance appliquée aux personnes âgées est une notion subjective définie sur des critères variables et subjectifs (Genier, 1998). Elle est perçue par l’OMS comme une perte ou une anomalie d’une structure ou d’une fonction anatomique, physiologique ou psychologique (Organization, 1988). L’OMS a établi une classification internationale des handicaps qui a contribué à clarifier les concepts généralement associés à la notion de dépendance (Organization, 1988). La dépendance peut être perçue comme un risque particulier lié à la vieillesse (Assous and Mahieu, 2001). Elle est caractérisée par un état avancé de limitations physiques fonctionnelles et définie par l’impossibilité partielle ou totale pour une personne de réaliser les activités physiques, psychiques ou sociales de la vie sans l’aide d’autrui (Attias-Donfut et al., 2005). Elle est également définie par le besoin d’aide (Attias-Donfut et al., 2005). Selon Benaim et ses collaborateurs, la dépendance est la conséquence d’une ou plusieurs incapacités, conséquence de déficiences, de maladies, conduisant à des limitations d’activités ou à des restrictions de participation (Benaim et al., 2005). L’état de dépendance d’une personne peut avoir de lourdes conséquences sur un plan familial, sociétal, social ou professionnel du fait qu’elle entraîne des conduites à risques et des mécanismes de repli sur soi. Selon le ministère de la santé, les dépenses de prise en charge des personnes âgées dépendantes représentent 30 milliards d’euros chaque année soit 1,40 point de PIB. Ces dépenses doubleront presque, à 2,78 points de PIB en 2060.

#### I.2.1.2.1. Mécanisme à l’origine de la dépendance

Le mécanisme de Wood est une définition qui traduit et précise la notion de handicap. La séquence de Wood est fondée sur une approche fonctionnelle du handicap qui prend en compte les facteurs socio environnementaux. L’auteur propose une classification en 3 niveaux successifs dont : la déficience résultante de la maladie, l’incapacité fonctionnelle consécutive à la déficience, le handicap qui est la traduction sociale de cette déficience (voir *Figure I.4*).

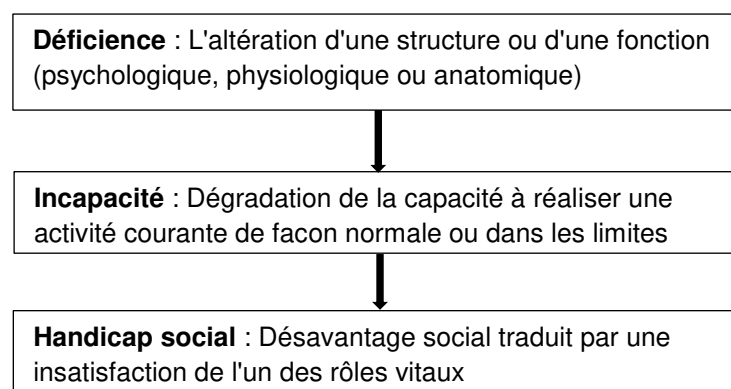


Figure I.4 : Classification de Wood.

La classification de Wood permet ainsi de mieux comprendre les causes de la dépendance et de mieux cerner les approches thérapeutiques dans la mesure où elle identifie différents niveaux de la personne âgée.





### **I.2.1.3. Perte d'autonomie fonctionnelle**

La perte d'autonomie fonctionnelle est l'incapacité pour une personne à décider, à assurer certaines activités de la vie quotidienne. Elle dépend de facteurs physiques, psychologiques, biologiques et socio-économiques ou les quatre à la fois. La perte d'autonomie fonctionnelle est un état qui précède la dépendance fonctionnelle. Selon les travaux de Brunel, en 2015 en France, environ 2 606 900 soit 17% des personnes âgées de 60 ans avaient au moins une difficulté pour se laver et 11% étaient fortement limités dans les activités générales (Brunel and Carrère, 2017). En 2015, les restrictions fonctionnelles concernaient 40% des personnes de 60 ans ou plus. Chez les 90 ans et plus, la prévalence des restrictions aux activités instrumentales de la vie quotidienne s'élevait à 88,3% pour les femmes et 80,7% pour les hommes (Benaim et al., 2005). Les projections concernant le nombre de personnes âgées dépendantes sont plus délicates car, outre l'évolution de la mortalité, elles doivent tenir compte de l'évolution de la prévalence de la dépendance selon les générations (Carrière, 2005). Selon le scénario le plus pessimiste, en matière d'effectifs, la proportion des personnes âgées dépendantes augmenterait de 50% entre 2000 et 2040 (Duée et al., 2005). Ce scénario suppose que les taux de prévalence de la dépendance continuent à augmenter. L'augmentation observée de la fréquence des personnes âgées dépendantes est liée aux mouvements démographiques et au passage des générations dans les différentes classes d'âge. Celle-ci représente un des problèmes de santé publique les plus importants auxquels sont confrontés les systèmes de santé des pays développés (Carrière, 2005). Les moyens de prévention ainsi que la prise en charge des personnes âgées sont alors indispensables.

### **I.2.1.4. Démographie de la perte d'autonomie des personnes âgées en région Nouvelle-Aquitaine**

En 2014, selon des études de l'Insee, la Nouvelle-Aquitaine comptait environ 1 692 000 personnes âgées de 60 ans ou plus représentant 29% de la population régionale contre 25% en moyenne nationale. Ce qui place la région parmi les plus âgées de France. À l'horizon 2050, la région compterait deux fois plus de personnes d'au moins 75 ans inférant une hausse du nombre de personnes dépendantes selon l'Insee. Dans la région, la population des plus âgés est deux fois plus nombreuse à faire état de limitations fonctionnelles avec une proportion de 65% des 85 ans ou plus contre seulement 16% des 60 à 74 ans. Les dépendances fonctionnelles concernent plus des problèmes fonctionnels physiques, des limitations dans la réalisation des activités quotidiennes. En Nouvelle-Aquitaine comme ailleurs, la prise en charge de la dépendance des personnes âgées constitue ainsi un enjeu important dans les années à venir (Insee, 2018)

#### **I.2.1.4.1. Cas particulier de l'ex-région Limousin**

Le rythme d'évolution de la population française s'avère moins rapide par rapport à d'autres pays. Cependant, le vieillissement de la population entrainera une progression du nombre de personnes âgées en perte d'autonomie dans toutes les régions françaises d'ici 2030 soit une estimation de 285 370 personnes (Insee, 2016). L'ex-région Limousin connaîtra une augmentation d'environ 4 000 personnes âgées dépendantes soit une hausse de 16% par rapport à 2012 (230 190 PA) contre 31% en France sur la même période. La Haute-Vienne



sera le département le plus touché par la dépendance soit plus de 18% de la population contre une faible augmentation dans les deux autres départements de l'ex-région.

### **I.2.1.5. Coût de la dépendance des personnes âgées**

Avec l'implémentation en 2002 du dispositif d'aide pour tous, l'Allocation Personnalisée d'Autonomie (APA), la prise en charge de la dépendance des personnes âgées génère un coût élevé. Le dispositif financé par le département d'État, est alloué aux personnes âgées en fonction du revenu et d'un niveau minimal de dépendance estimé par une équipe médico-sociale au domicile de la personne. Depuis sa mise en œuvre, le budget de l'APA a fortement augmenté et continuera d'augmenter dans les années à venir. Le nombre de bénéficiaires du dispositif augmente rapidement de 9,3 % par exemple entre 2010 (1,3 millions de bénéficiaires) et 2016 (+110 000 bénéficiaires par rapport à 2010) (Dress, 2016). Selon les estimations du Ministère de la Santé (Ministère de la Santé, 2018) le dispositif coûtera environ 2,78 milliards d'euros. Si sa mise en place fut une révolution, la prise en charge des dépendances légères, jugée préventive et favorisant le maintien à domicile, est un progrès social de taille. Les projections pour la France métropolitaine selon le scénario central de l'Insee montrent une augmentation de 35% de la population des personnes âgées allocataires de l'APA en France métropolitaine en 2030 (soit de 1,15 à 1,55 million entre 2010 et 2030) et un doublement en 2060 (soit 2,3 million) (Edjolo, 2014). L'accroissement considérable des plus de 60 ans soutenus met toutefois en péril l'équilibre budgétaire des départements avec une croissance rapide. En dehors de la gestion de l'APA, les départements développent des actions envers les personnes âgées dans le cadre de ce qu'on appelle l'aide extralégale ou facultative.

La connaissance et le suivi de la procédure de perte d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées ainsi que les mécanismes conduisant à l'incapacité sévère constituent un dessein fondamental. Ceci pourrait permettre d'une part de détecter plutôt les personnes à risques de dépendance dans le système de soins et en population générale, d'autre part, de prendre en compte de nouveaux facteurs de risque ou facteurs prédictifs.

De nombreuses échelles ont été proposées pour mesurer la perte d'autonomie et des incapacités. Certaines de ces échelles sont particulièrement utilisées en gériatrie. Dans l'objectif d'évaluer la personne, la charge en soin ou le coût de la dépendance (Benaim et al., 2005).

### **I.2.2. Mesure de l'autonomie fonctionnelle**

L'évaluation du niveau d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées exige une mesure et des méthodes fiables. La mesure de l'autonomie fonctionnelle, de la dépendance et des incapacités est un processus hautement multifactoriel et pouvant être uni- ou multidimensionnelle. L'évaluation du niveau d'autonomie est faite par des mesures développées selon le besoin ou le degré de perte d'autonomie. Par conséquent, de nombreuses échelles d'évaluation ont été développées au cours des dernières années. Les plus usuelles sont les ADL (Activity of Daily Living) (Katz et al., 1970), les IADL (Instrumental Activity of Daily Living) (Lawton and Brody, 1969), la grille AGGIR (Autonomie Gérontologique Groupe Iso-ressource) (Aguilova et al., 2014). Bien que ces indicateurs identifient des situations de forte dépendance, ils ne permettent pas de repérer les situations de dépendance plus ou moins modérée qui concernent une population très hétérogène en



matière d'incapacités. Un indicateur canadien développé à des fins de mesure d'autonomie fonctionnelle appelé SMAF (Système de Mesure de l'Autonomie Fonctionnelle) (Hébert, 1982)(Hebert et al., 1988) est donc utilisé dans ce contexte. La grille SMAF fournit une évaluation multidimensionnelle des capacités et des ressources des individus quel que soit leur milieu de vie. La conception de l'ensemble de ces échelles de mesure de l'autonomie a généralement été faite en fonction d'un objectif précis. Nous avons effectué quelques recherches sur chacun de ces outils de mesure que nous détaillons ci-dessous.

### **I.2.2.1. SMAF**

Le SMAF est le principal outil de mesure de l'autonomie fonctionnelle de la personne âgée vivant à domicile (Carrière, 2005). La mesure de l'autonomie fonctionnelle permet de déterminer l'effet des maladies chroniques et du vieillissement normal sur les fonctions physiques psychologiques et sociales des sujets (Dubuc, Hébert, 1999). Le SMAF a été développé à partir de la conception fonctionnelle de la santé et de la classification internationale des déficiences, incapacités et handicaps de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) (Hébert, 1982). L'objectif de ce système de classification est d'orienter la personne âgée vers le meilleur endroit possible en fonction d'une réponse adaptée spécifiquement aux différents besoins des groupes de personnes (Hébert, 1982). Il est considéré comme indicateur essentiel de l'évaluation gériatrique et sert de base pour établir l'admissibilité à des soins de longue durée (Dubuc, Hébert, 1999). Le SMAF permet ainsi d'identifier les personnes âgées en perte d'autonomie fonctionnelle et de déterminer leurs besoins. Il comprend un questionnaire constitué de 29 items avec 87 questions couvrant les activités de la vie quotidienne (alimentation, lavage, habillage, soins personnels, fonction de la vessie, fonction intestinale, utilisation des toilettes), la mobilité (transfert d'un lit à une chaise, marche à l'intérieur ou aller à un ascenseur, placement d'un appareil orthopédique ou orthopédique, utilisation d'un fauteuil roulant à l'intérieur, utilisation d'un escalier, communication extérieure (visuelle, auditive, orale), fonctions mentales (mémoire, orientation, compréhension, jugement, comportement), tâches domestiques (entretien ménager, préparation des repas, achats, blanchisserie, utilisation du téléphone, transport, prise de médicaments, budgétisation). Chaque fonction est cotée sur une échelle de quatre degrés allant de 0 (autonomie), -0,5 (difficulté), -1 (besoin de stimulation ou de surveillance), -2 (aide), -3 (aide complète ou dépendance) (Hebert et al., 1988). Au cours de l'évaluation, un score maximal de -87 est obtenu quand la personne est totalement dépendante pour toutes les fonctions évaluées et qu'elle n'a pas de ressource pour pallier ses incapacités. Plus la valeur est proche de -0, plus la personne est autonome pour les fonctions évaluées (Hebert et al., 1988).

Le SMAF est disponible en plusieurs langues et utilisé à des fins cliniques dans plusieurs pays dont le Canada, la France, etc. Sa validité et sa fiabilité ont nécessité de nombreuses études. La plupart de ces études ont été menées par Hébert et ses collaborateurs. Son application au Québec a nécessité une mise au point des profils cliniques ISO-SMAF (Dubuc, Hébert, 1999). Une étude faite par des chercheurs du groupe PRISMA (Programme de Recherche sur l'Intégration des Services pour le Maintien de l'Autonomie) a permis d'identifier des niveaux d'autonomie avec une validation clinique. Ainsi un score SMAF  $\geq$  -16 a été déterminé comme étant le meilleur descripteur d'une perte d'autonomie modérée à grave par un groupe d'experts cliniciens en gériatrie (Raïche et al., 2008). Tout au long de cette recherche, nous travaillerons avec la valeur absolue du score SMAF.



### **I.2.2.2. ADL**

L'ADL est un instrument d'évaluation de l'autonomie fonctionnelle qui a fait l'humanité sur le plan international. L'outil est basé sur les activités de la vie quotidienne et sert de référence internationale pour la mesure des tâches de la vie quotidienne. Son but est d'évaluer de manière objective le niveau d'autonomie dans les activités élémentaires de la vie quotidienne. Les items qui le constituent mesurent le rendement global d'une personne âgée selon six fonctions principales qui couvrent la capacité d'utiliser le téléphone, de faire les courses, de préparer un repas, de faire le ménage, de laver le linge, d'effectuer un voyage ou des transports urbains, de prendre un traitement médicamenteux et de gérer un budget personne (Katz and Akpom, 1976). Les notes de l'échelle reflètent donc de profils des niveaux de comportement et de fonctions sociobiologiques. Un score de 6 indique une autonomie complète ; Un patient qui a son score inférieur ou égal à 5 est considéré comme non autonome dans la réalisation des tâches de la vie quotidienne. Plus dans le détail, le score 5 indique une dépendance dans seulement 1 fonction ; 4 correspond à une indépendance dans 4 fonctions et une dépendance dans 2 fonctions ; 3 indique une indépendance dans 3 fonctions et une dépendance dans 3 fonctions ; 2 ou moins indique une dépendance fonctionnelle sévère. Voir (Katz and Akpom, 1976) pour plus de détails.

### **I.2.2.3. IADL**

Outre les activités de la vie courante, il existe des activités instrumentales de la vie courante dont l'élaboration nécessite des capacités cognitives. Le test de Lawton (Lawton and Brody, 1969) a été développé dans ce contexte et fait office de référence dans la littérature internationale. Pour ce texte, huit activités instrumentales sont évaluées dont 8 pour les femmes et 5 pour les hommes. La cotation se fait par 1 ou 0 que l'activité soit ou non réalisée. Un score de 8 correspond ainsi à une autonomie haute, bonne ; Une autonomie basse correspond à un score de 0 (Graf, 2008). Lorsque le score du patient est inférieur ou égal à 7, il est considéré comme dépendant dans la réalisation des activités instrumentales de la vie quotidienne. Les IADL (Lawton and Brody, 1969) sont souvent évaluées à l'aide de rapports d'auto-évaluation ou de rapport familiaux sur l'application de divers domaines (Suchy et al., 2011). Elles peuvent être aussi fondées sur le rendement qui nécessitent que diverses activités de la vie quotidienne soient effectuées devant l'examineur (Suchy et al., 2011). Ces activités désignent des tâches quelque peu complexes comme la cuisine, les courses, l'utilisation du téléphone, l'entretien ménager ou la gestion de l'équipement de soins personnels qui demande de la faculté cognitive. Sous cet angle, un grand nombre de travaux de recherche ont été portés sur la découverte des mécanismes de la déficience fonctionnelle, en examinant les associations entre le déclin cognitif et fonctionnel des personnes âgées (Suchy et al., 2011) (Glosser et al., 2002) (Jefferson et al., 2006b). Ces travaux ont démontré que la capacité de s'engager avec succès dans les IADL repose sur le fonctionnement exécutif la mémoire (Cahn-Weiner et al., 2007) (Burton et al., 2006) (Grigsby et al., 1998) (Jefferson et al., 2006b) (Jefferson et al., 2006a) (Kiosses and Alexopoulos, 2005) (Mariani et al., 2008). Ainsi, l'évaluation de l'IADL peut aider à identifier un début de déclin physique, cognitif ou les deux chez une personne âgée qui pourrait autrement sembler capable et en bonne santé (Ward et al., 1998). Par rapport aux activités élémentaires de la vie quotidienne (Bayer-Oglesby and Zumbrunn, 2011) les personnes âgées connaissent de plus fortes limitations dans les activités instrumentales de la vie quotidienne. Chaque capacité mesurée par l'échelle repose sur la fonction cognitive ou physique, bien que toutes exigent un certain degré des deux (Ng et al., 2006).



#### **I.2.2.4. AGGIR**

La grille AGGIR est un outil de mesure de la dépendance utilisé à des fins réglementaires (Prestation Spécifique Dépendance et tarification des institutions) (Corpus de Gériatrie, 2000a). La grille résulte de l'évaluation d'un professionnel : médecin, infirmier ou travailleur social et qui sert à évaluer l'état fonctionnel et à classer les besoins de la personne âgée au sein d'un référentiel à 6 niveaux allant de 1 (très dépendant) à 6 (autonome) (Aguilova et al., 2014). La dépendance lourde correspond aux GIR=1 et GIR=2 (personnes confinées au lit ou au fauteuil et/ou ayant perdu leur autonomie mentale), la dépendance moyenne aux GIR=3 et GIR=4, et la non-dépendance aux GIR=5 et GIR=6 (personnes autonomes pour les actes discriminants de la vie quotidienne ou ne nécessitant qu'une aide ponctuelle pour la toilette, la préparation des repas et le ménage) (Duée et al., 2005). Les personnes âgées qui ont un GIR compris entre 1 et 4 se voient accorder le droit à l'allocation personnalisée à l'autonomie qui couvre une partie du coût d'une aide humaine pour les activités de la vie courante. La grille AGGIR permet donc l'attribution de l'APA dans l'objectif d'améliorer et d'élargir la prise en charge de la perte d'autonomie physique et ou mentale des personnes âgées (Armand-Branger et al., 2011). L'objectif légal de cette grille (Fries, 1990) (Aguilova et al., 2014) est la gestion des ressources sanitaires (Coutton, 2001).

Les deux grilles ADL et IADL sont des références dans leur domaine sur le plan international tandis que la grille AGGIR reste un outil controversé pour des raisons tenant autant de sa validation mathématique que des difficultés d'utilisation dans un but clinique (Coutton, 2001). En ce qui concerne la grille SMAF, elle reste un outil canadien complet. Son utilisation clinique rentre dans le cadre d'un programme de maintien à domicile.

#### **I.2.3. L'Unité de Prévention, de Suivi et d'Analyse du Vieillissement (UPSAV)**

L'Unité de Prévention, de Suivi et d'Analyse du Vieillissement est une équipe mobile gériatrique extrahospitalière créée fin 2009 au sein du Centre Hospitalier Universitaire de Limoges. L'objectif de l'UPSAV est de dépister les risques de rupture d'autonomie et de proposer une coordination des actions préventives dans le but de développer un concept de prise en charge préventive de la perte d'autonomie et du bien vieillir à domicile du sujet âgé (Tchalla, 2013). Elle est une équipe pluridisciplinaire constituée de : médecins gériatres, infirmières, cadre de santé, ergothérapeutes, psychomotriciens, assistante sociale, attaché de recherche clinique. L'UPSAV s'adresse aux personnes de plus 75 ans, ou 65 ans et plus polypathologiques. Pour bénéficier de l'évaluation à domicile (évaluation gériatrique globale standardisée), la personne âgée ou son entourage contacte le secrétariat de l'UPSAV. L'évaluation est faite par une infirmière et un médecin afin de réaliser un bilan d'autonomie et faire le point sur l'état de santé et l'environnement de la personne.

Au décours de la visite d'évaluation, il est proposé à l'usager en collaboration avec les professionnels sanitaires et sociaux un plan personnalisé de soins. Selon les besoins et avec l'accord de la personne, il peut être proposé une évaluation ergothérapeutique, une assistante sociale et une psychomotricienne. La personne âgée bénéficie d'un suivi par l'UPSAV à chaque six mois lors de la première année, puis tous les ans. Les données de l'évaluation sont saisies sur un outil informatique appelé outil eGEROPASS.



### I.2.3.1. Évaluation Gériatologique Globale (EGG)

L'EGG est une approche multidimensionnelle et interdisciplinaire visant à dresser un bilan de santé dans l'objectif d'améliorer les pratiques et dans le cadre de la prise en charge globale et coordonnée des personnes âgées. Elle consiste donc en une démarche structurée visant à identifier les problèmes médicaux, psychologiques, fonctionnels et sociaux des patients âgés, ainsi qu'à répertorier leurs ressources et à évaluer leurs besoins. Au grand âge, les évaluations nécessitent une approche globale d'un point de vue : social, environnemental, physique, psychologique, médicamenteux, des évaluations à viser économique. L'EGG est effectuée par un médecin gériatre de l'UPS AV et une infirmière, au domicile du patient, avec l'accord de ce dernier.

L'EGG est actuellement la méthode de référence pour détecter la population fragile. Ses effets bénéfiques au cours de l'hospitalisation ont été reconnus dans la littérature internationale avec une réduction de la mortalité de 14%, une réduction de la fréquence des nouvelles hospitalisations de 12%, une augmentation de la survie des patients à domicile de 26%, une amélioration des fonctions cognitives de 41% et une amélioration du statut fonctionnel de 72% (Stuck et al., 1999). L'EGG permet de repérer les facteurs physiques, cognitifs, psychosociaux et environnementaux pouvant affecter la santé du sujet âgé et fait partie intégrante de l'examen initial de toute personne âgée. Elle permet également de mettre en place un projet de soins adapté à la personne. L'UPS AV en se basant sur l'EGG évalue les échelles suivantes :

- Volet socio-environnemental
- Évaluation de l'autonomie fonctionnelle : ADL, IADL, GIR, SMAF
- Évaluation de la qualité de vie : EQ5D
- Comorbidités, polyopathie, Observance médicamenteuse
- Évaluation des fonctions cognitive et thymique : MMSE, Dubois, Horloge, Fluences verbales, GDS
- Évaluation nutritionnelle : MNA, IMC, albumine, poids
- Évaluation fragilité selon FRIED
- Évaluation des capacités physiques : SPPB
- Évaluation de l'équilibre : antécédent de chute, appui unipodal
- Examen clinique et recueil des antécédents
- Bilan sanguin et d'un staff

Un plan personnalisé de soins (PPS) est proposé aux patients par l'équipe pluridisciplinaire UPS AV en staff pluridisciplinaire en fonction des fragilités dépistées et il est transmis, en accord avec le patient, à son médecin traitant et aux professionnels de santé impliqués dans la prise en charge. Ce PPS est révisé à chaque nouvelle évaluation.

#### I.2.3.1.1.1. Une évaluation socio-environnementale

Ce volet est constitué par les points suivants :

- **Le profil patient** : âge, sexe, date de naissance.
- **Un volet socio environnemental** : profession antérieure, niveau scolaire, situation familiale, statut d'habitation, équipement dans l'habitation, situation d'habitation, type d'habitation, protection juridique, revenus mensuels du foyer, aides financières, couverture sociale, autres prestations, aides humaines, aides techniques, activités occupationnelles.



### **I.2.3.1.2. Une évaluation de l'autonomie**

Elle s'effectue à partir de :

- La grille AGGIR.
- Échelle d'autonomie de Katz pour les ADL.
- Échelle d'autonomie de Lawton pour IADL.
- Échelle d'évaluation de l'autonomie fonctionnelle SMAF.

### **I.2.3.1.3. Une évaluation de la qualité de vie.**

La qualité de vie du patient dépend souvent de son état de santé et des soins reçus. Son évaluation s'effectue sur la base de l'EQ5D-3L.

### **I.2.3.1.4. Un recueil des antécédents médicaux et chirurgicaux, les facteurs de risque cardiovasculaires du patient et de ses traitements concomitants.**

- **La polypathologie**

Le concept a été défini dans la section I.2.5 précédente. La polypathologie touche plus de 90% des personnes de 70 ans et plus, et représente toute la complexité de la prise en charge de la personne âgée. Les prises en charge de ces maladies sont intriquées, faisant intervenir différentes spécialités, différents domaines à la fois médical, psychologique et social, et plusieurs classes médicamenteuses. Les personnes âgées sont plus à risque de décompensation et de complications iatrogènes.

- **La polymédication**

Selon l'OMS, la polymédication correspond à «l'administration de nombreux médicaments de façon simultanée ou par l'administration d'un nombre excessif de médicaments» (Organization, 2004). Elle est fréquente chez la personne âgée du fait de la présence d'une polypathologie. Le seuil de polymédication n'est pas consensuel. La plupart des études utilisent comme définition la prise de 5 médicaments ou plus (Bjerrum et al., 1999) (Jørgensen et al., 2001). La polymédication du patient devient problématique lorsque les prescriptions sont inappropriées ou que les bénéfices attendus ne sont pas obtenus. Il existe en effet une association significative entre la polymédication et la survenue d'effets indésirables, d'interactions médicamenteuses, de chutes ou l'augmentation de la mortalité. Les accidents iatrogènes seraient à l'origine de 10% des admissions aux urgences. Il a été retrouvé que la polymédication est un facteur prédictif de la durée de l'hospitalisation, de la mortalité et de la réadmission hospitalière (Frazier, 2005)(Campbell et al., 2004). C'est pourquoi l'évaluation de la polymédication aux urgences est importante. Ainsi chaque dossier doit, dans la mesure du possible, répertorier le nom et la posologie de chaque médicament pris par le patient, sans oublier l'automédication.

- **l'observance thérapeutique** est évaluée selon l'échelle de Morisky-Green (Morisky et al., 1986).

### **I.2.3.1.5. Une évaluation nutritionnelle**

Celle-ci est faite à partir des recommandations de l'HAS 2007 :

- Mini Nutritionnal Assessment (MNA) : test de dépistage validé de dénutrition ou de risque de dénutrition chez les personnes de 65 ans et plus (Guigoz et al., 1996) ;
- Indice de Masse Corporelle ;
- Albuminémie ;
- Perte de poids sur les 6 derniers mois ;



### **I.2.3.1.6. Une évaluation cognitive et thymique:**

- Mini Mental State Examination (MMSE) : test d'évaluation globale des fonctions cognitives reposant sur 30 questions. Le score maximum est de 30. Il permet d'évaluer les différentes fonctions cognitives du patient (orientation dans le temps et l'espace, calcul, praxies, apprentissage, mémoire à court terme et langage) et de dépister un trouble neurocognitif. Un score < 24 est presque toujours le témoin d'une dysfonction cognitive pathologique et un score > 27 l'est rarement. L'interprétation du test tient du niveau d'éducation (HUGONOT-DIENER, 2007).
- Le test des 5 mots de Dubois : comme son nom l'indique, il est basé sur la mémorisation de 5 mots par encodage visuel avec épreuve de rappel immédiat puis différé succédant à une diversion intercurrente non verbale de 5 minutes. Il reste un test rapide à réaliser (10 minutes au total), avec une bonne spécificité (91%) pour le diagnostic de trouble neurocognitif lorsque le score est inférieur ou égal à 8 (Cowppli-Bony et al., 2005).
- Le test de l'horloge : évaluation des capacités visiospatiales, visioconstructives, des fonctions exécutives (conceptualisation et raisonnement, planification). Il consiste à demander au patient de représenter sur un cercle pré dessiné les chiffres (correspondant aux heures) et de placer les aiguilles pour figurer une heure précisée par l'examinateur. Ce test est rapide, a une sensibilité de 84% et une spécificité de 72% pour le diagnostic de démence (Shulman, 2000).
- Les fluences verbales: vérification de la capacité des patients à accéder à leur répertoire lexical en générant le plus de mots possible en un temps donné (Hudon and Macoir). Une première version du test de fluence verbale fut élaborée par (Thurstone, 1938).
- Geriatric Depression Scale (GDS) à 30 items : C'est l'outil le plus souvent utilisé comprenant 30 questions auxquelles le sujet répond par oui ou par non en fonction de l'état dans lequel il s'est senti pendant la semaine précédant l'évaluation. La GDS représente une des échelles d'auto-évaluation et de dépistage de la dépression la plus fiable et valide pour les populations âgées (HUGONOT-DIENER, 2007). Un score de 0 à 5 est considéré comme normal, s'il est entre 5 et 9 cela indique une probabilité de dépression, et un score supérieur à 10 indique presque toujours une dépression (Yesavage et al., 1982).

### **I.2.3.1.7. Une évaluation de la fragilité à partir des critères de Fried**

Elle est réalisée à l'aide du critère de Fried (Fried et al., 2001) introduit précédemment.

### **I.2.3.1.8. Une évaluation des capacités physiques**

Elle est réalisée à partir du test Short Physical Performance Battery (SPPB) : score fonctionnel composite. Il correspond à la somme des performances obtenues lors d'épreuves d'équilibre (épreuve d'équilibre debout), de force (leviers successifs d'une chaise) et de marche (vitesse de marche sur 4 mètres). Ce score permet d'avoir une idée globale du statut fonctionnel d'une personne âgée. Le score total s'échelonne de 0 à 12 points. Les sujets dont le score est compris entre 10 et 12 sont considérés comme ayant de bonnes performances, entre 7 et 9 comme ayant des performances moyennes et entre 0 et 6 comme ayant des performances faibles.





### **I.2.3.1.9. Une évaluation de l'équilibre**

L'équilibre est évalué via le recueil des survenues de chutes entre chaque visite. Les chutes sont fréquentes même chez des personnes âgées parfaitement autonomes. Celles-ci sont dépistées de manière systématique lors d'une EGG en raison de leur potentielle gravité pour le statut fonctionnel des patients gériatriques (fracture, rhabdomyolyse, syndrome post-chute...). L'appui unipodal ou One-leg balance de Vellas est un test très simple qui consiste à demander au patient de tenir debout sur une seule jambe sans appui pendant au moins 5 secondes. Une durée inférieure à 5 secondes est prédictive d'un risque de chute avec lésion (Vellas et al., 1997a).



## Contexte général du projet de thèse

---

La mutation démographique précoce du Limousin par rapport aux autres régions Européennes (les populations de plus de 65 ans dépassent en effet les 30% contre 20% hors Limousin et les plus de 75 ans représentent plus de 17% de la population contre 12% dans les autres régions (Insee, 2015) en fait un pionnier en matière d'étude des facteurs de prévention des décompensations des maladies chroniques et donc du risque de perte d'autonomie. Parmi ces facteurs, les facteurs de risques cardio et cérébro-vasculaires sont connus pour diminuer l'espérance de vie accompagnée d'incapacité : un homme de 65 ans qui éviterait un diabète verrait en effet son espérance de vie s'allonger de 6 ans dont 5 sans incapacité et il est de même pour une femme. Depuis 2009, l'équipe mobile hospitalo-universitaire UPSAV suit plus de 1080 personnes en Limousin dans le but de mieux connaître les facteurs de risque des maladies chroniques et de la perte d'autonomie liés au vieillissement. Le suivi prospectif (depuis 2009) des cohortes par l'UPSAV au long terme entraîne d'un côté un volume croissant et une exhaustivité des bases de données cliniques, biologiques, économiques et socio-économiques, d'un autre côté, la complexité physiologique et socio-environnementale des données (qualitatives et quantitatives) des populations vieillissantes impliquent une analyse de données faisant appel à des modélisations mathématiques, du Datamining.

Notre travail de recherche porte sur l'analyse de trajectoire d'autonomie fonctionnelle de personnes âgées vivant à domicile. Mieux connaître l'évolution de l'autonomie fonctionnelle des personnes au cours de leur vieillissement pourrait déboucher sur de nouvelles thérapies préventives dans le but de diminuer, de ralentir la survenue d'incapacités, de perte d'autonomie. Ainsi, la modélisation mathématique et statistique dans ce travail est une démarche incontournable qui permettra d'élaborer un modèle répondant à notre problématique spécifique. L'originalité de ce travail réside dans l'utilisation de l'échelle SMAF pour la détermination des trajectoires d'autonomie fonctionnelle et la comparaison de celles-ci aux trajectoires d'autonomie fonctionnelle issues de l'échelle ADL.



## Production Scientifique liée au projet de thèse

### Articles publiés :

- **Bimou C**, Harel M, Dantoine T, Tchalla A. Perte d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées : aperçu des trajectoires d'autonomie à partir d'une revue de littérature. *Biostatistics and Health Sciences*, Vol 1, Issue 1, 1-33, Published on 29 May 2019.
- Clementz A, Jost J, Lacour A, **Bimou C**, Gayot C, Ratsimbazafy V, Tchalla A. Effect of clinical pharmacy services in an Elderly Emergency Medicine (EEM) unit on unplanned rehospitalization of older adults admitted for falls: Results from MUPA-PHARM Pilot study. *JAMDA*.
- Boyer S, Gayot C, Mergans T, **Bimou C**, Kajeu PJ, Castelli M, Dantoine T, Tchalla A. Prevalence and Mild Chronic Hyponatremia and Its Association with Fall in Older Adults Admitted to Emergency Geriatric medicine Unit (MUPA Unit). (*En révision, BMC Geriatrics*), 2019.

### Article soumis :

- **Bimou C**, Harel M, Laubarie-Mouret C, Trimouillas J, Gayot C, Cardinaud Noelle, Charenton-Blavignac M, Toumi N, Boyer S, Lachal F, Hébert R, Dantoine T, Tchalla A. Patterns and Predictors of Loss of the Independence Trajectory among Community - Dwelling Older Adults. (*En révision, Archives of Gerontology and geriatrics*), 2019.

### Communications orales :

- **Bimou C**, Harel M, Dantoine T, Tchalla A. Modélisation statistique de données longitudinales d'une cohorte de personnes âgées de plus de 75 ans suivies à domicile. Colloque International, *50<sup>èmes</sup> Journées de la Statistique de la Société Française de la Statistique (SFDS)*, Paris, 28 mai-juin 2018.

### Communications affichées :

- **Bimou C**, Harel M, Laubarie-Mouret C, Cardinaud N, Trimouillas J, Gayot C, Toumi N, Dantoine T, Tchalla A. Loss of independence trajectories of older adults living in community : Results of a cohort study. *14th International Congress of the European Geriatric Medicine Society*, Berlin 10-12 October.
- **Bimou C**, Harel M, Laubarie-Mouret C, Cardinaud N, Trimouillas J, Gayot C, Toumi N, Dantoine T. Critère d'évaluation de l'autonomie des personnes âgées pour l'analyse de cohortes d'une équipe mobile extra hospitalière UPSAV en Haute Vienne. *37<sup>èmes</sup> Journées Annuelles de la Société Française de Gériatrie et de Gérontologie (JASFGG)*, Paris, 27-29 Novembre 2017.



Participation au 49<sup>èmes</sup> Journées de la Statistique de la Société Française de la Statistique (SFDS), Avignon, 29 mai – 02 juin 2017.



## Chapitre II. Analyse de trajectoire d'autonomie

---

### II.1. Analyse de trajectoire d'autonomie fonctionnelle

#### II.1.1. Objectifs et Hypothèses de recherche

##### II.1.1.1. Objectif général

L'objectif général de ce travail est de contribuer à la connaissance de l'évolution de l'autonomie fonctionnelle des personnes âgées dans une population hétérogène. Cet objectif devrait être atteint en explorant l'existence et les caractéristiques des sous-groupes d'individus par des trajectoires similaires d'autonomie fonctionnelle. Les objectifs spécifiques sont :

1. de déterminer des trajectoires d'évolution de l'autonomie fonctionnelle dans une population de personnes âgées suivies à domicile pendant deux ans (entre 2011 et 2013) à raison d'une visite chaque six mois. Le but étant de vérifier l'hétérogénéité de la population et de classer les sujets dans des sous-groupes homogènes relativement aux scores d'autonomie ;
2. de déterminer les facteurs prédictifs à l'inclusion de chacune des trajectoires d'autonomie dans le but de comprendre les groupes de personnes âgées à risque évolutif ;
3. d'étudier les conséquences cliniques des trajectoires pour comprendre l'implication clinique de chaque trajectoires ;
4. d'étudier le lien la survenue de l'évènement évolutif (décès, sortie d'étude pour cause d'institutionnalisation par exemple) et des potentiels facteurs prédictifs y compris les trajectoires ;

##### II.1.1.2. Questions de recherche des objectifs spécifiques

La réponse aux questions précédentes nous amène à émettre les hypothèses suivantes :

1. *Est-ce qu'il existe des typologies de personnes âgées qui se caractérisent par des trajectoires distinctes d'autonomie fonctionnelle au cours du temps ?*
2. *des facteurs sociodémographiques, médicaux, biologiques sont-ils associés aux trajectoires et permettraient de prédire la perte d'autonomie fonctionnelle ?*
3. *l'incidence des conséquences cliniques (chute, la fracture et l'hospitalisation pour chute) est-elle plus importante chez les personnes les plus dépendantes ?*
4. *les personnes dépendantes ont-elles moins de chances de rester dans l'étude;*

Dans un premier temps, nous nous focaliserons sur les objectifs spécifiques et les hypothèses 1 et 2 dans ce deuxième chapitre. Les hypothèses énumérées aux points 3 et 4 seront traités dans des chapitres ultérieurs.



## **II.2. Matériels et Méthodes**

### **II.2.1. Population de l'étude**

La population de l'étude comprenait 221 personnes vivant à domicile et âgées de 75 ans ou plus. Tous les patients ont été suivis pendant 24 mois par l'UPSAV entre juillet 2011 et novembre 2013.

### **II.2.2. Cohorte UPSAV**

#### **II.2.2.1. Description**

La cohorte UPSAV est une étude épidémiologique observationnelle prospective qui a été mise en place le 4 janvier 2010 au sein de la filière gériatrique du CHU de Limoges. L'objectif de l'UPSAV est de dépister les risques de rupture d'autonomie et de proposer une coordination des actions préventives. Les missions de l'équipe sont la prévention et/ou l'accompagnement du sujet fragile dans son risque de rupture d'autonomie.

#### **II.2.2.2. Critères d'inclusion**

Les critères d'inclusion étaient les suivants : homme ou femme de 75 ans et plus, affilié à un régime de sécurité sociale, possédant une complémentaire santé ou bénéficiant d'une prise en charge à 100% de la sécurité sociale, score Mini Mental Test Statement (MMSE)  $\geq 10$ . De plus, le patient ou son représentant légal doit avoir donné son consentement éclairé par écrit.

#### **II.2.2.3. Critères de non inclusion**

Le patient qui avait les critères suivants n'était pas inclus dans l'étude : patient déjà institutionnalisé en Unité de Soins de Longue Durée (USLD) ou en Établissement d'Hébergement pour Personnes Âgées Dépendantes (EHPAD), la présence de troubles neurocognitifs légers ( $MMSE \geq 10$ ), de troubles neurocognitifs sévères ( $MMSE < 10$ ), l'existence de pathologies évolutives qui affectent le pronostic vital à court terme, la participation à une autre étude clinique thérapeutique ou non médicamenteux modifiant la prise en charge du sujet.

#### **II.2.2.4. Modalités de recrutement des sujets**

Le recrutement des sujets a été effectué dans le Limousin sur une période d'un an par l'intermédiaire des familles, des patients, des professionnels de santé libéraux, des référentes gérontologiques de secteur, des Hospitalisation à Domicile (HAD), des Service de soins Infirmiers à Domicile (SSIAD), des services de conseil général et des municipalités, des caisses de retraite, des mutuelles, des professionnels médico-sociaux, des associations d'aide et de maintien à domicile, des services hospitaliers. Les individus inclus dans l'étude venaient tous de la Haute-Vienne.



### **II.2.2.5. Suivi des sujets et collecte des données**

Une fois inclus dans l'étude, les sujets ont tous fait l'objet d'un suivi prospectif à long terme par des visites à domicile effectué par le médecin gériatre et l'IDE à six ( $T_1$ ), douze ( $T_2$ ) et vingt quatre ( $T_3$ ) mois après la visite d'inclusion ( $T_0$ ). Les données ont été recueillies à l'aide de questionnaires standardisés par le médecin gériatre et l'infirmière.  $T_0$  est donc la visite initiale et  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  sont les visites de suivi. Les données de notre étude concernaient l'ensemble du questionnaire de l'EGG. Les sujets ont tous bénéficié d'une stratégie d'intervention de l'UPSAV. Les questionnaires sont tous présentés en annexe.

### **II.2.3. Mesures des variables**

#### **II.2.3.1. Variables d'intérêt : SMAF et ADL**

Dans ce travail, la principale variable d'intérêt est le SMAF. Notre choix s'est porté sur cet instrument de mesure car d'une part, à notre connaissance, l'outil n'a jamais fait l'objet d'une étude de trajectoire d'autonomie dans la littérature scientifique et d'autre part, il est plus complet par rapport aux autres échelles. Le SMAF est un indicateur d'évaluation et de repérage de personnes âgées en perte d'autonomie fonctionnelle et grâce aux questions qui constituent les 29 items le composant. Il permet d'évaluer, d'analyser et d'identifier les besoins des personnes âgées afin de mettre en place un plan de suivi. Les données du SMAF sont recueillies à l'aide d'un questionnaire que nous présentons en Annexe I. 16. Le questionnaire provient du Ministère de la Santé et des Services Sociaux du Québec<sup>1</sup>. Le SMAF est une variable quantitative continue dont les valeurs varient entre 0 et 87 en valeur absolue.

#### **II.2.3.2. Variables explicatives**

Les variables explicatives ont été évaluées par le gériatre et l'infirmière au domicile du patient à l'aide de questionnaires. Elles font référence à des facteurs socio environnementaux et des facteurs liés à la santé.

##### **II.2.3.2.1. Variables explicatives liées au volet socio environnemental**

Les variables explicatives liées au volet socio environnemental portent sur l'âge, le sexe, la profession, le niveau de scolarité, le lieu et le type de logement, l'état civil, le mode de vie, les activités professionnelles, l'aide, le revenu mensuel, l'aide financière, humaine et technique. Dans le protocole d'étude, les variables sont codées de la façon suivante. L'âge, variable qualitative codée à 1 ( $\geq 80$  ans) ou 0 ( $< 80$  ans). Le sexe a été classé dans la catégorie 1 (homme) ou 0 (femme). La profession a été classée comme suit : 1 (agriculteur), 2 (ouvrier), 3 (employé(e) d'une entreprise), 4 (employé(e) intermédiaire en entreprise), 5 (cadre en entreprise), 6 (chef d'entreprise ou cadre dirigeant), 7 (commerçant, artisan,

---

<sup>1</sup> Multi clientèle : Copyright Régie régionale de la santé et des services sociaux de Montréal-Centre, 1994. Révisé en 2002. Tous droits réservés. Système de mesure de l'autonomie fonctionnelle (SMAF) : Copyright Hébert, Carrier, Bilodeau, 1983, CEGG Inc. Révisé en 2002. Tous droits réservés. Reproduits par le MSSS avec l'autorisation de la RRSSS de Montréal-Centre et du Centre d'expertise en gérontologie et gériatrie (CEGG) Inc.



prestataire de services), 8 (profession libérale), 9 (employé(e) de la fonction publique), 10 (employé(e) intermédiaire de la fonction publique), 11 (cadre de la fonction publique), 12 (femme/homme au foyer) ou 13 (autre profession). Le niveau d'éducation a été classé en 1 (sait lire, écrire et compter), 2 (certificat d'études primaires), 3 (Brevet des collèges), 4 (études secondaires), ou 5 (études supérieures). L'emplacement géographique a été classé en 1 (urbain) ou 2 (rural); le type de logement en 1 (maison), 2 (appartement), 3 (institution) ou 4 (famille d'accueil); le statut de l'habitation en 1 (propriétaire), 2 (locataire), 3 (usufruitier) ou 4 (hébergement à titre gracieux); Le mode de vie était codé comme suit 1 (seul), 2 (en couple) ou 3 (avec une famille) ; et la situation familiale était classée dans les catégories 1 (célibataire), 2 (marié), 3 (divorcé), 3 (veuf) ou 4 (en union libre). Le revenu mensuel a été classé en 1 (< 625 €), 2 (625-1 000 €), 3 (1 000-1 500 €), 4 (1 500-2 000 €), ou 5 (> 2 000 €). La présence de loisirs, d'appartenance à une association, la présence de l'aide financière, humaine et technique ont été classées dans les catégories 1 (oui) ou 0 (non).

### **II.2.3.2.2. Variables explicatives liées à la santé**

Les variables explicatives liées à la santé sont les variables de l'EKG précédemment abordées.

Afin de répondre aux différentes questions de recherche évoquées, nous nous intéresserons dans un premier temps à la description globale de la population d'étude. Dans un second temps, nous effectuerons deux études dont la première s'intéressera à l'analyse de trajectoires du SMAF et la seconde à l'analyse de trajectoires des ADLs. Chacune de ces études commencera par la description de la variable d'intérêt. L'objectif étant d'illustrer globalement la distribution de cette dernière. La description de la variable dépendante sera suivie de l'analyse de trajectoires. Elle sera appliquée à l'aide de trois méthodes : GBTM (Group-Based Trajectory Modeling) (Nagin and Tremblay, 1999) principale méthode, k-means (Genolini and Falissard, 2010) et classification ascendante hiérarchique (Ward, 1963) méthode à comparer à la principale.

### **II.2.3.3. Description de la population**

#### **II.2.3.3.1. Tri à plat des modalités des variables**

La plupart des variables de la base de données sont qualitatives avec au moins deux modalités. Certaines modalités n'étaient pas significativement représentées car elles avaient des effectifs faibles. Celles-ci ont donc été considérées comme des modalités rares. On entend par modalité rare, une modalité qui a un faible effectif dans la population étudiée. Ce type de modalité peut attirer l'attention vers le(s) individu(s) qui le représente(ent) et paraître fastidieux dans une analyse globale (Pagès, 2013). Une pratique qui consiste à les regrouper avec d'autres modalités est appelée méthode du tri à plat (Hernández Morin, 2009). Le tri à plat permet d'observer la distribution de chaque modalité d'une variable et de regrouper ainsi les modalités rares. Dans notre étude, la méthode a été appliquée dans la phase de prétraitement des données. Nous avons considéré comme modalité rare toute modalité dont l'effectif estimé est inférieur ou égal à 5%.





### **II.2.3.3.2. Gestion des données manquantes**

Les études d'enquêtes sont fréquemment confrontées à des informations manquantes à raisons multiples. Dans le traitement statistique, l'omission de ces données peut engendrer des conséquences que comme la perte importante d'un nombre important d'observations. Pour pallier cela, plusieurs techniques ont été développées en fonction des raisons de l'absence de la donnée. Dans notre étude, nous utilisons l'imputation multiple (IM) (Donzé, 2001) (Arminger et al., 2013) (Little and Rubin, 2014) (Little, 1988). La méthode fournit une approche pour les valeurs manquantes basées sur des simulations récurrentes. L'imputation des données manquantes est généralement utilisée pour la correction de la non-réponse partielle d'une enquête. Au cours de l'imputation multiple, un ensemble complet de données (habituellement de 3 à 10) est généré à partir d'un ensemble de données existant avec des valeurs manquantes (Little and Rubin, 2014). Les méthodes utilisées pour compléter les données dans chacun des ensembles de données simulées sont des méthodes de Monte Carlo. Les méthodes statistiques standards ont ensuite été appliquées à chaque ensemble de données simulées et les résultats sont combinés pour fournir les résultats d'estimations et d'intervalles de confiance qui prennent en compte l'incertitude introduite par les valeurs manquantes (Little and Rubin, 2014).

### **II.2.4. Analyse descriptive**

#### **II.2.4.1. Description de la variable d'intérêt SMAF**

L'analyse descriptive du SMAF devrait permettre d'illustrer sa distribution. Dans cette partie sont calculés les moyennes et écart-types du SMAF au temps  $T_0, T_1, T_2, T_3$ .

### **II.2.5. Analyse de trajectoires**

Pour déterminer les sous-groupes d'individus ayant des trajectoires d'autonomie fonctionnelle différentes, nous nous focalisons sur trois méthodes différentes que sont : le modèle mixte semi-paramétrique GBTM (Group-Based Trajectory Modeling) développé par Nagin et ses collègues (Nagin and Odgers, 2010), la méthode de classification par la technique KmL développée par Genolini et ses collaborateurs (Genolini and Falissard, 2010) utilisant les k-moyennes (k-means) et la classification ascendante hiérarchique (CAH) (Ward, 1963). Pour chaque méthode, nous détaillerons la procédure de fonctionnement des algorithmes ainsi que les critères de choix du nombre optimal de groupes pour la classification des individus.

#### **II.2.5.1. Group-Based Trajectory Modeling**

##### **II.2.5.1.1. Description de la méthode**

Le modèle d'analyse de trajectoires basé sur la méthode Group-Based Trajectory Modeling est une application des modèles de mélanges finis fournis par Nagin (Nagin and NAGIN, 2005). Le Group-Based Trajectory Modeling est une méthode d'analyse de trajectoires de groupes qui permet d'étudier des phénomènes qui évoluent dans le temps. La conception de la méthode a été faite dans le but d'identifier des sous-groupes distincts de trajectoires parmi un ensemble de trajectoires suivant des progressions similaires de certains comportements



ou résultats avec le temps (Nagin, 1999);(Nagin and NAGIN, 2005) (Nagin and Tremblay, 1999). Le modèle suppose que la population d'étude est constituée d'un mélange de groupes homogènes définis par les trajectoires (Nagin and Odgers, 2010). La méthode est de plus en plus utilisée dans la recherche pour cartographier l'étiologie et le développement de nombreux types de symptômes ou de troubles psychologiques, notamment la dépression, l'anxiété, le stress, etc (Fan, 2013) (Nagin and NAGIN, 2005).

### II.2.5.1.2. Modèle Statistique

Dans le modèle de trajectoire GBTM, le lien entre la variable explicative et le temps est en général modélisé en tant que lien polynomial (Nagin and NAGIN, 2005). La forme de la trajectoire et la probabilité pour chaque individu d'appartenir à l'un des groupes de trajectoires sont estimées. Chaque trajectoire est décrite comme une variable latente (variable dont la mesure ne peut pas être directement prise, mais qui est supposée exister à travers d'autres variables observées). Ainsi, le modèle identifie les groupes latents qui existent dans la population (Nagin and NAGIN, 2005). Lors de la modélisation, chaque individu est affecté au groupe pour lequel la probabilité d'appartenance est la plus forte. Le modèle définit également la probabilité pour chaque groupe d'appartenir à une trajectoire. Par exemple pour un modèle à 3 groupes, Nagin définit la probabilité d'un des groupes comme étant la différence entre 1 et la somme des deux autres groupes (Nagin and NAGIN, 2005). Cette probabilité est la probabilité moyenne à la probabilité postérieure. Elle est calculée à partir des paramètres estimés pour chaque individu afin d'examiner l'ajustement du modèle (JONES et al., 2001). Le calcul de ces probabilités est basé sur l'application du théorème de Bayes.

### II.2.5.1.3. Covariables du modèle

La nature longitudinale des données est modélisée en faisant dépendre le(s) paramètre(s)  $\beta_k$  du temps. Les covariables ou facteurs de risque à intégrer dans le modèle peuvent être stables ou non stables dans le temps. Les covariables stables dans le temps sont intégrées dans le modèle en supposant qu'elles influent sur la probabilité d'appartenir à un groupe particulier. Les covariables dépendantes du temps peuvent également affecter directement le comportement observé (Jones et al., 2001a). Cela est illustré sur la *Figure II. 1* ci-dessous.

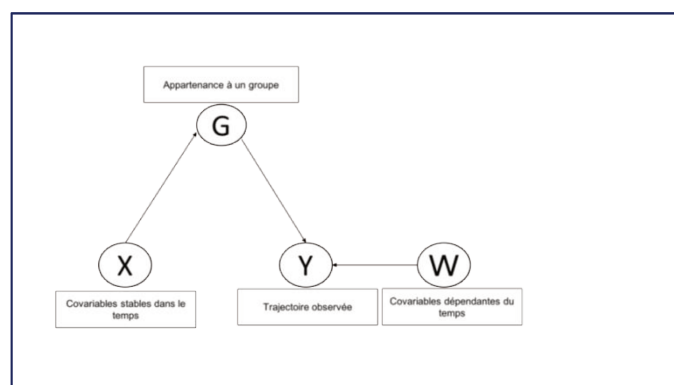


Figure II. 1: Directed Acyclic Graph Representing the Independence Assumptions (Jones et al., 2001, p 376).

Lorsqu'elles sont intégrées dans le modèle, les covariables affectent la probabilité d'une trajectoire de données particulières. Soient  $X_i = (X_{i1}, \dots, X_{iT})$  les covariables pour l'individu  $i$ ,



$Y_i = (Y_{i1}, \dots, Y_{iT})$  la trajectoire de données de l'individu sur  $T$  temps de mesure indépendants étant donné le groupe  $G_i$ . En supposant qu'il existe  $K$  groupes, nous pouvons écrire la distribution ou probabilité conditionnelle des données d'observation pour l'individu  $i$ , à partir des covariables stables du temps et d'une covariable dépendant du temps,  $W_i = (w_{i1}, \dots, w_{iT})$  comme suit (Jones et al., 2001a) :

$$f(y_i/x_i, w_i) = \sum_{k=1}^K Pr(G_i = k/X_i = x_i)Pr(Y_i = y_i/G_i = k, W_i = w_i) \quad 1.2.5.1.1$$

Dans le modèle GBTM, la tendance de modélisation des trajectoires dépend du nombre de temps de mesure et peut prendre l'une des trois formes : une tendance linéaire, quadratique ou encore cubique. La forme dépend du nombre de temps de mesure (Nagin and Tremblay, 1999). Alors, les trajectoires peuvent être constantes, linéaires, quadratiques ou cubiques. L'équation du modèle cubique est :

$$Y_t^* = \alpha_0^j + \alpha_1^j t + \alpha_2^j t^2 + \alpha_3^j t^3 + \varepsilon_t \quad 1.2.5.1.2$$

où les  $\alpha_0^j, \alpha_1^j, \alpha_2^j, \alpha_3^j$  sont les coefficients du modèle ou paramètres qui représentent les trajectoires de la variable dépendante  $Y$  au cours du temps  $T$ . Ces coefficients permettent de déterminer la forme de la trajectoire. L'indice  $j$  permet de désigner  $j$  sous-groupes de trajectoires, dont chacun est associé à une origine et une pente propre (Nagin and NAGIN, 2005).

Le modèle GBTM permet d'intégrer des facteurs de risque ou covariables afin d'estimer leurs effets sur les trajectoires. L'estimation des paramètres du modèle se fait par la méthode du maximum de vraisemblance (Jones et al., 2001a). La procédure utilise l'algorithme de vraisemblance quasi-Newton (Dennis and Mei, 1979) (Dennis Jr et al., 1981) pour trouver les minimas et maximas de la fonction. Lorsqu'on ajoute les covariables  $X_{jt}$  à l'équation (1.2.5.1.2), elle devient :

$$Y_t^* = \beta_0^j + \alpha_1^j t + \alpha_2^j t^2 + \alpha_3^j t^3 + \beta_1^j X_{1t} + \beta_2^j X_{2t} + \dots + \beta_j^j X_{jt} + \varepsilon_t \quad 1.2.5.1.3$$

Dans l'équation (1.2.5.1.3) définie comme une fonction polynomiale du temps  $t$  (Nagin and NAGIN, 2005),  $\beta_0$  représente l'intercept ou l'ordonnée à l'origine et correspond à la valeur de la variable dépendante quand celle-ci est égale à zéro. On observe une tendance linéaire de la trajectoire lorsque le coefficient estimé du composant du temps est linéaire. L'augmentation ou la diminution de la variable dépendante pour chaque augmentation d'unité de la variable indépendante, c'est-à-dire passage du temps  $t_1$  à  $t_2$  est représenté par  $\alpha_1$ . Pour une tendance quadratique, le coefficient estimé représente le coefficient du temps quadratique. Dans ce type de tendance,  $\alpha_2$  représente l'augmentation ou la diminution de la variable dépendante pour chaque augmentation d'unité du carré de la variable indépendante. Le coefficient estimé pour la tendance cubique représente le coefficient du temps cubique. Pour ce dernier,  $\alpha_3$  représente l'augmentation ou la diminution de la variable dépendante pour chaque augmentation d'unité cubique de la variable indépendante (Sy, 2017).



La méthode GBTM est une méthode largement utilisée et applicable dans les études longitudinales. Mais, malgré sa large application, l'échelle de notation de l'instrument utilisé pour mesurer la variable dépendante décide la distribution de probabilité spécifique utilisée pour estimer les paramètres. La méthode utilise une stratégie de modélisation multinomiale pour approximer la répartition de la population avec différentes distributions (Kwon, 2014). Lorsque les données sont des fréquences, elles nécessitent l'utilisation d'une distribution de Poisson. Le modèle logit est utilisé pour les variables dépendantes dichotomiques et le modèle normal censuré pour les variables continues. Dans la littérature de la méthode GBTM, ces trois modèles sont appelés respectivement ZIP, LOGIT et CNORM (Jones et al., 2001a). Dans notre étude le modèle retenu est le modèle CNORM puisque la variable dépendante SMAF est une variable quantitative continue dont les valeurs varient entre 0 et -87 (Hébert et al., 1988).

#### II.2.5.1.4. Estimation des paramètres

Considérons une population de taille  $N$  et une variable d'intérêt  $Y$ . Soit  $Y_i$  un vecteur de séquence longitudinale des mesures des résultats sur un individu  $i$  sur une période de temps  $T$ . On suppose que le modèle de trajectoire par groupe est composé d'un mélange de  $J$  groupes de trajectoires sous-jacents. L'expression de  $Y_i$  est :

$$Y_i = \{y_{i1}, y_{i2}, y_{i3}, \dots, y_{iT}\}, t = 1, 2, \dots, T \quad (1.2.5.1.4)$$

Soit  $P(Y_i)$  la probabilité inconditionnelle d'observer la séquence longitudinale  $Y_i$  de l'individu  $i$ . Notons  $\pi_j$  la probabilité qu'un individu donné appartienne au groupe numéro  $j$ . En supposant l'indépendance des  $y_{it}$  la forme de  $P(Y_i)$  est :

$$P(Y_i) = \sum_{j=1}^J \pi_j P^j(Y_i) \quad (1.2.5.1.5)$$

La forme de  $P(Y_i)$  est déterminée en fonction du type de données d'étude. Ce modèle est étudié dans les travaux de Ngatchou et Bulla (Ngatchou-Wandji and Bulla, 2013) ;  $P^j(Y_i)$  symbolise la probabilité de  $Y_i$  étant donnée l'individu  $i$  dans le groupe de trajectoire  $j$ , et  $\pi_j$  indique la probabilité qu'un individu tiré au hasard dans l'échantillon appartienne au groupe  $j$ .

#### II.2.5.1.5. Construction de la vraisemblance

L'adaptation du modèle général exige deux hypothèses clés de modélisation dont la première concerne le choix de la forme appropriée de  $P^j(Y_i)$  pour caractériser les propriétés de distribution des données censurées. La forme spécifique de la fonction de vraisemblance à maximiser dépend du type de données de l'étude. La seconde hypothèse concerne la spécification de la fonction lien qui lie la variable d'intérêt.

##### **Hypothèse 1**

Pour plus de commodité dans les notations, nous considérons  $y_{it}$  comme étant l'autonomie du patient. Ainsi, pour construire la vraisemblance, il est nécessaire de faire une agrégation de la fonction de vraisemblance conditionnelle de  $j$ ,  $P^j(Y_i)$ , pour former la probabilité conditionnelle des données  $Y_i$  (Nagin and NAGIN, 2005) exprimée dans l'équation (1.2.5.1.6) suivante :



$$P^j(Y_i) = \prod_{t=1}^T p^j(y_{it}) \quad (1.2.5.1.6)$$

où  $p^j(y_{it})$ ,  $t = 1, 2, \dots, T$  représente la fonction de distribution de la probabilité de  $y_{it}$  étant donné l'appartenance au groupe  $j$  (Nagin and NAGIN, 2005). L'expression de la fonction de vraisemblance est :

$$L = \prod_{i=1}^N P(Y_i) \quad 1.2.5.1.7$$

En remplaçant  $P(Y_i)$  et  $P^j(Y_i)$  par leur expression dans (1.2.5.1.7), la vraisemblance donne :

$$L = \prod_{i=1}^N P(Y_i) = \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^J \pi_j P^j(Y_i) = \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^J \pi_j \prod_{t=1}^T p^j(y_{it}) \quad 1.2.5.1.8$$

Dans l'équation (1.2.5.1.8), les probabilités  $\pi_j$ ,  $j = 1, \dots, J$  d'appartenance aux groupes sont estimées par une fonction logit multinomiale. Dans notre étude, les  $p^j(y_{it})$  sont supposés suivre une distribution normale censurée dénommée CNORM dans la littérature de la méthode GBTM car notre variable dépendante est quantitative continue.

### **Hypothèse 2**

Le lien entre la variable à expliquer  $Y$  et le temps est établi par la variable latente qu'on notera  $y_{it}^*$ . Celle-ci sera supposée mesurer la capacité de chaque individu à adopter un bon score d'autonomie au temps  $t$  (Nagin and NAGIN, 2005). Ainsi la relation établie par le modèle peut être cubique de forme :

$$y_{it}^* = \alpha_0^j + \alpha_1^j x_{it} + \alpha_2^j x_{it}^2 + \alpha_3^j x_{it}^3 + \epsilon_{it} \quad 1.2.5.1.9$$

$\epsilon_{it}$  est de moyenne nulle et d'écart type constant  $\sigma$  :  $\epsilon_{it} \sim N(0, \sigma)$ .

La variable latente  $y_{it}^*$  dans l'équation (1.2.5.1.9) peut être considérée dans le cas du modèle CNORM comme étant une mesure individuelle de la variable d'intérêt au temps  $t$ . Cette variable est connectée à la variable observée  $y_{it}$  de la façon suivante :

$$\begin{aligned} y_{it} &= S_{min} \text{ si } y_{it}^* < S_{min}, \\ y_{it} &= y_{it}^* \text{ si } S_{min} \leq y_{it}^* \leq S_{max} \text{ et} \\ y_{it} &= S_{max} \text{ si } y_{it}^* > S_{max}, \end{aligned}$$

où  $S_{min}$  désigne le score minimum du SMAF et  $S_{max}$  le score maximum du SMAF. Le score minimum et maximum indiquent respectivement la note minimale et maximale possible pour la variable dépendante (Nagin and NAGIN, 2005, p29). Dans ces expressions, le modèle suppose les égalités entre  $y_{it}$  et les deux scores.

Pour une notation plus commode de l'équation (1.2.5.1.9), posons :



$$\alpha^j x_{it} = \alpha_0^j + \alpha_1^j x_{it} + \alpha_2^j x_{it}^2 + \alpha_3^j x_{it}^3 \quad 1.2.5.1.10$$

De l'équation (1.2.5.1.10), l'équation (1.2.5.1.9) peut alors être reformulée comme suit :

$$y_{it}^* = \alpha^j x_{it} + \epsilon_{it} \quad 1.2.5.1.11$$

La fonction de distribution de probabilité  $p^j(y_{it})$  de  $y_{it}$  dans l'équation (1.2.5.1.8) de la vraisemblance peut ainsi s'écrire comme suit (Nagin, 2005, p30).

Si  $y_{it} = S_{min}$ , on pose :

$$p^j(y_{it} = S_{min}) = \Phi\left(\frac{y_{it} - \alpha^j x_{it}}{\sigma}\right) \quad 1.2.5.1.12$$

$$p^j(y_{it}) = \frac{1}{\sigma} \phi\left(\frac{y_{it} - \alpha^j x_{it}}{\sigma}\right) \text{ pour } S_{min} \leq y_{it}^* \leq S_{max} \quad 1.2.5.1.13$$

Si  $y_{it} = S_{max}$ , on pose :

$$p^j(y_{it} = S_{max}) = 1 - \Phi\left(\frac{y_{it} - \alpha^j x_{it}}{\sigma}\right) \quad 1.2.5.1.14$$

où  $\phi$  représente la fonction de densité de la loi normale centrée standard;  $\Phi$  désigne la fonction de distribution cumulative d'une variable aléatoire normale centrée avec une moyenne  $\alpha^j x_{it}$  et un écart-type  $\sigma$ . L'équation (1.2.5.1.12) mesure la probabilité de censure minimum. Elle est égale à une distribution normale cumulée. L'équation (1.2.5.1.13) indique que  $y_{it}$  et  $y_{it}^*$  suivent tous les deux la même fonction de densité normale pour les valeurs comprises entre les valeurs minimales et les valeurs maximales (Nagin and NAGIN, 2005).

La vraisemblance d'observer la trajectoire pour un sujet  $i$ , étant donné qu'il appartient au groupe  $k$  (Jones et al., 2001b) est donnée par :

$$P(Y_i = y_i / G_i = k) = \prod_{y_{it}=min} \Phi\left(\frac{y_{it} - \alpha^j x_{it}}{\sigma}\right) \prod_{min \leq y_{it}^* \leq max} \frac{1}{\sigma} \phi\left(\frac{y_{it} - \alpha^j x_{it}}{\sigma}\right) \prod_{y_{it}=max} 1 - \Phi\left(\frac{y_{it} - \alpha^j x_{it}}{\sigma}\right) \quad 1.2.5.1.15$$

où les  $x_{it}$  sont les temps de mesure de chaque individu;  $k$  le nombre de groupe et les  $\alpha$  symbolisent les paramètres qui déterminent la forme polynomiale. Si toutes les mesures sont dans l'intervalle  $[S_{min}, S_{max}]$ , l'expression (1.2.5.1.8) de la vraisemblance donne :

$$L = \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^J \pi_j \prod_{t=1}^T p^j(y_{it}) = \frac{1}{\sigma} \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^J \Phi\left(\frac{y_{it} - \alpha^j x_{it}}{\sigma}\right) \quad 1.2.5.1.16$$

L'obtention des équations de la log vraisemblance donnée dans la formule (1.2.5.1.16) étant complexe, la procédure utilise l'algorithme quasi-Newton (Dennis Jr et al., 1981) (Dennis and Mei, 1979). La solution a été développée sous le logiciel SAS dans la procédure Proc Traj



par Jones (Jones et al., 2001b). Les estimations des probabilités  $\pi_j(x_i)$  doivent être dans  $[0, 1]$ . Mais, au vu de la nature des données de l'étude (données non binaires), il est difficile d'imposer cette contrainte dans l'estimation du modèle. Au lieu de cela, les paramètres réels  $\beta_j$  sont estimés en se référant à l'équation 1.2.6.7. En tenant compte des variables explicatives potentiellement associées à l'appartenance à une trajectoire, la probabilité d'affectation s'écrit :

$$\pi_j(x_i) = \frac{\sum_{j=1}^J e^{\beta_j X_i}}{1 + \sum_{j=1}^J e^{\beta_j X_i}} \quad 1.2.5.1.17$$

où les  $\beta_j$  sont les paramètres à estimer déterminant la forme polynomiale (Nagin and NAGIN, 2005) et  $X_i$  le vecteur des variables explicatives. Ces paramètres sont à estimer par la méthode du maximum de vraisemblance. Finalement, la fonction de vraisemblance est :

$$L = \frac{1}{\sigma} \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^J \frac{e^{\beta_j X_i}}{1 + \sum_{j=1}^J e^{\beta_j X_i}} \prod_{t=1}^T \phi\left(\frac{y_{it} - \beta^j X_{it}}{\sigma}\right) \quad 1.2.5.1.18$$

### II.2.5.1.6. Sélection du modèle

Dans le processus de sélection de modèle, il est nécessaire et important de tester l'adéquation du modèle sélectionné. Le test le plus fondamental de l'adéquation consiste à déterminer si le modèle final répond de manière adéquate à la question de recherche à l'étude (Nagin and Odgers, 2010).

#### *Illustration du critère de Bayes pour la sélection du modèle*

La sélection du nombre de trajectoires décrivant le mieux les données dans le modèle GBTM se fait généralement par la méthode du BIC proposé par Nagin (Nagin and Odgers, 2010). La procédure consiste à estimer un nombre croissant de trajectoires et de choisir celui dont l'adéquation aux données semble la meilleure. L'équation du BIC s'écrit :

$$BIC = \ln(L) - k \ln(N) \quad 1.2.5.1.19$$

Avec  $L$  la vraisemblance pour le modèle,  $n$  est la taille de l'échantillon, et  $k$  est le nombre de paramètres dans le modèle. Plus le BIC est grand, meilleur est le modèle.

### II.2.5.1.7. Comparaison de deux modèles

Afin de choisir le meilleur modèle parmi deux modèles estimés, l'approximation du facteur de Bayes développé par Jones et ses collaborateurs (Jones et al., 2001a) a été choisie. Cette approximation est :

$$\Delta BIC = BIC(\text{du modèle complexe}) - BIC(\text{du modèle nul}) \quad (1.2.5.1.20)$$

Le modèle "complexe" est le modèle qui a le plus de groupe de trajectoires. Le modèle "nul" est le modèle le plus simple c'est-à-dire le modèle qui a moins de groupe de trajectoires ou



le plus petit d'ordre polynomial. Le principe consiste à estimer en boucle un modèle avec 1,2,3... $m$  groupes en évaluant la pertinence d'avoir un groupe de plus obtenu par comparaison de l'adéquation entre modèle  $M$  et le modèle  $M - 1$ .

Le BIC n'étant pas le seul critère de sélection de modèle, plusieurs critères statistiques ont été énoncés par Nagin (Nagin and NAGIN, 2005) pour évaluer l'adéquation des modèles. Ceux-ci seront appelés diagnostics du modèle. Il s'agit notamment :

- a) d'obtenir pour chaque groupe de trajectoire une correspondance étroite entre la probabilité estimée d'appartenance à un groupe et la proportion attribuée à ce groupe sur la base de la probabilité postérieure d'appartenance à un groupe;
- b) de s'assurer que la moyenne des probabilités postérieures d'appartenance à un groupe pour les valeurs attribuées à chaque groupe dépasse un seuil minimal de 0,7;
- c) d'établir que les probabilités d'une classification correcte basée sur les probabilités postérieures d'appartenance à un groupe dépassent un seuil minimal de 5;
- d) d'observer des intervalles de confiance étroits autour des probabilités d'appartenance aux groupes estimées (Nagin and Odgers, 2010).

D'autres critères utilisés pour identifier des trajectoires ont aussi été développés (Raftery, 1995)(Nagin and NAGIN, 2005)(Rose et al., 2004) (Nylund, 2007).

### **Diagnostic a**

#### **i) Détermination des probabilités à postériori**

Les coefficients des paramètres  $\beta_j$  estimés donnent des informations directes sur les probabilités d'appartenance à un groupe  $j$ . Ces probabilités sont appelées probabilités à postériori pour chaque individu  $i$  d'appartenir à un groupe  $j$  car elles sont obtenues en utilisant les coefficients des paramètres estimés du modèle (Nagin and NAGIN, 2005). La probabilité à postériori mesure la vraisemblance qu'un individu spécifique appartienne à chacun des groupes de trajectoires  $j$  du modèle. Chaque individu est alors affecté au groupe de trajectoire auquel il a la plus grande probabilité d'appartenir (Nagin and NAGIN, 2005).

#### **ii) Calcul de la probabilité à postériori**

Pour affecter chaque individu à une trajectoire à laquelle il présente une probabilité d'appartenance, on peut utiliser la règle d'assignation de probabilité maximale.

Notée  $\hat{p}(j/Y_i)$ , où  $Y_i$  est un vecteur comprenant le comportement d'un individu mesuré à chaque temps de mesure  $t$ ,  $y_{it}$ , la probabilité  $\hat{p}(j/Y_i)$  ne peut pas être directement calculée à partir des paramètres estimés du modèle, il faut plutôt utiliser une probabilité qui lui est associée, c'est-à-dire la probabilité de  $Y_i$  sachant un groupe  $j$ ,  $\hat{p}(Y_i/j)$ . Cette dernière quant à elle peut être calculée directement. Le calcul de  $\hat{p}(j/Y_i)$  s'effectue à l'aide de  $\hat{p}(Y_i/j)$  sur la base analytique du théorème de Bayes (Nagin and NAGIN, 2005, p79). La probabilité à postériori s'écrit donc :

$$\hat{p}(j/Y_i) = \frac{\hat{p}(Y_i/j)\hat{\pi}_j}{\sum_j \hat{p}(Y_i/j)\hat{\pi}_j} \quad (1.2.5.1.21)$$

### **Diagnostic b et c**





Ce diagnostic est la probabilité moyenne d'assignation postérieure de chaque groupe (*AvePP*).  $AvePP_j$  est la probabilité postérieure moyenne pour le groupe  $j$ . Si les individus sont assignés à des groupes distincts sans ambiguïté,  $AvePP_j$  serait de 1 pour chaque groupe. Ainsi, plus les  $AvePP_j$  sont proches de 1, meilleur est l'ajustement du modèle. Une *AvePP* supérieure à 0,7 pour tous les groupes est généralement recommandée (Nagin and NAGIN, 2005, p88). Une valeur plus grande que 0,7 indique une fiabilité externe adéquate (Andruff et al., 2009).

Dans cette partie, on peut calculer la cote de classification correcte (*OCC*) pour un groupe de trajectoires  $j$ , notée  $OCC_j$ . Son équation est :

$$OCC_j = \frac{AvePP_j / (1 - AvePP_j)}{\pi_j / (1 - \pi_j)} \quad 1.2.5.1.22$$

où  $AvePP_j$  est la probabilité postérieure moyenne du groupe;  $\pi_j$  représente la probabilité qu'une personne choisie au hasard appartienne à l'un des groupes  $j$ . Dans l'équation (1.2.5.1.22), le numérateur représente l'*OCC* sur la base de la règle de probabilité maximale, et le dénominateur représente l'*OCC* basé sur une assignation aléatoire. Ainsi, si la règle de probabilité maximale n'est pas meilleure que la supposition aléatoire, l'*OCC* serait égal à 1 pour un groupe de trajectoire donné. Pour un modèle qui correspond bien aux données, le numérateur devrait être beaucoup plus grand que le dénominateur. Cela conduirait à une valeur *OCC* très supérieure à 1. Un *OCC* de 5 ou plus est recommandé pour tous les groupes (Nagin and NAGIN, 2005).

### **Diagnostic d**

Intervalles de confiance pour les probabilités d'appartenance à un groupe : les intervalles de confiance pour les estimations des probabilités d'appartenance à un groupe doivent être étroits, c'est-à-dire que l'écart type de  $\pi_j$  doit être faible (Nagin and Tremblay, 1999).

#### **II.2.5.1.8. Inclusion des caractéristiques (facteurs de risque) associées à l'appartenance à un groupe de trajectoire**

Les caractéristiques associées à l'appartenance à une trajectoire ont été examinées au moyen d'une régression logistique multinomiale fondée sur la classe de trajectoire la plus probable de chaque individu. Leur inclusion dans le modèle s'effectue avec la fonction "risk" de la procédure Traj de SAS. Les coefficients des modèles ajustés ont été convertis en rapports de cotes (OR) pour l'interprétation. Pour la régression logistique multinomiale, où il peut y avoir plus de deux résultats, l'une des techniques consiste à choisir l'un des groupes comme groupe de base auquel les autres groupes sont comparés. Le groupe qui décrivait une trajectoire stable a été choisi comme référence dans la régression. Ainsi, l'inclusion des facteurs de risque fait référence à un modèle conditionnel.

La modélisation GTBM est la principale méthode de modélisation à laquelle on comparera les deux autres méthodes.



## II.2.5.2. Les méthodes de classification : K-means et Classification Ascendante Hiérarchique

### II.2.5.2.1. Classification par la technique KmL utilisant l'algorithme K-means

Dans les études longitudinales, les mêmes variables sont fréquemment mesurées de façon répétée dans le temps et chaque suite de variables reflète l'évolution d'un phénomène (Genolini et al., 2013a). Plusieurs modèles (Nagin and Odgers, 2010) (Pickles and Croudace, 2010) ont été développés pour effectuer l'analyse évolutive de ces données. Dans ces analyses, on suppose que la trajectoire de chaque individu peut être reproduite par un mélange d'un petit nombre de trajectoires typiques avec des poids donnés à chacune de ces trajectoires d'un individu à l'autre. Ce poids définit la probabilité à posteriori que l'individu soit issu du groupe en question. Parmi cet ensemble de méthodes, il existe la procédure KmL implémentée par Genolini et ses collaborateurs (Genolini and Falissard, 2010) (Genolini and Falissard, 2011) qui utilise l'algorithme de partitionnement k-means (Cam and Neyman, 1967). K-means est un algorithme de partitionnement qui appartient à la classe EM (Expectation-Maximization) (Celeux and Govaert, 1992).

### II.2.5.2.2. Fonctionnement de l'algorithme K-means

En analyse de trajectoires, l'objectif de l'algorithme K-means est de déterminer la partition des individus et les trajectoires de sorte à minimiser une fonction de perte c'est-à-dire la fonction minimisée dans la procédure d'ajustement d'un modèle. L'algorithme k-means est une méthode de classification considérée comme une approche alternative aux modèles de mélange (Cam and Neyman, 1967). Initialement, le partitionnement assigne chaque observation à un groupe. Ensuite, le regroupement optimal est atteint en alternant deux phases : la phase d'attente et la phase de maximisation. Lors de la phase d'attente, les centres de gravité des groupes sont calculés. La phase de maximisation consiste à assigner chaque observation à son "groupe le plus proche". L'alternance des deux phases est répétée jusqu'à ce qu'aucun autre changement ne se produise dans les groupes. Pour illustrer cela, on considère un ensemble  $N$  de  $n$  individus. Une variable d'intérêt  $Y$  est mesurée à  $t$  périodes ou temps différents pour chaque individu. La valeur de  $Y$  pour l'individu  $i$  au temps  $t$  est notée  $y_{it}$ . Pour l'individu  $i$ , la séquence  $y_{it}$  est appelée trajectoire ; elle est notée  $y_i = y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{it}$ . L'objectif du regroupement est de partitionner  $N$  en sous-groupes homogènes  $k$  (Genolini et al., 2013a). Les K-means peuvent être calculées sur plusieurs distances. Genolini et Falissard ont développé le package "KmL" (Genolini and Falissard, 2011) sous le logiciel R (Genolini and Falissard, 2010) (Genolini and Falissard, 2011) afin d'implémenter l'algorithme. L'algorithme peut utiliser soit la distance Euclidienne ou la distance de Manhattan (Kaufman and Rousseeuw, 2009).

L'algorithme du K-means est une méthode de classification qui nécessite que les individus aient des mesures effectuées aux mêmes temps  $t$ . La méthode standard ne permet pas de tenir compte de covariables pouvant influencer les trajectoires individuelles. Or, l'omission de certaines covariables dans la classification peut entraîner une mauvaise prise en compte de



l'hétérogénéité inter-individuelle, et faire apparaître des groupes qui ne sont pas forcément reliés au phénomène d'intérêt l'autonomie fonctionnelle dans notre cas. Ainsi, pour tenir compte des covariables, le package "kmlCov" a été développé par Genolini et ses collaborateurs (Genolini and Falissard, 2010). Le package "kmlCov" est une extension de l'algorithme k-means qui permet de prendre en compte des covariables dans la modélisation des trajectoires et la variabilité des temps de mesure d'un individu à un autre (Genolini and Falissard, 2010).

### II.2.5.2.3. Estimation des paramètres des trajectoires

L'estimation des paramètres des trajectoires est faite par la méthode du maximum de vraisemblance effectuée par Nagin dans la section précédente II.2.5.1.4. On suppose que les mesures de l'individu  $i$  sont indépendantes les unes des autres conditionnellement au fait d'appartenir au groupe  $k$ .

### II.2.5.2.4. Choix du nombre optimal de groupes

Un des problèmes rencontrés dans l'algorithme k-means est le choix du nombre optimal de groupes. Celui-ci étant subjectif, Kml utilise le critère de Calinski et Harabasz (CHC) considéré comme l'un des meilleurs (Calinski and Harabasz, 1974) parmi tant d'autres. Les propriétés du critère ont été détaillées par les auteurs (Milligan and Cooper, 1985) (Yosung Shim et al., 2005). Dans notre étude, nous comparerons le critère de Calinski et Harabasz au critère d'inertie. Ces deux critères sont fréquemment basés sur la comparaison des variances inter et intragroupe. La procédure consiste à minimiser les variances à l'intérieur des groupes et de maximiser la variance entre les groupes.

**Critère de Calinski-Harabasz** : le critère se base sur la division de la variance intra-groupe notée *Trace* ( $V_{Intra}$ ) (diagonale de la matrice des éléments d'un même groupe) par la variance inter-groupe notée *Trace* ( $V_{Inter}$ ) (diagonale de la matrice concernant entre les groupes). L'indice de Calinski-Harabasz (CH) considère une solution minimisant l'inertie intra-groupe et maximisant l'inertie inter-groupes. Soit un total de  $n$  données de moyenne  $\bar{x}$  regroupées en  $k$  groupes, l'indice de CH est donné par la formule suivante.

$$CH(n, k) = \frac{Trace(V_{intra})(n-k)}{Trace(V_{inter})(k-1)} \quad 1.2.5.2.1$$

où  $n$  et  $k$  sont, respectivement, le nombre d'individus et le nombre de classes dans la partition étudiée. L'inertie intra-groupe évalue l'homogénéité des données présentes à l'intérieur des groupes alors que l'inertie inter-groupes évalue l'hétérogénéité entre les différents groupes. L'indice CH est d'autant plus élevé que la partition est bonne puisqu'une bonne partition se traduit par des distances inter-groupes élevées et des distances intra-groupes faibles (Genolini and Falissard, 2010).

**Critère d'inertie** : le critère d'inertie est lui aussi un indicateur qui permet une orientation vers la première partition à observer avant d'explorer des typologies aux nombres moins et/ou plus élevés de groupes.



### II.2.5.2.5. Classification Ascendante Hiérarchique

Les progrès des méthodes de classification au cours des dernières années ont permis d'utiliser la classification ascendante hiérarchique pour déterminer des typologies de parcours (Barbary, 1996) (Barbary and Pinzon Sarmiento, 1998). Dans cette partie, nous utilisons le critère de Ward pour le choix du nombre optimal de groupes le but étant de réduire l'hétérogénéité des données tout en conservant une part essentielle de l'information.

#### II.2.5.2.5.1. Fonctionnement de l'algorithme de classification ascendante hiérarchique

L'algorithme de classification ascendante hiérarchique peut être décrit par 5 étapes principales :

- 1) les groupes initiaux sont les individus eux-mêmes ;
- 2) on calcule les distances entre les groupes ;
- 3) les deux groupes les plus proches au sens du critère de Ward sont fusionnés et remplacés par un seul groupe ;
- 4) le processus reprend en 2 jusqu'à n'avoir plus qu'une seule classe, qui contient toutes les observations ;
- 5) à chaque étape les groupes les plus proches sont cherchés et fusionnés, et l'étape la plus importante dans l'algorithme réside dans le choix de la distance entre deux groupes.

La distance entre deux groupes à partir de la mesure de dissimilarité entre les objets constituant chaque groupe (Elghazel, 2007). Soit  $g$  le centre de gravité associé à  $n$  individus ;  $A$  et  $B$  deux groupes d'individus d'effectifs respectifs  $n_A$  et  $n_B$ , de centres de gravité associés respectifs  $g_A$  et  $g_B$ . La distance de Ward notée  $Dist_W$  est :

$$Dist_W(A, B) = \frac{n_A n_B}{n_A + n_B} d^2(g_A, g_B) \quad (1.2.5.3.1)$$

**Méthode de Ward** : L'idée du critère de Ward dans la classification hiérarchique ascendante est de minimiser l'inertie intragroupe et de maximiser l'inertie intergroupe afin d'obtenir les groupes les plus homogènes possible. Pour le critère de Ward, les individus qui présentent des caractéristiques rares dans la population vont se retrouver éloignés des individus présentant des caractéristiques fortement représentées. Le critère de saut de Ward (Ward, 1963) a été utilisé pour la méthode de classification hiérarchique ascendante. Nous avons choisi le nombre optimal de groupes de trajectoires à  $T_0$  en coupant le dendrogramme.

#### II.2.5.2.6. Evaluation des critères de choix du nombre optimal de groupes des deux méthodes (k-means et CAH) par les critères AIC, BIC, ICL

En classification non supervisée, il est très courant de ne pas connaître à priori le nombre de groupes à former ou le nombre de composantes du modèle à ajuster (Baudry, 2009). Alors, le choix du nombre de groupes fait intervenir plusieurs critères tels que les critères AIC, BIC,



ICL. Les critères AIC et BIC sont les plus classiques et sont tous les deux des critères de vraisemblance pénalisée. L'AIC se rapproche asymptotiquement de la vraisemblance intégrée du modèle et BIC utilise l'approximation de Laplace pour la vraisemblance intégrée du modèle. Dans un modèle de mélange gaussien, l'AIC a une forte tendance à surestimer le nombre de groupes  $k$  tandis que BIC a un comportement plus satisfaisant mais quelquefois le BIC donne un nombre de groupes plus grand que le nombre jugé pertinent.

Un modèle de mélange gaussien GMM (Gaussian Mixture Model) est un modèle statistique qui sert à estimer de façon paramétrique des variables aléatoires en les modélisant comme une somme de plusieurs gaussiennes. Dans une étude faite Biernacki (Biernacki, 2009), il a été trouvé que le modèle gaussien apporte une réponse rigoureuse, flexible et interprétable pour les multiples besoins de la classification : classification supervisée ou non, nature des données, choix du nombre de groupes.

**Critère AIC** : il est un critère simple et populaire de choix de groupes. Proposé par Akaike (H. Akaike, 1974), le critère est connu par son choix d'un grand nombre de composantes dans le cadre des modèles de mélanges (Baudry, 2009). Dans le cadre de sélection de modèle, il consiste à minimiser un critère de la forme vraisemblance pénalisée. Le critère s'écrit :

$$AIC = 2df - 2\ln L \quad (1.2.5.3.2)$$

où  $L$  est le maximum de la fonction vraisemblance du modèle et  $df$  le nombre de paramètres du modèle estimé. Avec le critère AIC, la déviance du modèle  $2\ln(L)$  est pénalisée par 2 fois le nombre de paramètres. Dans un cadre de sélection de modèle, le critère AIC choisit le modèle qui donne le plus faible AIC (H. Akaike, 1974).

**Critère BIC** : inspiré du critère d'information Akaike, le critère BIC critère d'information bayésien pénalise plus fortement le nombre de paramètre du modèle que le critère AIC. Le critère s'écrit :

$$BIC = -2\ln(L) + \ln(n)df \quad (1.2.5.3.3)$$

où  $L$  est le maximum de la fonction vraisemblance du modèle,  $n$  le nombre d'observations dans l'échantillon et  $df$  le nombre de paramètres du modèle estimé. De façon standard,  $k$  prend la valeur de 2 par défaut comme observé dans les formules de l'AIC et BIC. La valeur de  $k$  peut varier en fonction du besoin.

**Critère ICL** : dans le but d'améliorer le BIC, Biernacki et ses collaborateurs imitent l'approche BIC puisque ce dernier présente des difficultés dans le choix du nombre de groupes pertinents (Biernacki et al., 2000). La procédure ICL utilise l'estimateur du maximum de vraisemblance des paramètres à partir de la vraisemblance incomplète à la place de l'estimateur du maximum de vraisemblance à partir de la vraisemblance complète sans aucune justification théorique (Ngatchou-Wandji and Bulla, 2013). Idéalement, ils remplacent la vraisemblance  $L$  du modèle par la vraisemblance complète. Le critère ICL repose sur un terme dit d'entropie. Contrairement au critère BIC, le critère ICL n'est pas consistant. ICL peut alors être expliqué comme une approximation d'un critère analogue à BIC. Néanmoins,



les deux critères se comportent de la même façon pour les modèles fournissant des groupes bien séparés. Plusieurs études ont été faites pour comparer ces critères entre eux dans des contextes différents. L'une d'elles a été faite par Yang en 2005 qui compare l'ACI et le BIC dans le contexte de la régression (Yang, 2005). L'auteur a montré qu'en particulier, l'AIC est asymptotiquement optimal lorsque l'on souhaite sélectionner le modèle avec l'erreur quadratique moyenne (si l'on fait l'hypothèse que le modèle générant les données n'est pas parmi les candidats, ce qui est en fait presque toujours le cas en pratique) ; ce n'est pas le cas du BIC (Yang, 2005). L'auteur montre aussi que la vitesse de convergence de l'AIC vers l'optimum est, dans un certain sens, le meilleur possible. Dans une étude menée par Kuha (Kuha, 2004), il a été montré que malgré le fondement différent du critère AIC et BIC, on observe certaines similitudes entre les deux informations. Contrairement à l'ICL, le BIC pénalise la complexité des modèles (Biernacki, 2009).

### Principe de fonctionnement de l'AIC et du BIC

Les deux critères fonctionnent avec l'algorithme du maximum de vraisemblance. Selon Olivier et collaborateur (Olivier et al., 1997), le maximum de vraisemblance a pour principe de conduire à une surparamétrisation du modèle pour obtenir un bon résultat. Idéalement, le critère de pénalisation de type log-vraisemblance le plus utilisé est l'AIC. Cependant, ce critère reste moins satisfaisant quelquefois car il a des capacités de surparamétrisation. Le BIC quant à lui assure une meilleure estimation en pénalisant justement le surdimensionnement du modèle. Placé dans un contexte Bayésien, le principe du BIC est présenté comme suit : soit  $X = (X_1, X_2, \dots, X_i)$ , un n-échantillon de variables indépendantes de densité inconnue notée  $f$  (Scrucca et al., 2016). L'objectif est d'estimer la densité  $f$  en se donnant une collection finie de modèle allant de 1 à  $m$  notée  $(M_1, M_2, \dots, M_m)$ . Ces modèles sont implémentés dans le packages `mclust` du logiciel R avec les dénominations suivantes : "E" pour modèle à variance égale, "V" pour modèle à variance variable, "EII" modèle sphérique à variance égale, etc (Scrucca et al., 2016). Ces modèles sont représentés sur les figures Un modèle  $M_i$  a pour densité  $g_{M_i}$  de paramètre  $\alpha_i$  et  $M_i$ . L'objectif du BIC est de choisir un modèle parmi cette collection de modèles. Dans la démarche,  $\alpha_i$  et  $M_i$  sont vus comme des variables aléatoires et sont munies d'une distribution a priori notée  $P(M_i)$  pour le modèle  $M_i$ ,  $P(\alpha_i | M_i)$  pour  $\alpha_i$ . Ainsi, le BIC cherche à sélectionner le modèle  $M_i$  qui maximise la probabilité à postériori  $P(M_i|X)$  notée :

$$M_{BIC} = \arg \max P(M_i|X) \quad (1.2.5.3.4)$$

Après avoir effectué toutes ces analyses, nous avons procédé à la comparaison des moyennes par le test d'analyse de la variance ANOVA (ANalysis Of VAriance). La régression logistique multinomiale a été appliquée pour identifier les facteurs prédictifs des groupes de trajectoires. La procédure est expliquée dans la section II.2.5.4 ci-dessous.

### II.2.5.3. Comparaison des moyennes du SMAF entre les groupes pour chaque méthode de classification

**Test d'ANOVA** : il a pour but de tester l'existence d'une relation linéaire entre les variables en formant un rapport  $F$  du carré moyen de la régression sur le carré moyen des résidus. L'ANOVA fournit alors la valeur et le niveau de significativité statistique de  $F$  (Gamage and



Weerahandi, 1998). Lorsque l'ANOVA donne un résultat significatif, cela indique qu'au moins un groupe se distingue des autres groupes. Ainsi pour tester la différence entre les groupes une technique de comparaison par paire facile et fréquemment utilisée a été mise au point par Tukey sous le nom de « honestly significant difference (hsd) ». L'idée principale du hsd est de calculer la différence honnêtement significative entre deux moyens en utilisant une distribution statistique définie par Student et appelée la distribution q. Dans ce texte, toutes les différences par paires sont évaluées à l'aide de la même distribution d'échantillonnage utilisée pour la plus grande différence (Abdi and Williams, 2010).

#### II.2.5.4. Modélisation par la méthode de régression logistique multinomiale

La régression logistique multinomiale a été utilisée pour analyser la dépendance entre la variable réponse et les variables explicatives afin d'identifier les facteurs prédictifs. L'inclusion des facteurs de risque dans le modèle a été conçue pour déterminer si les facteurs de risque affectent les trajectoires. Cela permet de savoir si le facteur de risque diminue ou augmente la probabilité d'appartenir à un groupe de trajectoire.

Dans la régression logistique multinomiale, le groupe de trajectoire ayant le plus grand nombre d'individus est fréquemment choisi comme groupe référent pour la variable réponse. Pour faciliter l'interprétation dans un modèle de régression logistique, on choisit fréquemment comme catégorie de référence la catégorie associée au plus faible risque de présenter l'évènement défavorable. Lorsque la variable explicative est qualitative binaire, la modalité de référence correspond à la modalité codée 0 dans le modèle.

##### II.2.5.4.1. Équation du modèle de régression logistique multinomiale

Pour obtenir les probabilités d'appartenance d'un individu à une modalité ou catégorie  $k$ , on peut écrire  $K - 1$  équations logits. La stratégie de modélisation consiste à modéliser  $K - 1$  rapports de probabilités c'est-à-dire qu'on prend une modalité comme référence et on exprime  $K - 1$  logits par rapport à cette référence. On a  $J + 1$  paramètres à estimer pour chaque modalité  $k$ . Sachant que la modalité de référence est la modalité  $K$ , l'équation logit d'appartenance à la modalité  $k$  de l'individu  $x_i$ ,  $1 \leq i \leq n$  où  $n$  est le nombre d'individus est donc :

$$\text{logit}_k(x_i) = \ln \left[ \frac{\pi_k(x_i)}{1 - \pi_k(x_i)} \right] = \beta_{0,k} + \beta_{1,k}X_1(x_i) + \dots + \beta_{j,k}X_j(x_i) + \dots + \beta_{J,k}X_J(x_i) + \epsilon_k \quad (1.2.6.1)$$

L'équation (1.2.6.1) représente l'ensemble des logits du modèle multinomial à  $K$  modalités. Les  $x_i$  correspondent aux individus,  $\pi_k(x_i)$  symbolise la probabilité à posteriori d'un individu  $x_i$  ou probabilité associée à la modalité d'intérêt  $k$ ;  $\ln$  désigne la fonction logarithme népérien ;  $\beta_k = (\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{J,k})$  correspond au vecteur des paramètres que l'on souhaite estimer à partir des données. Le vecteur  $\mathbf{X}_J(x_i) = (1, X_1(x_i), X_2(x_i), \dots, X_J(x_i))$  symbolise les variables explicatives. Les  $x_i$ ,  $1 \leq i \leq n$  où  $n$  sont les individus de notre étude avec  $n = 221$ . Il y'a donc  $(K - 1)(J - 1)$  paramètres à estimer. Les  $\epsilon_k$  sont des variables aléatoires gaussiennes centrées. Ces termes d'erreur représentent la déviation entre le modèle prédit et la réalité. La première composante ( $X_0(x_i) = 1$ ) désigne la constante.



### II.2.5.4.2. Estimation des paramètres

L'estimation des paramètres  $\beta_k$  nécessite de maximiser la vraisemblance. La fonction logarithmique étant croissante, il est équivalent de maximiser la log vraisemblance. Comme on a besoin de calculer les valeurs où la dérivée de la vraisemblance s'annule, il est fréquemment plus facile de calculer les dérivées de la log vraisemblance (Rakotomalala, 2011). Pour trouver le maximum de vraisemblance, il est généralement nécessaire de calculer la dérivée de la vraisemblance. Ce calcul est plus facile avec la log-vraisemblance. La fonction de log-vraisemblance à maximiser s'écrit alors comme la somme des logarithmes des vraisemblances ou probabilités non conditionnelles (Bonnet, 2004). La vraisemblance  $L$  est définie par :

$$L = \prod_{i=1}^n [\pi_1(x_i)]^{y_1(x_i)} \dots [\pi_k(x_i)]^{y_k(x_i)} \quad (1.2.6.2)$$

où  $\pi_k(x_i) = P[y_k(x_i) = y_k / X(x_i)]$ ;  $X(x_i) = (1, X_1(x_i), X_1(x_i), X_1(x_i) \dots, X_1(x_i))$ ;  $y_k(x_i) = 1$  si et seulement si  $y(x_i) = y_k$  ; c'est à dire que l'individu  $i$  appartient à la modalité  $k$

La log-vraisemblance  $LL$  de l'individu  $x_i$  est définie par :

$$LL = \sum_{i=1}^n y_1(x_i) \ln(\pi_1(x_i)) + \dots + y_k(x_i) \ln(\pi_k(x_i)) \quad (1.2.6.3)$$

avec  $\beta_k = (\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{J,k})$ . En dérivant la log-vraisemblance par rapport aux éléments du vecteur  $\beta_k$ , pour chaque valeur de  $k$ , on obtient un vecteur de dimension  $(K - 1)(J + 1)$  de dérivées appelé vecteur du gradient et noté  $G$ . L'obtention de ce vecteur se fait par annulation de toutes les dérivées partielles de la log-vraisemblance  $LL$  (équation 1.2.6.3).

### II.2.5.4.3. Calcul du vecteur gradient

Pour calculer  $G$ , on va commencer par estimer les  $(K - 1)(J + 1)$  paramètres en annulant  $(K - 1)(J + 1)$  dérivées partielles. Cela revient à résoudre l'équation matricielle  $G = \mathbf{0}$  où  $G$  est une matrice de dimension  $(K - 1)(J + 1) + 1$  exprimée comme suit.

$$G = \begin{pmatrix} G_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ G_{K-1} \end{pmatrix} \quad (1.2.6.4)$$

avec  $G_k$  de dimension  $(J + 1) \times 1$  égal à:





$$G_k = \begin{pmatrix} g_{0,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{j,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{J,k} \end{pmatrix}$$

Annuler  $G_k$  revient à résoudre l'équation matricielle :

$$G_k = \begin{pmatrix} g_{0,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{j,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{J,k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{pmatrix}; 1 \leq k \leq K-1 \quad (1.2.6.5)$$

où  $g_{j,k} = \frac{\partial LL}{\partial \beta_{j,k}}, 1 \leq j \leq J, 1 \leq k \leq K-1$

Avant de résoudre cette équation, nous allons calculer la dérivée de  $\pi_k(x_i)$  par rapport à  $\beta_{j,k}$ .

#### II.2.5.4.4. Calcul de la dérivée de la log-vraisemblance

Au vu de l'expression de la log-vraisemblance (équation 1.2.6.3), le calcul de la dérivée de la log-vraisemblance nécessite tout d'abord de calculer la dérivée de  $\pi_k(x_i)$ . Pour cela, considérons l'équation (1.2.6.1) et posons  $Y$  comme variable d'intérêt. Considérons la moyenne conditionnelle de la variable  $Y$  étant donné  $X = x$  qu'on notera  $E(Y = y_i / X = x_i)$ . La moyenne conditionnelle correspond à la valeur espérée de la variable d'intérêt  $Y$  pour une valeur donnée de la variable prédictive  $X$ . Le terme d'erreur  $\epsilon_k$  dans l'équation (1.2.6.1) est normalement distribué de moyenne nulle et de variance constante (Larose and Vallaud, 2012). Ainsi l'équation (1.2.6.1) devient :

$$E(Y = y_i / X = x_i) = \text{logit}_k(x_i) = \ln \left[ \frac{\pi_k(x_i)}{1 - \pi_k(x_i)} \right] = \beta_{0,k} + \beta_{1,k}X_1(x_i) + \dots + \beta_{j,k}X_j(x_i) + \dots + \beta_{J,k}X_J(x_i) \quad (1.2.6.6)$$

Pour simplifier les expressions, notons  $E(Y = y_i / X = x_i)$  la moyenne conditionnelle comme égale à  $\pi_k(x_i)$  donc  $E(Y = y_i / X = x_i) = \pi_k(x_i)$ ,  $\beta_{j,k} = a$  la somme des paramètres sans le terme d'erreur. Avec ces expressions, la moyenne conditionnelle de la régression logistique prend une forme autre que linéaire une forme en  $S$  appelée fonction sigmoïde (Larose and Vallaud, 2012). De la formule (1.2.6.6), on déduit facilement que la fonction sigmoïde est définie par :

$$\pi_k(x_i) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_{0,k} + \beta_{1,k}X_1(x_i) + \dots + \beta_{j,k}X_j(x_i))}} \quad (1.2.6.7)$$

Pour continuer les calculs, on a besoin du lemme suivant :



**Lemme 1** : Soit la fonction  $U(x) = \frac{1}{1+e^{-a(x)}}$  où  $a(x)$  est une fonction dérivable, sa dérivée est égale à :

$$U'(x) = a'(x)U(x)[1 - U(x)]$$

**Démonstration** :

Posons

$$U(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x)}}$$

$$U'(x) = \frac{u'(x)}{u^2(x)}; u(x) = 1 + e^{-a(x)}$$

$$u'(x) = -a'(x)e^{-a(x)}; u^2(x) = (1 + e^{-a(x)})^2$$

$$\frac{u'(x)}{u^2(x)} = \frac{a'(x)e^{-a(x)}}{(1 + e^{-a(x)})^2} = a'(x) \frac{1}{1 + e^{-a(x)}} \frac{e^{-a(x)}}{1 + e^{-a(x)}} = a'(x)U(x)[1 - U(x)]$$

$$U'(x) = a'(x)U(x)[1 - U(x)]$$

Du lemme 1, on déduit que :

$$\frac{\partial \pi_k(x_i)}{\partial \beta_{0,k}} = \pi_k(x_i) [1 - \pi_k(x_i)]; j = 0$$

$$\frac{\partial \pi_k(x_i)}{\partial \beta_{j,k}} = X_j \pi_k(x_i) [1 - \pi_k(x_i)]; 1 \leq j \leq J \quad (1.2.6.8)$$

où  $x = (1, x_1, x_2, \dots, x_J)$

Pour déduire l'expression de la dérivée de la log vraisemblance, on remplace  $\frac{\partial \pi_k(x_i)}{\partial \beta_{j,k}}$  par son expression dans l'équation (1.2.6.3). Rappelons une autre expression de l'équation (1.2.6.3) qui est :



$$LL = \sum_{i=1}^n y_1(x_i) \ln(\pi_1(x_i)) + \dots + y_k(x_i) \ln(\pi_k(x_i)) \quad (1.2.6.9)$$

Ainsi :

$$\begin{aligned} g_{j,k} &= \frac{\partial LL}{\partial \beta_{j,k}} = \sum_{i=1}^n \left[ y_k(x_i) \left[ \ln(\pi_k(x_i)) \right] + (1 - y_k(x_i)) \ln \left[ (1 - \pi_k(x_i)) \right] \right]' \\ &= \sum_{i=1}^n \left[ y_k(x_i) \left[ \ln(\pi_k(x_i)) \right]' + \left[ \ln(\pi_k(x_i)) \right] \left[ y_k(x_i) \right]' + (1 - y_k(x_i)) \ln \left[ (1 - \pi_k(x_i)) \right]' + \right. \\ &\quad \left. \ln \left[ (1 - \pi_k(x_i)) \right] \left[ (1 - y_k(x_i)) \right]' \right] \\ &= \sum_{i=1}^n y_k(x_i) \frac{\left[ \pi_k(x_i) \right]'}{\pi_k(x_i)} + (1 - y_k(x_i)) \frac{\left[ 1 - \pi_k(x_i) \right]'}{(1 - y_k(x_i))} \end{aligned}$$

En remplaçant l'expression de la dérivée de  $\pi_k(x_i)$ , on obtient :

$$g_{j,k} = \frac{\partial LL}{\partial \beta_{j,k}} = \sum_{i=1}^n y_k(x_i) \left[ \frac{\pi_k(x_i)(1-\pi_k(x_i))}{\pi_k(x_i)} \right] X_j(x_i) + (1 - y_k(x_i)) \left[ \frac{-\pi_k(x_i)(1-\pi_k(x_i))}{1-\pi_k(x_i)} \right] X_j(x_i);$$

Après simplification, on trouve :

$$\begin{aligned} g_{0,k} &= \frac{\partial LL}{\partial \beta_{0,k}} = \sum_{i=1}^n \left[ y_k(x_i) - \pi_k(x_i) \right]; j = 0 \\ g_{j,k} &= \frac{\partial LL}{\partial \beta_{j,k}} = \sum_{i=1}^n X_j(x_i) \left[ y_k(x_i) - \pi_k(x_i) \right]; 1 \leq j \leq J \end{aligned} \quad (1.2.6.10)$$

Avec cette équation du gradient, on va chercher à annuler l'expression du gradient pour trouver les valeurs des estimations des paramètres  $\beta_k = (\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{J,k})$ .

Pour cela, il faut résoudre le système de  $J + 1$  équations à  $J + 1$  inconnues pour chaque valeur de  $k$ .

$$\mathbf{G}_k = \begin{pmatrix} g_{0,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{j,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{J,k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n [y_k(x_i) - \pi_k(x_i)] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{i=1}^n X_j(x_i) [y_k(x_i) - \pi_k(x_i)] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{i=1}^n X_j(x_i) [y_k(x_i) - \pi_k(x_i)] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{pmatrix} \quad 1 \leq k \leq K-1 \quad (1.2.6.11)$$



Les  $(K - 1)(J + 1)$  paramètres à estimer sont les solutions des  $K - 1$  systèmes de  $J + 1$  équations à  $J + 1$  inconnues pour chaque valeur de  $k$ . Dans ce système non linéaire, il y a autant d'équations que de paramètres à estimer. En raison de sa non-linéarité, le système n'admet pas de solution analytique. Sa résolution nécessite des méthodes numériques telles que l'algorithme de Newton-Raphson. L'algorithme de Newton-Raphson recherche pas à pas les valeurs paramètres  $(\hat{\beta}_k)$ .

Le déroulement de l'algorithme se fait de la façon suivante. On part de valeurs initiales des  $(J + 1)$  paramètres du modèle (par exemple,  $\beta_k = 0$  et on  $k = 1, \dots, K$ ). Puis on remplace chaque équation de par son approximation linéaire autour de ces valeurs initiales. On résout le système ainsi formé et on obtient un premier jeu de valeurs des paramètres. On répète l'opération en remplaçant chaque équation de par son approximation linéaire autour de ce premier jeu de paramètres. On résout le système ainsi formé, et ainsi de suite jusqu'à ce que les valeurs des paramètres ainsi déterminées ne changent (quasiment) pas lorsqu'on itère l'opération. On arrête alors la recherche des valeurs des  $\beta_k$  et les dernières obtenues sont les valeurs estimées des paramètres (Afsa, 2016).

Soit  $\beta_k^0$  un paramètre initial du paramètre  $\beta_k$ . On part de l'étape  $l$  à l'étape  $l + 1$  par l'expression suivante :

$$\beta_k^{l+1} = \beta_k^l - \left( \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_k \partial \beta_k} \right) G_k \quad (1.2.6.12)$$

où  $\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_k \partial \beta_k}$  est la matrice hessienne  $H_{k,k}$  de dimension  $(J + 1)(J + 1)$ ,  $1 \leq k \leq K - 1$ . La matrice hessienne s'obtient en dérivant chacune des dérivées partielles. Elle est définie par :



$$H_k = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{0,k} \partial \beta_{0,k}} & \cdots & \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{0,k} \partial \beta_{j,k}} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j,k} \partial \beta_{0,k}} & \cdots & \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j,k} \partial \beta_{j,k}} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j,k} \partial \beta_{0,k}} & \cdots & \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j,k} \partial \beta_{j,k}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_{0,0}^k & \cdots & H_{0,J}^k \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ H_{J,0}^k & \cdots & H_{J,J}^k \end{pmatrix} \quad (1.2.6.13)$$

On sait que :

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= \frac{\partial}{\partial \beta_{j_1,k}} \left( \frac{\partial LL}{\partial \beta_{j_2,k}} \right) = \frac{\partial}{\partial \beta_{j_1,k}} g_{j_2,k} \quad 0 \leq j_1 \leq J; 0 \leq j_2 \leq J \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= \frac{\partial}{\partial \beta_{j_1,k}} \sum_{i=1}^n X_{j_2}(x_i) [y_k(x_i) - \pi_k(x_i)] \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= \frac{\partial}{\partial \beta_{j_1,k}} \sum_{i=1}^n [X_{j_2}(x_i) y_k(x_i)]' - [\pi_k(x_i) X_{j_2}(x_i)]' \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= \sum_{i=1}^n -X_{j_2}(x_i) \frac{\partial}{\partial \beta_{j_1,k}} \pi_k(x_i) \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= - \sum_{i=1}^n X_{j_2}(x_i) \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) X_{j_1}(x_i) \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= - \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) X_{j_1}(x_i) X_{j_2}(x_i) \quad 1 \leq j_1 \leq J; 1 \leq j_2 \leq J \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{0,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= - \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) X_{j_2}(x_i) \quad 1 \leq j_2 \leq J \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{0,k}} &= - \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) X_{j_1}(x_i) X_{j_2}(x_i) \quad 1 \leq j_1 \leq J \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{0,k} \partial \beta_{0,k}} &= - \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) \end{aligned} \quad (1.2.6.14)$$



Ainsi l'hessienne dans l'équation (1.2.6.13) s'écrit :

$$\mathbf{H}_{k,l} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) & \dots & \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i))\mathbf{X}_J(x_i) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i))\mathbf{X}_j(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i))\mathbf{X}_j(x_i)\mathbf{X}_J(x_i) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i))\mathbf{X}_J(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i))\mathbf{X}_J^2(x_i) \end{pmatrix} \quad (1.2.6.15)$$

$$\mathbf{H}_{k,l} = \mathbf{X}'\mathbf{V}\mathbf{X} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & \dots & x_1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_n & \dots & x_n \end{pmatrix}^t \begin{pmatrix} \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & x_1 & \dots & x_1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_n & \dots & x_n \end{pmatrix} \quad (1.2.6.16)$$

Avec  $X$  une matrice contenant les données pour chaque individu. La première colonne de matrice  $X$  correspond à la constante 1.

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) \end{pmatrix}$$

une matrice diagonale contenant les éléments généraux  $\pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i))$ .

On en déduit que :



$$\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_k \partial \beta_k}(\hat{\beta}_k) = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) & \dots & \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) \mathbf{X}_J(x_i) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) \mathbf{X}_J(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) \mathbf{X}_J(x_i) \mathbf{X}_J(x_i) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) \mathbf{X}_J(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) \mathbf{X}_J^2(x_i) \end{pmatrix} \quad (1.2.6.17)$$

où  $\hat{\pi}_k(x_i) = \frac{e^{\hat{\beta}_{0,k} + \hat{\beta}_{1,k}x_{1i} + \dots + \hat{\beta}_{j,k}x_{ji}(x_i)}}{1 + e^{\hat{\beta}_{0,k} + \hat{\beta}_{j,k}x_{1i} + \dots + \hat{\beta}_{j,k}x_{ji}(x_i)}}$  et  $\hat{\beta}_{j,k}$  est l'estimateur  $\beta_{j,k}$  par la méthode de Newton-Raphson.

Enfin, la matrice suivante est la matrice hessienne de la log vraisemblance  $LL$

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} \mathbf{H}_{1,1} & \dots & \mathbf{H}_{1,K-1} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \mathbf{H}_{K-1,1} & \dots & \mathbf{H}_{K-1,K-1} \end{pmatrix}$$

où

$$\mathbf{H}_{k,l} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \dots \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{si } k \neq l.$$

L'estimateur du maximum de vraisemblance  $\hat{\beta}_k$  sous certaines conditions est convergent et suit asymptotiquement une loi normale de moyenne égale à la vraie valeur  $\beta_0$  des paramètres et de matrice de variance covariance. La matrice de variance covariance est égale à l'inverse de la matrice hessienne évaluée au point  $\beta_0$  (Hurlin, 2003). L'inverse de cette matrice notée  $C = (X'VX)^{-1}$  représente l'estimation de la matrice de variance covariance de  $\beta_k$ . Elle sera mise en contribution dans les différents tests d'hypothèse pour évaluer la significativité des coefficients. Pour une précision élevée de l'estimation d'un paramètre ou une erreur d'estimation faible, il faut que la pente de la fonction des valeurs possibles du paramètre soit élevée. Dans ce cas, le minimum de la fonction est facilement détecté. Ainsi, plus la valeur de l'hessienne est élevée, plus la précision de l'estimation des paramètres est élevée ou plus la variance de l'estimation est faible.



### II.2.5.4.5. Test de la significativité des coefficients du modèle logit

Après avoir trouvé les équations logits et employé la méthode du maximum de vraisemblance pour estimer les paramètres du modèle, il convient de déterminer la significativité des coefficients obtenus.

La méthode du maximum de vraisemblance a consisté à produire les paramètres  $\beta_k = (\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{j,k})$  de la régression logistique exprimée dans l'équation (1.2.6.1).

Dans cette étude, nous utilisons les trois tests liés au maximum de vraisemblance qui sont : le test de rapport de vraisemblance, le test de Wald ou le test du score. Ceux-ci permettent de tester la nullité globale de l'hypothèse nulle et la nullité de tous les coefficients. Il est possible avec ces trois tests de vérifier la significativité des variables explicatives (Rouvière, 2017). La nullité est acceptée si la probabilité critique  $p$  est grande. Pour ces tests, on obtient à chaque fois une statistique asymptotiquement  $\chi^2$ , on compare donc les valeurs obtenues aux quantiles du  $\chi^2$ . Les hypothèses s'écrivent :

$$H_0 : \beta_{j,k} = 0 \text{ contre } H_1 : \beta_{j,k} \neq 0$$

Où  $\beta_{j,k}$  désigne la  $j^{\text{ème}}$  composante du vecteur de paramètres  $\beta_k = (\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{j,k}), 0 \leq j \leq J$ .

### II.2.5.4.6. Test du rapport de vraisemblance

La statistique du test de rapport de vraisemblance est basée sur la différence entre des rapports de vraisemblances entre le modèle complet et le modèle sous l'hypothèse nulle  $H_0$ . L'estimateur ainsi obtenu sous l'hypothèse  $H_0$  est appelé estimateur du maximum de vraisemblance contraint noté  $\hat{\beta}_{j,k}^j$ . L'estimateur du maximum de vraisemblance contraint est obtenu par suppression des premiers coefficients du modèle. C'est l'estimateur obtenu avec le modèle constant ou modèle sans aucune variable explicative (Hosmer and Lemeshow, 2000). Ainsi, la statistique s'écrit :

$$LR = 2(\ln LL(\hat{\beta}_{j,k}) - \ln LL(\hat{\beta}_{j,k}^j)) \sim \chi^2 \text{ à } p \text{ ddl} \quad (1.2.6.18)$$

où  $\hat{\beta}_{j,k}$  représente l'estimateur du maximum de vraisemblance sans contrainte et  $\hat{\beta}_{j,k}^j$  estimateur du maximum de vraisemblance sous la contrainte avec  $\beta_{j,k} = 0$ .  $\ln LL(\hat{\beta}_{j,k})$  représente le logarithme de la vraisemblance du modèle avec l'ensemble des variables explicatives;  $\ln LL(\hat{\beta}_{j,k}^j)$  désigne le logarithme de la vraisemblance du modèle réduit à la seule constante.

Si l'on note  $\chi^2_{95\%}$  le quantile à 95% de la loi  $\chi^2$ , le test du rapport des maximum de vraisemblance au seuil de 5% de l'hypothèse  $H_0$  consiste à accepter  $H_0$  si  $LR < \chi^2_{95\%}$ , et à refuser  $H_0$  si  $LR > \chi^2_{95\%}$ .





### II.2.5.4.7. Test de Wald

Le test de Wald sert spécifiquement à tester la nullité d'un ou plusieurs coefficients, en particulier de tous sauf la constante. L'idée du test de Wald est d'accepter l'hypothèse nulle si l'estimateur non contraint  $\hat{\beta}_k$  de  $\beta_k$  est proche de 0. Le test est basé sur la normalité asymptotique des estimateurs. La statistique du test de Wald sous l'hypothèse  $H_0: \beta_{j,k} = 0$  contre  $H_1: \beta_{j,k} \neq 0$ :

$$T_{j,k}(W) = \sum_{i=1}^n \frac{\hat{\beta}_{j,k}^2}{V(\hat{\beta}_{j,k})} \sim \chi^2 \text{ à } p \text{ ddl} \quad (1.2.6.19)$$

où  $V(\hat{\beta}_{j,k})$  représente la variance de l'estimateur  $\beta_k$ . La décision de rejeter  $H_0$  au risque  $\alpha$  est la suivante : si l'on note  $\chi^2_{95\%}$  le quantile à 95% de la loi  $\chi^2$ , le test de Wald au seuil de 5% de l'hypothèse  $H_0$  consiste à accepter  $H_0$  si  $T_{j,k}(W) < \chi^2_{95\%}$ , et à refuser  $H_0$  si  $T_{j,k}(W) > \chi^2_{95\%}$ .

### II.2.5.4.8. Mesure de la qualité du modèle

Pour juger la significativité du modèle, nous avons utilisé le pseudo  $R^2$  de (McFadden, 1973). Menard dans ses travaux (Menard, 2002) suggère que le  $R^2$  de MacFadden est l'un des critères le plus adapté à la régression logistique car il est le plus proche conceptuellement du coefficient de détermination de la régression multiple. Le  $R^2$  de MacFadden s'interprète de la façon suivante : lorsque la régression n'est pas significative ou que les variables explicatives n'apportent pas d'explication à la variable réponse, le  $R^2$  vaut 0 et vaut 1 lorsque la régression est parfaite. Ainsi plus la valeur du  $R^2$  est proche de 1, meilleur est le modèle.

$$R^2 \text{ de Mac Faden} = 1 - \frac{\ln LL(\hat{\beta}_{j,k})}{\ln LL(\hat{\beta}^j_{j,k})} \quad (1.2.6.20)$$

où  $\ln LL(\hat{\beta}^j_{j,k})$  représente le maximum de la fonction de log vraisemblance avec la seule constante.

### II.2.5.4.9. Diagnostic du modèle

L'évaluation de la capacité du modèle à bien classer est faite à l'aide de la matrice de confusion. La matrice de confusion consiste à construire une colonne "prédiction" comportant les valeurs prédites par le modèle, puis une colonne "erreur". La construction de ces colonnes permet de comptabiliser le nombre de mauvais classements et d'en déduire le taux d'erreur. La matrice croise les valeurs observées de la variable dépendante avec celles qui sont prédites, puis comptabilise les bonnes et les mauvaises prédictions. Son intérêt est qu'elle permet à la fois d'appréhender la quantité de l'erreur (le taux d'erreur) et de rendre compte de la structure de l'erreur (la manière de se tromper du modèle) (Rakotomalala, 2009).

Tableau II. 1: Matrice de confusion

$Y \setminus \hat{Y}$	$\hat{+}$	$\hat{-}$	Total
+	a	b	a + b
-	c	d	c + d
Total	a + b	b + d	n = a + b + c + d



- $a$  symbolise le nombre d'observations qui ont été classées positives et qui le sont réellement. Ce nombre est couramment appelé les "vrais positifs".
- $c$  représente les individus classés positifs mais qui en réalité sont des négatifs. On les appelle généralement les "faux positifs".
- $b$  et  $d$  représentent respectivement les faux négatifs et les vrais négatifs.

Le taux d'erreur est alors égal au nombre de mauvais classement rapporté à l'effectif total. Il représente la probabilité de mauvais classement du modèle. Noté  $\epsilon$ , son expression est la suivante :

$$\epsilon = \frac{b + c}{n} = 1 - \frac{a + d}{n}$$

Au décours du taux d'erreur, le taux de succès correspond à la probabilité de bon classement du modèle, c'est-à-dire le complémentaire à 1 du taux d'erreur :  $\theta = 1 - \epsilon$ .

Outre ces taux, il existe également d'autres indicateurs permettant d'évaluer la capacité de classification du modèle dont : la sensibilité et la précision.

La sensibilité indique la capacité du modèle à retrouver les positifs. Elle est aussi appelée rappel ou taux de vrais positifs « TVP ».

$$S_e = \text{Sensibilité} = \text{TVP} = \text{rappel} = \frac{a}{a + b}$$

La précision indique le taux de vrais positifs parmi les individus qui ont été classés positifs. Elle estime la probabilité d'un individu d'être réellement positif lorsque le modèle le classe comme tel. Son expression est la suivante :

$$\text{précision} = \frac{a}{a + c}$$

La spécificité, à l'inverse de la sensibilité, désigne la proportion de négatifs détectés.

$$S_p = \text{Spécificité} = \frac{d}{c + d}$$

Dans ce document, nous présenterons dans un premier temps les résultats du test du Khi-2 de comparaison de la proportion d'individus estimée entre les différentes trajectoires. Dans un second temps, nous présenterons les résultats de l'analyse univariée suivis de ceux de l'analyse multivariée.

**Analyse univariée** : c'est une analyse unidimensionnelle nécessaire et indispensable car elle guide de façon exhaustive dans la procédure d'identification et de sélection des facteurs pertinents susceptibles d'être impliqués dans le pronostic du paramètre étudié (les trajectoires dans notre cas). Les variables ou facteurs ainsi identifiés dans cette première étape sont introduits secondairement dans le modèle de régression multivariée ou multidimensionnelle (Mion et al., 2010). Les facteurs peuvent être sélectionnés sur la base de la p-valeur inférieure à un seuil prédéfini. Dans notre étude, nous nous référons au seuil



d'Hosmer et Lemeshow (Hosmer and Lemeshow, 2000) qui recommandent un seuil strictement inférieur à 0,25. Outre les variables retenues sur la base de ce seuil, nous avons tenu compte des facteurs qui semblent cliniquement importants (facteurs de risque connus autrement variables forcées). Ces derniers peuvent ne pas être forcements associés à la variable d'intérêt au sens de l'analyse univariée mais pourraient avoir une association cliniquement significative avec la variable d'intérêt.

L'analyse univariée consiste donc à estimer l'association entre la variable dépendante  $Y$  et chaque variable indépendante  $X_i$  en réalisant une régression logistique simple pour chaque variable  $X_i$ . Les OR ainsi calculés sont dits « bruts » ou « non ajustés » (El Sanharawi and Naudet, 2013). Les variables explicatives qui sont liées de façon suffisamment forte à la variable à expliquer sont alors conservées dans le modèle.

**Analyse multivariée** : nous faisons référence ici au modèle logistique multivarié qui est une méthode d'analyse multidimensionnelle composé de facteurs pertinents issus de l'analyse univariée. Dans nos travaux, les modèles obtenus suite à la régression logistique multivariée sont des modèles finaux. Ces derniers ont été obtenus après une procédure de sélection pas à pas sur la base du critère AIC. Les odds ratios issus du modèle multivarié sont des odds ratios « ajustés ».

Au regard du nombre important de variables, afin de fluidifier la présentation des résultats du test de Khi-2, des analyses uni et multivariées, nous n'illustrerons que les résultats des variables les plus pertinentes associées à la variable d'intérêt.

Les valeurs estimées des  $\beta_j$  pour chaque méthode et chaque étude sont présentées en Annexe I. 20Annexe I. 31.



## II.3. Résultats

### II.3.1. Analyse descriptive

Tableau II. 1: Caractéristique globale de la population d'étude.

Caractéristiques de la population	Total n=221	
	No.	%
<b>Age</b> (moyenne=86,1 ±5)		
<b>Sexe</b>		
Femme	148	67
Homme	73	33
<b>Profession</b>		
Agriculteur	16	7,2
Ouvrier	21	9,5
Employé(e) en entreprise	39	17,6
Profession intermédiaire en entreprise	2	1
Cadre en entreprise	11	5
Chef d'entreprise	8	3,6
Commerçant, artisan, prestataire de services	41	18,5
Profession libérale	6	2,7
Employé(e) de la fonction publique	23	10,4
Profession intermédiaire de la fonction publique	9	4,1
Cadre de la fonction publique	13	5,9
Femme, homme de ménage	20	9
Autre profession	13	5,9
<b>Niveau scolaire</b>		
Sait lire, écrire et compter	24	10,8
CEP	84	37,8
BEPC	35	15,8
Etudes secondaires	51	23
Etudes supérieures	28	12,6
<b>Type d'habitation</b>		
Maison	130	58,6
Appartement	34	15,3
Foyer logement	53	12
Famille d'accueil	5	1,1
<b>Situation géographique</b>		
Urbain	122	55
Rural	100	45
<b>Facteurs de risques cardiovasculaires</b>		
Hypertension artérielle	148	67
Diabète	38	17,2
Dyslipidémie	110	49,7
Tabac	47	21,3
Surpoids/obésité	62	28,1
<b>Situation familiale</b>		
Seul(e)	5	2,3
Marié(e)	82	37
Divorcé(e)	9	4,1
Veuf(ve)	119	53,6
Union libre	7	3,2
<b>Mode de vie</b>		
Seul(e)	131	59
En couple	85	38,2
Avec un membre de famille	6	2,7
<b>Lieu d'habitation</b>		
Propriétaire	130	58,6
Locataire	34	15,3
Usufruitier	53	12
Hébergement à titre gracieux	5	1,1
<b>Revenu mensuel</b>		



Caractéristiques de la population	Total n=221	
	No.	%
< 625 €	5	1,1
625 - 1 000 €	24	10,8
1 000 - 1 500 €	53	23,9
1 500 - 2 000 €	64	28,8
> 2000 €	78	35,1
Aide financière (oui)	162	73,3
Aide humaine (oui)	98	44,3
Aide technique (oui)	122	55,2
Loisirs (oui)	162	73,3
Appartenance à une association ou club (oui)	93	42,1
<b>Volet santé</b>		
Comorbidités ≥2	194	87,8
Nombre de médicaments quotidien >4	169	76,5
Incontinence urinaire	169	76,5
Incontinence anale	90	40,7
Trouble visuel	209	94,6
Trouble auditif	109	49,3
ADL (=6)	104	47
IADL (=8)	85	38,5
GIR		
1	-	-
2	2	1
3	5	2
4	35	16
5	20	9
6	147	67
SMAF (moyenne=11,83 ±10,48)		
MMSE<24	38	17,2
GDS>9	87	39,4
MNA<24	44	19,9
IMC<21 kg/m <sup>2</sup>	16	7,2
Albumine <35 g/l	18	8,1
Fried	44	19,9
Sédentarité	78	35,3
Perte de poids involontaire	17	7,7
SPPB	44	19,9
Antécédent de chute	96	43,4
Appui unipodal	99	44,8

### Interprétation des résultats du tableau II.1

Le Tableau II. 2 illustre la description globale de la population de l'étude. L'âge moyen de la population était de 86,1 (écart-type de 5).

### Sexe

La population de l'UPSAV est une population majoritairement féminine avec une proportion de femmes d'environ 67%. Cette forte présence des femmes s'explique naturellement par des effectifs féminins plus importants aux âges élevés (Insee, 2005).

### Profession

Les commerçants, artisans ou prestataires de services, les employé(es) en entreprise, ceux de la fonction publique et les ouvriers sont les modalités les plus représentées dans cette population. Les pourcentages correspondants sont de 19%, respectivement 18%, 10% et 10%.



### ***Niveau scolaire***

La proportion d'individus ayant un niveau scolaire bas (CEP) est de 38%; 23% des sujets de la population ont effectué des études secondaires et 13% des études supérieures.

### ***Situation géographique***

La répartition des sujets selon la zone géographique est à peu près proportionnelle dans la population. 55% d'entre eux habitent en zone urbaine et 45% en zone rurale.

### ***Situation familiale***

Les veuf.ves représentent 54% de la population ; ce qui ne paraît pas surprenant car aux âges avancés, la situation de veuvage est la plus répandue surtout chez les 60 ans. Le nombre de personnes mariées au moment de l'étude est estimé à 37%. Les personnes vivant seules représentaient seulement 2%.

### ***Mode de vie***

Les conditions de vie des personnes âgées représentent un aspect important dans le cadre du maintien à domicile. Dans notre population, les personnes vivant seules représentent 59% ; 38% vivent en couple et seulement 3% vivent avec un membre de la famille.

### ***Statut d'habitation***

Un peu plus de la moitié des patients sont propriétaires et représentent 59% de la population ; 15% sont locataires et 12% sont usufruitiers.

### ***Type d'habitation***

Dans une étude réalisée par Razaki (Razaki, 2001), l'auteur donne des indications importantes sur les conditions de logement des personnes âgées parfois bien difficiles d'un point de vue accessibilité et aménagement du logement. Sur les 221 patients de notre étude, près de 59% habite dans une maison, 15% en appartement et 12% en foyer logement. Seulement 1% sont en famille d'accueil. Selon Prévot, en Haute-Vienne comme en Limousin, la majorité des personnes âgées vivent en maison, quel que soit leur âge. Mais, au fil du vieillissement, l'appartement ou l'établissement spécialisé prennent progressivement le relais de logements devenus mal adaptés. Trop grands, trop chers ou mal agencés, ils ne répondent plus à la perte partielle ou totale d'autonomie de leurs occupants (Prévot et al., 2012).

### ***Revenu mensuel***

Si dans les années soixante près de 30% des personnes âgées se trouvaient encore en situation de pauvreté, au tournant de l'année 2000, le taux de pauvreté était inférieur à 5% (NOGUES, 2006). Un tiers de notre population ont un revenu mensuel d'au moins 1 500 €. A peu près 24% ont un revenu compris entre 1 000 et 1 500€. La proportion de patients qui ayant un revenu faible par rapport à la moyenne régionale est de 12%. Par exemple, en 2015 en Haute-Vienne, 50% des personnes de 60 ans et plus disposaient d'un revenu mensuel inférieur à 1 550 € pour les hommes et 1 280 € pour les femmes. Une inégalité des revenus est alors constatée. Celle-ci serait liée aux différentes carrières des personnes âgées.

### ***Aide financière***



Selon l'étude de Nogues (NOGUES, 2006), le risque d'être dans une situation correspondant à une certaine dépendance (GIR 1 à 3) après la soixantaine est variable selon la catégorie socioprofessionnelle de la personne âgée. Les proportions estimées par ses travaux sont : 5,4% pour les ouvriers, 4,6% pour les agriculteurs, 3,4% pour les professions intermédiaires et 2,2% pour les cadres et professions intellectuelles supérieures. Cette dépendance s'accompagne par une prise en charge financière assez lourde. Dans notre population, près de 73% bénéficiait d'aide financière. Ce qui représente une importante proportion.

### ***Aide humaine, technique***

L'implémentation de dispositifs d'aide humaine et technique devient nécessaire pour certaines personnes âgées. La population concernée par ces dispositifs est souvent celle des personnes qui ont besoin d'accompagnement pour la réalisation des tâches de la vie quotidienne. Un peu moins de la moitié de notre population soit 44% bénéficie d'une aide humaine et 55% d'une aide technique.

### ***Loisirs, Appartenance à une association***

Si on se réfère aux loisirs, environ 73% des patients ont un loisir et seulement 42% sont membres d'une association. Dans les travaux de Rousseau, il a été révélé qu'un bien être psychologique résultait de l'activité sociale qui joue un rôle important même si la résignation apprise et l'autonomie psychologique apparaissent cependant comme des variables clés (Rousseau et al., 1995).

### ***Facteurs de risque cardiovasculaire***

Les facteurs de risque cardiovasculaires les plus représentatifs dans notre population sont l'hypertension (67%), la dyslipidémie (50%), le surpoids (28%) et le tabac (21%).

### ***Comorbidités $\geq$ 2 (polypathologie)***

Les personnes âgées sont très souvent exposées à plusieurs maladies chroniques qui augmentent avec l'avancée dans l'âge (Harboun, 2007). La prévalence de la polypathologie est importante dans notre population. Le taux est estimé à 88%.

### ***Nombre de médicaments quotidien $>$ 4 (polymédication)***

Considérée comme un indicateur de fragilité, la polymédication est un fait généralement rencontré chez la personne âgée et responsable d'hospitalisation. Celle-ci a pour conséquences la diminution de la compliance, les événements iatrogènes médicamenteux avec pour inconvénient une augmentation du risque de mortalité/morbidité, de déclin fonctionnel, de détérioration de la qualité de vie, et des implications économiques (Pire et al., 2009). Près de 77% des sujets de la population d'étude sont polymédiqués. Afin de limiter les complications liées à cette polymédication, une prise en charge devient nécessaire. En conséquence chez le sujet âgé fragile, la hiérarchisation des problèmes médicaux et des propositions thérapeutiques devient importante (Ferchichi and Antoine, 2004).

### ***Incontinence urinaire, fécale***

Selon l'âge, le sexe, le mode de vie et la comorbidité associée, les infections urinaires présentent une prévalence plus élevée chez les personnes âgées (Pinganaud and Rainfray, 2004). La prévalence de l'incontinence urinaire est de 77% et celle de l'incontinence anale est estimée à 41%. La prévalence reste plus élevée chez les femmes que chez les hommes. La prise en charge thérapeutique repose sur les mesures de prévention, en particulier le



diagnostic et le traitement des obstacles sur les voies urinaires et la limitation de l'utilisation du sondage urinaire (Pinganaud and Rainfray, 2004).

### ***Troubles visuels, auditifs, de la communication***

Les déficits sensoriels sont corrélés à l'âge et varient d'une personne à une autre (Covelet, 2007). Ces déficits sont entre autres : une baisse de la vision jusqu'à la cécité telle que la DMLA (dégénérescence maculaire liée à l'âge), une dégradation de l'audition jusqu'à la surdité, l'altération du goût, une dégradation de l'odorat, etc (Covelet, 2007) (Raschilas, 2008). Ces déficits ont des conséquences d'ordre psychologique et social qui sont liées à la dégradation de la qualité et de la quantité des informations sensorielles qui va compromettre l'adaptation de personne âgée à son environnement par de nombreuses manières (Covelet, 2007). Notre population compte 95% de sujets présentant un problème visuel et 49% un trouble auditif.

### ***ADL***

En se référant au test de Katz, on constate qu'une moitié (50%) de la population est dépendante pour la réalisation des activités élémentaires de la vie quotidienne. L'autre moitié reste autonome dans la réalisation des activités de la vie courante.

### ***IADL***

Si on se réfère à l'indicateur de Lawton, on compte à peu près la moitié soit 47% de la population indépendante pour la réalisation des activités instrumentales de la vie quotidienne.

Les échelles ADL et IADL montrent que la moitié de la population de l'étude présentait une dépendance pour la réalisation des activités de la vie quotidienne.

### ***GIR***

Selon la grille AGGIR, on observe un très faible taux (16%) de personnes âgées dépendantes c'est-à-dire que celles qui ont leur score GIR compris entre 1 et 4. Ces personnes n'assument pas seuls leurs transferts mais, une fois levées, elles peuvent se déplacer à l'intérieur de leur logement. Ces individus doivent être aidés pour la toilette et l'habillement (Essentiel Autonomie, 2014). Les personnes âgées n'ayant pas de problème locomoteur mais devant être aidées pour les activités corporelles et pour les repas représentent 9% (GIR=5). Environ 67% de la population était indépendante (GIR=6) pour la réalisation de l'ensemble des tâches précédentes.

### ***SMAF***

La moyenne du SMAF de l'ensemble des sujets de la population est d'environ 11,83. Une moyenne appréciable dans cette population dont la majorité est âgée de 80 ans et plus.

### ***MMSE, GDS***

Dans les pays développés, le risque d'apparition de troubles neurocognitifs augmente avec l'âge avec des prévisions épidémiologiques qui laissent prédire une croissance importante du nombre de cas de démences liées à l'âge (Blanchet et al., 2002). La prévalence des troubles neurocognitifs est de 38%. La dépression, qui comporte un risque important de suicide et d'évolution chronique (Rigaud et al., 2005) présente une prévalence de 40% de la





population. Souvent sous-estimés, les troubles anxieux peuvent être à l'origine d'un handicap sérieux selon Rigaud (Rigaud et al., 2005).

### ***IMC, MNA, Albuminémie***

La fréquence de la dénutrition protéino-énergétique est plus élevée chez les personnes âgées (Lesourd et al., 2001) (Patry and Raynaud-Simon, 2011) et représente un problème majeur de santé publique. L'enquête Euronut/Seneca, enquête de référence en Europe pour la nutrition des personnes âgées, montre que 2 à 5 % des personnes de 75 à 80 ans qui vivent à leur domicile présentent une dénutrition protéino-énergétique (Lesourd et al., 2001). La prévalence du risque de dénutrition protéino-énergétique (MNA<24) chez les patients de notre population est de 20%. Seulement 7% ont un poids inférieur au seuil moyen (21kg/m<sup>2</sup>). 8% des sujets sont dénutris (Albumine<35g/l).

### ***Fried***

L'analyse montre une prévalence de 20% pour la vitesse de marche sur 4,5m inférieure à 20% et une prévalence de la sédentarité à 35%. La prévalence de la fragilité est estimée à 22%. Les patients pré-fragiles représentent 61% de la population et les robustes 17%.

### ***SPPB***

Plusieurs études de la littérature scientifique révèlent que la performance physique de la personne âgée devrait être encouragée pour plusieurs raisons entre autres la domination de la fragilité par exemple. Celle-ci passe par les activités physiques. Selon l'étude de Campo (Campo et al., 2015), la lutte contre la sédentarité des personnes âgées passe par l'incitation à la pratique d'une activité physique régulière. Les résultats de notre analyse descriptive montrent que seulement 20% des sujets montrent une performance physique faible.

### ***Antécédent de chute***

La chute est une expérience fréquente aux conséquences multiples chez le sujet âgé. Ces conséquences sont d'ordre physique, psychologique avec une appréhension de tomber qui entraîne une diminution des activités de la vie quotidienne, une perte des capacités fonctionnelles constituant ainsi une porte d'entrée dans la dépendance (Landrot et al., 2007). La recherche d'un antécédent de chute chez la personne âgée reste importante dans le sens où elle permet de repérer de nouveaux risques de chute (Blain et al., 2015). La prévalence de l'antécédent de chute est de l'ordre de 43%.

### ***Test d'appui unipodal***

Le test d'équilibre en appui unipodal de la personne âgée dont l'estimation est à 45% de la population, permet de repérer des risques de chutes dans cette population.



## II.3.2. Résultats : Première étude

### II.3.2.1. Description de la variable d'intérêt : SMAF

#### II.3.2.1.1. Moyenne et écart type du SMAF pour chaque temps

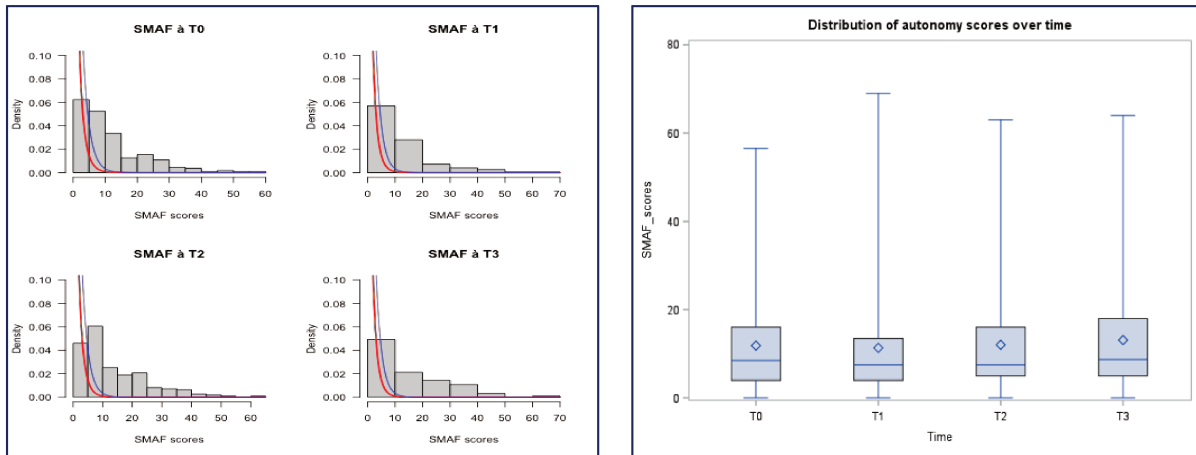


Figure II. 2: Distribution du système de mesure de l'autonomie fonctionnelle.

La forme de la distribution de la variable d'intérêt SMAF est illustrée sur les histogrammes des graphes à gauche de la *Figure II. 2*. Chaque histogramme présente un nombre de pics représentés par les barres les plus hautes. La distribution obtenue peut être comparée aux distributions théoriques. Le deuxième graphique à droite de la *Figure II. 2* illustre la répartition globale du SMAF aux temps  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  et  $T_3$ . L'augmentation du score SMAF est traduite par une perte d'autonomie fonctionnelle. Ces figures permettent de visualiser et de comprendre la variation des données.

La distribution du SMAF est caractéristique d'une distribution log-normale. Aussi appelée loi de Galton, la loi log-normale est une loi de probabilité qui sert à modéliser des distributions. La loi log-normale est introduite comme la loi de la variable  $X$  dont le logarithme  $Y$  suit une loi normale (El Faouzi and Maurin, 2006). L'espérance de cette loi s'écrit :

$$E(X) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} \quad (1.3.1)$$

Les paramètres de la loi log-normale sont ceux de la loi normale dont la variance s'écrit :

$$V(X) = \frac{e^{2\mu + \sigma^2}}{e^{\mu^2 - 1}} \quad (1.3.2)$$

où  $\mu$  et  $\sigma$  représentent les paramètres de la loi normale. Si l'on note l'espérance  $E(X)$  par  $e^m$ , avec  $m = \mu + \frac{\sigma^2}{2}$ , la loi de  $m$  s'écrit :  $m \sim N(\mu_x, \sigma_x^2)$ . Les paramètres  $\mu$  et  $\sigma$  ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance. La notion de maximum de vraisemblance développée dans les années 1922 est une méthode d'estimation statistique utilisée pour l'inférence des paramètres de la distribution de probabilité d'un échantillon (Fisher, 1922). L'estimation des paramètres du modèle par maximum de vraisemblance consiste ainsi à maximiser sa fonction de vraisemblance. Ici, la fonction de vraisemblance pour la loi log-normale de paramètres  $(\mu$  et  $\sigma^2)$  s'écrit :



$$\prod \frac{1}{x_i \sqrt{2\pi\theta}} e^{-\frac{(\ln(x_i) - \theta)^2}{2\theta^2}} \quad (1.3.3)$$

Les valeurs des paramètres  $\mu$  suite à l'estimation par maximum de vraisemblance dans notre étude sont : 2,107, 2,133, 2,225 et 2,323 pour les quatre temps respectifs  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  et  $T_3$ . Pour les mêmes périodes, les valeurs de  $\theta$  étaient respectivement de 0,913, 0,908, 0,886 et 1,002.

### **Interprétation des graphes de la figure II.2**

Les pics observés sur les histogrammes des scores bruts du SMAF de la *Figure II.2* (graphe à gauche) correspondent à des scores SMAF très élevés qui s'interprètent par une perte d'autonomie fonctionnelle. Les pics faibles correspondent à une détérioration de l'autonomie fonctionnelle. La droite de Henry est tracée en bleu. La droite sert à vérifier l'ajustement d'une distribution statistique. Elle est une possibilité d'ajustement d'une droite à un ensemble de  $n$  points définis par leurs abscisses et leurs ordonnées (Morice, 1972). La droite trace en abscisse les logarithmes de la variable  $X$  ou la fonction de répartition de la loi log-normale. En rouge ont été tracées les fonctions de répartition théoriques.

Dans le cadre de la stratification du SMAF (Dubuc, Hébert, 1999) (Raïche et al., 2008) pour les personnes âgées, les auteurs ont classé les scores en trois groupes décrits comme suit : 0 à 7 patients autonomes, 8 à 15 patients moyennement autonomes, plus de 16 patients en perte d'autonomie modérée à grave.

À peu près 25% des patients ont un SMAF  $\geq 16$ , 28% ont leur score compris entre 8 et 15 et 47% ont leur score entre 0 et 7 à  $T_0$ .

Après un an de suivi c'est à dire à  $T_2$ , 17% des sujets ont leur SMAF  $\geq 16$  ; 15% sont décrits comme ayant une autonomie moyenne et 35% sont autonomes. A la fin de l'étude c'est à dire à  $T_3$ , 20% des sujets sont en déclin fonctionnel de leur autonomie fonctionnelle, 20% sont moyennement autonomes et 35% sont totalement autonomes.

Sur le graphe 2 de la *Figure II. 2* (graphe à droite), on observe une diminution de la valeur moyenne du SMAF après les six premiers mois de suivi (entre  $T_0$  et  $T_1$ ). Celle-ci semble augmenter entre le sixième mois et la fin de suivi. L'augmentation observée s'interprète globalement par une altération globale de l'autonomie fonctionnelle.

#### **II.3.2.1.2. Description de la population**

##### **Tri à plat**

Les modalités de certaines variables (les variables qui représentent moins de 5% de la population) ont été regroupées pour former une seule modalité. Ces variables sont les suivantes. *Profession* : 0,9% des patients appartiennent à la catégorie "activité intermédiaire dans une entreprise privée" ; elle a été regroupée avec la catégorie "employé(e)". La modalité "entrepreneur" a été regroupée avec "employé(e) en entreprise". Ces modalités représentaient respectivement 4,9% et 3,6% des sujets. Les "commerçants, artisans ou prestataires de services" et les "professions libérales" ont été regroupés. Les termes



"employé(e) de la fonction publique" et "employé(e) intermédiaire dans la fonction publique" ont été regroupés car ils représentent respectivement 4% et 4,8% des patients. Enfin, la modalité "femme/homme de ménage" et "autres" ont été regroupées pour former une seule modalité. *Niveau scolaire* : les catégories "lycée" et "enseignement supérieur" ont été combinées. *Type de logement* : la catégorie "foyer logement" a été regroupée avec la catégorie "appartement". *Situation familiale* : les catégories "célibataire", "divorcé" et "union libre" représentaient respectivement 2%, 4% et 3% des sujets et ont été regroupées dans une seule catégorie. *Mode de vie* : les catégories "avec un partenaire" et "avec un membre de la famille" ont été regroupées. *Revenu mensuel* : nous avons combiné les catégories <625€ et 625-1 000 € en une seule catégorie.

### II.3.3. Analyse de trajectoires

#### II.3.3.1. Group-Based Trajectory Modeling

Tableau II. 2: Illustration des probabilités postérieures d'assignation de 5 patients et 3 trajectoires d'autonomie fonctionnelle.

ID	Probabilité Groupe 1	Probabilité Groupe 2	Probabilité Groupe 3	Trajectoire
1	0,917	0,082	0,000	1
2	1,000	0,000	0,000	1
3	0,000	0,000	1,000	3
4	1,000	0,000	0,000	1
5	0,144	0,855	0,000	2

Nous avons illustré dans le Tableau II. 3 les probabilités postérieures d'assignation de 5 individus en fonction des trois trajectoires. On observe que le sujet 1 est assigné à la trajectoire 1 avec une probabilité à postériori de 0,91. Les patients 2 et 4 sont aussi affectés à la trajectoire 1 avec des probabilités égales à 1. Les patients 3 et 5 ont été assignés aux trajectoires respectives 3 et 2 avec une probabilité à postériori de 1 pour le sujet 3, de 0,85 pour le sujet 5.

Tableau II. 3: Valeurs du BIC de six modèles et proportions de patients par groupe de trajectoire.

Modèles	Groups, k	Valeur du BIC	Nombre de patients par groupe (%)					
			1	2	3	4	5	6
1	2	-3229	66,1	33,9	-	-	-	-
2	3	-2424	53	32,5	14,5	-	-	-
3	4	-2669	39,9	28,8	22,2	8,9	-	-
4	5	-2615	18,3	31,9	20,3	20,7	8,7	-
5	6	-2579	17,1	30	21	17,6	10,5	3,6
6	7	-2595	15	25,7	16,4	12,9	16,1	10,2

Les valeurs du BIC issues de l'estimation de sept modèles à deux, trois, quatre, cinq, six groupes de trajectoires sont représentées dans le Tableau II. 4. Les proportions estimées de patients pour chaque modèle y sont également illustrées. Au vu des valeurs du BIC, les résultats montrent une diminution assez significative entre le modèle à deux groupes et le modèle à trois groupes. En comparant le modèle 2 (modèle à trois groupes) et le modèle 3 (modèle à quatre groupes), nous constatons que 14,5% des sujets ont été classés dans le plus petit sous-groupe pour le modèle à trois groupes, alors que seulement 8,9% ont été classés dans le plus petit sous-groupe du modèle à quatre groupes. Nous avons également



constaté que le modèle a cessé de converger à partir du nombre de groupe  $k = 3$ . Pour ce modèle, le nombre optimal de groupes de trajectoire retenu était 3.

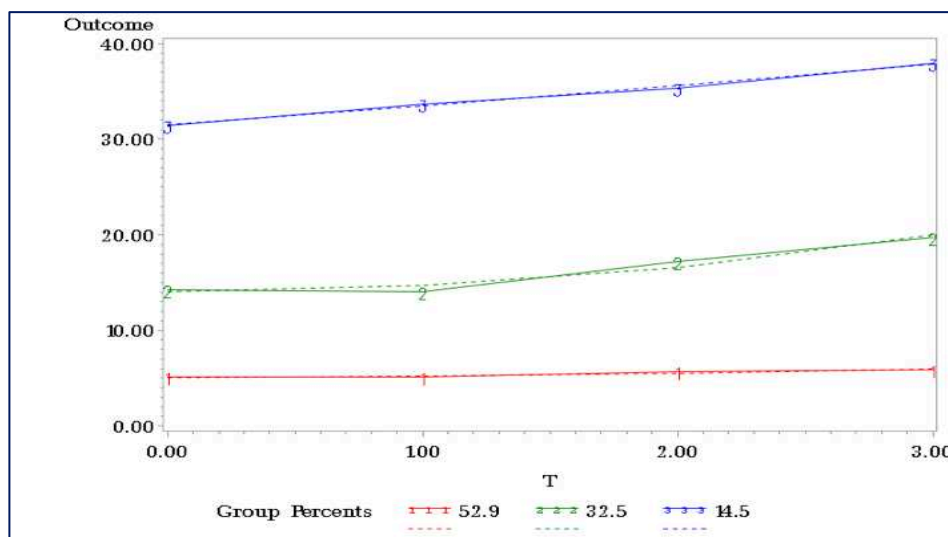


Figure II. 3: **Groupes de trajectoires pour les profils SMAF dans le temps avec pourcentage d'adhésion pour chaque groupe.** L'axe des y représente les scores du SMAF. Trois groupes de trajectoires ont été identifiés : groupe 1 stable ; groupe 2 stable puis altéré ; groupe 3 constamment altéré. Trajectoires obtenues par la méthode GBTM.

La Figure II. 3 illustre les trajectoires de courbe évolutive du score d'autonomie fonctionnelle SMAF chez 221 personnes âgées de 75 ans ou plus. Les lignes pleines représentent les trajectoires d'autonomie estimées pour les trois groupes à partir de la modélisation bayésienne. Les lignes en pointillés représentent les moyennes observées pour chaque trajectoire. La fréquence du score d'autonomie varie de 0 (indépendant) à 40 (dépendant). Trajectoire 1 (groupe de personnes âgées autonomes,  $n= 117$ , 53% de la population); trajectoire 2 (groupe de personnes âgées autonomes en début d'étude et dépendantes le reste du temps,  $n=72$ , 32,5% de la population) ; trajectoire 3 (groupe de personnes âgées dépendantes,  $n=32$ , 14,5% de la population).

Tableau II. 4: Estimation des paramètres du modèle conditionnel (modèle sans les facteurs de risque).

Les groupes de trajectoires	Paramètres	Coefficients	Erreurs Standards	Prob> T
Groupe 1 (AFS)	Constante	1,617	0,043	0,000
	Linear	0,028	0,063	0,651
	Quadratic	0,008	0,020	0,661
Groupe 2 (AFSD)	Constante	2,640	0,032	0,000
	Linear	0,012	0,047	0,791
	Quadratic	0,035	0,014	0,018
Groupe 3 (AFCD)	Constante	3,451	0,031	0,000
	Linear	0,060	0,048	0,209
	Quadratic	0,000	0,015	0,994
	Sigma	0,829	0,029	0,000

AFS : Autonomie Fonctionnelle Stable ;

AFSD : Autonomie Fonctionnelle Stable puis Décroissante (altérée) ;

AFCD : (Autonomie Fonctionnelle Constamment Décroissante (altérée)).



Dans cette analyse modélisée avec une trajectoire quadratique, les résultats montrés dans le Tableau II. 5 peuvent être résumés comme suit.

La trajectoire 1 suit une tendance linéaire puis légèrement quadratique (*Figure II. 3*) dans laquelle l'autonomie reste à peu près stable dans le temps. Les sujets représentés par la trajectoire 1 ont tendance à maintenir une bonne autonomie de  $T_0$  à  $T_3$  ( $\alpha_0 = 1,61, p < 0,001$  ;  $\alpha_1 = 0,02, p = 0,67$  ;  $\alpha_2 = 0,01, p = 0,66$ ).

La trajectoire 2 suit une tendance linéaire stable du temps  $T_0$  au temps  $T_1$ , puis quadratique du  $T_1$  à  $T_3$  (*Figure II. 3*). Elle représente le profil des participants qui ont une autonomie modérée jusqu'au moment  $T_1$ , suivie d'une dégradation légère de l'autonomie dans le temps ( $\alpha_0 = 2,64, p < 0,001$  ;  $\alpha_1 = 0,01, p = 0,79$  ;  $\alpha_2 = 0,03, p = 0,02$ ).

La trajectoire 3 suit une tendance quadratique dans laquelle le score d'autonomie augmente significativement du temps  $T_0$  au temps  $T_1$ , puis continue à augmenter de façon plus lente jusqu'au temps  $T_3$ . Les participants dont le profil a été représenté par la trajectoire 3 avaient tendance à significativement dégrader leur autonomie pendant les six premiers mois de suivi c'est-à-dire du temps  $T_0$  au temps  $T_1$  avant de ralentir la dégradation jusqu'à la fin de l'étude  $T_3$  ( $\alpha_0 = 3,45, p < 0,001$  ;  $\alpha_1 = 0,06, p = 0,21$  ;  $\alpha_2 = 0,0003, p = 0,99$ ).

Dans les Tableau II. 7 et Tableau II. 8, pour chaque groupe de trajectoires d'autonomie, les estimations doivent être interprétées comme l'effet de la variable associée sur la probabilité de transition vers cette trajectoire d'autonomie par rapport à la trajectoire référente (trajectoire 1 dans notre étude).



Tableau II. 5: Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de  $\chi^2$

Caractéristiques et facteurs de risques	Trajectoire AFS N=117, 53%	Trajectoire AFSD N=72, 33%	Trajectoire AFCD N=32, 14%	P-valeur
	N (%)	N (%)	N (%)	
<b>Age</b>				
≥ 80 years	52 (44,44)	61 (84,72)	29 (90,63)	0,023
< 80 years	65 (55,56)	11 (15,28)	3 (9,38)	<,0001
<b>Sexe</b>				
Homme	40 (34,19)	23 (31,94)	9 (28,13)	<,001
Femme	77 (65,81)	49 (68,06)	23 (71,88)	<,0001
<b>Profession</b>				
Femme au foyer, autre profession	18 (15,38)	8 (11,11)	6 (18,75)	0,06
Agriculteur	4 (3,42)	10 (13,89)	2 (6,25)	0,09
Ouvrir	10 (8,55)	4 (5,56)	7 (21,88)	0,37
Employé / Profession intermédiaire en entreprise	25 (21,37)	15 (20,83)	1 (3,13)	<,0001
Directeur exécutif, entrepreneur	12 (10,26)	5 (6,94)	2 (6,25)	0,04
Commerçant / Profession libérale	20 (17,09)	19 (26,39)	8 (25,00)	0,10
Employé/cadre/intermédiaire de la fonction publique	28 (23,93)	11 (15,28)	6 (18,75)	0,001
<b>Niveau scolaire</b>				
Etudes secondaires/supérieures	41 (35,04)	26 (36,11)	11 (34,38)	0,001
Sait lire, écrire et compter	7 (5,98)	12 (16,67)	5 (15,63)	0,30
CEP	45 (38,46)	27 (37,50)	12 (37,50)	<,0001
BEPC	24 (20,51)	7 (9,72)	4 (12,50)	0,001
<b>Aide financière</b>				
Aucune assistance	107 (91,45)	48 (66,67)	13 (40,63)	<,0001
Assistance	10 (8,55)	24 (33,33)	19 (59,38)	0,01
<b>Assistance humaine</b>				
Aucune assistance	48 (41,03)	54 (25,00)	26 (18,75)	0,01
Assistance	69 (58,97)	18 (75,00)	6 (81,25)	<,0001
<b>Loisirs</b>				
Non	4 (3,42)	5 (6,94)	5 (15,63)	0,94
Oui	113 (96,58)	67 (93,06)	27 (84,38)	<,0001
<b>Appartenance à une association</b>				
Non	44 (37,61)	51 (70,83)	25 (78,13)	0,02
Oui	73 (62,39)	21 (29,17)	7 (21,88)	<,0001
<b>Comorbidités≥2</b>				
Non	12 (10,26)	12 (16,67)	3 (9,38)	0,08
Oui	105 (89,74)	60 (83,33)	29 (90,63)	<,0001
<b>MMSE</b>				
≥24	105 (90,52)	62 (86,11)	15 (46,88)	<,0001
<24	11 (9,48)	10 (13,89)	17 (53,13)	0,04
<b>MNA</b>				
≥24	98 (83,76)	60 (83,33)	18 (56,25)	<,0001
<24	19 (16,24)	12 (16,67)	14 (43,75)	0,52
<b>Antécédent de chute</b>				
Non	44 (41,51)	33 (57,89)	13 (44,83)	0,001
Oui	62 (58,49)	24 (42,11)	16 (55,17)	<,0001

Les caractéristiques de base des trois trajectoires sont résumées au Tableau II. 6. L'âge moyen des patients est de 86,1 ans.

Les femmes représentent 66% de la trajectoire stable, 85% de la trajectoire initialement stable puis élevée, et 91% de la trajectoire constamment altérée. Toutes les variables diffèrent de façon significative entre les trois trajectoires ( $p < 0,05$ ) à l'exception des ouvriers, de la capacité de lire, d'écrire et de compter, du manque de passe-temps, des troubles neurocognitifs et de la dénutrition.

La majeure partie de la population constituant la trajectoire stable fut employé(e) par une entreprise privée ou dans le secteur public. La plupart (38%) ont obtenu un certificat des



études primaires et 35% ont fait des études supérieures. Ces patients étaient membres d'une association, n'ont pas bénéficié d'une aide financière mais ont reçu une aide humaine. Près de 91% d'entre eux n'ont aucune déficience neurocognitive, 84% présentent un bon état nutritionnel, 62% se sentent épuisés et 59% sont tombés l'année précédente.

La majorité des sujets de la trajectoire initialement stable puis dégradée ont été employé(es)/profession intermédiaire en entreprise (21%), 67% d'entre eux ne bénéficient pas d'une aide financière et 75% bénéficient d'une aide humaine. Près de trois quart (71%) de cette population n'ont pas de hobbies. La plupart d'entre eux (83%) n'ont pas de troubles neurocognitifs ni d'antécédent de chute (60%).

Les patients de la trajectoire constamment altérée présentent les mêmes caractéristiques que ceux de la trajectoire stable, à l'exception du fait que la plupart ne bénéficient pas une aide financière (59%). Près de 78% de la population de ce groupe n'adhère pas une association ou un club et 53% présentent des problèmes neurocognitifs.

### **II.3.3.1.1. Analyse univariée**

#### **II.3.3.1.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires**

Au vu des résultats de l'analyse univariée (cf Tableau II. 7), les principales variables qui semblaient être significativement associées à la trajectoire stable puis dégradante sont : la profession "agriculteur", "commerçant/artisan/prestataire de service, profession libérale", le fait de vivre "seul(e)". Les facteurs qui étaient statistiquement associés à la trajectoire de déclin constant étaient : la profession "ouvrier", le mode de vie "divorcé (e)/union libre", un revenu mensuel compris entre 1 000 et 1 500€, la polyopathie, les troubles neurocognitifs et la dénutrition protéino-énergétique.

Cependant, certains facteurs sont associés aux deux trajectoires. Ces facteurs sont : l'âge avancé, le niveau scolaire le plus bas, la précarité financière liée à un revenu mensuel inférieur à 1 000€, l'absence de l'aide financière, humaine et technique, le diabète et le risque de sarcopénie (force de préhension<20%).

Les variables identifiées sont des facteurs prédictifs indépendants les uns des autres des deux trajectoires AFSD/AFCD par rapport à la trajectoire référente AFS.





Tableau II. 6: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=72, 33%			Trajectoire AFCD N=32, 14%		
	OR	95%CI	P-valeur	OR	95%CI	P-valeur
<b>Age</b>						
< 80 years	1,00	Référent		1,00	Référent	
≥ 80 years	<b>6,93</b>	3,13-14,5	<b>&lt;0,001</b>	<b>12,08</b>	3,48-41,9	<b>&lt;0,001</b>
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	1,00	Référent		1,00	Référent	
Agriculteur	<b>5,62</b>	1,34-23,4	<b>0,01</b>	1,50	0,21-10,36	0,68
Ouvrir	0,90	0,21-3,75	0,88	<b>2,10</b>	0,55-7,99	<b>0,05</b>
Employé / Profession intermédiaire en entreprise	1,35	0,47-3,85	0,57	0,12	0,03-1,08	0,05
Directeur exécutif, entrepreneur	0,93	0,24-3,56	0,847	0,50	0,08-2,90	0,439
Commerçant / Profession libérale	<b>2,13</b>	0,75-6,06	<b>0,159</b>	1,20	0,34-4,12	0,772
Employé/cadre/intermédiaire de la fonction publique	0,88	0,29-2,61	0,435	0,64	0,17-2,30	0,497
<b>Niveau scolaire</b>						
Etudes secondaires/supérieures	1,00	Référent		1,00	Référent	
Sait lire, écrire et compter	<b>2,70</b>	0,94-7,75	<b>0,06</b>	<b>2,66</b>	0,70-10,0	<b>0,14</b>
CEP	0,94	0,47-1,87	0,87	0,99	0,39-2,49	0,98
BEPC	0,46	0,17-1,21	0,11	0,62	0,17-2,16	0,45
<b>Situation matrimoniale</b>						
Marié(e)	1,00	Référent		1,00	Référent	
Célibataire, veuf(ve)	0,29	0,07-1,09	0,06	-	-	-
Divorcé(e), union libre	1,43	0,76-2,68	0,25	<b>1,90</b>	0,82-4,44	<b>0,13</b>
<b>Mode de vie</b>						
En couple, avec membre de famille	1,00	Référent		1,00	Référent	
Seul(e)	<b>1,71</b>	0,93-3,15	<b>0,08</b>	1,25	0,56-2,77	0,57
<b>Habitation</b>						
Propriétaire	1,00	Référent		1,00	Référent	
Usufruitier	0,54	0,27-1,09	0,08	0,64	0,24-1,70	0,38
Locataire, hébergé(e)	0,33	0,12-0,89	0,03	0,83	0,26-2,69	0,76
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2 000€	1,00	Référent		1,00	Référent	
≤1 000€	<b>2,32</b>	0,82-6,53	<b>0,11</b>	<b>4,92</b>	1,32-18,2	<b>0,01</b>
1 000 - 1 500€	1,42	0,63-3,22	0,39	<b>2,90</b>	0,94-8,88	<b>0,06</b>
1 500 - 2 000€	0,95	0,45-1,98	0,89	1,10	0,35-3,45	0,86
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	<b>5,34</b>	2,37-12,0	<b>&lt;0,001</b>	<b>15,6</b>	5,99-40,7	<b>&lt;0,001</b>
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	<b>4,31</b>	2,25-8,24	<b>&lt;0,001</b>	<b>6,22</b>	2,38-16,28	<b>&lt;0,001</b>
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	<b>3,45</b>	0,83-14,27	<b>0,08</b>	<b>5,42</b>	1,14-25,6	<b>0,03</b>
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,47	0,12-1,82	0,27	0,19	0,04-0,76	0,31
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,24	0,13-0,46	<b>&lt;0,001</b>	0,16	0,06-0,42	0,65
<b>Comorbidités≥2</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,57	0,24-1,35	0,20	<b>1,10</b>	0,29-4,17	<b>0,013</b>
<b>Diabète</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>6,93</b>	3,13-14,5	<b>&lt;0,001</b>	<b>12,08</b>	3,48-41,9	<b>&lt;0,001</b>
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>2,78</b>	1,37-5,66	<b>0,004</b>	<b>3,37</b>	1,21-9,4	<b>0,01</b>



Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=72, 33%			Trajectoire AFCD N=32, 14%		
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	1,54	0,61-3,83	0,35	<b>10,8</b>	4,26-27,4	<b>&lt;,0001</b>
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	1,03	0,46-2,27	0,93	<b>4,01</b>	1,70-9,42	<b>0,001</b>
<b>Antécédent de chute</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,71	0,39-1,30	0,77	0,78	0,35-1,75	0,56

### II.3.3.1.1. Analyse multivariée

#### II.3.3.1.1.1. Association entre les critères de l'EKG et les trajectoires

D'après les résultats du Tableau II. 8, la profession "agriculteur", le niveau d'éducation le plus bas, l'absence d'activités occupationnelles "adhésion à un club ou association", la polypathologie et le risque de chute augmenteraient le risque d'être assigné à une trajectoire stable puis dégradante. Les facteurs susceptibles d'impacter la trajectoire de déclin constant sont : le fait d'être "divorcé (e) ou de vivre en union libre", de vivre "seul (e)", la "dispense d'aide financière", "humaine", l'absence d'activités occupationnelles "loisirs", le facteur de risque cardiovasculaire "diabète" et les troubles neurocognitifs.

Si les facteurs précédents sont spécifiques à chaque trajectoire, certains sont communs aux deux trajectoires. Ainsi, le risque de sarcopénie était un facteur de risque commun aux deux trajectoires de déclin. Une association dépendante existe entre ces facteurs prédictifs et les deux trajectoires AFSD et AFCD par rapport à la trajectoire référente AFS.

Par exemple, pour un patient qui fut agriculteur, le risque d'avoir un parcours d'autonomie stable puis altérée est multiplié par 10 (OR=10,70, IC 95% 1,09-14,44, p=0,041) par rapport au patient qui fut femme/homme de ménage.

Les sujets qui n'ont pas de loisirs, les individus diabétiques, sembleraient avoir une probabilité environ 22 (OR=22,21, IC 95% 1,44-34,25, p=0,001) respectivement 7 (OR=7,39, IC 95% 1,19-45,7, p=0,03) fois plus élevée d'être assignés à un parcours de perte constante de l'autonomie fonctionnelle.

Quand aux patients ayant un antécédent de chute, le risque d'être affecté à cette dernière trajectoire serait multiplié par 3 (OR=2,72, IC 95% 1,28-5,77, p=0,009).

Le lien entre la polypathologie et cette trajectoire semblait être significatif avec un risque d'ordre de 4 (OR=4,89, IC 95% 0,95-25,05, p=0,01) fois plus élevé.

Les individus exemptés d'une aide financière et humaine risqueraient (environ 2 et 3) d'être assignés à la trajectoire altérée par rapport aux sujets bénéficiant de ces aides. Les personnes qui furent "ouvrier" semblent avoir plus de chance soit 10 (OR=10,33, IC 95% 0,74-15,60, p=0,021) d'être affectés à la trajectoire par rapport individus qui furent femme/homme de ménage (Tableau II. 8).



Tableau II. 7: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=72, 33%			Trajectoire AFCD N=32, 14%		
	OR	95%CI	P-valeur	OR	95%CI	P-valeur
<b>Age</b>						
< 80 years	1,00	Référent		1,00	Référent	
≥ 80 years	0,25	0,10-0,66	0,05	0,19	0,02-1,37	0,10
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	1,00	Référent		1,00	Référent	
Agriculteur	<b>10,70</b>	1,09-14,44	<b>0,041</b>	0,43	0,09-20,09	0,666
Ouvrir	1,38	0,19-9,97	0,747	<b>10,33</b>	0,74-15,60	<b>0,021</b>
Employé / Profession intermédiaire en entreprise	1,47	0,33-6,36	0,606	0,10	0,05-2,25	0,150
Directeur exécutif, entrepreneur	0,83	0,12-5,37	0,847	0,38	0,17-8,48	0,545
Commerçant / Profession libérale	1,06	0,65-12,72	0,159	1,21	0,15-9,47	0,856
Employé/cadre/intermédiaire de la fonction publique	0,60	0,40-8,24	0,435	2,26	0,21-24,42	0,499
<b>Niveau scolaire</b>						
Etudes secondaires/supérieures	1,00	Référent		1,00	Référent	
Sait lire, écrire et compter	<b>5,30</b>	0,96-9,16	<b>0,055</b>	3,01	0,25-36,4	0,384
CEP	0,54	0,17-1,70	0,293	0,25	0,04-1,56	0,139
BEPC	0,40	0,11-1,46	0,166	0,19	0,02-1,73	0,142
<b>Situation matrimoniale</b>						
Marié(e)	1,00	Référent		1,00	Référent	
Célibataire, veuf(ve)	0,38	0,05-1,91	0,30	-	-	-
Divorcé(e), union libre	1,95	0,63-6,05	0,24	<b>6,69</b>	1,06-41,9	<b>0,04</b>
<b>Mode de vie</b>						
En couple, avec membre de famille	1,00	Référent		1,00	Référent	
Seul(e)	2,52	0,73-5,05	0,06	<b>4,32</b>	0,56-8,53	<b>0,013</b>
<b>Habitation</b>						
Propriétaire	1,00	Référent		1,00	Référent	
Usufruitier	1,86	0,58-5,92	0,28	1,76	0,30-10,2	0,52
Locataire, hébergé(e)	0,78	0,17-3,63	0,75	3,04	0,29-31,6	0,35
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2 000€	1,00	Référent		1,00	Référent	
≤1 000€	0,32	0,05-1,91	0,21	0,20	0,01-3,66	0,27
1 000 - 1 500€	1,33	0,38-4,60	0,64	1,54	0,20-11,3	0,67
1 500 - 2 000€	0,95	0,31-2,92	0,93	0,39	0,05-2,69	0,34
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	0,36	0,11-1,12	0,071	<b>2,35</b>	0,09-7,56	<b>0,009</b>
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	0,24	0,09-0,61	0,003	<b>3,30</b>	1,13-8,26	<b>0,002</b>
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	1,38	0,21-9,08	0,732	<b>22,21</b>	1,44-34,25	<b>0,001</b>
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	<b>2,67</b>	1,02-7,00	<b>0,005</b>	1,05	0,25-4,37	0,056
<b>Comorbidités≥2</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>3,79</b>	1,48-9,68	<b>0,005</b>	<b>4,89</b>	0,95-25,05	<b>0,01</b>
<b>Diabète</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	1,67	0,44-6,39	0,44	<b>7,39</b>	1,19-45,7	<b>0,03</b>
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>7</b>	2,23-21,9	<b>&lt;0,001</b>	<b>31,4</b>	2,23-64-46	<b>&lt;0,001</b>
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	0,31	0,27-1,98	0,540	<b>2,12</b>	1,95-10,05	<b>&lt;,0001</b>
<b>MNA</b>						



Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=72, 33%			Trajectoire AFCD N=32, 14%		
	≥24	1,00	Référent		1,00	Référent
<24	0,35	0,12-1,04	0,056	1,31	0,51-3,28	0,5632
<b>Antécédent de chute</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>2,72</b>	1,28 - 5,77	<b>0,009</b>	1,31	0,52-3,31	0,418

Tableau II. 8: Estimation des paramètres du modèle conditionnel (inclusion de facteur de risque).

Trajectoires (groupes)	$\hat{\pi}_j$	AvePP $j$	OCC $j$
Groupe 1	0,54	0,98	41,7
Groupe 2	0,32	0,95	40,4
Groupe 3	0,14	0,73	16,6

Dans le Tableau II. 9 *AvePP* (Average Posterior Probability) représente la probabilité postérieure moyenne ; *OCC* (odds of correct classification), cote de classification correcte ;  $\hat{\pi}_j$  probabilité postérieure estimée d'appartenance au groupe  $j$ . Dans ce tableau,  $\hat{\pi}_j$  représente la proportion de patients classés affectée à chaque trajectoire. Les *OCC $j$*  ont ainsi été calculées à partir de la formule donnée dans l'équation II.2.5.1.22.

Nous avons évalué l'ajustement du modèle à l'aide des indices d'ajustement présentés dans la section sur les diagnostics du modèle et les résultats sont présentés au Tableau II. 9. Pour les trois groupes de trajectoires, la probabilité postérieure moyenne la plus faible est de 0,73, soit à peu près la valeur recommandée de 0,7. Cela signifie que le modèle a assigné les patients à différents groupes de trajectoires avec peu d'ambiguïté.

De plus, la valeur la plus faible de l'*OCC* était de 16,6, ce qui est également supérieur à la recommandation de 5 comme ligne directrice générale pour le modèle GBTM vu en section II.2.5.1.6. Les résultats des trois trajectoires sont illustrés sur la *Figure II. 3*.

Tableau II. 9: Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle.

Critères	Constante uniquement	Constante et variables explicatives
AIC	434,473	343,039
-2 Log L	430,473	231,039
Tests de diagnostique	Khi-2	P>Khi-2
Rapport de vraisemblance	199,4334	<.0001
Wald	69,4425	0,0468

Les valeurs des tests du maximum de vraisemblance vues en section II.2.5.7.5 sont présentées dans le Tableau II. 10. La valeur du test du rapport de vraisemblance est égale à 199,434. Elle a été obtenue par l'application de l'équation 1.2.6.18.

$LR = 430,473 - 231,039 = 199,434$  où  $430,473 = -2\ln(\hat{\beta}_j)$  et  $231,039 = -2\ln(\hat{\beta}_j^c)$ . La valeur  $p$  de  $\chi^2$  correspondante est  $<0,001$ . Ainsi les variables prédictives emmènent significativement de l'information dans l'explication des valeurs prises par la variable dépendante au sens du test de vraisemblance.

La valeur du pseudo  $R^2$  de Faden correspondant est de l'ordre de :  $R_{MF}^2 = \frac{(231,039)/2}{(430,473)/2} = 0,53$



Ce résultat montre que notre modèle se démarque bien du modèle trivial. La matrice de confusion résultante était la suivante :

Tableau II. 10: Matrice de confusion

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Groupe 1	96	20	1
Groupe 2	20	49	3
Groupe 3	2	15	15

Le taux d'erreur de classification obtenu à partir des valeurs affichées du Tableau II. 11 est de 27%. Pour un taux de succès de 73%, notre modèle peut être jugé comme bon modèle.

### II.3.3.2. K-means

#### II.3.3.2.1. Choix du nombre optimal de groupes par critère de Calinski-Harabasz

Suite au calcul du pourcentage d'inertie expliquée pour les 20 premiers groupes ( $k = 20$ ), on obtient les résultats suivants illustrés sur la *Figure II. 4*.

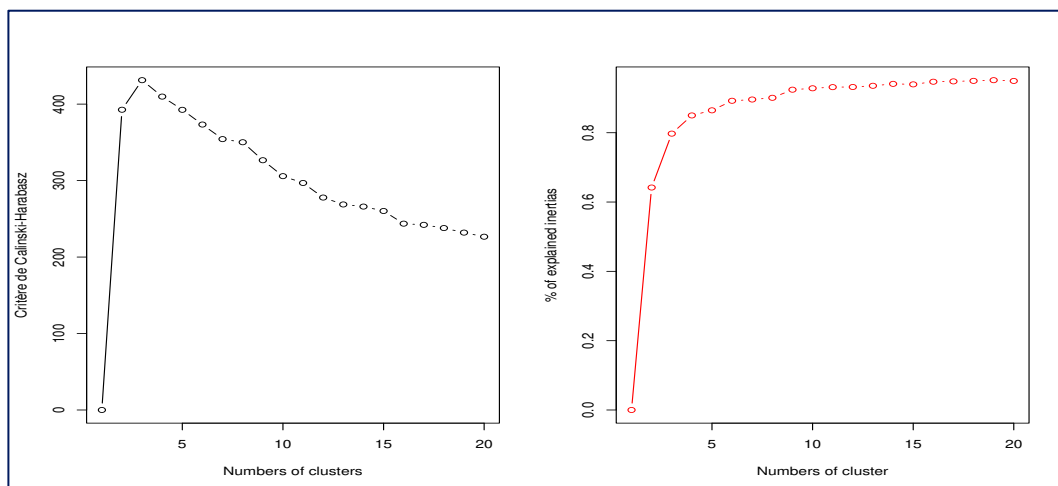


Figure II. 4: Critère de Calinski-Harabasz et évaluation de la proportion d'inertie expliquée.

Sur le graphe 1 à gauche de la *Figure II. 4*, on observe pour le critère de Calinski-Harabasz une décroissance rapide du nombre de groupes à partir de  $k = 3$ . Lorsque  $k = 3$ , l'adjonction d'un groupe supplémentaire n'augmente pas significativement la part d'inertie expliquée. Ainsi, le nombre optimal de groupes au sein du critère de Calinski-Harabasz est de 3.



Tableau II. 11: Résultats de la partition des sujets en trois groupes.

```

K-means clustering with 3 clusters of sizes 18, 149, 54

Cluster means:
      SMAF0      SMAF1      SMAF2      SMAF3
1  2.4097447  2.6093368  2.4327629  2.1924885
2  -0.5276718 -0.5146855 -0.5569525 -0.5715775
3   0.6527351  0.5503719  0.7258553  0.8463011

Clustering vector:
 [1] 2 2 1 2 2 2 2 2 2 3 2 2 2 2 3 3 1 3 2 2 1 3 2 3 2 2 2 2 3 3 3 2 2 1 2 3 2 3
 [39] 2 2 2 2 2 3 2 1 2 3 1 2 2 3 2 2 2 3 3 3 2 2 2 2 1 2 2 3 3 3 2 2 2 2 2 2 1 3
 [77] 2 2 1 2 2 3 2 2 3 2 2 2 3 2 1 2 2 2 2 3 3 2 1 3 3 2 1 3 1 2 1 3 2 2 2 2 2 3
 [115] 2 2 2 2 3 2 2 2 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1 3 2 3 2 2 3 2 2 3 2 2 2 3 3
 [153] 2 2 2 3 2 2 2 3 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 2 2 2 2 2 2 3 2 2 2 2 2 1 2 2 2 1 3
 [191] 2 2 3 2 2 2 2 2 3 2 3 2 2 3 1 2 2 3 2 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 3 2 3

Within cluster sum of squares by cluster:
 [1] 40.87821 71.96895 64.67101
 (between_SS / total_SS = 79.8 %)
    
```

Explication des sorties du logiciel présentées dans le Tableau II. 12:

- "cluster means" = moyennes des groupes. Ici, le logiciel nous montre la moyenne du SMAF par visite et par classe. Par exemple pour la première visite, la moyenne est de 2,40 pour le premier groupe et 0,65 pour le troisième groupe ;
- "clustering vector" montre la classe à laquelle chaque sujet est affecté ;
- "Within cluster sum of squares by cluster" est une généralisation de la sommité des groupes internes.

Pour les mesures générales de distance, il s'agit de la moitié de la somme des dissemblances au milieu des groupes divisée par la taille du groupe. Ainsi Le nombre optimal de classes proposé par Calinski-Harabasz est obtenu avec la fonction "bestk" abréviation de "best group" ou meilleure classe.

Tableau II. 12: Résultats de la partition des sujets en trois groupes

```

> sol.kmeans$bestk
[1] 3

> sol.kmeans$crit
 [1] 0.0000 392.6809 431.3390 409.8166 392.5682 373.2764 354.4755 350.1579
 [9] 326.6188 305.8205
    
```

Pour le critère de Calinski-Harabasz dont les résultats sont présentés dans le Tableau II. 13, on observe que lorsque le nombre de classes est égal à 3 ( $k = 3$ ), le maximum est atteint. Ce critère montre un nombre optimal de groupes égal à 3.



### II.3.3.2.2. Trajectoires d'autonomie fonctionnelle par la méthode du k-means

Au moyen du package KmL de R, nous avons obtenu les résultats suivants :

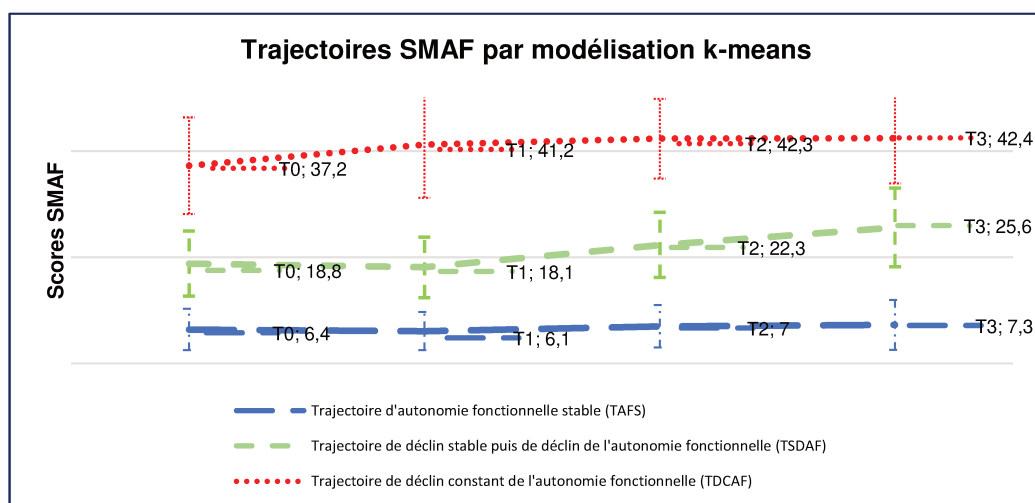


Figure II. 5: **Groupes de trajectoires pour les T0 profils SMAF dans le temps avec pourcentage d'adhésion pour chaque groupe de trajectoires.** L'axe des y représente les scores du SMAF. Trois groupes de trajectoires ont été identifiés : groupe 1 stable ; groupe 2 stable puis altéré ; groupe 3 constamment altéré. Trajectoires obtenues par la méthode de partitionnement k-means.

Sur le graphe 1 de la Figure II. 5, on observe tout d'abord les trajectoires individuelles des 221 sujets représentées par des traits noirs. Ensuite, nous avons tracé en rouge, bleu et vert les trajectoires moyennes obtenues suite à la partition en 3 groupes. On note donc trois sortes de trajectoires sur cette figure : une trajectoire stable dans le temps représentée en rouge, une trajectoire stable puis altérée en vert et une trajectoire constamment ascendante et altérée représentée en bleu.

Sur le deuxième graphe de la figure, nous avons repris les trajectoires moyennes ainsi que les écart-types. On observe ainsi un départ des sujets à des points différents. De même l'arrivée des trois profils de sujets diffère avec éventuellement des trajectoires assez distinctes les unes des autres. Les courbes évolutives présentent des formes différentes. Un grand nombre des sujets maintiennent un score stable le long de l'étude.

Tableau II. 13: Moyennes et écart-types du SMAF au moyen du k-means.

Groupes	Moyennes ( $\pm$ écart-types)			
	$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$
Groupe 1: AFS (150; 68%)	6,4 (3,9)	6,1 (3,6)	7 (4)	7,3 (4,7)
Groupe 2: AFSD (53; 24%)	18,8 (6,1)	18,1 (5,7)	22,3 (6,1)	25,6 (7,4)
Groupe 3: AFCD (18; 8%)	37,2 (9,1)	41,2 (10)	42,3 (7,5)	42,4 (8,5)

Le Tableau II. 14 représente les moyennes et écart-types des trajectoires. Le Groupe 1 regroupe des sujets qui ont une trajectoire stable durant les deux ans de suivi. Cette première trajectoire représente 68% (150 sur 221) des sujets. Le Groupe 2 regroupe 24% (53 sur 221) des sujets qui augmentent rapidement leurs scores après la première visite. Leurs scores moyens passent de 18,8 à  $T_0$  à 25,6 à  $T_3$  soit une augmentation de 6.8 en moyenne. Le Groupe 3 regroupe des sujets à très forts scores SMAF. En début d'étude la



moyenne du SMAF était de 37 pour ces patients. Elle augmente de 5,3 en moyenne à la fin de l'étude. Les sujets qui composent le groupe représentent 8% (18 sur 221) de la population.

### II.3.3.3. Résultats de la modélisation par la régression logistique multinomiale

Les valeurs estimées des paramètres par la méthode du maximum de vraisemblance pour les deux groupes de trajectoires 2 et 3 comparativement au groupe de trajectoire référent, groupe 1 sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau II. 14: Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de  $\chi^2$

Caractéristiques et facteurs de risques	Trajectoire AFS	Trajectoire AFSD	Trajectoire AFCD	P-valeur
	N=150, 68%	N=53, 24%	N=18, 8%	
	N (%)	N (%)	N (%)	
<b>Age</b>				
≥ 80 years	81 (54)	47 (89)	14 (78)	0,10
< 80 years	69 (46)	6 (11)	4 (22)	0,002
<b>Situation familiale</b>				
Marié(e)	19 (13)	2 (4)	0 (0)	0,05
Célibataire, veuf(ve)	57 (38)	21 (40)	4 (22)	0,61
Divorcé(e), union libre	74 (49)	30 (56)	14 (78)	0,47
<b>Revenu mensuel</b>				
<1000€	13 (9)	8 (15)	6 (33)	0,03
1000 - 1500€	31 (20)	15 (28)	7 (39)	0,35
1500 - 2000€	49 (33)	11 (21)	4 (22)	0,40
≥2000(e)	57 (38)	19 (36)	1 (6)	0,10
<b>Aide financière</b>				
Aucune assistance	133 (89)	30 (56)	5 (28)	0,02
Assistance	17 (11)	23 (44)	13 (72)	<,0001
<b>Loisirs</b>				
Non	6 (4)	4 (8)	4 (22)	0,02
Oui	144 (96)	49 (92)	14 (78)	0,85
<b>Appartenance à une association</b>				
Non	68 (45)	35 (66)	17 (94)	0,05
Oui	82 (55)	18 (34)	1 (6)	0,01
<b>MMSE</b>				
≥24	137 (91)	40 (75)	5 (28)	0,04
<24	12 (9)	13 (25)	13 (72)	<,0001
<b>MNA</b>				
≥24	131 (87)	37 (70)	8 (44)	0,23
<24	19 (13)	16 (30)	10 (56)	0,001

Au regard des résultats du test de khi-deux illustrés dans le Tableau II. 15, on note que les personnes âgées qui ont un parcours d'autonomie stable sont majoritairement les moins âgées (âge inférieur à 80 ans) soit un taux de 46%. Les patients mariés ont une proportion estimée à 13% et par conséquent, ils y sont les plus représentés par rapport aux deux autres trajectoires. Près de 89% parmi eux ne reçoivent pas une aide financière. Cependant, 55% ont des loisirs.

Par rapport aux deux autres groupes, les personnes qui disposent d'un faible revenu mensuel sont plus nombreuses à appartenir à la trajectoire de déclin constant. Le taux est estimé à 33%. 72% des participants de la trajectoire bénéficient d'une aide financière ; 22% n'ont aucun loisir, 94% n'adhèrent aucune association ou club. Le taux estimé de sujets ayant des troubles neurocognitifs s'élève à 72%. La dénutrition représente 56% de la population. À l'exception de la situation maritale et de l'appartenance à une association, la trajectoire stable puis altérée est décrite de la même manière que la trajectoire stable.





### II.3.3.3.1. Analyse univariée

Tableau II. 15: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=53, 24%			Trajectoire AFCD N=18, 8%		
	OR	95%CI	P-value	OR	95%CI	P-valeur
<b>Age</b>						
< 80 years	1,00	Référent		1,00	Référent	
≥ 80 years	<b>2,98</b>	0,93-9,47	<b>0,06</b>	<b>6,67</b>	2,69-16,55	<b>&lt;0,001</b>
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	1,00	Référent		1,00	Référent	
Agriculteur	<b>3,42</b>	0,91-12,9	<b>0,06</b>	0,75	0,07-7,88	0,81
Ouvrir	0,85	0,21-3,48	0,82	1,12	0,21-5,81	0,88
Employé(e) / profession intermédiaire en entreprise	0,65	0,20-2,14	0,48	0,32	0,05-1,95	0,22
Directeur exécutif, entrepreneur	0,17	0,02-1,95	0,12	0,30	0,03-3,02	0,31
Commerçant / Profession libérale	1,17	0,61-5,10	0,28	0,77	0,17-3,48	0,74
Employé(e)/cadre/intermédiaire de la fonction publique	0,93	0,30-2,85	0,90	0,49	0,10-2,42	0,38
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2000€	1,00	Référent		1,00	Référent	
<1000€	<b>2,74</b>	0,91-8,21	<b>0,07</b>	<b>5,65</b>	1,38-23,04	<b>0,01</b>
1000 - 1500€	<b>2,15</b>	0,87-5,29	<b>0,09</b>	<b>2,76</b>	0,74-10,23	<b>0,12</b>
1500 - 2000€	1,48	0,64-4,42	0,35	0,21	0,02-1,98	0,17
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	<b>5,99</b>	2,85-12,59	<b>&lt;0,001</b>	<b>20,3</b>	6,45-64,1	<b>&lt;0,001</b>
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	<b>2,99</b>	1,48-6,05	<b>0,002</b>	<b>1,94</b>	0,69-5,46	<b>0,20</b>
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	<b>3,70</b>	1,08-12,63	<b>0,03</b>	<b>3,62</b>	0,65-20,2	<b>0,14</b>
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,51	0,13-1,88	0,31	0,14	0,03-0,57	0,06
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,42	0,22-0,81	0,12	0,04	0,006-0,37	0,08
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	1,21	0,64-2,30	0,55	<b>3,41</b>	1,21-9,62	<b>0,012</b>
<b>Diabète</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,93	0,39-2,22	0,87	<b>2,62</b>	0,89-7,67	<b>0,07</b>
<b>Tabac</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	1,32	0,64-2,73	0,44	0,21	0,02-1,69	0,14
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>1,86</b>	0,88-3,93	<b>0,10</b>	<b>3,99</b>	0,88-18,0	<b>0,07</b>
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	<b>3,71</b>	1,57-8,76	<b>0,002</b>	<b>29,6</b>	9,04-97,3	<b>&lt;,0001</b>
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	<b>2,98</b>	1,39-6,36	<b>0,004</b>	<b>8,61</b>	3,02-24,5	<b>&lt;0,001</b>
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	1,45	0,47-4,48	0,51	<b>3,91</b>	1,08-14,1	<b>0,03</b>



### **II.3.3.3.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires**

Les résultats de la régression logistique univariée illustrés dans le Tableau II. 16 révèlent que, indépendamment des autres variables explicatives, la modalité "agriculteur" de la variable profession est significativement associée à la trajectoire stable puis altérée.

L'incontinence urinaire, le facteur de risque cardiovasculaire "diabète" et la dénutrition, semble augmenter le risque pour une personne d'être assigner à la trajectoire de déclin constant de l'autonomie fonctionnelle.

À l'exception du mode de vie, des activités occupationnelles et du facteur de risque cardiovasculaire "tabac", l'ensemble des variables du Tableau II. 16 sembleraient toutes être des facteurs prédictifs communs aux deux trajectoires.

### **II.3.3.3.2. Analyse multivariée**

#### **II.3.3.3.2.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires**

Suite à l'insertion de l'ensemble des variables du Tableau II.13 précédent dans le modèle multinomial, on obtient les résultats suivants.

Les facteurs retenus et susceptibles d'affecter la trajectoire stable puis détériorée sont : le fait d'être divorcé(e) ou de vivre en union libre, l'absence d'une aide financière, le risque de sarcopénie, les troubles neurocognitifs et la dénutrition protéino-énergétique (Tableau II. 17).

On apprend que par rapport à au patient marié(e), un patient divorcé(e) ou le fait de vivre en union libre augmente la probabilité d'avoir un parcours d'autonomie stable pendant un temps puis détérioré au décourt du temps. Le risque correspondant est de 3 (OR=3,39, IC 95% 1,11-10,3, p=0,03).

Le patient dispensé d'une aide financière semblerait avoir environ 5 fois plus de risque (OR=4,69, IC 95% 1,45-14,64, p=0,009) d'être assigné à la trajectoire par rapport à un patient recevant une aide financière.

Les patients qui présentent un risque de sarcopénie risqueraient d'appartenir à cette trajectoire avec une chance multipliée par 3 (OR=3,29, IC 95% 1,06-10,21, p=0,03) par rapport aux personnes ne présentant pas le risque.

Avoir des troubles neurocognitifs, être dénutriti(e) augmenteraient de 6 (OR=6,05, IC 95% 1,67-21,8, p=0,005), respectivement de 4 (OR=3,81, IC 95% 0,39-7,02, p=0,04) les chances d'appartenir à la trajectoire.

Aucun facteur ne ressort de façon spécifique pour la trajectoire de perte constante de l'indépendance fonctionnelle (Tableau II. 17).



Tableau II. 16: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=53, 24%			Trajectoire AFCD N=18, 8%		
	OR	95%CI	P-value	OR	95%CI	P-valeur
<b>Age</b>						
< 80 years	1,00	Référent		1,00	Référent	
≥ 80 years	1,60	1,65-19,02	0,07	-	-	0,31
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	1,00	Référent		1,00	Référent	
Agriculteur	2,13	0,28-15,65	0,45	-	-	0,21
Ouvrir	0,84	0,14-4,89	0,85	3,0	0,42-5,1	0,31
Employé(e) / Profession intermédiaire en entreprise	0,83	0,18-3,74	0,81	0,01	0,002-1,96	0,38
Directeur exécutif, entrepreneur	0,11	0,008-1,63	0,10	-	-	0,36
Commerçant / Profession libérale	1,13	0,27-4,70	0,28	-	-	0,22
Employé(e)/cadre/intermédiaire de la fonction publique	1,36	0,31-5,85	0,90	-	-	0,24
<b>Situation matrimoniale</b>						
Marié(e)	1,00	Référent		1,00	Référent	
Célibataire, veuf(ve)	0,62	0,09-4,25	0,62	-	-	0,93
Divorcé(e), union libre	<b>3,39</b>	1,11-10,3	<b>0,03</b>	3,15	-	0,37
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2 000€	1,00	Référent	0,30	1,00	Référent	0,48
<1 000€	0,39	0,06-2,30	0,42	-	-	0,35
1 000 - 1 500€	1,68	0,46-6,2	0,47	-	-	0,41
1 500 - 2 000€	0,67	0,22-1,99	0,009	-	-	0,24
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	<b>4,61</b>	1,45-14,64	<b>0,009</b>	-	-	24
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	<b>2,54</b>	0,94-6,85	<b>0,049</b>	0,33	-	0,79
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	2,30	0,34-15,24	0,38	0,10	-	0,68
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,30	0,04-2,01	0,21	-	-	0,08
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,42	0,22-0,81	0,38	0,04	0,006-0,37	0,23
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,99	0,38-2,55	0,98	0,02	-	0,33
<b>Diabète</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,96	0,28-3,30	0,95	-	-	0,20
<b>Tabac</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	1,86	0,66-5,24	0,23	-	-	0,20
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>3,29</b>	1,06-10,21	<b>0,03</b>	-	-	0,08
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	<b>6,05</b>	1,67-21,8	<b>0,005</b>	-	-	0,17
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	<b>3,81</b>	0,39-7,02	<b>0,04</b>	-	-	0,03
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,82	0,17-3,88	0,80	2,4	-	0,47



Tableau II. 17: Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle.

Critères	Constante uniquement	Constante et variables explicatives
AIC	349,402	264,925
-2 Log L	345,402	240,925
Tests de diagnostique	Khi-2	P>Khi-2
Rapport de vraisemblance	104,4770	<.0001
Wald	53,7276	<.0001

$LR = 345,402 - 240,925 = 104,477$  où  $345,402 = -2\ln(\hat{\beta}_j)$  et  $240,925 = -2\ln(\hat{\beta}_j^c)$ . La valeur  $p$  de  $\chi^2$  correspondante est inférieure à 0,0001. Ainsi les variables prédictives emmènent significativement de l'information dans l'explication des valeurs prises par la variable dépendante au sens du test de vraisemblance.

La valeur du pseudo  $R^2$  de Faden correspondante est de l'ordre de :  $R_{MF}^2 = \frac{(240,925)/2}{(345,402)/2} = 0,69$ .

Il semble que notre modèle se démarque bien du modèle trivial.

Tableau II. 18: Matrice de confusion

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Groupe 1	134	16	0
Groupe 2	24	26	3
Groupe 3	3	6	9

Le taux d'erreur de classification est de 24%. Notre modèle semble bon avec un taux de bien classés de l'ordre de 76%.

### II.3.3.4. Classification ascendante hiérarchique

#### II.3.3.4.1. Choix du nombre optimal de groupes par critère de Ward

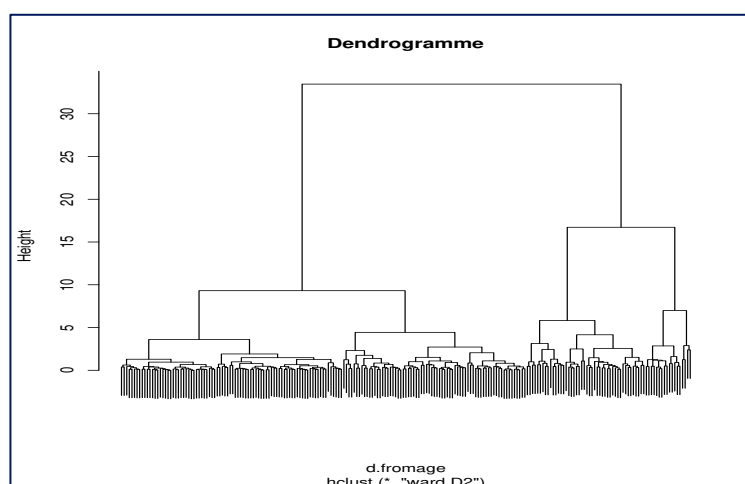


Figure II. 6: Partition des individus en 3 groupes.

Le dendrogramme présenté sur la *Figure II. 6* fournit une classification des patients à partir d'un l'arbre. Mais avant de procéder à la coupure de l'arbre, nous alors visualiser le saut d'inertie possible.



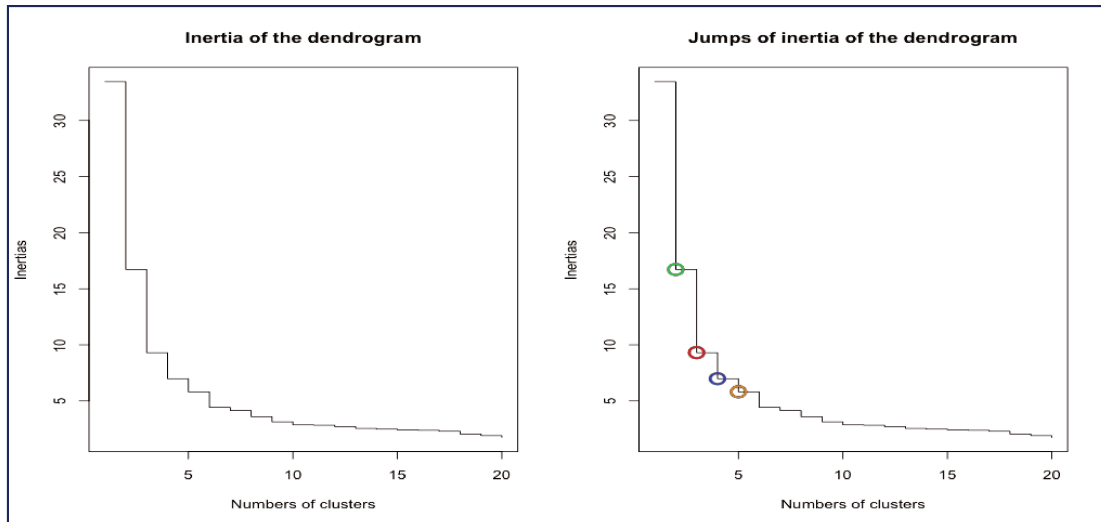


Figure II. 7: Choix du nombre optimal de groupes par critère de saut d'inertie.

On note trois sauts d'inertie assez nets à 2, 3, 4 et 5 groupes sur le graphe à gauche (inertie du dendrogramme) de la *Figure II. 7*. Le graphe à droite (saut d'inertie du dendrogramme) illustre en vert, en rouge et en bleu ces trois sauts. Le nombre optimal de groupes retenu au sens du critère de Ward était de 3.

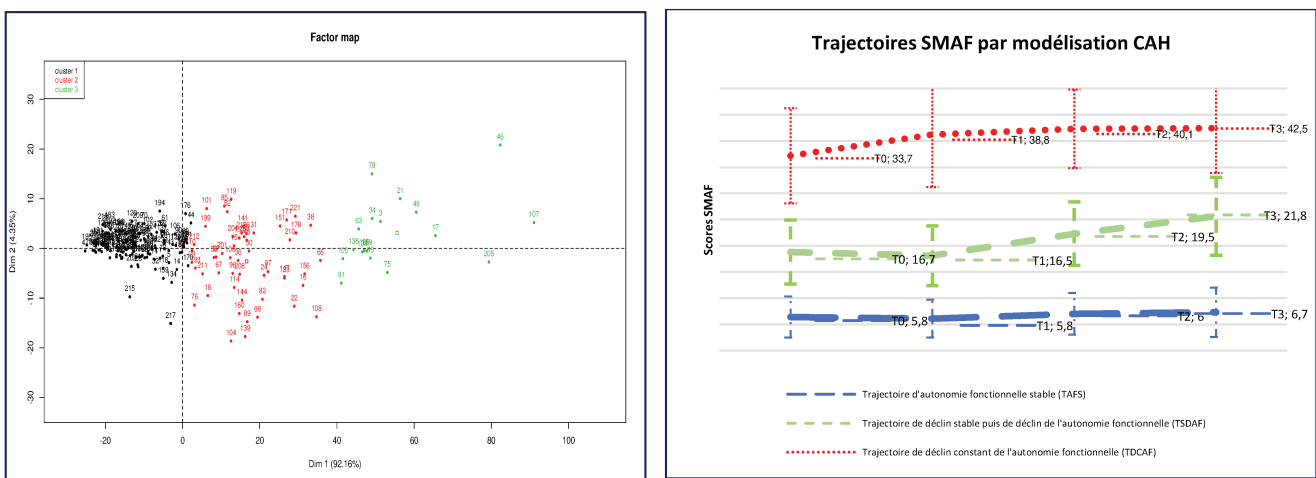


Figure II. 8: Partition des individus en 3 groupes. Groupes de trajectoires pour les profils SMAF dans le temps avec pourcentage d'adhésion. Trajectoires obtenues par la classification ascendante hiérarchique.

Selon le critère de Ward (graphe 1 à gauche de la *Figure II. 8*), les patients ont été répartis en 3 groupes homogènes. Pour cette troisième méthode, le groupe 1 que nous décrivons par groupe stable est constitué d'individus autonomes. Leur taux est estimé à 62% de la population. Soit 5% de moins que le taux estimé par k-means pour le même groupe.



Le groupe 2 décrit comme groupe de déclin stable de l'indépendance fonctionnelle est constitué de patients modérément autonomes dont la proportion est estimée à 27% de la population.

Le groupe 3 est composé d'un petit groupe d'individus dont le taux est estimé à 11% de la population et dont la trajectoire est constamment dégradante dans le temps. Ce groupe est décrit par une trajectoire de déclin constant de l'autonomie fonctionnelle.

Ces résultats sont illustrés sur le second graphe à droite de la *Figure II. 8*.

Tableau II. 19: Moyennes du SMAF par classification ascendante hiérarchique.

<b>Moyennes (<math>\pm</math> écart-types)</b>				
<b>Groupes</b>	$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$
Groupe 1: AFS (136; 61,5%)	5,8 (3,2)	5,8 (3)	6 (2,9)	6,7 (4,1)
Groupe 2: AFSD (60; 27,1%)	16,7(5,8)	16,5(4,9)	19,5(5,8)	21,8 (7,2)
Groupe 3: AFCD (25; 11,3%)	33,7(9,8)	38,8(11,9)	40,1(11)	42,5 (11,4)

Une légère augmentation de la moyenne du SMAF est constatée chez les patients stables entre la visite d'inclusion ( $T_0$ ) et la fin de l'étude ( $T_3$ ). Celle-ci n'est pas statistiquement significative ( $p>0,05$ ). Pour les mêmes périodes, la croissance de la moyenne est plus élevée chez les deux autres groupes de sujets et statistiquement significative ( $p<0,05$ ). La différence est de l'ordre de 5,1 pour le groupe de déclin fonctionnel léger et de 8,8 pour le groupe de déclin fonctionnel constant.

### **II.3.3.5. Résultats de la modélisation par la régression logistique multinomiale**

L'analyse descriptive (Tableau II. 21) via le test du Khi-2 révèle que si l'avancée dans l'âge est représentative dans les trois trajectoires, près de la moitié (49%) des sujets de la trajectoire stable sont plus jeunes contre moins de 16% dans les deux autres groupes de trajectoires.

Près de 14% des personnes mariées, 90%, des individus ne bénéficiant pas d'une aide financière, et 54% ne recevant pas une aide humaine appartiennent à la trajectoire stable. La trajectoire est constituée d'environ 57% des patients qui ont une activité occupationnelle.

Par rapport à la population totale, les agriculteurs (18%), les sujets qui ne bénéficient d'une aide financière (61%), qui reçoivent une aide humaine (78%), et ceux qui n'adhèrent aucune association ou club (72%) paraissent appartenir à la trajectoire de perte stable de l'autonomie fonctionnelle.

Parmi les sujets de la trajectoire de perte constante de l'indépendance, environ 76% reçoivent une aide humaine, 20% n'ont pas de loisirs, 84% ne sont pas membres d'une association. Près de 60% des personnes de cette trajectoire ont des troubles neurocognitifs et 52% paraissent dénutris.



Tableau II. 20: Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de  $\chi^2$ 

Caractéristiques et facteurs de risques	Trajectoire AFS N=136, 62%	Trajectoire AFSD N=60, 27%	Trajectoire AFCD N=25, 11%	P-valeur
	N (%)	N (%)	N (%)	
<b>Age</b>				
≥ 80 years	69 (51)	51 (85)	22 (88)	0,04
< 80 years	67 (49)	9 (15)	3 (12)	<,0001
<b>Profession</b>				
Femme au foyer, autre profession	19 (14)	7 (12)	6 (24)	0,45
Agriculteur	4 (3)	11(18)	1(4)	0,002
Ouvrir	12 (9)	4 (7)	5 (20)	0,22
Employé(e) / Profession intermédiaire en entreprise	31 (23)	9 (15)	1 (4)	0,12
Directeur exécutif, entrepreneur	14 (10)	4 (7)	1 (4)	0,53
Commerçant / Profession libérale	26 (19)	13 (22)	8 (32)	0,52
Employ(e) /cadre/intermédiaire de la fonction publique	30 (22)	12 (20)	3 (12)	0,62
<b>Situation familiale</b>				
Marié(e)	19(14)	2 (3)	0 (0)	0,02
Célibataire, veuf(ve)	52 (38)	23 (38)	7 (28)	0,78
Divorcé(e), union libre	65 (48)	35 (58)	18 (72)	0,43
<b>Revenu mensuel</b>				
<1000€	11 (8)	10 (17)	6 (24)	0,08
1000 - 1000€	29 (21)	15 (25)	9 (36)	0,48
1500 - 2000€	44 (33)	14 (23)	6 (24)	0,57
≥2000€	52 (38)	21 (35)	4 (16)	0,28
<b>Aide financière</b>				
Aucune assistance	123(90)	37 (61)	8 (32)	0,02
Assistance	13(10)	23 (39)	17 (68)	<,0001
<b>Assistance humaine</b>				
Aucune assistance	74(54)	13 (22)	6 (24)	0,008
Assistance	62(46)	47 (78)	19 (76)	0,05
<b>Assistance technique</b>				
Aucune assistance	132 (97)	53 (88)	23 (92)	0,91
Assistance	4 (3)	7 (12)	2 (8)	0,07
<b>Loisirs</b>				
Non	6 (4)	3(5)	5(20)	0,02
Oui	130 (96)	57(95)	20(80)	0,85
<b>Appartenance à une association</b>				
Non	56 (43)	43 (72)	21 (84)	0,02
Oui	80 (57)	17 (28)	4 (16)	0,005
<b>Force de préhension&lt;20%</b>				
Non	48 (35)	12 (20)	4 (16)	0,09
Oui	88 (65)	48 (80)	21 (84)	0,55
<b>MMSE</b>				
≥24	123 (90)	49 (82)	10 (40)	0,10
<24	12 (10)	11 (18)	15 (60)	<,0001
<b>MNA</b>				
≥24	116 (85)	48 (80)	12 (48)	0,29
<24	20 (15)	12 (20)	13 (52)	0,006



### II.3.3.5.1. Analyse univariée

Tableau II. 21: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=60, 27%			Trajectoire AFCD N=25, 11%		
	OR	95%CI	P-valeur	OR	95%CI	P-valeur
<b>Age</b>						
< 80 years	1,00	Référent		1,00	Référent	
≥ 80 years	<b>5,50</b>	2,51-12,05	<b>&lt;0,001</b>	<b>7,12</b>	2,03-24,9	<b>0,002</b>
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	1,00	Référent		1,00	Référent	
Agriculteur	<b>7,46</b>	1,77-31,3	<b>0,006</b>	0,79	0,07-8,51	0,84
Ouvrir	0,90	0,21-3,76	0,89	1,31	0,32-5,29	0,69
Employé(e) / Profession intermédiaire en entreprise	0,78	0,25-2,46	0,68	0,10	0,01-0,91	0,04
Directeur exécutif, entrepreneur	0,77	0,18-3,17	0,72	0,22	0,02-2,09	0,19
Commerçant / Profession libérale	1,35	0,45-4,04	0,58	0,97	0,29-3,27	0,96
Employé(e) /cadre/intermédiaire de la fonction publique	1,08	0,36-3,24	0,88	0,31	0,07-1,42	0,13
<b>Situation familiale</b>						
Marié(e)	1,00	Référent		1,00	Référent	
Célibataire, veuf(ve)	0,23	0,05-1,07	0,06	-	-	0,96
Divorcé(e), union libre	1,21	0,64-2,30	0,54	<b>2,05</b>	0,79-5,29	<b>0,13</b>
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2 000€	1,00	Référent		1,00	Référent	
<1 000€	<b>2,85</b>	1-8,13	<b>0,04</b>	<b>4</b>	1,07-14,8	<b>0,03</b>
1 000 – 1 500€	1,62	0,68-3,86	0,27	<b>2,27</b>	0,73-7,07	<b>0,15</b>
1 500 – 2 000€	1,26	0,57-2,78	0,55	0,56	0,15-2,12	0,39
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune Assistance	<b>5,88</b>	2,71-12,7	<b>&lt;0,001</b>	<b>20,1</b>	7,27-55,6	<b>&lt;0,001</b>
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune Assistance	<b>4,31</b>	2,14-8,61	<b>&lt;0,001</b>	<b>3,78</b>	1,42-100	<b>0,007</b>
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune Assistance	<b>4,35</b>	1,22-15,5	<b>0,02</b>	<b>2,87</b>	0,49-16,5	<b>0,23</b>
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,87	0,21-3,62	0,85	0,18	0,05-0,66	0,09
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,27	0,14-0,53	0,05	0,13	0,04-0,41	0,14
<b>Tabac</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	1,17	0,57-2,39	0,65	0,30	0,06-1,37	0,12
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>2,38</b>	1,13-5	<b>0,02</b>	<b>2,86</b>	0,92-8,86	<b>0,06</b>
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	<b>2,30</b>	0,02-5,56	<b>0,06</b>	<b>15,4</b>	5,68-41,6	<b>&lt;,0001</b>
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	1,45	0,65-3,19	0,35	<b>6,28</b>	2,51-15,7	<b>&lt;0,001</b>
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>2,16</b>	0,74-6,27	<b>0,15</b>	<b>3</b>	0,82-10,85	<b>0,09</b>





### **II.3.3.5.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires**

Le fait d'avoir été "agriculteur" semble être le seul facteur prédictif de la trajectoire stable puis altérée.

Les facteurs retenus et statistiquement associés de la trajectoire de perte constante de l'indépendance fonctionnelle sont : le mode de vie "divorcé(e) ou union libre", la dénutrition protéinée et la précarité financière (revenu mensuel compris 1 000 et 1 500€).

Des facteurs prédictifs communs aux deux trajectoires sont identifiés. Parmi eux, il y a : l'avancée dans âge, la précarité financière (revenu mensuel inférieur à 1 000€), la dispense d'une aide financière, humaine et technique, le risque de sarcopénie, les troubles neurocognitifs et la dénutrition.

### **II.3.3.5.2. Analyse multivariée**

#### **II.3.3.5.2.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires**

Suite à l'ajustement simultané des variables de l'analyse univariée dans le modèle sur les trajectoires (Tableau II. 23), il semblerait exister une forte association entre la profession "agriculteur", le risque de sarcopénie et la trajectoire de perte stable de l'autonomie fonctionnelle.

Par exemple, on apprend que le sujet qui fut agriculteur risquerait d'avoir un parcours d'autonomie fonctionnelle stable puis dégradé par rapport au sujet qui a été femme ou homme au foyer. Le risque est d'environ 6 (OR=6,41, IC 95% 0,85-48,3, p=0,04).

Présenté un risque de sarcopénie augmenterait de 2 (OR=2,29, IC 95% 1,06-8,21, p=0,03) la probabilité d'appartenir à cette trajectoire.

Les facteurs qui sembleraient ressortir de manière spécifique ou qui sembleraient statistiquement associés à la trajectoire de déclin constant de l'autonomie fonctionnelle sont : l'absence d'une aide financière et humaine, les troubles neurocognitifs et la dénutrition.

Ainsi, comparé à une personne qui reçoit une aide financière, le patient qui ne bénéficie pas de ces aides voit augmenter ses chances de seulement 1 (OR=1,04, IC 95% 0,07-9,31, p=0,001) d'être assigné à la trajectoire de perte constante d'autonomie fonctionnelle. Le patient qui ne percevait pas une aide humaine augmenterait sa probabilité de 2 fois plus élevée (OR=2,18, IC 95% 0,03-6,12, 0,045).

Présenté des troubles neurocognitifs et une dénutrition entraineraient l'affectation des patients à la trajectoire de déclin constant. Les probabilités correspondantes sont de 3 (OR=3,08, IC 95% 0,2-8,49, p=0,006), et 1 (OR=1,18, IC 95% 0,1-6,58, p=0,01).

Le fait de ne pas avoir d'activités occupationnelles serait un facteur de risque commun aux deux trajectoires.



Tableau II. 22: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=60, 27%			Trajectoire AFCD N=25, 11%		
	OR	95%CI	P-valeur	OR	95%CI	P-valeur
<b>Age</b>						
<80 years	1,00	Référent		1,00	Référent	
≥80 years	0,42	0,15-1,16	0,09	0,31	0,03-3,05	0,31
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	1,00	Référent		1,00	Référent	
Agriculteur	<b>6,41</b>	0,85-48,3	<b>0,04</b>	0,19	0,00-9,86	0,41
Ouvrir	0,38	0,05-2,69	0,33	1,40	0,11-17,6	0,79
Employé(e) / Profession intermédiaire en entreprise	0,44	0,09-2,08	0,30	0,01	0,001-0,55	0,02
Directeur exécutif, entrepreneur	0,61	0,09-3,97	0,61	0,59	0,01-21,3	0,77
Commerçant / Profession libérale	0,55	0,13-2,32	0,41	0,31	0,03-2,75	0,29
Employé(e)/cadre/intermédiaire de la fonction publique	1,30	0,30-5,55	0,71	0,16	0,09-3,14	0,23
<b>Situation familiale</b>						
Marié(e)	1,00	Référent		1,00	Référent	
Célibataire, veuf(ve)	0,31	0,04-2,27	0,24	-	-	0,96
Divorcé(e), union libre	<b>2,73</b>	0,97-7,67	<b>0,05</b>	2,92	0,43-19,5	0,26
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2 000€	1,00	Référent		1,00	Référent	
<1 000€	0,99	16-6,04	0,57	0,43	0,02-8,04	0,18
1 000 - 1 000€	2,36	0,66-8,36	0,58	1,87	0,19-18,00	0,82
1 500 - 2 000€	0,88	30-2,54	0,82	1,92	0,22-16,12	0,54
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	0,19	0,04-0,71	0,09	<b>1,04</b>	0,07-9,31	<b>0,001</b>
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	0,19	0,07-0,58	0,10	<b>2,18</b>	0,03-6,12	<b>0,045</b>
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	1,02	0,13-7,76	0,10	1,16	0,05-27,1	0,92
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,83	0,12-5,54	0,84	2,30	0,18-28,8	0,54
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	<b>4,33</b>	1,73-10,86	<b>0,001</b>	<b>7,90</b>	1,17-53,0	<b>0,003</b>
<b>Tabac</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,85	0,30-2,41	0,23	1,73	0,16-18,3	0,20
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>2,29</b>	1,06-8,21	<b>0,03</b>	-	-	0,08
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	0,66	0,16-2,65	0,55	<b>3,08</b>	0,2-8,49	<b>0,006</b>
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	0,48	0,15-1,52	0,21	<b>1,18</b>	0,1-6,58	<b>0,01</b>
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,65	0,14-2,90	0,57	1,34	0,10-16,7	0,81



Tableau II. 23 : Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle.

Critères	Constante uniquement	Constante et variables explicatives
AIC	381,796	289,443
-2 Log L	377,796	229,443
Test de diagnostique	Khi-2	P>Khi-2
Rapport de vraisemblance	148,3530	<.0001
Wald	66,3157	<.0001

La valeur du test du rapport de vraisemblance  $LR$  obtenue est de 148,3530 avec une p-valeur de  $\chi^2$  correspondante <0,0001. Les variables prédictives présentées dans le Tableau II. 24 emmènent significativement de l'information dans l'explication des valeurs estimées des trajectoires au sens du test de vraisemblance.

La valeur du pseudo  $R^2$  de Faden qui correspond au modèle est de l'ordre de :  $R_{MF}^2 = \frac{(229,443)/2}{(377,796)/2} = 0,61$ . Cela révèle que notre modèle se démarque bien du modèle trivial.

Tableau II. 24 : Matrice de confusion

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Groupe 1	124	12	0
Groupe 2	25	33	2
Groupe 3	2	10	13

Le taux d'erreur de classification obtenu à l'aide Tableau II. 25 est estimé à 23%. Notre modèle semble bon avec un taux de succès de 77%.

Maintenant que le nombre de groupe est estimé pour chaque méthode d'analyse, nous allons tester la pertinence de ces résultats à l'aide des critères AIC, BIC et ICL. Ce test concerne principalement les méthodes k-means et CAH.

### II.3.3.6. Mise en application des critères AIC et BIC

#### II.3.3.6.1. Applications sur les résultats du k-means et classification ascendante hiérarchique

##### a) Calcul de l'AIC pour les résultats du k-means et CAH

Au moyen de la fonction "mclust" de R, nous avons calculé l'AIC en utilisant la formule suivante 1.2.5.3.2. Les résultats sont illustrés dans le Tableau II.26 ci-dessous.

Loglik ou Log.likelihood illustré dans le Tableau II. 26 représente le log-vraisemblance du modèle à trois composantes estimées ;  $df$  correspond au nombre de paramètres du modèle estimé. La variable du logarithme de la vraisemblance permet d'obtenir les valeurs suivantes de l'AIC : 5030,662 pour  $k = 2$ , 4966,381 pour  $k = 3$  et 4941,452 pour  $k = 4$ . Plus le nombre de classes est grand, plus la valeur de l'AIC baisse.

Ainsi, pour un modèle à trois groupes ou composantes, la proportion de sujets par groupe est de 35,7% (79 sur 221) pour le groupe 1, 30% (84 sur 221) pour le groupe 2 et 26,3% (58 sur 221) pour le groupe 3.



Tableau II. 25: Résultats du calcul de l'AIC par variation du nombre de groupes k.

K-means	Classification ascendante hiérarchique
<pre> Pour k=2 ----- Gaussian finite mixture model fitted by EM algorithm -----  Mclust VEE (ellipsoidal, equal shape and orientation) model with 2 components:  log.likelihood  n df      BIC      ICL -2511.331 221  4 -5130.625 -5150.354  Clustering table:  1  2 129 92  &gt; aic &lt;- 2*IC\$df - 2*IC\$loglik &gt; aic [1] 5030.662  K=3 ----- Gaussian finite mixture model fitted by EM algorithm -----  Mclust VEE (ellipsoidal, equal shape and orientation) model with 3 components:  log.likelihood  n df      BIC      ICL -2479.191 221  4 -5098.734 -5154.482  Clustering table:  1  2  3 79 84 58  &gt; aic1 &lt;- 2*IC1\$df - 2*IC1\$loglik &gt; aic1 [1] 4966.381  K=4 ----- Gaussian finite mixture model fitted by EM algorithm -----  Mclust VEE (ellipsoidal, equal shape and orientation) model with 4 components:  log.likelihood  n df      BIC      ICL -2466.726 221  4 -5106.193 -5185.823  Clustering table:  1  2  3  4 74 64 30 53  &gt; aic2 &lt;- 2*IC2\$df - 2*IC2\$loglik &gt; aic2 [1] 4941.452 </pre>	<pre> Pour k=2 ----- Gaussian finite mixture model fitted by EM algorithm -----  Mclust VEE (ellipsoidal, equal shape and orientation) model with 2 components:  log.likelihood  n df      BIC      ICL -2514.105 221 20 -5136.173 -5150.543  Clustering table:  1  2 120 101  &gt; aic &lt;- 2*4 - 2*IC\$loglik &gt; aic [1] 5036.21  K=3 ----- Gaussian finite mixture model fitted by EM algorithm -----  Mclust VEE (ellipsoidal, equal shape and orientation) model with 3 components:  log.likelihood  n df      BIC      ICL -2481.839 221 26 -5104.031 -5155.299  Clustering table:  1  2  3 70 82 69  &gt; aic1 &lt;- 2*4 - 2*IC1\$loglik &gt; aic1 [1] 4971.679  K=4 ----- Gaussian finite mixture model fitted by EM algorithm -----  Mclust VEE (ellipsoidal, equal shape and orientation) model with 4 components:  log.likelihood  n df      BIC      ICL -2468.926 221 32 -5110.594 -5170.853  Clustering table:  1  2  3  4 60 77 12 72  &gt; aic1 &lt;- 2*IC1\$df - 2*IC1\$loglik &gt; aic1 [1] 5015.679 </pre>

## b) Calcul du BIC pour les résultats du k-means et CAH

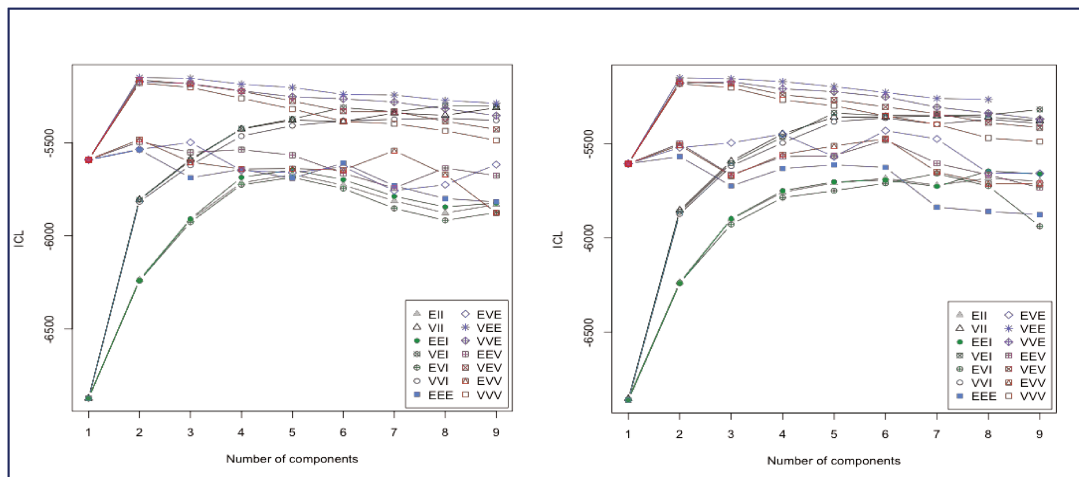


Figure II. 9: Représentation des valeurs du BIC des modèles obtenus par k-means et CAH.



Tableau II. 26: Résultats du calcul du BIC.

K-means	Classification on ascendante hiérarchique
Gaussian finite mixture model fitted by EM algorithm	
McLust VEE (ellipsoidal, equal shape and orientation) model with 3 components:	
log.likelihood    n    df        BIC        ICL	log.likelihood    n    df        BIC        ICL
-2479.191    221    4    -5098.734    -5154.482	-2481.839    221    26    -5104.031    -5155.299
Clustering table:	
1    2    3	1    2    3
79   84   58	70   82   69

Selon les valeurs du BIC (Tableau II. 27 et Figure II. 9), le nombre de sujets par groupes reste légèrement différent pour les deux méthodes. Cependant, le meilleur modèle selon le BIC est le modèle ellipsoïdal à variance égale "VEE". Cela signifie que les sujets sont mieux regroupés en trois groupes avec une forme ellipsoïdale et des variances inter groupes égales.

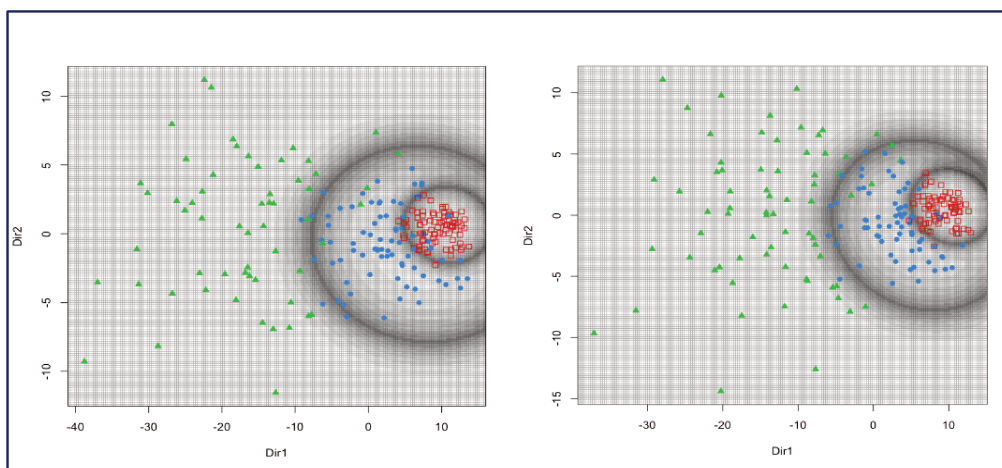


Figure II. 10: Représentation des groupes selon le BIC par k-means et CAH.

Les deux graphes de la Figure II. 10 illustrent la dispersion des sujets en trois groupes qui, graphiquement semblent être bien séparés pour le k-means et la CAH. Au fond de la sphère en rouge sont représentés les sujets du groupe 1, en bleu les sujets du groupe 2 et en vert les individus du groupe 3.

Des scores moyens stables pour le groupe 1 sont observés. Des scores moyens stables jusqu'à  $T_2$  pour les sujets du groupe 2, des scores instables et croissants pour le groupe 3 (Tableau II.28).

Le groupe 1 est constitué de personnes autonomes et le groupe 2 de personnes moyennement autonomes. Nous décrivons les patients du groupe 3 de sujets sévèrement dépendants. Ces résultats sont illustrés sur la Figure II.10 ci-dessus et dans le Tableau II.28 ci-dessous.



Tableau II. 27: Résultats du calcul du BIC

K-means	Classification on ascendante hiérarchique
Mclust VEE (ellipsoidal, equal shape and orientation) model with 3 components:	Mclust VEE (ellipsoidal, equal shape and orientation) model with 3 components:
log.likelihood n df BIC ICL -2479.191 221 4 -5098.734 -5154.482	log.likelihood n df BIC ICL -2481.839 221 26 -5104.031 -5155.299
Clustering table: 1 2 3 79 84 58	Clustering table: 1 2 3 70 82 69
Mixing probabilities: 1 2 3 0.3573790 0.3607152 0.2819058	Mixing probabilities: 1 2 3 0.3240496 0.3494830 0.3264674
Means: [,1] [,2] [,3] SMAF0 10.71830 4.531335 22.96476 SMAF1 10.77060 4.712506 24.14333 SMAF2 10.83589 4.870919 26.95571 SMAF3 12.68095 5.056508 32.57327	Means: [,1] [,2] [,3] SMAF0 10.32934 4.075030 21.79546 SMAF1 10.24809 4.395253 22.44807 SMAF2 10.75165 4.632010 26.37259 SMAF3 11.67930 4.822829 29.37786
Variances: [,1] SMAF0 SMAF1 SMAF2 SMAF3 SMAF0 29.42107 26.52078 22.61762 21.86650 SMAF1 26.52078 30.16268 23.63626 22.05777 SMAF2 22.61762 23.63626 26.61523 22.36902 SMAF3 21.86650 22.05777 22.36902 35.61099 [,2] SMAF0 SMAF1 SMAF2 SMAF3 SMAF0 5.654984 5.097523 4.347303 4.202930 SMAF1 5.097523 5.797529 4.543093 4.239694 SMAF2 4.347303 4.543093 5.115678 4.299519 SMAF3 4.202930 4.239694 4.299519 6.844740 [,3] SMAF0 SMAF1 SMAF2 SMAF3 SMAF0 146.2976 131.8757 112.4671 108.7321 SMAF1 131.8757 149.9853 117.5323 109.6832 SMAF2 112.4671 117.5323 132.3454 111.2309 SMAF3 108.7321 109.6832 111.2309 177.0772	Variances: [,1] SMAF0 SMAF1 SMAF2 SMAF3 SMAF0 23.77217 21.80802 17.19462 17.19728 SMAF1 21.80802 26.06299 19.41728 18.09302 SMAF2 17.19462 19.41728 21.95352 19.19761 SMAF3 17.19728 18.09302 19.19761 29.71626 [,2] SMAF0 SMAF1 SMAF2 SMAF3 SMAF0 4.793943 4.397849 3.467501 3.468037 SMAF1 4.397849 5.255916 3.915727 3.648675 SMAF2 3.467501 3.915727 4.427190 3.871429 SMAF3 3.468037 3.648675 3.871429 5.992641 [,3] SMAF0 SMAF1 SMAF2 SMAF3 SMAF0 127.01567 116.52115 91.87155 91.88576 SMAF1 116.52115 139.25565 103.74731 96.67177 SMAF2 91.87155 103.74731 117.29854 102.57363 SMAF3 91.88576 96.67177 102.57363 158.77522

Les deux graphes de la Figure II.11 représentent graphiquement les valeurs du BIC pour le k-means et la CAH. Un grand saut est observé entre  $k = 3$  et  $k = 4$  avant une stabilisation entre  $k = 4$  et  $k = 5$ . Ceci nous amène à considérer 3 comme nombre optimal estimé de groupes et par conséquent de confirmer nos précédents choix.

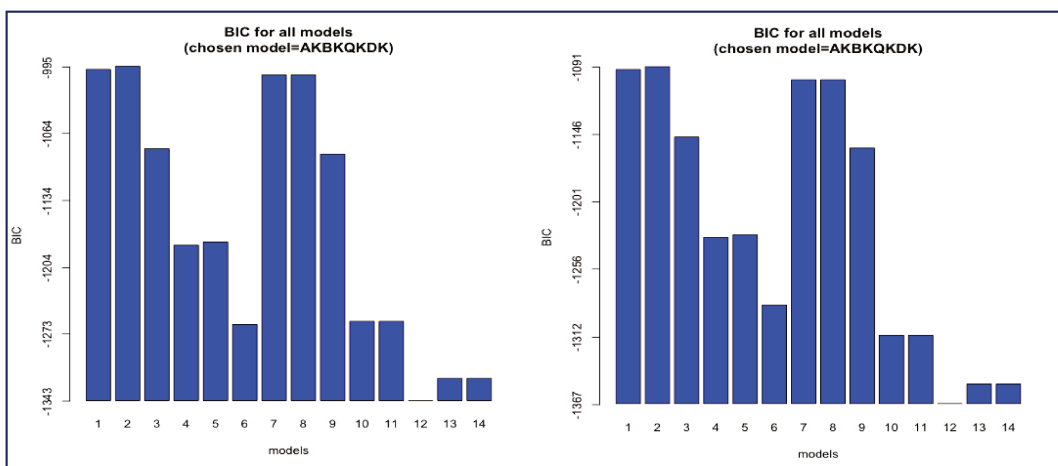


Figure II. 11: Représentation du BIC pour le modèle estimé pour les méthodes k-means et CAH.



### c) Calcul de l'ICL pour les résultats du k-means et CAH

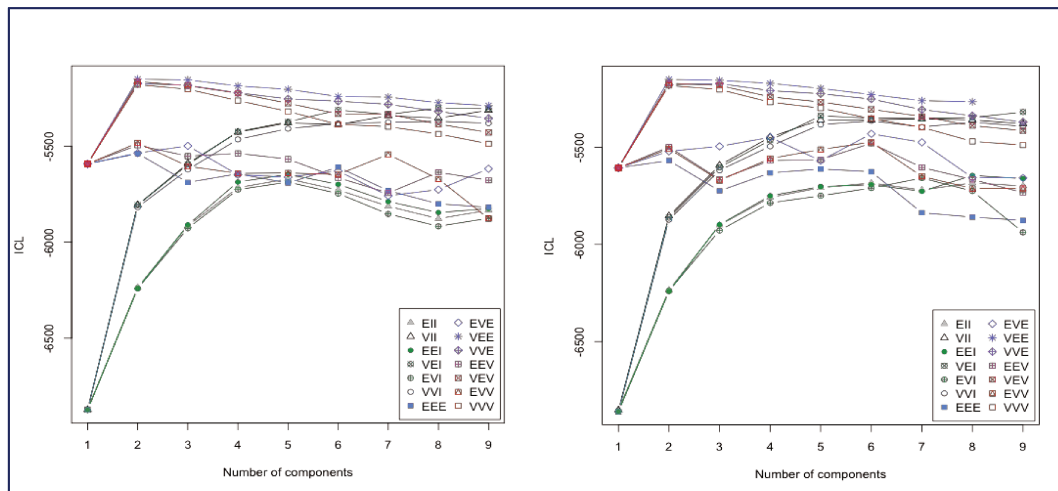


Figure II. 12: Représentation de l'ICL des modèles pour k-means et CAH.

Selon les deux méthodes, on note sur la Figure II. 12 que le meilleur modèle estimé avec l'ICL est le modèle "VEE". Pour un modèle avec trois groupes, on trouve un ICL d'une valeur de -5150 pour les deux méthodes (Tableau II. 29).

Tableau II. 28: Résultats du calcul de l'ICL par k-means et CAH

K-means	Classification ascendante hiérarchique
Best ICL values: VEE,2 VEE,3 VEV,2	Best ICL values: VEE,2 VEE,3 VEV,2
ICL -5150.354 -5154.481836 -5162.9938	ICL -5150.543 -5155.2994 -5169.91077
ICL diff 0.000 -4.127976 -12.6399	ICL diff 0.000 -4.7569 -19.36827

**Résumé de l'application des critères :** les trois critères d'informations BIC, AIC, ICL montrent le même nombre de groupes k égal à 3. La classification faite par k-means et CAH semble pertinente.

#### II.3.3.6.2. Test d'ANOVA

Les résultats du test d'ANOVA présentés en Annexe I.19 montrent une différence statistiquement significative entre les moyennes du SMAF des trois trajectoires formées ( $p < 0,001$ ) pour chaque méthode.

**Synthèse de la première étude :** nous avons testé des modèles de trajectoires à deux, trois, quatre, cinq, six et sept groupes pour les trois techniques de classification. Seuls les modèles à deux et trois groupes ont convergé. Les résultats de GBTM ont révélé qu'un groupe de quatre, cinq, six et sept avait la valeur de BIC la plus élevée en valeur absolue. Par conséquent, nous avons sélectionné le modèle à trois groupes pour une analyse plus approfondie. De même, dans les classifications k-means et ascendante hiérarchique, le modèle comprenant trois groupes de trajectoires d'autonomie correspondait le mieux aux données.



Le test d'ANOVA a montré qu'il existe une différence significative entre les différents groupes pour les différentes méthodes. Nous avons tenu compte de ces trois groupes pour effectuer la régression logistique multinomiale dans laquelle le groupe qui était décrite par une trajectoire stable était considéré comme groupe référent.

Bien que les trois méthodes employées aient abouti à la même conclusion qui est la classification de la population en trois clusters distincts, le nombre de personnes estimé par classe diffère d'une méthode à une autre. Malgré tout, la trajectoire stable comportait le plus de patients soit un taux estimé de plus de 50% de la population.

Outre ces différences, les résultats de cette première étude révèlent que, peu importe la méthode employée, les facteurs de risque susceptibles de prédire la trajectoire de perte stable de l'indépendance fonctionnelle sont principalement l'absence d'activités occupationnelles, le risque de sarcopénie, la vie en union libre ou seul(e), le fait d'avoir été agriculteur. À ces facteurs s'ajoutent le risque de chute et la polyopathie résultants du modèle GBTM.

Au décours des deux ans, les facteurs qui paraîtraient statistiquement associés à une trajectoire d'altération constante de l'autonomie fonctionnelle sont : l'absence de soutien financier et humain, l'absence d'activités occupationnelles et la présence de troubles neurocognitifs. Le facteur de risque cardiovasculaire "diabète", le mode de vie "seul(e)" et la dénutrition seraient également des facteurs prédictifs de cette trajectoire au sens du modèle issu du k-means. Ces critères de l'EKG semblent montrer un lien statistiquement significatif avec la trajectoire de déclin constant de l'autonomie fonctionnelle.

Cette première étude a permis de mettre en évidence des facteurs pronostiques ou explicatifs des trajectoires, d'en éliminer certaines, et de trouver un modèle final qui suggèrent des facteurs en mesure d'être utiles dans des actions de prévention à but thérapeutique et/ou clinique.





## II.4. Résultats : Deuxième étude

### II.4.1. Analyse descriptive

#### II.4.1.1. Description de la variable d'intérêt : ADL

Dans cette analyse, la variable temps correspond aux 4 visites.

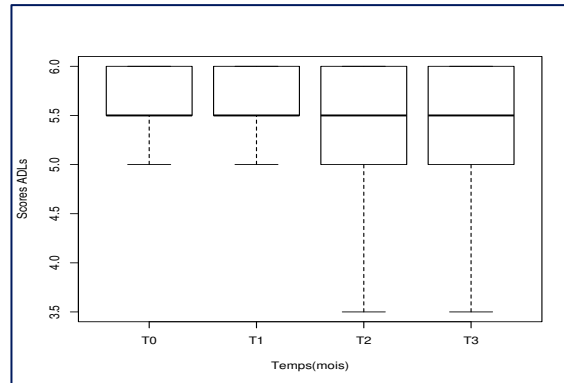


Figure II. 13: Distribution des ADLs.

La boîte de moustaches illustrée sur la *Figure II. 13* représente les scores ADLs pour chaque temps. D'après les résultats, les scores médians des groupes d'ADL sont similaires, mais les scores de certains temps sont plus variables que d'autres. C'est le cas pour les temps  $T_2$  et  $T_3$ .

Tableau II. 29: Illustration des probabilités postérieures d'assignation de 5 patients et 3 trajectoires d'autonomie fonctionnelle.

Scores ADLs	Inclusion ( $T_0$ )			Suivi 2 ans		
	Fréquence	%	Moyenne	Fréquence	%	Moyenne
1/1,5	2	0,90	1,5	3	1,4	1,2
2/2,5	5	2,25	2,2	10	4,5	2,3
3/3,5	2	0,90	3	9	4,1	3,2
4/4,5	17	7,7	4,4	19	8,6	4,4
5/5,5	92	41,4	5,4	98	44,1	5,4
6	102	45,9	6	81	36,5	6

Un nombre important de sujets (46%) ayant une autonomie complète à  $T_0$  et une minorité de sujets ayant une dépendance partielle ou une dépendance fonctionnelle sévère sont observés dans le Tableau II. 30. La proportion de sujets complètement autonomes au début de l'étude 46% a significativement diminué à  $T_3$  soit 37%. Pour la même période, le taux semble augmenter pour les individus modérément dépendants et totalement dépendants (ADL compris entre 1 et 5). De même que pour le SMAF, la nature et la mesure de notre deuxième variable d'intérêt ADL ont guidé notre choix sur l'utilisation du modèle CNORM de GBTM.



## II.4.2. Analyse de trajectoires

### II.4.2.1. Identification des trajectoires d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées

Les résultats des trajectoires d'autonomie fonctionnelle sont présentés dans cette partie de notre travail. Les trajectoires sont identifiées sur 2 ans (24 mois) pour tous les patients. Pour chaque méthode, nous présenterons les modèles de trajectoires, les figures correspondantes et les résultats de la régression logistique multinomiale issus de chaque méthode. Nous commencerons par présenter les résultats du modèle issu de la méthode GBTM, ensuite nous présentons les résultats obtenus par k-means et la classification ascendante hiérarchique.

#### II.4.2.1. Group-Based Trajectory Modeling

Nous déterminons le nombre de trajectoires avec les critères de BIC en démarrant par un modèle à deux groupes de trajectoires quadratiques. Nous avons exécuté ensuite un modèle de trois, quatre, cinq, six et sept trajectoires quadratiques. À chaque exécution du modèle, la valeur du BIC a été notée dans le Tableau II. 31. La détérioration du BIC est un bon indicateur d'arrêt pour choisir le modèle final. Mais, cette méthode basée seulement sur le BIC a ses limites. Il faut également prendre en compte des indicateurs tels que la convergence du modèle, la significativité des coefficients, la prévalence dans chaque trajectoire.

Tableau II. 30: Valeurs du BIC de six modèles et proportions de patients par trajectoire.

Modèles	Groups, k	Valeur du BIC	Nombre de patients par groupe (%)						
			1	2	3	4	5	6	
1	2	-1019	84,5	15,5	-	-	-	-	-
2	3	-729	51,6	42,8	5,6	-	-	-	-
3	4	-859	48,3	35,8	12,3	3,7	-	-	-
4	5	-865	24,2	22,3	37,9	11,9	3,7	-	-
5	6	-871	27,2	9,2	37,5	11,4	11,1	3,6	-
6	7	-864	24,4	9,2	11,6	38,4	6,6	6,2	3,6

Les valeurs du BIC obtenues après estimation des sept modèles sont illustrées dans le Tableau II. 31. Les taux de patients par groupe de trajectoires y sont également présentés. On note une décroissance rapide de la valeur du BIC entre le modèle à 2 groupes (BIC=1019) et le modèle à 3 groupes (BIC=729). Entre les modèles à 3 et 4 groupes la valeur du BIC semble augmenter avant d'atteindre une stabilité constante. Le nombre de groupe retenu est alors de 3. Suite à l'obtention u nombre optimal de groupe, nous avons calculé les probabilités à postériori pour chaque sujet d'être affecté à l'une des trois trajectoires.

Tableau II. 31: Illustration des probabilités postérieures d'assignation de 5 patients et 3 trajectoires d'autonomie fonctionnelle (ADL).

ID	Probabilité Groupe 1	Probabilité Groupe 2	Probabilité Groupe 3	Trajectoire
1	0,000	0,001	0,998	1
2	0,000	0,001	0,998	1
3	1,000	0,000	0,000	3
4	0,000	0,001	0,998	1



5	0,000	0,001	0,998	1
---	-------	-------	-------	---

Les probabilités postérieures d'assignation de 5 individus en fonction des trois trajectoires sont illustrées dans le Tableau II. 32. Le patient 1 est assigné à la trajectoire 1 avec une probabilité à postériori de 0,99. Le sujet 2 est affecté au groupe 1 avec la même probabilité que le sujet 1. Le troisième patient a été assigné au groupe 3 avec une probabilité de 1. Les patients 4 et 5 ont été affectés au groupe 1 avec une probabilité à postériori de 0.99 pour chacun.

Tableau II. 32: Estimation des paramètres du modèle de trajectoire.

Les groupes de trajectoires	Paramètres	Coefficients	Erreurs Standards	Prob> T
Groupe 1	Constante	1,007	0,229	<0,000
	Linear	1,189	0,399	<0,003
	Quadratic	0,276	0,133	0,038
Groupe 2	Constante	5,295	0,093	<0,000
	Linear	0,168	0,138	0,224
	Quadratic	-0,030	0,044	<0,007
Groupe 3	Constante	5,742	0,034	<0,000
	Linear	-0,015	0,054	0,780
	Quadratic	-0,005	0,017	0,710
	Sigma	0,829	0,029	<0,000

Les résultats présentés par le Tableau II. 33 ci-dessus révèlent que :

La trajectoire 1 suit une tendance linéaire au cours de laquelle le score d'autonomie fonctionnelle reste stable dans le temps. Un maintien de l'autonomie est alors constaté pour les sujets qui forment cette trajectoire entre les temps  $T_0$  et  $T_3$  ( $\beta_0 = 1,00, p < 0,001$ ;  $\beta_1 = 1,18, p < 0,003$ ;  $\beta_2 = 1,00, p = 0,03$ ).

La trajectoire 2 suit une tendance quadratique stable du temps  $T_0$  au temps  $T_2$ , ascendante du temps  $T_2$  au temps  $T_3$ , Elle représente le profil des sujets qui ont une autonomie modérée au moment  $T_0$ , suivi d'une augmentation dans le temps ( $\beta_0 = 5,29, p < 0,001$ ;  $\beta_1 = 0,16, p = 0,22$ ;  $\beta_2 = -0,03, p = 0,07$ ).

La trajectoire 3 suit une tendance quadratique dans laquelle le score d'autonomie est instable. Elle augmente entre le temps  $T_0$  et le temps  $T_1$  avant de diminuer rapidement au temps 2. Ensuite, entre les temps  $T_2$  et  $T_3$ , la trajectoire augmente légèrement. Les sujets qui composent cette trajectoire présente des difficultés de maintien d'autonomie fonctionnelle pour les ADLs entre les temps  $T_0$  et temps  $T_3$  ( $\beta_0 = 5,74, p < 0,001$ ;  $\beta_1 = 0,01, p = 0,78$ ;  $\beta_2 = -0,005, p = 0,71$ ).

Les estimations de coefficients correspondent aux paramètres d'une fonction logit multinomiale. Les coefficients ont été estimés conjointement avec les estimations des paramètres des trajectoires elles-même. Le groupe de trajectoires stable (groupe 1) est considéré comme le groupe de référence dans la régression logistique multinomiale. Les trajectoires sont visualisées sur la *Figure II. 14* ci-dessous.



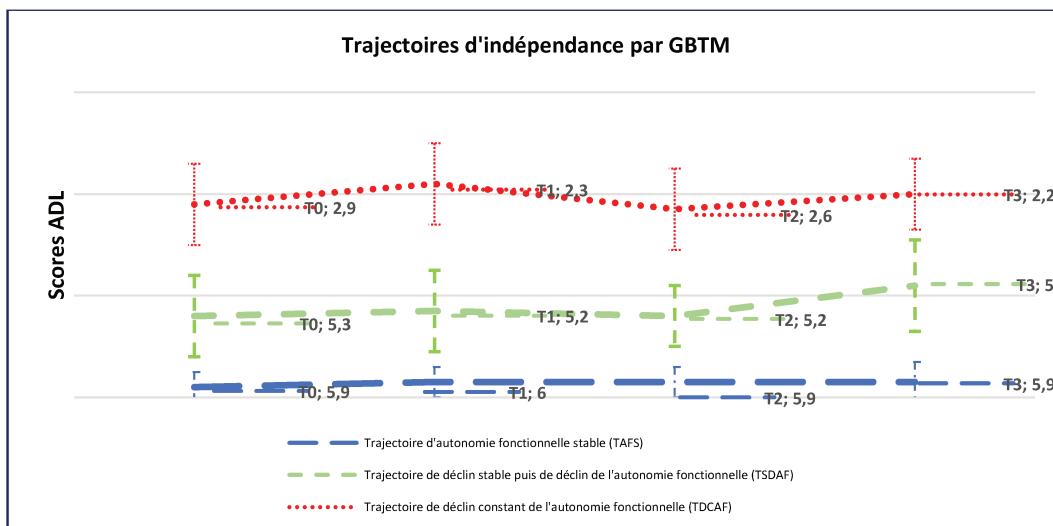


Figure II. 14: Trajectoires des scores des activités de la vie quotidienne (ADLs) de 24 mois de suivi.

La *Figure II. 14* illustre les trajectoires de courbe évolutives des scores ADLs des 221 patients de la cohorte. La fréquence du score d'autonomie varie de 0 (dépendance pour les activités de la vie quotidienne) à 6 (autonome pour les activités de la vie quotidienne).

La trajectoire 1 en bleu sur la *Figure II. 14* regroupe des sujets très autonomes pour les activités de la vie quotidienne ( $n=100$ , 45% de la population). Elle est décrite comme une trajectoire stable d'autonomie fonctionnelle pour la réalisation des activités de la vie quotidienne. La moyenne du score ADL est comprise entre 6 à  $T_0$  et 5,9 à  $T_3$  (Tableau II. 33).

La trajectoire 2 en vert, trajectoire stable pendant 1 an puis altérée dans le temps, est constituée d'individus modérément autonomes ( $n=108$ , 49% de la population). Nous la décrivons comme une trajectoire de déclin fonctionnel léger et stable de l'autonomie fonctionnelle. Car, la moyenne des ADLs de celle-ci varie entre 5,3 à  $T_0$  et 5 à  $T_3$  (Tableau II. 33).

La trajectoire 3 en rouge est caractérisée par une trajectoire de déclin fonctionnel constant de l'autonomie fonctionnelle. La trajectoire est instable, variable dans le temps et regroupe des sujets ayant une dépendance sévère pour les activités de la vie quotidienne ( $n=13$ , 6% de la population). La valeur moyenne des DLs est de 2,9 à  $T_0$  et 2,2 à  $T_3$  (Tableau II. 33).

Tableau II. 33: Moyennes et écart-types des ADLs au moyen du k-means.

Groupes	Moyennes ( $\pm$ écart-types)			
	$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$
Groupe 1 (100, 45%)	5,9 (0,3)	6(0,3)	5,9(0,4)	5,9(0,4)
Groupe 2 (108, 49%)	5,3 (0,8)	5,2(0,7)	5,2(0,7)	5(0,9)
Groupe 3 (13, 6%)	2,9(0,7)	2,3(0,9)	2,6(0,6)	2,2(0,7)



Tableau II. 34: Estimation des paramètres du modèle conditionnel.

Trajectoires (groupes)	$\hat{\pi}_j$	AvePPj	OCCj
Groupe 1 (AFS)	0,45	0,82	5,34
Groupe 2 (DFSAF)	0,49	0,84	5,46
Groupe 3 (DFCAF)	0,06	0,92	2,87

AFS: Autonomie fonctionnelle stable;

DFSAF: Déclin fonctionnel stable de l'autonomie fonctionnelle;

DFCAF : Déclin fonctionnel constant de l'autonomie fonctionnelle.

L'ajustement du modèle a été évalué à l'aide de plusieurs diagnostics et les résultats sont présentés dans le Tableau II. 35. La probabilité postérieure moyenne la plus faible est de 0,82, supérieure à la valeur recommandée de 0,7. La valeur la plus faible du rapport de cote correcte de classification était de 5,34, ce qui correspond à peu près à la valeur recommandée 5. Ainsi, les données indiquent que le modèle a assigné les patients à différents groupes de trajectoires avec une grande certitude.

Tableau II. 35 : Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de  $\chi^2$ 

Caractéristiques et facteurs de risques	Trajectoire AFS N=100, 45%	Trajectoire DFSAF N=108, 49%	Trajectoire DFCAF N=13, 6%	P-valeur
	N(%)	N(%)	N(%)	
<b>Aide financière</b>				
Aucune assistance	77(77)	83(77)	4(30)	0,88
Assistance	40(22)	25(23)	9(70)	0,04
<b>Loisirs</b>				
Non	6(5)	5(5)	5(38)	0,001
Oui	94(95)	103(95)	8(62)	0,89
<b>Nombre de médicaments quotidien&gt;4</b>				
Non	23(23)	27(25)	0(0)	0,20
Oui	77(77)	81(75)	13(100)	0,04
<b>Incontinence urinaire</b>				
Non	66(62)	62(70)	7(54)	0,22
Oui	34(38)	46(30)	6(46)	0,02
<b>Sédentarité</b>				
Non	62(62)	91(84)	3(23)	0,04
Oui	38(38)	17(12)	10(77)	0,0001
<b>MMSE</b>				
≥24	86(86)	85(79)	3(23)	0,45
<24	14(14)	23(21)	10(77)	0,0001
<b>MNA</b>				
≥24	80(80)	89(82)	4(31)	0,26
<24	20(20)	19(18)	9(69)	0,01

Par comparaison aux deux premières trajectoires, on observe que près de trois quarts (70%) des patients de la trajectoire de perte sévère de l'autonomie fonctionnelle dans les activités de la vie courante bénéficient d'une assistance financière. La plupart d'entre eux (38%) n'ont pas de loisirs.

Les patients de cette trajectoire sont tous polymédiqués. La prévalence est de 100%. De même, la prévalence de l'incontinence urinaire est de 46%, celle de la sédentarité est de 77%. On apprend que 77% d'entre eux ont des troubles neurocognitifs et 69% sont dénutris.



### II.4.2.1.1. Analyse univariée

Tableau II. 36: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire DFSAF N=108, 49%			Trajectoire DFCAF N=13, 6%		
	OR	95%CI	P-valeur	OR	95%CI	P-valeur
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	1,08	0,43-2,70	0,86	<b>10,6</b>	2,07-54,8	<b>0,004</b>
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,46	0,11-1,83	0,27	<b>1,15</b>	0,02-4,88	<b>0,03</b>
<b>Nombre de médicaments quotidien&gt;4</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	<b>1,50</b>	0,22-6,14	<b>0,09</b>	-	-	0,99
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>2,44</b>	0,19-10,1	<b>0,05</b>	0,89	0,21-3,69	0,87
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,64	0,27-1,47	0,29	<b>10,4</b>	1,25-86,6	<b>0,02</b>
<b>Perte de poids involontaire</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>3,10</b>	0,99-11,4	<b>0,05</b>	2,22	0,25-19,6	0,47
<b>SPPB</b>						
Bonne	1,00	Référent		1,00	Référent	
Moyenne	<b>1,37</b>	0,10-7,32	<b>0,12</b>	<b>4,12</b>	0,66-25,6	<b>0,12</b>
Faible	0,99	0,17-1,37	0,27	<b>3,22</b>	0,52-19,9	<b>0,20</b>
<b>Appui unipodal échoué</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,61	0,27-1,37	0,33	<b>3,65</b>	0,71-18,6	<b>0,11</b>
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	0,77	0,25-2,39	0,66	<b>8,44</b>	1,91-37,2	<b>0,004</b>
<b>GDS</b>						
<9	1,00	Référent		1,00	Référent	
>9	0,72	0,33-1,57	0,41	0,24	0,04-1,22	0,28
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	<b>1,84</b>	0,75-4,52	<b>0,18</b>	<b>15,2</b>	2,92-78,9	<b>0,001</b>

#### II.4.2.1.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires

Les critères de l'EGG intégrés dans le modèle univarié et qui seraient statistiquement associés à la trajectoire de perte légère d'autonomie fonctionnelle sont : la polymédication, la dyslipidémie, la perte de poids involontaire. Avec un intervalle de confiance de 95%, les résultats révèlent que l'absence d'une aide financière, d'activités occupationnelles, l'incontinence urinaire, la faible performance physique, le déséquilibre et les problèmes neurocognitifs semblent être statistiquement associés à l'appartenance à la trajectoire de déclin constant de l'autonomie.

Le fait d'avoir une performance physique intermédiaire et d'être dénutriti sont des facteurs communs retenus affectant les deux trajectoires de déclin de l'indépendance fonctionnelle par rapport à la trajectoire référente (Tableau II. 37).



### II.4.2.1.2. Analyse multivariée

Tableau II. 37: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire DFSAF N=108, 49%			Trajectoire DFCAF N=13, 6%		
	OR	95%CI	P-valeur	OR	95%CI	P-valeur
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	1,99	0,61-6,50	0,25	<b>6,58</b>	0,23-12,9	<b>0,03</b>
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,32	0,05-1,80	0,19	1,15	0,03-44,3	0,93
<b>Nombre de médicaments quotidien&gt;4</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	<b>1,32</b>	0,11-6,91	<b>0,03</b>	-	-	0,96
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>2,39</b>	0,16-7,97	<b>0,04</b>	1,02	0,07-13,9	0,98
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,71	0,27-1,84	0,48	2,37	0,21-9,02	0,24
<b>Perte de poids involontaire</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>4,81</b>	1,27-18,2	<b>0,02</b>	0,71	0,31-1,45	0,16
<b>SPPB</b>						
Bonne	1,00	Référent		1,00	Référent	
Moyenne	0,34	0,07-1,54	0,16	0,43	0,01-16,0	0,64
Faible	0,51	0,11-2,34	0,36	0,72	0,01-29,4	0,88
<b>Appui unipodal</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,77	0,23-2,60	0,68	1,24	0,04-33,3	0,89
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	0,64	0,18-2,27	0,49	4,32	0,41-45,5	0,22
<b>GDS</b>						
<9	1,00	Référent		1,00	Référent	
>9	0,73	0,29-1,84	0,50	0,31	0,03-3,40	0,34
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	1,84	0,60-5,60	0,28	<b>11,9</b>	0,99-42,8	<b>0,001</b>

#### II.4.2.1.2.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires

Les estimations des paramètres de la composante de probabilité d'appartenance au groupe de trajectoire de perte d'indépendance dans les ADLs sont présentées dans le Tableau II. 38.

L'appartenance aux deux types de trajectoires, l'étude montre que la polymédication, la dyslipidémie, la perte de poids involontaire seraient statistiquement liées à la trajectoire de déclin fonctionnel léger et stable de l'autonomie dans les ADLs.

Perdre du poids involontairement serait un risque d'affectation à la trajectoire de déclin fonctionnel léger et stable de l'autonomie dans les ADLs. Le risque s'élève à environ 5 (OR=4,81, IC 95% 1,27-18,2, p=0,02).



La dyslipidémie facteur de risque cardiovasculaire semble augmenter la probabilité d'affectation à la trajectoire au risque de près de 2 (2,39, IC 95% 0,16-7,97, p=0,04).

Comparativement au sujet non polymédiqué, le patient polymédiqué voit augmenter d'environ 1 (1,32, IC 95% 0,11-6,91, p=0,03) fois sa probabilité d'assignation à la trajectoire.

L'absence d'une aide financière et la dénutrition sembleraient être des facteurs prédictifs de la trajectoire de déclin fonctionnel constant de l'autonomie fonctionnelle dans les ADLs. Les probabilités associées sont de l'ordre de 6 (OR=6,58, IC 95% 0,23-12,9, p=0,04) pour l'aide financière, 12 (11,9, IC 95% 0,99-42,8, p=0,001) (Tableau II. 38) par rapport aux patients recevant une aide financière.

Tableau II. 38 : Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle.

Critères	Constante uniquement	Constante et variables explicatives
AIC	379,285	369,108
-2 Log L	375,285	345,108
Tests de diagnostic	Khi-2	P>Khi-2
Rapport de vraisemblance	30,1776	0,0008
Wald	23,3534	0,0095

La valeur du test du rapport de vraisemblance  $LR$  est de 30,17 avec une p-valeur  $X^2$  du correspondante égale à 0,0008. Ainsi, les variables prédictives présentes dans le Tableau II.38 emmènent significativement de l'information dans l'explication des valeurs estimées des trajectoires au sens du test de vraisemblance.

La valeur du pseudo  $R^2$  de Faden correspondante est de l'ordre de :  $R_{MF}^2 = \frac{(345,108)/2}{(375,285)/2} = 0,91$ .

Il semble que notre modèle se démarque bien du modèle à la seule constante

Tableau II. 39: Matrice de confusion

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Groupe 1	99	1	0
Groupe 2	20	80	8
Groupe 3	5	1	7

Le taux d'erreur de classification est de 16%. Notre modèle semble bon avec un taux de significativité statistique de 84% (Tableau II. 40).







Le maximum est atteint lorsque le nombre de groupes est égal à 3 pour le critère de Calinski-Harabasz (Tableau II. 42).

### II.4.2.2.2. Trajectoires d'autonomie fonctionnelle par la méthode du k-means

Les résultats des trajectoires obtenues grâce à la méthode de partitionnement k-means sont présentés comme suit.

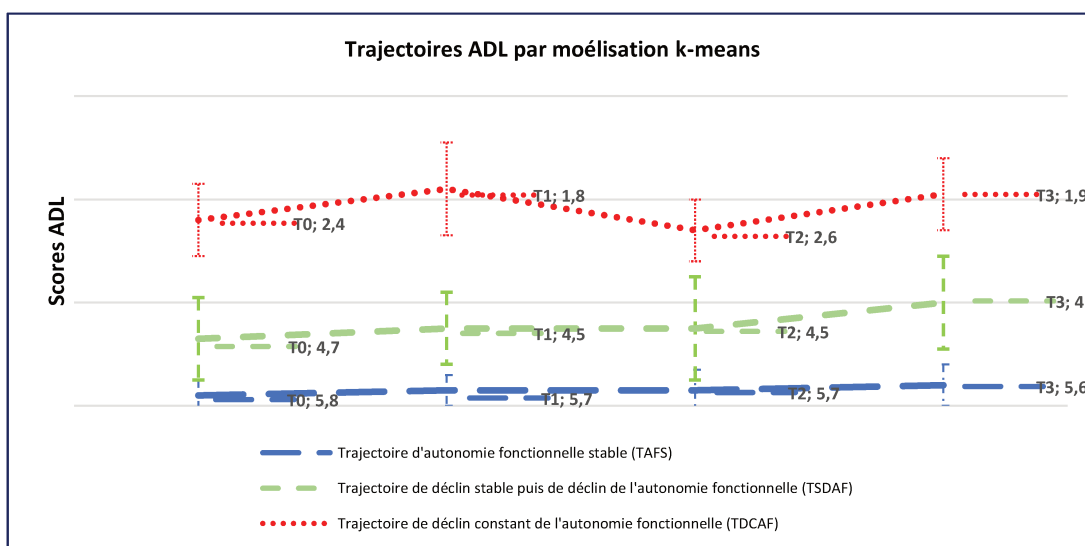


Figure II. 16: Trajectoires d'autonomie fonctionnelle pour la méthode du k-means. Trois groupes se sont distingués en termes d'autonomie pour les ADLs au cours de la période des 24 mois de suivi.

Les trajectoires d'autonomie fonctionnelle pour les ADLs des participants sur une période de 2 ans sont présentées sur la *Figure II. 16*. En abscisse, nous avons les temps en mois, les mesures ont été effectuées chaque six mois. En ordonnée sont présentés les scores ADL. On trouve trois solutions de trajectoires : une trajectoire stable dans le temps représentée en bleu ; une trajectoire stable puis dégradante représentée en vert et une trajectoire constamment ascendante représentée en rouge. Les sujets partent de différents scores ADL et arrivent à des scores différents. On note également une différence entre les points de départ éventuellement entre les scores des trois trajectoires. De même, les courbes évolutives montrent des formes différentes. Un grand nombre des sujets ont maintenu stable leur score le long de l'étude.

Tableau II. 42: Moyennes et écart-types des ADLs au moyen du k-means.

Groupes	Moyennes ( $\pm$ écart-types)			
	$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$
Groupe 1 (177, 80%)	5,8 (0,3)	5,7(0,3)	5,7(0,4)	5,6(0,4)
Groupe 2 (36, 16%)	4,7(0,8)	4,5(0,7)	4,5(0,7)	4(0,9)
Groupe 3 (9, 4%)	2,4(0,7)	1,8(0,9)	2,6(0,6)	1,9(0,7)

Le Tableau II. 43 représente les moyennes et écart-types des trois trajectoires. La première trajectoire, regroupe 80% de la population (n=177 patients). Ces derniers sont autonomes



pour les activités de la vie quotidienne. La valeur moyenne de leur score varie entre 5,8 à  $T_0$  et 5,6 à  $T_3$ .

La deuxième trajectoire (16%, n=36 sujets) regroupe des individus ayant une autonomie modérée pour les activités de la vie quotidienne. Leur score moyen varie entre 4,7 à  $T_0$  et 4 à  $T_3$  soit une baisse de 0,7 points.

La trajectoire 3 (4%, n=9 patients) est constituée d'individus ayant une dépendance sévère pour les activités de la vie quotidienne. Pour ces patients, le score moyen passe 2,4 à  $T_0$  à 1,9 à  $T_3$ .

#### II.4.2.3. Résultats de la modélisation par la régression logistique multinomiale

Tableau II. 43 : Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de  $\chi^2$

Caractéristiques et facteurs de risques	Trajectoire AFS N=176, 80%	Trajectoire DFSAF N=36, 16%	Trajectoire DFCAF N=9, 4%	P-valeur
	N(%)	N(%)	N(%)	
<b>Aide financière</b>				
Aucune assistance	137(77)	27(75)	3(33)	0,46
Assistance	38(23)	9(25)	6(66)	0,05
<b>Loisirs</b>				
Non	8(5)	4(11)	2(22)	0,03
Oui	167(95)	32(89)	7(78)	0,85
<b>Incontinence urinaire</b>				
Non	106(60)	23(64)	2(22)	0,04
Oui	69(40)	13(36)	7(78)	0,27
<b>MMSE</b>				
≥24	148(84)	30(83)	3(33)	0,36
<24	27(16)	6(17)	6(66)	0,009
<b>GDS</b>				
<9	103(60)	17(47)	2(22)	0,04
>9	71(40)	19(53)	7(78)	0,12
<b>MNA</b>				
≥24	146(82)	28(78)	2(22)	0,25
<24	29(18)	8(22)	7(78)	0,003

On apprend que 77% des sujets de la trajectoire stable et 75% de ceux de la trajectoire de perte modérée ne bénéficient pas de soutien financier. La proportion s'élève à 66% chez les individus de la trajectoire de perte constante d'autonomie. 22% n'ont pas d'activités occupationnelles.

La prévalence estimée de l'incontinence urinaire dans la trajectoire est de 22%. On apprend aussi que ce groupe comporte la proportion la plus importante des participants ayant des troubles neurocognitifs soit 66%. C'est-à-dire les sujets autonomes ou légèrement autonomes pour les activités de la vie courante.

On enregistre chez les sujets stables une proportion d'environ 60% de personnes non dépressives. Un taux important de sujets dépressifs est remarqué pour les deux autres trajectoires. 82% des patients de cette trajectoire n'ont pas de problème nutritionnel contre 78% qui sont dénutris chez les personnes dépendantes pour les activités de la vie quotidienne.



### II.4.2.3.1. Analyse univariée

Tableau II. 44 : Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire DFSAF N=36, 16%			Trajectoire DFCAF N=9, 4%		
	OR	95%CI	P-valeur	OR	95%CI	P-valeur
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	1,20	0,52-2,77	0,66	<b>7,21</b>	1,72-30,1	<b>0,006</b>
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,38	0,10-1,34	0,13	<b>1,16</b>	0,03-5,94	<b>0,04</b>
<b>Diabète</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	<b>2,42</b>	0,12-9,46	<b>0,17</b>	2,32	0,55-8,25	0,25
<b>Surpoids</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,90	0,39-2,07	0,81	<b>3,40</b>	0,87-13,2	<b>0,07</b>
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,49	0,23-1,04	0,06	0,70	0,18-2,71	0,61
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,86	0,41-1,82	0,71	<b>5,37</b>	1,08-6,64	<b>0,03</b>
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	1,09	0,41-2,88	0,85	<b>10,9</b>	2,58-26,5	<b>0,001</b>
<b>GDS</b>						
<9	1,00	Référent		1,00	Référent	
>9	0,61	0,30-1,26	0,18	0,19	0,04-0,97	0,24
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	1,43	0,59-3,47	0,41	<b>17,6</b>	3,48-9,13	<b>&lt;0,001</b>

#### II.4.2.3.1.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires

Le diabète semblerait être le seul facteur statistiquement associé à la trajectoire de perte d'autonomie légère (Tableau II. 45).

Une association significative a été constatée entre la trajectoire de perte constante d'indépendance fonctionnelle et les facteurs suivants : la dispense d'aide financière, d'activités occupationnelles, le "surpoids", l'incontinence urinaire, les troubles neurocognitifs et la dénutrition. Ces résultats proviennent du modèle unidimensionnel.



### II.4.2.3.2. Analyse multivariée

Tableau II. 45: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire DFSAF N=36, 16%			Trajectoire DFCAF N=9, 4%		
	OR	95%CI	P-valeur	OR	95%CI	P-valeur
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	1,00	0,40-2,49	0,98	<b>2,92</b>	0,43-19,5	<b>0,04</b>
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,39	0,08-1,76	0,22	1,51	0,10-21,4	0,16
<b>Diabète</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,49	0,13-1,81	0,29	2,76	0,38-20,0	0,31
<b>Surpoids</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	1,14	0,48-2,71	0,75	5,35	0,81-35,2	0,08
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,48	0,21-1,05	0,06	0,66	0,10-4,01	0,31
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,80	0,36-1,78	0,59	3,71	0,44-31,0	0,22
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	1,17	0,40-3,37	0,76	2,56	0,35-18,5	0,35
<b>GDS</b>						
<9	1,00	Référent		1,00	Référent	
>9	0,63	0,29-1,39	0,25	0,19	0,02-1,85	0,15
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	1,10	0,37-3,27	0,85	<b>14,6</b>	1,74-22,1	<b>0,001</b>

#### II.4.2.3.2.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires

Aucun des facteurs n'a montré un lien statistiquement significatif avec la trajectoire de perte légère d'indépendance fonctionnelle (Tableau II. 46).

Quand à la trajectoire de déclin constant de l'autonomie, les facteurs de risqué qui lui sont spécifiques sont la dénutrition et la dispense d'aide financière.

Ainsi, le fait d'être dénutri comparé à bonne nutrition protéinée serait associé à une trajectoire de dépendance sévère pour les activités de la vie quotidienne avec une probabilité de l'ordre de 14 (OR=14,6, IC 95% 1,74-22,1, p=0,001). De même, avec un risque un peu plus bas (OR=2,92, IC 95% 0,43-19,5, p=0,04), l'absence d'une aide financière semblerait être associé à la trajectoire.



Tableau II. 46 : Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle.

Critères	Constante uniquement	Constante et variables explicatives
AIC	278,277	313,722
-2 Log L	267,499	238,275
Tests de diagnostic	Khi-2	P>Khi-2
Rapport de vraisemblance	29,2237	0,0036
Wald	20,5555	0,0573

La valeur du test du rapport de vraisemblance issue du modèle de régression équivaut à 29,22 (Tableau II. 47). Certaines variables prédictives emmènent significativement de l'information dans l'explication des valeurs prises par la variable dépendante au sens du test de vraisemblance.

La valeur du pseudo  $R^2$  de Faden correspondant est de l'ordre de :  $R_{MF}^2 = \frac{(238,275)/2}{(267,499)/2} = 0,89$ .

La valeur du  $R^2$  révèle que notre modèle se démarque bien du modèle trivial ou modèle comportant que la seule constante uniquement.

Tableau II. 47: Matrice de confusion

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Groupe 1	175	1	0
Groupe 2	35	1	0
Groupe 3	7	2	0

Le taux d'erreur de classification associé au modèle était de 20%. Le taux de succès correspondant est donc de 80% (Tableau II. 48).

## II.4.2.4. Classification ascendante hiérarchique

### II.4.2.4.1. Choix du nombre optimal de groupes par critère de Ward

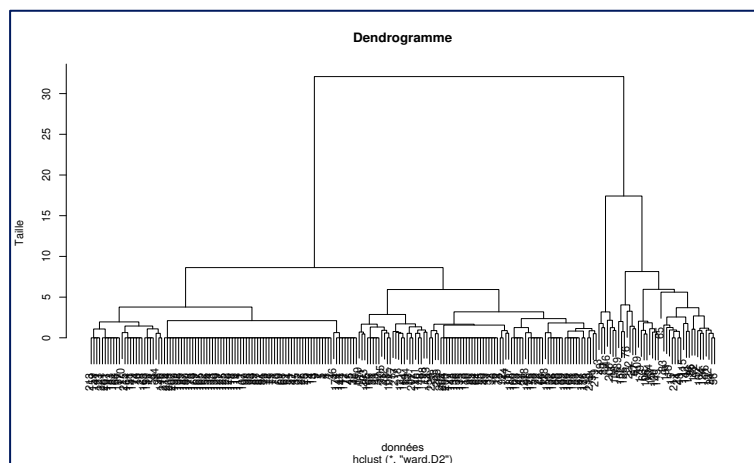


Figure II. 17 : Partition des individus en 3 groupes.



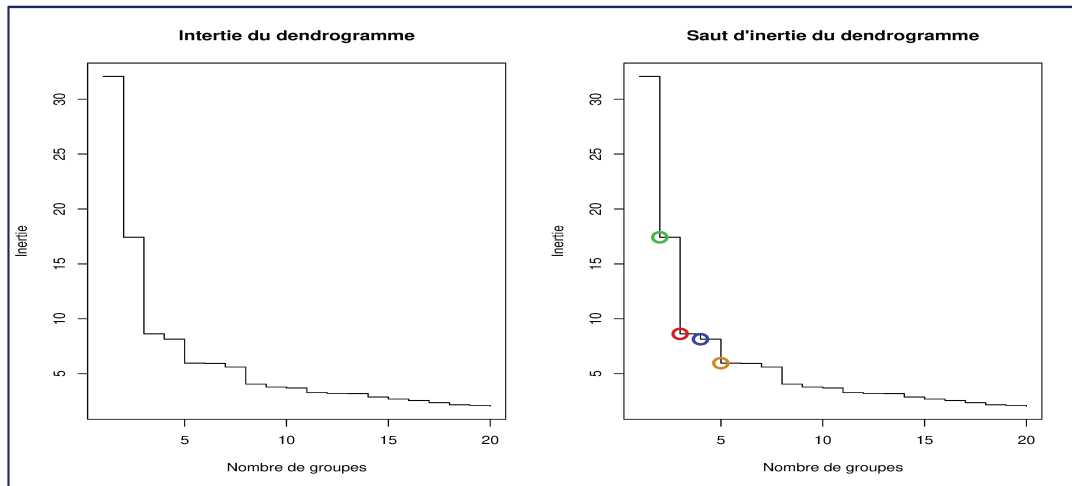


Figure II. 18 : Choix du nombre optimal de groupes par critère de saut d'inertie.

Sur le graphe à gauche (inertie du dendrogramme) de la *Figure II. 18*, on note trois sauts d'inertie assez nets à 2, 3, 4 et 5 groupes. Le graphe à droite (saut d'inertie du dendrogramme), représente les trois sauts en vert, en rouge et en bleu. Le nombre optimal de groupes retenu au sens du critère de Ward était de 3.

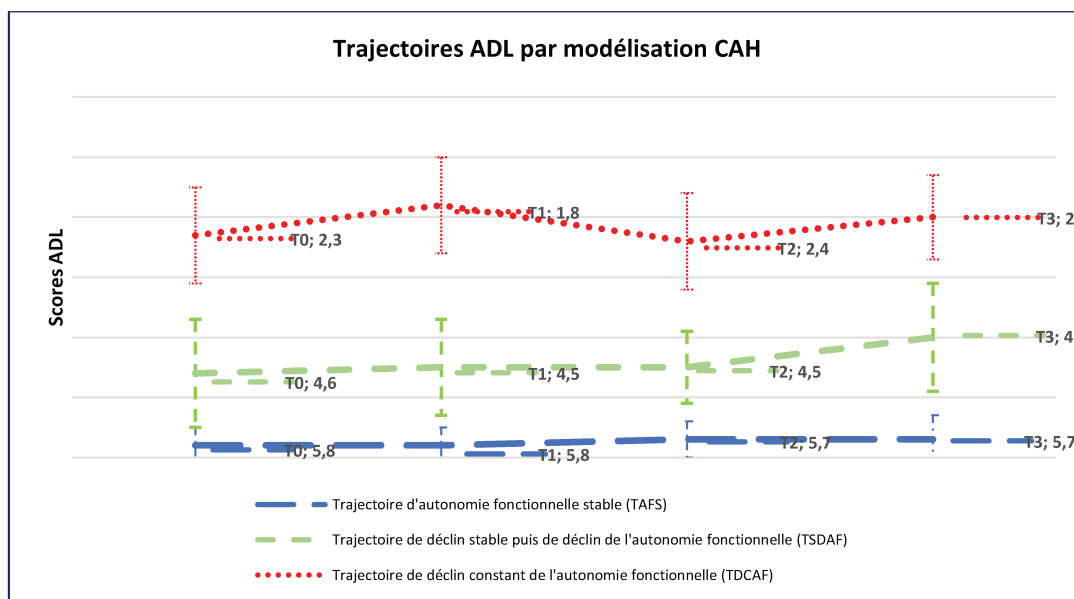


Figure II. 19 : **Trajectoires d'autonomie fonctionnelle pour la méthode du CAH.** Trois groupes se sont distingués en termes d'autonomie pour les ADLs au cours de la période des 24 mois de suivi.

La *Figure II. 19* présente les trajectoires de l'ensemble des patients de l'étude. Le groupe 1 (n=76%) montre une trajectoire d'autonomie stable dans le temps composée d'individus autonomes pour les activités de la vie quotidienne. Le groupe 2 (n=19%) révèle une trajectoire d'autonomie stable jusqu'à  $T_2$  puis linéairement croissante dans le temps à un rythme rapide. La trajectoire regroupe des sujets dépendants pour au moins deux tâches de la vie quotidienne. Le groupe 3 (n=5%) présente une trajectoire instable dans le temps avec un rythme variable entre deux temps ; ce dernier groupe est constitué de sujets ayant une



dépendance sévère pour les activités de la vie quotidienne. Les moyennes de ces groupes sont illustrées dans le Tableau II. 49 ci-dessous.

Tableau II. 48 : Moyennes des ADLs par classification ascendante hiérarchique.

Moyennes ( $\pm$ écart-types)				
Groupes	$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$
Groupe 1 (168, 76%)	5,8(0,3)	5,8(0,3)	5,7(0,3)	5,7(0,3)
Groupe 2 (42, 19%)	4,6(0,9)	4,5(0,8)	4,5(0,6)	4(0,9)
Groupe 3 (11, 5%)	2,3(0,8)	1,8(0,8)	2,4(0,8)	2(0,7)

Les proportions de personnes estimées, les moyennes et les écart-types des scores ADL issus de la classification ascendante hiérarchique sont représentés dans le Tableau II.48. Les trois groupes peuvent être interprétés comme suit.

Le groupe 1 (trajectoire stable) comprend environ deux tiers des sujets soit 76% soit 2/3 ( $n = 168$ ). Leur moyenne était de 5,8 à  $T_0$  et 5,7 à  $T_3$ .

Le groupe 2 (trajectoire de perte légère de l'autonomie fonctionnelle) était composé de 19% des participants ( $n = 42$ ). La moyenne des ADLs de ce groupe variait entre 4,6 à  $T_0$  et 4 à  $T_3$ . On note une diminution entre la visite d'inclusion et la visite de fin d'étude.

Le groupe 3 constitué de 5% des sujets ( $n = 11$ ) présente une moyenne très faible variant entre 2,3 à  $T_0$  et 2 à  $T_3$ . Le score moyen du groupe semble diminuer plus avec le temps. Le groupe est décrit par une trajectoire de perte constante de l'autonomie fonctionnelle pour la réalisation des ADLs.

Tableau II. 49 : Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de  $\chi^2$

Caractéristiques et facteurs de risques	Trajectoire AFS N=168, 76%	Trajectoire DFSAF N=42, 19%	Trajectoire DFCAF N=9, 4%	P-valeur
	N(%)	N(%)	N(%)	
<b>Aide financière</b>				
Aucune assistance	132(79)	32(76)	3(33)	0,04
Assistance	36(21)	11(24)	6(67)	0,20
<b>Loisirs</b>				
Non	5(3)	7(17)	2(22)	0,004
Oui	163(97)	36(83)	7(78)	0,63
<b>Incontinence urinaire</b>				
Non	103(61)	26(62)	2(22)	0,05
Oui	65(39)	17(38)	7(78)	0,61
<b>Sédentarité</b>				
Non	114(68)	25(60)	3(33)	0,04
Oui	54(32)	18(40)	6(67)	0,45
<b>MMSE</b>				
$\geq 24$	144(86)	34(81)	3(33)	0,19
$< 24$	24(14)	9(19)	6(67)	0,03
<b>GDS</b>				
$> 9$	67(40)	23(55)	7(78)	0,41
$< 9$	100(60)	20(45)	2(22)	0,02
<b>MNA</b>				
$\geq 24$	143(85)	31(74)	2(22)	0,74
$< 24$	25(15)	12(26)	7(78)	0,008

L'absence d'une aide financière prédispose à l'appartenance aux trajectoires stable et légèrement stable par rapport à la trajectoire de perte constante de l'autonomie. Les taux





respectifs correspondants sont de 79% et 76%. Un peu plus de la moitié de la population de ces deux trajectoires n'est pas sédentaire. On enregistre 60% de sujets non dépressifs dans la trajectoire stable (Tableau II. 50).

Près de 22% des sujets qui présentent une dépendance sévère pour les activités de la vie quotidienne n'ont pas de loisirs. 67% ont des troubles neurocognitifs et 78% sont dénutris (Tableau II. 50).

#### II.4.2.4.2. Analyse univariée

Tableau II. 50: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire DFSAF N=42, 19%			Trajectoire DFCAF N=9, 4%		
	OR	95%CI	P-valeur	OR	95%CI	P-valeur
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	1,26	0,57-2,74	0,55	<b>7,33</b>	1,74-30,7	<b>0,006</b>
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,15	0,04-0,52	0,21	0,10	0,01-0,65	0,01
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,68	0,34-1,35	0,27	0,30	0,06-1,48	0,14
<b>Diabète</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,33	0,09-1,14	0,08	2,21	0,52-9,32	0,28
<b>Surpoids</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,68	0,30-1,52	0,35	<b>3,22</b>	0,82-12,5	<b>0,09</b>
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,45	0,22-0,91	0,02	0,67	0,17-2,60	0,57
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	1,03	0,52-2,05	0,91	<b>5,54</b>	1,11-27,5	<b>0,03</b>
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	1,58	0,67-3,72	0,28	<b>12,0</b>	2,81-21,2	<b>&lt;0,001</b>
<b>GDS</b>						
<9	1,00	Référent		1,00	Référent	
>9	0,58	0,29-1,14	0,11	0,19	0,03-0,95	0,04
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	<b>2,21</b>	1-4,88	<b>0,04</b>	<b>20,0</b>	3,93-31,9	<b>&lt;0,001</b>
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,87	0,23-3,22	0,84	<b>3,89</b>	0,71-21,2	<b>0,11</b>
<b>Sédentarité</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	1,40	0,66-2,97	0,38	<b>24,3</b>	1,33-45,9	<b>0,03</b>

##### II.4.2.4.2.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires

L'absence d'une aide financière, le surpoids, l'incontinence urinaire, les troubles neurocognitifs, la dénutrition et la sédentarité semblent être statistiquement associés à la



trajectoire de dépendance sévère pour les activités de la vie quotidienne. Ces facteurs sont indépendamment associés à la trajectoire (Tableau II. 51).

La dénutrition serait le facteur prédictif commun aux deux trajectoires (Tableau II. 51).

### II.4.2.4.3. Analyse multivariée

Tableau II. 51: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique.

Facteurs prédictifs	Trajectoire DFSAF N=42, 19%			Trajectoire DFCAF N=9, 4%		
	OR	95%CI	P-valeur	OR	95%CI	P-valeur
<b>Aide financière</b>						
Assistance	1,00	Référent		1,00	Référent	
Aucune assistance	0,80	0,33-1,96	0,63	<b>5,30</b>	0,53-12,2	<b>0,048</b>
<b>Loisirs</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,20	0,04-0,86	0,08	0,57	0,03-9,62	0,70
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	1,00	Référent		1,00	Référent	
Non	0,92	0,43-2,07	0,90	0,34	0,02-4,22	0,40
<b>Diabète</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,38	0,10-1,40	0,14	1,60	0,15-16,3	0,68
<b>Surpoids</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,88	0,37-2,12	0,78	<b>6,76</b>	0,73-12,0	<b>0,03</b>
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,39	0,18-0,87	0,12	1,48	0,14-15,9	0,74
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	0,93	0,43-2,02	0,86	<b>6,62</b>	0,44-8,39	<b>0,04</b>
<b>MMSE</b>						
≥24	1,00	Référent			Référent	
<24	1,64	0,60-4,44	0,32	1,16	0,10-12,7	0,90
<b>GDS</b>						
<9	1,00	Référent		1,00	Référent	
>9	0,69	0,32-1,48	0,34	0,18	0,01-2,15	0,17
<b>MNA</b>						
≥24	1,00	Référent		1,00	Référent	
<24	1,53	0,55-4,23	0,40	<b>14,6</b>	1,26-68,1	<b>0,03</b>
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	1,02	0,26-3,81	0,97	2,51	0,14-23,8	0,52
<b>Sédentarité</b>						
Non	1,00	Référent		1,00	Référent	
Oui	1,40	0,66-2,97	0,38	<b>24,3</b>	1,33-45,9	<b>0,03</b>

#### II.4.2.4.3.1. Association entre les critères de l'EGG et les trajectoires

Aucune variable explicative ne semble prédire l'assignation à la trajectoire de perte légère de l'autonomie fonctionnelle. Cependant, on note que l'absence d'une aide financière (OR=5,30, IC 95% 0,53-12,2, p=0,048), le surpoids (OR=6,76, IC 95% 0,73-12, p=0,03), l'incontinence urinaire (OR=6,62, IC 95% 0,44-8,39, p=0,04), la dénutrition (OR=14,6, IC 95% 1,26-68,1, p=0,03) et la sédentarité (OR=24,3, IC 95% 1,33-45,9, p=0,03), seraient



statistiquement associés à la trajectoire de déclin constant de l'autonomie fonctionnelle (Tableau II. 52).

Par exemple, être sédentaire, dénutri augmenterait le risque pour un patient d'avoir une dépendance sévère pour la réalisation des activités de la vie quotidienne. En d'autres termes, un patient sédentaire est exposé à un risque d'environ 24 fois plus élevé d'être assigné à la trajectoire de déclin constant de l'autonomie fonctionnelle par rapport à un sujet physiquement actif. Par rapport au sujet qui présente un bon état nutrition, le patient dénutri présente un risque 15 fois plus élevé d'avoir un parcours d'autonomie constamment altérée et par conséquent une dépendance sévère pour la réalisation des activités de la vie quotidienne (Tableau II. 52).

Tableau II. 52: Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle.

Critères	Constante uniquement	Constante et variables explicatives
AIC	291,990	275,117
-2 Log L	287,990	235,117
Tests de diagnostic	Khi-2	P>Khi-2
Rapport de vraisemblance	52,8732	<,0001
Wald	32,1992	0,0208

Le test de rapport du maximum de vraisemblance trouvé était de 52,87 présenté dans le tableau 2,39. On conclut que certaines variables prédictives emmènent significativement de l'information dans l'explication des valeurs prises par la variable dépendante.

La valeur du pseudo  $R^2$  de Faden correspondant est de l'ordre de :  $R_{MF}^2 = \frac{(235,117)/2}{(287,990)/2} = 0,82$

Le modèle estimé semble se démarque bien du modèle avec la seule constante.

Tableau II. 53: Matrice de confusion

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Groupe 1	164	4	0
Groupe 2	38	4	0
Groupe 3	5	3	1

Le taux d'erreur de classification était de 24%. Le taux de bon classement était de 76%. Le modèle a donc reclassé 24% des patients (Tableau II. 54).

**Synthèse de la deuxième étude** : à l'image de la modélisation du SMAF, nous avons testé des modèles de trajectoires à deux, trois, quatre, cinq, six et sept groupes pour les trois techniques de classification en utilisant les méthodes suivantes : GBTM, k-means et classification ascendante hiérarchique. Nous avons trouvé 3 comme nombre optimal de groupes en fonction duquel devrait être classés les patients de notre population d'étude.

Le test d'ANOVA a révélé que pour chaque méthode, il existe une différence significative entre les différents groupes.

Les résultats des modèles finaux (modèles comportant que les facteurs pertinents ou modèle multivarié dans ce cas) ont montré que certains critères de l'EKG semblent prédire de façon significative l'appartenance aux groupes de trajectoires de dépendance dans la réalisation



des tâches élémentaires de la vie quotidienne. Ces facteurs sont : l'absence d'une aide financière et la dénutrition pour la trajectoire de déclin sévère. En ce qui concerne la trajectoire de perte légère de l'autonomie fonctionnelle, aucun facteur ne semblait être statistiquement associé.

## **II.5. Discussion**

Nous avons démontré que les patients de la cohorte suivent différentes évolutions de l'autonomie fonctionnelle sur une période de 24 mois. La modélisation de la trajectoire par Group-Based Trajectory Modeling, k-means et classification ascendante hiérarchique suggère une classification similaire de la population initialement hétérogène en des groupes d'autonomie fonctionnelle relativement homogènes. Cette classification est valable non seulement pour chaque méthode, mais aussi pour chacune des deux études.

### **II.5.1. Les trajectoires**

La modélisation des trajectoires d'autonomie fonctionnelle en ce qui concerne deux indicateurs à savoir le SMAF et les ADLs, au sein d'une population âgée de 75 ans et plus a permis d'identifier sur une période observationnelle de deux ans, trois types de personnes âgées suivant trois trajectoires d'autonomie fonctionnelle possible. Une trajectoire stable, une trajectoire stable puis altérée qui traduit une perte légère de l'autonomie et une trajectoire continuellement croissante traduisant une perte constante de l'autonomie.

Nous avons pu observer qu'un peu plus de la moitié de la population était autonome au moment de l'inclusion et tout au long du temps de suivi. L'autre moitié a montré des scores au-dessus du seuil PRISMA (Raïche et al., 2008) (Dubuc et al., 1999) pour l'indicateur SMAF et en dessous du seuil de Katz (Katz and Akpom, 1976) pour les ADLs. Les individus présentant des scores moyens faibles pour le SMAF et élevés pour les ADLs représentent le profil type de la personne indépendante. Parallèlement, les participants qui ont montré des scores SMAF élevés et à l'inverse de faibles scores ADLs décrivent le profil du sujet dépendant.

À notre connaissance, aucune étude n'a fait recours aux scores SMAF pour estimer des trajectoires distinctes de l'autonomie fonctionnelle pour les données longitudinales en population gériatrique. La plupart des études longitudinales sur le sujet font recours soit aux ADLs (Wolinsky et al., 1993) (Jonkman et al., 2018), soit à la grille AGGIR (Carrière, 2005). Les travaux de Jonkman ont identifié 3 trajectoires distinctes d'incapacité fonctionnelle sur une période de suivi de 9 ans en utilisant des scores ADL. Dans l'étude de Carrière (Carrière, 2005), l'auteur exploite la grille AGGIR pour évaluer l'autonomie et le handicap des personnes âgées. D'autres recherches sur données longitudinales ont utilisé les 14 profils iso-SMAF (Bressé and Dutheil, 2004). Notre étude sur données longitudinales a donc produit les premiers résultats des trajectoires du SMAF chez la personne âgée vivant à domicile. Elle a mis en évidence des différences entre les personnes âgées du Limousin en matière de perte d'autonomie.



## **II.5.2. Facteurs prédictifs des trajectoires**

### **II.5.2.1. Première étude**

Notre première étude a montré des inégalités en termes d'occupation professionnelle et de niveau d'éducation dans la population. L'appartenance des patients à une trajectoire stable mais qui se détériore dans le temps, ou à une trajectoire continuellement altérée a été influencée par des variables sociodémographiques et cliniques. Certaines recherches suggèrent que le risque d'incapacité dépend non seulement de l'état de santé de la personne mais aussi de facteurs liés à des caractéristiques sociodémographiques comme l'âge et le niveau de scolarité (Bressé and Dutheil, 2004).

#### ***Group-Based Trajectory Modeling***

La profession "agriculteur" a été associée à une trajectoire initialement stable puis dégradée, et "ouvrier" à une trajectoire continuellement dégradée. Cela reflète une différence de présentation entre ces deux profils de personnes. Quand à l'absence de loisirs, elle a eu un impact important sur la trajectoire initialement stable puis dégradée. Le manque d'aide financière et humaine, la non-adhésion à une association ou un club de personnes âgées semblent être significativement associés à un parcours de déclin constant de l'autonomie.

L'état de certaines personnes âgées nécessite la présence d'une assistance professionnelle pour exécuter les activités du quotidien. Bien qu'il existe des dispositifs d'aides sociales dans ce sens, la promotion de la continuité de ces aides est préconisée pour soutenir cette population ou les proches aidants afin de ralentir le déclin fonctionnel de l'indépendance. Cependant, il faut garder à l'esprit qu'une partie (une minorité) des personnes âgées en situation complexe refusent le plus souvent ces propositions d'aides et soins proposés (Balard and Somme, 2011). Selon l'étude de Davin (Davin et al., 2006), une personne de 60 ans ou plus vivant à domicile sur trois déclare un besoin d'aide pour la réalisation d'au moins une activité de la vie quotidienne ou une activité instrumentale de la vie courante. Ces études mettent en lumière le besoin d'aides sociales chez la personne âgée et concordent ainsi avec notre recherche. Si notre travail retrouve une corrélation entre le manque d'assistance et la dépendance, d'autres révèlent que l'aggravation de la dépendance serait associée à l'utilisation accrue de l'aide de plus d'un membre de la famille (aide humaine), et à l'augmentation de la prestation des services sociaux (Vetter et al., 1992). Face à ces contradictions devraient être mises en place des solutions adaptées aux besoins de la personne.

Dans une étude menée par Rousseau et ses collaborateurs (Rousseau et al., 1995) qui explorent les relations entre le bien-être psychologique des personnes âgées et un ensemble de dimensions se rapportant aux activités, aux caractéristiques personnelles et au milieu de vie, les auteurs tentent de déterminer les facteurs contribuant au bien-être psychologique des sujets autonomes. L'étude démontre que la présence d'un réseau social en (adhésion à une association) constitue un des meilleurs prédicteurs du bien-être psychologique. L'intégration sociale des personnes âgées contribuerait fortement à un maintien de l'autonomie.



Les comorbidités médicales, les troubles neurocognitifs et les antécédents de chute se sont avérés être liés à une évolution continue de la dépendance et contribueraient par conséquent au risque de perte d'autonomie.

Selon Bressé (Bressé and Dutheil, 2004), les maladies graves sont des facteurs de risque de perte d'autonomie. Ceci montre un renforcement possible entre la perte d'autonomie fonctionnelle et les troubles de santé.

Soto et ses collaborateurs (Soto et al., 2006) ont rapporté que la perte d'autonomie évaluée à l'aide des scores ADL et IADL était un facteur de risque significatif de déficit cognitif (MMSE < 16). Dans une étude de l'ORS (Observatoire Régional de la Santé, 2014), les troubles cognitifs représentaient la quatrième cause de la perte d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées après les maladies liées à l'âge, la fragilité et le mode de vie (Trillard, 2011). Les complications cognitives favorisent la perte d'autonomie de la personne âgée. Selon les travaux de Rainfray, il apparaît que même dans le vieillissement normal, il arrive que des troubles cognitifs apparaissent avec l'âge. Ceux-ci atteignent la mémoire, les fonctions exécutives et les capacités attentionnelles (Rainfray, 2015). Ainsi pour cette population, une aide serait nécessaire pour accomplir les actes de la vie de tous les jours.

Les chutes, fréquentes chez les personnes âgées, sont un facteur de risque majeur de perte d'autonomie (Tchalla et al., 2014). Des résultats similaires ont été signalés dans de nombreux autres travaux. Des analyses de trajectoires antérieures avec des échantillons de personnes âgées, ont montré que la peur de chuter est un prédicteur de la trajectoire de déclin fonctionnel (Jonkman et al., 2018).

### ***K-means***

Le mode vie "divorcé(e)" ou en "union libre", le manque d'aide financière, humaine, le risque de sarcopénie, la présence de troubles neurocognitifs et la dénutrition protéinée ont été trouvés comme prédicteurs d'une trajectoire de dépendance légère.

Les travaux de Hacıhasanoğlu (Hacıhasanoğlu et al., 2012) dont l'objectif était d'étudier le niveau de solitude, de déterminer le niveau de dépendance, ont montré une relation significative entre la situation maritale et la dépendance de la personne âgée. Dans une étude parallèle, il a été révélé que la vie en couple à domicile devient plus fréquente à mesure que la perte d'autonomie devient plus sévère surtout pour les hommes (HCFEA, 2017). Le lien a été moins marqué chez les femmes car la présence d'un conjoint qui aide doit probablement expliquer la possibilité de rester à domicile avec un tel niveau de perte d'autonomie (HCFEA, 2017).

La sarcopénie est définie par un syndrome dont la principale caractéristique est une perte progressive et généralisée de la masse et de la force des muscles squelettiques avec un risque d'effets indésirables tels qu'une incapacité physique, une mauvaise qualité de vie et la mort (Bravo-José et al., 2018). Le risque de sarcopénie a montré une probabilité accrue de dépendance physique dans les travaux de Tanimoto (Tanimoto et al., 2013), Dos Santos (dos Santos et al., 2017) et Baumgartner (Baumgartner et al., 1998). Ainsi, la perte de la masse musculaire squelettique ou de la seule fonction musculaire augmenterait le risque de perte d'incapacité physique dans la population âgée (dos Santos et al., 2017). Dépendance



physique entraînant une limitation dans la mobilité, les activités du quotidien. L'ampleur du problème de santé publique posé par la sarcopénie devient majeure.

Notre recherche montre une association significative entre la dénutrition protéinée et la trajectoire de déclin fonctionnel léger. D'après la HAS (HAS, 2007), la dénutrition provoquerait ou aggraverait un état de fragilité et/ou de dépendance et contribuerait au développement de morbidités dans cette population. Elle est également associée à une aggravation du pronostic des maladies sous-jacentes et augmente le risque de décès.

### ***Classification ascendante hiérarchique***

En ce qui a trait à la modélisation issue de la classification ascendante hiérarchique, la catégorie "agriculteur", le mode de vie "divorcé(e)" et "union libre" et le risque de sarcopénie ont été associés à la trajectoire initialement stable mais qui se dégrade par la suite. L'absence d'aide financière, humaine, le risque de sarcopénie, le déclin cognitif et la dénutrition ont été identifiés comme facteurs prédictifs de la trajectoire de déclin continu. La non-appartenance à une association était un prédicteur commun aux deux trajectoires de déclin fonctionnel. Ces facteurs ont tous été discutés dans les sections précédentes.

#### **II.5.2.2. Deuxième étude**

Basée sur les échelles ADLs pour identifier les trajectoires évolutives de l'indépendance fonctionnelle pour les activités de la vie courante, cette seconde étude a permis d'appuyer et de légitimer les résultats de la première étude qui a eu recours aux échelles du SMAF.

### ***Group-Based trajectory Modeling***

Les classifications suggérées par le modèle GBTM montrent des profils évolutifs d'autonomie différents les uns des autres, ainsi que des caractéristiques démographiques et cliniques différentes. Nous avons pu constater que les trois quarts des personnes dépendantes dans la réalisation des activités de la vie courante bénéficiaient d'une aide financière. Parmi eux, 25% n'avaient pas d'activités occupationnelles. La prévalence des troubles neurocognitifs était significativement élevée (62%) dans cette population.

La polymédication, la dyslipidémie et la perte de poids involontaire étaient statistiquement associées à la trajectoire de perte stable et légère de l'autonomie fonctionnelle.

La relation entre l'usage des médicaments quotidien (plus de 3 médicaments par jour) et la détérioration de l'autonomie fonctionnelle pour les activités de la vie quotidienne était non négligeable. Selon l'étude de la HAS, la polymédication des personnes âgées serait en lien avec leur fragilité. Sachant que le phénotype de fragilité augmente le risque de dégradation de la santé et d'évolution vers la dépendance (Herr et al., 2018). Pour pallier ce problème, il est préconisé d'ajuster et de simplifier le traitement médicamenteux des patients (HAS, 2014) ou de réduire la polymédication. Outre les dépenses inquiétantes (des organismes d'assurance maladie) qu'elle engendre, la polymédication induit une iatrogénie médicamenteuse à laquelle le sujet âgé est particulièrement sensible et entraîne les hospitalisations. Elle génère ainsi un véritable problème de santé publique (Armand-Branger et al., 2011).



Aux âges avancés, la qualité de vie s'inscrit dans les objectifs prioritaires. Celle-ci passe par la lutte contre les facteurs de risques cardiovasculaires dont la dyslipidémie, le tabac, le diabète, l'hypertension artérielle. Avec un risque relatif plus élevé chez la personne âgée par rapport à la personne d'âge moyen (Christozova et al., 2002), la plupart des dyslipidémies augmentent le risque de complications cardiovasculaires ischémiques. Ainsi, le traitement de cette pathologie pourrait être susceptible de réduire la morbidité cardiovasculaire (Moulin and Vergès, 2016).

La perte de poids involontaire a montré un désavantage sur la perte d'autonomie fonctionnelle dans la réalisation des activités de la vie courante. Aux âges avancés, l'amaigrissement involontaire survient fréquemment chez certaines personnes. L'impact qu'il induit est souvent une perte de masse maigre et de masse osseuse engendrant des conséquences délétères sur un plan fonctionnel (Ghisolfi, 2015). Cependant, quand la perte de poids est associée à de l'activité physique, elle peut être bénéfique pour la performance physique.

L'absence d'aide financière a montré un risque accru pour un patient d'être classé dans une trajectoire de déclin fonctionnel continu et instable.

### ***K-means***

Selon ce modèle, la dénutrition s'est avérée être le seul facteur prédictif de la dégradation de la dépendance fonctionnelle sévère pour les activités de la vie courante.

La dénutrition s'est avérée être un problème fréquent et grave en population gériatrique. Les travaux de Fanello et d'Amaral montrent que l'état nutritionnel de la personne âgée conditionne fortement son état de santé (Fanello et al., 2000) (Amaral et al., 2010). Ces travaux incombent une vigilance particulière à la perte d'autonomie engendrée par le risque d'aggravation de la malnutrition (Fanello et al., 2000). Un bon suivi de l'état nutritionnel et la mise en place de traitements adaptés sembleraient nécessaires et importants.

L'absence d'aide financière s'est également avérée augmenter la probabilité pour un sujet d'être classé dans une trajectoire de déclin fonctionnel continu.

### ***Classification ascendante hiérarchique***

Les prédicteurs de la trajectoire de déclin fonctionnel continu incluaient : l'absence d'aide financière, le facteur de risque cardiovasculaire "surpoids", l'incontinence urinaire, la dénutrition et la sédentarité.

Plusieurs travaux dont ceux de l'ORS en 2014 (Observatoire Régional de la Santé, 2014) montrent que l'inactivité fait partie des causes environnementales de perte d'autonomie fonctionnelle chez sujet âgé. Définie par Berthouze et ses collègues (Berthouze-Aranda and Reynes, 2011) comme un processus physio-psychologique et un facteur de risque pour la santé pour tous, la sédentarité constitue un enjeu majeur de santé publique. Le vieillissement est un processus biologique fondamental qui modifie les capacités du sujet à s'adapter aux contraintes imposées par son environnement physique ou social. L'activité physique a des effets particulièrement bénéfiques pour la population gériatrique. Elle est un





moyen efficace pour ralentir le processus de vieillissement et prévenir les conséquences qui lui sont associées (Vuillemin, 2012). Une préconisation des activités physiques en endurance et des activités de renforcement musculaire est essentielle chez les personnes âgées pour la préservation de l'indépendance fonctionnelle.

L'incontinence urinaire, épidémie silencieuse aux complications générales psychologiques et sociales importantes (Belmin et al., 2016), nécessiterait une prévention précoce pour réduire le risque perte d'autonomie.

Selon les travaux de John et ses collègues (John A. Batsis and al., 2018), l'obésité chez les personnes âgées a des répercussions non seulement sur la morbidité et la mortalité, mais surtout sur la qualité de vie et le risque d'hospitalisation. Les interventions de perte de poids peuvent efficacement conduire à une amélioration de la fonction physique.

### **II.5.3. Forces et Limites des deux études**

La force de nos deux études provient de l'utilisation d'une cohorte unique (cohorte UPASV) constituée de personnes âgées dans l'ex-région Limousin. À notre connaissance à ce jour, les résultats de notre première étude sont uniques dans la littérature scientifique. Notre seconde étude a fait l'objet de nombreux sujets de recherches scientifiques. Grâce aux modèles trouvés, notre travail corrobore en partie avec ceux de la littérature et confirme nos hypothèses de recherche : la population gériatrique ne se décrit pas de la même façon et il existe un lien entre les trajectoires de perte d'autonomie fonctionnelle de la personne âgée et les critères de l'EGG.

Notre travail a montré qu'une grande proportion des sujets est retrouvée exactement dans la même trajectoire quelle que soit la méthode de classification. Pour la première étude, ces proportions sont les suivantes : 55% de la population dans les trajectoires 1, 18% dans les trajectoires 2 et 8% dans les trajectoires 3. Dans la seconde étude, nous avons retrouvé 45%, 14% et 4% de la population pour respectivement les trajectoires 1, 2 et 3. Ainsi, notre travail révèle que plus de la moitié de la population peut maintenir stable une autonomie fonctionnelle à domicile pendant deux ans. Nous avons pu remarquer qu'à tous les niveaux, il existe des facteurs prédictifs constants de la trajectoire de déclin fonctionnel. L'absence d'aide, les troubles neurocognitifs et la dénutrition. La puissance statistique de chacun des modèles estimés excédait 0,73.

Cette étude présente plusieurs limites. Premièrement, la faiblesse de la taille de l'échantillon (221 patients) et la courte période de suivi limitent la généralisation de nos résultats. Afin de généraliser ces résultats, nous prévoyons, dans le cadre de recherches futures, d'évaluer les tendances observées dans d'autres populations gériatriques suivies sur la même durée ou sur des périodes plus longues.

Deuxièmement, nos résultats ont été interprétés sur la base des seuils SMAF établis par les études PRISMA (Raïche et al., 2008) et Dubuc (Dubuc et al., 1999), c'est-à-dire qu'une côte de 16 pour le SMAF indique une perte d'indépendance modérée à grave. Toutefois, ces études ne font pas de distinction entre les patients qui ont pour SMAF=19 et ceux qui ont obtenu un score de 80. Cette inexactitude pourrait constituer une limite dans l'interprétation de notre étude.



Troisièmement, la présence de données manquantes pourrait avoir entraîné des biais dans les estimations. Lorsque le modèle GBTM est utilisé pour l'analyse de trajectoires, l'attrition non aléatoire des individus peut affecter la taille des groupes de trajectoires (Haviland et al., 2011), surtout lorsque les groupes ne sont pas initialement bien séparés (Montagnier, 2014). Dans notre étude, l'attrition des données était principalement attribuable aux décès et à l'institutionnalisation. Cela concernait une minorité de patients. Ainsi, des développements statistiques pourraient être encore nécessaires.

La validation des trajectoires du SMAF et des prédicteurs des trajectoires dans une cohorte plus importante personnes âgées serait nécessaire pour confirmer les associations observées dans notre étude.

## **II.6. Conclusion**

Notre travail montre la variabilité des trajectoires d'autonomie fonctionnelle de la personne âgée. Le parcours de la population gériatrique est variable dans le temps malgré l'intervention de l'UPSAV. Les données exploitées suggèrent que des approches multiples peuvent être nécessaires pour prévenir la perte d'autonomie fonctionnelle chez les personnes âgées vivant à domicile. Ces travaux mettent en avant un rôle favorable et important de l'intervention de l'UPSAV dans cette population. Celle-ci devrait ainsi être encouragée. Malgré que les facteurs de risque varient d'un type de personnes âgées à un autre, notre recherche implique une prévention et un dépistage précoce des parcours de perte d'autonomie à haut risque. Car le dépistage des personnes âgées suivies à domicile retarderait le déclin de leur autonomie.



# Communications et Articles

---

## II.7. Communications affichées



# Loss of independence trajectories of older adults living in community: Results of a cohort study

C BIMOU<sup>1</sup>, M HAREL<sup>2</sup>, C. LAUBARIE-MOURET<sup>3</sup>, N CARDINAUD<sup>4</sup>, J. TRIMOULLAS<sup>5,6</sup>, C. GAYOT<sup>6</sup>, T DANTOINE<sup>1</sup>, A TCHALLA<sup>1,7</sup>

<sup>1</sup>EA 6310 HAVAE Université de Limoges, Limoges; <sup>2</sup>Institut de Mathématiques de Toulouse et École Supérieure du Professorat et de l'Éducation à l'Université de Limoges; <sup>3</sup>Service de Médecine Gériatrique, CHU de Limoges Dupuytren, Limoges; <sup>4</sup>Service de Médecine Gériatrique, Unité de Prévention de Suivi et d'Analyse du Vieillessement, CHU de Limoges Dupuytren, Limoges; <sup>5</sup>Unité de Prévention de Suivi et d'Analyse du Vieillessement, CHU de Limoges Dupuytren; <sup>6</sup>Unité de recherche clinique et de l'innovation en gériatrie, CHU de Limoges Dupuytren, Limoges; <sup>7</sup>Pôle HU de Gérontologie clinique, Service de Médecine Gériatrique, Unité de Prévention de Suivi et d'Analyse du Vieillessement, CHU de Limoges Dupuytren, Limoges

14th International Congress of the European Geriatric Medicine Society, 10-12 October 2018, Berlin, Germany

## Introduction

In France, according to the projections of National Institute of Statistics and Economic Studies (Insee), elderly population aged 75 years and more would increase from 5.2 million in 2007 to 11.9 million in 2060. That of 85 years and more would increase from 1.3 to 5.4 million [1]. It has been observed that this advance of old age is accompanied by chronic diseases, physical, psychological, biological and socio-economic difficulties, dementia, which can lead to a need for help to perform some acts of daily life, a loss of independence and therefore institutionalization.

The loss of independence is the inability for a person to decide, ensure some activities of daily life. Its depends on physical, psychological, biological and socio-economic factors. The loss of independence risks factors knowledge may help to plan appropriate preventive measures to maintain independence.

In this study, we proposed to address patterns of independence loss in a representative sample of older French community aged 75 years and more using independence scores established by the SMAF tools.

## Objectives

- To identify a loss of independence trajectories in community-dwelling
- To identify risk factors associated to trajectories

## Method

The trajectory analysis of independence was performed out on 221 patients from Prevention, Monitoring and Analysis of Ageing Unit (UPSVA) database. Patients were followed at home within 24 months with 6 months interval between follow-ups.

The Functional Autonomy Measurement System (SMAF) was the independence assessing criterion used for this study.

Three methods was used to classify subjects in homogenous groups and performing independence trajectory:

- Group-Based Trajectory Modeling
- k-means
- Hierarchical ascending classification

Multinomial logistic regression was used to identify the predictors of independence loss. The significance threshold 0,05 was used for statistical tests.

## Results

**1.Descriptive analysis of study population:** the average of age was 86.1 (±5). Women represented 64%. Poly-pathology and poly-medication prevalence rate were respectively 88%, 77%. Falls prevalence rate was 62%.

**2.Design of independence trajectories**

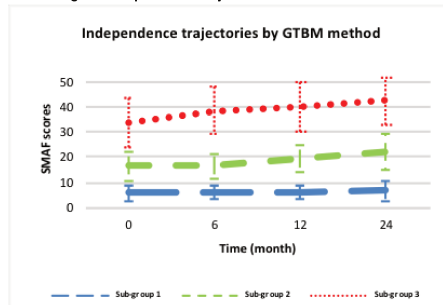


Figure 1: Trajectories of independence among 221 subjects aged over 75 years old in France evaluated from a questionnaire between 2011 and 2013.

**3.Description of independence trajectories:** three trajectories of independence were identify

**Sub-group1, stable-low independence trajectory:** patients already independent and maintain their independence.

**Sub-group2, trajectory initially stable-low, high after first six months :** patients who are moderately autonomous and will stabilize during the first six months but they will naturally degrade.

**Sub-group3, constantly higher trajectory :** participants little more altered who continue to deteriorate but after six months, they will want to stabilize a little by decreasing the slope of degradation.

Table 1: Baseline factors associated with trajectory in multinomial logistic regression and adjusted Odds Ratios.

Sub-group2: Moderately autonomous seniors (n=72, 33%)	Sub-group3: Dependent seniors (n=32, 14%)
- Age (<80 years, OR=2,79)	- Age (<80 years, OR=1,79)
- Profession (Farmer, OR=10,7)	- Profession (Worker, OR=10,3, liberal profession OR=1,21, employe/intermediate profession of the public service, OR=2,26)
- Not attending an association (OR=2,67)	- Financial aid (OR=2,35)
- Poly pathology (OR=3,79)	- Human aid (OR=3,3)
- Fall antecedents (OR=2,72)	- Hobbies (OR=22,21)
	- Poly pathology (OR=4,89)
	- Cognitive disorders (OR=2,12)
	- Undernutrition (OR=1,31)

- The predictors of initially stable-low trajectory, high after first six months were: age, previous profession, not attending an association and the presence of fall antecedents.

- The predictors of constantly higher trajectory were: profession, absence of financial and human aid, absence of hobbies, presence of cognitive disorders and malnutrition.

- School level and poly pathology were common predictors to both trajectory groups (cf Table1).

Example: The ratio of 2.12 for cognitive impairment indicates that an elderly person with cognitive disorders is about 2.12 times more likely to have permanently impaired independence than stable independence.

## Discussion

This study utilized a longitudinal follow-up of elderly subjects to identify the developmental trajectories of independence impairment and found three trajectories with no crossover during the follow-up time. The present study made it possible to examine the course in sample community of older French people.

Most longitudinal studies of elderly people's independence trajectory used either DAL or GIR scores. Our longitudinal study produced the first results using SMAF concerning independence trajectory analysis of elderly people living in a community in France. This study has highlighted the difference between the elderly people in Limousin in loss of independence by identifying three distinct groups' independence.

**Limitation:** the small size of our population (221 participants) and the short observation time (four times) could be a brake on the our results generalization. Despite the small size, the power of our study was 0.75 which is good. In order to generalize our results, we would like to perform a comparative analysis between a population observed over a short time and population observed over a longer period.

## Conclusion

Longitudinal development analysis over two years of follow-up helped to find results of homogeneous groups of independence identification.

On the basis of the results obtained, we can conclude from our study that despite the intervention of the UPSAV, patients do not evolve in the same way. At any level (figure1), UPSAV prevention becomes something useful even if the level of utility is not the same.

Prevention and screening for the loss of independence of the elderly person followed at his place of life should be anticipated in order to delay the degradation.

## References

- Blanpain N., Chardon O., (2010) Projections de population à l'horizon 2060 : Un tiers de la population âgée de plus de 60 ans. Institut national de la statistique et des études économiques (France).
- Institut national de la statistique et des études économiques. Tableau de l'économie française, édition 2014.
- Hébert R., Desrosiers J., Dubuc N., Tousignant M., Guilbeault J., Pinsonnault E. Le système de mesure de l'autonomie fonctionnelle (SMAF). La Revue de Gériatrie. 2003;28:323-336.
- Nagin DS., Odgers CL. (2010) Group-Based Trajectory Modeling in Clinical Research. Annual Review of Clinical Psychology. Vol 6: 109-138.

## Acknowledgments

The authors thank all UPSAV participants and studied individuals for their time and all members of the UPSAV multidisciplinary team.

# Critères d'évaluation de l'autonomie des sujets âgés pour l'analyse d'impact d'une équipe mobile extra hospitalière UPSAV en Haute Vienne



(1) C. BIMOU, (2) M. HAREL, (3) N. TOUMI, (3) J. TRIMOUILAS, (3) C. GAYOT, (3) P. BOUTET, (3) Y. RIBET (3), (3) C. LAUBARIE-MOURET, (1,3) T. DANTOINE



(1) IFR 145 geist : EA 6310 HAVAE (Handicap, Activité, Vieillesse, Autonomie, Environnement), Université de Limoges, (2) ESPE de Limoges et IMT de Toulouse  
(3) Service de Médecine Gériatrique Pole clinique médicale et gériatrie clinique, CHU Dupuytren Limoges

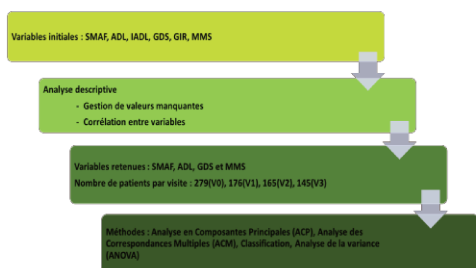
E-mail doctorante : [charlotte.bimou@unilim.fr](mailto:charlotte.bimou@unilim.fr)

37èmes journées de la Société Française de Gériatrie et de Gérontologie (SFGG), 27, 28 et 29 novembre 2017, Paris, France

## Introduction

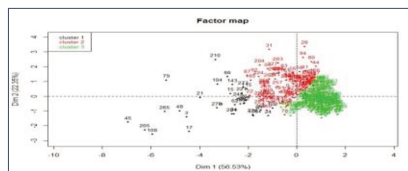
L'équipe mobile gérontologique extra-hospitalière préventive (UPSAV) mise en place depuis 2011 pour prévenir la perte d'autonomie des personnes âgées de 75 ans et plus a suivi pendant 24 mois à domicile, 281 sujets. L'évaluation Gérontologique Globale utilisée a intégré des critères classiques tels que le groupe GIR, les ADL (activités de la vie quotidienne), les IADL (activités instrumentales de la vie quotidienne), la GDS (dépression), le MMS (démence), mais aussi le SMAF (système de mesure de l'autonomie fonctionnelle) validé au Canada (Hébert R., 1982) afin de faciliter la mise en place d'intervention pour l'autonomie. Dans le cadre de l'évaluation de l'efficacité de l'intervention de l'UPSAV, une analyse des critères pertinents a été mise en place.

## Matériels et méthodes



## Résultats

### Nuages des classes de patients



Répartitions des caractéristiques discriminantes de l'évaluation gérontologique globale de 281 patients âgés de plus de 75 ans vivant à domicile et suivies par l'équipe mobile pluridisciplinaire de l'Unité de Prévention, de Suivi et d'Analyse du Vieillesse du CHU de Limoges (UPSAV) à la première visite à domicile.

Le graphique visualise les distances inter-individus selon une métrique adaptée. Les deux coordonnées représentent 77.88 % de la variabilité des données. Les unités des axes (-10 à 4; -3 à 4) représentent les contributions des individus à la construction du plan factoriel sur lequel est représenté 3 classes homogènes de patients. La classe 1 en noir regroupe des patients peu autonomes, dépressifs mais non déments. La classe 2 en rouge est constituée de patients autonomes dont 77% de déments. La classe 3 en vert regroupe des patients autonomes, non dépressifs et non déments.

### Trajectoires des classes de 281 patients suivis par l'UPSAV sur 2 ans selon l'autonomie et les fonctions cognitives



L'analyse de trajectoires montre qu'en 2 ans de suivi par l'UPSAV, les patients se décrivent comme suit:

- Classe 1 : Patients peu autonomes, légèrement dépressifs et déments
- Classe 2 : Patients autonomes, non dépressifs et comportant des déments et non déments
- Classe 3 : Patients robustes, non dépressifs et non déments

## Discussion

L'étude a montré 3 classes de patients suivis par l'UPSAV. L'analyse du niveau socioculturel en fonction des troubles cognitifs, n'a pas noté de surreprésentation d'un niveau socioculturel. L'analyse de l'évolution longitudinale sur deux ans de suivi a permis d'obtenir des résultats préliminaires concernant l'impact de l'intervention de l'UPSAV sur l'autonomie, la thymie et les troubles cognitifs des personnes âgées pris en charge: Le nombre important de sujets restés stables au cours des quatre visites (75% pour la classe 1, 59% pour la classe 2, 83.3% pour la classe 3) ou dont l'état s'est amélioré, semble suggérer que l'UPSAV a un impact positif très intéressant sur l'évolution de l'autonomie, de la démence et de la dépression.

## Conclusion

Ce travail montre que les facteurs discriminant pour l'évolution de l'autonomie des sujets sont le SMAF, la GDS et le MMS. Ces critères permettent d'évaluer l'efficacité d'une intervention gérontologique préventive standardisée.



## **II.8. Communications orales**

Modélisation statistique de données longitudinales d'une cohorte de personnes âgées de plus de 75 ans suivies à domicile, Colloque International, 50<sup>èmes</sup> Journées de la Société Française de Statistique (SFDS), Paris, 28 mai au 1er juin 2018.



## II.9. Articles

### II.9.1. Article soumis

**Bimou C**, Harel M, Laubarie-Mouret C, Trimouillas J, Gayot C, Cardinaud Noelle, Charenton-Blavignac M, Toumi N, Boyer S, Lachal F, Hébert R, Dantoine T, Tchalla A. Patterns and Predictors of Loss of the Independence Trajectory among Community - Dwelling Older Adults. (*En révision, Archives of Gerontology and geriatrics*).



Manuscript Number: AGG-D-19-00541

Title: Patterns and Predictors of Loss of the Independence Trajectory  
among Community-Dwelling Older Adults

Article Type: Full Length Article

Keywords: Prevention  
Predictors  
Loss of the Independence  
Trajectory  
Older Adults

Corresponding Author: Professor Achille Edem Tchalla, MD, PhD

Corresponding Author's Institution: EA 6310 HAVAE, Université de Limoges

First Author: Charlotte Bimou, PhD

Order of Authors: Charlotte Bimou, PhD; Michel Harel, PhD; Cécile  
Laubarie-Mouret, MD; Justine Trimouillas; Noëlle Cardinaud; Caroline  
Gayot, MSc; Sophie Boyer, PhD; Régent Hebert; Jean-Christophe Daviet;  
Thierry Dantoine, MD PhD; Achille Edem Tchalla, MD, PhD

Abstract: Background

Independence is related to the aging process. Loss of independence is  
defined as the inability to make decisions and participate in activities  
of daily living. An enhanced understanding of older people's independence  
and associated risk factors would enable the development of  
interventions.

Methods

Independence trajectory analysis was performed on 221 patients identified  
in the FREEDOM database. Patients followed for 24 months between July  
2011 - November 2013 and benefits from a prevention strategy.  
Independence was assessed using the "Système de Mesure de l'Autonomie  
Fonctionnelle (SMAF)". Group based trajectory modeling (GBTM) was  
performed to identify independence trajectories, and the results were  
compared with those of k-means and hierarchical ascending  
classifications. A multinomial logistic regression was performed to  
identify predictors of the independence trajectory.

Results

Three distinct trajectories of independence were identified including a  
"Stable functional autonomy (SFA) trajectory" (53%), a "Stable then  
decline functional autonomy decline (SDFA) trajectory" (33%) and a  
"Constantly functional autonomy decline (CDFA) trajectory" (14%). Not  
being a member of an association, and previous fall were significantly  
associated of a SDFA trajectory ( $P < 0.01$ ). Absence of financial and human  
assistance, no hobbies, and cognitive disorder were significantly  
associated with a CDFA trajectory ( $P < 0.01$ ). Previous occupation and  
multiple pathologies were predictors of both declining trajectories SDFA  
and CDFA.





## Conclusions

Community-living older persons exhibit distinct independence trajectories and the predictors. The evidence from this study suggests that the prevention and screening for the loss of independence of the elderly person should be anticipated to maintaining autonomy.



**Cover Letter**

*The Editor*

***Archives of Gerontology and Geriatrics***

July 6<sup>th</sup>, 2019

**Patterns and Predictors of Loss of the Independence Trajectory among Community-Dwelling Older Adults**

Dear Editors,

I am pleased to submit the enclosed manuscript to be considered for publication in *Archives of Gerontology and Geriatrics*.

Our study found that in older people aged  $\geq 70$  years, 3 distinct trajectories of independence across 2 years of follow-up can be identified. The three trajectories did not evolve in the same way despite the Geriatric Mobile Team (UPSAV) intervention. Our current data highlight that the majority of older people are stably independent, but the independence of a significant minority decreases over time. We identified various risk factors for the three independence trajectories; these can be used to formulate novel prevention strategies.

This article has not been submitted or accepted for publication elsewhere. It has been seen and approved by all authors. No author has any commercial association that may create a conflict of interest.

We believe our work will be of interest to readers of *Archives of Gerontology and Geriatrics* and look forward to your review.

Sincerely,

Prof. Achille Tchalla, MD PhD

Geriatric Medicine Department,

University Hospital Center of Limoges

Email: [Achille.tchalla@unilim.fr](mailto:Achille.tchalla@unilim.fr)



## **Patterns and Predictors of Loss of the Independence Trajectory among Community-Dwelling Older Adults**

### **Running title: Loss of independence trajectory among older adults**

Charlotte BIMOU PhD<sup>1,2,3</sup>, Michel HAREL PhD<sup>4</sup>, Cécile LAUBARIE-MOURET MD MSc<sup>1</sup>, Justine TRIMOUILLAS MSc<sup>1,3</sup>, Caroline GAYOT MSc<sup>1,3</sup>, Noëlle CARDINAUD MD<sup>1</sup>, Marion CHARENTON-BLAVIGNAC MD<sup>1,2</sup>, Sophie BOYER PhD<sup>1,2,3</sup>, Régent HEBERT MD PhD<sup>5</sup>, Jean-Christophe DAVIET MD PhD<sup>2</sup>, Thierry DANTOINE MD PhD<sup>1,2</sup>, Achille TCHALLA MD PhD<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>CHU de Limoges, Pôle HU Gériatrie Clinique, Service de Médecine Gériatrique, Unité de Prévention de Suivi et d'Analyse du Vieillissement (UPSAV), CHU Limoges F-87042 Limoges, 2 Avenue Martin-Luther King, France.

<sup>2</sup>Université de Limoges ; EA 6310 HAVAE Handicap Activité Vieillissement Autonomie Environnement, Limoges, F-8705, France.

<sup>3</sup>Unité de recherche clinique et de l'innovation en Gériatrie (URCI), Hôpital Jean Rebeyrol, CHU de Limoges, 87042 Limoges, France.

<sup>4</sup>Institut de Mathématiques de Toulouse ; UMR5219, F-31062 Toulouse Cedex 9, France  
École Supérieure du Professorat et de l'Éducation, Université de Limoges ; F-87036 Limoges Cedex, France.

<sup>5</sup>Université de Sherbrooke, Québec, Canada.

#### **Corresponding author**

Prof. Achille TCHALLA, MD PhD

Professor in Geriatric Medicine, University of Limoges

Pôle HU Gériatrie Clinique, F-87042 Limoges, 2 Avenue Martin-Luther King, France.

Email: [Achille.tchalla@unilim.fr](mailto:Achille.tchalla@unilim.fr)

#### **Declaration of interest**

None.



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

## 1. Introduction

According to INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) projections, French elderly population aged  $\geq 75$  years is expected to reach more than 11.9 million and those aged  $\geq 85$  years to reach more than 5.4 million in 2060 (Blanpain and Chardon, 2010). This aging would be accompanied by chronic diseases, physical, psychological, biological and socioeconomic difficulties, dementia that can lead to a loss of independence and institutionalization. Loss of independence is associated with aging, as is disability (Stenholm et al., 2014), and can be defined as the inability make decisions and/or perform activities of daily living. With the aging population growing rapidly, the number of dependent people is increasing (Duée and Rebillard, 2006) (Institut national de la statistique et des études économiques, 2014). Several tools developed to assess older person independence degree including: activities of daily living (ADL) (Katz & al., 1970), instrumental activities of daily living (IADL) (Lawton and Brody, 1969), the Independence Gerontology Iso-Resource Groups (AGGIR) grid (Vetel, 1994), a system for measuring functional independence (SMAF) (Hébert & al., 1988), and the multidimensional evaluation guide Resident Assessment Instrument (RAI) (Hawes et al., 1997). These tools are available or under evaluation in France and in other nations for assessing the needs of older people who have lost their independence.

In this study, we investigated the patterns of independence loss in a representative sample of French community-dwelling adults aged  $\geq 75$  years using the SMAF tools. Most prior studies of the independence trajectories of older adults used the ADL (Wolinsky & al., 1993) (Jonkman et al., 2018) or GIR (Carrière, 2005) score, and those that did use SMAF were descriptive (Hebert et al., 1988) (Dubuc,



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

Hébert, 1999) (Hébert, 1982). The SMAF tool was developed in Canada in 1984 (Hebert et al., 1988), (Gervais & al., 2011), and comprises 29 functions in five categories: ADLs, mobility, communication, mental functions, and IADLs. Each function is evaluated on a four-point scale, as follows: 0 (independence), 0.5 (difficulty), 1 (need for stimulation or supervision), 2 (assistance), 3 (complete help or dependence) (Hébert & al., 1988). The SMAF is available in multiple languages and is used in the clinical setting in, for example, Canada (Quebec) and France. Its validity and reliability have been verified.

As part of the longitudinal follow-up of the UPSAV cohort, we investigated the independence trajectories of elderly people residing in their own homes. Early identification of older person at risk of decline functional autonomy is important for delivering preventive interventions. The aim of this study was to identify elderly people who would benefit from the UPSAV intervention.

**2. Materials and Methods**

**2.2 Study Design and Population**

Subjects were members of the UPSAV prospective and longitudinal study of 221 conducted from July 2011 to November 2013 among community- living persons, aged over 75 years in Limousin, France. Each subject was followed for 2 years and was assessed by a geriatrician at 0, 6, 12, and 24 months. Our time variable (T0, T1, T2, T2, T3) corresponds to the four visits. The inclusion criteria were: age  $\geq$  75 years, registration with the social security system, complementary health or 100% coverage by social security, and the intellectual capacity to understand the protocol and submit to the interventions or mild to moderate dementia (Mini Mental Test Statement [MMSE] score  $\geq$  10). Also, the patient or their legal representative must have provided written informed consent. After inclusion, the study patients have benefited



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

a global geriatric assessment. An intervention plan was established and coordinated by the UPSAV. Thus, the study participants benefited from a prevention strategy during follow-up time. The data were collected through questionnaires.

**2.3 Assessment of Functional Autonomy**

The SMAF enables identification of older people with functional loss of independence and determination of their needs. SMAF is a quantitative variable ranging from 0 to 87 points (Hébert, 1982) (Hébert & al., 1988). We chose this variable because it has never been the subject of a study of elderly people's autonomy trajectories and it is quite complete compared to other tools.

**2.4 Potential predictors**

The explanatory variables considered as potential predictors of independence trajectory included sociodemographic: age, sex, occupation, educational level, place of housing, type of housing, place of residence, marital status, lifestyle, monthly income, financial, human and technical assistance, hobbies, association membership. The health-related variables were: comorbidities (Deswarte, 2018), daily medications (Organization, 2004), urinary incontinence, anal incontinence, visual disorder, auditory disorder, and communication disorder. Cognitive ability measures consisted the Mini-Mental State Examination (MMSE) (Folstein et al., 1975) (Burns & al., 1998) (Escobar et al., 1986) (Kalafat & al., 2003). Depressive state was evaluated using the 30-points Geriatric Depression Scale (GDS) (Brink et al., 1982). Nutritional status included the Mini Nutritional Assessment (MNA) (Vellas et al., 1997), serum albumin level (Guigoz & al., 1997), body mass index (BMI). Fragility variables included Fried test (Fried et al., 1998) (Fried et al., 2001), 12-point Physical Performance Battery (SPPB) scale (Guralnik & al., 2000), fall during the



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

previous year and unipodal support test (Vellas et al., 1997). Table 1 provides detailed overview of those variables.

## **2.5 Statistical Analyses**

Because of the low rate of the modalities for some variables, we used the flat sorting method was to pre-process the data (Pagès, 2013) (Hernández Morin, 2009). We used the semi-parametric mixed Group-Based Trajectory Model (GBTM) (Nagin & Odgers, 2010) to identify subgroups with different independence trajectories. GBTM is a statistical approach designed to identify clusters of individuals following a similar progression of some behavior over time (Nagin, 1999) (Nagin & Tremblay, 1999). This approach fits a model to longitudinal data using the maximum likelihood function. Based on the distributions of the SMAF scores (minimum=0, maximum=87), we used a censored normal model an option specifically designed to accommodate normal or censored normal distribution (Nagin & Odgers, 2010).

Data management and analysis were performed using TRAJ procedure (<http://www.andrew.cmu.edu/user/bjones>) in SAS software (v. 9.4 for Windows, SAS Institute, Inc., Cary, NC) (Jones & al., 2001). The procedure is focused on trajectory design and modeling unobserved heterogeneity in the data (Arrandale et al., 2006). We used the Bayesian Information Criterion (BIC) (Nagin & Odgers, 2010) to determine optimal number of trajectories. The best model was identified comparing the BIC value between six models; the variables were integrated into the models using the 'risk' tool of the TRAJ procedure. The probability that each subject will be assigned to one of the trajectories was calculated applying the bootstrap method using a sample size of 1,000. We used the maximum-likelihood method to estimate distinctive trajectories which are summarized by a finite set of different polynomial



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

functions. Missing data were managed utilizing multiple imputation, which identifies missing values by performing repeated simulations (Little, 1987). We used PROC MI “multiple imputation procedure” in SAS to manage them. A multinomial logistic regression analysis was performed to analyze the dependence of the explanatory variable and to identify predictive factors. The final model was selected bases on the Bayesian information criterion (Nagin & Odgers, 2010). The alpha level was set at 0.05.

Considering the k-means method (Genolini and Falissard, 2011) (Genolini and Falissard, 2010a), we used the Calinski-Harabasz criterion (Calinski and Harabasz, 1974) to determine the optimal number of trajectory groups. Calinski-Harabasz criterion is based on the combinaison of the within and between groups matrices. We used the “kml” package in R software (v. 3.4.1; Core Team (2014) R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria; <http://www.R-project.org/>) (Genolini and Falissard, 2010b).

To identify the optimal number groups for the hierarchical ascending classification, we used Ward’s aggregation criteria (Ward, 1963) which consists to minimize intragroup inertia and maximize intergroup inertia. The optimal number of trajectories was determined at T0 cutting the classification tree and reflecting the partition with the greatest loss of inertia. Subsequently, we monitored the independence scores of the subjects over time. The method was implemented in R software. Two, three, four, five, six, and seven models of independence trajectories were tested using each of the three methods. Despite the application of those three methods, in this proposal, GBTM is the principal method because it is simple to implement. The method is useful for describing the heterogeneity of SMAF scores evolution, identifying the risk factors, and potentially for informing clinicians about





patients' subgroups who would need more attention to maintain their functional autonomy. According to Twisk (Twisk and Hoekstra, 2012), GBTM was shown to be superior for identifying underlying longitudinal trajectories. The k-means and hierarchical ascending classification were performed to compare the optimal number of trajectory groups with the GBTM.

Thus, for k-means and hierarchical ascending classification, we presented only the results of the trajectory groups. The results of Baseline characteristics and the logistic regression are based on the GBTM method.

### 3. Results

#### 3.1 Overall Description of the Study Sample

**Table 1.** Characteristics of the Study Population.

Sociodemographic Characteristics and Risk Factors	Total sample n=221 <sup>a</sup>	
	No.	%
Age (mean, SD <sup>b</sup> ) 86.1, ±5		
Age		
≥ 80 years	142	64.25
< 80 years	79	35.75
Sex		
Man	72	32.58
Woman	149	67.42
Profession		
House wife, Other occupation	32	14.48
Farmer	16	7.24
Worker	21	9.50
Employee/Intermediate profession in company	41	18.55
Executive manager/entrepreneur	19	8.6
Trader/Liberal professional	47	21.27
Public Service/Executive/Intermediate Occupation	45	20.36
School level		
Secondary/higher education	78	35.29
Can read, write, count	24	10.86
Certificate of Primary Education	84	38.01
College certificate	35	15.84
Type of dwelling		
Apartment/Household	61	27.60
House	160	72.40
Geographical situation		
Rural	100	45.25



	Urban	121	54.75
1	Family situation		
2	Widower	118	53.39
3	Single/Divorced/Free Union	21	9.50
4	Married	82	37.10
5	Lifestyle		
6	In a couple / With a family member	91	41.18
7	Single	130	58.82
9	Family Support		
10	No assistance	110	52.88
11	Assistance	98	47.12
12	Neighbor support		
13	No assistance	99	44.80
14	Assistance	122	55.20
15	Place of residence		
16	Beneficial owner	53	23.98
17	Tenant	38	17.19
18	Owner	130	58.82
20	Revenues		
21	≥2000 €	77	34.84
22	<1000 €	27	12.22
23	Between1000 and 1500 €	53	23.98
24	Between1500 and 2000 €	64	28.96
25	Financial assistance		
26	Not existing	162	76.42
27	Existing	50	23.58
29	Human assistance		
30	No	128	57.92
31	Yes	93	42.08
32	Technical assistance		
33	No	158	94.05
34	Yes	10	5.95
35	Hobbies		
36	No	14	6.36
37	Yes	207	93.64
39	Member of an association		
40	No	119	54.59
41	Yes	99	45.41
42	Comorbidity≥2		
43	No	27	12.22
44	Yes	194	87.78
45	Number of drugs per day>4		
46	No	52	23.53
47	Yes	169	76.47
49	Urinary incontinence		
50	No	131	59.28
51	Yes	90	40.72
52	Anal incontinence		
53	No	211	95.48
54	Yes	10	4.52
55	Visual disorder		
56	No	12	5.43
57	Yes	209	94.57
58	Hearing disorder		
59	No	112	50.68
60			
61			
62			
63			
64			
65			



1	Yes	109	49.32
2	No	221	100
3	Yes	0	0
4	MMS		
5	<24	38	17.27
6	≥24	182	82.73
7	GDS		
8	≥9	87	39.55
9	<9	133	60.45
10	MNA		
11	<24	44	19.91
12	≥24	177	80.09
13	BMI, kg/m <sup>2</sup> , <sup>c</sup>		
14	<21	16	7.34
15	≥21	202	92.66
16	Albuminemia, g/L, <sup>d</sup>		
17	<35	18	8.29
18	≥35	199	91.71
19	Exhaustion		
20	<20%	157	71.36
21	>20%	63	28.64
22	Walking speed on 4.5m,		
23	<20%	45	20.36
24	>20%	176	79.64
25	Endurance		
26	Poor	63	28.51
27	Good	158	71.49
28	Sedentary life		
29	No	143	64.71
30	Yes	78	35.29
31	Involuntary weight loss >4.5kg in the past year,		
32	No	204	92.31
33	Yes	17	7.69
34	SPPB		
35	Reduced performance	124	56.36
36	Intermediate performance	44	20
37	Good physical performance	52	23.64
38	Frailty index?		
39	Fragile	49	22.17
40	Pre-frailty	135	61.09
41	Robust	37	16.74
42	Antecedent of Fall		
43	No	85	38.46
44	Yes	136	61.54
45	Unipodal support <5s, <sup>e</sup>		
46	No	122	55.20
47	Yes	99	44.80

1. <sup>a</sup> One of the patients was missing data and so was excluded from the analysis.

2. <sup>b</sup> Standard deviation.

3. <sup>c</sup> BMI = weight in kilograms divided by height in meters squared.

4. <sup>d</sup> Albuminemia was calculated as described previously [21].

5. <sup>e</sup> One-leg balance (ability to stand on one leg unassisted for 5 s) [20].



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49

**Table 2:** BIC, Calinski-Harabasz Criterion, and Hierarchical Ascending Classification Criterion Values and Predicted Proportions of the Group-Based Trajectory Models.

				Number of patients by group (%)						
	Models	Groups, k <sup>b</sup>	BIC	1	2	3	4	5	6	7
<b>GBTM</b>	1	2	-3229	66.1	33.9	-	-	-	-	-
	2	3	-2424	53	32.5	14.5	-	-	-	-
	3	4	-2669	39.9	28.8	22.2	8.9	-	-	-
	4	5	-2615	18.3	31.9	20.3	20.7	8.7	-	-
	5	6	-2579	17.1	30	21	17.6	10.5	3.6	-
	6	7	-2595	15	25.7	16.4	12.9	16.1	10.2	3.4
<b>K-means</b>	Models	Groups, k <sup>b</sup>	Calinski-Harabasz criterion							
	1	2	402	58.4	41.6	-	-	-	-	-
	2	3	378	35.7	38	26.2	-	-	-	-
	3	4	317	33.5	28.9	13.6	24	-	-	-
	4	5	351	33	28.9	13.1	1.4	23.5	-	-
	5	6	313	34.8	27.1	6.3	6.8	16.7	8.1	-
<b>HAC<sup>a</sup></b>	Models	Groups, k <sup>b</sup>	Ward criterion							
	1	2	16	70.6	29.4	-	-	-	-	-
	2	3	10	59.7	27.6	12.7	-	-	-	-
	3	4	6	59.3	25.4	12.7	2.7	-	-	-
	4	5	5	33	26.7	17.6	19.5	3.2	-	-
	5	6	5	32.1	28.5	16.7	7.7	12.2	2.7	-
	6	7	4	32.1	28.5	16.7	6.8	8.1	5.4	2.3

<sup>a</sup>Hierarchical ascending classification; <sup>b</sup>k, number of groups



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

### **3.3 Patterns of Independence Trajectories**

Figure 1 shows the three trajectory groups formed by the three methods. Among the seven models performed, only the two- and three-group models converged for GBTM method. Therefore, we selected the three-group model for further analysis. Similarly, in the k-means and hierarchical ascending classifications, the model comprising three independence trajectory groups best fit the data. The comparison of the means between the groups was performed using the Tukey test in the ANOVA (Abdi and Williams, 2010).

The GBTM model comprising three groups showed a posterior probability of  $0.73 \pm 0.14$  to  $0.98 \pm 0.17$ . The three groups were: Stable functional autonomy trajectory (SFA) (n=117, average SMAF score between 5.8 and 6.7, 53%, highly independent elderly), Stable then decline functional autonomy decline trajectory (SDFA) (n=72, 33%, mean SMAF score 16.7–21.8, elderly people with moderate-to-severe dependence), and Constantly functional autonomy decline trajectory (CDFA) (n=32, 14%, mean SMAF score 33.7–42.5, dependent elderly). The three trajectory groups obtained by k-means and hierarchical ascending classification showed the similar groups those found by the GBTM and described in the same way. Thus, we obtained for k-means: SFA (n=150, SMAF average 6.4–7.3, 67.9%), SDFA (n=53, 24%, SMAF average 18.8–25.6), and CDFA (n=18, 8%, SMAF average 37.2–42.4). Hierarchical ascending classification showed following groups: SFA (n=136, 62%, average SMAF average 5.1–5.9), SDFA (n=60, 27%, SMAF average 14.2–19.1), and CDFA (n=25, 11%, SMAF average 31.4–37.9).

### **3.4 Baseline characteristics**



Baseline characteristics of the three trajectory groups are presented in Table 3. Across the three trajectory groups, the proportions of these factors differed significantly (all  $p < 0.05$ ), except worker ( $p=0.37$ ), person who can read write and count ( $p=0.30$ ), no hobbies ( $p=0.94$ ), presence of cognitive disorders ( $p=0.44$ ) and protein-calorie malnutrition ( $p=0.52$ ).

**Table 3.** Baseline Characteristics of the Study Population.

Characteristics and Risk Factors	Stable functional autonomy trajectory (SFAT): autonomous elderly N=117, 53%	Stable then decline functional autonomy trajectory (SDFAT): mild autonomous elderly N=72, 33%	Constantly functional autonomy decline trajectory (CDFAT): moderately autonomous elderly N=32, 14%	P-value <sup>a</sup>
	N (%)	N (%)	N (%)	
<b>Age</b>				
≥ 80 years	52 (44.44)	61 (84.72)	29 (90.63)	0.023
< 80 years	65 (55.56)	11 (15.28)	3 (9.38)	<.0001
<b>Sex</b>				
Man	40 (34.19)	23 (31.94)	9 (28.13)	<.001
Women	77 (65.81)	49 (68.06)	23 (71.88)	<.0001
<b>Profession</b>				
House wife, Other profession	18 (15.38)	8 (11.11)	6 (18.75)	0.06
Farmer	4 (3.42)	10 (13.89)	2 (6.25)	0.09
Worker	10 (8.55)	4 (5.56)	7 (21.88)	0.37
Employee/ Intermediate profession in company	25 (21.37)	15 (20.83)	1 (3.13)	<.0001
Executive manager, entrepreneur	12 (10.26)	5 (6.94)	2 (6.25)	0.04
Trader/ Liberal profession	20 (17.09)	19 (26.39)	8 (25.00)	0.10
Employee/Senior/ Intermediate Public Service	28 (23.93)	11 (15.28)	6 (18.75)	0.001
<b>Occupation</b>				
<b>School level</b>				
Secondary/higher education	41 (35.04)	26 (36.11)	11 (34.38)	0.001
Can read, write, count	7 (5.98)	12 (16.67)	5 (15.63)	0.30
Certificate of Primary Education	45 (38.46)	27 (37.50)	12 (37.50)	<.0001
College certificate	24 (20.51)	7 (9.72)	4 (12.50)	0.001
<b>Financial assistance</b>				
No assistance	107 (91.45)	48 (66.67)	13 (40.63)	<.0001
Assistance	10 (8.55)	24 (33.33)	19 (59.38)	0.10
<b>Human assistance</b>				
No assistance	48 (41.03)	54 (75.00)	26 (81.25)	0.01
Assistance	69 (58.97)	18 (25.00)	6 (18.75)	<.0001
<b>Hobbies</b>				
No	4 (3.42)	5 (6.94)	5 (15.63)	0.94

11



1	Yes	113 (96.58)	67 (93.06)	27 (84.38)	<.0001
2	Membership of an association				
3	No	44 (37.61)	51 (70.83)	25 (78.13)	0.02
4	Yes	73 (62.39)	21 (29.17)	7 (21.88)	<.0001
5	Comorbidity $\geq$ 2				
6	No	12 (10.26)	12 (16.67)	3 (9.38)	0.08
7	Yes	105 (89.74)	60 (83.33)	29 (90.63)	<.0001
8	MMSE				
9	$\geq$ 24	105 (90.52)	62 (86.11)	15 (46.88)	<.0001
10	<24	11 (9.48)	10 (13.89)	17 (53.13)	0.44
11	MNA				
12	$\geq$ 24	98 (83.76)	60 (83.33)	18 (56.25)	<.0001
13	<24	19 (16.24)	12 (16.67)	14 (43.75)	0.52
14	Antecedent Fall				
15	No	44 (41.51)	33 (57.89)	13 (44.83)	0.001
16	Yes	62 (58.49)	24 (42.11)	16 (55.17)	<.0001

MMS, Mini Mental State Examination; MNA, Mini Nutritional Assessment; <sup>a</sup>Global test,  $\chi^2$  or Fisher's exact test for binary variables.

### 3.5 Baseline Variables Related to the Independence Trajectories

Table 4 provides the adjusted values of OR from multinomial logistic regression. Multinomial logistic regression revealed that specific baseline characteristics predicted membership within each of the three functional autonomy trajectory groups as compared to the Stable functional autonomy trajectory group. The predictors of Stable then decline functional autonomy decline trajectory were as follows: farmer (OR=10.7, 95% CI=1.09–14.44,  $p=0.041$ ), non-membership of an association (OR=2.67, 95% CI=1.02–7.00,  $p=0.005$ ), and a fall in the previous year (OR=2.72, 95% CI=1.28–5.77,  $p=0.009$ ). The predictors of a Constantly functional autonomy decline trajectory were: worker (OR=10.33%, CI=0.74–15.60,  $p=0.081$ ), lack of financial assistance (OR=2.35, 95% CI=0.09–7.56,  $p=0.009$ ), lack of human assistance (OR=3.30, 95% CI=0.03–8.26,  $p=0.001$ ), lack of hobbies (OR=22.21, 95% CI=1.44–34.25,  $p=0.026$ ), and cognitive disorder (OR=2.12, 95% CI=0.95–10.05,  $p < 0.0001$ ). The previous occupation and multiple pathologies were predictors for both of the above trajectories.



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

**Table 4.** Baseline Factors Associated with Trajectory by Multinomial Logistic Regression Analysis Using the Stable-Low Trajectory Group as the Reference.

Predictors	Stable-low then higher trajectory (N=72, 33%)			Constantly higher trajectory (N=32, 14%)		
	OR <sup>a</sup>	95%CI <sup>b</sup>	P-value <sup>c</sup>	OR <sup>a</sup>	95%CI <sup>b</sup>	P-value <sup>c</sup>
Age						
≥ 80 years	1.00	Referent		1.00	Referent	
< 80 years	0.25	0.10-0.66	0.005	0.19	0.02-1.37	0.10
Profession						
House wife, Other profession	1.00	Referent		1.00	Referent	
Farmer	10.70	1.09-14.44	<b>0.041</b>	0.43	0.09-20.09	0.666
Worker	1.38	0.19-9.97	0.747	10.33	0.74-15.60	0.081
Employee/ Intermediate profession in company	1.47	0.33-6.36	0.606	0.10	0.05-2.25	0.150
Executive manager, entrepreneur	0.83	0.12-5.37	0.847	0.38	0.17-8.48	0.545
Trader/ Liberal profession	1.06	0.65-12.72	0.159	1.21	0.15-9.47	0.856
Employee/Senior/ Intermediate	0.60	0.40-8.24	0.435	2.26	0.21-24.42	0.499
Public Service Occupation						
School level						
Secondary/higher education	1.00	Referent		1.00	Referent	
Can read, write, count	5.30	0.96-9.16	0.055	3.01	0.25-36.42	0.384
Certificate of Primary Education	0.54	0.17-1.70	0.293	0.25	0.04-1.56	0.139
College certificate	0.40	0.11-1.46	0.166	0.19	0.02-1.73	0.142
Financial assistance						
No assistance	1.00	Referent		1.00	Referent	
Assistance	0.36	0.11-1.12	0.071	2.35	0.09-7.56	<b>0.009</b>
Human assistance						
No assistance	1.00	Referent		1.00	Referent	
Assistance	0.24	0.09-0.61	0.003	3.30	1.13-8.26	<b>0.002</b>
Hobbies						
No	1.00	Referent		1.00	Referent	
Yes	1.38	0.21-9.08	0.732	22.21	1.44-34.25	<b>0.001</b>
Membership of an association						
No	1.00	Referent		1.00	Referent	
Yes	2.67	1.02-7.00	<b>0.005</b>	1.05	0.25-4.37	0.056
Comorbidity>2						
No	1.00	Referent		1.00	Referent	
Yes	3.79	1.48-9.68	<b>0.005</b>	4.89	0.95-25.05	0.0565
MMS						
≥24	1.00	Referent			Referent	
<24	0.31	0.27-1.98	0.540	2.12	1.95-10.05	<b>&lt;.0001</b>
MNA						
≥24	1.00	Referent		1.00	Referent	
<24	0.35	0.12-1.04	0.056	1.31	0.51-3.28	0.5632
Antecedent fall						
No	1.00	Referent		1.00	Referent	





Yes 2.72 1.28 - 5.77 **0.009** 1.31 0.52-3.31 0.418

<sup>a</sup> OR: odds ratio.

<sup>b</sup> 95% CI, 95% confidence interval. The probability that the estimates contain the parameter estimated with a margin of error of 5%.

<sup>c</sup> Two-sided p-value.

#### 4. Discussion

Participants in this study typically followed different type of independence trajectory over 24 months following inclusion in a sample community of older French people. Using Group-Bases Trajectory Modeling, k-means, and hierarchical ascending classification techniques to estimate distinct trajectories of longitudinal, our findings shown the same distribution of heterogeneous subjects at the beginning into groups of relatively homogeneous levels of independence. Thus, these three methods suggested that the optimal number of homogeneous groups of independence was three. When the trajectories are coupled with predictive risk factors, it can lead to the implementation of an early preventive strategy by UPSAV

The independence development studied using SMAF scores in elderly people aged over 75 years old helped to identify three groups of elderly people, following three trajectories of possible independence over four observation periods: a first group following a Stable functional autonomy trajectory, a second group following Stable then decline functional autonomy decline trajectory, and a third group following a Constantly functional autonomy decline trajectory.

Approximately a little more than a half of participants had high levels of functional independence upon inclusion that remained high across the independence trajectory. The trajectory of the other half was consistently above the PRISMA threshold (Raïche & al., 2008) (Dubuc & Hébert, 1999). Subjects presenting high



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

levels of independence represented autonomous subjects. However, participants reporting low levels of independence represented dependent subjects.

To our knowledge, no other study has used SMAF scores to estimate distinct trajectories of functional autonomy for longitudinal elderly people's data. Most longitudinal studies on the subject used either ADL scores (Wolinsky et al., 1993) (Jonkman et al., 2018) or AGGIR grid (Carrière, 2005). Jonkman works also identified 3 distinct trajectories of functional decline over a 9-year follow-up using ADL scores. In the study (Carrière, 2005), the author used the AGGIR grid to assess elderly patients' independence and disability; some longitudinal studies used the 14 iso-SMAF profiles (Bressé, 2004). Our longitudinal study produced the first results using SMAF concerning independence trajectory analysis of elderly people living in a community. This study has highlighted differences among elderly people in Limousin with regard to loss of independence identifying three distinct groups with different trajectories of independence.

Our study has highlighted differences in older adults' trajectories of independence in terms of occupation and educational level. Belonging either to a moderately dependent elderly peoples' trajectory or to highly dependent elderly peoples' trajectory was influenced by sociodemographic and clinical variables. Some results suggest that the risk of becoming dependent depends not only on the state of health but also on factors related to sociodemographic characteristics such as age and educational level (Bressé, 2004).

The 'farmer' category was associated with the stable then decline functional autonomy trajectory, and 'worker' with a constantly functional autonomy decline trajectory. This may reflect a differential presentation between this both people. A lack of hobbies had an important impact on the stable then decline functional



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

autonomy trajectory. Membership of the constantly functional autonomy decline trajectory was associated with a lack of financial and human assistance, as well as non-membership in an association, as predictors of loss of independence. Thus, some older people require professional assistance to participate in ADL. Our results indicate that loss of independence by older people is linked to various sociodemographic factors.

Medical comorbidities were associated with higher dependence trajectories and contributed to the risk of loss of independence. According to Bressé (Bressé, 2004), serious illnesses were found to be risk factors for the loss of independence. This shows a possible reinforce between the loss of functional autonomy and the health disorders. Cognitive impairment, and previous falls are predictors of loss of independence. Maria (Soto et al., 2006) reported that loss of independence as assessed using the ADL and IADL scores was a significant risk factor for cognitive deficit (MMSE < 16). Falls, which are frequently experienced by older people, are a major risk factor for loss of independence (Tchalla et al., 2014) (Sirven, 2013). Our trajectory study is useful for the implementation of prevention strategies (Tchalla et al., 2012).

**5. Limitations**

This study has several limitations. First, the population small size (222 subjects) and the short follow-up duration limit the generalizability of our results. But despite that, this study had a power of 0.85. To generalize our results, in future research, we plan to assess the patterns observed in other elderly population monitored within the same as our population or the longer periods.

Secondly, the functional autonomy of the subjects was evaluated using the SMAF. Our results were interpreted using the SMAF independence threshold set by



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

the PRISMA (Raïche et al., 2008) and Dubuc (Dubuc, Hébert, 1999) studies; *i.e.*, a SMAF score of  $\geq 16$  indicated moderate-to-severe loss of independence. However, those study do not draw a distinction between those patients referred to as SMAF=19 and those scored at 80. This inaccuracy could be a limitation in the interpretation of our study.

Thirdly, missing follow-up data are inevitable in geriatric studies, and may bias this analysis results. When the GBTM is used for trajectory analysis, non-random attrition of subjects may affect the trajectory groups size (Haviland & al., 2011), especially when groups are initially not well separated (Montagnier, 2014). In our study, data attrition was mainly due to death and institutionalization. This concerned a minority of the participants. Nevertheless, data attrition may have led to biased estimates.

## 6. Conclusion

In older people aged  $\geq 70$  years, 3 distinct trajectories of independence across 2 years of follow-up can be identified. The three trajectories did not evolve in the same way despite the UPSAV intervention. Our current data highlight that the majority of older people in Limousin are stably independent, but the independence of a significant minority decreases over time. We identified various risk factors for the three independence trajectories; these can be used to formulate novel prevention strategies. Thus, it is important that the family understand that the UPSAV intervention will enable their older relative to maintain their independence. Our findings demonstrate the importance of the UPSAV intervention in older people and the population targeted to UPSAV's intervention. Early screening of older people followed home would delay the decline of their independence.

## Ethical Approval



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

The UPSAV cohort study was approved by the Comité de Protection des Personnes (CPP) du Sud-Ouest et Outre-Mer and was authorized by the Agence Française Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (AFSSAPS). All of the subjects provided written informed consent for participation in the study.

**Acknowledgments**

The authors thank all UPSAV participants for their time, and all members of the UPSAV multidisciplinary team for their efforts.

**No Funding**



## References

1. Abdi, H., & Williams, L. J., 2010. Tukey's honestly significant difference (HSD) test. *Encyclopedia of Research Design. Thousand Oaks, CA: Sage* : 1-5.
2. Arrandale, V., KoeHoorn, M., MacNab, Y., Kennedy, S.M., 2006. How to use SAS® Proc Traj and SAS® Proc Glimmix in respiratory epidemiology.
3. Blanpain, N., Charbon, O., 2010. Un tiers de la population âgé de plus de 60 ans. Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). *Insee Première*. 2060;1320. [www.insee.fr](http://www.insee.fr).
4. Bressé, S., and N. Dutheil., 2004. "L'évolution sur deux ans de l'aide dispensée aux personnes âgées de 60 ans et plus." *Drees, Études et Résultats* 346.
5. Brink, T.L., Yesavage, J.A., Lum, O., Heersema, P.H., Adey, M., Rose, T.L., 1982. Screening tests for geriatric depression. *Clinical gerontologist* 1, 37–43.
6. Caliński, T., Harabasz, J., 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics-theory and Methods* 3, 1–27.
7. Carrière, I., 2005. Comparaisons des méthodes d'analyse des données binaires ou ordinales corrélées. Application à l'étude longitudinale de l'incapacité des personnes âgées (PhD Thesis). *Université Paris Sud-Paris XI*.
8. Deswarte, D., 2018. Homéopathie en polypathologie. *Elsevier Health Sciences*.
9. Dubuc, N., Hébert, R., Desrosiers, J., Buteau, M., Trottier, L., 1999. Système de classification basé sur le profil d'autonomie fonctionnelle. *Autonomie et vieillissement. St-Hyacinthe : Edisem* 255–72.
10. Duée, M., Rebillard, C., 2006. La dépendance des personnes âgées : une projection en 2040. *Données sociales-La société française* 7, 15.
11. Dutheil, N., 2001. Les aides et les aidants des personnes âgées. *Etudes et résultats* 142, 1–11.
12. Escobar, J.I., Burnam, A., Karno, M., Forsythe, A., Landsverk, J., Golding, J.M., 1986. Use of the Mini-Mental State Examination (MMSE) in a community population of mixed ethnicity: cultural and linguistic artifacts. *Journal of Nervous and Mental Disease*.
13. Fanello, S., Moutel, L., Houssin, L., Durand-Stocco, C., Roy, P.M., 1999. Analyse de la prise en charge des personnes âgées de 75 ans et plus par le service des admissions et urgences d'un grand hôpital. *Santé publique* 11, 465–82.
14. Folstein, M.F., Folstein, S.E., McHugh, P.R., 1975. "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research* 12, 189–198.



- 1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65
15. Fried, L.P., Kronmal, R.A., Newman, A.B., Bild, D.E., Mittelmark, M.B., Polak, J.F., Robbins, J.A., Gardin, J.M., Group, C.H.S.C.R., 1998. Risk factors for 5-year mortality in older adults: the Cardiovascular Health Study. *Jama* 279, 585–592.
  16. Genolini, C., Falissard, B., 2011. Kml: A package to cluster longitudinal data. *Computer methods and programs in biomedicine* 104, e112–e121.
  17. Genolini, C., Falissard, B., 2010. Kml: k-means for longitudinal data. *Computational Statistics* 25, 317–328.
  18. Genolini, C., Pingault, J.-B., Falissard, B., 2013. Kml3D: K-means pour données longitudinales jointes. UMR 1027, INSERM, Université Paul Sabatier, Toulouse III, France 2. CeRSM (EA 2931), UFR STAPS, Université de Paris Ouest-Nanterre-La Défense, France 3. Research Unit on Children’s Psychosocial Maladjustment, University of Montreal and. Jeudi 27 juin 2013-Programme 16.
  19. Gervais, P., Hébert, R., Jbabdi, M., Tousignant, M., 2011. Implantation du Systeme de Mesure de l’Autonomie Fonctionnelle (SMAF) dans onze milieux d’hébergement et d’aide adomicile du secteur médico-social français: étude PISE- Dordogne. *Rev Geriatr*, 2011, vol. 36, no 9, p. 631-44.
  20. Guigoz, Y., 1994. Mini Nutritional Assessment: a practical assessment tool for grading the nutritional state of elderly patients. *Facts Res Geyontol*, 1994, vol. 4, no 2, p. 15-59.
  21. Guralnik, J.M., Ferrucci, L., Pieper, C.F., Leveille, S.G., Markides, K.S., Ostir, G.V., Studenski, S., Berkman, L.F., Wallace, R.B., 2000. Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 2000, vol. 55, no 4, p. M221-M231.
  22. Haviland, A.M., Jones, B.L., Nagin, D.S., 2011. Group-based trajectory modeling extended to account for nonrandom participant attrition. *Sociological Methods & Research*, 2011, vol. 40, no 2, p. 367-390.
  23. Hébert, R., Carrier, R., Bilodeau, A., 1988. The Functional Autonomy Measurement System (SMAF): description and validation of an instrument for the measurement of handicaps. *Age and ageing*, 1988, vol. 17, no 5, p. 293-302.
  24. Hébert, Réjean, Desrosiers, J., Dubuc, N., Tousignant, M., Guilbeault, J., Pinsonnault, E., 1988. Le système de mesure de l’autonomie fonctionnelle (SMAF). *Revue de gériatrie*, 1988, vol. 13, no 4, p. 161-167.
  25. Hernández Morin, K., 2009. Pratiques et perceptions de la révision en France. *Traduire. Revue française de la traduction*, 2009, no 221, p. 58-78.
  26. Institut national de la statistique et des études économiques, 2014. Tableau de l’économie Française. [www.insee.fr](http://www.insee.fr).



- 1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65
27. Jones, B.L., Nagin, D.S., Roeder, K., 2001. A SAS procedure based on mixture models for estimating developmental trajectories. *Sociological methods & research*, 2001, vol. 29, no 3, p. 374-393.
  28. Jonkman, N.H., Del Panta, V., Hoekstra, T., Colpo, M., van Schoor, N.M., Bandinelli, S., Cattelani, L., Helbostad, J.L., Vereijken, B., Pijnappels, M., 2018. Predicting trajectories of functional decline in 60-to 70-year-old people. *Gerontology*, 2018, vol. 64, no 3, p. 212-221.
  29. Kalafat, M., Hugonot-Diener, L., Poitrenaud, J., 2003. Standardisation et étalonnage français du "Mini Mental State"(MMS) version GRECO. *Revue de neuropsychologie*, 2003, vol. 13, no 2, p. 209-236.
  30. Katz, S., Downs, T.D., Cash, H.R., Grotz, R.C., 1970. Progress in development of the index of ADL. *The gerontologist*, 1970, vol. 10, no 1\_Part\_1, p. 20-30.
  31. Lawton, M.P., Brody, E.M., 1969. Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *The gerontologist*, 1969, vol. 9, no 3\_Part\_1, p. 179-186.
  32. Little, R.J., Rubin, D.B., 2014. *Statistical analysis with missing data*. Vol. 793. Wiley.
  33. Montagnier, D., 2014. Trajectoires de symptômes dépressifs chez les sujets âgés: profils, déterminants et événements évolutifs à partir des données sur 20 ans de la cohorte PAQUID. (PhD Thesis). *Université Pierre et Marie Curie-Paris VI*.
  34. Morris, J.N., Hawes, C., Fries, B.E., Phillips, C.D., Mor, V., Katz, S., Murphy, K., Drugovich, M.L., Friedlob, A.S., 1990. Designing the national resident assessment instrument for nursing homes. *The Gerontologist*, 1990, vol. 30, no 3, p. 293-307.
  35. Nagin, D., Tremblay, R.E., 1999. Trajectories of boys' physical aggression, opposition, and hyperactivity on the path to physically violent and nonviolent juvenile delinquency. *Child development*, 1999, vol. 70, no 5, p. 1181-1196.
  36. Nagin, D.S., 1999. Analyzing developmental trajectories: a semiparametric, group-based approach. *Psychological methods*, 1999, vol. 4, no 2, p. 139.
  37. Nagin, D.S., Odgers, C.L., 2010. Group-based trajectory modeling in clinical research. *Annual review of clinical psychology*, 2010, vol. 6, p. 109-138.
  38. Organization, W.H., 2004. A glossary of terms for community health care and services for elderly people. WHO.
  39. Pagès, J., 2013. Analyse factorielle multiple avec R. *EDP sciences*.
  40. Paterson, D.H., Govindasamy, D., Vidmar, M., Cunningham, D.A., Koval, J.J., 2004. Longitudinal study of determinants of dependence in an elderly population. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2004, vol. 52, no 10, p. 1632-1638.





1 41. Raïche, M., Hébert, R., Dubois, M.-F., 2008. PRISMA-7: a case-finding tool to identify  
2 older adults with moderate to severe disabilities. *Archives of gerontology and*  
3 *geriatrics*, 2008, vol. 47, no 1, p. 9-18.

4 42. Sirven, N., 2013. Frailty and Preventing the Loss of Autonomy. *A Health Economics*  
5 *Approach. Institut de recherché et documentation en économie de la santé*

6 43. Soto, M.E., Andrieu, S., Gillette-Guyonnet, S., Cantet, C., Nourhashemi, F., Vellas, B.,  
7 2006. Risk factors for functional decline and institutionalisation among community-  
8 dwelling older adults with mild to severe Alzheimer's disease: one year of follow-up.  
9 *Age and ageing*, 2006, vol. 35, no 3, p. 308-310.

10 44. Stenholm, S., Westerlund, H., Salo, P., Hyde, M., Pentti, J., Head, J., Kivimäki, M.,  
11 Vahtera, J., 2014. Age-related trajectories of physical functioning in work and  
12 retirement: the role of sociodemographic factors, lifestyle and disease. *J Epidemiol*  
13 *Community Health*, 2014, vol. 68, no 6, p. 503-509.

14 45. Tchalla, A.E., Dufour, A.B., Trivison, T.G., Habtemariam, D., Iloputaife, I., Manor, B.,  
15 Lipsitz, L.A., 2014. Patterns, predictors, and outcomes of falls trajectories in older  
16 adults: the MOBILIZE Boston Study with 5 years of follow-up. *PloS one*, 2014, vol. 9,  
17 no 9, p. e106363.

18 46. Tchalla, A. E., Lachal, F., Cardinaud, N., Saulnier, I., Bhalla, D., Roquejoffre, A., ... &  
19 Dantoine, T., 2012. Efficacy of simple home-based technologies combined with a  
20 monitoring assistive center in decreasing falls in a frail elderly population (results of  
21 the Esoppe study). *Archives of gerontology and geriatrics*, vol. 55, no 3, p. 683-689.

22 47. Twisk, J., Hoekstra, T., 2012. Classifying developmental trajectories over time should  
23 be done with great caution: a comparison between methods. *Journal of clinical*  
24 *epidemiology*, 2012, vol. 65, no 10, p. 1078-1087.

25 48. Vellas, B.J., Wayne, S.J., Romero, L., Baumgartner, R.N., Rubenstein, L.Z., Garry,  
26 P.J., 1997. One-leg balance is an important predictor of injurious falls in elderly  
27 people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 1997, vol. 45, no 6, p. 735-738.

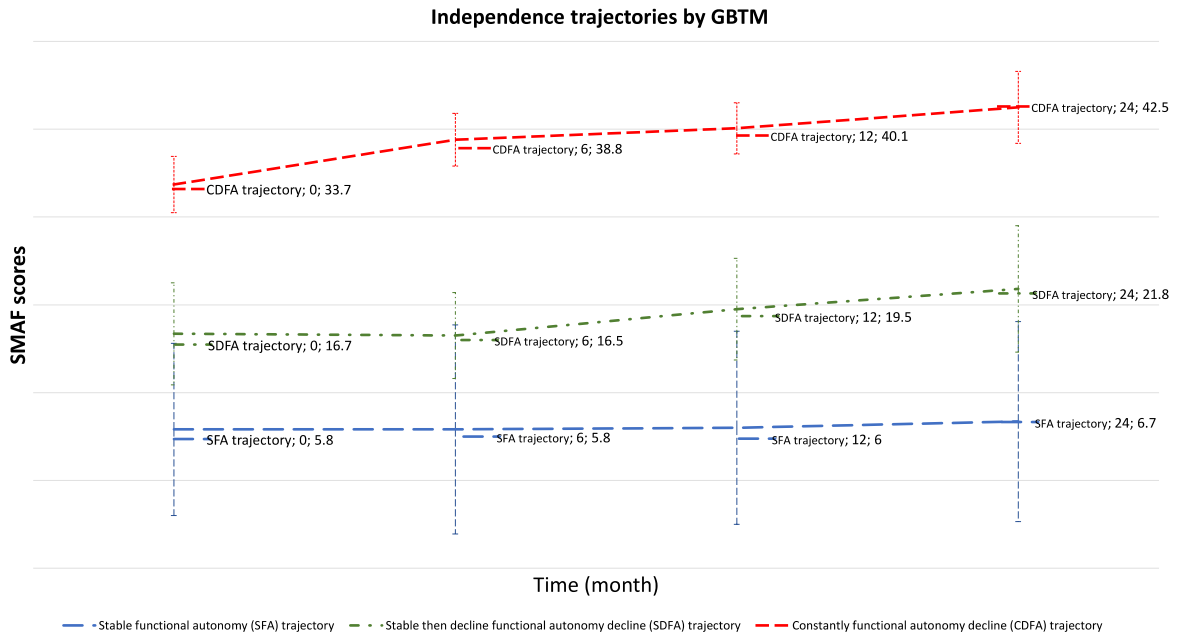
28 49. Vetel, J., 1994. AGGIR: guide pratique pour la codification des variables. *Rev.*  
29 *Geriatric*, vol. 3, p. 249-259.

30 50. Ward Jr, J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of*  
31 *the American statistical association*, 1963, vol. 58, no 301, p. 236-244.

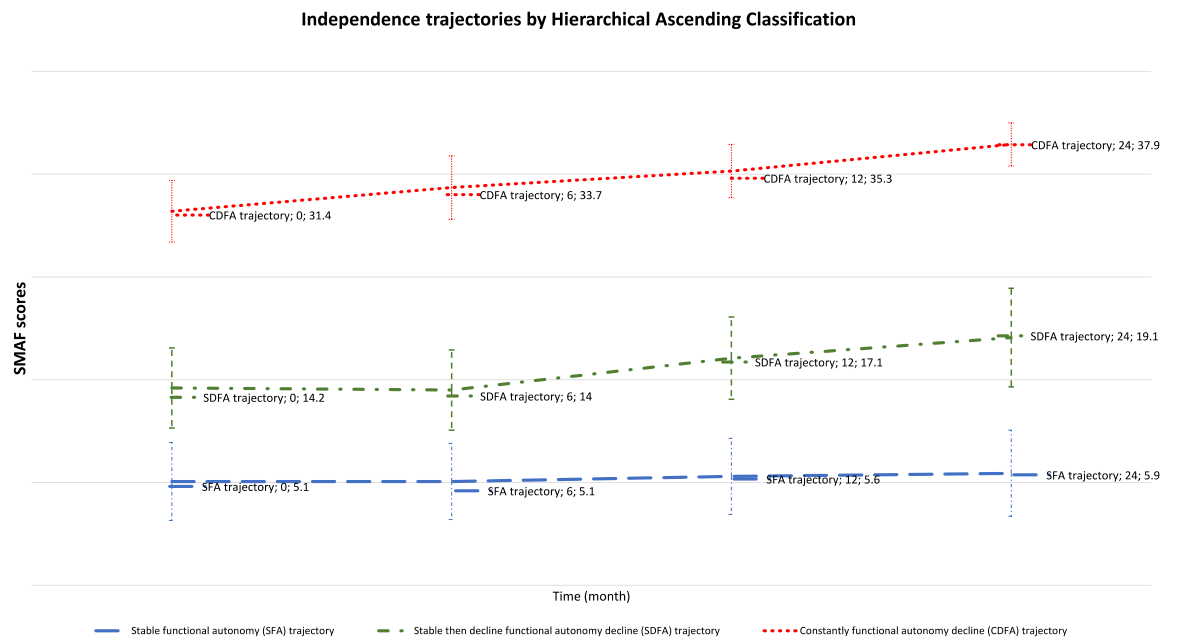
32 51. Wolinsky, F.D., Callahan, C.M., Fitzgerald, J.F., Johnson, R.J., 1993. Changes in  
33 functional status and the risks of subsequent nursing home placement and death.  
34 *Journal of gerontology*, 1993, vol. 48, no 3, p. S94-101.



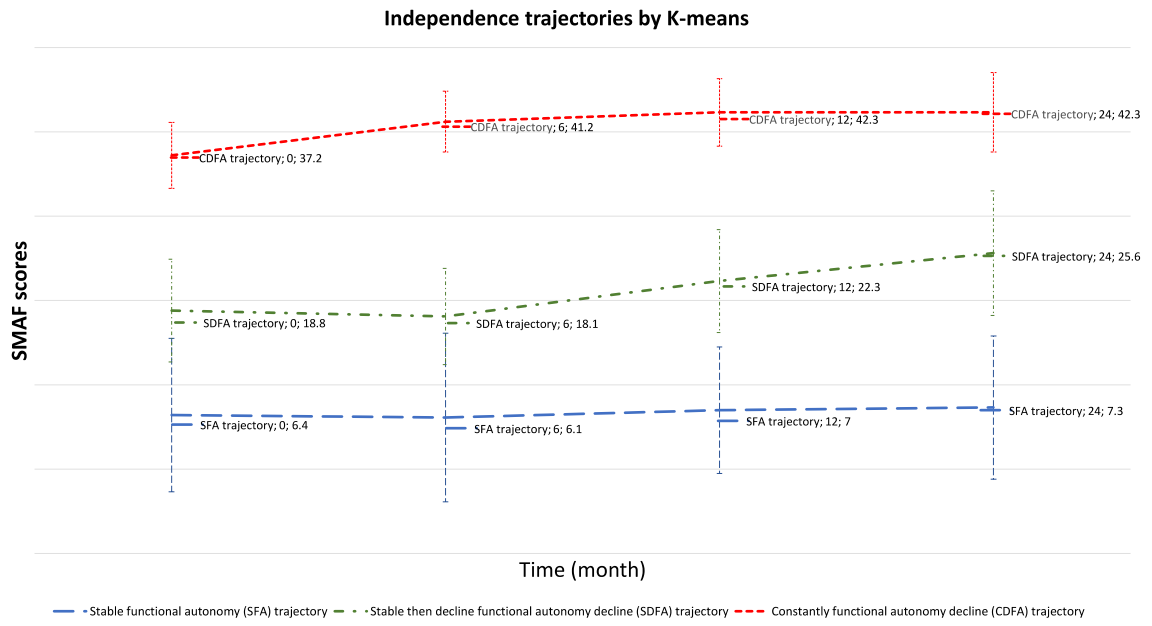
Figure



Figure



Figure



## Figure

### Highlights

- Proposition of functional independence trajectories of older adults.
- Identification of the associated risk factors.
- Elderly people can be classified according to three distinct trajectories.
- Risk factors associated with functional autonomy decline trajectory were socio-demographic and medical variables.
- The target population of UPSAV was identified.



## AUTHOR DECLARATION TEMPLATE

We wish to draw the attention of the Editor to the following facts which may be considered as potential conflicts of interest and to significant financial contributions to this work. [OR]

We wish to confirm that there are no known conflicts of interest associated with this publication and there has been no significant financial support for this work that could have influenced its outcome.

We confirm that the manuscript has been read and approved by all named authors and that there are no other persons who satisfied the criteria for authorship but are not listed. We further confirm that the order of authors listed in the manuscript has been approved by all of us.

We confirm that we have given due consideration to the protection of intellectual property associated with this work and that there are no impediments to publication, including the timing of publication, with respect to intellectual property. In so doing we confirm that we have followed the regulations of our institutions concerning intellectual property.

We further confirm that any aspect of the work covered in this manuscript that has involved either experimental animals or human patients has been conducted with the ethical approval of all relevant bodies and that such approvals are acknowledged within the manuscript. **[CAN BE DELETED IF NOT RELEVANT]**

We understand that the Corresponding Author is the sole contact for the Editorial process (including Editorial Manager and direct communications with the office). He/she is responsible for communicating with the other authors about progress, submissions of revisions and final approval of proofs. We confirm that we have provided a current, correct email address which is accessible by the Corresponding Author and which has been configured to accept email from **(PLEASE CONFIRM WHAT E-MAIL ADDRESS YOU WISH TO INSERT HERE)**

Signed by all authors as follows:

**[LIST AUTHORS AND DATED SIGNATURES ALONGSIDE]**



## II.9.2. Article publié

**Bimou C**, Harel M, Dantoine T, Tchalla A. Perte d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées : aperçu des trajectoires d'autonomie à partir d'une revue de littérature. *Biostatistics and Health Sciences*, Vol 1, Issue 1, 1-33, Published on 29 May 2019.



# Perte d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées : aperçu des trajectoires d'autonomie à partir d'une revue de littérature

## Loss of functional independence of elderly people: an overview of autonomy trajectories based on a literature review

Charlotte Bimou<sup>1</sup>, Michel Harel<sup>2</sup>, Thierry Dantoine<sup>1</sup>, Achille Tchalla<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire HAVAE, Université de Limoges, France, charlotte.bimou@etu.unilim.fr, tdantoine@gmail.com

<sup>2</sup> ESPÉ de Limoges, Université de Limoges, F-87036 Limoges Cedex, France, michel.harel@unilim.fr

<sup>3</sup> Service de Médecine Interne Gériatrique et Biologie du Vieillissement ; CHU de Limoges, F-87042 Limoges Cedex, France, achille.tchalla@unilim.fr

**RÉSUMÉ.** Afin d'anticiper les mesures préventives pour le soutien et le maintien de l'autonomie fonctionnelle des personnes âgées suivies de façon prospective et par conséquent retarder l'entrée dans la dépendance, une compréhension du concept de trajectoires de perte d'autonomie fonctionnelle est nécessaire. L'objectif principal de cet article est de créer une synthèse lisible des ressources disponibles dans la littérature pour les différentes trajectoires de perte d'autonomie fonctionnelle chez des personnes âgées vivant en communauté et les méthodes de prévention proposées pour maintenir leur autonomie. Les ressources que nous abordons dans ce document sont d'ordre clinique, mathématiques et statistiques.

**ABSTRACT.** In order to anticipate preventive measures to support and maintain functional autonomy community-dwelling in elderly people followed prospectively and consequently delay loss of independence, a comprehension of the concept of functional independence trajectories is necessary. The aim of this paper is to create a readable synthesis of the resources available in the literature for different functional independence trajectories of older person and the methods of prevention proposed to maintain autonomy. The resources discussed in this document are clinical, mathematical and statistical.

**MOTS-CLÉS.** Modélisation mathématiques, Trajectoires d'autonomie, Perte d'autonomie fonctionnelle, Personnes âgées, ADL.

**KEYWORDS.** Mathematical modelling, Trajectories of autonomy, Loss of functional autonomy, Elderly, ADL.

### Introduction

Les pays du sud de l'Europe, à l'exception de l'Allemagne, sont les plus vieillissants en raison de l'augmentation du nombre de personnes âgées. Une croissance qui pose de nombreux problèmes (MENDES et al 2016). L'évaluation de l'évolution de l'état d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées est un domaine important à comprendre. Cependant, peu de recherches ont été entreprises dans ce domaine et nos connaissances restent limitées. Le présent document comporte un examen de la documentation portant sur l'évolution du score d'autonomie fonctionnelle chez des personnes âgées vivant en communauté. Au cours des dernières années, diverses études longitudinales ont démontré d'importantes différences interindividuelles dans l'ampleur du déclin de l'autonomie fonctionnelle chez les plus âgés. Différences qui pourraient, avec le temps, entraîner une variabilité accrue de l'état d'autonomie au sein d'une population de personnes âgées. On définirait les trajectoires d'autonomie fonctionnelle par l'évolution dans le temps d'un score ou d'un indicateur d'évaluation de l'autonomie. Selon Chen, la trajectoire d'autonomie fonctionnelle est définie comme étant l'évolution de l'état fonctionnel à plusieurs moments dans le temps (CHEN et al 2008). Selon les travaux de Bouvet, certains chercheurs ont pu établir des typologies des trajectoires de vieillissement en distinguant des trajectoires qui se produisent sans incapacité ou perte d'autonomie des trajectoires marquées par l'occurrence d'incapacités. Ils résument le premier



type de trajectoires comme étant un vieillissement normal ou réussi (BOUVET 2016). Le deuxième type de trajectoires est décrit par un vieillissement pathologique (D'EPINAY et SPINI 2007). Bien que de nombreuses études aient abordé cette question, il est difficile d'extraire une liste cohérente et fiable du nombre de groupes de trajectoires et des facteurs de risque pour élaborer des stratégies de prévention en raison de leur variabilité, notamment en ce qui concerne la conception et la méthodologie des études. Selon Chen et ses collaborateurs (CHEN et al 2008), la trajectoire fonctionnelle représente un processus dynamique et signale souvent une déficience ou une amélioration sous-jacente, en particulier chez les patients âgés. Nous avons donc effectué une analyse documentaire systématique de toutes les études longitudinales qui distinguent les trajectoires d'autonomie fonctionnelle et les facteurs ayant une incidence sur l'état fonctionnel chez les sujets âgés vivant en communauté.

Afin d'anticiper les mesures préventives pour le maintien de l'autonomie fonctionnelle des personnes âgées suivies de façon prospective, une compréhension du concept de trajectoires de perte d'autonomie fonctionnelle est nécessaire. L'objectif de notre étude était de fournir un aperçu systématique de la littérature fondée sur les trajectoires d'autonomie fonctionnelle des personnes âgées vivant en communauté ainsi que les méthodes mathématiques, statistiques employées pour identifier les trajectoires.

Le repérage de différents parcours d'autonomie fonctionnelle chez des personnes âgées permet non seulement d'explorer les facteurs de risque et de protection de la perte d'autonomie, de mettre en place une réflexion sur les politiques de santé publique comme le bien vieillir mais aussi de mettre en place des mesures de prévention précoce pour maintenir l'autonomie.

## Matériels et méthodes

### 1. Description de la méthode et sélection des études

Les études utilisées dans ce travail ont été repérées grâce à des recherches documentaires dans les bases de données PubMed et Web of Science. Des mots-clés, des titres et des informations abstraites ont été utilisés pour trouver les articles. Les principaux termes de recherche étaient : "trajectoires", "données longitudinales", "trajectoires développementales", "autonomie", "autonomie fonctionnelle", "perte d'autonomie", "perte d'autonomie fonctionnelle", "déclin fonctionnel", "personnes âgées", "séniors". Le français et l'anglais étaient les deux langues de recherche des articles. A partir de ces mots-clés, nous avons intégré dans notre étude les publications incluant des études de trajectoires d'autonomie fonctionnelle de la personne âgée utilisant des indicateurs dont l'ADL (Activities of Daily Living) (KATZ et al 1970), l'IADL (Instrumental Activities of Daily Living) (LAWTON et BRODY 1969), le SMAF (Système de Mesure de l'Autonomie Fonctionnelle) (HEBERT et al 1988). Il existe d'autres outils cliniques pour évaluer la fonction dans les activités de la vie quotidienne. Parmi eux, l'indice de Barthel (MAHONEY et BARTHEL 1965) et le FIM (Functional Independence Measure) (GRANGER et al 1986) (HAMILTON 1987) sont des échelles également utilisées pour l'évaluation fonctionnelle (SHANGHA et al 2005). Une publication incluse dans notre étude présente les caractéristiques qui se rapportent à une population dont l'âge moyen est de 65 ans et plus. Nous avons inclus des études observationnelles longitudinales, des études de cohortes.





## 2. Définition du statut d'autonomie fonctionnelle

D'après l'examen de toutes les études, une définition similaire de l'autonomie fonctionnelle a été trouvée dans le cadre de notre étude. L'incapacité dans les activités de la vie quotidienne est fréquemment examinée à l'aide de l'indice ADL de Katz (KATZ 1963) parfois combinée avec les activités instrumentales de la vie quotidienne (IADL) (LAWTON et BRODY 1969). Certaines de ces études montrent qu'une personne âgée serait considérée comme dépendante pour les ADL si elle avait besoin d'aide dans l'une des six activités suivantes de l'indice : alimentation, continence, transfert, aller aux toilettes, s'habiller et prendre un bain. Si la personne âgée est en mesure d'exécuter les six activités, elle serait définie comme indépendante ou autonome (BUURMAN et al 2016). Cette définition est similaire à la définition de la perte d'autonomie fonctionnelle donnée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS 1988).

## 3. Résultat de la recherche

Un examen manuel des titres de toutes les références identifiées a révélé un total de 11 articles (figure 1) qui ont dû faire l'objet d'un examen plus approfondi en vue de leur inclusion éventuelle dans le présent document. Bien que ces publications présentent différents outils d'évaluation de l'autonomie fonctionnelle de la personne âgée, elles fournissent des informations à peu près similaires. Dans notre travail, nous avons analysé des trajectoires d'autonomie des personnes âgées à partir de modèles statistiques explicites. Après évaluation des publications incluses, nous avons pu identifier les différentes catégories de trajectoires. Le tableau 1 donne un aperçu de ces trajectoires et le texte qui suit donne une description détaillée de nos constatations.

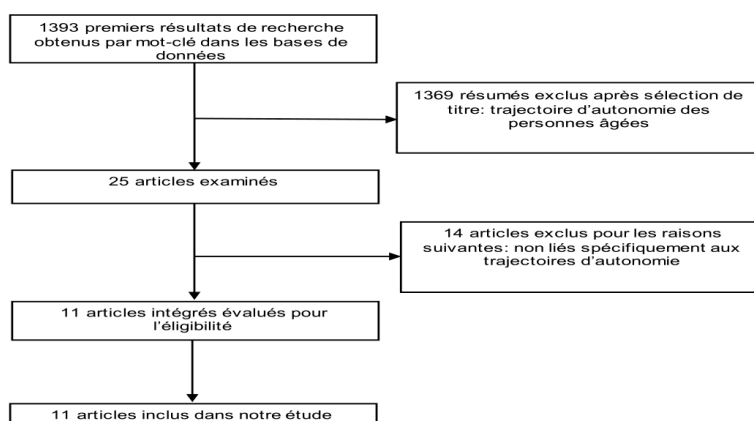


Figure 1.: Organigramme du processus de sélection des études de notre analyse documentaire

La figure 1 représente le processus de sélection pour notre analyse documentaire. La recherche par mot-clé et l'examen manuel de l'information sur les titres nous ont permis de trouver un total de 1393 titres dans PubMed. Après avoir sélectionné les articles qui nous ont fourni les informations les plus intéressantes (trajectoire d'autonomie fonctionnelle de la personne âgée), nous avons sélectionné 25 articles. Quatorze articles ont été exclus de notre étude car ils n'étaient pas particulièrement intéressés par l'autonomie fonctionnelle.



**Tableau 3.1.:** Caractéristiques des études longitudinales de trajectoires d'autonomie prédisant l'issue fonctionnelle chez les personnes âgées

Auteurs	Année	Titre	Indicateur	k	Description des groupes
Romoren et al	2003	Trajectories of Disability among the Oldest Old	ADL	4	1 : serious dementia 2 : severely dependent 3 : frailty 4 : fairly healthy
Wakefield et al	2007	Functional Trajectories Associated with Hospitalization in Older Adults	ADL	2	1 : stable trajectory 2 : functional decline
Chen et al	2008	Functional trajectory 6 months post-hospitalization : a cohort study of older hospitalized patients in Taiwan	Barthel Index	3	1 : good function 2 : moderate function 3 : poor function
Hybels et al	2009	Trajectories of mobility and IADL function in older patients diagnosed with major depression	IADL	3	1 : low scores of IADL 2 : higher scores of IADL 3 : few no limitations on the IADL measures
Gill et al	2013	Comparisons Between Older Men and Women in the Trajectory and Burden of Disability Over the Course of Nearly 14 Years	ADL	5	1 : independent 2 : mild disability 3 : mild to moderate disability 4 : moderate disability 5 : severe disability
Han et al	2013	Dynamics of functional aging based on latent-class trajectories of activities of daily living	ADL	5	1 : independent 2 : mild disability 3 : mild to moderate disability 4 : moderate disability 5 : severe disability
Buurman et al	2015	Trajectories of Disability Among Older Persons Before and After a Hospitalization Leading to a Skilled Nursing Facility Admission	ADL	3	1 : minimal disability 2 : mild disability 3 : moderate disability
Nimi et al	2017	Predicting Trajectories of Functional Decline in 60- to 70-Year-Old People	ADL	3	1 : no/ little decline 2 : intermediate decline 3 : severe decline
Kuo et al	2017	Activities of Daily Living Trajectories Among Institutionalized Older Adults : A Prospective Study	ADL	3	1 : high dependency with gradually declining function 2 : low dependency with gradually declining function 3 : persistent Independent function
Wei et al	2018	Impact of the disability trajectory on the mortality risk of older adults in China	ADL	3	1 : independent type 2 : low start, rapidly increasing in late life type 3 : high start, rapid development type
Saito et al	2018	Exploring 2.5-Year Trajectories of Functional Decline in Older Adults by Applying a Growth Mixture Model and Frequency of Outings as a Predictor : A 2010/2013 JAGES Longitudinal Study	LTCL	3	1 : slowly declining 2 : persistently disabled 3 : rapidly declining



Le tableau 1 décrit les articles sélectionnés pour notre étude de revue. La première colonne intitulée "Auteu.r.s" représente le nom des auteurs, la deuxième colonne "Année" correspond à l'année de publication de l'étude ; la colonne intitulée "Titre" illustre le titre de l'article ; "Indicateur" représente l'outil d'évaluation utilisée ; "k" illustre le nombre de groupes de trajectoires identifiés par l'étude ; "Description" représente la description de chaque groupe de trajectoires. Les périodes de référence des études incluses dans notre travail variaient de 2003 à 2019.

La plupart de ces études avaient pour outil de mesure d'autonomie fonctionnelle les ADL (8 ; 73%) ; une petite proportion utilisait les IADL (1 ; 9%), l'index de Barthel (1 ; 9%), Long-Term Care Insurance (LTCI) (1 ; 9%). L'indicateur ADL de Katz est utilisé de manière internationale et appréhende uniquement la perte d'autonomie physique. Ainsi les trajectoires développementales de perte d'autonomie fonctionnelle utilisant les ADLs se réfèrent aux fonctions essentielles pour l'auto-soin. Ces fonctions sont des tâches de base de la vie quotidienne cotées dans le questionnaire des ADLs comme suit ; 1 faire sa toilette, 2 s'habiller, 3 aller aux toilettes et les utiliser, 4 se coucher ou quitter son lit et s'asseoir et quitter son siège, 5 contrôler ses selles et ses urines cotée, 6 manger des aliments déjà préparés (KATZ 1963). Les activités de la vie quotidienne sont fondamentales pour maintenir l'autonomie et la qualité de vie des personnes âgées. La somme de ces scores ADL fait la distinction entre les personnes âgées ayant une autonomie fonctionnelle adéquate et les personnes dépendances. Un score de 6 indique une autonomie complète ; 4 une dépendance partielle et 2 ou moins une dépendance fonctionnelle sévère (KATZ et AKPOM 1976).

Outre les activités de la vie courante, il existe d'autres activités appelés activités instrumentales de la vie courante (IADL) dont l'élaboration nécessite des capacités cognitives. Le test de Lawton (LAWTON et BRODY 1969) a été développé dans ce contexte et fait office de référence dans la littérature internationale. Pour ce texte, huit activités instrumentales sont évaluées dont 8 pour les femmes et 5 pour les hommes. La cotation se fait par 1 ou 0 que l'activité soit ou non réalisée. Les IADL (LAWTON et BRODY 1969) (GRAF 2008) sont fréquemment évaluées à l'aide de rapports d'auto-évaluation ou de rapport familiaux sur l'application de divers domaines (SUCHY et al 2011). Elles peuvent être aussi fondées sur le rendement qui nécessite que divers activités de la vie quotidienne soient effectuées devant l'examineur (SUCHY et al 2011). Ces activités désignent des tâches quelque peu complexes comme la cuisine, les courses, l'utilisation du téléphone, l'entretien ménager ou la gestion de l'équipement de soins personnels qui demande des facultés cognitives. Sous cet angle, un grand nombre de travaux de recherche ont été portés sur la découverte des mécanismes de la déficience fonctionnelle, en examinant les associations entre le déclin cognitif et fonctionnel des personnes âgées (SUCHY et al 2011) (GLOSSER 2002) (JEFFERSON 2006). Ces travaux de recherche ont démontré que la capacité de s'engager avec succès dans les IADL repose sur le fonctionnement exécutif la mémoire (CAHN-WEINER et al 2007) (BURTON et al 2006) (GRIGSBY et al 1998) (JEFFERSON et al 2006) (KIOSSES et ALEXOPOULOS 2005) (MARIANI 2008). Ainsi, l'évaluation de l'IADL peut permettre d'identifier un début de déclin physique, cognitif ou les deux chez une personne âgée qui pourrait autrement sembler capable et en santé (WARD et al 1998). L'échelle IADL est composée de huit fonctions qui couvrent les capacités à utiliser le téléphone, faire ses courses, préparer le repas, entretenir la maison, faire la lessive, utiliser les moyens de transport, prendre ses médicaments, et les capacités à gérer son budget. Un score de 8 correspond à une autonomie haute, bonne ; Une autonomie basse correspond à un score de 0 (WADE et HEWER 1987).

L'indice de Barthel des activités de la vie quotidienne a été introduit par Dorothea Barthel en 1955



(MAHONEY et BARTHEL 1965) pour suivre les progrès de l'autonomie et de la mobilité des patients hospitalisés en réadaptation. Il s'agit d'une échelle pondérée simple qui a été bien validée (WADE et HEWER 1987) et qui pourrait être le meilleur parmi les indices ADL courants (GRESHAM et al 1980). La fiabilité des différentes façons d'utiliser l'indice a été étudiée (COLLIN et al 1988).

Le LTCI est un système d'évaluation de la capacité fonctionnelle de la personne âgée mise en place par le gouvernement Japonnais (SAITO et al 2018). Selon ce système, les personnes sont classées dans l'un des sept niveaux de soins en fonction de la gravité de leur déficience physique et cognitive au moyen d'une entrevue à domicile et d'un examen médical. Un niveau de soins plus faible implique une capacité fonctionnelle moins bonne. Par exemple, le niveau 3 de ce test fait référence au "soutien complet nécessaire pour la toilette, le bain, l'habillement et toutes les autres activités quotidiennes de base". Les détails de chaque niveau de soins sont fournis ailleurs (KONDO et al 2012).

Toutes ces études étaient de nature prospective. Le recueil des données a été fait à partir de questionnaires ou des entretus, des observations directes ou des sources diverses.

#### **4. Méthodes d'analyse des modèles de trajectoires**

Les méthodes utilisées par les auteurs de ces publications varient entre l'analyse de trajectoire de classe latente (latent class trajectory analysis) (MCCUTCHEON 1987) également appelée modélisation de trajectoire (NAGIN 2005) utilisée dans les travaux de (CHEN et al 2008) (HYBELS et al 2010) (JONKMAN et al 2018) (WEI et al 2018) et la modélisation linéaire hiérarchique (hierarchical linear modeling) (HYBELS et al 2010) employée par (LIANG et al 2010), le modèle de mélange de croissance généralisé à effet aléatoire (generalized growth mixture model with random effect) (MUTHEN et al 2002) employée par (GILL et al 2013) (HAN et al 2013) (SAITO et al 2018).

Afin d'évaluer la corrélation entre les trajectoires de perte d'autonomie fonctionnelle et les facteurs qui affectent ces trajectoires et de développer des modèles de prévision, les auteurs utilisent la régression logistique (régression logistique multinomiale pour la plupart). Un aperçu des méthodes qui comprennent l'analyse de trajectoire de classes latentes, la modélisation linéaire hiérarchique, la modélisation générale des mélanges de croissance et la régression logistique multinomiale est présenté dans les sections suivantes.

L'objectif de ces méthodes est tout d'abord d'estimer les formes des trajectoires, ensuite d'estimer les probabilités des groupes de trajectoire, de relier les probabilités des groupes de trajectoire aux covariables et ensuite de classer les individus dans les groupes en se basant sur leurs probabilités à postériori.

##### **4.1. Méthodes d'analyse des modèles de trajectoires**

L'analyse de trajectoires de classes latentes (Latent class growth analysis (LCGA)) ou analyse de croissance de classes latentes est un type spécial des modèles de mélange (Growth Mixture Modeling (GMM)) dans lequel les trajectoires de croissance individuelle d'une classe sont homogènes (JUNG et WICKRAMA 2008). La technique relève de modèles de mélanges finis qui décompose l'hétérogénéité d'un échantillon en le divisant en nombre fini de sous-groupes latents en fonctions des profils des variables indicatrices (COLE et al 2012). La méthode utilise une seule variable de résultat mesurée à



plusieurs points dans le temps pour définir un modèle de classe latente dans lequel les classes latentes correspondent à différentes formes de courbe de croissance pour la variable d'intérêt (MUTHEN et al 2004). Le modèle est utilisé par Nagin et ses collègues (NAGIN et LAND 1993), (NAGIN et TREMBLAY 1999), (JONES et al 2001), (NAGIN et al 1999) sous l'appellation de Group-Based Trajectory Modeling (GBTM).

Le modèle d'analyse de trajectoires basé sur la méthode Group-Based Trajectory Modeling est une application des modèles de mélange finis fournie par Nagin (NAGIN 2005). Le Group-Based Trajectory Modeling est une méthode d'analyse de trajectoires de groupes qui permet d'étudier des phénomènes qui évoluent dans le temps. La conception de la méthode a été faite dans le but d'identifier des sous-groupes distincts de trajectoires parmi un ensemble de trajectoires suivant des progressions similaires de certains comportements ou résultats avec le temps (NAGIN et al 1999);(NAGIN 2005) (NAGIN et TREMBLAY 1999). Le modèle suppose que la population d'étude est constituée d'un mélange de groupes homogènes définis par les trajectoires (NAGIN et ODGERS 2010). La méthode est de plus en plus utilisée dans la recherche pour cartographier l'étiologie et le développement de nombreux types de symptômes ou de troubles psychologiques, notamment la dépression, l'anxiété, le stress (FAN 2013).

### Modèle Statistique

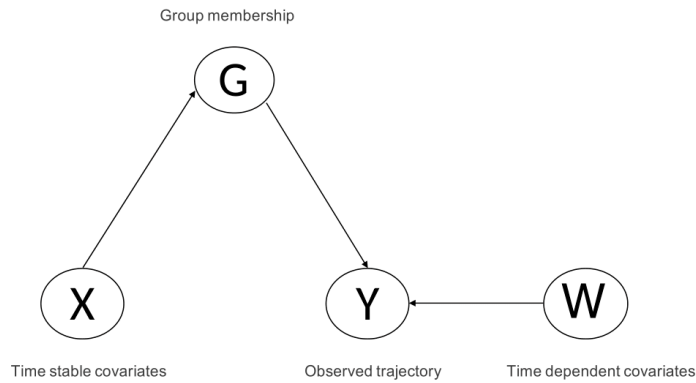
Dans le modèle de trajectoire GBTM, le lien entre la variable explicative et le temps est en général modélisé par un lien polynomial (NAGIN 2005). La forme de la trajectoire et la probabilité pour chaque individu d'appartenir à l'un des groupes de trajectoires sont estimées. Chaque trajectoire est décrite comme une variable latente (variable dont la mesure ne peut pas être directement prise, mais qui est supposée exister à travers d'autres variables observées). Ainsi, le modèle identifie les groupes latents qui existent dans la population (NAGIN 2005). Lors de la modélisation, chaque individu est affecté au groupe pour lequel la probabilité d'appartenance est la plus faible. Le modèle définit également la probabilité pour chaque groupe d'appartenir à une trajectoire. Nagin définit la probabilité d'un des groupes comme étant la différence entre 1 et la somme des deux autres groupes (NAGIN 2005). Cette probabilité est la probabilité moyenne à la probabilité postérieure. Elle est calculée à partir des paramètres estimés pour chaque individu afin d'examiner l'ajustement du modèle (JONES et al 2001). Le calcul de ces probabilités est basé sur l'application du théorème de Bayes.

### Covariables du modèle

La nature longitudinale des données est modélisée en faisant dépendre le(s) paramètre(s)  $\beta_k$  du temps. Les covariables ou facteurs de risque à intégrer dans le modèle peuvent être stables ou non stables dans le temps. Les covariables stables dans le temps sont intégrées dans le modèle en supposant qu'elles influent sur la probabilité d'appartenir à un groupe particulier. Les covariables dépendantes du temps peuvent également affecter directement le comportement observé (JONES et al 2001). Cela est illustré sur la figure (figure 2) ci-dessous.

Lorsqu'elles sont intégrées dans le modèle, les covariables affectent la probabilité d'une trajectoire de données particulière. Soient  $X_i = (X_{it}, \dots, X_{iR})$  les covariables pour l'individu  $i$ ,  $Y_i = (Y_{it}, \dots, Y_{iT})$  la





**Figure 2.:** Directed Acyclic Graph Representing the Independence Assumptions (Jones 2001, p 376)

trajectoire de données de l'individu sur  $T$  temps de mesure indépendants étant donné le groupe  $G_i$ . En supposant qu'il existe  $K$  groupes, nous pouvons écrire la distribution ou probabilité conditionnelle des données d'observation pour l'individu  $i$ , à partir des covariables stables du temps et d'une covariable dépendant du temps,  $W_i = (w_{it}, \dots, w_{iT})$  comme suit (JONES et al 2001) :

$$f(y_i | x_i, w_i) = \sum_{k=1}^K Pr(G_i = k | X_i = x_i) Pr(Y_i = y_i | G_i = k, W_i = w_i) \quad [1]$$

Dans le modèle GBTM, la tendance de modélisation des trajectoires dépend du nombre de temps de mesure et peut prendre l'une des trois formes : une tendance linéaire, quadratique ou encore cubique. La forme dépend du nombre de temps de mesure (NAGIN et TREMBLAY 1999). Alors, les trajectoires peuvent être constantes, linéaires, quadratiques ou cubiques. L'équation du modèle cubique est :

$$Y_t^* = \beta_0^j + \beta_1^j t + \beta_2^j t^2 + \beta_3^j t^3 + \epsilon_t \quad [2]$$

où les  $\beta_0^j, \beta_1^j, \beta_2^j, \beta_3^j$  sont les coefficients du modèle ou paramètres qui représentent les trajectoires de la variable dépendante  $Y$  au cours du temps  $T$ . Ces coefficients permettent de déterminer la forme de la trajectoire. L'indice  $j$  permet de désigner  $j$  sous-groupes de trajectoires, dont chacun est associé à une origine et une pente propre (NAGIN 2005).

Le modèle GBTM permet d'intégrer des facteurs de risques ou covariables afin d'estimer leurs effets sur les trajectoires. L'estimation des paramètres du modèle se fait par la méthode du maximum de vraisemblance (JONES et al 2001). La procédure utilise l'algorithme quasi-Newton (DENIS et al 1979) (DENIS et al 1981) pour trouver les minimas et maximas de la fonction. Lorsqu'on ajoute les covariables  $X_{Lt}$  à l'équation (1.2.5.1.2), elle devient :



$$Y_t^* = \beta_0^j + \beta_1^j t + \beta_2^j t^2 + \beta_3^j t^3 + \alpha_1^j X_{1t} + \alpha_2^j X_{2t} + \dots + \alpha_L^j X_{Lt} + \epsilon_t \quad [3]$$

Dans l'équation (3) définie comme une fonction polynomiale du temps  $t$  (NAGIN 2005),  $\beta_0$  représente l'intercept ou l'ordonnée à l'origine et correspond à la valeur de la variable dépendante quand celle-ci est égale à zéro ; On observe une tendance linéaire de la trajectoire lorsque le coefficient estimé du composant du temps est linéaire. L'augmentation ou la diminution de la variable dépendante pour chaque augmentation d'unité de la variable indépendante, c'est-à-dire passage du temps  $t_1$  à  $t_2$  est représenté par  $\beta_1$  ; Pour une tendance quadratique, le coefficient estimé représente le coefficient du temps quadratique. Dans ce type de tendance,  $\beta_2$  représente l'augmentation ou la diminution de la variable dépendante pour chaque augmentation d'unité du carré de la variable indépendante ; Le coefficient estimé pour la tendance cubique représente le coefficient du temps cubique. Pour ce dernier,  $\beta_3$  représente l'augmentation ou la diminution de la variable dépendante pour chaque augmentation d'unité cubique de la variable indépendante (SY 2017).

La méthode GBTM est une méthode largement utilisée et applicable dans les études longitudinales. Mais, malgré sa large applicabilité, l'échelle de notation de l'instrument utilisé pour mesurer la variable dépendante décide la distribution de probabilité spécifique utilisée pour estimer les paramètres. La méthode utilise une stratégie de modélisation multinomiale pour approximer la distribution de la population avec différentes distributions (KWON 2014). Différentes distributions sont alors possibles pour la variable dépendante. Lorsque les données sont des fréquences, elles nécessitent l'utilisation d'une distribution de Poisson ; Le modèle logit est utilisé pour les variables dépendantes dichotomiques et le modèle normal censuré pour les variables continues. Dans la littérature de la méthode GBTM, ces trois modèles sont appelés respectivement ZIP, LOGIT et CNORM (JONES et al 2001).

#### 4.2. Modélisation linéaire hiérarchique

Les données longitudinales de nature hiérarchisée requièrent l'utilisation des modèles linéaires hiérarchiques qui permettent d'analyser facilement ces données à deux niveaux hiérarchiques. L'expression des modèles linéaires hiérarchiques recouvre deux caractéristiques déterminantes (STEPHEN 1993). Premièrement, les données appropriées pour de tels modèles sont structurées de façon hiérarchique. Deuxièmement, les paramètres de ces modèles peuvent être considérés comme ayant une structure linéaire hiérarchique (STEPHEN 1993). La modélisation linéaire hiérarchique est une forme de modélisation de trajectoire permettant de décrire le changement au fil du temps d'un état (RAUDENBUSH et BRYK 2002). Aussi appelé modèle multiniveaux (MASON et al 1983) (GOLDSTEIN 1991), le modèle linéaire hiérarchique a pour principe de chercher à modéliser une variable d'intérêt continue  $y$  en fonction de variables descriptives  $x$  (caractéristiques observées au niveau individuel). Comme nous l'avons vu précédemment, les données recueillies pour ce type d'analyse ont une structure hiérarchique à deux niveaux. Ainsi, il existe des relations entre les variables de ces deux niveaux (niveau 1 et niveau 2). Selon la nature des relations, il existe trois principaux types de modèles. Le premier modèle s'intéresse aux relations existantes entre les variables de niveau 1 mais souhaite contrôler la variance existante au niveau 2 et gérer les problèmes de non indépendance des observations (ULAGA 2003). La structure du modèle linéaire hiérarchique est la suivante pour chaque niveau.



Au niveau 1 :

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{ij} + \epsilon_{ij}, j = 1, \dots, J, i = 1, \dots, n_j \quad [4]$$

Au niveau 2 :

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \mu_{0j}, j = 1, \dots, J \quad [5]$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \mu_{1j}, j = 1, \dots, J \quad [6]$$

où  $Y_{ij}$  illustre un état. Il peut par exemple désigner le score ADL d'un individu  $i$  dans le groupe  $j$ .  $\beta_{0j}$  représente l'intersection estimée de l'état de l'individu pour le groupe  $j$ ,  $\beta_{1j}$  représente le taux de variation ou la pente estimée de pour le groupe  $j$ .  $X_{ij}$  correspond à la variable explicative  $x$  pour l'individu  $i$  dans le groupe  $j$  (par exemple : age, sexe, etc) ;  $\epsilon_{ij}$  représente une erreur aléatoire de l'individu  $i$  dans le groupe  $j$ .

Après avoir étudiée la façon dont les groupes  $j$  se différencient selon leurs origines  $\beta_0$  et  $\beta_1$ , on peut s'intéresser aux potentielles relations existantes entre les variables de niveau 1 mais aussi de prendre en compte l'impact des variables de niveau 2. Pour cela, certaines variable du niveau 2 caractérisant les groupes peuvent être analysées. Cette hypothèse nous permet d'écrire le deuxième modèle du modèle linéaire hiérarchique comme suit.

Au niveau 1 :

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{ij} + \epsilon_{ij}, j = 1, \dots, J, i = 1, \dots, n_j \quad [7]$$

Au niveau 2 :

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + \mu_{0j}, j = 1, \dots, J \quad [8]$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}W_j + \mu_{1j}, j = 1, \dots, J \quad [9]$$

L'équation du niveau 1 (équation 7) demeure le même que celui du premier modèle. Cependant, pour le niveau 2, on constate l'ajout de la variable  $W_j$  qui représente la variable mesurée au niveau 2 pouvant expliquer les variations entre les modèles des différents groupes.  $W_j$  permet de prédire la façon incrémentale  $Y_{ij}$  une fois  $X_{ij}$  pris en compte.  $\mu_{0j}$  et  $\mu_{1j}$  représentent les termes d'erreurs pour le groupe  $j$ . Les pentes et les intersections des régressions de niveau 1 varient en fonction de certaines caractéristiques des individus.

#### Modèle de mélange de croissance généralisé à effet aléatoire

Le modèle mixte selon Cnaan (CNAAN et al 1997) est similaire à la régression multiple ordinaire et permet d'évaluer la corrélation entre les observations. Les modèles mixtes sont particulièrement utiles dans les situations où des mesures répétées sont effectuées sur les mêmes individus dans des études longitudinales. Ils permettent donc de prendre en compte l'aspect longitudinal des données.





Le modèle tient compte de la variabilité liée aux individus et de l'autocorrélation entre les variables. La partie fixe du modèle à effets mixtes est identique pour chaque individu et représente l'effet population. La partie aléatoire est traduite par la variabilité liée à chaque sujet (GAUDART et al 2010). Les trajectoires de données longitudinales sont modélisées à l'aide du modèle à effets mixtes généralisé suivant :

$$Y_{ti} = \beta_{0i} + \beta_{1i}X_{ti} + \beta_{2i}X_{ti}^2 + \dots + \beta_{pi}X_{ti}^p + \epsilon_{it} \quad [10]$$

où l'équation 10 est une équation du modèle polynomiale de puissance  $p$ ;  $Y_{ti}$  représente la variable d'intérêt du patient  $i$  pour une trajectoire  $j$  ( $i = 1, \dots, n_j, j = 1, \dots, J$ ) à un temps donné  $t$ ;  $X_{t1}, X_{t2}, \dots, X_{ti}^p$  représentent la variable indépendante ou variables explicatives entrées dans un terme linéaire, carré ou cubique;  $\beta_{0i}, \beta_{1i}, \dots, \beta_{pi}$  représentent respectivement les coefficients des termes intercept, linéaire, quadratique;  $\epsilon_{it}$  illustre pour l'individu  $i$  l'effet aléatoire spécifique donné par l'état (ADL par exemple) et le groupe de trajectoire attribué  $j$ . Les trajectoires peuvent ainsi être linéaires  $X_{t1}$ , quadratiques  $X_{t2}^2$  ou cubique cubiques  $X_{t3}^3$  en fonction du nombre de mesures.

Des méthodes de classification non supervisées dont k-means et classification ascendante hiérarchique peuvent également être employées pour l'analyse de données longitudinales. Ces deux méthodes sont expliquées dans les sections ci-dessous.

#### 4.3. Classification par la technique Kml utilisant l'algorithme k-means

Dans les études longitudinales, les mêmes variables sont fréquemment mesurées de façon répétée dans le temps et chaque suite de variable reflète l'évolution d'un phénomène (GENOLINI et al 2013). Pour effectuer l'analyse évolutive de ces données, plusieurs modèles (NAGIN et ODGERS 2010) (PICKLES et CROUDACE 2010) ont été développées. Dans ces analyses, on suppose que la trajectoire de chaque individu peut être reproduite par un mélange d'un petit nombre de trajectoires typiques avec des poids donnés à chacune de ces trajectoires d'un individu à l'autre. Ce poids définit la probabilité à posteriori que l'individu soit issu du groupe en question (CANOUIL). Parmi cet ensemble de méthodes, il existe la procédure KmL implémentée par Genolini et ses collaborateurs (GENOLINI et FALISSARD 2010) (GENOLINI et FALISSARD 2011) qui utilise l'algorithme de partitionnement k-means (MACQUEEN et al 1967). K-means est un algorithme de partitionnement qui appartient à la classe EM (Expectation-Maximization) (CELEUX et GOVAERT 1992). Genolini et Falissard dans leur travaux (GENOLINI et al 2013) expliquent les algorithmes EM comme suit.

##### Fonctionnement de l'algorithme k-means

L'objectif de l'algorithme k-means dans l'analyse de trajectoires est de déterminer la partition des individus et les trajectoires de sorte à minimiser une fonction de perte c'est à dire la fonction qui est minimisée dans la procédure d'ajustement d'un modèle. L'algorithme k-means est une méthode de classification considérée comme une approche alternative aux modèles de mélange (MACQUEEN et al 1967).

Initialement, le partitionnement assigne chaque observation à un groupe. Ensuite, le regroupement optimal est atteint en alternant deux phases : la phase d'attente et la phase de maximisation. Pendant la



phase d'attente, les centres de gravité de chaque groupe sont calculés. Ensuite, la phase de maximisation consiste à assigner chaque observation à son "groupe le plus proche". L'alternance des deux phases est répétée jusqu'à ce qu'aucun autre changement ne se produise dans les groupes. Pour illustrer cela, on considère un ensemble  $N$  de  $n$  individus. Pour chaque individu, une variable d'intérêt  $Y$  est mesurée à  $t$  périodes ou temps différents. La valeur de  $Y$  pour l'individu  $i$  au temps  $k$  est notée  $y_{ik}$ . Pour l'individu  $i$ , la séquence  $y_{ik}$  est appelée trajectoire ; elle est notée  $y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{it})$ . L'objectif du regroupement est de partitionner  $N$  en sous-groupes homogènes  $g$  (GENOLINI et al 2013). Les moyennes  $k$  peuvent être calculées sur plusieurs distances. Pour l'implémenter sous un logiciel, Genolini et Falissard ont développé le package "KML" sous le logiciel R (GENOLINI et FALISSARD 2010) (GENOLINI et FALISSARD 2011). Le package peut utiliser soit la distance Euclidienne ou la distance de Manhattan (KAUFMAN et ROUSSEEUW 2009).

L'algorithme du k-means est une méthode de classification qui nécessite que les individus aient des mesures effectuées aux mêmes temps  $t$ . La méthode standard ne permet pas de tenir compte de covariables pouvant influencer les trajectoires individuelles. Or, l'omission de certaines covariables dans la classification peut entraîner une mauvaise prise en compte de l'hétérogénéité inter-individuelle, et faire apparaître des groupes qui ne sont pas forcément reliés au phénomène d'intérêt l'autonomie fonctionnelle dans notre cas (CANOUIL).

#### Estimation des paramètres des trajectoires

L'estimation des paramètres des trajectoires est faite par la méthode du maximum de vraisemblance. On suppose que les mesures de l'individu  $i$  sont indépendantes les unes des autres conditionnellement au fait d'appartenir au groupe  $j$ .

#### Choix du nombre optimal de groupes

Un des problèmes rencontrés dans l'algorithme k-means est le choix du nombre optimal. La méthode KML utilise le critère de Calinski et Harabasz (CHC) considéré comme l'un des meilleurs (KALINSKI et HARABASZ 1974) parmi tant d'autres. Les propriétés du critères ont été détaillées par les auteurs (MILLIGAN et COOPER 1985) (SHIM et al 2005). Basée sur le critère de Calinski et Harabasz, la procédure consiste à minimiser les variances à l'intérieur des groupes et de maximiser la différence entre les groupes.

**Critère de Calinski Harabasz** : le critère se base sur la division de la variance intergroupe  $Trace(V_{Inter})$  par la variance intra groupe  $Trace(V_{Intra})$ . Il cherche à pondérer la variance intragroupe par le nombre de groupe et permet d'avoir un nombre optimal de groupe de manière objective. Lorsque les groupes sont bien distincts les uns des autres, la variance interclasse prend des valeurs plus élevées et si les groupes sont proches, la variance interclasse prend des valeurs plus faibles. La variance intragroupes quant à elle mesure la compacité des groupes. Lorsque les groupes sont compacts, la variance intragroupes prend des valeurs élevées. Elle prend des valeurs faibles lorsque les groupes sont dispersés (GENOLINI et FALISSARD 2010). Le critère a pour idée de calculer la somme des distances entre le  $k$ -ème groupe et les  $(k - 1)^{mes}$  groupes. Par la suite cette somme est comparée avec la somme des distances à l'intérieur de chacun des  $k$  groupes. Le rapport entre les deux variances est noté  $C(k)$  et s'écrit :



$$C(k) = \frac{\text{Trace}(V_{Intra})(n - k)}{\text{Trace}(V_{Inter})(k - 1)} \quad [11]$$

où  $n$  et  $k$  sont respectivement le nombre de groupes dans la partition étudiée.  $\text{Trace}(V_{Inter})$  et  $\text{Trace}(V_{Intra})$  représentent respectivement la somme des distances intergroupes et la somme des distances intragroupes. Lorsque les groupes sont compacts et bien séparés alors  $C(k)$  est grand. Il est petit quand les groupes sont dispersés et mal séparés.

**Critère d'inertie** : Le critère d'inertie est lui aussi un indicateur qui permet une orientation vers la première partition à observer avant d'explorer des typologies aux nombres moins et/ou plus élevés de groupes.

#### 4.4. Classification Ascendante Hiérarchique

Les progrès des méthodes de classification au cours des dernières années ont permis d'utiliser la classification ascendante hiérarchique pour déterminer des typologies de parcours (BARBARY 1996) (DEGENNE et al 1996) (BARBARY et al 1998)). Pour cette méthode, le critère de Ward est généralement choisit pour le choix du nombre optimal de groupes. Le but étant de réduire l'hétérogénéité des données tout en conservant une part essentielle de l'information.

**Méthode de Ward** : L'idée du critère de Ward dans la classification hiérarchique ascendante est de minimiser l'inertie intragroupe et de maximiser l'inertie intergroupe afin d'obtenir les groupes les plus homogènes possibles. Pour le critère de Ward, les individus qui présentent des caractéristiques rares dans la population vont se retrouver éloignés des individus présentant des caractéristiques fortement représentées. Le critère de saut de Ward (WARD 1963) a été utilisé pour la méthode de classification hiérarchique ascendante.

#### Fonctionnement de l'algorithme de Classification Ascendante Hiérarchique

L'algorithme de Classification Ascendante Hiérarchique peut être décrit par 5 étapes principales :

1. Les groupes initiales sont les individus eux-mêmes ;
2. On calcule les distances entre les groupes ;
3. Les deux groupes les plus proches au sens du critère de Ward sont fusionnées et remplacées par une seule ;
4. Le processus reprend en 2 jusqu'à n'avoir plus qu'une seule classe, qui contient toutes les observations ;
5. A chaque étape les groupes les plus proches sont cherchées et fusionnées, et l'étape la plus importante dans l'algorithme réside dans le choix de la distance entre deux groupes.



Soit  $g$  le centre de gravité associé à  $n$  individus ;  $A$  et  $B$  deux groupes d'individus d'effectifs respectifs  $n_A$  et  $n_B$ , de centres de gravité associés respectifs  $g_A$  et  $g_B$ . La distance de Ward notée  $Dist_W$  est :

$$Dist_W(A, B) = \frac{n_A n_B}{n_A + n_B} d^2(g_A, g_B) \quad [12]$$

### **Evaluation des critères de choix du nombre de groupes optimal des deux méthodes (k-means et CAH) par les critères AIC, BIC, ICL**

En classification non supervisée, il est très courant de ne pas connaître à priori le nombre de groupes à former ou le nombre de composantes du modèle à ajuster (BAUDRY 2009). Alors, le choix du nombre de classe fait intervenir plusieurs critères tels que le critère AIC, BIC, ICL. Les critères AIC et BIC sont les plus classiques et sont tous les deux des critères de vraisemblance pénalisée. L'AIC se rapproche asymptotiquement de la vraisemblance intégrée du modèle et BIC utilise l'approximation de Laplace pour la vraisemblance intégrée du modèle. Dans un modèle de mélange gaussien, AIC a une forte tendance à surestimer le nombre de classe  $k$  tandis que BIC a un comportement plus satisfaisant mais quelquefois le BIC donne un nombre de groupes plus grand que le nombre jugé pertinent.

Un modèle de mélange gaussien GMM (Gaussian Mixture Model) est un modèle statistique qui sert à estimer de façon paramétrique des variables aléatoires en les modélisant comme une somme de plusieurs gaussiennes. Dans une étude faite Biernacki (BIERNACKI 2009), il a été trouvé que le modèle gaussien apporte une réponse rigoureuse, flexible et interprétable pour les multiples besoins de la classification : classification supervisée ou non, nature des données, choix du nombre de groupes.

**Critère AIC** : il est un critère simple et populaire de choix de groupes. Proposé par Akaike (AKAIKE 1974), le critère est connu par son choix d'un grand nombre de composantes dans le cadre des modèles de mélanges (BAUDRY 2009). Dans le cadre de sélection de modèle, il consiste à minimiser un critère de la forme vraisemblance pénalisée. Le critère s'écrit :

$$AIC = 2df - 2\ln L \quad [13]$$

où  $L$  est le maximum de la fonction vraisemblance du modèle et  $df$  le nombre de paramètres du modèle estimé. Avec le critère AIC, la déviance du modèle  $2\log(L)$  est pénalisée par 2 fois le nombre de paramètres. Dans un cadre de sélection de modèle, le critère AIC choisit le modèle qui donne le plus faible AIC (AKAIKE 1974).

**Critère BIC** : inspiré du critère d'information Akaike, le critère BIC critère d'information bayésien pénalise plus fortement le nombre de paramètre du modèle que le critère AIC. Le critère s'écrit :

$$BIC = -2\ln(L) + \ln(n)df \quad [14]$$

où  $L$  est le maximum de la fonction vraisemblance du modèle,  $n$  le nombre d'observation dans l'échantillon et  $df$  le nombre de paramètres du modèle estimé. De façon standard  $k$  prend la valeur de 2 par défaut comme observé dans les formules de l'AIC et BIC. La valeur de  $k$  peut varier en fonction du besoin.



**Critère ICL** : dans le but d'améliorer le BIC, Biernacki et ses collaborateurs imitent l'approche BIC puisque ce dernier présente des difficultés dans le choix du nombre de groupes pertinentes (BIERNACKI et al 2000). Idéalement, ils remplacent la vraisemblance  $L$  du modèle par la vraisemblance complète. Le critère ICL repose sur un terme dit d'entropie. Contrairement au critère BIC, le critère ICL n'est pas consistant. ICL peut alors être expliqué comme une approximation d'un critère analogue à BIC. Toutefois, les deux critères se comportent de la même façon pour les modèles fournissant des groupes bien séparés. Plusieurs études ont été faites pour comparer ces critères entre eux dans des contextes différents. L'une d'elles a été faite par Yang en 2005 qui compare l'ACI et le BIC dans le contexte de la régression (YANG 2005). L'auteur a montré qu'en particulier, l'AIC est asymptotiquement optimal lorsque l'on souhaite sélectionner le modèle avec l'erreur quadratique moyenne (si l'on fait l'hypothèse que le modèle générant les données n'est pas parmi les candidats, ce qui est en fait presque toujours le cas en pratique) ; ce n'est pas le cas du BIC (YANG 2005). L'auteur montre aussi que la vitesse de convergence de l'AIC vers l'optimum est, dans un certain sens, le meilleur possible. Dans une étude menée par Kuha (KUHA 2004), il a été montré que malgré le fondement différent du critère AIC et BIC, on observe certaines similitudes entre et les deux informations. Contrairement à l'ICL, le BIC pénalise la complexité des modèles (BIERNACKI et al 2009).

#### Principe de fonctionnement de l'AIC et du BIC

Les deux critères fonctionnent avec l'algorithme du maximum de vraisemblance. Selon Olivier et collaborateur (OLIVIER et al 1997), le maximum de vraisemblance a pour principe de conduire à une surparamétrisation du modèle pour obtenir un bon résultat. Idéalement, le critère de pénalisation de type log-vraisemblance le plus utilisé est l'AIC. Cependant, ce critère reste moins satisfaisant quelquefois car il a des capacités de surparamétrisation. Le BIC quant à lui assure une meilleure estimation en pénalisant justement le surdimensionnement du modèle. Placé dans un contexte Bayésien, le principe du BIC est présenté comme suit : soit  $X = (X_1, X_2, \dots, X_i)$ , un  $n$ -échantillon de variables indépendantes de densité inconnue notée  $f$  (SCRUCCA et al 2016). L'objectif est d'estimer la densité  $f$  en se donnant une collection finie de modèle allant de 1 à  $m$  notée  $(M_1, M_2, \dots, M_m)$ . Ces modèles sont implémentés dans le packages mclust du logiciel R avec les dénominations suivantes : "E" pour modèle à variance égale, "V" pour modèle à variance variable, "EII" modèle sphérique à variance égale, ... (SCRUCCA et al 2016). Ces modèles sont représentés sur les figures Un modèle  $M_i$  a pour densité  $gM_i$  de paramètre  $\alpha_i$  et  $K_i$ . L'objectif du BIC est de choisir un modèle parmi cette collection de modèles. Dans la démarche,  $\alpha_i$  et  $M_i$  sont vus comme des variables aléatoires et sont munies d'une distribution a priori notée  $P(M_i)$  pour le modèle  $M_i$ ,  $P(\alpha_i|M_i)$  pour  $\alpha_i$ . Ainsi, le BIC cherche à sélectionner le modèle  $M_i$  qui maximise la probabilité à postériori  $P(M_i|X)$  notée :

$$M_{BIC} = \arg \max P(M_i|X) \quad [15]$$

#### 4.5. Modélisation par la méthode de régression logistique multinomiale

La régression logistique multinomiale a été utilisée pour analyser la dépendance entre la variable réponse et les variables explicatives afin d'identifier les facteurs prédictifs. L'inclusion des facteurs de



risque dans le modèle a été conçue pour déterminer si les facteurs de risque affectent les trajectoires. Cela permet de savoir si le facteur de risque diminue ou augmente la probabilité d'appartenir à un groupe de trajectoire. Dans la régression logistique multinomiale, le groupe de trajectoire ayant le plus grand nombre d'individu est souvent choisi comme groupe référent pour la variable réponse. Selon, pour faciliter l'interprétation dans un modèle de régression logistique, on choisit souvent comme catégorie de référence la catégorie associée au plus faible risque de présenter l'évènement défavorable. Lorsque la variable explicative est qualitative binaire, la modalité de référence correspond à la modalité codée 0 dans le modèle.

### Équation du modèle de régression logistique multinomiale

Pour obtenir les probabilités d'appartenance d'un individu à une modalité ou catégorie  $k$ , on peut écrire  $K - 1$  équations logits. La stratégie de modélisation consiste à modéliser  $K - 1$  rapports de probabilités c'est-à-dire qu'on prend une modalité comme référence et on exprime  $K - 1$  logits par rapport à cette référence. On a  $J + 1$  paramètres à estimer pour chaque modalité  $k$ . Sachant que la modalité de référence est la modalité  $K$ , l'équation logit d'appartenance à la modalité  $k$  de l'individu  $x_i$ ,  $1 \leq i \leq n$  où  $n$  est le nombre d'individus est donc :

$$\text{logit}_k(x_i) = \ln \left[ \frac{\pi_k(x_i)}{1 - \pi_k(x_i)} \right] = \beta_{0,k} + \beta_{1,k}X_1(x_i) + \dots + \beta_{j,k}X_j(x_i) + \dots + \beta_{J,k}X_J(x_i) + \epsilon_k \quad [16]$$

L'équation (11) représente l'ensemble des logits du modèle multinomial à  $K$  modalités. Les  $x_i$  correspondent aux individus,  $\pi_k(x_i)$  symbolise la probabilité à posteriori d'un individu  $x_i$  ou probabilité associée à la modalité d'intérêt;  $\ln$  désigne la fonction logarithme népérien;  $\beta_k = (\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{J,k})$  correspond au vecteur des paramètres que l'on souhaite estimer à partir des données. Le vecteur  $\mathbf{X}_J(x_i) = (1, X_1(x_i) + X_2(x_i) + \dots + X_J(x_i))$  symbolise les variables explicatives. Les  $x_i$ ,  $1 \leq i \leq n$  où  $n$  sont les individus de notre étude avec  $n=221$ . Il y'a donc  $(K - 1)(J + 1)$  paramètres à estimer. Les  $\epsilon_k$  sont des variables aléatoires gaussiennes centrées. Ces termes d'erreur représentent la déviation entre le modèle prédit et la réalité. La première composante ( $X_0(x_i) = 1$ ) désigne la constante.

### Estimation des paramètres

L'estimation des paramètres  $\beta_k$  nécessite de maximiser la vraisemblance. La fonction logarithmique étant croissante, il est équivalent de maximiser la log vraisemblance. Comme on a besoin de calculer les valeurs où la dérivée de la vraisemblance s'annule, il est souvent plus facile de calculer les dérivées de la log vraisemblance (RAKOTOMALALA 2011). De plus, la recherche du maximum de vraisemblance nécessite généralement de calculer la dérivée de la vraisemblance, et cela est beaucoup plus simple avec la log-vraisemblance. La fonction de log-vraisemblance à maximiser s'écrit alors comme la somme des logarithmes des vraisemblances ou probabilités non conditionnelles (BONNET 2004). La vraisemblance  $L$  de l'individu  $x_i$  est définie par :

$$L = \prod_{i=1}^n [\pi_1(x_i)]^{y_1(x_i)} \dots [\pi_k(x_i)]^{y_k(x_i)} \quad [17]$$

où  $\pi_1(x_i) = P [y_k(x_i) = y_k(x_i)/X(x_i)] = (1, X_1(x_i), X_2(x_i), \dots, X_J(x_i)); y_k(x_i) = 1$  si et seulement



si  $y(x_i) = y_k$ .

La log-vraisemblance  $LL$  de l'individu  $x_i$  est définie par :

$$LL = \sum_{i=1}^n y_1(x_i) \ln(\pi_1(x_i)) + \dots + y_k(x_i) \ln(\pi_k(x_i)) \quad [18]$$

avec  $\beta_k = (\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{J,k})$ . En dérivant la log-vraisemblance par rapport aux éléments du vecteur  $\beta_k$ , pour chaque valeur de  $k$ , on obtient un vecteur de dimension  $(K - 1)(J + 1)$  de dérivées appelé vecteur du gradient et noté  $G$ . L'obtention de ce vecteur se fait par annulation de toutes les dérivées partielles de la log-vraisemblance  $LL$  (équation 18).

#### Calcul du vecteur gradient

Pour calculer  $G$ , on va commencer par estimer les  $(K - 1)(J + 1)$  paramètres en annulant  $(K - 1)(J + 1)$  dérivées partielles. Cela revient à résoudre l'équation matricielle  $G = 0$  où  $G$  est une matrice de dimension  $(K - 1)(J + 1) + 1$  exprimée comme suit.

$$G = \begin{pmatrix} G_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ G_{K-1} \end{pmatrix} \quad [19]$$

avec  $G_k$  de dimension  $(J + 1) \times 1$  égal à :

$$G_k = \begin{pmatrix} g_{0,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{j,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{J,k} \end{pmatrix}$$

Annuler  $G_k$  revient à résoudre l'équation matricielle :



$$\mathbf{G}_k = \begin{pmatrix} g_{0,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{j,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{J,k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{pmatrix}; 1 \leq k \leq K - 1 \quad [20]$$

où  $g_{j,k} = \frac{\partial LL}{\partial \beta_{j,k}}$ ,  $1 \leq j \leq J, 1 \leq k \leq K - 1$

Avant de résoudre cette équation, nous allons calculer la dérivée de  $\pi_k(x_i)$  par rapport à  $\beta_{j,k}$ .

#### Calcul de la dérivée de la log-vraisemblance

Au vu de l'expression de la log-vraisemblance (équation 18), le calcul de la dérivée de la log-vraisemblance nécessite tout d'abord de calculer la dérivée de  $\pi_k(x_i)$ . Pour cela, considérons l'équation (16) et posons  $Y$  comme variable d'intérêt. Considérons la moyenne conditionnelle de la variable  $Y$  étant donné  $X = x$  qu'on notera  $E(Y = y_i / X = x_i)$ . La moyenne conditionnelle correspond à la valeur espérée de la variable d'intérêt  $Y$  pour une valeur donnée de la variable prédictive  $X$ . Le terme d'erreur  $\epsilon_k$  dans l'équation (16) est normalement distribuée de moyenne nulle et de variance constante (LAROSE et VALLAUD 2012). Ainsi l'équation (16) devient :

$$E(Y = y_i / X = x_i) = \ln \left[ \frac{\pi_k(x_i)}{1 - \pi_k(x_i)} \right] = \beta_{0,k} + \beta_{1,k}X_1(x_i) + \dots + \beta_{j,k}X_j(x_i) + \dots + \beta_{J,k}X_J(x_i) \quad [21]$$

Pour simplifier les expressions, notons  $E(Y = y_i / X = x_i)$  la moyenne conditionnelle comme égale à  $\pi_k(x_i)$  donc  $E(Y = y_i / X = x_i) = \pi_k(x_i)$ ,  $\beta_{j,k} = a$  la somme des paramètres sans le terme d'erreur. Avec ces expressions, la moyenne conditionnelle de la régression logistique prend une forme autre que linéaire une forme en S appelée fonction sigmoïde (LAROSE et VALLAUD 2012). De la formule (21), on déduit facilement que la fonction sigmoïde est définie par :

$$\pi_k(x_i) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_{0,k} + \beta_{1,k}X_1(x_i) + \dots + \beta_{J,k}X_J(x_i))}} \quad [22]$$

Pour continuer les calculs, on a besoin du lemme suivant :





**Lemme 1 :** Soit la fonction  $U(x) = \frac{1}{1+e^{-a(x)}}$  où  $a(x)$  est une fonction dérivable, sa dérivée est égale à :

$$U'(x) = a'(x)U(x) [1 - U(x)]$$

**Démonstration :**

Posons

$$U(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x)}}$$

$$U'(x) = \frac{u'(x)}{u^2(x)}; u(x) = 1 + e^{-a(x)}$$

$$u'(x) = -a'(x)e^{-a(x)}; u^2(x) = (1 + e^{-a(x)})^2$$

$$\frac{u'(x)}{u^2(x)} = \frac{a'(x)e^{-a(x)}}{(1 + e^{-a(x)})^2} = a'(x) \frac{1}{1 + e^{-a(x)}} \frac{e^{-a(x)}}{1 + e^{-a(x)}} = a'(x)U(x) [1 - U(x)]$$

$$U'(x) = a'(x)U(x) [1 - U(x)]$$

Du lemme 1, on déduit que :

$$\frac{\partial \pi_k(x_i)}{\partial \beta_{0,k}} = \pi_k(x_i) [1 - \pi_k(x_i)]; j = 0$$

$$\frac{\partial \pi_k(x_i)}{\partial \beta_{j,k}} = X_j \pi_k(x_i) [1 - \pi_k(x_i)]; 1 \leq j \leq J \quad [23]$$

où  $x = (1, x_1, x_2, \dots, x_J)$

Pour déduire l'expression de la dérivée de la log vraisemblance, on remplace  $\frac{\partial \pi_k(x_i)}{\partial \beta_{j,k}}$  par son expression dans l'équation (18). Rappelons une autre expression de l'équation (18) qui est :

$$LL = \sum_{i=1}^n y_1(x_i) \ln(\pi_1(x_i)) + \dots + y_k(x_i) \ln(\pi_k(x_i)) \quad [24]$$

Ainsi :

$$g_{j,k} = \frac{\partial LL}{\partial \beta_{j,k}} = \sum_{i=1}^n [y_k(x_i) [\ln(\pi_k(x_i))] + (1 - y_k(x_i)) \ln [(1 - \pi_k(x_i))]]'$$



$$\begin{aligned}
&= \sum_{i=1}^n [y_k(x_i) [\ln(\pi_k(x_i))]'] + [(1 - y_k(x_i)) \ln [(1 - \pi_k(x_i))]'] \\
&= \sum_{i=1}^n y_k(x_i) [\ln(\pi_k(x_i))] + \ln(\pi_k(x_i)) [y_k(x_i)]' + (1 - y_k(x_i)) \ln [(1 - \pi_k(x_i))] + \\
&\quad \ln [(1 - \pi_k(x_i))] [(1 - y_k(x_i))]' \\
&= \sum_{i=1}^n y_k(x_i) \frac{[\pi_k(x_i)]'}{\pi_k(x_i)} + (1 - y_k(x_i)) \frac{[1 - \pi_k(x_i)]'}{(1 - y_k(x_i))}
\end{aligned}$$

En remplaçant l'expression de la dérivée de  $\pi_k(x_i)$ , on obtient :

$$g_{j,k} = \frac{\partial LL}{\partial \beta_{j,k}} = \sum_{i=1}^n y_k(x_i) \left[ \frac{\pi_k(x_i)(1-\pi_k(x_i))}{\pi_k(x_i)} \right] X_j(x_i) + (1 - y_k(x_i)) \left[ \frac{-\pi_k(x_i)(1-\pi_k(x_i))}{1-\pi_k(x_i)} \right] X_j(x_i);$$

Après simplification, on trouve :

$$\begin{aligned}
g_{0,k} &= \frac{\partial LL}{\partial \beta_{0,k}} = \sum_{i=1}^n [y_k(x_i) - \pi_k(x_i)]; j = 0 \\
g_{j,k} &= \frac{\partial LL}{\partial \beta_{j,k}} = \sum_{i=1}^n X_j(x_i) [y_k(x_i) - \pi_k(x_i)]; 1 \leq j \leq J \quad [25]
\end{aligned}$$

Avec cette équation du gradient, on va chercher à annuler l'expression du gradient pour trouver les valeurs des estimations des paramètres  $\beta_k = (\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{J,k})$ .

Pour cela, il faut résoudre le système de  $J + 1$  équations à  $J + 1$  inconnues pour chaque valeur de  $k$ .

$$\mathbf{G}_k = \begin{pmatrix} g_{0,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{j,k} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_{J,k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n [y_k(x_i) - \pi_k(x_i)] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{i=1}^n X_j(x_i) [y_k(x_i) - \pi_k(x_i)] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{i=1}^n X_J(x_i) [y_k(x_i) - \pi_k(x_i)] \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{pmatrix} \quad 1 \leq k \leq K - 1 \quad [26]$$



Les  $(K - 1)(J + 1)$  paramètres à estimer sont les solutions des  $K - 1$  systèmes de  $J + 1$  équations à  $J + 1$  inconnues pour chaque valeur de  $k$ . Dans ce système non linéaire, il y a autant d'équations que de paramètres à estimer. En raison de sa non linéarité, le système n'admet pas de solution analytique. Sa résolution nécessite des méthodes numériques telles que l'algorithme de Newton-Raphson. L'algorithme de Newton-Raphson recherche pas à pas les valeurs paramètres  $(\hat{\beta}_k)$ .

Le déroulement de l'algorithme se fait de la façon suivante. On part de valeurs initiales des  $(J + 1)$  paramètres du modèle (par exemple,  $\beta_k = 0$  et on  $k = 1, \dots, K$ ). Puis on remplace chaque équation de par son approximation linéaire autour de ces valeurs initiales. On résout le système ainsi formé et on obtient un premier jeu de valeurs des paramètres. On répète l'opération en remplaçant chaque équation de par son approximation linéaire autour de ce premier jeu de paramètres. On résout le système ainsi formé, et ainsi de suite jusqu'à ce que les valeurs des paramètres ainsi déterminées ne changent (quasiment) pas lorsqu'on itère l'opération. On arrête alors la recherche des valeurs des  $\beta_k$  et les dernières obtenues sont les valeurs estimées des paramètres (AFSA 2016).

Soit  $\beta_k^0$  un paramètre initial du paramètre  $\beta_k$ . On part de l'étape  $l$  à l'étape  $l + 1$  par l'expression suivante :

$$\beta_k^{l+1} = \beta_k^l - \left( \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_k \partial \beta_k} \right) \mathbf{G}_k \quad [27]$$

où  $\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_k \partial \beta_k}$  est la matrice hessienne  $H_{k,k}$  de dimension  $(J + 1)(J + 1)$ ,  $1 \leq k \leq K - 1$ . La matrice hessienne s'obtient en dérivant chacune des dérivées partielles. Elle est définie par :

$$\mathbf{H}_k = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{0,k} \partial \beta_{0,k}} & \dots & \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{0,k} \partial \beta_{J,k}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j,k} \partial \beta_{0,k}} & \dots & \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j,k} \partial \beta_{j,k}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{J,k} \partial \beta_{0,k}} & \dots & \frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{J,k} \partial \beta_{J,k}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_{0,0}^k & \dots & H_{0,J}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{J,0}^k & \dots & H_{J,J}^k \end{pmatrix} \quad [28]$$

On sait que :

$$\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} = \frac{\partial}{\partial \beta_{j_1,k}} \left( \frac{\partial LL}{\partial \beta_{j_2,k}} \right) = \frac{\partial}{\partial \beta_{j_1,k}} g_{j_2,k} \quad 0 \leq j_1 \leq J; 0 \leq j_2 \leq J$$

$$\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} = \frac{\partial}{\partial \beta_{j_1,k}} \sum_{i=1}^n X_{j_2}(x_i) [y_k(x_i) - \pi_k(x_i)]$$



$$\begin{aligned}
\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= \frac{\partial}{\partial \beta_{j_1,k}} \sum_{i=1}^n [X_{j_2}(x_i) y_k(x_i)]' - [\pi_k(x_i) X_{j_2}(x_i)]' \\
\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= \sum_{i=1}^n -X_{j_2}(x_i) \frac{\partial}{\partial \beta_{j_1,k}} \pi_k(x_i) \\
\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= - \sum_{i=1}^n X_{j_2}(x_i) \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) X_{j_1}(x_i) \\
\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= - \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) X_{j_1}(x_i) X_{j_2}(x_i) \quad 1 \leq j_1 \leq J; 1 \leq j_2 \leq J \\
\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{0,k} \partial \beta_{j_2,k}} &= - \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) X_{j_2}(x_i) \quad 1 \leq j_2 \leq J \\
\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{j_1,k} \partial \beta_{0,k}} &= - \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) X_{j_1}(x_i) X_{j_2}(x_i) \quad 1 \leq j_1 \leq J \\
\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_{0,k} \partial \beta_{0,k}} &= - \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) \tag{29}
\end{aligned}$$

Ainsi l'hessienne dans l'équation (28) s'écrit :

$$\mathbf{H}_{k,l} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) & \dots & \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) \mathbf{X}_J(x_i) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) \mathbf{X}_j(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) \mathbf{X}_j(x_i) \mathbf{X}_J(x_i) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) \mathbf{X}_J(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \pi_k(x_i) (1 - \pi_k(x_i)) \mathbf{X}_J^2(x_i) \end{pmatrix} \tag{30}$$



$$\mathbf{H}_{k,l} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & \dots & x_1 \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ 1 & x_n & \dots & x_n \end{pmatrix}^t \begin{pmatrix} \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) & & & 0 \\ & \ddots & & \\ & & \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) & \\ 0 & & & \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & x_1 & \dots & x_1 \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ 1 & x_n & \dots & x_n \end{pmatrix} \quad [31]$$

$$\mathbf{H}_{k,l} = X' V X$$

Avec  $X$  une matrice contenant les données pour chaque individu. La première colonne de matrice  $X$  correspond à la constante 1.

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) & & & 0 \\ & \ddots & & \\ & & \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) & \\ 0 & & & \pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i)) \end{pmatrix}$$

une matrice diagonale contenant les éléments généraux  $\pi_k(x_i)(1 - \pi_k(x_i))$ .

On en déduit que :

$$\frac{\partial^2 LL}{\partial \beta_k \partial \beta_k}(\hat{\beta}_k) = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) & \dots & \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) \mathbf{X}_J(x_i) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) \mathbf{X}_J(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) \mathbf{X}_J(x_i) \mathbf{X}_J(x_i) \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) \mathbf{X}_J(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_k(x_i)(1 - \hat{\pi}_k(x_i)) \mathbf{X}_J^2(x_i) \end{pmatrix} \quad [32]$$

où  $\hat{\pi}_k(x_i) = \frac{e^{\hat{\beta}_{0,k} + \hat{\beta}_{1,k} X_1(x_i) + \dots + \hat{\beta}_{J,k} X_J(x_i)}}{1 + e^{-(\hat{\beta}_{0,k} + \hat{\beta}_{j,k} X_1(x_i) + \dots + \hat{\beta}_{J,k} X_J(x_i))}}$  et  $\hat{\beta}_{j,k}$  est l'estimateur  $\beta_{j,k}$  par la méthode de Newton-Raphson.



Enfin, la matrice suivante est la matrice hessienne de la log vraisemblance  $LL$

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} \mathbf{H}_{1,1} & \dots & \mathbf{H}_{1,K-1} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \mathbf{H}_{K-1,1} & \dots & \mathbf{H}_{K-1,K-1} \end{pmatrix}$$

où

$$\mathbf{H}_{k,l} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \dots & \dots \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \text{ si } k \neq l.$$

L'estimateur du maximum de vraisemblance  $\beta_k$  sous certaines conditions est convergent et suit asymptotiquement une loi normale de moyenne égale à la vraie valeur  $\beta_0$  des paramètres et de matrice de variance covariance. La matrice de variance covariance est égale à l'inverse de la matrice hessienne évaluée au point  $\beta_0$  (HURLIN 2003). L'inverse de cette matrice notée  $C = (X'VX)^{-1}$  représente l'estimation de la matrice de variance covariance de  $\beta_k$ . Elle sera mise en contribution dans les différents tests d'hypothèses pour évaluer la significativité des coefficients. Pour une précision élevée de l'estimation d'un paramètre ou une erreur d'estimation faible, il faut que la pente de la fonction des valeurs possibles du paramètre soit élevée. Dans ce cas, le minimum de la fonction est facilement détecté. Ainsi, plus la valeur de l'hessienne est élevée et plus la précision de l'estimation des paramètres est élevée ou plus la variance de l'estimation est faible.

#### Test de la significativité des coefficients du modèle logit

Après avoir trouvé les équations logits et utilisé la méthode du maximum de vraisemblance pour estimer les paramètres du modèle, il convient de déterminer la significativité des coefficients obtenus.

La méthode du maximum de vraisemblance a consisté à produire les paramètres  $\beta_k = (\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{J,k})$  de la régression logistique exprimés dans l'équation 16.

Dans cette étude, nous utilisons les trois tests liés au maximum de vraisemblance qui sont : le test de rapport de vraisemblance, le test de Wald ou le test du score. Ceux-ci permettent de tester la nullité glo-



bale de l'hypothèse nulle et la nullité de tous les coefficients. Il est possible avec ces trois tests de tester la significativité des variables explicatives (ROUVIERE 2017). La nullité est acceptée si la probabilité critique  $p$  est grande. Pour ces tests, on obtient à chaque fois une statistique asymptotiquement  $\chi^2$ , on compare donc les valeurs obtenues aux quantiles du  $\chi^2$ . Les hypothèses s'écrivent :

$$H_0 : \beta_{j,k} = 0 \text{ contre } H_1 : \beta_{j,k} \neq 0$$

où  $\beta_{j,k}$  désigne la  $j^{me}$  composante du vecteur de paramètres  $\beta_k = (\beta_{0,k}, \beta_{1,k}, \dots, \beta_{J,k}), 0 \leq j \leq J$ .

### Test du rapport de vraisemblance

La statistique du test de rapport de vraisemblance est basée sur la différence entre des rapports de vraisemblances entre le modèle complet et le modèle sous l'hypothèse nulle  $H_0$ . L'estimateur ainsi obtenu sous l'hypothèse  $H_0$  est appelé estimateur du maximum de vraisemblance contraint noté  $\hat{\beta}_{j,k}^j$ . L'estimateur du maximum de vraisemblance contraint est obtenu par suppression des premiers coefficients du modèle. C'est l'estimateur obtenu avec le modèle constant ou modèle sans aucune variable explicative (HOSMER 2000). Ainsi, la statistique s'écrit :

$$LR = 2(\ln LL(\hat{\beta}_{j,k}) - \ln LL(\hat{\beta}_{j,k}^j)) \sim \chi^2 p \text{ ddl} \quad [33]$$

où  $\hat{\beta}_{j,k}$  représente l'estimateur du maximum de vraisemblance sans contrainte et  $\hat{\beta}_{j,k}^j$  estimateur du maximum de vraisemblance sous la contrainte avec  $\beta_{j,k} = 0$ .  $\ln LL(\hat{\beta}_{j,k})$  représente le logarithme de la vraisemblance du modèle avec l'ensemble des variables explicatives ;  $\ln LL(\hat{\beta}_{j,k}^j)$  désigne le logarithme de la vraisemblance du modèle réduit à la seule constante.

Si l'on note  $\chi_{95\%}^2$  le quantile à 95% de la loi  $\chi^2$ , le test du rapport des maximum de vraisemblance au seuil de 5% de l'hypothèse  $H_0$  consiste à accepter  $H_0$  si  $LR < \chi_{95\%}^2$ , et à refuser  $H_0$  si  $LR > \chi_{95\%}^2$ .

### Test de Wald

Le test de Wald sert spécifiquement à tester la nullité d'un ou plusieurs coefficients, en particuliers de tous sauf la constante. L'idée du test de Wald est d'accepter l'hypothèse nulle si l'estimateur non contraint  $\hat{\beta}_k$  de  $\beta_k$  est proche de 0. Le test est basé sur la normalité asymptotique des estimateurs.

La statistique du test de Wald sous l'hypothèse  $H_0 : \beta_{j,k} = 0$  contre  $H_1 : \beta_{j,k} \neq 0$  :

$$T_{j,k}(W) = \sum_{i=1}^n \frac{\hat{\beta}_{j,k}^2}{V(\hat{\beta}_{j,k})} \sim \chi^2 p \text{ ddl} \quad [34]$$



où  $V(\hat{\beta}_{j,k})$  représente la variance de l'estimateur  $\beta_k$ . La décision de rejeter  $H_0$  au risque  $\alpha$  est la suivante : si l'on note  $\chi_{95\%}^2$  le quantile à 95% de la loi  $\chi^2$ , le test de Wald au seuil de 5% de l'hypothèse  $H_0$  consiste à accepter  $H_0$  si  $T_{j,k}(W) < \chi_{95\%}^2$ , et à refuser  $H_0$  si  $T_{j,k}(W) > \chi_{95\%}^2$ .

### Mesure de la qualité du modèle

Pour juger de la significativité du modèle, nous avons utilisé le pseudo  $R$  de MacFadden (MCFADDEN et al 1973). Menard dans ses travaux (MENARD 2002) suggère que le  $R$  de MacFadden est l'un des critères le plus adapté à la régression logistique car il est le plus proche conceptuellement du coefficient de détermination de la régression multiple. Le  $R$  de MacFadden s'interprète de la façon suivante : lorsque la régression n'est pas significative ou que les variables explicatives n'apportent pas d'explication à la variable réponse, le  $R$  vaut 0 et vaut 1 lorsque la régression est parfaite. Ainsi plus la valeur du  $R$  est proche de 1, meilleur est le modèle.

$$R^2_{deMcFaden} = 1 - \frac{\ln LL(\hat{\beta}_{j,k})}{\ln LL(\hat{\beta}_{j,k}^j)} \quad [35]$$

où  $\ln LL(\hat{\beta}_{j,k}^j)$  représente le maximum de la fonction de log vraisemblance avec la seule constante.

### Discussion

Parmi les études examinées dans ce travail, seulement 20% (n=2) étaient européennes développées au Royaume Uni (HYBELS et al 2010) et en Italie (JONKMAN et al 2018), une seule était faite en Norvège (ROMOREN et al 2003). A ce jour, les connaissances disponibles décrivant la trajectoire de perte d'autonomie fonctionnelle de la personne âgée sont issues principalement d'études menées aux Etats-Unis (WAKEFIELD et HOLMAN 2007), (GILL et al 2013), (HAN et al 2013), (BUURMAN et al 2016) soit 40% (n=4) des études examinées et en Asie (CHEN et al 2008), (KUO et al 2017), (WEI et al 2018), (SAITO et al 2018 pour un taux de 40% (n=4).

La présente étude a établi un état des lieux des trajectoires de déclin fonctionnel de l'autonomie fonctionnelle. Les nombreux défis théoriques et méthodologiques de la recherche sur les parcours de vie exigent des outils statistiques souples (GHISLETTA et al 2015). Ainsi les familles de modèles statistiques pour l'analyse de données longitudinales dont l'analyse de trajectoire de classes latentes, la modélisation linéaire hiérarchique, le modèle de mélange de croissance généralisé à effet aléatoire et beaucoup d'autres méthodes sont des modèles statistiques de changement qui ont imprégné de nombreuses disciplines scientifiques (COLLINS 2006) (DUNCAN et al 2013). A ceux là s'ajoutent les méthodes de classification ascendante hiérarchique et de partitionnement k-means. L'utilisation de ces techniques de modélisations mathématiques et statistiques pour le traitement de résultats de l'autonomie fonctionnelle chez la personne âgée en fin de vie a permis de constater des différences systématiques dans l'état fonctionnel au cours du temps. Les modèles employés dans les différents travaux ont permis d'analyser des données longitudinales et de définir des paramètres liés aux processus de stabilité et de changement de la variable d'intérêt. Ils ont aidé à la modélisation des tendances temporelles, des probabilités d'appartenance à un groupe de trajectoire, et l'hétérogénéité inter et intragroupe de trajectoire.





Cet aperçu des études de trajectoires de perte d'autonomie de la personne âgée montre que les personnes âgées suivent dans le temps différents parcours selon différentes évolutions possibles. Majoritairement, le nombre minimal de temps de suivi est égal à trois points pour toutes les études. Environ 70% (n=7) des études examinées ont identifié trois tendances : (1) une trajectoire stable dans le temps qui correspond à une moyenne plus élevée des scores d'évaluation par conséquent une autonomie stable dans le temps ; (2) une trajectoire à risque de déclin fonctionnel de l'autonomie fonctionnelle qui est constituée de personnes âgées ayant une autonomie modérée à sévère. Les moyennes des scores d'évaluation diminuent avec le temps pour ce groupe ; (3) une trajectoire constante de déclin fonctionnelle de l'autonomie fonctionnelle. Ce troisième groupe de trajectoire est composé d'individus dépendants. 20% (n=2) des études ont montré cinq tendances décrites comme suit : (1) trajectoire stable dans le temps à laquelle sont assignées les personnes indépendantes, (2) trajectoire stable regroupant des individus ayant un handicap léger, (3) une trajectoire croissante composée d'individus ayant un handicap léger à modéré, (4) trajectoire de perte d'autonomie légèrement croissante (individus présentant un handicap léger à modéré), (5) trajectoire de déclin fonctionnelle de l'autonomie fonctionnelle (personnes ayant un handicap grave). Une seule étude a identifié deux tendances : (1) trajectoire stable constituée d'individus autonomes, (2) trajectoire de déclin fonctionnel composée d'individus dépendants.

Bien qu'une partie des différents scores d'évaluation de l'autonomie fonctionnelle soit demeurée stable dans le temps (trajectoire stable) pour la majorité des études, une autre partie a augmenté de façon marquée au cours du temps (trajectoire de déclin fonctionnel) et par conséquent cette dernière se dégrade dans le temps.

Ainsi, au fil du temps, certains patients sont demeurés libres de toute mobilité et de toute limitation des activités de la vie quotidienne, des activités instrumentales de la vie courante. Ces études ont montré que chez les patients présentant initialement des limitations, deux cas de figure se présentent. Premièrement, aucune amélioration graduelle n'est observée au cours du temps pour certains patients. deuxièmement, une amélioration est observée pour d'autres pendant une période donnée (première année de suivie par exemple) suivie d'une stabilisation ou encore d'une dégradation. Pour la plupart des travaux tels que ceux de Chen et Hybels (CHEN et al 2008), (HYBELS et al 2010), les patients du groupe ayant le plus de limitations étaient les plus à susceptibles d'avoir un âge plus élevé, un score MMS initial plus faible. Cependant, l'hétérogénéité du milieu de vie et des caractéristiques des personnes âgées engendrent une difficulté dans la comparaison des facteurs prédictif des différentes trajectoires d'autonomie fonctionnelle. Au moyen de la régression logistique, les relations étudiées entre les variables explicatives et les trajectoires ont montré que chaque étude avait ses variables prédictives spécifiques. Si par exemple l'étude de Chen (CHEN et al 2008) intègre les variables démographiques (âge, sexe, statut marital, lieu d'habitation, revenus, niveau d'éducation, profession, appartenance ethnique), les comorbidités, les médicaments, les critères d'évaluation de la fonction cognitive (MMS, GDS), le statut nutritionnel (MNA), l'étude de Han (LIANG et al 2010) ajoute comme variables explicative à son modèle les caractéristiques démographiques, la fragilité physique, les indicateurs de l'état cognitif dont les MMS, les symptômes dépressifs évalués GDS, la nutrition par l'IMC, l'activité physique habituelle selon le Physical Activity Scale et des troubles chroniques auto-évalués et diagnostiqués par des médecins à savoir : hypertension, infarctus du myocarde, insuffisance cardiaque congestive, accident vasculaire cérébral, diabète sucré, arthrite, fracture de la hanche, maladie pulmonaire chronique et cancer. A peu près toutes ces études ont révélé qu'au moins un des critères suivants : le fait d'être plus âgée, d'être une femme, d'avoir moins d'années d'études, d'avoir un score MMS de base plus élevé, d'avoir une santé auto-évaluée pas-



sable/mauvaise et un soutien social perçu moindre étaient associés à l'appartenance à une trajectoire de déclin fonctionnelle de l'autonomie fonctionnelle.

## Conclusion

Dans une analyse de trajectoires utilisant les méthodes vues dans notre travail, le nombre optimal de groupes reste immuable et représente selon Nagin (NAGIN et TREMBLAY 2005) une approximation statistique pratique. Pour ce faire, les individus n'appartiennent pas réellement à des groupes de trajectoires fixes ; on leur attribue plutôt une probabilité d'appartenance à un groupe. Ainsi les groupes ne doivent pas être considérés comme concrets ou réels. Le modèle mis en place devrait alors être considéré comme un outil statistique pratique, plutôt qu'un état d'être, pour résumer les trajectoires dans des régions distinctes de la distribution (NAGIN et ODGERS 2010). Des différences dans la durée des études ont été observées : il y a eu des études de suivi à court terme (6 mois) et à long terme (12 à 13.5 ans). Selon les travaux de Palese, la durée du suivi peut modifier la description de l'état fonctionnel de la personne âgée : plus l'intervalle est grand, plus il est probable que le changement se produise (PALESE et al 2016). Cependant, toutes ces études ont respecté le nombre minimal de points nécessaire pour une étude de trajectoire pour données longitudinales (DUPERE et al 2007).

Les études examinées dans notre travail montrent que les sujets se trouvant dans les groupes de trajectoire d'autonomie modérée à sévère sont ceux qui connaissent le plus de changements importants dans les scores d'évaluation entre le début et la fin de l'étude. Par conséquent cette catégorie de patients devrait être suivie de près pour éviter une décompensation. Ces différences de trajectoires doivent être prises en compte lors de l'élaboration de plan d'intervention visant à prévenir ou à retarder l'apparition du déclin fonctionnel. Les modèles élaborés par les études examinées ont montré un ensemble de facteurs démographiques, environnementaux, médicaux, cliniques parfois complexes qui influencent le status d'autonomie fonctionnelle de la personne âgée. Outre les facteurs découverts, il serait nécessaire de découvrir la complexité des facteurs sous-jacents au risque de déclin fonctionnel. Notre étude conclut que les trajectoires d'autonomie fonctionnelle les plus courantes chez les personnes âgées sont de trois types : stable, modéré à sévère, et sévère dans le temps. Au regard de ces résultats, les facteurs explicatifs, prédictifs ayant un impact sur les trajectoires de déclin fonctionnel d'autonomie chez la personne âgée devrait être non seulement fortement prise en compte dans la procédure de suivi mais aussi, ils devraient faire l'objet d'étude beaucoup plus approfondies. Outre les patients suivant une trajectoire de déclin fonctionnel, suivis de manière plus attentive par les professionnels de santé, il serait également nécessaire de se focaliser sur les personnes âgées qui présentent un parcours d'autonomie stable afin de leurs permettre de continuer à garder cette stabilité et à améliorer leurs capacités.



## Bibliographie

- MENDES, M. F., TOMÉ, L. P., BANDEIRA, M. L., BATISTA, I., BOTELHO AZEVEDO, A., MOREIRA, M. J. G., GOMES, M. C. S., *Trajectoires de vie et transition à la vieillesse : le Portugal comme une étude de cas. In XVIIIe colloque international de l'AIDELF ?Trajectoires et âges de la vie.* Association internationale des démographes de langue française, 2016.
- CHEN, C. H., WANG, C., HUANG, G. H., *Functional trajectory 6 months posthospitalization : A cohort study of older hospitalized patients in Taiwan.* Nursing research, 57(2), 93-100, 2008.
- BOUVET, C. *Quelle prise en charge des troubles psychiques des personnes âgées ?*, 2016.
- D'EPINAY, C. L., SPINI, D., *Les années fragiles : la vie au-delà de quatre-vingts ans.* Presses Université Laval., 2007.
- KATZ, S., DOWNS, T. D., CASH, H. R., GROTZ, R. C., *Progress in development of the index of ADL.* The gerontologist, 20-30, 1970.
- LAWTON, M. P., BRODY, E. M., *Assessment of older people : self-maintaining and instrumental activities of daily living.* The gerontologist, 179-186, 1969.
- HÉBERT, R., CARRIER, R., BILODEAU, A., *The Functional Autonomy Measurement System (SMAF) : description and validation of an instrument for the measurement of handicaps.* Age and ageing, 17(5), 293-302, 1988.
- MAHONEY, F. I., BARTHEL, D. W., *Functional evaluation : the Barthel Index : a simple index of independence useful in scoring improvement in the rehabilitation of the chronically ill.* Maryland state medical journal, 1965.
- GRANGER, C. V., HAMILTON, B. B., KEITH, R. A., ZIELEZNY, M., SHERWIN, F. S., *Advances in functional assessment for medical rehabilitation.* Topics in geriatric rehabilitation, 1(3), 59-74, 1986.
- HAMILTON, B. B., *A uniform national data system for medical rehabilitation.* Rehabilitation outcomes : analysis and measurement, 137-147, 1987.
- SANGHA, H., LIPSON, D., FOLEY, N., SALTER, K., BHOGAL, S., POHANI, G., TEASELL, R. W., *A comparison of the Barthel Index and the Functional Independence Measure as outcome measures in stroke rehabilitation : patterns of disability scale usage in clinical trials.* International Journal of Rehabilitation Research, 28(2), 135-139, 2005.
- KATZ, S. *Studies of illness in the aged. The index of ADL : a standardized measure of biologic and psychologic function.* JAMA, 185, 94-99, 1963.
- BUURMAN, B. M., HAN, L., MURPHY, T. E., GAHBAUER, E. A., LEO-SUMMERS, L., ALLORE, H. G., GILL, T. M., *Trajectories of disability among older persons before and after a hospitalization leading to a skilled nursing facility admission.* Journal of the American Medical Directors Association, 17(3), 225-231, 2016.
- OMS, *Classification internationale des handicaps : déficiences, incapacités et désavantages. Un manuel de classification des conséquences des maladies.* Paris : OMS/CTNERHI/Les Editions INSERM, 1988.
- KATZ, S., AKPOM, C. A., *A measure of primary sociobiological functions.* International journal of health services, vol. 6, no 3, p. 493-508, 1976.
- GRAF, C., *The Lawton instrumental activities of daily living scale.* AJN The American Journal of Nursing, 108(4), 52-62, 2008.
- SUCHY, Y., KRAYBILL, M. L., FRANCHOW, E., *Instrumental activities of daily living among community-dwelling older adults : discrepancies between self-report and performance are mediated by cognitive reserve.* Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 33(1), 92-100, 2011.
- GLOSSER, G., GALLO, J., DUDA, N., DE VRIES, J. J., CLARK, C. M., GROSSMAN, M., *Visual perceptual functions predict instrumental activities of daily living in patients with dementia.* Cognitive and Behavioral Neurology, 15(3), 198-206, 2002.
- JEFFERSON, A. L., PAUL, R. H., OZONOFF, A. L., COHEN, R. A., *Evaluating elements of executive functioning as predictors of instrumental activities of daily living (IADLs).* Archives of clinical Neuropsychology, 21(4), 311-320, 2006.
- CAHN-WEINER, D. A., FARIAS, S. T., JULIAN, L., HARVEY, D. J., KRAMER, J. H., REED, B. R., CHUI, H., *Cognitive and neuroimaging predictors of instrumental activities of daily living.* Journal of the International Neuropsychological Society, 13(5), 747-757, 2007.
- BURTON, C. L., STRAUSS, E., HULTSCH, D. F., HUNTER, M. A., *Cognitive functioning and everyday problem solving in older adults.* The Clinical Neuropsychologist, 20(3), 432-452, 2006.
- GRIGSBY, J., KAYE, K., BAXTER, J., SHETTERLY, S. M., HAMMAN, R. F., *Executive cognitive abilities and functional status among community ?dwelling older persons in the San Luis Valley Health and Aging Study.* Journal of the American Geriatrics Society, 46(5), 590-596, 1998.



- JEFFERSON, A. L., CAHN ?WEINER, D., BOYLE, P., PAUL, R. H., MOSER, D. J., GORDON, N., COHEN, R. A., *Cognitive predictors of functional decline in vascular dementia*. International Journal of Geriatric Psychiatry : A journal of the psychiatry of late life and allied sciences, 21(8), 752-754, 2006.
- KIOSSES, D. N., ALEXOPOULOS, G. S., *IADL functions, cognitive deficits, and severity of depression : a preliminary study*. The American Journal of Geriatric Psychiatry, 13(3), 244-249, 2005.
- MARIANI, E., MONASTERO, R., ERCOLANI, S., RINALDI, P., MANGIALASCHE, F., COSTANZI, E., ... MECOCCI, P., *Influence of comorbidity and cognitive status on instrumental activities of daily living in amnesic mild cognitive impairment : results from the ReGAL project*. International journal of geriatric psychiatry, 23(5), 523-530, 2008.
- WARD, G., JAGGER, C., HARPER, W., *A review of instrumental ADL assessments for use with elderly people*. Reviews in Clinical Gerontology, 8(1), 65-71, 1998.
- WADE, D. T., HEWER, R. L., *Functional abilities after stroke : measurement, natural history and prognosis*. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 50(2), 177-182, 1987.
- GRESHAM, G. E., PHILLIPS, T. F., LABI, M. L., *ADL status in stroke : relative merits of three standard indexes*. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 61(8), 355-358, 1980.
- COLLIN, C., WADE, D. T., DAVIES, S., HORNE, V., *The Barthel ADL Index : a reliability study*. International disability studies, 10(2), 61-63, 1988.
- SAITO, J., KONDO, N., SAITO, M., TAKAGI, D., TANI, Y., HASEDA, M., KONDO, K., *Exploring 2.5-Year Trajectories of Functional Decline in Older Adults by Applying a Growth Mixture Model and Frequency of Outings as a Predictor : A 2010 ?2013 JAGES Longitudinal Study*. Journal of epidemiology, JE20170230 2018.
- KONDO, N., SUZUKI, K., MINAI, J., YAMAGATA, Z., *Positive and negative effects of finance-based social capital on incident functional disability and mortality : an 8-year prospective study of elderly Japanese*. Journal of epidemiology, 22(6), 543-550, 2012.
- MCCUTCHEON, A. L., *Latent class analysis (No. 64)*. Sage, 1987.
- NAGIN, D. S., NAGIN, D., *Group-based modeling of development*. Harvard University Press, 2005.
- HYBELS, C. F., PIEPER, C. F., BLAZER, D. G., FILLENBAUM, G. G., STEFFENS, D. C., *Trajectories of mobility and IADL function in older patients diagnosed with major depression*. International journal of geriatric psychiatry, 25(1), 74-8, 2010.
- ROMOREN, T. I., BLEKESEAU, M., *Trajectories of disability among the oldest old*. Journal of Aging and Health, 15(3), 548-566, 2003.
- JONKMAN, N. H., DEL PANTA, V., HOEKSTRA, T., COLPO, M., VAN SCHOOR, N. M., BANDINELLI, S., MAIER, A. B., *Predicting trajectories of functional decline in 60-to 70-year-old people*. Gerontology, 64(3), 212-221, 2018.
- WEI, M., LI, J., WANG, H., *Impact of the disability trajectory on the mortality risk of older adults in China*. Archives of gerontology and geriatrics, 74, 174-183, 2018.
- LIANG, J., WANG, C. N., XU, X., HSU, H. C., LIN, H. S., LIN, Y. H., *Trajectory of functional status among older Taiwanese : Gender and age variations*. Social science and medicine, 71(6), 1208-1217, 2010.
- MUTHÉN, B., ASPAROUHOV, T., *Latent variable analysis with categorical outcomes : Multiple-group and growth modeling in Mplus*. Mplus web notes, 4(5), 1-22, 2002.
- GILL, T. M., GAHBAUER, E. A., LIN, H., HAN, L., ALLORE, H. G., *Comparisons between older men and women in the trajectory and burden of disability over the course of nearly 14 years*. Journal of the American Medical Directors Association, 14(4), 280-286, 2013.
- HAN, L., ALLORE, H., MURPHY, T., GILL, T., PEDUZZI, P., LIN, H., *Dynamics of functional aging based on latent-class trajectories of activities of daily living*. Annals of epidemiology, 23(2), 87-92, 2013.
- JUNG, T., WICKRAMA, K. A. S., *An introduction to latent class growth analysis and growth mixture modeling*. Social and personality psychology compass, 2(1), 302-317, 2008.
- COLE, V. T., APUD, J. A., WEINBERGER, D. R., DICKINSON, D., *Using latent class growth analysis to form trajectories of premorbid adjustment in schizophrenia*. Journal of abnormal psychology, 121(2), 388, 2012.
- MUTHÉN, B., *Latent variable analysis*. The Sage handbook of quantitative methodology for the social sciences, 345(368), 106-109, 2004.
- NAGIN, D. S., LAND, K. C., *Age, criminal careers, and population heterogeneity : Specification and estimation of a nonparametric, mixed Poisson model*. Criminology, 31(3), 327-362, 1993.
- NAGIN, D., TREMBLAY, R. E., *Trajectories of boys' physical aggression, opposition, and hyperactivity on the path to physically violent and nonviolent juvenile delinquency*. Child development, 70(5), 1181-1196, 1999.



- JONES, B. L., NAGIN, D. S., ROEDER, K., *A SAS procedure based on mixture models for estimating developmental trajectories*. Sociological methods and research, 29(3), 374-393, 2001.
- NAGIN, D. S., *Analyzing developmental trajectories : a semiparametric, group-based approach*. Psychological methods, 4(2), 139, 1999.
- NAGIN, D. S., ODGERS, C. L., *Group-based trajectory modeling in clinical research*. Annual review of clinical psychology, 6, 109-138, 2010.
- FAN, J., *Trajectories of Emotional Symptoms Among Survivors After Severe Traumatic Brain Injury (Doctoral dissertation, University of Pittsburgh)*, 2013.
- DENNIS, J. E., MEI, H. H. W., *Two new unconstrained optimization algorithms which use function and gradient values*. Journal of Optimization Theory and Applications, 28(4), 453-482, 1979.
- DENNIS JR, J. E., GAY, D. M., WELSCH, R. E., *Algorithm 573 : NL2SOL an adaptive nonlinear least-squares algorithm [E4]*. ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS), 7(3), 369-383, 1981.
- SY, O., *Identification des trajectoires développementales de fréquence de la consommation d'alcool durant l'adolescence et relation entre ces trajectoires et la consommation excessive d'alcool épisodique à l'âge jeune adulte*, 2017.
- KWON, J. Y., *Group Based Trajectories Of Blood Pressure Components From Adulthood To Elderly In Chinese Workers*, 2014.
- STEPHEN, W. R., *Hierarchical linear models and experimental design*. Applied analysis of variance in behavioral science, 137, 459, 1993.
- RAUDENBUSH, S. W., BRYK, A. S., *Hierarchical linear models : Applications and data analysis methods (Vol. 1)*. Sage, 2002.
- MASON, W. M., WONG, G. Y., ENTWISLE, B., *Contextual analysis through the multilevel linear model*. Sociological methodology, 14, 72-103, 1983.
- GOLDSTEIN, H., *Nonlinear multilevel models, with an application to discrete response data*. Biometrika, 78(1), 45-51, 1991.
- ULAGA, J. L. A. W., *Les modèles linéaires hiérarchiques : 2. ?une méthode privilégiée d'analyse des données collectées par policy capturing*, 2003.
- CNAAN, A., LAIRD, N. M., SLASOR, P., *Using the general linear mixed model to analyse unbalanced repeated measures and longitudinal data*. Statistics in medicine, 16(20), 2349-2380, 1997.
- GAUDART, J., GIORGI, R., THALABARD, J. C., THIAM, D., WHEGANG, S., *Modèles linéaires à effets mixtes*, 2010.
- GENOLINI, C., PINGAULT, J. B., DRISS, T., CÔTÉ, S., TREMBLAY, R. E., VITARO, F., FALISSARD, B., *KmL3D : a non-parametric algorithm for clustering joint trajectories*. Computer methods and programs in biomedicine, 109(1), 104-111, 2013.
- PICKLES, A., CROUDACE, T., *Latent mixture models for multivariate and longitudinal outcomes*. Statistical Methods in Medical Research, 19(3), 271-289, 2010.
- CANOUIL, M., GENOLINI, C., ECOCHARD, R., *KmLcov : k-means for longitudinal data with covariates*.
- GENOLINI, C., FALISSARD, B., *KmL : k-means for longitudinal data*. Computational Statistics, 25(2), 317-328, 2010.
- GENOLINI, C., FALISSARD, B., *KmL : A package to cluster longitudinal data*. Computer methods and programs in biomedicine, 104(3), e112-e121, 2011.
- MACQUEEN, J., *Some methods for classification and analysis of multivariate observations*. In Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability (Vol. 1, No. 14, pp. 281-297), 1967.
- CELEUX, G., GOVAERT, G., *A classification EM algorithm for clustering and two stochastic versions*. Computational statistics and Data analysis, 14(3), 315-332, 1992.
- GENOLINI, C., FALISSARD, B., GENOLINI, M. C., *Package ?kml ?*, 2016.
- KAUFMAN, L., ROUSSEUW, P. J., *Finding groups in data : an introduction to cluster analysis (Vol. 344)*. John Wiley and Sons, 2009.
- CALI ?SKI, T., HARABASZ, J., *A dendrite method for cluster analysis*. Communications in Statistics-theory and Methods, 3(1), 1-27, 1974.
- MILLIGAN, G. W., COOPER, M. C., *An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set*. Psychometrika, 50(2), 159-179, 1985.



- SHIM, Y., CHUNG, J., CHOI, I. C., *A comparison study of cluster validity indices using a nonhierarchical clustering algorithm. In International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06) (Vol. 1, pp. 199-204).* IEEE, 2005.
- BARBARY, O., *Una aplicacion del analisis armonico cualitativo : la tipologia de trayectorias individuales*, 1996.
- DEGENNE, A., LEBEAUX, M. O., MOUNIER, L., *Typologies d'itinéraires comme instrument d'analyse du marché du travail. Troisièmes journées d'études Céreq-Cérétilm-Lasmas IdL, Rennes, 23-24, 1996.*
- BARBARY, O., PINZON SARMIENTO, L. M., *L'analyse harmonique qualitative et son application à la typologie des trajectoires individuelles.* Mathématiques et sciences humaines, 144, 29-54, 1998.
- WARD Jr, J. H., *Hierarchical grouping to optimize an objective function.* Journal of the American statistical association, 58(301), 236-244, 1963.
- BAUDRY, J. P., *Sélection de modèle pour la classification non supervisée. Choix du nombre de classes (Doctoral dissertation, Université Paris Sud-Paris XI), 2009.*
- BIERNACKI, C., *Pourquoi les modèles de mélange pour la classification.* Revue de MODULAD, 40, 1-22, 2009.
- AKAIKE, H., *A NEW LOOK AT THE STATISTICAL MODEL IDENTIFICATION.* In Selected Papers of Hirotugu Akaike (pp. 215-222). Springer, New York, NY, 1974.
- BIERNACKI, C., CELEUX, G., GOVAERT, G., *Assessing a mixture model for clustering with the integrated completed likelihood.* IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 22(7), 719-725, 2000.
- YANG, Y., *Can the strengths of AIC and BIC be shared? A conflict between model identification and regression estimation.* Biometrika, 92(4), 937-950, 2005.
- KUHA, J., *AIC and BIC : Comparisons of assumptions and performance.* Sociological methods and research, 33(2), 188-229, 2004.
- OLIVIER, C., JOUZEL, F., EL MATOUAT, A., COURTELLEMONT, P., *Un nouveau critère pour la sélection de l'ordre d'un modèle.* In 16<sup>e</sup> Colloque sur le traitement du signal et des images, FRA, 1997. GRETSI, Groupe d'Etudes du Traitement du Signal et des Images, 1997.
- SCRUCCA, L., FOP, M., MURPHY, T. B., RAFTERY, A. E., *mclust 5 : clustering, classification and density estimation using Gaussian finite mixture models.* The R journal, 8(1), 289, 2016.
- RAKOTOMALALA, R., *Pratique de la Régression Logistique-Régression Logistique Binaire et Polytomique.* Université Lumière Lyon, 2, 2009.
- BONNET, C., *Le modèle logit multinomial à coefficients aléatoires.* Recherche et Applications en Marketing (French Edition), 19(3), 61-72, 2004.
- LAROSE, D. T., VALLAUD, T., *Exploration de données : méthodes et modèles du data mining.* Vuibert, 2012.
- AFSA, C., *Le modèle Logit : Théorie et application (No. m2016-01).* Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques, 2016.
- HURLIN, C., *Économétrie des Variables Qualitatives : Polycopié de Cours*, 2003.
- ROUVIÈRE, L., *Régression logistique avec R*, 2017.
- HOSMER, D. W., *Assessing the fit of the model.* Applied logistic regression, 143-202, 2000.
- MCFADDEN, D., *Conditional logit analysis of qualitative choice behavior*, 1973.
- MENARD, S., *Applied logistic regression analysis (Vol. 106).* Sage, 2002.
- WAKEFIELD, B. J., HOLMAN, J. E., *Functional trajectories associated with hospitalization in older adults.* Western Journal of Nursing Research, 29(2), 161-177, 2007.
- KUO, H. T., LIN, K. C., LAN, C. F., LI, I. C., *Activities of daily living trajectories among institutionalised older adults : A prospective study.* Journal of clinical nursing, 26(23-24), 4756-4767, 2017.
- GHISLETTA, P., RENAUD, O., JACOT, N., COURVOISIER, D., *Linear mixed-effects and latent curve models for longitudinal life course analyses. In A life course perspective on health trajectories and transitions (pp. 155-178).* Springer, Cham, 2015.
- COLLINS, L. M., *Analysis of longitudinal data : The integration of theoretical model, temporal design, and statistical model.* Annu. Rev. Psychol., 57, 505-528, 2006.
- DUNCAN, T. E., DUNCAN, S. C., STRYCKER, L. A., *An introduction to latent variable growth curve modeling : Concepts, issues, and application.* Routledge, 2013.



- NAGIN, D. S., TREMBLAY, R. E., *Developmental trajectory groups : Fact or a useful statistical fiction ?*. Criminology, 43(4), 873-904, 2005.
- PALESE, A., MENEGAZZI, G., TULLIO, A., FUSO, M. Z., HAYTER, M., WATSON, R., *Functional decline in residents living in nursing homes : A systematic review of the literature*. Journal of the American Medical Directors Association, 17(8), 694-705, 2016.
- DUPÉRÉ, V., LACOURSE, É., VITARO, F., TREMBLAY, R. E., *Méthodes d'analyse du changement fondées sur les trajectoires de développement individuelle : Modèles de régression mixtes paramétriques et non paramétriques [1]*. Bulletin of Sociological Methodology/Bulletin de Méthodologie Sociologique, 95(1), 26-57, 2007.



# Chapitre III. Résultats cliniques des trajectoires d'autonomie

---

## III.1. Conséquences cliniques des trajectoires d'autonomie fonctionnelle

La personne âgée dans sa phase de vieillissement se trouve malgré tout face à une fragilisation physique et fonctionnelle pouvant l'exposer à un risque accru de perte d'autonomie. La perte d'autonomie fonctionnelle de la personne âgée l'incite à puiser dans ses réserves physiologiques, susceptible de la fragiliser et par conséquent l'exposer à des risques de chutes. Les conséquences de la perte d'autonomie fonctionnelle peuvent être en lien direct ou indirect avec la chute. Étant à l'origine d'une morbidité et d'une mortalité considérables, les chutes des personnes âgées (65 ans et plus) constituent un problème majeur de santé publique.

### III.1.1. Objectifs

L'objectif de ce chapitre est tout d'abord d'analyser les conséquences cliniques des trajectoires identifiées précédemment au chapitre 2, ensuite de comparer l'incidence cumulée de chute sur une période d'un an entre les trois trajectoires. Quelques facteurs sociodémographiques dont l'âge et le sexe ainsi que certaines pathologies (AVC, démence, diabète, hypertension) seront également analysés afin d'établir un potentiel lien avec les différentes trajectoires.

Dans un premier temps, nous présenterons quelques définitions trouvées dans la littérature scientifique des notions de chute, fracture et hospitalisation pour chute. Dans un second temps nous expliquerons la construction de la base de données utilisée pour la comparaison de l'incidence cumulée de la chute. Les trajectoires dont il s'agit concernent les trajectoires issues du SMAF et des ADLs.

### III.1.2. La chute

#### III.1.2.1. Définition de la chute de la personne âgée

Au cours des dernières années, de nombreuses études ont traité du sujet de la chute et de ses conséquences. La notion de chute, même vécue, est un évènement complexe et difficile à expliquer. Selon Allen, la chute peut être vue comme un marqueur du vieillissement avec un risque significatif de perte d'autonomie ou d'institutionnalisation (Allen, 2004). Une expertise collective publiée par l'Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale) en 2014 (Blain et al., 2015) faisait un récapitulatif des nombreuses définitions de la chute (Zecevic et al., 2006). La définition la plus conventionnelle datant de 2006 selon les travaux de Hauer est la suivante : « Perte brutale et totalement accidentelle de l'équilibre postural lors de la marche ou de la réalisation de toute autre activité et faisant tomber la personne sur le sol ou toute autre surface plus basse que celle où elle se trouvait » (Hauer et al., 2006). La chute est définie par l'OMS comme suit : « Une chute désigne tout évènement au cours duquel une personne est brusquement contrainte de prendre volontairement appui





sur le sol, un plancher ou toute autre surface située à un niveau inférieur ». Dans le contexte d'une société vieillissante selon O'Loughlin (O'Loughlin et al., 1993), les chutes sont un facteur important de perte d'autonomie et près d'un tiers des personnes âgées de 65 ans et plus font une chute O'Loughlin (O'Loughlin et al., 1993) chaque année. Les causes de la chute sont multifactorielles et intriquées. L'incidence annuelle de la chute varie selon la présence ou non de troubles cognitifs. En présence de troubles cognitifs, l'incidence annuelle de la chute est de 40% à 60%, soit le double de l'incidence retrouvée chez les personnes âgées sans troubles cognitifs (Prudham and Evans, 1981); (Buchner and Larson, 1987); (Tinetti et al., 1988).

### **III.1.2.2. Épidémiologie de la chute de la personne âgée**

#### **III.1.2.2.1. Causes de la chute**

Les origines de la chute chez la personne âgée sont complexes, multifactorielles, difficiles à établir. Elles comprennent les effets même du vieillissement, les comportements de la personne à l'égard d'un certain nombre de risques. Les causes de la chute sont autant intrinsèques (liés au patient et à ses maladies par exemple, état général, musculaire, neuromusculaire, cognitif, médicaments, vision) qu'extrinsèques (c'est-à-dire liés à des traitements, à l'environnement ou encore au comportement du patient) (HAS, 2005). D'après les travaux de l'Inpes (Institut national de prévention et d'éducation pour la santé), l'environnement et la solitude de la personne âgée sont des facteurs susceptibles d'être à l'origine d'une chute (Inpes, 2005). Souvent, les chutes résultent de l'interaction entre ces différents facteurs (Inpes, 2005). De nombreux autres facteurs de risque de chute chez les personnes âgées ont été mis en évidence, tels que des facteurs socioéconomiques (pauvreté, conditions de vie, etc.), environnementaux (organisation de l'espace, etc.), biologiques, comportementaux (manque d'exercice, etc). Le vieillissement physiologique lié à l'âge, la diminution des capacités musculaires, l'existence de (poly) pathologies, les effets iatrogéniques des médicaments sont également à l'origine de la chute chez la personne âgée. Les conséquences des chutes peuvent ainsi aggraver l'état de santé initial (sur le plan physique et psychologique) de la personne. Par conséquent, la chute constitue chez la personne âgée un problème majeur de santé publique, justifiant tous les efforts de surveillance épidémiologique et de prévention (Thélot et al., 2018).

#### **III.1.2.2.2. Conséquences de la chute**

En raison d'une grande hétérogénéité de l'état de santé des personnes âgées, les conséquences de la chute sont variables d'une personne à l'autre. Les facteurs de risque de la chute retrouvés dans la littérature scientifique abordent trois principales dimensions. Les facteurs de risque liés à l'état de santé de la personne âgée, les facteurs comportementaux tels que la régression psychologique et les facteurs liés à l'environnement. Tous ces facteurs interagissent entre eux. De ce fait, les conséquences de la chute peuvent être d'ordre physique lorsqu'elles correspondent à une diminution de la mobilité et à un accroissement de la dépendance "dans les activités de la vie quotidienne" ; d'ordre psychologique lorsqu'elles entraînent une perte de confiance en soi, qui peut accélérer le déclin des capacités fonctionnelles (Bourdessol and Pin, 2005). Ce dernier cas de figure est le plus fréquemment rencontré dans cette population. Les chutes des plus âgés suscitent ainsi un nombre accru d'hospitalisations soit 37% en population générale. La fréquence reste plus élevée chez les



plus âgés soit 44% au-delà de 90 ans contre 27% entre 65 et 69 ans (Vellas, 1993) et constitue la première cause de décès par traumatisme dans cette population. Outre ses conséquences fracturaires, le retentissement humain et socioéconomique liés devrait conduire vers une démarche de prévention systématique chez la personne âgée.

### **III.1.2.2.1. Fracture**

La chute chez la personne âgée peut être responsable des plaies, de luxation ou de fractures représentant les blessures les plus courantes. À ce jour, une abondante littérature rend compte de l'incidence et de la prévalence des chutes en fonction de leur origine, de leurs conséquences à court et à long terme dont le traumatisme sévère, le maintien prolongé au sol, les conséquences fonctionnelles, les conséquences psychologiques avec peur de retomber, etc ; de leurs prises en charge ainsi que des récurrences (Thélot et al., 2017). Une étude américaine a montré qu'environ 5% des chutes survenues dans cette population causent une fracture (Tinetti and Speechley, 1989a); cela représente par conséquent un enjeu majeur de santé et démontre l'importance de la problématique dans la population âgée. Parmi les nombreuses fractures causées par la chute, la fracture du col du fémur est particulièrement la plus fréquente et la plus synonyme de complications susceptibles d'être source de perte d'autonomie, de difficulté de maintien de la personne âgée à domicile. De nombreux autres travaux tels que ceux de Simone ont montré que les fractures liées à l'ostéoporose en particulier la fracture du col du fémur, surviennent le plus souvent à l'occasion d'une chute (Simon et al., 2008). Les fractures du col du fémur représentent une des conséquences les plus graves des chutes car elles entraînent une mortalité élevée dans les mois qui suivent leur survenue (Nourhashemi et al., 2000). Même si toutes les chutes ne causent pas de traumatismes, la majorité des fractures du fémur et plus de 80% des fractures de vertèbres sont dues à des chutes (Oudshoorn et al., 2012). D'autres fractures sont la conséquence de chutes comme les fractures du bassin, du bras, du poignet, mais aussi des vertèbres. Ces dernières seraient une cause majeure de douleur à long terme et entraîneraient une perte d'autonomie (Blain et al., 2015). La prévention des fractures chez cette catégorie de personnes âgées nécessite tout d'abord la prévention de la chute, ensuite de la mise en place des divers moyens thérapeutiques de lutte contre l'ostéoporose (Nourhashemi et al., 2000).

### **III.1.2.2.2. Hospitalisation**

En général, les chutes graves entraînent une hospitalisation donnant lieu parfois à un passage aux urgences. La chute représente 20 à 30% des motifs d'hospitalisation en gériatrie aiguë (Gentric et al., 1996) (Quadri et al., 1999); un facteur de risque d'hospitalisation (Naylor and Rosin, 1970). Il en résulte un impact important non seulement sur le plan physique, mais aussi sur les plans psychologiques : évolution possible vers un véritable syndrome dépressif (Auvinet et al., 2002). Entre 1983 et 1992, les chutes ont été la deuxième cause principale d'hospitalisation des femmes de 65 ans et plus et la cinquième cause principale pour les hommes du même groupe d'âge (Wilkins, 1999). Selon le Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI), en 2014, environ 76 100 hospitalisations ont été occasionnées par une fracture de l'extrémité supérieure du fémur chez les personnes âgées de 65 ans ou plus (Thélot et al., 2017). Les chutes sont parmi les causes les plus importantes de décès et d'hospitalisations par traumatismes non intentionnels. D'après une étude québécoise, il a été observé que les chutes conduisent



vingt fois plus souvent à une hospitalisation qu'à un décès (Filiatrault et al., 2007). Les chutes des séniors représentent ainsi un réel problème de santé publique. Une personne de plus de 65 ans sur 3 chute chaque année aux Etats-Unis (Tinetti et al., 1988). 8% des personnes âgées consultent un service d'urgence pour chute chaque année ; un tiers de celles-ci sont hospitalisées (Sattin et al., 1990) (Alexander et al., 1992).

Les effets même du vieillissement (effets réducteurs de la réserve fonctionnelle) accompagné de décompensation des pathologies chez la personne âgée peuvent entraîner par exemple la dépression puis dénutrition avec sarcopénie conduisant à des chutes répétées, des chutes avec fracture. Afin de gérer au mieux les problèmes cliniques liés à la détérioration des trajectoires d'indépendance fonctionnelle, nous effectuerons des analyses statistiques exploratoires. Ces analyses devraient aider à comprendre le lien entre la chute, ses conséquences et les trajectoires.

### III.1.3. Matériels et Méthodes

#### III.1.3.1. Recueil des données

Les données exploitées reposent sur les 221 personnes âgées vivant à domicile. Les patients ont été suivis tous les mois pendant les deux ans de l'étude afin d'obtenir un enregistrement le plus complet possible de toutes les chutes incidentes. Tous les sujets ayant signalé une chute ont été appelés pour déterminer les circonstances de la chute et les résultats cliniques de l'éventualité de blessures telles que les fractures, et les hospitalisations.

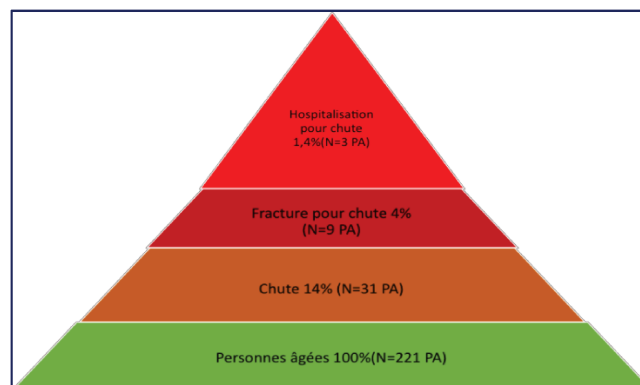


Figure III. 1: Importance des chutes chez les sujets de l'étude.

La *Figure III. 1* sous forme de pyramide schématise la distribution de la proportion de chute dans notre population ainsi que les pourcentages remportés de ses conséquences. La figure permet de rendre compte de l'importance de la chute au sein de notre population. La prévalence des chutes est de l'ordre de 14% (31 patients) de la population. C'est-à-dire 31 patients ont chuté au moins une fois pendant le temps de l'étude. Parmi eux, 50% (15 patients sur 31 sur 221) ont un antécédent de chute, environ 4% (9 patients sur 221) des chutes ont entraîné une fracture et 1% (3 patients sur 221) a conduit à une hospitalisation.



### III.1.3.2. Calcul des taux d'incidence

Le taux d'incidence correspond au nombre de nouveaux cas d'une maladie ou d'un événement lié à la santé, dans une population donnée, durant une période de temps connue. Le taux d'incidence cumulée permet de mesurer le risque qu'advienne une maladie. Il correspond au rapport entre le nombre de nouveaux cas dans une population spécifique, durant une période de temps connue et le nombre total de la population au début de la période (Inpes, 2005).

Dans ces travaux, ces taux sont calculés en considérant le nombre de patients ayant au moins eu l'évènement (chute, fracture, hospitalisation) au cours des deux ans de suivi. La formule utilisée est la suivante :

$$T_i = \frac{\text{Nombre de cas de X par groupe de trajectoire}}{\text{Nombre de patients par groupe de trajectoire}}$$

où X représente la chute, la fracture ou l'hospitalisation.

### III.1.4. Résultats

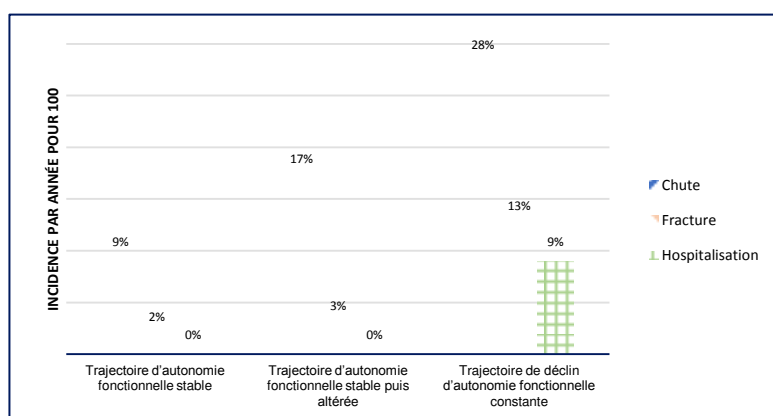


Figure III. 2: Taux d'incidence des résultats cliniques selon le groupe de trajectoire de d'autonomie fonctionnelle.

La *Figure III. 2* illustre la distribution par trajectoire de l'incidence des résultats cliniques, à savoir les chutes sans dommage, les fractures et l'hospitalisation pour chute. Les résultats sont reportés dans le Tableau III. 1 ci-dessous. Les incidences sont calculées sur une période de deux ans.

Tableau III. 1: Résultats cliniques des trajectoires.

Facteurs cliniques	Trajectoire stable	Trajectoire stable puis altérée	Trajectoire de déclin constant	P-valeur
	N=117, 53%	N=72, 33%	N=32, 14%	
Chute	10 (9)	12 (17)	9 (28)	0,04
Fracture suite à une chute	2(2)	2 (3)	4 (13)	0,02
Hospitalisation suite à une chute	0(0)	0(0)	3 (9)	<0,001



Selon la *Figure III. 2* et le *Tableau III. 1*, la proportion estimée de l'incidence des chutes non dommageables est de 9 (IC à 95%, de 4 - 15) cas pour 100 personnes pour la trajectoire stable, de 17 (IC à 95%, de 9 - 27) pour 100 personnes pour la trajectoire de perte d'autonomie stable puis altérée, et de 28 (IC 95% 14 - 47) pour 100 personnes pour la trajectoire de perte constante de l'autonomie.

Le taux d'incidence des fractures est de 2 (IC à 95%, de 0,2 - 6) pour 100 personnes pour la trajectoire stable, 3 (IC à 95%, de 0,4 - 7) pour 100 personnes pour la trajectoire de perte d'autonomie stable. Pour 100 personnes, l'incidence est de 13 (IC 95% 4 - 29) pour la trajectoire de perte constante de l'autonomie.

L'incidence des hospitalisations est de 0 pour 100 personnes par année pour la trajectoire stable, de 8 (IC à 95% de 3 - 18) pour 100 personnes pour la trajectoire de perte d'autonomie stable puis altérée et de 9 (95% IC 2 - 26) cas pour 100 personnes pour la trajectoire de perte constante de l'autonomie.

Notre étude démontre que les différents niveaux d'autonomie fonctionnelle n'ont pas les mêmes implications cliniques. Malgré tout, l'incidence de la chute révélée par notre travail sur une période de deux ans se situe dans les normes des incidences annuelles observées dans la littérature.

### III.1.4.1. Facteurs sociodémographiques et certaines pathologies potentiellement liées aux trajectoires du SMAF

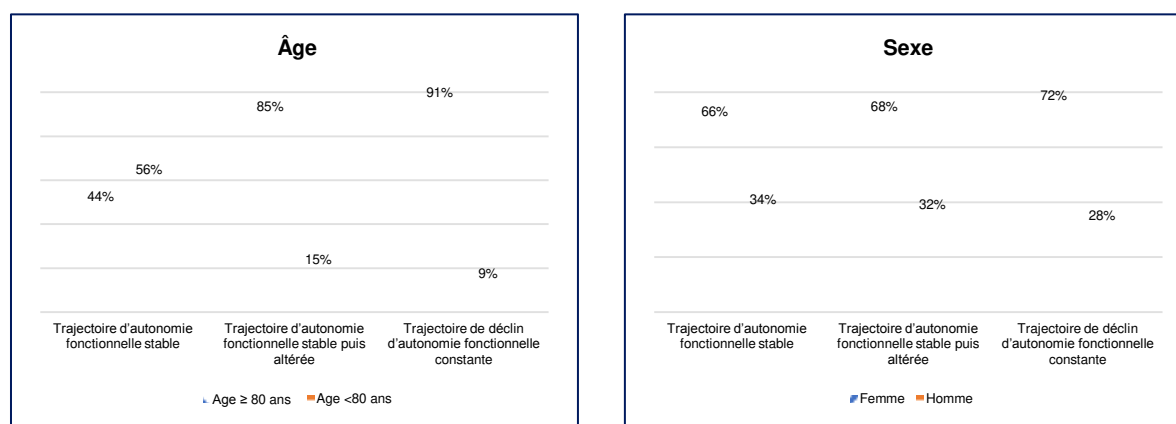


Figure III. 3: Prévalence de l'âge et du sexe par trajectoire d'autonomie fonctionnelle pour le SMAF.

Si le groupe de trajectoire stable est dominé par des sujets dont l'âge n'excède pas les 80 ans, les patients se trouvant dans la trajectoire stable puis altérée et ceux de la trajectoire de déclin constant ont majoritairement 80 ans ou plus (*Figure III. 3*). En d'autres termes, les patients les moins âgés gardent une autonomie stable au fil du temps tandis que les plus âgés sont susceptibles de détériorer leur autonomie fonctionnelle. La population est majoritairement féminine, peu importe la trajectoire d'appartenance.



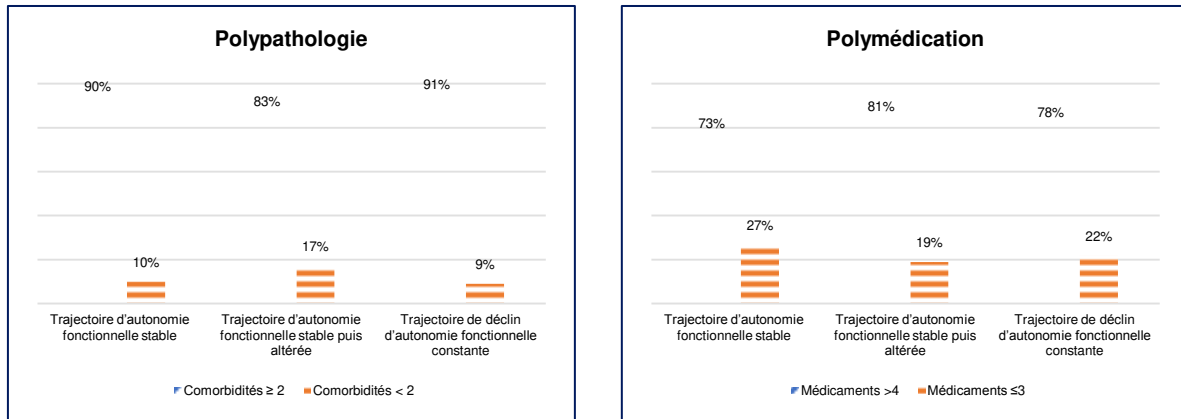


Figure III. 4: Prévalence des comorbidités et du nombre de médicaments quotidiens par trajectoire d'autonomie fonctionnelle pour le SMAF.

La polypathologie et la polymédication ne sont pas équitablement distribuées dans les trajectoires ( $p < 0,001$ ). La plupart des sujets soit 82%, respectivement 72% ont plus de 2 pathologies et prennent au moins 3 médicaments au quotidien. Ainsi, on apprend que plus de deux tiers de la population est polypathologique et polymédique (Figure III.5).

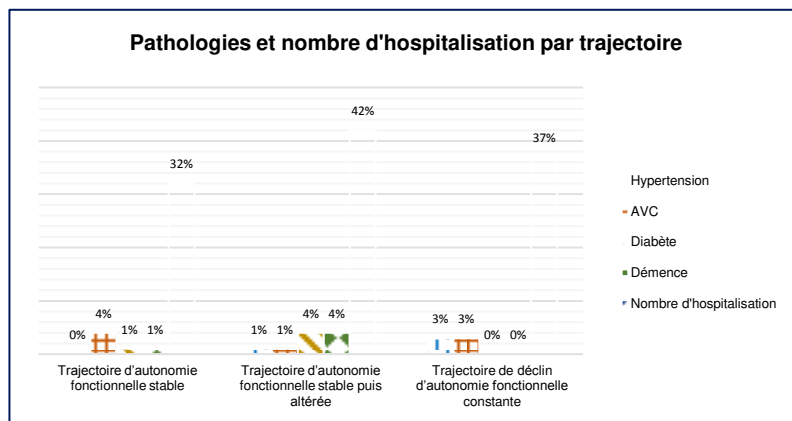


Figure III. 5: Prévalence des certaines pathologies (hypertension artérielle, AVC, diabète, démence) et du nombre d'hospitalisation par trajectoire d'autonomie fonctionnelle SMAF.

Dans l'ensemble, le nombre d'hospitalisations est significativement représenté. Cependant, les patients ayant un antécédent d'hypertension sont majoritaires dans le groupe de la trajectoire de perte stable puis altérée. La survenue d'un antécédent d'AVC concerne les patients de la trajectoire stable (4%) et ceux de la trajectoire constamment détériorée (3%). Les individus diabétiques sont majoritairement ceux qui ont une autonomie modérée. Leur proportion est estimée à 4%. Les sujets déments sont ceux qui ont une trajectoire de perte stable au temps estimé à 4%.



### III.1.5. Résultats cliniques et facteurs sociodémographiques et pathologies associées aux trajectoires des ADLs

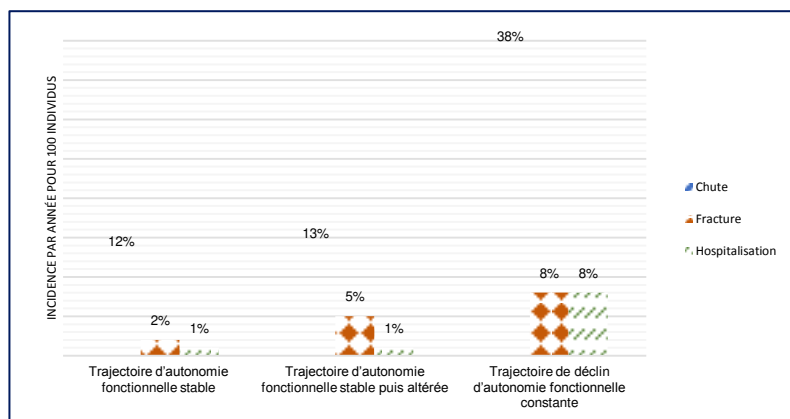


Figure III. 6: Taux d'incidence des résultats cliniques selon le groupe de trajectoire de d'autonomie fonctionnelle des ADLs.

Tableau III. 2: Résultats cliniques des trajectoires.

Facteurs cliniques	Trajectoire stable	Trajectoire stable puis altérée	Trajectoire de déclin constant	P-valeur
	N=100, 45%	N=108, 49%	N=13, 6%	
Chute	12 (12)	14 (13)	5 (38)	0,11
Fracture suite à une chute	2(2)	5 (5)	1 (8)	0,45
Hospitalisation suite à une chute	1(1)	1(1)	1 (8)	0,14

La *Figure III. 6* et le *Tableau III. 2* schématisent l'incidence de la chute et de ces conséquences des trajectoires ADL et la p-valeur du test de Khi-2 obtenue par comparaison des incidences entre les trois trajectoires.

Les chutes montrent une incidence de 12 (IC à 95%, de 6 - 20) pour 100 personnes pour la trajectoire stable, de 13 (IC à 95%, de 7 - 21) pour 100 personnes pour la trajectoire stable puis altérée, et de 38 (IC 95% 18 - 75) pour 100 personnes pour la trajectoire constamment altérée. Ces valeurs sont obtenues sur la période de deux ans.

La trajectoire stable montre une incidence des fractures de 2 (IC à 95%, de 0,3 - 7) cas pour 100 personnes sur deux ans. Pour la trajectoire stable puis dégradée, l'incidence est de l'ordre de 5 (IC à 95%, de 0,1 - 10) pour 100 personnes. Pour 100 personnes sur une période de deux ans, l'incidence est de 8 (IC 95% 0,4 - 42) cas pour la trajectoire constamment altérée.

La proportion de l'incidence de l'hospitalisation est de 1 (IC à 95%, de 0,05 - 6) cas pour 100 personnes sur une période de deux ans pour la trajectoire stable et de même 1 (IC à 95% de 0,04 - 5) cas pour 100 personnes. Pour la trajectoire stable puis dégradée. On note 8 (95% IC 0,4 - 42) pour 100 personnes par année pour la trajectoire constamment altérée sur la même période.



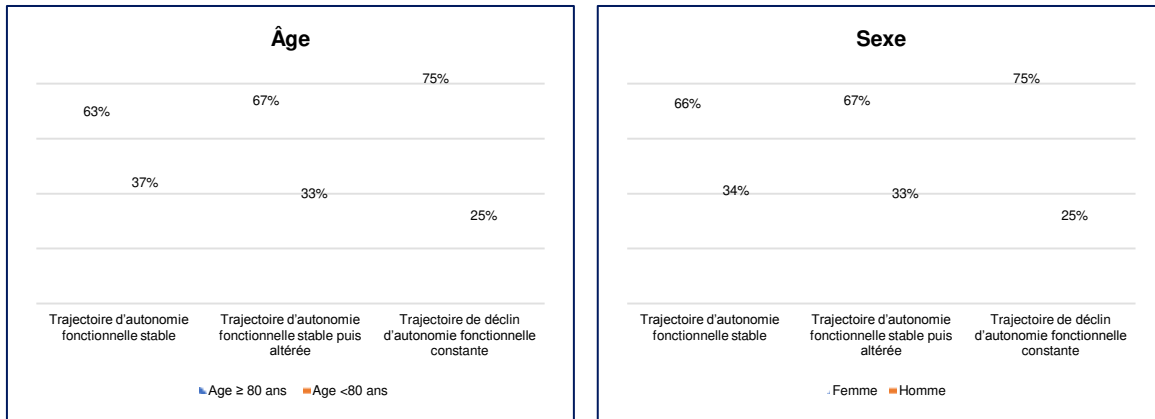


Figure III. 7: Prévalence de l'âge et du sexe par trajectoire d'autonomie fonctionnelle pour les ADLs.

Chaque trajectoire est significativement influencée par des personnes dont l'âge excède 80 ans ( $p < 0,05$ ). La proportion des femmes demeure plus élevée que celle des hommes dans chaque trajectoire (Figure III. 7).

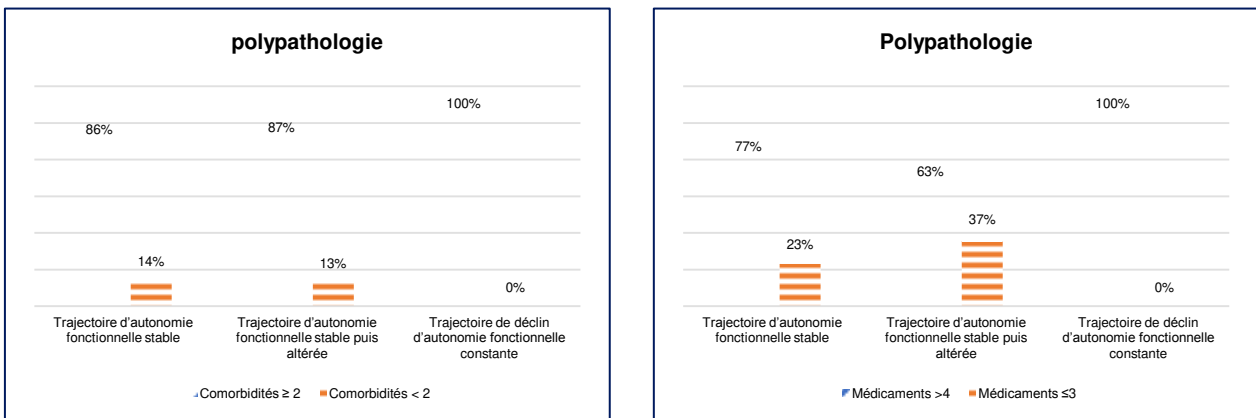


Figure III. 8: Prévalence des comorbidités et du nombre de médicaments quotidiens par trajectoire d'autonomie fonctionnelle pour les ADLs.

La Figure III. 8 montre une surreprésentation de patients polypathologiques et polymédiqués pour chaque trajectoire. De ce fait, les patients qui ont une limitation dans les activités de la vie quotidienne sont tous polypathologiques et polymédiqués.





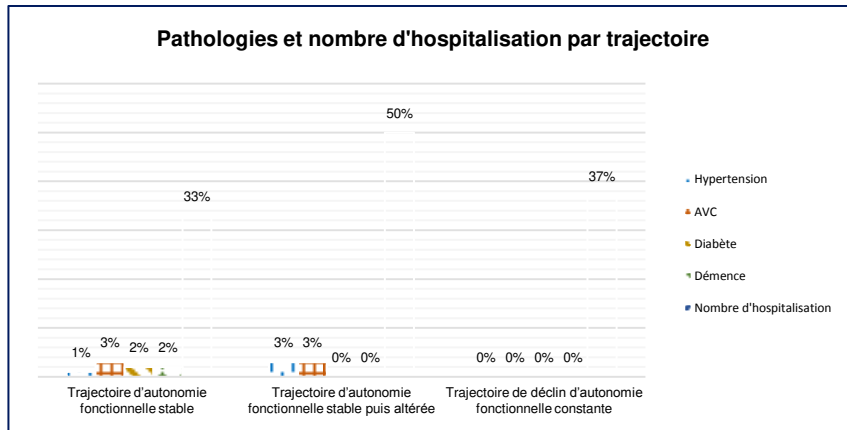


Figure III. 9: Prévalence des pathologies (hypertension artérielle, AVC, diabète, démence) et du nombre d'hospitalisation par trajectoire d'autonomie fonctionnelle pour les ADLs.

Plus d'un quart des sujets autonomes dans la réalisation des activités de la vie quotidienne, et ceux qui ont une dépendance sévère pour les activités de la vie quotidienne ont été hospitalisés pour chute (Figure III. 9).

Comparées à la troisième trajectoire, la prévalence d'un antécédent d'hypertension et d'un antécédent d'AVC est plus élevée dans les deux premières trajectoires. La démence (2%) et le diabète (2%) ne sont présents que chez les personnes autonomes.

### III.1.6. Analyse de survie de la chute

#### III.1.6.1. Analyse de survie de la chute pour les trajectoires SMAF

Les trajectoires ont été comparées en matière de nombre de chutes par le test de Khi-2 pour une période d'un an de suivi. Les dates de survenue de la chute dans chaque trajectoire ont été comparées sur la base de la méthode de Kaplan-Meier. Dans le contexte de cette étude, l'analyse par courbe de Kaplan-Meier permet de calculer un taux de survie à chaque survenue de l'évènement chute. La connaissance des moments de survenue de la chute pourrait aider à la mise en place d'une démarche précoce de prévention de chute et potentiellement à la préservation de l'autonomie fonctionnelle à domicile.

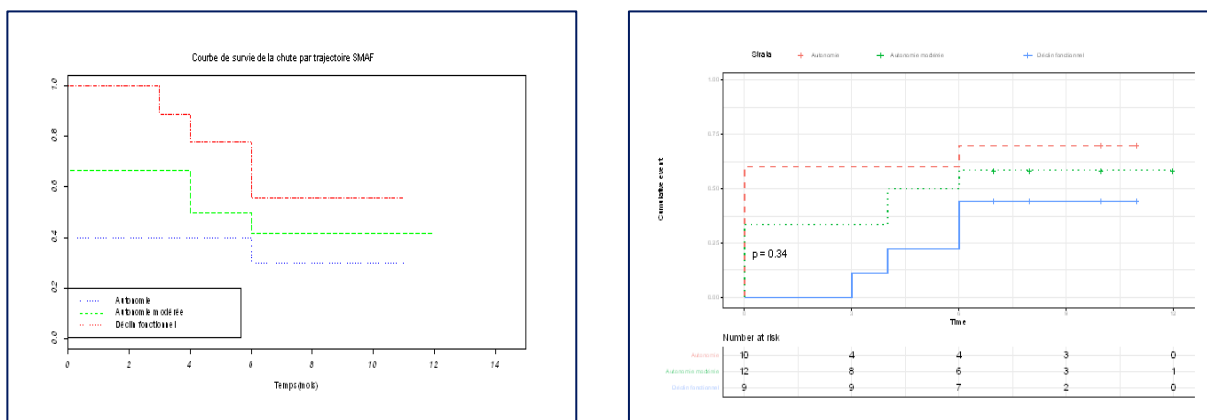


Figure III. 10: Courbes de survie des sujets chuteurs issus des trajectoires d'autonomie fonctionnelle pour le SMAF.



Un écart vers la droite de l'origine de la courbe est observé pour la trajectoire constamment instable et altérée par rapport aux deux autres courbes (*Figure III. 10*). Les trois courbes deviennent rapidement parallèles à partir de six mois. Cela indique une évolution identique du taux cumulé des chutes pour les trajectoires. Les patients autonomes qui gardent une stabilité sont représentés par une courbe à tendance linéaire par rapport aux deux autres types de patients. Cependant, la différence observée n'est pas statistiquement significative au sens du test de log-rank ( $p=0,34$  supérieur au seuil de 0,05). Au vu des courbes de survie, on constate que la première chute survient à trois, quatre et six mois pour respectivement les trajectoires : stable, stable puis altérée, constamment dégradée.

### III.1.6.2. Analyse de survie de la chute pour les trajectoires des ADLs

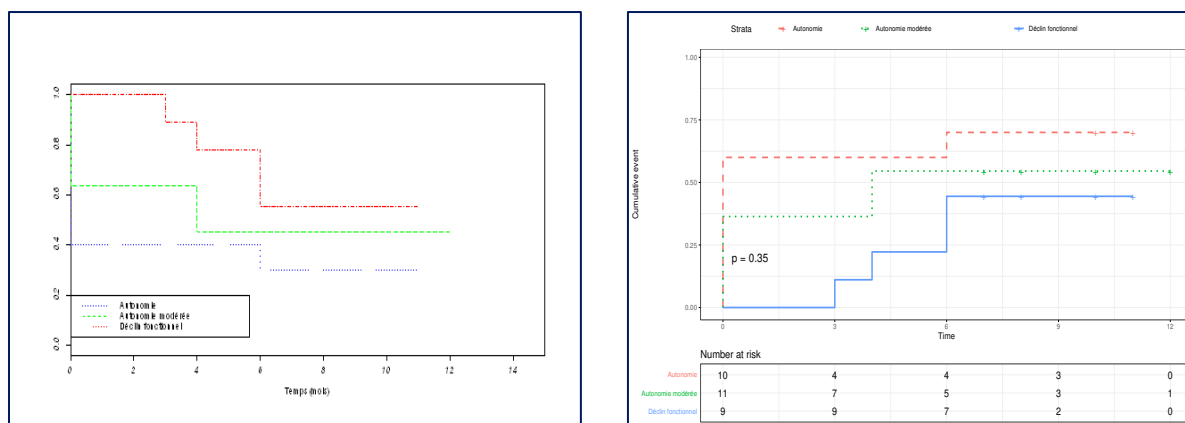


Figure III. 11: Courbes de survie des sujets chuteurs issus des trajectoires d'autonomie fonctionnelle pour les ADLs.

La *Figure III. 11* met en évidence une évolution identique du taux (taux cumulé) de chute selon que le patient ait ou non des limitations fonctionnelles pour la réalisation des activités de la vie quotidienne. Cependant, un écart est observé entre les courbes évolutives de survie même si la différence du test log-rank n'est pas significative ( $p=0,35$ ). La figure montre que les autonomes présentent une courbe à tendance linéaire par rapport aux patients moyennement autonomes et aux patients dépendants. La première chute survient au bout du troisième mois de suivi chez les personnes dépendantes. Chez les patients modérément autonomes, la première chute est survenue au bout de quatre mois de suivi tandis que chez les plus autonomes, elle n'est survenue qu'au bout de six mois. Ainsi, les patients dépendants auraient plus de chance de chuter par rapport aux autres.

## III.2. Discussion

Notre étude visant des personnes âgées réparties en groupe selon leurs parcours d'autonomie fonctionnelle (stable, stable puis altéré et continuellement instable et altéré), souligne l'incidence de la chute et ses conséquences, la prévalence de l'âge, du sexe et de certaines pathologies.

Notre travail a révélé une différence significative du taux d'incidence de la chute, la fracture et l'hospitalisation entre les patients selon leurs trajectoires. La différence observée est significative ( $p<0,05$ ).



Parmi les personnes dépendantes qui ont chuté, environ un tiers a eu une fracture et un tiers a été hospitalisé. Tandis que chez les sujets autonomes, modérément autonomes, seulement un cinquième respectivement un sixième des chuteurs ont eu une fracture. Pour ces derniers, aucune hospitalisation n'a été entraînée. Ainsi, si l'on se penche sur le motif d'hospitalisation, on observe que les chutes et leurs conséquences sont représentatives chez les personnes dépendantes. Les chutes chez la personne âgée sont graves non seulement en raison du risque de fracture mais surtout de leurs conséquences à moyen terme.

Nous avons pu montrer dans le chapitre 2 une possibilité d'évolution des scores d'indépendance fonctionnelle de la population âgée. Dans ce chapitre, l'antécédent de chute a été identifié comme potentiel facteur prédictif de l'altération de l'indépendance fonctionnelle. La plupart des patients qui ont chuté avaient un antécédent de chute. Les parcours des personnes âgées en termes d'autonomie fonctionnelle n'ont pas forcément les mêmes implications cliniques. La prévalence de la chute et ses conséquences étant plus élevées chez les sujets dépendants, pourraient être liées à une maladie aiguë, à l'exposition à un nouveau médicament ou danger pour l'environnement ou encore à la progression d'une maladie chronique ou d'un handicap.

La perte d'autonomie suite à une chute traumatique (Tinetti and Speechley, 1989b) (Howland et al., 1993) (Graafmans et al., 1996) peut être mise sur le compte d'une conséquence d'une fracture. Une réduction des activités instrumentales de la vie quotidienne a été mise en évidence après une fracture du col du fémur (Archibald, 2003) (Magaziner et al., 2003). Les fractures des vertèbres peuvent être une cause majeure de douleur à long terme pouvant entraîner une perte d'autonomie (Hall et al., 1999). La peur de chuter peut également avoir un impact sur la réduction de l'autonomie (McKee et al., 2002).

D'une part selon Gonthier, le temps passé au sol lors de la chute est marqueur de mauvaise santé car, il témoigne d'un état de fragilité préalable en lien avec une faiblesse musculaire, une incapacité à gérer un événement stressant imprévu et un isolement à domicile (Gonthier, 2014). Outre le risque de fracture, les conséquences de la chute chez le sujet âgé, les chutes peuvent entraîner une peur de tomber occasionnant une limitation fonctionnelle, une perte progressive d'autonomie (Hartholt et al., 2010), la naissance d'angoisse et une perte de confiance en soi (Tinetti and Speechley, 1989b). Les travaux de Tinetti montrent aussi que les chuteurs incapables de se relever du sol sont globalement des personnes plus âgées ayant des troubles de l'équilibre et de la marche préexistants, et une perte d'autonomie dans les activités de la vie quotidienne (Tinetti et al., 1993). D'autre part, de nombreuses études ont en effet montré que la survenue de chutes est un facteur important de restriction d'activités et de perte d'autonomie (Vellas et al., 1997a) (Vellas et al., 1997b).

A ce jour, il est difficile de faire une estimation fiable du nombre de chutes chez les personnes dépendantes, car plusieurs parmi elles passent inaperçues et ne sont pas signalées. Les statistiques sur l'incidence annuelle chez les personnes dépendantes sont peu connues à ce jour. Néanmoins, les chutes sont à l'origine d'un important cout financier dû à leur prise en charge médico-sociale.



L'un des principaux sujets de préoccupation n'est pas seulement l'incidence élevée des chutes chez les personnes âgées. La propension aux blessures liées aux chutes dans cette population est causée par une forte prévalence de maladies (l'ostéoporose par exemple) et de changements physiologiques liés à l'âge (les réflexes de protection lents par exemple) qui rend même une chute relativement légère particulièrement dangereuse.

Les résultats suggérés par notre travail corroborent ainsi avec ceux de la littérature scientifique. Il existerait un lien entre la chute et les parcours d'autonomie fonctionnelle. Cependant, l'appartenance des patients aux différentes trajectoires ne semble pas impacter la survie en termes de chute.

L'âge et le sexe ne montrent pas de différence significative entre les types d'évolutions. La majorité des patients sont polypathologiques et polymédiqués. Les proportions les plus importantes de l'hypertension, la démence, le diabète et l'antécédent d'AVC sont retrouvées chez les personnes autonomes. Bien que l'existence de ces pathologies se conjugue avec une dépendance. Ainsi, la prévention de la rupture d'autonomie devrait se porter non seulement à tous les âges de la vie, mais aussi à tous les profils de personnes âgées.

### **Forces et limites de l'étude**

Les études réalisées jusqu'à ce jour se sont en effet axées sur l'incidence annuelle des chutes, les conséquences des chutes et leurs facteurs de risque. À notre connaissance, aucun travail de recherche n'a fait l'objet de l'évaluation de l'incidence des chutes pour des trajectoires d'autonomie fonctionnelle SMAF en population gériatrique. Notre étude est donc la première à s'intéresser à ce sujet. Ses résultats permettent de comprendre l'impact clinique du mécanisme de la chute et ses conséquences et donc de mieux cibler les stratégies de prévention.

Dans des études antérieures en nombre limité, les auteurs ont tenté de mesurer l'incidence des chutes chez les personnes âgées. Cependant, dans la majorité de cas (Gryfe et al., 1977) (Lucht, 1971), la population à risque et la durée de l'observation n'étaient pas clairement définies, ce qui empêchait le calcul des taux de diminution exact de la chute. Notre recherche représente une tentative de mesure de l'incidence de la chute et ses conséquences en fonctions de trajectoires distinctes d'autonomie fonctionnelle dans une population de personnes âgées de 75 ans et plus suivie à domicile. Les informations concernant ces événements ont été recueillies et enregistrées mensuellement dans une population dont la moitié est relativement autonome sur une période de deux ans. Tandis que l'autre moitié montre une autonomie modérée. Du fait de la faiblesse de l'échantillon d'étude, ce travail présente des limites. La méthode de recueil des données peut avoir induit des biais dans les informations fournies par le patient lors de l'appel téléphonique et de ce fait, influencé les résultats. Par exemple, un patient qui a des troubles cognitifs est susceptible de ne pas se rappeler exactement d'un événement antérieur.



### III.3. Conclusion

Les chutes chez les personnes âgées constituent un problème de santé important en raison de leur fréquence et de leur gravité. En 1974 au Canada, plus de 1 800 décès ont été attribués à des chutes accidentelles, dont 72% chez les personnes âgées de 65 ans et plus. On estime qu'un tiers des sujets de plus de 65 ans et la moitié de ceux de plus de 80 ans chutent au moins une fois par an. Ces chutes peuvent être très coûteuses en termes de qualité de vie dans cette population. Les coûts financiers liés à la prise en charge des chutes et de la dépendance résultante peuvent être très importants. L'impact des chutes comprend la morbidité, la mortalité, la dégradation de l'autonomie, l'hospitalisation, l'institutionnalisation et les dépenses en services sociaux et de santé. La prise de conscience des risques de chutes semble être le point de départ pour une prévention efficace de la chute.

Pour un maintien à domicile de l'autonomie fonctionnelle, notre étude suggère que la population cible devant bénéficier d'une prévention précoce est non seulement celle des individus âgés à risque de perte d'indépendance, mais aussi la population autonome. L'étude suggère également que des actions de prévention devraient s'inscrire dans le champ de dépistage systématique dès le début de la vieillesse, dans l'identification des facteurs de risques intrinsèques ou extrinsèques des chutes. Finalement, la prévention des chutes passe par la prévention de ses conséquences.



## Chapitre IV. Analyse de survie

---

### IV.1. Analyse de survie des patients selon le profil d'autonomie fonctionnelle

#### IV.1.1. Introduction à l'analyse de survie

L'analyse de survie est une méthode d'analyse de données permettant d'estimer la période de survenue d'un éventuel évènement (décès, placement, sortie d'étude, etc). Elle a pour objectif principal d'étudier des facteurs qui modélisent des durées de vie ou durées avant la fin d'un évènement. Les méthodes d'analyse des données de survie ont été utilisées pour étudier la survie ou le délai de survenue éventuelle de l'évènement décès chez des patients. L'une des particularités de l'analyse de survie est relative à la nature de la variable étudiée. Elle correspond au délai de survenue de l'évènement au cours temps de suivi. L'autre particularité est que tous les sujets ne vont pas présenter l'évènement pendant la période de suivi. Ainsi, le délai d'apparition de l'évènement est inconnu chez ces sujets. Ces méthodes permettent d'étudier le délai de survenue d'un évènement dont la survenue n'est pas constante. Lorsque la période d'observation a été interrompue avant que l'évènement ne survienne (Laporte, 2005), le temps de survie est dit censuré. Dans le mécanisme de la censure, il peut y avoir des sujets dits "perdus de vue" c'est-à-dire ceux dont le suivi s'interrompt avant la date de fin d'étude pour cause de changement de filière médicale ou de déménagement par exemple. Pour ces derniers sujets, le temps de survie serait également censuré puisque la période d'observation s'est arrêtée à la dernière date où l'on savait que le patient était vivant. Dans ce cas, une hypothèse importante est que la raison du départ des patients de l'étude doit être indépendante de leur risque de décès (Alberti et al., 2005).

L'identification de facteurs pronostiques ou facteurs influençant l'estimation de la durée de survie, apporte des connaissances sur l'estimation du pronostic d'un patient donné. Ceci pourrait potentiellement apporter de l'aide dans la modification de la prise en charge du patient et dans l'implémentation d'une démarche préventive anticipée.

#### IV.1.2. Objectifs

Aux âges élevés, les limitations dans les activités semblent correspondre à un état de santé plus fréquemment prédictif de mortalité avec une progression en termes de gravité, allant de problèmes fonctionnels à la perte d'autonomie puis au décès (Cambois and Lièvre, 2004). Les restrictions fonctionnelles et d'incapacités suscitées par les conséquences physiques ou psychiques des maladies d'évolution chroniques provoquent le déclin fonctionnel de l'autonomie à long terme qui toucherait d'abord les activités sociales puis les activités de la vie domestique (Cambois and Lièvre, 2004) chez les personnes âgées. Il a été montré que la dépendance fonctionnelle diminue la qualité de vie des personnes âgées et conduit à une augmentation des risques de ré hospitalisation (Lanièce et al., 2008), de déclin fonctionnel (Staskin et al., 2005) (Jarrett et al., 1995), d'institutionnalisation (McCusker et al., 1999) et de décès (RR=3,2 à 3 mois) (Boyd et al., 2008) (Covinsky et al., 2000) (Jarrett et al., 1995) (McCusker et al., 1999) (Sleiman et al., 2009). Dans l'étude de Cambois, l'auteur montre que le risque de décéder très élevé chez les personnes âgées s'explique en partie par le fait que certaines de ces personnes en situation de dépendance, l'étaient en raison de maladies



graves auxquelles elles ont succombé. L'occurrence de maladies ou d'accidents peut rendre simultanée la présence de limitations fonctionnelles, de restrictions sévères d'activités et d'un pronostic de décès possible (Cambois and Lièvre, 2004). La dépendance des personnes âgées augmenterait avec l'âge et serait associée au risque de mortalité selon l'ORS (ORS, 2009). De ce fait, il convient d'identifier les facteurs liés à la survenue de l'arrêt d'étude (institutionnalisation, décès) dans la population. Un tel sujet, nous incite à savoir si le déclin fonctionnel de l'autonomie entraîne ou non l'évènement décès ou arrêt de suivi du patient. À ce titre, il s'agira d'estimer la période de survenue du décès ou de l'arrêt de suivi et d'identifier les potentiels facteurs prédictifs.

### **IV.1.3. Méthodes**

La description des données exploitées fera l'objet de la première analyse. Selon l'objectif, nous utiliserons trois méthodes d'analyse de données de survie seront employées. L'analyse descriptive, l'analyse comparative et l'analyse multivariée basée sur le modèle de Cox (Cox, 1975).

#### **IV.1.3.1. Suivi à long terme**

Le suivi des sujets de l'analyse a été réalisé au domicile par le médecin gériatre et l'infirmière. En cas de survenue d'un décès ou d'une sortie d'étude, la cause a été précisée auprès des médecins référents.

#### **IV.1.3.2. Analyse descriptive**

Dans ce travail, l'analyse descriptive permet d'estimer principalement la survie médiane et le taux de survie à un temps donné. Ici on s'intéressera au taux de survie à un an de suivi et on souhaite décrire la survie de la population.

#### **IV.1.3.3. Analyse comparative**

L'analyse comparative est une méthode univariée qui fait appel à des tests dérivés du test du khi-deux pour comparer des groupes. Le test classiquement utilisé est le test du log-rank. Il sert à vérifier l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de différence entre les populations en termes de probabilité de survenue de l'évènement étudié (Bland and Altman, 2004). Le test du log-rank est le plus susceptible de détecter une différence entre les groupes lorsque le risque de survenue de l'évènement est systématiquement plus grand pour un groupe par rapport à un autre. Le test est basé sur les mêmes hypothèses que la courbe de survie de Kaplan Meier (Bland and Altman, 2004). Son utilisation dans notre étude permet donc de comparer les trois trajectoires afin de démontrer que la survie d'un groupe de patients autonomes est significativement meilleure que celle d'un groupe de patients dépendants par exemple.

#### **IV.1.3.4. Modèle de Cox**

Le modèle de Cox (Cox, 1972) est un modèle multivarié d'analyse des durées de survie qui permet de calculer une courbe de survie avec un ajustement sur l'influence de plusieurs variables. Le modèle permet d'expliquer la survenue d'un évènement qualitatif au cours du



temps (comme le décès) par une (analyse univariée) ou plusieurs (analyse multivariée) variables explicatives (Mancini and Robitail, 2009). Le modèle de Cox est un modèle à risques proportionnels ; La fonction modélisée dans le modèle de Cox est la fonction de risque  $h()$ . Dans une analyse de données de survie, quatre informations sont indispensables pour tous les patients à savoir :

- une date origine, c'est-à-dire la date à laquelle l'observation du patient a débuté ;
- la date des dernières nouvelles, par exemple pour les patients décédés la date de décès ou la date à laquelle on dispose des dernières données relatives à l'état du patient sachant qu'il est encore en vie ;
- la date de point ou la date à laquelle le bilan de l'étude est réalisé ou date de fin d'observation (étude) ;
- un évènement qui correspondant à l'état du patient en deux éventualités à la date des dernières nouvelles.

À partir de ces données, les calculs des durées de suivi des sujets sont calculés par différence. Ces durées correspondent au délai entre la date d'origine et la date des dernières nouvelles qui sera la date de décès en cas de décès, la date de point pour les patients vivants pour lesquels le suivi est assuré ou la date de perte de vue pour les patients vivants n'étant plus suivi dans la cohorte à la date de point (Alberti et al., 2005). Dans une analyse de survie, deux paramètres importants constituent la variable d'intérêt  $Y$  :

- le temps, variable continue pouvant être en seconde, jour, mois, année, etc ;
- la survenue ou non de l'évènement décès, variable discrète codée 1 pour la survenue de l'évènement et 0 quand la donnée est censurée.

L'étude de la variable  $Y$  correspond à l'étude de la fonction de densité ou densité de probabilité de survie, de survie, de répartition et la fonction de risque. L'ensemble de ces terminologies rentre dans la notion de distribution de la durée de survie.

#### **IV.1.3.4.1. Distribution de la durée de survie**

En supposant la durée de survie une variable positive ou nulle et absolument continue, sa loi de probabilité peut être définie par l'une des fonctions suivantes. Chaque fonction peut être obtenue à l'aide de l'une des autres fonctions.

#### **IV.1.3.4.2. Fonction de Survie**

Soit  $T$  la variable aléatoire du moment du décès, la fonction de survie notée  $S$  est définie par :

$$S(t) = P(T > t); t \geq 0 \quad (4.1)$$

c'est à dire la probabilité que le décès intervienne après le temps.

#### **IV.1.3.4.3. Fonction de répartition**

La fonction de répartition  $F$  de  $T$  ayant pour densité  $f$ , est appelée aussi fonction de répartition de longévité. Elle vérifie la relation :





$$F(t) = P(T \leq t) = 1 - S(t)$$

On en déduit que :

$$S'(t) = (1 - F(t))' = -f(t) \quad (4.2)$$

#### IV.1.3.4.4. Densité de la variable aléatoire $T$ moment du décès

On cherche à calculer la densité  $f$  de la variable aléatoire réelle  $T$  en fonction de son taux de défaillance noté  $\lambda(t)$  au temps  $t$ .

On sait que :

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt$$

Ou bien :

$$f(t) = \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{P(t < T < t + dt)}{dt} = \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{P(T < t + dt) - P(T \leq t)}{dt}$$

où  $P(t < T < t + dt)$  représente la probabilité de survenue de l'évènement durant l'intervalle de temps  $[t, t + dt]$ .

Soit  $\lambda(t)$  le taux de décès au temps donné  $t$  sachant la probabilité de survie au temps  $t$ , on peut écrire :

$$\lambda(t)dt = P[t \leq T \leq t + dt | T \geq t] = \frac{f(t)dt}{S(t)} = \frac{S'(t)dt}{S(t)}$$

Si l'on suppose la fonction  $\lambda$  constante, on en déduit

$$\lambda dt = \frac{S'(t)dt}{S(t)}$$

En intégrant, on obtient

$$\int_0^t \lambda du = - \int_0^t \frac{S'(u)}{S(u)} du$$

d'où

$$\lambda t = -\ln(S(t))$$

ou encore :

$$S(t) = e^{-\lambda t} = 1 - F(t)$$

Soit :

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (4.3)$$

c'est la fonction de répartition d'une loi exponentielle de paramètre  $\lambda$  dont la densité  $f$  est définie par

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (4.4)$$



On appelle taux de hasard cumulé noté  $H$ , l'intégrale du risque instantané  $\lambda$  jusqu'à l'instant  $t$  :

$$H(t) = \int_0^t \lambda(u) du = -\ln(S(t)) \quad (4.5)$$

On en déduit que

$$S(t) = e^{-H(t)} = e^{-\int_0^t \lambda(u) du} \quad (4.6)$$

ainsi que

$$f(t) = \lambda(t) e^{-\int_0^t \lambda(u) du}$$

#### IV.1.3.4.5. Estimation de la fonction de survie

Dans la pratique, l'estimation de la fonction  $S$  de survie se fait à partir de méthodes telle que la méthode de Kaplan-Meier (Alberti et al., 2005). Cette méthode permet de construire la courbe de survie d'un ensemble d'individus pour un évènement particulier. La méthode de Kaplan Meier est utilisée pour estimer la proportion de patients vivants à un temps de suivi donné en tenant compte de la possibilité de censure (Kaplan and Meier, 1958). L'idée de l'estimation par la méthode de Kaplan-Meier est la suivante : être encore en vie après un instant  $t$ , c'est être en vie juste avant cet instant  $t$  et ne pas mourir à cet instant (Alberti et al., 2005). Par convention  $t_0 = 0$ . Un avantage important de la courbe de Kaplan-Meier est que la méthode peut prendre en compte certains types de données censurées, notamment la censure à droite, qui survient lorsqu'un patient se retire d'une étude, lorsqu'il est perdu de vue ou en vie sans évènement. Cela correspond à la probabilité d'avoir survécu à un instant donné conditionnellement au fait d'être en vie juste avant cet instant.

Soit  $S(t)$  la probabilité qu'un membre d'une population donnée ait une durée de vie supérieure à  $t$ . Pour un échantillon de taille  $n$  dans cette population, les durées observées jusqu'à chaque décès des membres de l'échantillon  $n$  sont :

- $t_0, t_1, t_2, \dots, t_m$ , les temps réels de décès des  $n$  individus de la population où  $m$  est le nombre de temps où il y a des décès car il peut y avoir plusieurs décès au même instant. On a  $m \leq n$ .
- $d_0, d_1, d_2, \dots, d_m$ , le nombre de décès qui surviennent à chacun de ces moments.
- $n, n_1, n_2, \dots, n_m$ , le nombre d'individus à risque à chacun des instants.

On a  $t_0 = 0, d_0 = 0$  et  $n$  individus à risque au temps  $t_0$ .  $n - d_1 = n_1$ , est le nombre d'individus à risque après le temps  $t_1$ ,  $n_1 - d_2 = n_2$  représente le nombre d'individus à risque juste après le temps  $t_2$ . L'estimateur de Kaplan-Meier résulte de l'idée suivante : survivre après un temps  $t$ , c'est être en vie juste avant  $t$  et ne pas mourir au temps  $t$ . On en déduit que si  $t'' < t' < t$ , on peut écrire :



$$P(T > t) = P((T > t') \cap (T > t))$$

$$= P((T > t)/(T > t'))P(T > t')$$

$$= P((T > t)/(T > t'))P((T > t')/(T > t''))P(T > t'')$$

En supposant les temps de décès et censures distincts  $t_i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) rangés par ordre croissants, on obtient :

$$P(T > t_m) = \prod_{i=1}^m P((T > t_i)/(T > t_{i-1}))P(T \geq t_0) \quad (4.7)$$

où  $P(T \geq t_0) = 1$ .

Ainsi la probabilité  $p_i$  de mourir dans l'intervalle de temps  $[t_{i-1}, t_i]$  sachant que l'on était encore en vie à l'instant  $t_{i-1}$ , c'est à dire  $p_i = P((T \leq t_i)/(T > t_{i-1}))$ , peut être estimée par :

$$\hat{p}_i = \frac{d_i}{n_i}$$

d'où l'estimateur de Kaplan-Meier  $S(t)$  défini par :

$$\hat{S}(t) = \prod_{i=1, t_i \leq t}^m \left(1 - \frac{d_i}{n_i}\right) \quad (4.8)$$

Les courbes de survie de Kaplan-Meier sont représentées par un graphique en marche d'escalier de hauteurs inégales, où la survenue d'un ou plusieurs décès à une même date représente la verticale d'une marche. Les durées de vie moyennes peuvent être estimées à partir de ces données en l'absence de données censurées. En présence de données censurées, ce sont les durées de survie médianes qui sont estimées c'est-à-dire le délai de survie pour lequel on observe une mortalité de 50% de la population de sujets inclus dans l'étude.

#### IV.1.3.4.5.1. Modèle de Cox

L'objectif du modèle de Cox est d'évaluer l'effet de covariables sur la durée de vie. On suppose maintenant que le taux de décès dépend non seulement du temps  $t$  mais aussi d'un vecteur  $X$  de covariables.

Soit  $\lambda(t)$  le taux du décès à l'instant  $t$ , on suppose que  $\lambda$  dépend du temps  $t$  et de covariables  $X_1, X_2, \dots, X_k$ .

On veut exprimer un effet multiplicatif des diverses covariables sur la fonction  $\lambda(t)$ . Pour cela, on introduit une fonction de taux de base qui donne la forme générale du taux et qui est commune à tous les individus. Les modèles à taux proportionnels se caractérisent par la relation suivante :

$$\lambda(t, X) = \lambda_0(t)h(\beta, X) \quad (4.9)$$



où  $\mathbf{X}$  est le vecteur de covariables  $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_k)$ ,  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_k)$  le vecteur paramètre d'intérêt et  $\lambda_0(t)$  est le risque de base.

Ce modèle est dit à taux proportionnels car, quels que soient deux individus  $j_1$  et  $j_2$  qui ont pour covariables  $\mathbf{X}_{j_1}$  et  $\mathbf{X}_{j_2}$ , le rapport des fonctions de taux ne varie pas au cours du temps,

$$\frac{\lambda(t, \mathbf{X}_{j_1})}{\lambda(t, \mathbf{X}_{j_2})} = \frac{h(\beta, \mathbf{X}_{j_1})}{h(\beta, \mathbf{X}_{j_2})}$$

Le rapport des fonctions de taux est par définition un risque de décès relatif à l'instant  $t$  des sujets de caractéristique  $\mathbf{X}_{j_1}$  par rapport aux sujets de caractéristiques  $\mathbf{X}_{j_2}$ .

Un cas très particulier très important est le modèle de Cox qui suppose que la fonction  $h$  est la fonction exponentielle, c'est-à-dire :

$$\lambda(t, \mathbf{X}) = \lambda_0(t) \exp(\beta \mathbf{X}')$$

D'autres choix sont possibles mais la fonction exponentielle présente l'avantage d'être toujours positive et  $\exp(0) = 1$ . On va donc se placer par la suite dans le cadre du modèle de Cox :

$$\lambda(t, \mathbf{X}) = \lambda_0(t) \exp(\beta \mathbf{X}')$$

où  $\mathbf{X}$  est un vecteur de covariables de dimension  $1 \times k$  et  $\beta$  un vecteur de dimension  $1 \times k$  de coefficients de régression.

Le modèle de Cox est donc considéré comme un modèle semi-paramétrique. Au cours de la modélisation, on ne cherche pas à estimer la fonction  $\lambda_0(t)$ . A un instant donné, la fonction  $\lambda_0(t)$  elle est la même pour tous les individus. On cherche plutôt à estimer le rapport des risques instantanés de décès pour deux individus exposés à des facteurs de risque différents.

Il résulte de la formule du modèle de Cox : celle des risques proportionnels. Soient deux individus  $j_1$  et  $j_2$  qui ne diffèrent que par une seule covariable soit la même. Supposons que cette covariable vaut 0 pour  $j_1$  et 1 pour  $j_2$ .

On obtient, quel que soit  $t$  :

$$\frac{\lambda(t, \mathbf{X}_{j_2})}{\lambda(t, \mathbf{X}_{j_1})} = \frac{\exp(\beta_1 X_1 + \dots + \beta_m \times 1 + \dots + \beta_k X_k)}{\exp(\beta_1 X_1 + \dots + \beta_m \times 0 + \dots + \beta_k X_k)} = \exp(\beta_m)$$

L'individu  $j_2$  a donc un risque quel que soit le temps  $t$  de mourir  $\exp(\beta_m)$  fois celui de l'individu  $j_1$ .

- Si  $\exp(\beta_m) = 0$ , les risques sont égaux pour les deux individus  $j_1$  et  $j_2$ .
- Si  $\exp(\beta_m) > 1$ , le risque est plus élevé pour l'individu  $j_2$ .
- Si  $\exp(\beta_m) < 1$ , le risque est plus élevé pour l'individu  $j_1$ .



On va donc chercher à estimer les rapports de risque instantanés de décès entre deux individus exposés à des facteurs de risques différents. Pour cela nous devons estimer le vecteur paramètre d'intérêt  $\beta$ .

Considérons :

- $d$  le nombre de décès observés parmi les  $n$  sujets de l'étude
- $t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_d$ , les temps de décès distincts
- $X_i$  la valeur de la covariable de l'individu  $i$ ,  $1 \leq i \leq n$ .
- $R(t_i)$  l'ensemble des individus encore à risque à l'instant  $t_i^-$  (juste avant l'instant  $t_i$ ).

Le principe de la méthode est donc d'estimer le vecteur de régression  $\beta$  en considérant la fonction  $\lambda_0(t)$  comme paramètre de nuisance. Par conséquent, on ne cherche pas à estimer la fonction  $\lambda_0$ . L'idée de Cox est qu'aucune information ne peut être donnée sur  $\beta$  par les intervalles de temps pendant lesquels aucun décès n'a eu lieu et on peut concevoir que  $\lambda_0$  soit nulle dans ces intervalles. On travaille conditionnellement à l'ensemble des instants où un décès a lieu.

Supposons qu'il n'y a qu'un seul décès à chaque  $t_i$ . La probabilité qu'il y ait un décès en  $t_i$  (dans l'intervalle  $[t_i, t_i + dt]$ ) est :

$$\sum_{j \in R(t_i)} \lambda_0(t_i) \exp(\beta X_j')$$

La probabilité que l'individu  $i$  subisse un décès en  $t_i$  sachant qu'un décès a eu lieu en  $t_i$  est égal à :

$$\frac{\lambda_0(t_i) \exp(\beta X_i')}{\sum_{j \in R(t_i)} \lambda_0(t_i) \exp(\beta X_j')} = \frac{\exp(\beta X_i')}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp(\beta X_j')}$$

La probabilité dépend uniquement du paramètre  $\beta$ . L'estimation de  $\beta$  peut se faire par la méthode du maximum de vraisemblance. Pour cela on utilise la vraisemblance partielle de Cox car seuls les décès entrent dans le calcul.

Étant donné qu'il y a des contributions à la vraisemblance à chaque temps de décès, la vraisemblance partielle de Cox est définie comme le produit sur les temps de décès. La vraisemblance partielle est :

$$L_{Cox}(\beta) = \prod_{i=1}^d \frac{\exp(\beta X_i')}{\sum_{j \in R(t_i)} \exp(\beta X_j')} \quad (4.10)$$

La vraisemblance partielle ne dépend pas de la fonction  $\lambda_0(t)$  taux du décès de base à l'instant  $t$ . On peut estimer  $\beta$ , sans connaître la fonction  $\lambda_0$ , par maximisation de  $L_{Cox}(\beta)$ . La vraisemblance partielle n'est pas une vraisemblance dans le sens statistique mais elle se comporte de la même façon. On peut donc développer une théorie asymptotique similaire pour estimer le paramètre  $\beta$ .

Notons :



$$LL(\boldsymbol{\beta}) \log(L_{Cox}(\boldsymbol{\beta})) = \sum_{l=1}^d \left[ \boldsymbol{\beta} \mathbf{X}'_l - \log \left( \sum_{j \in R(t_i)} \exp(\boldsymbol{\beta} \mathbf{X}'_j) \right) \right]$$

la log-vraisemblance des  $d$  individus décédés parmi les  $n$  sujets de l'étude. Soit  $\frac{\partial LL(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}}$  le vecteur  $1 \times p$  des dérivées partielles de  $LL(\boldsymbol{\beta})$  défini par

$$\frac{\partial LL(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}} = \left( \frac{\partial LL(\beta_1)}{\partial \beta_1}, \dots, \frac{\partial LL(\beta_k)}{\partial \beta_k} \right)$$

L'estimateur de  $\boldsymbol{\beta}$  sera la solution de l'équation vectorielle

$$\left( \frac{\partial LL(\beta_1)}{\partial \beta_1}, \dots, \frac{\partial LL(\beta_k)}{\partial \beta_k} \right) = (0, \dots, 0)$$

Le système n'admet pas de solution analytique. Sa résolution nécessite des méthodes numériques telles que l'algorithme de Newton-Raphson. C'est cette méthode que nous utiliserons dans l'analyse de nos données et qui a déjà été développée dans la sous-section II.2.5.

#### IV.1.3.5. Variables explicatives (covariables) dépendantes du temps

##### IV.1.3.5.1.1. Lien entre survie et covariables

Le modèle de Cox permet de prendre en compte des covariables dépendantes du temps. Dans le cas de nos données, nous disposons de variables explicatives de nature sociodémographiques, médicales, biologiques et cliniques. Pour ce faire, nous chercherons à fournir un modèle de base pour expliquer le lien entre la survie et ces variables explicatives. Parmi les nombreux modèles développés dans ce sens, nous utiliserons un exemple de modèles à risque ou hazard proportionnel qui est le modèle de Cox. L'intégration des covariables dans le modèle nécessite de connaître à priori la valeur des covariables pour chaque temps d'évènement.

##### IV.1.3.5.1.1.1. Sélection de covariables du modèle

Pour expliquer la survie, on sélectionne les covariables les plus pertinentes par les critères standard de sélection AIC (Hirotsugu Akaike, 1974) ou BIC (Schwarz, 1978). Dans cette étude, la méthode utilisée est basée sur la comparaison des modèles par les critères AIC ou BIC.

##### IV.1.3.5.1.2. Diagnostic du modèle

Le diagnostic du modèle consiste à se poser des questions sur la pertinence du modèle à savoir :

1. *est-ce que l'hypothèse du hasard est vérifiée ?*
2. *est-elle vérifiée pour chaque variable ?*
3. *y a-t-il des individus marginaux ?*
4. *quelle est l'influence des individus ?*



Le modèle de Cox postule que les risques sont proportionnels entre individus. Afin de s'assurer de la fiabilité des résultats du modèle, l'hypothèse précédente doit nécessiter d'être vérifiée à partir du diagnostic du modèle. Le diagnostic du modèle se fait sur la base des résidus parmi lesquels nous avons les résidus de : Schoenfeld, déviance, martingale, score, .... Dans la pratique, les résidus de Schoenfeld sont souvent les plus utiles.

#### **IV.1.3.5.1.2.1. Résidus de Schoenfeld**

Les résidus de Schoenfeld concernent les covariables et servent à évaluer la tendance au cours du temps et donc à tester l'hypothèse des hasards proportionnels (qui dit que le log-ratio ne doit pas dépendre du temps) (Schoenfeld, 1982). L'interprétation de ces résidus se fait comme une mesure de la différence de profil entre un individu subissant l'évènement étudié et l'ensemble des individus exposés aux risques. Ils servent aussi au calcul de la corrélation entre les résidus et les durées de survie des individus (Berchtold, 2010). L'hypothèse du test est la suivante : si l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) d'absence de corrélation est acceptée, alors l'hypothèse de proportionnalité est vérifiée sinon elle est rejetée avec le risque alpha de 5%. Ces résidus sont analysés à base de graphiques dans l'objectif de détecter un non-respect de l'hypothèse de proportionnalité (Jacqmin-Gadda et al., 2004). Le test global de l'hypothèse de proportionnalité permet de calculer un test du Khi-2 global.

#### **IV.1.3.5.1.2.2. Résidus martingales**

Ces résidus sont utilisés pour évaluer la forme fonctionnelle des prédicteurs continus (Royston and Lambert, 2011). Ils peuvent être utilisés pour évaluer la forme fonctionnelle de l'influence d'une covariable dans un modèle qui tient déjà compte des autres covariables (Planchet and Thérond, 2006). Ils permettent aussi d'évaluer l'adéquation du modèle sous l'hypothèse de hasards proportionnels, l'efficacité du modèle pour prédire ce qui attend un nouveau patient, l'influence de chacun des sujets de l'étude sur l'estimation des paramètres. Ils peuvent également être utilisés pour trouver les valeurs aberrantes c'est-à-dire les sujets mal adaptés au modèle.

#### **IV.1.3.5.1.2.3. Les déviations résiduelles ou résidus de déviance**

Les résidus de déviance sont utilisés pour chercher les outliers. Ces résidus prennent des valeurs négatives pour les individus ayant un temps de survie plus long que celui prévu par le modèle. Ils prennent des valeurs positives pour les individus qui ont un temps de survie plus court que celui prévu par le modèle. Ils ont une moyenne égale à 0 et un écart type à peu près égal à 1. Lorsque le modèle ajusté est adéquat, les résidus sont systématiquement distribués autour de 0 (Lee and Wang, 2003). Leur représentation graphique se fait sur l'axe des ordonnées et le temps sur l'axe des abscisses. Les observations extrêmes si elles existent peuvent apparaître sur le graphique (Samson, 2009).

#### **IV.1.3.5.1.2.4. Résidus de la différence Bêta (*df beta*)**



L'objectif des statistiques *dfbeta* est de déterminer l'influence de chaque individu sur l'estimation des coefficients associés aux covariables. L'influence d'un individu *j* sur l'estimation d'un coefficient  $\beta$  est égale à :

$$Dfbeta = \hat{\beta} - (\hat{\beta}_j) \quad (4.11)$$

où  $\beta$  est le coefficient estimé lorsque tous les individus sont inclus dans l'étude et  $\beta_j$  le coefficient estimé lorsque l'individu *j* est exclu de l'étude. Le calcul des *dfbeta* s'effectue sur la base des résidus du score et de la matrice d'information de Fisher des estimations des coefficients du modèle. Lorsque la valeur est proche de 0 cela signifie que l'individu a peu d'influence sur l'estimation du coefficient. Des valeurs particulièrement grandes en valeur absolue et éloignées des autres signifient que des individus influencent plus l'estimation de certains coefficients (Samson, 2009).

Dans ce travail, nous effectuerons le diagnostic du modèle avec seulement le test de Schoendeld car les covariables sont toutes de type catégoriel.

#### **IV.1.3.6. Construction des données**

Dans le cas des 221 patients de la base de données, à l'issue du vingt quatrième mois, environ 19% (41 sujets) des sujets étaient sortis de l'étude suite à un déménagement ou un placement en EHPAD ; 82% sont restés jusqu'à la fin de l'étude et seulement 2% (4 patients) sont décédés. Les sujets sortis d'étude à cause d'un placement ou déménagement et ceux qui sont restés dans l'étude ont été regroupés pour former les sujets censurés. Ainsi nous avons créé la variable binaire statut qui correspond au fait que la donnée soit censurée (0) ou non censurée (1).

#### **IV.1.3.7. Covariables de l'analyse**

Les covariables que nous utiliserons sont toutes les variables illustrées dans le tableau II.3.1.1.2. Elles ont toutes été ajustées au modèle.

#### **IV.1.4. Résultats**

##### **IV.1.4.1. Caractéristiques descriptives de la population**

Entre la visite d'inclusion en 2012 et la visite de fin d'étude en 2014, 221 patients ont été suivis avec un âge moyen de  $86,1 \pm 5$  ans. L'âge par groupe de trajectoire d'autonomie fonctionnelle était de  $84 \pm 3,9$  ans,  $88,5 \pm 4,5$  ans et  $91,2 \pm 4,3$  ans pour respectivement la trajectoire stable, la trajectoire stable puis altérée, et trajectoire de déclin fonctionnel constant.

##### **IV.1.4.1.1. Pronostic à long terme de la population**

La durée de suivi est de 24 mois. À la fin du suivi, 180 (81%) des 221 patients sont vivants. Selon les informations dont on dispose, sur les 41(19%) patients restants, seulement 4 (9%) sont décédés, 8 (20%) ont été placés en EHPAD, 2 (5%) ont arrêté le suivi pour cause de déménagement, 8 (20%) ne souhaitent plus continuer l'étude et 1(2%) patient a un cancer évolué. Pour le reste (n=18 soit 44%), la durée du suivi et le nombre de patients correspondant sont les suivants : 1 mois (1 patient), 4 mois (1 patient), 5 mois (1 patient), 10





mois (1 patient), 11 mois (1 patient), 12 mois (1 patient), 13 mois (1 patient), 14 mois (1 patient), 15 mois (4 patients), 18 mois (3 patients), 20 mois (2 patients), 11 mois (1 patient). Aucun motif n'a été renseigné pour ces derniers. Leurs temps de survie de même que celui des 180 patients vivants à la fin de l'étude est considéré comme censuré.

#### IV.1.4.1.2. Courbe de survie de Kaplan Meier

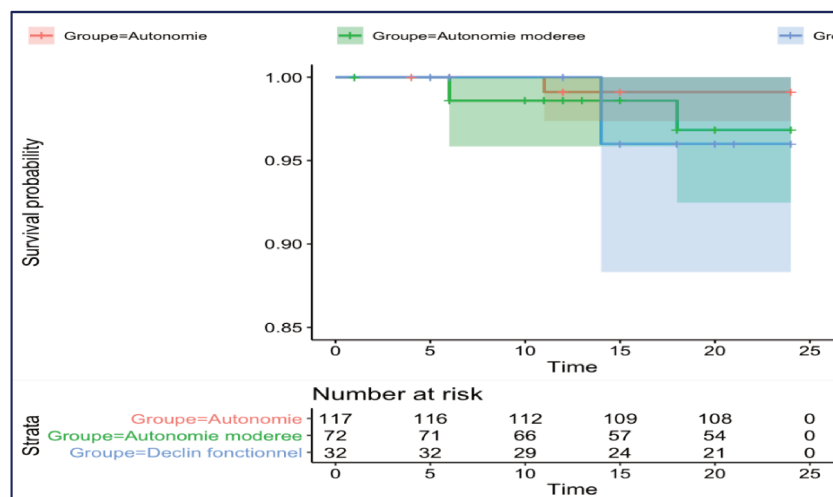


Figure IV. 1: Probabilité de survie des patients.

Des marches d'escalier sont observées pour chaque type de trajectoire (Figure IV. 1). L'axe  $x$  des abscisses représente la durée moyenne avant la survenue du décès et l'axe  $y$  des ordonnées la probabilité de survie. Le comportement des patients selon le type de temps de censure est illustré sur la figure. Les conséquences des censures ne sont pas les mêmes suivant qu'il s'agit de censure liée à un suivi global ou de censure introduite par des perdus de vue. Une seule marche d'escalier est notée pour le groupe de trajectoire stable (courbe en rouge). Elle correspond au décès survenu à 12 mois. Chez les sujets de la trajectoire stable puis altérée (courbe en vert), on obtient deux marches d'escalier correspondant à deux décès survenus à des temps de suivi différents. Le premier décès est survenu à 6 mois et le second à 18 mois. Une seule marche d'escalier est observée chez les personnes se trouvant dans la trajectoire de déclin fonctionnel (courbe en bleue). Celle-ci correspond au décès survenu à 14 mois. La valeur  $p$  du test de Log-rank étant supérieure au seuil de 5%, l'hypothèse selon laquelle les trois courbes de la Figure IV.1 sont superposées n'est pas rejetée. Ainsi, la différence de survenue du décès n'est pas statistiquement significative entre les trois trajectoires. On voit nettement une surperposition des courbes de survie. Ces résultats montrent une survenue anticipée du décès chez les personnes autonomes par rapport aux personnes modérément autonomes et aux sujets dépendants.

#### IV.1.4.2. Modèle de Cox

Tableau IV. 1: Facteurs prédictifs de la survie à long terme chez les patients (modèle de Cox).

Covariables	Analyse univariée	Analyse multivariée
-------------	-------------------	---------------------



	<i>RR(IC 95%)</i>	<i>p</i>	<i>RR(IC 95%)</i>	<i>p</i>
Alcool	10,61(1,10-82,1)	0,040	-	-
Insuffisance cardiaque droite	12,37(1,28-99,5)	0,029	-	-
Perte de poids de 4,5 kg	13,12(1,84-93,16)	0,013	10,45(1,21-90,14)	0,033
MMSE	5,41(0,76-38,47)	0,091	8,11(0,90-72,94)	0,052

Le Tableau IV. 1 indique les résultats de l'analyse de survie réalisée par régression de Cox avec ajustement des covariables y compris les types de trajectoires. *RR* représente le risque relatif instantané ; *IC 95%* correspond à l'intervalle de confiance à 95%.

On apprend que les facteurs prédictifs de la survenue du décès seraient l'alcool, l'insuffisance cardiaque droite, la perte de poids et les troubles neurocognitifs en univariée. La perte de poids involontaire de 4,5 kg et les troubles neurocognitifs augmenteraient le risque de survenue du décès. L'appartenance des patients aux différentes trajectoires ne semblerait pas être prédicteur de décès ( $p=0,46$ ).

La validité d'un modèle de Cox se vérifie sous l'hypothèse de la proportionnalité des risques relatifs. Selon cette hypothèse les résidus de Schoenfeld ne dépendent pas du temps. Il s'agit ainsi de vérifier si  $\beta_j$  reste constant au cours du temps. Puisqu'on cherche à comparer ici simultanément deux courbes de survie, l'hypothèse nulle signifie l'égalité de toutes les courbes. On teste donc  $H_0 : \beta_j(t) = \beta_j$  pour tout  $t$ .

Tableau IV. 2: Vérification de l'hypothèse de risque relatif.

<b>Covariables</b>	<b>rho</b>	<b>chisq</b>	<b>p</b>
Alcool	0,7474	0,5304	0,466
Insuffisance cardiaque droite	0,5391	0,5111	0,475
Perte de poids	0,1285	0,0397	0,842
MMSE	-0,0775	0,0147	0,903
GLOBAL	NA	3,1929	0,526

Une valeur  $p$  inférieure à 5% indique que l'hypothèse n'est pas vérifiée. D'après les résultats du Tableau IV. 2, il apparaît qu'au sens du test de Schoenfeld, la  $p$ -valeur est supérieure à 5% globalement et pour chaque variable prise individuellement. Notre modèle de survie semble être valide.

#### IV.1.4.3. Diagnostic des résidus du modèle de Cox

##### IV.1.4.3.1. Vérification de l'hypothèse de risque relatif par le test de Schoenfeld

Le risque relatif associé à chaque facteur est illustré dans le Tableau IV. 1 ci-dessus. Après ajustement du modèle sur les variables explicatives, l'analyse univariée montre que les patients qui ont un facteur de risque cardiovasculaire "alcool" auraient environ 10 fois plus de risque ( $RR=10,61$   $IC\ 95\% 1,103 - 102,1$ ,  $p=0,04$ ) de décéder au cours de leur suivi par rapport aux individus exemptés de ce facteur. Les patients qui ont une insuffisance cardiaque droite ont 12 fois plus de chance ( $RR=12,37$   $IC\ 95\% 1,28 - 119,5$ ,  $p=0,02$ ) de décéder au cours de leur suivi que les patients non cardiaques. Les patients qui ont une perte de poids involontaire et ceux qui présentent des problèmes neurocognitifs auraient



respectivement 13 (RR=13,12 IC 95% 1,84 - 93,16, p=0,01), 5 (RR=5,41 IC 95% 0,76 - 38,47, p=0,09) fois plus de chances de décéder au cours de leur suivi.

Au regard des résultats de l'analyse multivariée, la perte de poids involontaire et la présence de troubles neurocognitifs semblent augmenter le risque de survenue du décès (Tableau IV. 1). Le sujet qui perd du poids de façon involontaire (sachant que la perte de poids involontaire constitue un signal d'alerte sur une situation de dénutrition chez la personne âgée) risquerait de décéder par rapport au sujet robuste. Le risque est de l'ordre de 10 (RR=10,45 IC 95% 1,21 - 90,14, p=0,03) fois plus élevé. Les patients ayant des troubles neurocognitifs augmenteraient de 8 (RR=8,11 IC 95% 0,90 - 72,94, p=0,05) fois leur risque de décès.

Ces risques sont statistiquement significatifs avec des intervalles de confiance à 95%.

Cependant, les comorbidités (Fagot-Campagna et al., 2010), le risque iatrogène médicamenteux (Ankri, 2002) (Legrain, 2005), ne sont pas significativement associées au décès, même si ces facteurs sont usuellement des facteurs de risque de décès population générale de personnes âgées.

## IV.2. Discussion

La population gériatrique très hétérogène à cause du vieillissement individuel non uniforme nécessite la connaissance de l'espérance de vie restante ou l'estimation de l'espérance de vie restante des personnes concernées. Cette compréhension joue un rôle important dans la stratégie de prise en charge.

Notre analyse a porté sur le risque de décès des patients entre la visite d'inclusion  $T_0$  et la visite de fin d'étude  $T_3$ . Nous avons donc analysé les temps de survie définis par les groupes de trajectoires et l'ensemble des covariables. Les facteurs associés à la survenue du décès ont été identifiés par régression selon le modèle de Cox. Ceux-ci montrent une forte valeur prédictive indépendante et caractérisent une grande proportion de la population. Ces facteurs seraient les plus pratiques et les plus objectives pour l'utilisation générale dans un cadre préventif. Ces variables concernaient l'alcool, l'insuffisance cardiaque droite, la perte de poids involontaire, et la présence de troubles neurocognitifs.

Le vieillissement amène des modifications physiologiques, aboutissant à une moindre tolérance aux effets de l'alcool. La fréquence de consommation régulière, quotidienne, d'alcool augmente avec l'âge. Selon des études faites par le groupe de travail de la SFA et de la SFGG, les consommations moyennes d'alcool par individu décroissent, le nombre de non-consommateurs augmente, passant de 10% pour la population adulte à 40% après 65 ans, du fait de l'augmentation de la proportion de femmes, mais aussi du décès fréquent des consommateurs excessifs à l'âge adulte (Paille, 2014). Selon cette même étude, dans l'ensemble de la population, l'alcool est la troisième cause de mortalité et la deuxième cause de mortalité prématurée, évitable, après le tabac. Chez les personnes de 65 ans et plus, près de 30 000 décès par an seraient dus à l'alcool. Certains auteurs ont montré que l'alcool serait un facteur important associé à la survenue du décès chez la personne âgée.



L'insuffisance cardiaque, pathologie fréquente chez le sujet âgé est associée à un risque accru de mortalité. Après ajustement de la variable sur le modèle de Cox, nous avons trouvé que l'insuffisance cardiaque droite était fortement liée à un risque de mortalité. À ce jour, de nombreuses études dont (Butrous and Hummel, 2016) (Croft et al., 1999) ont montré que l'insuffisance cardiaque chez la personne âgée serait associée à un risque important de survenu de décès. Selon une étude québécoise, l'incidence et la prévalence de l'insuffisance cardiaque augmente sans cesse et est qualifiée d'épidémie, affectant environ 37,7 millions de personnes dans le monde actuellement (SQIC, 2015) (Parent, 2017).

Causée en général par une absorption faible de calories, la perte de poids involontaire du sujet âgé est définie par une perte non intentionnelle de masse musculaire. Cependant, une telle perte de poids peut être le signe d'un trouble physique ou mental sérieux (Wasserman, 2017). Notre étude a montré un lien entre la perte de poids involontaire et la survenue du décès.

La personne âgée peut présenter des troubles neurocognitifs légers non pathologiques : il s'agit de difficultés n'entravant pas l'autonomie et touchant ce que l'on appelle les fonctions exécutives (Collège des Enseignants de Neurologie, 2016). Il s'agit principalement d'un léger trouble de la flexibilité de la pensée. Le modèle de régression de Cox ajusté sur les troubles neurocognitifs a montré que la déficience cognitive était associée à un risque accru de décès. Ces résultats ont été confirmés par l'étude de (Rozzini et al., 2004) (Bae et al., 2018) (Bassuk et al., 2000) (Kelman et al., 1994). Dans ces études, le MCI a augmenté le risque de mortalité dans un modèle proportionnel de Cox multivarié en tenant compte de l'âge, du sexe, de l'éducation, du tabagisme, de la consommation d'alcool, des maladies chroniques, de la dépression, des composantes vasculaires et de la cohorte.

### **Forces et limites de l'étude**

Si certaines études révèlent une probabilité élevée de décès pour des patients polypathologiques, hypertendus, diabétiques, on relève dans notre travail l'absence de corrélation significative entre ces facteurs et le risque de survenu du décès. Les facteurs prédictifs de la survenue du décès identifiés par notre étude sont des critères confirmés par d'autres études de la littérature scientifique. Ceux-ci ne conféraient pas de meilleurs avantages. Par exemple dans les travaux de Dramé et ses collaborateurs, les auteurs montrent une importante association entre ces critères et la mortalité (Dramé et al., 2009) ou encore celle de Söderström qui montre un lien accru entre la dénutrition évaluée chez des personnes âgées suédoises et la survenue du décès (Söderström et al., 2014). Notre recherche a donc permis d'identifier des critères prédictifs de la survenue du décès chez la personne âgée. Facteurs issus de l'EKG et confirmés dans plusieurs autres études. La puissance statistique du modèle estimé est de l'ordre de 0,81.

Au regard des différentes sources d'information utilisées pour le recueil des données (difficiles et moins précises) parfois incomplètes ou manquantes, provenant de diverses personnes, et du caractère rétrospectif de ce travail, la généralisation de ces travaux serait précoce. Le manque de précision qui affecte souvent la récolte des données pourrait également être un facteur à prendre en compte dans la généralisation des résultats. Cependant, pour pallier cette attrition, une solution a été la suppression des patients pour qui l'information était manquante.



Une autre limite dans la généralisation de ces résultats est liée au fait que l'évènement décès est réellement survenu à notre connaissance chez seulement 4 patients de la cohorte au cours des deux ans de suivi. La faiblesse observée de cette proportion pourrait être à l'origine de l'absence de lien significatif entre certains facteurs et la survenue du décès chez la personne âgée. Un nombre important d'individus ont été perdus de vue considérée ainsi comme des censures. Toutefois, certaines variables comme l'insuffisance cardiaque, les troubles neurocognitifs, la perte de poids involontaire et l'alcoolémie se sont avérées prédicteurs de décès.

Les patients qui avaient une évolution stable dans le temps ont montré une tendance vers une durée de survie légèrement plus longue que les deux autres trajectoires. Le fait d'appartenir à une trajectoire de dépendance légère stable ou de déclin continu ne semblait pas être prédicteur de la survenue du décès. Même si les travaux de l'enquête Handicaps, Incapacités, Dépendance (HID), enquête longitudinale couvrant l'ensemble de la population ont révélé que le risque de décès chez les patients ayant seulement des limitations fonctionnelles et ceux ayant une restriction d'activité et limitations fonctionnelles est plus élevé que chez les personnes indépendantes (Cambois and Lièvre, 2004).

### **IV.3. Conclusion**

L'objectif de cette étude était d'identifier les facteurs prédictifs de survenue du décès dans une cohorte de sujets âgés de 75 ans ou plus. Suite à l'insertion des critères de l'EKG à dans un modèle de Cox, nous avons pu évaluer la survie des patients et identifié les déterminants de la mortalité au cours des deux ans de suivi. Les facteurs de risque qui semblent être liés à la survenue du décès sont en accord avec ceux de plusieurs autres études antérieures. Afin d'accompagner la personne âgée vers un bon vieillissement, le dépistage précoce des pathologies comme les troubles neurocognitifs et l'insuffisance cardiaque, les facteurs de risque cardiovasculaires précisément l'alcoolémie seraient importants. Une correction et un bon suivi de l'état nutritionnel, une reconnaissance et une prise en charge des troubles neurocognitifs, des maladies cardiovasculaires et des facteurs de risques cardiovasculaires telle que l'alcoolémie devraient faire partie des priorités de soin.



## Discussion générale

---

La France Métropolitaine comptait 66 millions d'habitants au premier janvier 2019 selon l'Insee. Le vieillissement de la population Française se poursuit avec une proportion de 20% des séniors de plus de 65 ans contre 19,6% en 2018. Aujourd'hui, l'espérance de vie des hommes s'élève à 79,5 ans et celle des femmes à 85,3 ; accroissement (augmentation de la population et du nombre de personnes en incapacités) qui exerce une pression sur la demande de services d'aide et de soins. Les avantages inférés par l'augmentation accrue de la longévité dépendront considérablement de la santé. La capacité pour les personnes âgées à réaliser des activités de la vie sont d'une forte importance à leurs yeux surtout dans cette étape de leur vie. Cet allongement de la vie souvent dominé par une décroissance des capacités physiques ou cognitives devrait être marqué par un bon état de santé. Dans l'ensemble, les personnes âgées font face à des problèmes de santé liés aux maladies chroniques. Le maintien de leur capacité fonctionnelle est un enjeu majeur. Cependant, un mauvais état de santé ne doit pas nécessairement prendre le pas sur l'âge avancé. Il a été montré que la perte des capacités habituellement associées au vieillissement n'est que faiblement liée à l'avancé en âge d'une personne (de la Santé, 2016). La diversité des capacités et des besoins de santé des personnes âgées est donc ancrée dans des événements vécus (pouvant être modifiés) tout au long de la vie. Cela souligne ainsi l'importance d'une approche fondée sur le parcours de vie. En pratique gériatrique, l'évaluation de la perte d'autonomie est une étape cruciale et incontournable du fait que la finalité de l'intervention gériatrique est de retarder l'entrée dans la dépendance de la PA en préservant tout ou une partie de l'autonomie, voire en limitant sa perte. En grande partie à l'échelle mondiale, la perte auditive, la perte visuelle, la réduction de la mobilité, la présence de maladies non transmissibles dont les maladies cardiovasculaires, cérébrales, affections respiratoires chroniques, cancer et affections neurodégénératives comme la démence, sont des résultantes des incapacités et la mort liées à l'âge. Cependant, la présence de ces problèmes de santé ne révèle rien sur l'impact qu'ils peuvent avoir sur la vie d'une personne âgée (OMS, 2016).

### Analyse de trajectoire

Notre étude, basée sur des données de natures prospectives montrent des résultats probants sur l'évolution de l'autonomie du sujet âgé. L'objectif principal était d'identifier dans une population hétérogène de personnes âgées suivies à domicile par l'UPSAV, des trajectoires d'autonomie fonctionnelle. Le premier travail ainsi effectué a été basé sur l'outil SMAF. Dans un but comparatif, nous avons mené une étude secondaire basée sur l'indicateur ADL. Ces deux études ont œuvré à une meilleure connaissance de l'évolution de la population et ont confirmé une évolution stable constituée de personnes autonomes, une évolution stable au cours des six premiers mois de suivi puis légèrement altérée composée de patients ayant une autonomie modérée, et une évolution constamment altérée constituée d'individus en incapacités fonctionnelles.

Selon que l'on fasse recours aux échelles du SMAF ou à celles de l'ADL pour décrire l'évolution de l'autonomie, notre recherche met en avant trois profils bien distincts de la population gériatrique Limousine en matière de dépendance fonctionnelle. Étant le premier travail qui s'intéresse à l'évolution du score d'autonomie SMAF, il apparaît difficile de discuter cette première étude avec la littérature scientifique. Cependant, la seconde étude a



permis de légitimer la première en mettant en avant les mêmes profils de personnes âgées. Au regard des résultats estimés, cette seconde étude serait en accord avec la littérature scientifique. Par exemple dans les études de Buurman (Buurman et al., 2016), Jonkman (Jonkman et al., 2018), Kuo (Kuo et al., 2017) et Wei (Wei et al., 2018), les auteurs trouvent trois possibilités d'évolution de l'indépendance évaluée par des échelles ADL chez des personnes âgées. Une évolution stable (légèrement stable pour certaines études), une évolution moyennement détériorée, et une évolution altérée (rapidement dégradante pour certaines études). D'autres études sur données longitudinales ayant recours au même indicateur montrent deux, quatre ou encore cinq possibilités d'évolution de l'autonomie (Romoren and Blekeseaune, 2003)(Gill et al., 2013)(Wakefield and Holman, 2007).

Ce travail de recherche ayant eu recours des techniques multidimensionnelles a permis d'identifier la population cible de l'UPSAV et suggère que des plans d'intervention doivent être anticipés. Cette population cible aurait pour principales composantes : âge < 80 ans, sans précarité financière, non isolé socialement (appartenance à une association, présence de loisirs), sans troubles neurocognitifs, sans incontinence urinaire, non sédentaire, bon état nutritionnel. Pour un vieillissement en bonne santé, la mise en œuvre des approches multiples dans les démarches préventives de rupture d'autonomie fonctionnelle chez la personne âgée devrait être envisagée par les cliniciens et les professionnels de la santé.

En l'absence d'une étude comparative sur une cohorte témoin (cohorte d'un autre pays, cohorte suivie sur une période plus longue, etc), il serait précocement de généraliser nos résultats. Les perspectives de ces travaux seraient d'effectuer une étude similaire sur une population suivie sur la même période ou plus dans le but de valider les prédicteurs des trajectoires et de confirmer les associations trouvées dans par notre cette recherche.

## **Résultats cliniques des trajectoires**

Notre deuxième travail a œuvré à l'étude des conséquences cliniques des trajectoires ainsi qu'à la comparaison de l'incidence cumulée des chutes sur une période de six mois entre ces trajectoires. Il s'est intéressé à l'association entre l'âge, le sexe, et certaines pathologies aux trajectoires. Les conséquences cliniques dont il s'agit sont la chute, les fractures et les hospitalisations pour chute. Selon les auteurs (Tinetti and Speechley, 1989b) (Howland et al., 1993) (Graafmans et al., 1996) la perte d'autonomie suite à une chute traumatique peut avoir pour cause la fracture et ou l'hospitalisation liées. Chez les personnes âgées de 65 ans et plus, les chutes représentent 80% des accidents de la vie courante et plus de 50% chez les plus de 85 ans. Il a été trouvé que dans 40% des cas, une chute compromettra l'autonomie future de la personne âgée. Une réduction des activités instrumentales de la vie quotidienne a été mise en évidence après une fracture du fémur (Archibald, 2003) (Magaziner et al., 2003).

Notre travail a confirmé que les taux d'incidence de la chute et ses conséquences sont plus élevés chez les personnes dépendantes. Environ un tiers de ces personnes ont eu une fracture suite à la chute et ont été hospitalisées contre seulement un cinquième chez les personnes autonomes. De plus, aucune hospitalisation n'a été entraînée chez les personnes autonomes ayant chuté. La chute et ses conséquences seraient donc plus importantes chez les personnes les plus dépendantes. Considérées comme une raison contributive de l'admission en hospitalisation, les chutes représentent un véritable enjeu de santé publique.



Ses conséquences présentent un impact grave sur la qualité de vie et l'état de santé des patients. La prévention devient donc un sujet important. Une solution serait d'enseigner des mesures préventives à un stade précoce, d'évaluer les risques de chute afin de réduire leur survenue.

## **Analyse de survie**

Notre troisième travail a concerné l'estimation du risque de décès de la population d'étude pour l'identification des facteurs de risque associés. De ce fait, l'alcool, l'insuffisance cardiaque, la perte de poids involontaire, et les troubles neurocognitifs sembleraient augmenter le risque de décès. D'après les travaux de Roche, l'insuffisance cardiaque a été identifiée comme l'une des complications les plus courantes conduisant à une mortalité accrue chez le sujet âgé (Roche et al., 2005). Identifiée comme pathologie chronique, l'insuffisance cardiaque est fréquente mais méconnue par le grand public. Elle est reconnue comme pathologie chronique majeure en France et représente un enjeu de santé publique. À ce jour, de nombreuses études de la littérature scientifique ont traité du sujet des troubles neurocognitifs de la personne âgée. Notre étude souligne des conclusions similaires à ces travaux. Bien que ce troisième travail soit effectué sur une population à faible taux de décès, les facteurs de risque de décès identifiés concordent avec d'autres travaux. Cependant, il serait souhaitable d'approfondir ces recherches sur de plus grands échantillons pour des fins de généralisation. Dans le contexte du bien vieillir, ces travaux mettent en avant la préconisation de bonnes habitudes de vie et si possible le traitement des pathologies identifiées.

## **Originalité**

L'originalité et l'intérêt de notre travail reposent sur le caractère innovant des trajectoires d'autonomie identifiées à l'aide de l'outil SMAF. Ce caractère innovant limite la comparaison de nos travaux avec la littérature scientifique. Malgré tout, nos résultats semblent confirmer les grandes lignes des facteurs prédictifs de la perte d'autonomie fonctionnelle décrites dans de précédents travaux de recherche. Notre recherche est particulière car elle a combiné plusieurs techniques de classification de données qui prennent en compte l'évolution en fonction du temps d'une variable latente continue dépendante. Les modèles employés ont permis d'intégrer la corrélation des données répétées sur le plan longitudinal et de décrire une trajectoire d'évolution associée à des variables explicatives. Ces techniques ont également permis de dresser une typologie de l'évolution du statut d'indépendance fonctionnelle de la population âgée.

## **Retombées potentielles**

Afin de cibler les stratégies de prévention de la rupture de l'autonomie des personnes âgées, l'identification préalable des patients plus à risque de détériorer leur autonomie fonctionnelle semble essentielle.

La connaissance des types d'évolution de l'autonomie fonctionnelle de la personne âgée, des facteurs socio environnementaux et biologiques impliqués dans la perte d'autonomie décrite, ouvre la voie dans l'élaboration d'une stratégie de prévention. D'une part, l'identification de ces déterminants représente un potentiel outil d'aide à la décision pour





l'orientation des choix de prévention et de promotion du bien vieillir. Même si le bien vieillir résulte des effets même du vieillissement. D'une autre part, la connaissance des facteurs prédictifs spécifiques permet de prévenir des pertes d'autonomie évitables au cours du vieillissement, de diminuer les hospitalisations ou les réhospitalisations non programmées, les institutionnalisations, de favoriser le maintien à domicile.



## Conclusion générale et implications

---

Les travaux effectués pendant cette thèse ont porté sur des recherches liées à l'analyse statistique de données médicales dans le but de mieux comprendre la personne âgée suivie à domicile, d'anticiper son parcours sur le long terme et d'adapter les moyens aux besoins. Sur la base de la cohorte de notre étude, nous concluons qu'en effet, l'intervention de l'UPSAV permet aux personnes autonomes de conserver leur autonomie sur une durée de deux ans, aux personnes modérément autonomes de garder une stabilité pendant 6 mois et aux sujets dépendants de ralentir la perte d'indépendance. Nous observons qu'à tous les niveaux, l'intervention de l'UPSAV devient utile même si le niveau d'utilité n'est pas le même. La prévention de la perte d'autonomie des personnes âgées implique l'implémentation d'une prise en charge précoce. L'analyse longitudinale sur 2 ans de suivi a permis d'identifier des groupes homogènes de sujets et de démontrer d'une part, qu'il y a un maintien des personnes dans une robustesse ou une autonomie fonctionnelle et d'autre part, une tentation de ralentir l'évolution de la perte d'autonomie. Il est important que les familles des sujets comprennent que l'intervention de l'UPSAV permettra aux personnes âgées de conserver leur autonomie voir de ralentir la perte dans le temps via des actions de prévention ciblées. Notre travail a permis de comprendre le comportement des patients en termes d'évolution de l'autonomie. L'ajustement des facteurs prédictifs de perte d'autonomie bien qu'étudiés dans de nombreuses recherches, permet de cibler des groupes de patients à risque de développer une nouvelle incapacité au cours de leur vieillissement et d'envisager des modes de prévention pour maintenir la stabilité chez les personnes ayant une trajectoire stable, de réduire l'incidence de la dépendance chez les sujets ayant déjà des incapacités, en organisant un plan de soins et de suivi adaptés. Tout au long de cette recherche, nous avons constaté que le déclin cognitif présente un impact négatif non seulement sur son parcours d'autonomie fonctionnelle de la personne âgée, mais aussi sur sa survie. Notre étude pourrait servir aux cliniciens et autres professionnels de la santé pour l'évaluation des risques de chute, ainsi que leur réduction et les blessures qui en résultent chez le patient âgé. Notre étude souligne aussi l'importance de la réduction de la polymédication, de la prévention des pathologies chroniques telles que l'insuffisance cardiaque, des facteurs de risque cardiovasculaires, des problèmes neurocognitifs ainsi que la perte de poids involontaire. De futurs travaux de recherche cliniques plus approfondis sur ces facteurs devraient être réalisés. Les mesures de prise en charge et d'aides à la personne âgée devraient être encouragées afin de prévenir la rupture d'autonomie. La prise en compte de l'ensemble des critères de l'EKG par les cliniciens et professionnels de santé devrait figurer dans le parcours de soins de la personne âgée pour une prévention optimale.



## Références bibliographiques

---

1. Abdi, H., Williams, L.J., 2010. Tukey's honestly significant difference (HSD) test. *Encycl. Res. Des.* Thousand Oaks CA Sage 1–5.
2. Afsa, C., 2016. *Méthodologie statistique M 2016/01. Le modèle Logit. Théorie et application.*
3. Aguilova, L., Sauzeon, H., Balland, É., Consel, C., N'Kaoua, B., 2014. AGGIR scale: a contribution to specifying the needs of disabled elders. *Rev. Neurol. (Paris)* 170, 216–221.
4. Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Autom. Control* 19, 716–723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
5. Akaike, Hirotugu, 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Autom. Control* 19, 716–723.
6. Akirov, A., Masri-Iraqi, H., Atamna, A., Shimon, I., 2017. Low albumin levels are associated with mortality risk in hospitalized patients. *Am. J. Med.* 130, 1465–e11.
7. Alberti, C., Timsit, J.-F., Chevret, S., 2005. Analyse de survie: comment gérer les données censurées?: Méthode de Kaplan-Meier. *Rev. Mal. Respir.* 22, 333–337.
8. Alexander, B.H., Rivara, F.P., Wolf, M.E., 1992. The cost and frequency of hospitalization for fall-related injuries in older adults. *Am. J. Public Health* 82, 1020–1023.
9. Allen, T., 2004. Preventing falls in older people: evaluating a peer education approach. *Br. J. Community Nurs.* 9, 195–200.
10. Almirall, J., Fortin, M., 2013. The coexistence of terms to describe the presence of multiple concurrent diseases. *J. Comorbidity* 3, 4–9.
11. Amaral, T.F., Matos, L.C., Teixeira, M.A., Tavares, M.M., Álvares, L., Antunes, A., 2010. Undernutrition and associated factors among hospitalized patients. *Clin. Nutr.* 29, 580–585.
12. Andruff, H., Carraro, N., Thompson, A., Gaudreau, P., Louvet, B., 2009. Latent class growth modelling: a tutorial. *Tutor. Quant. Methods Psychol.* 5, 11–24.
13. Ankri, J., 2002. Le risque iatrogène médicamenteux chez le sujet âgé. *Gérontologie Société* 25, 93–106.
14. Aouba, A., Eb, M., Rey, G., Pavillon, G., Jouglu, É., 2011. Données sur la mortalité en France: principales causes de décès en 2008 et évolutions depuis 2000. *Transport* 1, Y85.
15. Archibald, G., 2003. Patients' experiences of hip fracture. *J. Adv. Nurs.* 44, 385–392.
16. Armand-Branger, S., Rhalimi, M., Mangerel, K., 2011. Le vieillissement de la population française et ses conséquences. *J. Pharm. Clin.* 30, 159–166. <https://doi.org/10.1684/jpc.2011.0183>
17. Arminger, G., Clogg, C.C., Sobel, M.E., 2013. *Handbook of Statistical Modeling for the Social and Behavioral Sciences.* Springer Science & Business Media.
18. Assous, L., Mahieu, R., 2001. Le rôle de l'assurance privée dans la prise en charge de la dépendance : une mise en perspective internationale. *DREES.*
19. Attias-Donfut, C., Ogg, J., Wolff, F.-C., 2005. European patterns of intergenerational financial and time transfers. *Eur. J. Ageing* 2, 161–173.
20. Auvinet, B., Berrut, G., Touzard, C., Moutel, L., Collet, N., Chaleil, D., Barrey, E., 2002. Chute de la personne âgée: de la nécessité d'un travail en réseau. *Rev Med Mal.* 33, 183–191.
21. Bae, J.B., Han, J.W., Kwak, K.P., Kim, B.J., Kim, S.G., Kim, J.L., Kim, T.H., Ryu, S.-H., Moon, S.W., Park, J.H., 2018. Impact of mild cognitive impairment on mortality and cause of death in the elderly. *J. Alzheimers Dis.* 1–10.
22. Balard, F., Somme, D., 2011. Le refus d'aide et de soin des personnes âgées en situation complexe. *Nouv. Prat. Soc.* 24, 85–100.



23. Barbary, O., 1996. Seminario de capacitacion e investigacion: recoleccion y analisis de datos longitudinales.
24. Barbary, O., Pinzon Sarmiento, L.M., 1998. L'analyse harmonique qualitative et son application à la typologie des trajectoires individuelles. *Mathématiques Sci. Hum.* 144, 29–54.
25. Bassuk, S.S., Wypij, D., Berkman, L.F., 2000. Cognitive impairment and mortality in the community-dwelling elderly. *Am. J. Epidemiol.* 151, 676–688.
26. Batsis, J. A., & Zagaria, A. B. (2018). Addressing obesity in aging patients. *Medical Clinics*, 102(1), 65-85.
27. Baudry, J.-P., 2009. Sélection de modèle pour la classification non supervisée. Choix du nombre de classes. (PhD Thesis). Université Paris Sud-Paris XI.
28. Baumgartner, R.N., Koehler, K.M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S.B., Ross, R.R., Garry, P.J., Lindeman, R.D., 1998. Epidemiology of Sarcopenia among the Elderly in New Mexico. *Am. J. Epidemiol.* 147, 755–763. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009520>
29. Bayer-Oglesby, F.H.L., Zumbunn, A., 2011. La dépendance des personnes âgées et les soins de longue durée. Observatoire suisse de la santé, Zurich.
30. Beaulieu, M.-B., Holstensson, L., Rioufol, M.O., 2010. Chapitre 1 - La vieillesse et le vieillissement, in: Beaulieu, M.-B., Holstensson, L., Rioufol, M.O. (Eds.), *L'aide-Soignant En Service De Gériatrie*. Elsevier Masson, Paris, pp. 3–10. <https://doi.org/10.1016/B978-2-294-71232-6.50001-6>
31. Belmin, J., Chassagne, P., Friocourt, P., Gonthier, R., Jeandel, C., Nourhashemi, F., Pfitzenmeyer, P., 2016. *Gériatrie: pour le Praticien*. Elsevier Health Sciences.
32. Benaim, C., Froger, J., Compan, B., Pélissier, J., 2005. Évaluation de l'autonomie de la personne âgée, in: *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*. Elsevier, pp. 336–340.
33. Berchtold, A., n.d. Données longitudinales et modèles de survie - 4. Le modèle de Cox 111.
34. Berthouze-Aranda, S.E., Reynes, E., 2011. La sédentarité: un processus physiopsychologique et un facteur de risque pour la santé pour tous. *Sci. Sports* 26, 191–196.
35. Bharathi, R., Baby, D., 1999. Rockwood K, Stadnyk K, MacKnight C, McDowell I, Hebert R, Hogan DB (1999). A brief clinical instrument to classify frailty in elderly people. *Lancet* 353: 205–206. Rolfson DB, Majumdar SR, Tsuyuki RT, Tahir A, Rockwood K (2006). Validity and reliability of the Edmonton Frail Scale. *Age and Ageing*. Q. J. Devoted Res. Ageing 123, 22.
36. Biernacki, C., 2009. Pourquoi les modèles de mélange pour la classification. *Rev. Modul.* 40, 1–22.
37. Biernacki, C., Celeux, G., Govaert, G., 2000. Assessing a mixture model for clustering with the integrated completed likelihood. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 22, 719–725.
38. Bjerrum, L., Søgaard, J., Hallas, J., Kragstrup, J., 1999. Polypharmacy in general practice: differences between practitioners. *Br J Gen Pr.* 49, 195–198.
39. Blain, H., Bloch, F., Borel, L., Dargent-Molina, P., Gauvain, J.B., Hewson, D., Orève, M.-J., Kemoun, G., Mourey, F., Puisieux, F., 2015. *Activité physique et prévention des chutes chez les personnes âgées (PhD Thesis)*. Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM).
40. Blain, H., Jeandel, C., 2003. Vieillesse normale: Aspects biologiques, fonctionnels et relationnels. Données épidémiologiques et sociologiques. *Prévention du vieillissement pathologique*. *Rev. Prat.* 53, 97–106.
41. Blanchet, S., McCormick, L., Belleville, S., Gély-Nargeot, M.C., Joannette, Y., 2002. Les troubles cognitifs légers de la personne âgée: revue critique. *Rev Neurol Paris* 158, 29–39.
42. Bland, J.M., Altman, D.G., 2004. The logrank test. *Bmj* 328, 1073.
43. Blanpain, N., Chardon, O., 2010. Projections de population à l'horizon 2060. Un tiers de la population âgé de plus de 60 ans. *Insee Prem.* 1320, 4.



44. Boirie, Y., Patureau Mirand, P., 2007. Le vieillissement, in: Cano, N., Barnoud, D., Schneider, S.M., Vasson, M.-P., Hasselmann, M., Leverve, X. (Eds.), *Traité de nutrition artificielle de l'adulte*. Springer Paris, Paris, pp. 481–497. [https://doi.org/10.1007/978-2-287-33475-7\\_36](https://doi.org/10.1007/978-2-287-33475-7_36)
45. Bonnet, C., 2004. Le modèle logit multinomial à coefficients aléatoires. *Rech. Appl. En Mark.* 19, 61–72.
46. Bouilly, C., Piccoli, M., Cristancho-Lacroix, V., 2016. 14 - Dépendance: Autonomie et dépendance : évaluation et prévention, in: Trivalle, C. (Ed.), *Gérontologie Préventive (Troisième Édition)*. Elsevier Masson, Paris, pp. 206–227. <https://doi.org/10.1016/B978-2-294-74614-7.00014-3>
47. Bourdessol, H., Pin, S., 2005. Référentiel de bonnes pratiques: prévention des chutes chez les personnes âgées à domicile. *St.-Denis Inpes*.
48. Boyd, C.M., Landefeld, C.S., Counsell, S.R., Palmer, R.M., Fortinsky, R.H., Kresevic, D., Burant, C., Covinsky, K.E., 2008. Recovery of activities of daily living in older adults after hospitalization for acute medical illness. *J. Am. Geriatr. Soc.* 56, 2171–2179.
49. Boyer, S., 2018. Contribution à l'étude du rôle de l'hyponatrémie légère et chronique dans la survenue de la chute grave du sujet âgé fragile admis en unité de Médecine d'Urgence de la Personne Agée (MUPA) (PhD Thesis). Limoges.
50. Bravo-José, P., Moreno, E., Espert, M., Romeu, M., Martínez, P., Navarro, C., 2018. Prevalence of sarcopenia and associated factors in institutionalised older adult patients. *Clin. Nutr. ESPEN* 27, 113–119.
51. Bressé, S., Dutheil, N., 2004. L'évolution sur deux ans de l'aide dispensée aux personnes âgées de 60 ans et plus. *Drees Études Résultats*.
52. Briançon, S., Guérin, G., Sandrin-Berthon, B., 2010. Les maladies chroniques. *Doc Fr Adsp* 72, 11–53.
53. Brunel, M., Carrère, A., 2017. Incapacités et perte d'autonomie des personnes âgées en France: une évolution favorable entre 2007 et 2014. Premiers résultats de l'enquête Vie quotidienne et santé 2014.
54. Buchner, D.M., Larson, E.B., 1987. Falls and fractures in patients with Alzheimer-type dementia. *Jama* 257, 1492–1495.
55. Burton, C.L., Strauss, E., Hultsch, D.F., Hunter, M.A., 2006. Cognitive functioning and everyday problem solving in older adults. *Clin. Neuropsychol.* 20, 432–452.
56. Butrous, H., Hummel, S.L., 2016. Heart failure in older adults. *Can. J. Cardiol.* 32, 1140–1147.
57. Buurman, B.M., Han, L., Murphy, T.E., Gahbauer, E.A., Leo-Summers, L., Allore, H.G., Gill, T.M., 2016. Trajectories of Disability Among Older Persons Before and After a Hospitalization Leading to a Skilled Nursing Facility Admission. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 17, 225–231. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2015.10.010>
58. Cahn-Weiner, D.A., Farias, S.T., Julian, L., Harvey, D.J., Kramer, J.H., Reed, B.R., Mungas, D., Wetzel, M., Chui, H., 2007. Cognitive and neuroimaging predictors of instrumental activities of daily living. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 13, 747–757. <https://doi.org/10.1017/S1355617707070853>
59. Calinski, T., Harabasz, J., 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Commun. Stat. - Theory Methods* 3, 1–27. <https://doi.org/10.1080/03610927408827101>
60. Calot, G., Sardon, J.-P., 1999. Les facteurs du vieillissement démographique. *Popul. Fr. Ed.* 54, 509. <https://doi.org/10.2307/1534988>
61. Cam, L.M.L., Neyman, J., 1967. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability: Biology and problems of health*. University of California Press.
62. Cambois, E., Lièvre, A., 2004. Risques de perte d'autonomie et chances de récupération chez les personnes âgées de 55 ans ou plus: une évaluation à partir de l'enquête Handicaps, incapacités, dépendance. *Etudes Résultats*.



63. Campbell, S.E., Seymour, D.G., Primrose, W.R., 2004. A systematic literature review of factors affecting outcome in older medical patients admitted to hospital. *Age Ageing* 33, 110–115.
64. Campo, M., Louvet, B., Dosseville, F., Ferrand, C., Hagger, M., Martinent, G., Nicolas, M., Réguer, D., Sanchez, X., 2015. Promotion de l'activité physique chez les seniors. *Revue systématique des programmes d'intervention centrés sur les barrières affectives. Staps* 115–127.
65. Carrière, I., 2005. Comparaisons des méthodes d'analyse des données binaires ou ordinales corrélées. Application à l'étude longitudinale de l'incapacité des personnes âgées (PhD Thesis). Université Paris Sud-Paris XI.
66. Celeux, G., Govaert, G., 1992. A classification EM algorithm for clustering and two stochastic versions. *Comput. Stat. Data Anal.* 14, 315–332.
67. Champoux, N., 2005. Les secrets révélés du vieillissement réussi. *Médecin Qué.* 40, 77–81.
68. Christozova, V., Kalmykova, O., Bruckert, É., 2002. Prise en charge des dyslipidémies du sujet âgé VI.
69. Collège des Enseignants de Neurologie, 2016. Confusion, démences — Troubles cognitifs du sujet âgé — État confusionnel et trouble de la conscience chez l'adulte et chez l'enfant.
70. Corpus de Gériatrie, 2000a. Corpus de gériatrie- Chapitre 1 Le vieillissement humain.
71. Corpus de Gériatrie, 2000b. Corpus de gériatrie - Chapitre 8 Autonomie et dépendance.
72. Coutton, V., 2001. Évaluer la dépendance à l'aide de groupes iso-ressources (GIR): une tentative en France avec la grille aggr. *Gerontol. Soc.* 24 / n° 99, 111–129.
73. Covelet, R., 2007. Prendre enfin conscience des enjeux des déficits sensoriels des personnes âgées. *Gérontologie Société* 30, 249–262.
74. Covinsky, K.E., Palmer, R.M., Counsell, S.R., Pine, Z.M., Walter, L.C., Chren, M.-M., 2000. Functional status before hospitalization in acutely ill older adults: validity and clinical importance of retrospective reports. *J. Am. Geriatr. Soc.* 48, 164–169.
75. Cowppli-Bony, P., Fabrigoule, C., Letenneur, L., Ritchie, K., Alperovitch, A., Dartigues, J.F., Dubois, B., 2005. Validity of the five-word screening test for Alzheimer's disease in a population based study. *Rev. Neurol. (Paris)* 161, 1205–1212.
76. Cox, D.R., 1975. Partial likelihood. *Biometrika* 62, 269–276.
77. Cox, D.R., 1972. Regression models and life-tables. *J. R. Stat. Soc. Ser. B Methodol.* 34, 187–202.
78. Croft, J.B., Giles, W.H., Pollard, R.A., Keenan, N.L., Casper, M.L., Anda, R.F., 1999. Heart failure survival among older adults in the United States: a poor prognosis for an emerging epidemic in the Medicare population. *Arch. Intern. Med.* 159, 505–510.
79. Davin, B., Joutard, X., Moatti, J.-P., Paraponaris, A., Verger, P., 2006. Besoins et insuffisance d'aide humaine aux personnes âgées à domicile: une approche à partir de l'enquête « Handicaps, incapacités, dépendance » 1. *Sci. Soc. Sante Vol.* 24, 59–93.
80. de Jaeger, C., Cherin, P., 2011. Les théories du vieillissement. *Médecine Longévité* 3, 155–174. <https://doi.org/10.1016/j.mlong.2011.10.001>
81. de la Santé, O.M., 2016. Rapport mondial sur le vieillissement et la santé. *Bibl. L'OMS* 49–51.
82. Dennis, J.E., Mei, H.H.W., 1979. Two new unconstrained optimization algorithms which use function and gradient values. *J. Optim. Theory Appl.* 28, 453–482. <https://doi.org/10.1007/BF00932218>
83. Dennis Jr, J.E., Gay, D.M., Walsh, R.E., 1981. An adaptive nonlinear least-squares algorithm. *ACM Trans. Math. Softw. TOMS* 7, 348–368.
84. Donzé, L., 2001. L'imputation des données manquantes, la technique de l'imputation multiple, les conséquences sur l'analyse des données: l'enquête 1999 KOF/ETHZ sur l'innovation.



85. dos Santos, L., Cyrino, E.S., Antunes, M., Santos, D.A., Sardinha, L.B., 2017. Sarcopenia and physical independence in older adults: the independent and synergic role of muscle mass and muscle function. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle* 8, 245–250.
86. Dramé, M., Dia, P.A.J., Jolly, D., Lang, P.-O., Mahmoudi, R., Schwebel, G., Kack, M., Debart, A., Courtaigne, B., Lanièce, I., 2009. Facteurs prédictifs de mortalité à long terme chez des patients âgés de 75 ans ou plus hospitalisés en urgence: la cohorte SAFES. *Presse Médicale* 38, 1068–1075.
87. Dress, 2016. L'ALLOCATION PERSONNALISÉE D'AUTONOMIE REPÈRES ET CHIFFRES CLÉS.
88. Dubuc, Hébert, N., R.,, 1999. Système de classification basé sur le profil d'autonomie fonctionnelle, dans *Autonomie et vieillissement*. IDISEM: St-Hyacinthe. p. 255 - 272.
89. Dubuc, N., Hébert, R., Desrosiers, J., Buteau, M., Trottier, L., 1999. Système de classification basé sur le profil d'autonomie fonctionnelle. *Auton. Vieil. St-Hyacinthe Edisem* 255–72.
90. Duée, M., Rebillard, C., Pennec, S., 2005. Les personnes dépendantes en France : Evolution et prise en charge.
91. Edjolo, A., 2014. L'épidémiologie de la dépendance du sujet âgé. Histoire naturelle, tendances évolutives et déterminants (PhD Thesis). Bordeaux.
92. El Faouzi, N.-E., Maurin, M., 2006. Sur la loi de la somme de variables log-normales : application à la fiabilité des temps de parcours routiers. *Artic. Rech. INRETS*.
93. El Sanharawi, M., Naudet, F., 2013. Comprendre la régression logistique. *J. Fr. Ophtalmol.* 36, 710–715.
94. Ennuyer, B., 2011. À quel âge est-on vieux? *Gérontologie Société* 34, 127–142.
95. *Essentiel Autonomie*, 2014.
96. Fagot-Campagna, A., Romon, I., Fosse, S., Roudier, C., 2010. Prévalence et incidence du diabète, et mortalité liée au diabète en France. *Synthèse Épidémiologique St.-Maurice InVS*.
97. Fan, J., 2013. Trajectories of Emotional Symptoms Among Survivors After Severe Traumatic Brain Injury (PhD Thesis). University of Pittsburgh.
98. Fanello, S., Foucault, S., Delbos, V., Jousset, N., 2000. Évaluation de l'état nutritionnel de la personne âgée hospitalisée. *Santé Publique* 12, 83–90.
99. Ferchichi, S., Antoine, V., 2004. Le bon usage des médicaments chez la personne âgée. *Rev. Médecine Interne* 25, 582–590. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2004.02.027>
100. Ferry, M., 2010. Nutrition, vieillissement et santé. *Gerontol. Soc.* 33 / n° 134, 123–132.
101. Filiatrault, J., Parisien, M., Laforest, S., Genest, C., Gauvin, L., Fournier, M., Trickey, F., Robitaille, Y., 2007. Implementing a community-based falls-prevention program: From drawing board to reality. *Can. J. Aging Rev. Can. Vieil.* 26, 213–225.
102. Fisher, R.A., 1922. On the mathematical foundations of theoretical statistics. *Phil Trans R Soc Lond A* 222, 309–368. <https://doi.org/10.1098/rsta.1922.0009>
103. Frazier, S.C., 2005. Health outcomes and polypharmacy in elderly individuals. *J. Gerontol. Nurs.* 31, 4–9.
104. Fried, L.P., Tangen, C.M., Walston, J., Newman, A.B., Hirsch, C., Gottdiener, J., Seeman, T., Tracy, R., Kop, W.J., Burke, G., McBurnie, M.A., 2001. Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 56, M146–M157. <https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.M146>
105. Fries, B.E., 1990. Comparing case-mix systems for nursing home payment. *Health Care Financ. Rev.* 11, 103.
106. Gamage, J., Weerahandi, S., 1998. Size performance of some tests in one-way ANOVA. *Commun. Stat.-Simul. Comput.* 27, 625–640.
107. Genier, P., 1998. Aides aux personnes âgées dépendantes : la famille intervient plus que les professionnels. *Econ. Stat.* 316, 21–43. <https://doi.org/10.3406/estat.1998.2646>



108. Genolini, C., Falissard, B., 2011. Kml: A package to cluster longitudinal data. *Comput. Methods Programs Biomed.* 104, e112–e121. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2011.05.008>
109. Genolini, C., Falissard, B., 2010. Kml: k-means for longitudinal data. *Comput. Stat.* 25, 317–328. <https://doi.org/10.1007/s00180-009-0178-4>
110. Genolini, C., Pingault, J.B., Driss, T., Côté, S., Tremblay, R.E., Vitaro, F., Arnaud, C., Falissard, B., 2013a. Kml3D: A non-parametric algorithm for clustering joint trajectories. *Comput. Methods Programs Biomed.* 109, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2012.08.016>
111. Genolini, C., Pingault, J.-B., Falissard, B., 2013b. Kml3D: K-means pour données longitudinales jointes. UMR 1027, INSERM, Université Paul Sabatier, Toulouse III, France 2. CeRSM (EA 2931), UFR STAPS, Université de Paris Ouest-Nanterre-La Défense, France 3. Research Unit on Children's Psychosocial Maladjustment, University of Montreal and. Jeudi 27 Juin 2013-Programme 16.
112. Gentric, A., Duquesne, F., Graziana, A., Dugest, F., Sivy, H., Garo, B., Boles, J.M., 1996. L'accueil gerontologique medicosocial aux urgences: une alternative a l'hospitalisation des personnes gees en medecine? *Rev. Médecine Interne* 385s.
113. Ghisolfi, A., 2015. Obésité du sujet âgé Faut-il rechercher une perte de poids chez le senior?
114. Gill, T.M., Gahbauer, E.A., Lin, H., Han, L., Allore, H.G., 2013. Comparisons between older men and women in the trajectory and burden of disability over the course of nearly 14 years. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* 14, 280–286.
115. Glosser, G., Gallo, J., Duda, N., de Vries, J.J., Clark, C.M., Grossman, M., 2002. Visual perceptual functions predict instrumental activities of daily living in patients with dementia. *Cogn. Behav. Neurol.* 15, 198–206.
116. Gonthier, R., 2014. Epidemiology, morbidity, mortality, cost to society and the individual, and main causes for falls. *Bull. Acad. Natl. Med.* 198, 1025–1039.
117. Graafmans, W.C., Ooms, M.E., Hofstee, H.M.A., Bezemer, P.D., Bouter, L.M., Lips, P., 1996. Falls in the elderly: a prospective study of risk factors and risk profiles. *Am. J. Epidemiol.* 143, 1129–1136.
118. Graf, C., 2008. The Lawton Instrumental Activities of Daily Living Scale: *AJN Am. J. Nurs.* 108, 52–62. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000314810.46029.74>
119. Grigsby, J., Kaye, K., Baxter, J., Shetterly, S.M., Hamman, R.F., 1998. Executive Cognitive Abilities and Functional Status Among Community-Dwelling Older Persons in the San Luis Valley Health and Aging Study. *J. Am. Geriatr. Soc.* 46, 590–596. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1998.tb01075.x>
120. Gryfe, C.I., Amies, A., Ashley, M.J., 1977. A longitudinal study of falls in an elderly population: I. Incidence and morbidity. *Age Ageing* 6, 201–210.
121. Guigoz, Y., Vellas, B., Garry, P.J., 1996. Assessing the nutritional status of the elderly: The Mini Nutritional Assessment as part of the geriatric evaluation. *Nutr. Rev.* 54, S59–S65.
122. Hacıhasanoğlu, R., Yildirim, A., Karakurt, P., 2012. Loneliness in elderly individuals, level of dependence in activities of daily living (ADL) and influential factors. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 54, 61–66.
123. Hall, S.E., Criddle, R.A., Comito, T.L., Prince, R.L., 1999. A case–control study of quality of life and functional impairment in women with long–standing vertebral osteoporotic fracture. *Osteoporos. Int.* 9, 508–515.
124. Harboun, M., 2007. Épidémiologie des comorbidités chez les personnes âgées. *NPG Neurol. - Psychiatr. - Gériatrie* 7, 11–13. [https://doi.org/10.1016/S1627-4830\(07\)89954-5](https://doi.org/10.1016/S1627-4830(07)89954-5)
125. Hartholt, K.A., van der Velde, N., Looman, C.W., van Lieshout, E.M., Panneman, M.J., Van Beeck, E.F., Patka, P., van der Cammen, T.J., 2010. Trends in fall-related hospital admissions in older persons in the Netherlands. *Arch. Intern. Med.* 170, 905–911.





126. HAS, 2015. Note méthodologique et de synthèse documentaire Prendre en charge une personne âgée polyathologique en soins primaires.
127. HAS, 2014. Comment prendre en charge les personnes âgées fragiles en ambulatoire. *Revue de Gériatrie* 83–90.
128. HAS, 2007. Nutritional support strategy for protein-energy malnutrition in the elderly.
129. HAS, 2015, n.d. HAUTE AUTORITE DE SANTE (HAS) Note méthodologique et de synthèse documentaire : Coordination des parcours, Comment organiser l'appui aux professionnels de soins primaires ?
130. HAS, H.A., 2005. Prévention des chutes accidentelles chez la personne âgée. *Recomm. Nov.*
131. Hauer, K., Lamb, S.E., Jorstad, E.C., Todd, C., Becker, C., 2006. Systematic review of definitions and methods of measuring falls in randomised controlled fall prevention trials. *Age Ageing* 35, 5–10.
132. Haviland, A.M., Jones, B.L., Nagin, D.S., 2011. Group-based Trajectory Modeling Extended to Account for Nonrandom Participant Attrition. *Sociol. Methods Res.* 40, 367–390. <https://doi.org/10.1177/0049124111400041>
133. HCFEA, 2017. La prise en charge des aides et son incidence sur la qualité de vie des personnes âgées et de leurs proches aidants.
134. Hébert, R., 1982. L'évaluation de l'autonomie fonctionnelle des personnes, âgées. *Can. Fam. Physician* 28, 754–762.
135. Hébert, R., Carrier, R., Bilodeau, A., 1988. THE FUNCTIONAL AUTONOMY MEASUREMENT SYSTEM (SMAF): DESCRIPTION AND VALIDATION OF AN INSTRUMENT FOR THE MEASUREMENT OF HANDICAPS. *Age Ageing* 17, 293–302. <https://doi.org/10.1093/ageing/17.5.293>
136. Hébert, R., Carrier, R., Bilodeau, A., 1988. Le système de mesure de l'autonomie fonctionnelle (SMAF). *Rev. Gériatrie* 13, 161–167.
137. Hernández Morin, K., 2009. Pratiques et perceptions de la révision en France. *Traduire Rev. Fr. Trad.* 58–78. <https://doi.org/10.4000/traduire.368>
138. Herr, M., Sirven, N., Grondin, H., 2018. Fragilité des personnes âgées et consommation de médicaments : polymédication et prescriptions inappropriées.
139. Hosmer, D., W., Lemeshow, S., 2000. *Applied Logistic Regression*, Second Edition, Wiley.
140. Howland, J., Peterson, E.W., Levin, W.C., Fried, L., Pordon, D., Bak, S., 1993. Fear of falling among the community-dwelling elderly. *J. Aging Health* 5, 229–243.
141. Hudon, C., Macoir, J., n.d. Fiche descriptive de test.
142. HUGONOT-DIENER, L., 2007. Le mini mental status examination ou MMSE version consensuelle GRECO\copyright. *Rev. Gériatrie* 32, 225–229.
143. Hurlin, C., 2003. *Économétrie des Variables Qualitatives: Polycopié de Cours*. Université d'Orléans.
144. Inpes, 2005. Prévention des chutes chez les personnes âgées à domicile: référentiel de bonnes pratiques. Institut national de prévention et d'éducation pour la santé, Saint-Denis.
145. Insee, 2019. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1893198>.
146. Insee, 2018. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3561034>.
147. Insee, 2017. Omphale 2017, scénario central.
148. Insee, 2016. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1906664?sommaire=1906743>.
149. Insee, 2015. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1285739>.
150. INSEE, 2006. INSEE Limousin Les jeune en Limousin.



151. Insee, 2005. INSEE Limousin La population âgée en Limousin.
152. Jacqmin-Gadda, H., Thiébaud, R., Dartigues, J.-F., 2004. Modélisation conjointe de données longitudinales quantitatives et de délais censurés: Joint modeling of quantitative longitudinal data and censored survival time. *Rev. Dépidémiologie Santé Publique* 52, 502–510.
153. Jarrett, P.G., Rockwood, K., Carver, D., Stolee, P., Cosway, S., 1995. Illness presentation in elderly patients. *Arch. Intern. Med.* 155, 1060–1064.
154. Jefferson, A.L., Cahn-Weiner, D., Boyle, P., Paul, R.H., Moser, D.J., Gordon, N., Cohen, R.A., 2006a. Cognitive predictors of functional decline in vascular dementia. *Int. J. Geriatr. Psychiatry* 21, 752–754. <https://doi.org/10.1002/gps.1556>
155. Jefferson, A.L., Paul, R.H., Ozonoff, A.L., Cohen, R.A., 2006b. Evaluating elements of executive functioning as predictors of instrumental activities of daily living (IADLs). *Arch. Clin. Neuropsychol.* 21, 311–320.
156. JONES, B.L., NAGIN, D.S., ROEDER, K., 2001. A SAS Procedure Based on Mixture Models for Estimating Developmental Trajectories. *Sociol. Methods Res.* 29, 374–393. <https://doi.org/10.1177/0049124101029003005>
157. Jones, B.L., Nagin, D.S., Roeder, K., 2001a. A SAS procedure based on mixture models for estimating developmental trajectories. *Sociol. Methods Res.* 29, 374–393.
158. Jones, B.L., Nagin, D.S., Roeder, K., 2001b. A SAS procedure based on mixture models for estimating developmental trajectories. *Sociol. Methods Res.* 29, 374–393.
159. Jonkman, N.H., Del Panta, V., Hoekstra, T., Colpo, M., van Schoor, N.M., Bandinelli, S., Cattalani, L., Helbostad, J.L., Vereijken, B., Pijnappels, M., 2018. Predicting trajectories of functional decline in 60-to 70-year-old people. *Gerontology* 64, 212–221.
160. Jörgensen, T., Johansson, S., Kennerfalk, A., Wallander, M.-A., Svärdsudd, K., 2001. Prescription drug use, diagnoses, and healthcare utilization among the elderly. *Ann. Pharmacother.* 35, 1004–1009.
161. Kaplan, E.L., Meier, P., 1958. Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. *J. Am. Stat. Assoc.* 53, 457–481. <https://doi.org/10.1080/01621459.1958.10501452>
162. Katz, S., Akpom, C.A., 1976. A measure of primary sociobiological functions. *Int. J. Health Serv. Plan. Adm. Eval.* 6, 493–508. <https://doi.org/10.2190/UURL-2RYU-WRYD-EY3K>
163. Katz, S., Downs, T.D., Cash, H.R., Grotz, R.C., 1970. Progress in Development of the Index of ADL. *The Gerontologist* 10, 20–30. [https://doi.org/10.1093/geront/10.1\\_Part\\_1.20](https://doi.org/10.1093/geront/10.1_Part_1.20)
164. Kaufman, L., Rousseeuw, P.J., 2009. *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis.* John Wiley & Sons.
165. Kelman, H.R., Thomas, C., Kennedy, G.J., Cheng, J., 1994. Cognitive impairment and mortality in older community residents. *Am. J. Public Health* 84, 1255–1260.
166. Kiosses, D.N., Alexopoulos, G.S., 2005. IADL functions, cognitive deficits, and severity of depression: a preliminary study. *Am. J. Geriatr. Psychiatry* 13, 244–249.
167. Kuha, J., 2004. AIC and BIC: Comparisons of assumptions and performance. *Sociol. Methods Res.* 33, 188–229.
168. Kuo, H.-T., Lin, K.-C., Lan, C.-F., Li, I.-C., 2017. Activities of daily living trajectories among institutionalised older adults: A prospective study. *J. Clin. Nurs.* 26, 4756–4767.
169. Kwon, J.Y., 2014. *Group Based Trajectories Of Blood Pressure Components From Adulthood To Elderly In Chinese Workers.*
170. Lamy, L., 1993. *L'autonomie fonctionnelle et la santé perçue comme prédicteurs de l'autonomie psychologique chez les personnes âgées (PhD Thesis).* Université du Québec à Trois-Rivières.
171. Landrot, M.D.R., Perrot, C., Blanc, P., Beauchet, O., Blanchon, M.A., Gonthier, R., 2007. La prise en charge de la peur de tomber apporte-t-elle un bénéfice au patient âgé



- chuteur vivant en milieu communautaire? À propos d'une étude pilote de 15 cas. *Psychol. Neuropsychiatr. Vieil.* 5, 225–234.
172. Lanièce, I., Couturier, P., Dramé, M., Gavazzi, G., Lehman, S., Jolly, D., Voisin, T., Lang, P.O., Jovenin, N., Gauvain, J.B., 2008. Incidence and main factors associated with early unplanned hospital readmission among French medical inpatients aged 75 and over admitted through emergency units. *Age Ageing* 37, 416–422.
  173. Laporte, S., 2005. Comment lire une courbe de survie? *Médecine Thérapeutique* 11, 419–423.
  174. Larose, D.T., Vallaud, T., 2012. Exploration de données: méthodes et modèles du data mining. Vuibert.
  175. Lawton, M.P., Brody, E.M., 1969. Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *The gerontologist* 9, 179–186.
  176. Le Deun, P., Gentric, A., 2007. Vieillissement réussi. *Médecine Thérapeutique* 13, 3–16.
  177. Le Pape, A., Sermet, C., 1996. La polypathologie des personnes âgées quelle prise en charge à domicile? Présenté À Congrès «Soigner À Domic. Paris.
  178. Lecroat, A., 2013. Projection des populations âgées dépendantes. Ministère Aff. Soc. DRESS Doss. Solidar. Santé 43.
  179. Lee, E.T., Wang, J., 2003. *Statistical methods for survival data analysis*. John Wiley & Sons.
  180. Legrain, S., 2005. Consommation médicamenteuse chez le sujet âgé. *Consomm. Prescr. Iatrogénie Obs.*
  181. Lesourd, B., Ziegler, F., Aussel, C., 2001. La nutrition des personnes âgées : place et pièges du bilan biologique. *Ann. Biol. Clin. (Paris)* 59, 445–52.
  182. Little, R.J., Rubin, D.B., 2014. *Statistical analysis with missing data*. John Wiley & Sons.
  183. Little, R.J.A., 1988. A Test of Missing Completely at Random for Multivariate Data with Missing Values. *J. Am. Stat. Assoc.* 83, 1198–1202. <https://doi.org/10.1080/01621459.1988.10478722>
  184. Lucht, U., 1971. A prospective study of accidental falls and resulting injuries in the home among elderly people. *Acta Socio-Med Scand* 3, 105–20.
  185. Magaziner, J., Fredman, L., Hawkes, W., Hebel, J.R., Zimmerman, S., Orwig, D.L., Wehren, L., 2003. Changes in functional status attributable to hip fracture: a comparison of hip fracture patients to community-dwelling aged. *Am. J. Epidemiol.* 157, 1023–1031.
  186. Mancini, J., Robitail, S., 2009. COURS 7: ETUDES DE SURVIE – ETUDES PRONOSTIQUES & LECTURE CRITIQUE 11.
  187. Mariani, E., Monastero, R., Ercolani, S., Rinaldi, P., Mangialasche, F., Costanzi, E., Vitale, D.F., Senin, U., Mecocci, P., 2008. Influence of comorbidity and cognitive status on instrumental activities of daily living in amnesic mild cognitive impairment: results from the ReGAI project. *Int. J. Geriatr. Psychiatry* 23, 523–530.
  188. McCusker, J., Bellavance, F., Cardin, S., Trepanier, S., Verdon, J., Ardman, O., 1999. Detection of older people at increased risk of adverse health outcomes after an emergency visit: the ISAR screening tool. *J. Am. Geriatr. Soc.* 47, 1229–1237.
  189. McFadden, D., 1973. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior.
  190. McKee, K.J., Orbell, S., Austin, C.A., Bettridge, R., Liddle, B.J., Morgan, K., Radley, K., 2002. Fear of falling, falls efficacy, and health outcomes in older people following hip fracture. *Disabil. Rehabil.* 24, 327–333.
  191. Menard, S., 2002. *Applied logistic regression analysis*. Sage.



192. Michel, J.-P., Lang, P.-O., Zekry, D., 2008. Le processus de fragilité: mise à jour du phénotype et stratégies préventives. *Ann. Gériatrie* 1, 7–13.
193. Milligan, G.W., Cooper, M.C., 1985. An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. *Psychometrika* 50, 159–179.
194. Ministère de la Santé, 2018. <https://www.lesechos.fr/economie-france/social/le-cout-de-la-dependance-va-fortement-augmenter-131575>.
195. Mion, G., HERAULT, S., LIBERT, N., JOURNOIS, D., 2010. Eléments indispensables de statistiques médicales. *Urgences Prat.* 102.
196. Mishara, B.L., Riedel, R.G., 1994. Le vieillissement. *FeniXX*.
197. Montagnier, D., 2014. Trajectoires de symptômes dépressifs chez les sujets âgés: profils, déterminants et événements évolutifs à partir des données sur 20 ans de la cohorte PAQUID. 208.
198. Morice, E., 1972. Tests de normalité d'une distribution observée. *Rev. Stat. Appliquée* 20, 5–25.
199. Morisky, D.E., Green, L.W., Levine, D.M., 1986. Concurrent and predictive validity of a self-reported measure of medication adherence. *Med. Care* 67–74.
200. Moulin, P., Vergès, B., 2016. Principes de prise en charge des dyslipidémies de l'adulte en 2016. *Mise Au Point* 80, 5.
201. Nagin, D., Tremblay, R.E., 1999. Trajectories of Boys' Physical Aggression, Opposition, and Hyperactivity on the Path to Physically Violent and Nonviolent Juvenile Delinquency. *Child Dev.* 70, 1181–1196. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00086>
202. Nagin, D.S., 1999. Analyzing developmental trajectories: A semiparametric, group-based approach. *Psychol. Methods* 4, 139–157. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.4.2.139>
203. Nagin, D.S., NAGIN, D., 2005. Group-based modeling of development. Harvard University Press.
204. Nagin, D.S., Odgers, C.L., 2010. Group-Based Trajectory Modeling in Clinical Research. *Annu. Rev. Clin. Psychol.* 6, 109–138. <https://doi.org/10.1146/annurev.clinpsy.121208.131413>
205. Naylor, R., Rosin, A.J., 1970. Falling as a cause of admission to a geriatric unit. *The Practitioner* 205, 327.
206. Ng, T.-P., Niti, M., Chiam, P.-C., Kua, E.-H., 2006. Physical and cognitive domains of the instrumental activities of daily living: validation in a multiethnic population of Asian older adults. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 61, 726–735.
207. Ngatchou-Wandji, J., Bulla, J., 2013. On choosing a mixture model for clustering. *Journal of Data Science.* 11, 157-179.
208. NOGUES, H., 2006. Les revenus des personnes âgées: Un enjeu de société. *Gérontologie Société.* 31–43.
209. Nourhashemi, F., Rolland, Y., Vellas, B., 2000. Prevention of falls and their consequences. *Presse Medicale Paris Fr.* 129, 1249–1254.
210. Nylund, K.L., 2007. Latent transition analysis: Modeling extensions and an application to peer victimization (PhD Thesis). University of California, Los Angeles Doctoral dissertation.
211. Observatoire Régional de la Santé, 2014. Autonomie des personnes âgées-ARS Nouvelle Aquitaine.
212. Olivier, C., Jouzel, F., El Matouat, A., Courtellemont, P., 1997. Un nouveau critère pour la sélection de l'ordre d'un modèle, in: 16<sup>e</sup> Colloque Sur Le Traitement Du Signal et Des Images, FRA, 1997. GRETSI, Groupe d'Etudes du Traitement du Signal et des Images.
213. O'Loughlin, J.L., Robitaille, Y., Boivin, J.-F., Suissa, S., 1993. Incidence of and risk factors for falls and injurious falls among the community-dwelling elderly. *Am. J. Epidemiol.* 137, 342–354.



214. OMS, 2016. Rapport mondial sur le vieillissement et la santé. *Bibl. L'OMS* 49–51.
215. Organization, W.H., 2004. A glossary of terms for community health care and services for older persons. WHO.
216. Organization, W.H., 1988. Classification internationale des handicaps: déficiences, incapacités et désavantages: un manuel de classification des conséquences des maladies.
217. ORS, 2009. EN POITOU-CHARENTES.
218. Oudshoorn, C., Hartholt, K.A., Zillikens, M.C., Panneman, M.J., van der Velde, N., Colin, E.M., Patka, P., van der Cammen, T.J., 2012. Emergency department visits due to vertebral fractures in the Netherlands, 1986–2008: steep increase in the oldest old, strong association with falls. *Injury* 43, 458–461.
219. Pagès, J., 2013. Analyse factorielle multiple avec R. *EDP sciences*.
220. Paille, F., 2014. Personnes âgées et consommation d'alcool. *Alcoologie Addictologie* 36, 61–72.
221. Parent, M.-C., 2017. L'insuffisance cardiaque chez la personne âgée: un problème grandissant 12.
222. Phelan, E.A., Larson, E.B., 2002. "Successful aging"—where next? *J. Am. Geriatr. Soc.* 50, 1306–1308.
223. Pickles, A., Croudace, T., 2010. Latent mixture models for multivariate and longitudinal outcomes. *Stat. Methods Med. Res.* 19, 271–289.
224. Pinganaud, G., Rainfray, M., 2004. Les infections urinaires chez les personnes âgées. *NPG Neurol. - Psychiatr. - Gériatrie* 4, 15–21. [https://doi.org/10.1016/S1627-4830\(04\)97983-4](https://doi.org/10.1016/S1627-4830(04)97983-4)
225. Pire, V., Fournier, G., Schoevaerds, D., Spinewine, A., Swine, C., 2009. Polymédication de la personne âgée. *Louvain Méd.* 128, 235.
226. Pison, G., 2009. Le vieillissement démographique sera plus rapide au Sud qu'au Nord. *Popul. Sociétés* 457, 1–4.
227. Planchet, F., Théron, P., 2006. Modèles de durée. *Economica*.
228. Prévot, P., Garçon, N., Simonneau, G., 2012. Dépendance en Haute-Vienne: situation et perspectives 2030.
229. Prudham, D., Evans, J.G., 1981. Factors associated with falls in the elderly: a community study. *Age Ageing* 10, 141–146.
230. Quadri, P., Loew, F., Belli, L., Mascetti, C., 1999. Les chutes survenues chez le sujet âgé hospitalisé: du risque à la prévention. *Rev. Gériatrie* 24, 23–28.
231. Raftery, A.E., 1995. Bayesian model selection in social research. *Sociol. Methodol.* 25, 111–164.
232. Raïche, M., Hébert, R., Dubois, M.-F., 2008. PRISMA-7: A case-finding tool to identify older adults with moderate to severe disabilities. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 47, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2007.06.004>
233. Rainfray, M., 2015. Comment prendre en charge les personnes âgées souffrant de troubles cognitifs? *Cancer/Radiothérapie* 19, 386–390.
234. Rakotomalala, R., 2011. Pratique de la régression logistique. *Régression Logistique Binaire Polytomique Univ. Lumière Lyon 2*, 258p.
235. Rakotomalala, R., 2009. Pratique de la Régression Logistique, *Régression Logistique Binaire et Polytomique Version 2.0*, 272.
236. Raschilas, F., 2008. Le vieillissement sensoriel. </data/revues/12686034/00110057/14/>.
237. Razaki, C., 2001. Le logement des personnes âgées et/ou handicapées à partir de l'enquête « Handicaps, incapacités, dépendance » de l'Insee.
238. Rigaud, A.-S., Bayle, C., Latour, F., Lenoir, H., Seux, M.-L., Hanon, O., Péquignot, R., Bert, P., Bouchacourt, P., Moulin, F., Cantegreil, I., Wenisch, E., Batouche, F., de Rotrou, J.,



2005. Troubles psychiques des personnes âgées. EMC - Psychiatr. 2, 259–281. <https://doi.org/10.1016/j.emcps.2005.07.003>
239. Roche, J.J.W., Wenn, R.T., Sahota, O., Moran, C.G., 2005. Effect of comorbidities and postoperative complications on mortality after hip fracture in elderly people: prospective observational cohort study. *Bmj* 331, 1374.
240. Rockwood, K., Song, X., MacKnight, C., Bergman, H., Hogan, D.B., McDowell, I., Mitnitski, A., 2005. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *Cmaj* 173, 489–495.
241. Romoren, T.I., Blekeseaune, M., 2003. Trajectories of disability among the oldest old. *J. Aging Health* 15, 548–566.
242. Rose, S., Griffin, M., Janke, A., Chalk, J., McLachlan, G., Peel, D., Wang, D., 2004. Method of predicting stroke evolution utilising mri.
243. Rousseau, J., Denis, M.-C., Dubé, M., Beauchesne, M., 1995. L'activité, l'autonomie et le bien-être psychologique des personnes âgées. *Loisir Société/Society Leis.* 18, 93–122.
244. Rouvière, L., 2017. Régression logistique avec R 140.
245. Rowe, J.W., Kahn, R.L., 1997. Successful Aging. *The Gerontologist* 37, 433–440. <https://doi.org/10.1093/geront/37.4.433>
246. Roy, D., 2016. Les personnes âgées et handicapées en France et les politiques publiques d'accompagnement. *Rev. Fr. Aff. Soc.* 21–33.
247. Royston, P., Lambert, P.C., 2011. Flexible parametric survival analysis using Stata: beyond the Cox model.
248. Rozzini, R., Sabatini, T., Trabucchi, M., 2004. Cognitive impairment and mortality in elderly patients with heart failure. *Am. J. Med.* 116, 137–138.
249. Samson, E., 2009. Identification des marqueurs pronostiques chez les patients atteints dun cancer de la tête et du cou (PhD Thesis). Master's thesis, Département de mathématiques et statistique Université Laval Québec Canada.
250. Santos-Eggimann, B., 2013. Fragilité et santé publique, in: *La Fragilité Des Personnes Âgées*. Presses de l'EHESP, pp. 149–164.
251. Sattin, R.W., LAMBERT HUBER, D.A., Devito, C.A., Rodriguez, J.G., Ros, A., Bacchelli, S., Stevens, J.A., Waxweiler, R.J., 1990. The incidence of fall injury events among the elderly in a defined population. *Am. J. Epidemiol.* 131, 1028–1037.
252. Schoenfeld, D., 1982. Partial residuals for the proportional hazards regression model. *Biometrika* 69, 239–241.
253. Schwarz, G., 1978. Estimating the dimension of a model. *Ann. Stat.* 6, 461–464.
254. Scrucca, L., Fop, M., Murphy, T.B., Raftery, A.E., 2016. mclust 5: Clustering, Classification and Density Estimation Using Gaussian Finite Mixture Models 29.
255. Shulman, K.I., 2000. Clock-drawing: is it the ideal cognitive screening test? *Int. J. Geriatr. Psychiatry* 15, 548–561.
256. Simon, P., Gouin, F., Veillard, D., Laffargue, P., Ehlinger, M., Bel, J.-C., Lopez, R., Beudet, P., Luickx, F., Molina, V., 2008. Les fractures du col du fémur après 50 ans. *Rev. Chir. Orthop. Reparatrice Appar. Mot.* 94, 108–132.
257. Sleiman, I., Rozzini, R., Barbisoni, P., Morandi, A., Ricci, A., Giordano, A., Trabucchi, M., 2009. Functional trajectories during hospitalization: a prognostic sign for elderly patients. *J. Gerontol. Ser. Biomed. Sci. Med. Sci.* 64, 659–663.
258. Söderström, L., Rosenblad, A., Adolffson, E.T., Saletti, A., Bergkvist, L., 2014. Nutritional status predicts preterm death in older people: a prospective cohort study. *Clin. Nutr.* 33, 354–359.
259. Soto, M.E., Andrieu, S., Gillette-Guyonnet, S., Cantet, C., Nourhashemi, F., Vellas, B., 2006. Risk factors for functional decline and institutionalisation among community-dwelling



older adults with mild to severe Alzheimer's disease: one year of follow-up. *Age Ageing* 35, 308–310. <https://doi.org/10.1093/ageing/afj059>

260. Staskin, D., Hilton, P., Emmanuel, A., Goode, P., Mills, I., Shull, B., Yoshida, M., Zubieta, R., 2005. Initial assessment of incontinence. *Incontinence 3rd Int. Consult. Incontinence Health Publ. Ltd Plymouth* 485–517.
261. Stuck, A.E., Walthert, J.M., Nikolaus, T., Büla, C.J., Hohmann, C., Beck, J.C., 1999. Risk factors for functional status decline in community-living elderly people: a systematic literature review. *Soc. Sci. Med.* 48, 445–469.
262. Suchy, Y., Kraybill, M.L., Franchow, E., 2011. Instrumental activities of daily living among community-dwelling older adults: Discrepancies between self-report and performance are mediated by cognitive reserve. *J. Clin. Exp. Neuropsychol.* 33, 92–100. <https://doi.org/10.1080/13803395.2010.493148>
263. Sy, O., 2017. Identification des trajectoires développementales de fréquence de la consommation d'alcool durant l'adolescence et relation entre ces trajectoires et la consommation excessive d'alcool épisodique à l'âge jeune adulte.
264. Takata, Y., Ansai, T., Soh, I., Awano, S., Sonoki, K., Akifusa, S., Kagiya, S., Hamasaki, T., Torisu, T., Yoshida, A., Nakamichi, I., Takehara, T., 2010. Serum albumin levels as an independent predictor of 4-year mortality in a community-dwelling 80-year-old population. *Aging Clin. Exp. Res.* 22, 31–35. <https://doi.org/10.1007/BF03324812>
265. Tanimoto, Y., Watanabe, M., Sun, W., Tanimoto, K., Shishikura, K., Sugiura, Y., Kusabiraki, T., Kono, K., 2013. Association of sarcopenia with functional decline in community-dwelling elderly subjects in Japan. *Geriatr. Gerontol. Int.* 13, 958–963. <https://doi.org/10.1111/ggi.12037>
266. Tchalla, A.E., 2013. Contribution à l'étude de l'efficacité des interventions Domotiques et Téléassistances dans la prévention des chutes à domicile des personnes âgées en perte d'autonomie et Alzheimer au stade léger à modéré (PhD Thesis). Limoges.
267. Tchalla, A.E., Dufour, A.B., Trivison, T.G., Habtemariam, D., Iloputaife, I., Manor, B., Lipsitz, L.A., 2014. Patterns, predictors, and outcomes of falls trajectories in older adults: the MOBILIZE Boston Study with 5 years of follow-up. *PloS One* 9, e106363.
268. Thélot, B., Lasbeur, L., Pédrone, G., 2017. Epidemiological surveillance of falls in the elderly. *Bull. Épidémiologique Hebd.* 328–335.
269. Thélot, B., Pédrone, G., Lasbeur, L., 2018. Epidemiological surveillance of falls in the elderly in France. *Rev. D'Épidémiologie Santé Publique* 66, S336.
270. Thiebault, C.M., Sprumont, P., 2005. *Le sport après 50 ans. De Boeck Supérieur.*
271. Thurstone, L.L., 1938. *Primary mental abilities.* Chicago: Univer. of Chicago Press.
272. Tinetti, M.E., Liu, W.-L., Claus, E.B., 1993. Predictors and prognosis of inability to get up after falls among elderly persons. *Jama* 269, 65–70.
273. Tinetti, M.E., Speechley, M., 1989a. Prevention of falls among the elderly. *N. Engl. J. Med.* 320, 1055–1059.
274. Tinetti, M.E., Speechley, M., 1989b. Prevention of falls among the elderly. *N. Engl. J. Med.* 320, 1055–1059.
275. Tinetti, M.E., Speechley, M., Ginter, S.F., 1988. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N. Engl. J. Med.* 319, 1701–1707.
276. Trillard, A., 2011. Mission au profit du Président de la République relative à la prévention de la dépendance des personnes âgées. *Rapp. Public Présidence Répub. Doc. Fr.*
277. Trincas, J., Pujalon, B., Humbert, C., 2008. La lutte contre le vieillissement. *Gérontologie Société* 31, 23–37.
278. Trivalle, C., 2000. Le syndrome de fragilité en gériatrie. *Médecine Hygiène* 2312–2318.



279. Vellas, B.J., Wayne, S.J., Romero, L., Baumgartner, R.N., Rubenstein, L.Z., Garry, P.J., 1997a. One-Leg Balance Is an Important Predictor of Injurious Falls in Older Persons. *J. Am. Geriatr. Soc.* 45, 735–738. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1997.tb01479.x>
280. Vellas, B.J., Wayne, S.J., Romero, L.J., Baumgartner, R.N., Garry, P.J., 1997b. Fear of falling and restriction of mobility in elderly fallers. *Age Ageing* 26, 189–193.
281. Vetter, N.J., Lewis, P.A., Llewellyn, L., 1992. Supporting elderly dependent people at home. *BMJ* 304, 1290–1292.
282. Vuillemin, A., 2012. Bénéfices de l'activité physique sur la santé des personnes âgées. *Sci. Sports* 27, 249–253.
283. Wakefield, B.J., Holman, J.E., 2007. Functional trajectories associated with hospitalization in older adults. *West. J. Nurs. Res.* 29, 161–177.
284. Ward, G., Jagger, C., Harper, W., 1998. A review of instrumental ADL assessments for use with elderly people. *Rev. Clin. Gerontol.* 8, 65–71.
285. Ward, J.H., 1963. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *J. Am. Stat. Assoc.* 58, 236. <https://doi.org/10.2307/2282967>
286. Wasserman, M.R., 2017. Perte de poids involontaire - Sujets particuliers.
287. Wei, M., Li, J., Wang, H., 2018. Impact of the disability trajectory on the mortality risk of older adults in China. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 74, 174–183.
288. Wilkins, K., 1999. Chutes, gens âgés et recours aux services de santé. *Rapp. Sur Santé* 10.
289. Winograd, C.H., 1991. Targeting strategies: an overview of criteria and outcomes. *J. Am. Geriatr. Soc.* 39, 25S–35S.
290. Wolinsky, F.D., Callahan, C.M., Fitzgerald, J.F., Johnson, R.J., 1993. Changes in functional status and the risks of subsequent nursing home placement and death. *J. Gerontol.* 48, S94–101.
291. Yang, Y., 2005. Can the strengths of AIC and BIC be shared? A conflict between model identification and regression estimation. *Biometrika* 92, 937–950.
292. Yesavage, J.A., Brink, T.L., Rose, T.L., Lum, O., Huang, V., Adey, M., Leirer, V.O., 1982. Development and validation of a geriatric depression screening scale: A preliminary report. *J. Psychiatr. Res.* 17, 37–49. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(82\)90033-4](https://doi.org/10.1016/0022-3956(82)90033-4)
293. Yosung Shim, Jiwon Chung, In-Chan Choi, 2005. A Comparison Study of Cluster Validity Indices Using a Nonhierarchical Clustering Algorithm, in: *International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06)*. Presented at the International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06), pp. 199–204. <https://doi.org/10.1109/CIMCA.2005.1631265>
294. Zecevic, A.A., Salmoni, A.W., Speechley, M., Vandervoort, A.A., 2006. Defining a fall and reasons for falling: comparisons among the views of seniors, health care providers, and the research literature. *The Gerontologist* 46, 367–376.





## Annexes

---

Annexe I. 1: Identification .....	250
Annexe I. 2: Volet social .....	251
Annexe I. 3: Grille AGGIR .....	254
Annexe I. 4: EQ5D.....	255
Annexe I. 5: Antécédents médicaux .....	258
Annexe I. 6: Antécédents chirurgicaux .....	259
Annexe I. 7: Observance thérapeutique .....	261
Annexe I. 8: ADL .....	266
Annexe I. 9: IADL .....	267
Annexe I. 10: MMS .....	268
Annexe I. 11: Les fluences .....	273
Annexe I. 12: GDS.....	274
Annexe I. 13: MNA .....	275
Annexe I. 14: Critères de Fried.....	276
Annexe I. 15: Performance physique .....	278
Annexe I. 16: SMAF .....	279
Annexe I. 17: Score synthèse EGG .....	287
Annexe I. 18: Proposition plan d'aide .....	290
Annexe I. 19: Résultats du test d'ANOVA par k-means et classification on ascendante hiérarchique. .....	304
Annexe I. 20: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire SMAF modèle univarié avec GBTM .....	306
Annexe I. 21: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire SMAF modèle multivarié avec GBTM .....	308
Annexe I. 22: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire SMAF modèle univarié avec k-means.....	310
Annexe I. 23: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire SMAF modèle multivarié avec k-means.....	311
Annexe I. 24: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire SMAF modèle univarié avec CAH .....	312
Annexe I. 25: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire SMAF modèle univarié avec CAH .....	313
Annexe I. 26: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire ADL modèle univarié avec GBTM .....	314
Annexe I. 27: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire ADL modèle multivarié avec GBTM .....	315
Annexe I. 28: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire ADL modèle univarié avec k-means.....	316
Annexe I. 29: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire ADL modèle multivarié avec k-means.....	317
Annexe I. 30: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire ADL modèle univarié avec CAH .....	318
Annexe I. 31: valeurs des $\beta_j$ pour trajectoire ADL modèle multivarié avec CAH .....	319
Annexe I. 32: Syntaxe R pour analyse de trajectoires .....	320
Annexe I. 33: Syntaxe SAS pour analyse de trajectoires.....	321



## Annexe I. 1: Identification

### IDENTIFICATION

NOM _____	AGE :
PRENOM _____	
Date de naissance : [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ][ ][ ] jj/mm/aaaa	
Adresse :	
.....	
.....	
.....	
Téléphone : .....	
Médecin traitant	
Nom : .....	
Prénom : .....	
Téléphone : .....	
Compte rendu à envoyer à : .....	
.....	
Motif de l'évaluation : .....	
.....	
Evaluation demandée par : .....	
.....	
Canton : .....	
Nom de l'évaluateur : .....	
V0 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ][ ][ ]	
Durée :	
V1 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ][ ][ ]	
Durée :	
V2 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ][ ][ ]	
Durée :	
V3 [ ][ ] [ ][ ] [ ][ ][ ][ ]	
Durée :	
Trajet :	



## Annexe I. 2: Volet social

### Volet social

• Profession antérieure : [ ] [ ]

- |  |  |
|--|--|
| 1. Agriculteur   | 7. Commerçant, artisan ou prestataire de service indépendant |
| 2. Ouvrier   | 8. Profession libérale                                       |
| 3. Employé en entreprise   | 9. Employé de la fonction publique                           |
| 4. Profession intermédiaire en entreprise n'ayant pas le statut de cadre | 10. Profession intermédiaire de la fonction publique         |
| 5. Cadre en entreprise   | 11. Cadre de la fonction publique                            |
| 6. Chef d'entreprise ou cadre dirigeant                                  | 12. Femme/ homme au foyer                                    |
|  | 13. Autre profession   |

• Niveau scolaire : [ ]

- |                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| 1. Sait lire, écrire, compter    | 4. Etudes secondaires |
| 2. Certificat d'études primaires | 5. Etudes supérieures |
| 3. Brevet des Collèges           |                       |

Situation familiale : [ ]

- 1 Célibataire
- 2 Marié
- 3 Divorcé
- 4 Veuf
- 5 Union libre

Mode de vie : [ ]

- 1 Seul
- 2 En couple
- 3 Avec des membres de la famille

Entourage familial :

Nombre d'enfants : [ ] [ ]

Autres : [ ]

- 1 aidant
- 2 de soutien
- 3 en cas d'urgence
- 4 non aidant

Voisinage : [ ]

- 1 aidant
- 2 de soutien
- 3 en cas d'urgence
- 4 non aidant

Lieu d'habitation : [ ]

- 1 Propriétaire
- 2 Locataire
- 3 Usufruit
- 4 Hébergement à titre gracieux

Equipement :

- Douche  
 Baignoire  
 adaptée  accessible  avec marche

Situation : [ ]

- 1 Urbain
- 2 Rural





Aides humaines existantes et tarif mensuel sans déduction d'aide : (heures par semaine)

<input type="checkbox"/> _1 IDE :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 Aide ménagère :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 Auxiliaire de vie :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 Employée de maison :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 Kiné :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 Repas à domicile :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 Proches :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 Garde de nuit :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 HAD :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 SSIAD :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 HDJ de réadaptation :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 Accueil de jour :	__ _  heures /semaine	Tarif mensuel :  _ _ _ _ _ ,  _ _ _  €
<input type="checkbox"/> _1 Autre :	__ _ _ _ _ ,  _ _ _  €	

Aides techniques :

Montant de l'aide financière éventuelle : |\_|\_|\_|\_|\_|, |\_|\_|\_| €

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> _1 Téléalarme        | <input type="checkbox"/> _1 Barres d'appui   |
| <input type="checkbox"/> _1 Canne             | <input type="checkbox"/> _1 Rehausseur       |
| <input type="checkbox"/> _1 Canne anglaise    | <input type="checkbox"/> _1 Fauteuil roulant |
| <input type="checkbox"/> _1 Déambulateur      | <input type="checkbox"/> _1 Lit médicalisé   |
| <input type="checkbox"/> _1 Chaise garde-robe | <input type="checkbox"/> _1 Lève malade      |
| <input type="checkbox"/> _1 Autres            |  |

Actes de la vie quotidienne :

- |                                   |                                      |  |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--|
| -Peut ouvrir seul :               | <input type="checkbox"/> _1 sa porte | <input type="checkbox"/> _1 ses volets |
| -Peut récupérer seul son courrier | <input type="checkbox"/> _1 oui      | <input type="checkbox"/> _0 non        |
| -Animal de compagnie              | <input type="checkbox"/> _1 oui      | <input type="checkbox"/> _0 non        |
| -S'en occupe seul                 | <input type="checkbox"/> _1 oui      | <input type="checkbox"/> _0 non        |

Activités occupationnelles :

- |                     |                                 |                                 |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| - Loisirs           | <input type="checkbox"/> _1 oui | <input type="checkbox"/> _0 non |
| - Club/associations | <input type="checkbox"/> _1 oui | <input type="checkbox"/> _0 non |

Maintien à domicile :

- |                        |  |                                       |
|------------------------|--|---------------------------------------|
| -Sans difficulté       | <input type="checkbox"/> _1                                  |                                       |
| -Nécessitant des aides | <input type="checkbox"/> _1 humaines                         |                                       |
|                        | <input type="checkbox"/> _1 matérielles                      |                                       |
|                        | <input type="checkbox"/> _1 financières                      |                                       |
| -Difficile             | <input type="checkbox"/> _1 demandes d'entrée en institution | <input type="checkbox"/> _1 faites    |
|                        |  | <input type="checkbox"/> _2 à prévoir |
| -Impossible            | <input type="checkbox"/> _1                                  |                                       |

UPSAV



### Annexe I. 3: Grille AGGIR

<b>MODÈLE AGGIR</b>								
Niveaux A, B ou C pour les activités corporelles, mentales, domestiques et sociales								
Activités réalisées par la personne seule		Ne fait pas	S	T	C	H	Code	Pour chaque item, cochez :
1	Transferts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	<p>- NE FAIT PAS : si la personne ne fait jamais, même partiellement et même difficilement, s'il faut faire à la place ou faire faire ou TOUT REFAIRE.</p> <p>- S, T, C, H : si la personne fait, même difficilement, quand les conditions pour l'adverbe NE SONT PAS REMPLIES.</p> <p style="text-align: right;">S Spontanément T Totalement C Correctement H Habituellement</p> <p>→</p> <p>La synthèse des sous variables (colonne « code » en grisé) est fournie par les logiciels.</p> <p>A : fait spontanément, totalement, correctement et habituellement, aucun adverbe n'est coché. B : une partie des adverbes seulement est coché. C : ne fait pas est coché</p>
2	Déplacements à l'intérieur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
3	Toilette haut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
	bas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
4	Elimination urinaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
	fécale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
5	Habillage haut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
	moyen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
	bas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
6	Cuisine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
7	Alimentation se servir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
	manger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
8	Suivi du traitement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
9	Ménage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
10	Alerter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
11	Déplacements à l'extérieur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
12	Transports	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	Groupe iso-ressources Défini par le système informatique
13	Activité du temps libre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
14	Achats	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
15	Gestion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
16	Orientation dans le temps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
	dans l'espace	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
17	Cohérence communication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	
	comportement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	□ □	

GIR : □ □



## Annexe I. 4: EQ5D

### EQ-5D

Veillez indiquer, pour chacune des rubriques suivantes, l'affirmation qui décrit le mieux votre état de santé aujourd'hui, en cochant la case appropriée.

#### Mobilité

1. Je n'ai aucun problème pour me déplacer à pied
2. J'ai des problèmes pour me déplacer à pied
3. Je suis obligé(e) de rester alité(é)

#### Autonomie de la personne

1. Je n'ai aucun problème pour prendre soin de moi
2. J'ai des problèmes pour me laver ou m'habiller tout(e) seul(e)
3. Je suis incapable de me laver ou de m'habiller tout(e) seul(e)

#### Activités courantes

(exemples : travail, études, travaux domestiques, activités familiales ou loisirs)

1. Je n'ai aucun problème pour accomplir mes activités courantes
2. J'ai des problèmes pour accomplir mes activités courantes
3. Je suis incapable d'accomplir mes activités courantes

#### Douleurs/gêne

1. Je n'ai ni douleurs, ni gêne
2. J'ai des douleurs ou une gêne modérée(s)
3. J'ai des douleurs ou une gêne extrême(s)

#### Anxiété/dépression

1. Je ne suis pas anxieux(e), ni déprimé(e)
2. Je suis modérément anxieux(se) ou déprimé(e)
3. Je suis extrêmement anxieux(se) ou déprimé(e)

SCORE EQ-5D :

UPSAV

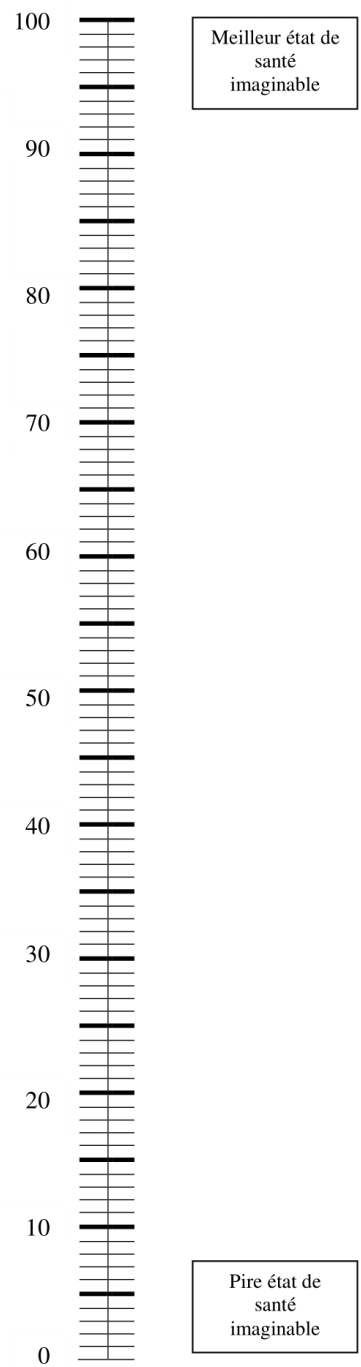


### EQ-5D

Pour vous aider à indiquer dans quelle mesure tel ou tel état de santé est bon ou mauvais, nous avons tracé une échelle graduée (comme celle d'un thermomètre) sur laquelle 100 correspond au meilleur état de santé que vous puissiez imaginer et 0 au pire état de santé que vous puissiez imaginer.

Nous aimerions que vous indiquiez sur cette échelle où vous situez votre état de santé aujourd'hui. Pour cela, veuillez tracer une ligne allant de l'encadré ci-dessous à l'endroit qui, sur l'échelle, correspond à votre état de santé aujourd'hui.

**Votre état de santé aujourd'hui**



UPSAV





### Facteurs de risque cardiovasculaire

- HTA <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- Diabète <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- Dyslipidémie <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- Tabac <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- Obésité/surpoids <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- Alcool <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non

**Allergie :** <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non

Si oui, préciser \_\_\_\_\_

UPSAV



Annexe I. 5: Antécédents médicaux

**ANTECEDENTS MEDICAUX**

N°	Pathologies	Date de début (jj / mm / aaaa)	En cours
1		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
2		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
3		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
4		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
5		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
6		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
7		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
8		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
9		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
10		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
11		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
12		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
13		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non
14		□□□□□□□□□□	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> oui <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> non

UPSAV





### TRAITEMENTS EN COURS (1)

N°	Nom commercial ou générique	Dose	Galénique	Posologie (/ jour)	Date de début (jj / mm / aaaa )	Indication	Observations
1					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
2					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
3					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
4					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
5					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
6					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
7					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
8					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
9					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
10					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		

UPSAV

### TRAITEMENTS EN COURS (2)

N°	Nom commercial ou générique	Dose	Galénique	Posologie (/ jour)	Date de début (jj / mm / aaaa )	Indication	Observations
11					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
12					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
13					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
14					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
15					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
16					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
17					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
18					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
19					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		
20					_ _ _ _ _ _ _ _ _ _		

UPSAV



## Annexe I. 7: Observance thérapeutique

### EVALUATION DE L'OBSERVANCE THERAPEUTIQUE

#### Echelle de MORISKY-GREEN : (patients autonomes dans la prise du traitement)

Evaluation de l'attitude du patient à bien prendre son traitement

Vous arrive-t-il d'oublier de prendre vos médicaments ? <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non

Prenez-vous vos médicaments au bon moment ? <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non

Quand vous vous sentez mieux, vous arrive-t-il d'arrêter la prise d'un ou plusieurs médicaments de votre traitement ? <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non

Si vous vous sentez mal quand vous prenez vos médicaments, vous arrive-t-il d'arrêter la prise d'un ou plusieurs médicaments de votre traitement ? <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non



**Constantes, paramètres morphométriques, fonction rénale**

<b>ALBUMINE</b>	_____, ____ g/l
<b>CRP</b>	_____ mg/l
<b>POIDS</b>	_____, _____ Kg
<b>Taille</b>	____, _____ m
<b>Indice de Masse Corporelle (IMC)</b>	_____ Kg/ m <sup>2</sup>
<b>CLEARANCE DE CREATININE</b>	_____, _____ ml/min

	<b>COUCHE</b>	<b>DEBOUT</b>
<b>P. A. Systolique (mm Hg)</b>	_____	_____
<b>P. A. Diastolique (mm Hg)</b>	_____	_____
<b>Fréq. Cardiaque (bat/min)</b>	_____	_____



## Examen Clinique

### Examen Cardiovasculaire :

- SIGNES FONCTIONNELS : <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non

Si oui préciser : \_\_\_\_\_

- ARYTHMIE <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- SOUFFLE CARDIAQUE <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- SOUFFLE CAROTIDIEN <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- INSUFFISANCE CARDIAQUE DROITE <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- INSUFFISANCE CARDIAQUE GAUCHE <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- POULS PERIPHERIQUES <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- AUTRES (préciser) <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non

Si oui préciser : \_\_\_\_\_

- Examen Pulmonaire :** **Bon** <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non

Si non préciser : \_\_\_\_\_

### Examen Neurologique :

- DEFICIT MOTEUR <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- DEFICIT SENSITIF <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- SIGNE DE BABINSKI <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- TREMBLEMENT <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- RAIDEUR EXTRAPYRAMIDALE <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- REFLEXES ASYMETRIQUES <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- REFLEXES ARCHAÏQUES <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- TROUBLES SPHINCTERIENS <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non
- AUTRES (préciser) <sub>1</sub> oui <sub>0</sub> non







### RAPPORT D'ANALYSE BIOLOGIQUE

Date de prélèvement         (jj/mm/aaaa)

Analyses	Fait <sub>1</sub>	Non fait <sub>0</sub>
NFS-PLAQUETTES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IONO-UREE-CREATINIMIE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CRP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TGO-TGP-GAMMA GT- PAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CA-PHOSPHORE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GLYCEMIE A JEUN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CHOLESTEROL TOTAL, HDL et LDL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TRIGLYCERIDES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALBUMINE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TSH	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B12-FOLATES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PSA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HbA1c	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vitamine OHD3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

UPSAV



## Annexe I. 8: ADL

<b>ADL : Activities of Dayly Living</b>	
1	Sans aide
0,5	Avec aide pour certaines parties du corps (jambe/dos, pieds)
0	Avec aide pour toute la toilette
<b>HABILLAGES : Prendre les habits de l'armoire/ tiroirs, y compris sous-vêtements, sait manipuler fermetures et bretelles:</b>	
1	Prend les vêtements et s'habille complètement sans aide
0,5	Prend les habits et s'habille sans aide sauf pour les chaussures
0	Reçoit de l'aide pour prendre les habits et/ou s'habiller ou reste partiellement ou totalement dévêtu
<b>ALLER AUX TOILETTES :</b>	
1	Va aux toilettes, se nettoie et arrange ses vêtements sans aide (peut s'aider d'un support comme une canne, un déambulateur, une chaise roulante et peut utiliser un bassin ou une chaise percée avec nettoyage par lui-même)
0,5	Reçoit de l'aide pour aller aux toilettes, se nettoyer ou arranger ses vêtements ou dans l'utilisation du bassin ou d'une chaise percée
0	Ne va pas aux toilettes
<b>DÉPLACEMENTS :</b>	
1	Se couche et se lève du lit aussi bien qu'il s'assoit ou se lève d'une chaise, sans aide (peut s'aider d'un support comme un déambulateur ou une canne)
0,5	Se couche (ou s'assoit) ou se lève avec aide
0	Reste alité
<b>CONTINENCE :</b>	
1	Contrôle parfaitement seul son élimination
0,5	A quelques « accidents », ou n'assure plus seul le contrôle de son élimination,
0	Utilisation d'une sonde ou incontinence complète
<b>ALIMENTATION :</b>	
1	Mange sans aide
0,5	Mange seul mais a besoin d'une aide pour couper la viande ou pour beurrer les tartines ou reçoit de l'aide pour manger ou est nourri partiellement
0	Est nourri totalement ou à l'aide d'une sonde ou de solutés intraveineux

**SCORE ADL :**

UPSAV



## Annexe I. 9: IADL

<b>IADL : Instrumental Activities of Dayly Living</b>	
<b>CAPACITES A UTILISER LE TELEPHONE</b>	
1	J'utilise le téléphone et compose les numéros seul (e)
0.5	Je répons au téléphone mais n'appelle pas
0	Je ne me sers pas du téléphone
<b>FAIRE LES COURSES</b>	
1	Je fais les courses seul
0.5	Je fais seulement de petites courses seul et ai besoin d'aide pour le reste
0	Je suis toujours accompagné ou ne fais pas mes courses
<b>PRÉPARATION DES REPAS</b>	
NA	Je ne les ai jamais préparés
1	Je prévois, prépare et sers les repas
0.5	Je prépare les repas si on me fournit les ingrédients ou réchauffe des repas préparés
0	J'ai besoin qu'on me prépare et me serve mes repas
<b>ENTRETIEN DE LA MAISON</b>	
NA	Je ne me suis jamais occupé de l'entretien de la maison
1	J'entretiens seul la maison ou avec une aide occasionnelle (ex pour les gros travaux)
0.5	Je ne fais que les petits travaux d'entretien quotidiens (laver la vaisselle, faire les lits)
0	Je ne participe pas à l'entretien de la maison
<b>LESSIVE</b>	
NA	Je n'ai jamais fait la lessive
1	Je fais toute ma lessive personnelle
0.5	Je ne lave que les petites affaires (chaussettes ...)
0	Toute la lessive doit être faite par d'autres
<b>MOYENS DE TRANSPORT</b>	
1	Je voyage de façon indépendante par transport public, véhicule particulier ou organise mes déplacements en taxi.
0.5	J'utilise les transports publics le taxi ou la voiture si j'ai de l'aide
0	Je ne me déplace pas du tout
<b>RESPONSABILITE POUR LA PRISE DES MEDICAMENTS</b>	
1	Je prépare et prends mes médicaments seul au dosage et à l'heure corrects
0.5	Je prends mes médicaments si les doses sont séparées et préparées à l'avance
0	Je ne prends pas mes médicaments seul
<b>CAPACITES A GERER SON BUDGET</b>	
NA	Je ne me suis jamais occupé (e) de mon argent
1	Je gère mes finances (budget, chèques, factures, loyer, opération de banque,...)
0.5	Je me débrouille pour les dépenses au jour le jour, mais ai besoin d'aides pour les opérations de banque
0	Je suis incapable de manipuler l'argent

**SCORE IADL : |\_|\_|\_|**

UPSAV



## Annexe I. 10: MMS

### MINI MENTAL TEST (MMS) version consensuelle du GRECO 1998

Je vais vous poser quelques questions pour apprécier comment fonctionne votre mémoire.  
Les unes sont très simples, les autres un peu moins. Vous devez répondre du mieux que vous pouvez.

ORIENTATION DANS LE TEMPS		
<b>« Quelle est la date complète d'aujourd'hui ? »</b>		
Si la réponse est incomplète ou incorrecte, posez les questions restées sans réponse dans l'ordre suivant :		
1	En quelle année sommes-nous ?	
2	En quelle saison ?	
3	En quel mois ?	
4	Quel jour du mois ?	
5	Quel jour de la semaine	
Score		/5
ORIENTATION DANS L'ESPACE		
<b>« Je vais vous poser maintenant quelques questions sur l'endroit où nous nous trouvons. »</b>		
6	Quel est le nom de l'hôpital (de l'établissement, du cabinet) où nous sommes ?	
7	Dans quelle ville se trouve-t-il ?	
8	Quel est le nom du département dans lequel est située cette ville ?	
9	Dans quelle province ou région administrative est situé ce département ?	
10	A quel étage sommes-nous ?	
Score		/5
APPRENTISSAGE		
<b>« Je vais vous dire trois mots. Je voudrais que vous me les répétiez et que vous essayiez de les retenir, car je vous les redemanderai tout à l'heure. Répétez les trois mots »</b>		
11	Cigare            ou            citron            ou            fauteuil	
12	Fleur            ou            clé            ou            tulipe	
13	Porte            ou            ballon            ou            canard	
Score		/3
RAPPEL		
<b>« Voulez-vous compter à partir de 100 en retirant 7 à chaque fois. »</b>		
14	[100-7]    93	
15	[93-7]    86	
16	[86-7]    79	
17	[79-7]    72	
18	[72-7]    65	
Score		/5
RAPPEL		
<b>Pour tous les sujets, même pour ceux qui ont obtenu le maximum de points, demander : « Voulez-vous épeler le mot MONDE à l'envers ? »</b>		
Le score correspond au nombre de lettres dans la bonne position, mais ce chiffre ne doit pas figurer dans le score global		
RAPPEL		
<b>« Pouvez-vous me dire quels étaient les trois mots que je vous ai demandés de répéter et de retenir tout à l'heure ? »</b>		
19	Cigare    ou    citron    ou    fauteuil	
20	Fleur    ou    clé    ou    tulipe	
21	Porte    ou    ballon    ou    canard	
Score		/3
LANGAGE		
22	Montrer un crayon.            « Quel est le nom de cet objet ? »            (1 point si la réponse est bonne)	
23	Montrer une montre.            « Quel est le nom de cet objet ? »            (1 point si la réponse est bonne)	
24	« Ecoutez bien et répétez après moi : pas de mais, de si, ni de et »            (1 point seulement si la répétition est parfaitement correcte)	
25	Poser une feuille de papier blanc sur le bureau, la montrer au sujet en lui disant : « Ecoutez bien et faites ce que je vais vous dire : prenez cette feuille de papier avec la main droite »            (1 point si la consigne est exécutée)	
26	« Pliez-la en deux »            (1 point si la consigne est exécutée)	
27	« Et jetez-la par terre »            (1 point si la consigne est exécutée)	
28	Tendre une feuille de papier sur laquelle est écrit en gros caractères « FERMEZ LES YEUX » et dire au sujet : « Faites ce qui est écrit »            (1 point si la consigne est exécutée)	
29	Tendre au sujet une feuille de papier et un stylo en disant : « Voulez-vous m'écrire une phrase, ce que vous voulez, mais une phrase entière. » Cette phrase doit être écrite spontanément. Elle doit contenir un sujet, un verbe et avoir un sens.            (1 point si la phrase contient au moins un sujet et un verbe)	
Score		/8
PRAXIES CONSTRUCTIVES		
30	Tendre au sujet une feuille de papier et lui demander : « Voulez-vous recopier ce dessin ? »            (1 point si tous les angles sont présents ainsi que l'intersection de 2 côtés différents)	/1
SCORE TOTAL		/30

**SCORE MMS :  / 30**

UPSAV



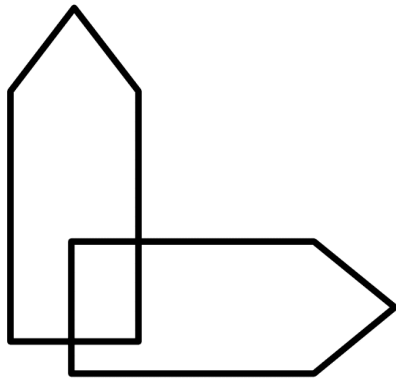
FERMEZ

LES

YEUX

UPSAV





UPSAV



**MUSEE**

**SAUTERELLE**

**PASSOIRE**

**CAMION**

**LIMONADE**

	Libre	Indice	Sous-total
Rappel I	□	□	□/5
Rappel II	□	□	□/5
		Score 5 mots	□/10

Intrusion :      <sub>1</sub> OUI    <sub>0</sub> NON

UPSAV

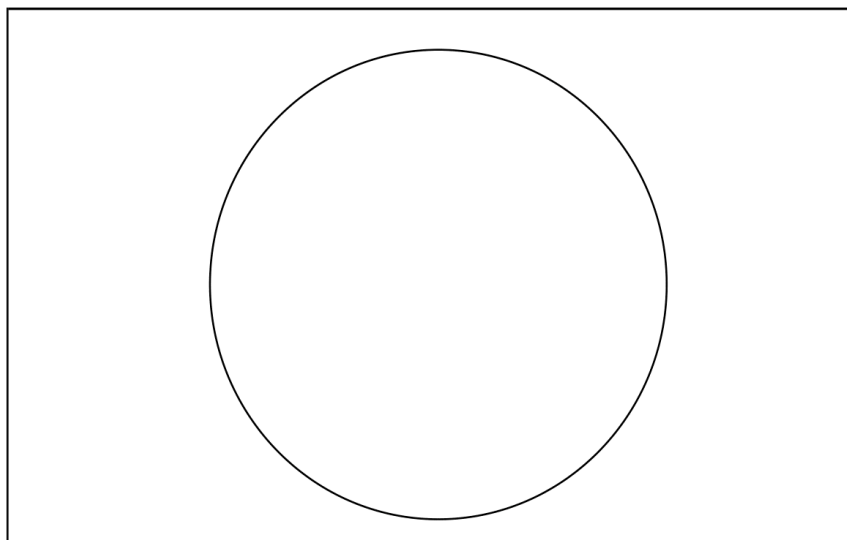


**TEST DE L'HORLOGE**

**Dessinez une horloge et mettez les aiguilles à 11 h 10**

**Réussite** <sub>1</sub>

**Echec** <sub>0</sub>



UPSAV





Annexe I. 11: Les fluences

**FLUENCES LITTERALES ET CATEGORIELLES**  
**En 2 minutes**

Catégorielles : .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Nombre :

Répétitions :

Littérales : .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Nombre :

Répétitions :



## Annexe I. 12: GDS

### G. D. S. : Geriatric Depression Scale

Poser les questions au patient en lui précisant que ses réponses doivent se référer au passé récent (1 semaine) et non au passé ancien ou au présent (1 point si réponse donnée différente de la réponse attendue).

GERIATRIC DEPRESSION SCALE (G. D. S)	Réponse donnée	Réponse attendue	Score
1 - Etes-vous satisfait (e) de votre vie ?		OUI	
2 - Avez-vous renoncé à un grand nombre de vos activités ?		NON	
3 - Avez-vous le sentiment que votre vie est vide ?		NON	
4 - Vous ennuyez-vous souvent ?		NON	
5 - Envisagez-vous l'avenir avec optimisme ?		OUI	
6 - Etes-vous souvent préoccupé(e) par des pensées qui reviennent sans cesse?		NON	
7 - Etes-vous de bonne humeur la plupart du temps ?		OUI	
8 - Craignez-vous un mauvais présage pour l'avenir ?		NON	
9 - Etes-vous heureux (se), la plupart du temps ?		OUI	
10 - Avez-vous souvent besoin d'aide ?		NON	
11 - Vous sentez-vous souvent nerveux au point de ne pouvoir tenir en place ?		NON	
12 - Préférez-vous rester seul (e) dans votre chambre plutôt que d'en sortir ?		NON	
13 - L'avenir vous inquiète-t il ?		NON	
14 - Pensez-vous que votre mémoire est plus mauvaise que celle de la plupart des gens ?		NON	
15 - Pensez-vous qu'il est merveilleux de vivre à notre époque ?		OUI	
16 - Vous sentez vous souvent découragé(e) et triste ?		NON	
17 - Avez-vous le sentiment d'être désormais inutile ?		NON	
18 - Ressassez-vous beaucoup le passé ?		NON	
19 - Trouvez-vous que la vie est passionnante ?		OUI	
20 - Avez-vous des difficultés à entreprendre de nouveaux projets ?		NON	
21 - Avez-vous beaucoup d'énergie ?		OUI	
22 - Désespérez-vous de votre situation présente ?		NON	
23 - Pensez-vous que la situation des autres est meilleure que la vôtre et que les autres ont plus de chance que vous ?		NON	
24 - Etes-vous souvent irrité (e) par des détails ?		NON	
25 - Eprenez-vous souvent le besoin de pleurer ?		NON	
26 - Avez-vous du mal à vous concentrer ?		NON	
27 - Etes-vous content (e) de vous lever le matin ?		OUI	
28 - Refusez-vous souvent les activités proposées ?		NON	
29 - Vous est-il facile de prendre des décisions ?		OUI	
30 - Avez-vous l'esprit aussi clair qu'autrefois ?		OUI	

**SCORE GDS :    / 30**





## Annexe I. 14: Critères de Fried

### CRITERES DE FRIED

A) **Perte de poids involontaire**

« Au cours de l'année passée, avez-vous perdu plus de 4, 5 kg involontairement (c'est-à-dire sans avoir suivi de régime ni fait du sport en vue de perdre du poids) ? »

1 Oui

0 Non

B) **Epuisement subjectif**

La semaine passée, combien de fois avez-vous ressenti l'état suivant ?

« Tout ce que je faisais me demandait un effort » :

1 Rarement (< 1 jour)

2 Parfois (1-2 jours)

3 Souvent (3-4 jours)

4 La plupart du temps

La semaine passée, combien de fois avez-vous ressenti l'état suivant ?

« Je ne pouvais pas aller de l'avant » :

1 Rarement (< 1 jour)

2 Parfois (1-2 jours)

3 Souvent (3-4 jours)

4 La plupart du temps

C) **Force de préhension mesurée à l'aide d'un dynamomètre**

Kg

D) **Reporter la vitesse de marche calculée sur une distance de 4,5 mètres**

\_\_\_\_\_ m/s

UPSAV



E) **Activité physique (Reporter toute activité pratiquée au cours des deux dernières semaines)**

	OUI <sub>1</sub>	NON <sub>0</sub>	Nombre de fois au cours des deux dernières semaines	Combien de temps en moyenne à chaque fois
Marché pour faire de l'exercice				
Accompli des tâches ménagères fatigantes				
Tondu le gazon				
Ratissé le gazon				
Jardiné				
Fait des randonnées				
Fait du jogging				
Fait du vélo d'appartement				
Fait du vélo d'extérieur				
Dansé				
Pratiqué l'aérobic				
Joué aux quilles				
Fait du golf				
Fait de gymnastique douce				
Nagé				
Autre : .....				



## Annexe I. 15: Performance physique

<b>TEST DE PERFORMANCE PHYSIQUE : SHORT PHYSICAL PERFORMANCE BATTERY</b>
<b>SPPB</b>

	Chronométrage	Temps en seconde	Vitesse en m/s	Score
Vitesse de marche (test sur 4 mètres)	Temps en secondes  □□, □□□	Non réalisable		0
		$\geq 9''30$	$\leq 0,43$	1
		[9''29 ; 6''66]	[0,44 ; 0,60]	2
		[6''65 ; 5''19]	[0,61 ; 0,77]	3
		$\leq 5''18$	$\geq 0,78$	4
Se lever 5 fois d'une chaise	Temps en secondes  □□□, □□	Non réalisable		0
		$\geq 16''7$		1
		[13''7 ; 16''6]		2
		[11''2 ; 13''6]		3
		$\leq 11''1$		4
Tests d'équilibre	Equilibre pieds joints non maintenu 10 secondes			0
	Equilibre pieds joints, maintenu 10 secondes mais l'équilibre en semi tandem ne peut être maintenu 10 secondes			1
	Equilibre semi tandem maintenu 10 secondes mais incapacité à conserver l'équilibre en position tandem plus de 2 secondes			2
	Equilibre en position tandem maintenu de 3 à 9 secondes			3
	L'équilibre en position tandem est maintenu 10 secondes			4
SCORE TOTAL				____/12



Annexe I. 16: SMAF

**Grille d'évaluation de l'autonomie**

**SMAF**<sup>®</sup>

SYSTÈME DE MESURE  
DE L'AUTONOMIE FONCTIONNELLE

Nom : \_\_\_\_\_

Dossier : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_ Évaluation no. : \_\_\_\_\_

INCAPACITÉS	RESSOURCES	HANDICAP	STABILITÉ*
	0. sujet lui-même 2. voisin 4. aux. fam 6. bénévole 8. préposé 1. famille 3. employé 5. infirmière 7. autre		
<b>A. ACTIVITÉS DE LA VIE QUOTIDIENNE (AVQ)</b>			
<b>1. SE NOURRIR</b>			
0] Se nourrit seul <i>0,5] Avec difficulté</i>			
1] Se nourrit seul mais requiert de la stimulation ou de la surveillance OU on doit couper ou mettre en purée sa nourriture au préalable	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui	0	-
2] A besoin d'une aide partielle pour se nourrir OU qu'on lui présente les plats un à un	<input type="checkbox"/> Non	-1	+
3] Doit être nourri entièrement par une autre personne OU porte une sonde naso-gastrique ou une gastrostomie <input type="checkbox"/> sonde naso-gastrique <input type="checkbox"/> gastrostomie	Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	-2 -3	•
<b>2. SE LAVER</b>			
0] Se lave seul (incluant entrer ou sortir de la baignoire ou de la douche) <i>0,5] Avec difficulté</i>			
1] Se lave seul mais doit être stimulé OU nécessite une surveillance pour le faire OU qu'on lui prépare le nécessaire OU a besoin d'aide pour un bain complet hebdomadaire seulement (incluant pied et lavage de cheveux)	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui	0	-
2] A besoin d'aide pour se laver (toilette quotidienne) mais participe activement	<input type="checkbox"/> Non	-1	+
3] Nécessite d'être lavé par une autre personne	Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	-2 -3	•
<b>3. S'HABILLER (toutes saisons)</b>			
0] S'habille seul <i>0,5] Avec difficulté</i>			
1] S'habille seul mais doit être stimulé OU a besoin d'une surveillance pour le faire OU on doit lui sortir et lui présenter ses vêtements OU on doit apporter certaines touches finales (boutons, lacets)	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui	0	-
2] Nécessite de l'aide pour s'habiller	<input type="checkbox"/> Non	-1	+
3] Doit être habillé par une autre personne <input type="checkbox"/> bas de soutien	Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	-2 -3	•

\*STABILITÉ : dans les 3 à 4 semaines qui viennent, il est prévisible que ces ressources :  diminue,  augmente,  restent stables ou ne s'applique pas.

UPSAV



INCAPACITÉS	RESSOURCES								HANDICAP	STABILITÉ*
	0. sujet lui-même	1. famille	2. voisin	3. employé	4. aux. fam	5. infirmière	6. bénévole	7. autre		
<b>4. ENTREtenir SA PERSONNE</b> (se brosser les dents ou se peigner ou se faire la barbe ou couper ses ongles ou se maquiller)										
0 Entretien sa personne seul 0.5 Avec difficulté -1 A besoin de stimulation OU nécessité de la surveillance pour entretenir sa personne -2 A besoin d'aide partielle pour entretenir sa personne -3 Ne participe pas à l'entretien de sa personne	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>								0 -1 -2 -3	- + *
<b>5. FONCTION VÉSICALE</b>										
0 Miction normale -1 Incontinence occasionnelle OU en goutte à goutte OU une autre personne doit lui faire penser souvent d'uriner pour éviter les incontinences -2 Incontinence urinaire fréquente -3 Incontinence urinaire totale et habituelle OU une sonde à demeure ou un condom urinaire <input type="checkbox"/> culotte d'incontinence <input type="checkbox"/> sonde à demeure <input type="checkbox"/> condom urinaire <input type="radio"/> incontinence diurne <input type="radio"/> incontinence nocturne	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>								0 -1 -2 -3	- + *
<b>6. FONCTION INTESTINALE</b>										
0 Défécation normale -1 Incontinence fécale occasionnelle OU nécessite un lavement évacuant occasionnel -2 Incontinence fécale fréquente OU nécessite un lavement évacuant régulier -3 Incontinence fécale totale et habituelle OU une stomie <input type="checkbox"/> culotte d'incontinence <input type="checkbox"/> stomie <input type="radio"/> incontinence diurne <input type="radio"/> incontinence nocturne	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>								0 -1 -2 -3	- + *
<b>7. UTILISER LES TOILETTES</b>										
0 Utilise seul les toilettes (incluant s'asseoir, s'essuyer, s'habiller et se relever) 0.5 Avec difficulté -1 Nécessite de la surveillance pour utiliser les toilettes OU utilise seul une chaise d'aisance, un urinal ou une bassine -2 A besoin de l'aide d'une autre personne pour aller aux toilettes ou utiliser la chaise d'aisance, la bassine ou l'urinal -3 N'utilise pas les toilettes, la chaise d'aisance, la bassine ou l'urinal <input type="checkbox"/> chaise d'aisance <input type="checkbox"/> bassine <input type="checkbox"/> urinal	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>								0 -1 -2 -3	- + *

\*STABILITÉ : dans les 3 à 4 semaines qui viennent, il est prévisible que ces ressources :  diminuent,  augmentent,  restent stables ou ne s'applique pas.





INCAPACITÉS	RESSOURCES	HANDICAP	STABILITÉ*
0. sujet lui-même 2. voisin 4. aux. fam 6. bénévole 8. préposé 1. famille 3. employé 5. infirmière 7. autre			
<b>B. MOBILITÉ</b>			
<b>1. TRANSFERTS (du lit vers le fauteuil et la position debout et vice versa)</b>			
0 Se lève, s'assoit et se couche seul 0.5 Avec difficulté	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + •
-1 Se lève, s'assoit et se couche seul mais doit être stimulé ou surveillé ou guidé dans ses mouvements préciser : _____			
-2 A besoin d'aide pour se lever, s'asseoir et se coucher préciser : _____			
-3 Grabataire (doit être levé et couché en bloc) <input type="checkbox"/> positionnement particulier : <input type="checkbox"/> lève-personne <input type="checkbox"/> planche de transfert			
<b>2. MARCHER À L'INTÉRIEUR (incluant dans l'immeuble et se rendre à l'ascenseur)*</b>			
0 Circule seul (avec ou sans canne, prothèse, orthèse, marchette) 0.5 Avec difficulté	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + •
-1 Circule seul mais nécessite qu'on le guide, stimule ou surveille dans certaines circonstances OU démarche non sécuritaire			
-2 A besoin d'aide d'une autre personne			
-3 Ne marche pas <input type="checkbox"/> canne simple <input type="checkbox"/> tripode <input type="checkbox"/> quadripode <input type="checkbox"/> marchette * Distance d'au moins 10 mètres			
<b>3. INSTALLER PROTHÈSE OU ORTHÈSE</b>			
0 Ne porte pas de prothèse ou d'orthèse	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + •
-1 Installe seul sa prothèse ou son orthèse 1.5 Avec difficulté			
-2 A besoin qu'on vérifie l'installation de sa prothèse ou de son orthèse OU a besoin d'une aide partielle			
-3 La prothèse ou l'orthèse doit être installée par une autre personne Type de prothèse ou d'orthèse : _____			
<b>4. SE DÉPLACER EN FAUTEUIL ROULANT À L'INTÉRIEUR</b>			
0 N'a pas besoin de F.R. pour se déplacer	• Le logement où habite le sujet permet la circulation en F.R. <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non • Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + •
-1 Se déplace seul en F.R. 1.5 Avec difficulté			
-2 Nécessite qu'une personne pousse le F.R.			
-3 Ne peut utiliser un F.R. (doit être transporté en civière) <input type="checkbox"/> F.R. Simple <input type="checkbox"/> F.R. à conduite unilatérale <input type="checkbox"/> F.R. motorisé <input type="checkbox"/> triporteur <input type="checkbox"/> quadriporteur			

\*STABILITÉ : dans les 3 à 4 semaines qui viennent, il est prévisible que ces ressources :  diminuent,  augmentent,  restent stables ou ne s'applique pas.

-3-



INCAPACITÉS	RESSOURCES	HANDICAP	STABILITÉ*
	0. sujet lui-même 2. voisin 4. aux. fam 6. bénévole 8. préposé 1. famille 3. employé 5. infirmière 7. autre		
<b>5. UTILISER LES ESCALIERS</b>			
0] Monte et descend les escaliers seul <small>0,5] Avec difficulté</small> -1] Monte et descend les escaliers mais nécessite qu'on le guide, stimule ou surveille OU monte et descend les escaliers de façon non sécuritaire -2] Monte et descend les escaliers avec l'aide d'une autre personne -3] N'utilise pas les escaliers	Le sujet doit utiliser un escalier <input type="checkbox"/> Non → 0 <input type="checkbox"/> Oui → 0 Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui → -1 <input type="checkbox"/> Non → -2 Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> → -3		<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> *
<b>6. CIRCULER A L'EXTÉRIEUR</b>			
0] Circule seul en marchant (avec ou sans canne, prothèse, orthèse, marchette) <sup>1</sup> <small>0,5] Avec difficulté</small> -1] Utilise seul un fauteuil roulant ou un triporteur / quadriporteur* <small>1,5] F.R. avec difficulté</small> OU circule seul en marchant mais nécessite qu'on le guide, stimule ou surveille dans certaines circonstances OU démarque non sécuritaire <sup>1</sup> -2] A besoin de l'aide d'une autre personne pour marcher <sup>1</sup> OU utiliser un F.R.* -3] Ne peut circuler à l'extérieur (doit être transporté sur civière) <small><sup>1</sup> Distance d'au moins 20 mètres</small>	* L'environnement extérieur où habite le sujet permet l'accès et la circulation en F.R. ou triporteur / quadriporteur <input type="checkbox"/> Oui → 0 <input type="checkbox"/> Non → 0 Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui → -1 <input type="checkbox"/> Non → -2 Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> → -3		<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> *
<b>C. COMMUNICATION</b>			
<b>1. VOIR</b>			
0] Voit de façon adéquate avec ou sans verres correcteurs -1] Troubles de vision mais voit suffisamment pour accomplir les activités quotidiennes -2] Ne voit que le contour des objets et nécessite d'être guidé dans les activités quotidiennes -3] Aveugle <input type="checkbox"/> verres correcteurs <input type="checkbox"/> loupe	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui → 0 <input type="checkbox"/> Non → -1 <input type="checkbox"/> Non → -2 <input type="checkbox"/> Non → -3 Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> *
<b>2. ENTENDRE</b>			
0] Entend convenablement avec ou sans appareil auditif -1] Entend ce qu'on lui dit à la condition de parler fort OU nécessite qu'on lui installe son appareil auditif -2] N'entend que les cris ou que certains mots OU lit sur les lèvres OU comprend par gestes -3] Surdité complète et incapacité de comprendre ce qu'on veut lui communiquer <input type="checkbox"/> appareil auditif	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui → 0 <input type="checkbox"/> Non → -1 <input type="checkbox"/> Non → -2 <input type="checkbox"/> Non → -3 Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> *

-4-

\*STABILITÉ : dans les 3 à 4 semaines qui viennent, il est prévisible que ces ressources :  diminuent,  augmentent,  restent stables ou ne s'applique pas.



INCAPACITÉS	RESSOURCES	HANDICAP	STABILITÉ*
	0. sujet lui-même 2. voisin 4. aux. fam 6. bénévole 8. préposé 1. famille 3. employé 5. infirmière 7. autre		
<b>3. PARLER</b>			
[0] Parle normalement [1] A une difficulté de langage mais réussit à exprimer sa pensée [2] A une difficulté grave de langage mais peut communiquer certains besoins primaires OU répondre à des questions simples (oui, non) OU utilise le langage gestuel [3] Ne communique pas Aide technique : <input type="checkbox"/> ordinateur <input type="checkbox"/> tableau de communication	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + •
<b>D. FONCTIONS MENTALES</b>			
<b>1. MÉMOIRE</b>			
[0] Mémoire normale [1] Oublie des faits récents (noms de personnes, rendez-vous, etc.) mais se souvient des faits importants [2] Oublie régulièrement des choses de la vie courante (fermer cuisinière, avoir pris ses médicaments, rangement des effets personnels, avoir pris un repas, ses visiteurs, etc.) [3] Amnésie quasi totale	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + •
<b>2. ORIENTATION</b>			
[0] Bien orienté par rapport au temps, à l'espace et aux personnes [1] Est quelques fois désorienté par rapport au temps, à l'espace et aux personnes [2] Est orienté seulement dans la courte durée (temps de la journée), le petit espace (environnement immédiat habituel) et par rapport aux personnes familières [3] Désorientation complète	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + •
<b>3. COMPRÉHENSION</b>			
[0] Comprend bien ce qu'on lui explique ou lui demande [1] Est lent à saisir des explications ou des demandes [2] Ne comprend que partiellement, même après des explications répétées OU est incapable de faire des apprentissages [3] Ne comprend pas ce qui se passe autour de lui	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + •

\*STABILITÉ : dans les 3 à 4 semaines qui viennent, il est prévisible que ces ressources :  diminuent,  augmentent,  restent stables ou ne s'applique pas.

-5-



INCAPACITÉS	RESSOURCES	HANDICAP	STABILITÉ*
	0. sujet lui-même 2. voisin 4. aux. fam 6. bénévole 8. préposé 1. famille 3. employé 5. infirmière 7. autre		
<b>4. JUGEMENT</b>			
<p>0 Évalue les situations et prend des décisions sensées</p> <p>-1 Évalue les situations et nécessite des conseils pour prendre des décisions sensées</p> <p>-2 Évalue mal les situations et ne prend des décisions sensées que si une autre personne les lui suggère</p> <p>-3 N'évalue pas les situations et on doit prendre les décisions à sa place</p>	<p>Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité</p> <p><input type="checkbox"/> Oui _____</p> <p><input type="checkbox"/> Non _____</p> <p>Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>0</p> <p>-1</p> <p>-2</p> <p>-3</p>	<p>-</p> <p>+</p> <p>•</p>
<b>5. COMPORTEMENT</b>			
<p>0 Comportement adéquat</p> <p>-1 Troubles de comportement mineurs (jérémiades, labilité émotionnelle, entêtement, apathie) qui nécessitent une surveillance occasionnelle ou un rappel à l'ordre ou une stimulation</p> <p>-2 Troubles de comportement qui nécessitent une surveillance plus soutenue (agressivité envers lui-même ou les autres, dérange les autres, errance, cris constants)</p> <p>-3 Dangereux, nécessite des contentions OU essaie de blesser les autres ou de se blesser OU tente de se sauver</p>	<p>Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité</p> <p><input type="checkbox"/> Oui _____</p> <p><input type="checkbox"/> Non _____</p> <p>Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>0</p> <p>-1</p> <p>-2</p> <p>-3</p>	<p>-</p> <p>+</p> <p>•</p>
<b>E. TÂCHES DOMESTIQUES (Activités de la vie domestique)</b>			
<b>1. ENTREtenir LA MAISON</b>			
<p>0 Entretien seul la maison (incluant entretien quotidien et travaux occasionnels) 0.5 Avec difficulté</p> <p>-1 Entretien la maison (incluant laver la vaisselle) mais requiert surveillance ou stimulation pour maintenir un niveau de propreté convenable OU nécessite de l'aide pour des travaux occasionnels (laver les planchers, doubles fenêtres, peinture, gazon, déneigement, etc.)</p> <p>-2 A besoin d'aide pour l'entretien quotidien de la maison</p> <p>-3 N'entretient pas la maison</p>	<p>Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité</p> <p><input type="checkbox"/> Oui _____</p> <p><input type="checkbox"/> Non _____</p> <p>Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>0</p> <p>-1</p> <p>-2</p> <p>-3</p>	<p>-</p> <p>+</p> <p>•</p>
<b>2. PRÉPARER LES REPAS</b>			
<p>0 Prépare seul ses repas 0.5 Avec difficulté</p> <p>-1 Prépare ses repas mais nécessite qu'on le stimule pour maintenir une alimentation convenable</p> <p>-2 Ne prépare que des repas légers OU réchauffe des repas déjà préparés (incluant la manutention des plats)</p> <p>-3 Ne prépare pas ses repas</p>	<p>Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité</p> <p><input type="checkbox"/> Oui _____</p> <p><input type="checkbox"/> Non _____</p> <p>Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>0</p> <p>-1</p> <p>-2</p> <p>-3</p>	<p>-</p> <p>+</p> <p>•</p>

-6-

\*STABILITÉ : dans les 3 à 4 semaines qui viennent, il est prévisible que ces ressources :  diminuent,  augmentent,  restent stables ou ne s'applique pas.



INCAPACITÉS	RESSOURCES	HANDICAP	STABILITÉ*
	0. sujet lui-même 2. voisin 4. aux. fam 6. bénévole 8. préposé 1. famille 3. employé 5. infirmière 7. autre		
<b>3. FAIRE LES COURSES</b> 0 Planifie et fait seul les courses (nourriture, vêtements, etc.) 0.5 Avec difficulté -1 Planifie et fait seul les courses mais nécessite qu'on lui livre -2 A besoin d'aide pour planifier ou faire les courses -3 Ne fait pas les courses	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui _____ <input type="checkbox"/> Non _____ Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + ▣
<b>4. FAIRE LA LESSIVE</b> 0 Fait toute la lessive seul 0.5 Avec difficulté -1 Fait la lessive seul mais nécessite une stimulation ou une surveillance pour maintenir un niveau de propreté convenable -2 A besoin d'aide pour faire la lessive -3 Ne fait pas la lessive	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input checked="" type="checkbox"/> Oui _____ <input type="checkbox"/> Non _____ Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + ▣
<b>5. UTILISER LE TÉLÉPHONE</b> 0 Se sert seul du téléphone (incluant la recherche d'un numéro dans le bottin) 0.5 Avec difficulté -1 Répond au téléphone mais ne compose que quelques numéros qu'il a mémorisés ou des numéros en cas d'urgence -2 Parle au téléphone mais ne compose pas de numéros ou ne décroche pas le récepteur -3 Ne se sert pas du téléphone	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui _____ <input type="checkbox"/> Non _____ Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + ▣
<b>6. UTILISER LES MOYENS DE TRANSPORT</b> 0 Utilise seul un moyen de transport (automobile, véhicule adapté, taxi, autobus, etc.) 0.5 Avec difficulté -1 Doit être accompagné pour utiliser un moyen de transport OU utilise seul le transport adapté -2 N'utilise que l'automobile ou le transport adapté à la condition d'être accompagné et aidé pour monter et descendre -3 Doit être transporté sur civière	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui _____ <input type="checkbox"/> Non _____ Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	0 -1 -2 -3	- + ▣

\*STABILITÉ : dans les 3 à 4 semaines qui viennent, il est prévisible que ces ressources :  diminuent,  augmentent,  restent stables ou ne s'applique pas.

-7-



INCAPACITÉS	RESSOURCES	HANDICAP	STABILITÉ*
	0. sujet lui-même 2. voisin 4. aux. fam 6. bénévole 8. préposé 1. famille 3. employé 5. infirmière 7. autre		
<b>7. PRENDRE SES MÉDICAMENTS</b>			
[0] Prend seul ses médicaments de façon adéquate OU ne prend pas de médicament [0,5] Avec difficulté			
[-1] A besoin de la surveillance (incluant surveillance à distance) pour prendre convenablement ses médicaments OU utilise un pilulier hebdomadaire (préparé par une autre personne)	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	[0] [-1] [-2] [-3]	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> •
[2] Prend ses médicaments s'ils sont préparés quotidiennement [3] On doit lui apporter ses médicaments en temps opportun <input type="checkbox"/> pilulier	Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
<b>8. GÉRER SON BUDGET</b>			
[0] Gère seul son budget (incluant gestion bancaire) [0,5] Avec difficulté			
[-1] A besoin d'aide pour effectuer certaines transactions complexes [-2] A besoin d'aide pour effectuer des transactions simples (encaisser un chèque, payer des comptes) mais utilise à bon escient l'argent de poche qu'on lui remet [-3] Ne gère pas son budget	Actuellement, le sujet a les ressources humaines (aide ou surveillance) pour combler cette incapacité <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	[0] [-1] [-2] [-3]	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> •
	Ressources : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		

\*STABILITÉ: dans les 3 à 4 semaines qui viennent, il est prévisible que ces ressources :  diminuent,  augmentent,  restent stables ou ne s'applique pas.

Pour obtenir plus d'information sur la grille d'évaluation SMAF® et son logiciel :  
 Centre d'expertise en santé de Sherbrooke  
 500, rue Murray, bureau 900, Sherbrooke (Québec) J1G 2K6 CANADA  
 Tél. : 819 821-5122 • Téléc. : 819 821-5202  
 info@expertise-sante.com • www.expertise-sante.com

© Marque de commerce du CESS.

© CESS 1983. Révisé en 2010. Tous droits réservés.

-8-

UPSAV



## Annexe I. 17: Score synthèse EGG

### SCORE DE SYNTHÈSE D'ÉVALUATION GERONTOLOGIQUE GLOBALE

#### **Critères généraux**

AGE ≥ 80 ANS <sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

COMORBIDITES ≥ 2 <sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

NOMBRE DE MÉDICAMENTS QUOTIDIEN >4 <sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

SCORE CRITÈRES GÉNÉRAUX :

#### **Évaluation de la continence**

INCONTINENCE URINAIRE <sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

Si OUI préciser : Totale  Partielle

INCONTINENCE ANALE <sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

Si OUI préciser : Totale  Partielle

SCORE ÉVALUATION DE LA CONTINENCE :

#### **Évaluation sensorielle**

TROUBLE VISUEL <sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

Port de prothèse : <sub>-0.5</sub> OUI <sub>0</sub> NON

TROUBLE AUDITIF : <sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

Port de prothèse : <sub>-0.5</sub> OUI <sub>0</sub> NON

TROUBLE DE LA COMMUNICATION <sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

Si OUI préciser :

SCORE ÉVALUATION SENSORIELLE :

#### **Évaluation de l'autonomie**

ATTEINTE DES ADL (score ADL : , ) <sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

ATTEINTE DES IADL (score IADL : , ) <sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

SCORE ÉVALUATION DE L'AUTONOMIE :

UPSAV



**Evaluation cognitive**

MMSE :

SCORE MMSE /30

NON APPLICABLE :

< A LA NORME DU NSC ?

<sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

TEST DE DUBOIS :

SCORE 5 mots

NON APPLICABLE :

< 9 ?

<sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

TEST DE L'HORLOGE

NON APPLICABLE :

ECHOUÉ ?

<sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

FLUENCES LITTERALES / CATEGORIELLES

Score fluences litterales :

Score fluences catégorielles :

NON APPLICABLE :

ABAISEES ?

<sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

GDS :

Score GDS :

NON APPLICABLE :

SCORE > 9 ?

<sub>1</sub> OUI <sub>0</sub> NON

**SCORE EVALUATION COGNITIVE :**

**Evaluation nutritionnelle**

MNA GLOBAL :

Score MNA :

≥ 24 <sub>0</sub>  
17 à 23,5 <sub>1</sub>  
< 17 <sub>2</sub>

IMC :

Score IMC :

≥ 21 kg/m<sup>2</sup> <sub>0</sub>  
< 21 kg/m<sup>2</sup> <sub>1</sub>  
< 18 kg/m<sup>2</sup> <sub>2</sub>

ALBUMINEMIE :

Valeur :

≥ 35 g/L <sub>0</sub>  
< 35 g/L <sub>1</sub>  
< 30 g/L <sub>2</sub>

PERTE DE POIDS INVOLONTAIRE :  OUI  NON

Si oui

< 5% en 1 mois ou < 10 % en 6 mois <sub>0</sub>

≥ 5% en 1 mois ou ≥ 10% en 6 mois <sub>1</sub>

≥ 10% en 1 mois ou ≥ 15% en 6 mois <sub>2</sub>

**SCORE EVALUATION NUTRITIONNELLE :**

UPSAV





***Evaluation des capacités physiques***

FORCE DE PREHENSION < 20%  
Score force de préhension :

<sub>1</sub> OUI    <sub>0</sub> NON

VITESSE DE MARCHÉ SUR 4,5 M < 20%  
Score vitesse de marche :

<sub>1</sub> OUI    <sub>0</sub> NON

MAUVAISE ENDURANCE

<sub>1</sub> OUI    <sub>0</sub> NON

SEDENTARITE  
SCORE : Kcal/SEM

<sub>1</sub> OUI    <sub>0</sub> NON

PERTE DE POIDS INVOLONTAIRE > 4,5 KG/DERNIERE ANNEE

<sub>1</sub> OUI    <sub>0</sub> NON

SPPB : Test de performance physique (Short Physical Performance Battery)

00-06 <sub>2</sub>

07-09 <sub>1</sub>

10-12 <sub>0</sub>

**SCORE EVALUATION DES CAPACITES PHYSIQUES :**

***Evaluation de l'équilibre***

ANTECEDENT DE CHUTE

<sub>1</sub> OUI    <sub>0</sub> NON

APPUI UNIPODAL < 5 secondes (échec)

<sub>1</sub> OUI    <sub>0</sub> NON

**SCORE EVALUATION DE L'EQUILIBRE :**

---

**SCORE TOTAL : , /32**

UPSAV



## Annexe I. 18: Proposition plan d'aide

### PROPOSITION PLAN D'AIDE ET DE SOINS

VOLET MEDICAL	
CONSEILS HYGIENO-THERAPEUTIQUES ET PREVENTIFS	
	Cocher la case
Activité de marche extérieure	<input type="checkbox"/>
Conseils diététiques Préciser :	<input type="checkbox"/>
Activités de lien social Préciser :	<input type="checkbox"/>
Prothèses visuelles	<input type="checkbox"/>
Prothèses auditives	<input type="checkbox"/>
Ateliers mémoires	<input type="checkbox"/>
Ateliers chutes	<input type="checkbox"/>
Autres :	<input type="checkbox"/>

UPSAV



<b>VOLET MEDICAL</b>	
<b>MODIFICATIONS THERAPEUTIQUES</b>	Cocher la case
Suppression de médicament Préciser :	<input type="checkbox"/>
Ajout de médicament Préciser :	<input type="checkbox"/>
Diminution d'une posologie médicamenteuse Préciser :	<input type="checkbox"/>
Augmentation d'une posologie médicamenteuse Préciser :	<input type="checkbox"/>
<b>EXAMENS COMPLEMENTAIRES</b>	Cocher la case
Type :	<input type="checkbox"/>



<b>VOLET MEDICAL</b>	
<b>HOSPITALISATIONS</b>	Cocher la case
Hospitalisation médecine interne gériatrique	<input type="checkbox"/>
Hospitalisation en psychogériatrie	<input type="checkbox"/>
Autres hospitalisations secteur conventionnel Préciser :	<input type="checkbox"/>
HDJ pour bilan d'anémie	<input type="checkbox"/>
HDJ pour bilan cognitif	<input type="checkbox"/>
HDJ pour bilan cardiovasculaire	<input type="checkbox"/>
HDJ pour bilan digestif	<input type="checkbox"/>
HDJ pour bilan rhumatologique	<input type="checkbox"/>
HDJ pour bilan nutritionnel	<input type="checkbox"/>
HDJ pour bilan neurologique	<input type="checkbox"/>
HDJ pour bilan neuropsychologique	<input type="checkbox"/>
HDJ pour bilan rénal	<input type="checkbox"/>
HDJ pour transfusion	<input type="checkbox"/>
HDJ pour bilan endocrinologique	<input type="checkbox"/>
HDJ de rééducation	<input type="checkbox"/>
Autre : .....	<input type="checkbox"/>



<b>VOLET MEDICAL</b>	
<b>CONSULTATIONS</b>	<b>Cocher la case</b>
Angiologie	<input type="checkbox"/>
Cardiologie	<input type="checkbox"/>
Chutes	<input type="checkbox"/>
Diététique	<input type="checkbox"/>
Douleur	<input type="checkbox"/>
Dermatologie	<input type="checkbox"/>
Endocrinologie	<input type="checkbox"/>
Gastroentérologie	<input type="checkbox"/>
Gériatrie	<input type="checkbox"/>
Gynécologie	<input type="checkbox"/>
Hématologie	<input type="checkbox"/>
Intervention Equipe Mobile de Psychogériatrie	<input type="checkbox"/>
Néphrologie	<input type="checkbox"/>
Neurologie	<input type="checkbox"/>
Neuropsychologie	<input type="checkbox"/>
Oncologie	<input type="checkbox"/>
Ophtalmologie	<input type="checkbox"/>
ORL	<input type="checkbox"/>
Orthopédie/traumatologie	<input type="checkbox"/>
Pneumologie	<input type="checkbox"/>
Psychiatrie	<input type="checkbox"/>
Réseau LINUT	<input type="checkbox"/>
Rhumatologie	<input type="checkbox"/>
Stomatologie	<input type="checkbox"/>
Urologie	<input type="checkbox"/>
Autre	<input type="checkbox"/>



<b>VOLET SOCIAL</b>		
<b>Evaluation assistante sociale</b> <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON		
<b>AIDES FINANCIERES</b>	<b>Information évaluation</b>	<b>action</b>
APA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revalorisation de l'APA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aide sociale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aide par les caisses de retraite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aide pour matériel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aide pour l'aménagement du domicile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mutuelle, CMU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>AIDES HUMAINES</b>	<b>Information évaluation</b>	<b>action</b>
IDE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aide ménagère	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auxiliaire de vie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Employé de maison	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Garde à domicile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kinésithérapeute	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Repas à domicile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Garde de nuit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SSIAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>PROTECTION JURIDIQUE</b>	<b>Information évaluation</b>	<b>Action</b>
Sauvegarde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Curatelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tutelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mandat de protection future	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



<b>HEBERGEMENT</b>	<b>Information évaluation</b>	<b>Action</b>
HDJ de réadaptation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Accueil de jour	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Accueil de nuit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Accueil familial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EHPA (établissement d'hébergement pour personnes âgées)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demande d'hébergement temporaire en EHPAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demande d'hébergement temporaire en USLD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demande d'entrée de précaution en EHPAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demande d'entrée de précaution en USLD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demande d'entrée en EHPAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demande d'entrée en USLD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Autre</b>	<b>Information évaluation</b>	<b>Action</b>
Atelier éducatif	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Relais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

UPSAV



<b>EVALUATION EN ERGOTHERAPIE</b>		
<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> OUI <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> NON	<b>Evaluation information</b>	<b>Action</b>
<b>REEDUCATION</b>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fonction articulaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fonction motrice	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensibilité superficielle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensibilité profonde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Préhension	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fonctions cognitives	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prise en charge libérale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HDJ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>READAPTATION</b>		
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Economie articulaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Education gestuelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mobilité transferts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Indépendance AVQ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Activités domestiques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Réadaptation sociale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conseil en aides techniques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Adaptation de l'environnement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Formation des aidants	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prise en charge libérale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
HDJ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>





AIDES TECHNIQUES	Evaluation information	Action
Téléalarme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Canne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Canne anglaise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Déambulateur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chaise garde-robe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Barres d'appui	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rehausseur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fauteuil roulant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lit médicalisé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lève malade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Domotique Préciser :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



<b>EVALUATION EN PSYCHOMOTRICITE</b>			
<input type="checkbox"/> <sub>1</sub> OUI	<input type="checkbox"/> <sub>0</sub> NON	<b>Evaluation information</b>	<b>Action</b>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



HEBERGEMENT	Réalisé	Non réalisé motif					
		Refus médecin traitant	Refus patient	Refus famille	Raison financière	Difficulté de mise en place	Evénement intercurrent
HDJ de réadaptation	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
Accueil de jour	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
Accueil de nuit	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
Accueil familial	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
EHPA	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
Demande d'hébergement temporaire en EHPAD	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
Demande d'hébergement temporaire en USLD	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
Demande d'entrée de précaution en EHPAD	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
Demande d'entrée de précaution en USLD	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
Demande d'entrée en EHPAD	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
Demande d'entrée en USLD	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....



EVALUATION EN ERGOTHERAPIE							
Réalisée <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non pourquoi ? :							
REEDUCATION	Réalisé	Non réalisé motif					
		Refus acteurs de terrain	Refus patient	Refus famille	Raison financière	Difficulté de mise en place	Evénement intercurrent
<input type="checkbox"/> Fonction articulaire	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Fonction motrice	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Sensibilité superficielle	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Sensibilité profonde	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Préhension	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Fonctions cognitives	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Prise en charge libérale	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> HDJ	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Autres	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
READAPTATION	Réalisé	Non réalisé motif					
		Refus acteurs de terrain	Refus patient	Refus famille	Raison financière	Difficulté de mise en place	Evénement intercurrent
<input type="checkbox"/> Economie articulaire	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Education gestuelle	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Mobilité transferts	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Indépendance AVQ	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....



<input type="checkbox"/> Activités domestiques	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Réadaptation sociale	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Conseil en aides techniques	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Adaptation de l'environnement	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Formation des aidants	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Prise en charge libérale	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> HDJ	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Autres	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....



AIDES TECHNIQUES	Réalisé	Non réalisé motif					
		Refus médecin traitant	Refus patient	Refus famille	Raison financière	Difficulté de mise en place	Evénement intercurrent
<input type="checkbox"/> Téléalarme	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Canne	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Canne anglaise	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Déambulateur	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Chaise garde-robe	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Barres d'appui	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Rehausseur	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Fauteuil roulant	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Lit médicalisé	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Lève malade	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Domotique Préciser :	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....



EVALUATION EN PSYCHOMOTRICITE							
Réalisée <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non pourquoi ? :							
PSYCHOMOTRICITE	Réalisé	Non réalisé motif et préciser					
		Refus acteurs de terrain	Refus patient	Refus famille	Raison financière	Difficulté de mise en place	Evénement intercurrent
<input type="checkbox"/> Education psychomotrice	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Réadaptation émotionnelle et relationnelle	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Réadaptation émotionnelle (marche, prévention, risque de chute)	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Contribution à la prise en charge de l'inconfort et de la douleur	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Contribution à l'intégration des outils substitutifs (déficiences, incapacités)	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Stimulation psychomotrice	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Rééducation psychomotrice	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Formation des aidants	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....
<input type="checkbox"/> Autres	<input type="checkbox"/> totalement <input type="checkbox"/> en cours <input type="checkbox"/> partiellement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Préciser : .....



## Annexe I. 19: Résultats du test d'ANOVA par k-means et classification on ascendante hiérarchique.

K-means	Classification ascendante hiérarchique																																																																																				
<p><b>SMAF à T0</b></p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T0 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(&gt; t )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>28.8747</td> <td>1.4903</td> <td>19.38</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>11.5954</td> <td>0.9562</td> <td>12.13</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-17.2794</td> <td>1.6281</td> <td>-10.61</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> </tbody> </table> <p>---            Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1            (Adjusted p values reported -- single-step method)</p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Confidence Intervals</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T0 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Quantile = 2.339            95% family-wise confidence level</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>lwr</th> <th>upr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>28.8747</td> <td>25.3888</td> <td>32.3607</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>11.5954</td> <td>9.3587</td> <td>13.8320</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-17.2794</td> <td>-21.0876</td> <td>-13.4711</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Autonome</th> <th>Dependant</th> <th>Mod_autonome</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">"a"</td> <td style="text-align: center;">"c"</td> <td style="text-align: center;">"b"</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Dependant - Autonome == 0	28.8747	1.4903	19.38	<2e-16 ***	Mod_autonome - Autonome == 0	11.5954	0.9562	12.13	<2e-16 ***	Mod_autonome - Dependant == 0	-17.2794	1.6281	-10.61	<2e-16 ***		Estimate	lwr	upr	Dependant - Autonome == 0	28.8747	25.3888	32.3607	Mod_autonome - Autonome == 0	11.5954	9.3587	13.8320	Mod_autonome - Dependant == 0	-17.2794	-21.0876	-13.4711	Autonome	Dependant	Mod_autonome	"a"	"c"	"b"	<p><b>SMAF à T0</b></p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T0 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(&gt; t )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>27.9468</td> <td>1.1103</td> <td>25.17</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>10.9901</td> <td>0.7921</td> <td>13.88</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-16.9567</td> <td>1.2124</td> <td>-13.99</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> </tbody> </table> <p>---            Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1            (Adjusted p values reported -- single-step method)</p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Confidence Intervals</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T0 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Quantile = 2.3447            95% family-wise confidence level</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>lwr</th> <th>upr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>27.9468</td> <td>25.3435</td> <td>30.5501</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>10.9901</td> <td>9.1329</td> <td>12.8473</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-16.9567</td> <td>-19.7995</td> <td>-14.1138</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Autonome</th> <th>Dependant</th> <th>Mod_autonome</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">"a"</td> <td style="text-align: center;">"c"</td> <td style="text-align: center;">"b"</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Dependant - Autonome == 0	27.9468	1.1103	25.17	<2e-16 ***	Mod_autonome - Autonome == 0	10.9901	0.7921	13.88	<2e-16 ***	Mod_autonome - Dependant == 0	-16.9567	1.2124	-13.99	<2e-16 ***		Estimate	lwr	upr	Dependant - Autonome == 0	27.9468	25.3435	30.5501	Mod_autonome - Autonome == 0	10.9901	9.1329	12.8473	Mod_autonome - Dependant == 0	-16.9567	-19.7995	-14.1138	Autonome	Dependant	Mod_autonome	"a"	"c"	"b"
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )																																																																																	
Dependant - Autonome == 0	28.8747	1.4903	19.38	<2e-16 ***																																																																																	
Mod_autonome - Autonome == 0	11.5954	0.9562	12.13	<2e-16 ***																																																																																	
Mod_autonome - Dependant == 0	-17.2794	1.6281	-10.61	<2e-16 ***																																																																																	
	Estimate	lwr	upr																																																																																		
Dependant - Autonome == 0	28.8747	25.3888	32.3607																																																																																		
Mod_autonome - Autonome == 0	11.5954	9.3587	13.8320																																																																																		
Mod_autonome - Dependant == 0	-17.2794	-21.0876	-13.4711																																																																																		
Autonome	Dependant	Mod_autonome																																																																																			
"a"	"c"	"b"																																																																																			
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )																																																																																	
Dependant - Autonome == 0	27.9468	1.1103	25.17	<2e-16 ***																																																																																	
Mod_autonome - Autonome == 0	10.9901	0.7921	13.88	<2e-16 ***																																																																																	
Mod_autonome - Dependant == 0	-16.9567	1.2124	-13.99	<2e-16 ***																																																																																	
	Estimate	lwr	upr																																																																																		
Dependant - Autonome == 0	27.9468	25.3435	30.5501																																																																																		
Mod_autonome - Autonome == 0	10.9901	9.1329	12.8473																																																																																		
Mod_autonome - Dependant == 0	-16.9567	-19.7995	-14.1138																																																																																		
Autonome	Dependant	Mod_autonome																																																																																			
"a"	"c"	"b"																																																																																			
<p><b>SMAF à T1</b></p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T1 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(&gt; t )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>35.170</td> <td>1.578</td> <td>22.29</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>10.911</td> <td>1.066</td> <td>10.23</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-24.259</td> <td>1.764</td> <td>-13.75</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> </tbody> </table> <p>---            Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1            (Adjusted p values reported -- single-step method)</p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Confidence Intervals</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T1 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Quantile = 2.3466            95% family-wise confidence level</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>lwr</th> <th>upr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>35.1698</td> <td>31.4671</td> <td>38.8726</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>10.9111</td> <td>8.4094</td> <td>13.4128</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-24.2587</td> <td>-28.3988</td> <td>-20.1187</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Autonome</th> <th>Dependant</th> <th>Mod_autonome</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">"a"</td> <td style="text-align: center;">"c"</td> <td style="text-align: center;">"b"</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Dependant - Autonome == 0	35.170	1.578	22.29	<2e-16 ***	Mod_autonome - Autonome == 0	10.911	1.066	10.23	<2e-16 ***	Mod_autonome - Dependant == 0	-24.259	1.764	-13.75	<2e-16 ***		Estimate	lwr	upr	Dependant - Autonome == 0	35.1698	31.4671	38.8726	Mod_autonome - Autonome == 0	10.9111	8.4094	13.4128	Mod_autonome - Dependant == 0	-24.2587	-28.3988	-20.1187	Autonome	Dependant	Mod_autonome	"a"	"c"	"b"	<p><b>SMAF à T1</b></p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T1 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(&gt; t )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>33.0494</td> <td>1.3548</td> <td>24.39</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>10.7195</td> <td>0.9739</td> <td>11.01</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-22.3299</td> <td>1.5187</td> <td>-14.70</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> </tbody> </table> <p>---            Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1            (Adjusted p values reported -- single-step method)</p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Confidence Intervals</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T1 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Quantile = 2.3497            95% family-wise confidence level</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>lwr</th> <th>upr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>33.0494</td> <td>29.8659</td> <td>36.2328</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>10.7195</td> <td>8.4311</td> <td>13.0079</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-22.3299</td> <td>-25.8984</td> <td>-18.7613</td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Autonome</th> <th>Dependant</th> <th>Mod_autonome</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">"a"</td> <td style="text-align: center;">"c"</td> <td style="text-align: center;">"b"</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Dependant - Autonome == 0	33.0494	1.3548	24.39	<2e-16 ***	Mod_autonome - Autonome == 0	10.7195	0.9739	11.01	<2e-16 ***	Mod_autonome - Dependant == 0	-22.3299	1.5187	-14.70	<2e-16 ***		Estimate	lwr	upr	Dependant - Autonome == 0	33.0494	29.8659	36.2328	Mod_autonome - Autonome == 0	10.7195	8.4311	13.0079	Mod_autonome - Dependant == 0	-22.3299	-25.8984	-18.7613	Autonome	Dependant	Mod_autonome	"a"	"c"	"b"
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )																																																																																	
Dependant - Autonome == 0	35.170	1.578	22.29	<2e-16 ***																																																																																	
Mod_autonome - Autonome == 0	10.911	1.066	10.23	<2e-16 ***																																																																																	
Mod_autonome - Dependant == 0	-24.259	1.764	-13.75	<2e-16 ***																																																																																	
	Estimate	lwr	upr																																																																																		
Dependant - Autonome == 0	35.1698	31.4671	38.8726																																																																																		
Mod_autonome - Autonome == 0	10.9111	8.4094	13.4128																																																																																		
Mod_autonome - Dependant == 0	-24.2587	-28.3988	-20.1187																																																																																		
Autonome	Dependant	Mod_autonome																																																																																			
"a"	"c"	"b"																																																																																			
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )																																																																																	
Dependant - Autonome == 0	33.0494	1.3548	24.39	<2e-16 ***																																																																																	
Mod_autonome - Autonome == 0	10.7195	0.9739	11.01	<2e-16 ***																																																																																	
Mod_autonome - Dependant == 0	-22.3299	1.5187	-14.70	<2e-16 ***																																																																																	
	Estimate	lwr	upr																																																																																		
Dependant - Autonome == 0	33.0494	29.8659	36.2328																																																																																		
Mod_autonome - Autonome == 0	10.7195	8.4311	13.0079																																																																																		
Mod_autonome - Dependant == 0	-22.3299	-25.8984	-18.7613																																																																																		
Autonome	Dependant	Mod_autonome																																																																																			
"a"	"c"	"b"																																																																																			
<p><b>SMAF à T2</b></p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T2 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(&gt; t )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>33.954</td> <td>2.048</td> <td>16.576</td> <td>&lt;1e-10 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>14.729</td> <td>1.163</td> <td>12.667</td> <td>&lt;1e-10 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-19.225</td> <td>2.212</td> <td>-8.693</td> <td>&lt;1e-10 ***</td> </tr> </tbody> </table> <p>---            Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1</p>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Dependant - Autonome == 0	33.954	2.048	16.576	<1e-10 ***	Mod_autonome - Autonome == 0	14.729	1.163	12.667	<1e-10 ***	Mod_autonome - Dependant == 0	-19.225	2.212	-8.693	<1e-10 ***	<p><b>SMAF à T2</b></p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T2 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(&gt; t )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>34.0483</td> <td>1.4659</td> <td>23.23</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>13.4785</td> <td>0.9233</td> <td>14.60</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-20.5698</td> <td>1.5940</td> <td>-12.90</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> </tbody> </table> <p>---            Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1</p>		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Dependant - Autonome == 0	34.0483	1.4659	23.23	<2e-16 ***	Mod_autonome - Autonome == 0	13.4785	0.9233	14.60	<2e-16 ***	Mod_autonome - Dependant == 0	-20.5698	1.5940	-12.90	<2e-16 ***																																												
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )																																																																																	
Dependant - Autonome == 0	33.954	2.048	16.576	<1e-10 ***																																																																																	
Mod_autonome - Autonome == 0	14.729	1.163	12.667	<1e-10 ***																																																																																	
Mod_autonome - Dependant == 0	-19.225	2.212	-8.693	<1e-10 ***																																																																																	
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )																																																																																	
Dependant - Autonome == 0	34.0483	1.4659	23.23	<2e-16 ***																																																																																	
Mod_autonome - Autonome == 0	13.4785	0.9233	14.60	<2e-16 ***																																																																																	
Mod_autonome - Dependant == 0	-20.5698	1.5940	-12.90	<2e-16 ***																																																																																	





<p>(Adjusted p values reported -- single-step method)</p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Confidence Intervals</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T2 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Quantile = 2.3397 95% family-wise confidence level</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>lwr</th> <th>upr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>33.9544</td> <td>29.1617</td> <td>38.7471</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>14.7289</td> <td>12.0082</td> <td>17.4496</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-19.2255</td> <td>-24.4001</td> <td>-14.0509</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Autonome</th> <th>Dependant</th> <th>Mod_autonome</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"a"</td> <td>"c"</td> <td>"b"</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>SMAF à T3</b></p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T3 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(&gt; t )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>34.529</td> <td>2.472</td> <td>13.968</td> <td>&lt;1e-09 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>16.839</td> <td>1.330</td> <td>12.665</td> <td>&lt;1e-09 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-17.690</td> <td>2.653</td> <td>-6.668</td> <td>&lt;1e-09 ***</td> </tr> </tbody> </table> <p>--- Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 (Adjusted p values reported -- single-step method)</p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Confidence Intervals</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T3 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Quantile = 2.3337 95% family-wise confidence level</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>lwr</th> <th>upr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>34.5291</td> <td>28.7600</td> <td>40.2982</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>16.8391</td> <td>13.7362</td> <td>19.9419</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-17.6901</td> <td>-23.8817</td> <td>-11.4984</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Autonome</th> <th>Dependant</th> <th>Mod_autonome</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"a"</td> <td>"c"</td> <td>"b"</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	lwr	upr	Dependant - Autonome == 0	33.9544	29.1617	38.7471	Mod_autonome - Autonome == 0	14.7289	12.0082	17.4496	Mod_autonome - Dependant == 0	-19.2255	-24.4001	-14.0509	Autonome	Dependant	Mod_autonome	"a"	"c"	"b"		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Dependant - Autonome == 0	34.529	2.472	13.968	<1e-09 ***	Mod_autonome - Autonome == 0	16.839	1.330	12.665	<1e-09 ***	Mod_autonome - Dependant == 0	-17.690	2.653	-6.668	<1e-09 ***		Estimate	lwr	upr	Dependant - Autonome == 0	34.5291	28.7600	40.2982	Mod_autonome - Autonome == 0	16.8391	13.7362	19.9419	Mod_autonome - Dependant == 0	-17.6901	-23.8817	-11.4984	Autonome	Dependant	Mod_autonome	"a"	"c"	"b"	<p>(Adjusted p values reported -- single-step method)</p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Confidence Intervals</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T2 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Quantile = 2.3454 95% family-wise confidence level</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>lwr</th> <th>upr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>34.0483</td> <td>30.6103</td> <td>37.4863</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>13.4785</td> <td>11.3131</td> <td>15.6440</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-20.5698</td> <td>-24.3083</td> <td>-16.8314</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Autonome</th> <th>Dependant</th> <th>Mod_autonome</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"a"</td> <td>"c"</td> <td>"b"</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>SMAF à T3</b></p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T3 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>Std. Error</th> <th>t value</th> <th>Pr(&gt; t )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>35.789</td> <td>1.702</td> <td>21.03</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>15.063</td> <td>1.050</td> <td>14.35</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-20.726</td> <td>1.845</td> <td>-11.23</td> <td>&lt;2e-16 ***</td> </tr> </tbody> </table> <p>--- Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 (Adjusted p values reported -- single-step method)</p> <p style="text-align: center;">Simultaneous Confidence Intervals</p> <p>Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts</p> <p>Fit: aov(formula = SMAF.T3 ~ Classe, data = Data)</p> <p>Quantile = 2.3416 95% family-wise confidence level</p> <p>Linear Hypotheses:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Estimate</th> <th>lwr</th> <th>upr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dependant - Autonome == 0</td> <td>35.7895</td> <td>31.8039</td> <td>39.7751</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Autonome == 0</td> <td>15.0633</td> <td>12.6057</td> <td>17.5208</td> </tr> <tr> <td>Mod_autonome - Dependant == 0</td> <td>-20.7262</td> <td>-25.0474</td> <td>-16.4050</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Autonome</th> <th>Dependant</th> <th>Mod_autonome</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"a"</td> <td>"c"</td> <td>"b"</td> </tr> </tbody> </table>		Estimate	lwr	upr	Dependant - Autonome == 0	34.0483	30.6103	37.4863	Mod_autonome - Autonome == 0	13.4785	11.3131	15.6440	Mod_autonome - Dependant == 0	-20.5698	-24.3083	-16.8314	Autonome	Dependant	Mod_autonome	"a"	"c"	"b"		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Dependant - Autonome == 0	35.789	1.702	21.03	<2e-16 ***	Mod_autonome - Autonome == 0	15.063	1.050	14.35	<2e-16 ***	Mod_autonome - Dependant == 0	-20.726	1.845	-11.23	<2e-16 ***		Estimate	lwr	upr	Dependant - Autonome == 0	35.7895	31.8039	39.7751	Mod_autonome - Autonome == 0	15.0633	12.6057	17.5208	Mod_autonome - Dependant == 0	-20.7262	-25.0474	-16.4050	Autonome	Dependant	Mod_autonome	"a"	"c"	"b"
	Estimate	lwr	upr																																																																																																																														
Dependant - Autonome == 0	33.9544	29.1617	38.7471																																																																																																																														
Mod_autonome - Autonome == 0	14.7289	12.0082	17.4496																																																																																																																														
Mod_autonome - Dependant == 0	-19.2255	-24.4001	-14.0509																																																																																																																														
Autonome	Dependant	Mod_autonome																																																																																																																															
"a"	"c"	"b"																																																																																																																															
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )																																																																																																																													
Dependant - Autonome == 0	34.529	2.472	13.968	<1e-09 ***																																																																																																																													
Mod_autonome - Autonome == 0	16.839	1.330	12.665	<1e-09 ***																																																																																																																													
Mod_autonome - Dependant == 0	-17.690	2.653	-6.668	<1e-09 ***																																																																																																																													
	Estimate	lwr	upr																																																																																																																														
Dependant - Autonome == 0	34.5291	28.7600	40.2982																																																																																																																														
Mod_autonome - Autonome == 0	16.8391	13.7362	19.9419																																																																																																																														
Mod_autonome - Dependant == 0	-17.6901	-23.8817	-11.4984																																																																																																																														
Autonome	Dependant	Mod_autonome																																																																																																																															
"a"	"c"	"b"																																																																																																																															
	Estimate	lwr	upr																																																																																																																														
Dependant - Autonome == 0	34.0483	30.6103	37.4863																																																																																																																														
Mod_autonome - Autonome == 0	13.4785	11.3131	15.6440																																																																																																																														
Mod_autonome - Dependant == 0	-20.5698	-24.3083	-16.8314																																																																																																																														
Autonome	Dependant	Mod_autonome																																																																																																																															
"a"	"c"	"b"																																																																																																																															
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )																																																																																																																													
Dependant - Autonome == 0	35.789	1.702	21.03	<2e-16 ***																																																																																																																													
Mod_autonome - Autonome == 0	15.063	1.050	14.35	<2e-16 ***																																																																																																																													
Mod_autonome - Dependant == 0	-20.726	1.845	-11.23	<2e-16 ***																																																																																																																													
	Estimate	lwr	upr																																																																																																																														
Dependant - Autonome == 0	35.7895	31.8039	39.7751																																																																																																																														
Mod_autonome - Autonome == 0	15.0633	12.6057	17.5208																																																																																																																														
Mod_autonome - Dependant == 0	-20.7262	-25.0474	-16.4050																																																																																																																														
Autonome	Dependant	Mod_autonome																																																																																																																															
"a"	"c"	"b"																																																																																																																															



Annexe I. 20: valeurs des beta\_j pour trajectoire SMAF modèle univarié avec GBTM

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=72, 33%			Trajectoire AFCD N=32, 14%		
	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald
<b>Age</b>						
< 80 years	-	-	-	-	-	-
≥ 80 years	1.9361	0.3767	26.4136	2.4918	0.6344	15.4292
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	-	-	-	-	-	-
Agriculteur	1.7272	0.7284	5.6230	0.4055	0.9860	0.1691
Ouvrir	-0.1054	0.7284	0.0209	0.7419	0.6820	1.1836
Employé / Profession intermédiaire en entreprise	0.3001	0.5359	0.3136	-2.1195	1.1232	3.5611
Directeur exécutif, entrepreneur	-0.0645	0.6811	0.0090	-0.6931	0.8975	0.5964
Commerçant / Profession libérale	0.7596	0.5322	2.0377	0.1823	0.6303	0.0837
Employé/cadre/intermédiaire de la fonction publique	-0.1234	0.5542	0.0496	-0.4418	0.6516	0.4598
<b>Niveau scolaire</b>						
Enseignement secondaire/supérieur	-	-	-	-	-	-
Peut lire, écrire, compter	0.9945	0.5376	3.4216	0.9792	0.6769	2.0928
Certificat d'enseignement primaire	-0.0554	0.3494	0.0251	-0.00608	0.4700	0.0002
Certificat d'études collégiales	-0.7767	0.4974	2.4384	-0.4761	0.4974	2.4384
<b>Situation matrimoniale</b>						
Marié.e	-	-	-	-	-	-
Célibataire, veuf.ve	-1.2212	0.6701	3.3209	-12.4801	259.3	0.0023
Divorcé.e, union libre	0.3615	0.3199	1.2768	0.6468	0.4313	2.2485
<b>Mode de vie</b>						
En couple, avec membre de famille	-	-	-	-	-	-
Seul.e	0.5389	0.3113	2.9978	0.2253	0.4049	0.3096
<b>Habitation</b>						
Propriétaire	-	-	-	-	-	-
Usufruitier	-0.6075	0.3567	2.9016	-0.4319	0.4931	0.7669
Locataire, hébergement gracieux	-1.1005	0.5074	4.7050	-0.1780	0.5973	0.0888
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2 000€	-	-	-	-	-	-
≤1 000€	0.8425	0.5276	2.5503	1.5945	0.6685	5.6885
1 000- 1 500€	0.3542	0.4166	0.7228	1.0657	0.5706	3.4883
1 500-2 000€	-0.0513	0.3762	0.0186	0.0966	0.5829	0.0275
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.6768	0.4145	16.3642	2.7494	0.4888	31.6435
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.4615	0.3308	19.5249	1.8292	0.4904	13.9154
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.2397	0.7238	2.9332	1.6916	0.7923	4.5582
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.7456	0.6883	1.1736	-1.6545	0.7042	5.5202
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-



Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD			Trajectoire AFCD		
	N=72, 33%			N=32, 14%		
Non	-1.3936	0.3220	18.7360	-1.7792	0.4683	14.4362
<b>Comorbidités≥2</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.5596	0.4392	1.6239	0.0998	0.6788	0.0216
<b>Diabète</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.00823	0.4159	0.0004	0.7665	0.4693	2.6675
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	1.0255	0.3609	8.0723	1.2164	0.5226	5.4169
<b>MMS</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.4315	0.4654	0.8598	2.3812	0.4753	25.0981
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.0311	0.4035	0.0059	1.3893	0.4357	10.1680
<b>Antécédent de chute</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.3376	0.3069	1.2098	-0.2377	0.4088	0.3381



Annexe I. 21: valeurs des beta<sub>j</sub> pour trajectoire SMAF modèle multivarié avec GBTM

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=72, 33%			Trajectoire AFCD N=32, 14%		
	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald
<b>Age</b>						
< 80 years	-	-	-	-	-	-
≥ 80 years	1.4271	0.5302	7.2452	2.3211	1.3324	3.0348
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	-	-	-	-	-	-
Agriculteur	1.9948	1.1409	3.0573	-0.0926	1.8883	0.0024
Ouvrir	-0.3705	1.0436	0.1260	2.2958	1.4453	2.5234
Employé / Profession intermédiaire en entreprise	-0.2150	0.7614	0.0797	-3.9372	1.9612	4.0303
Directeur exécutif, entrepreneur	-0.3634	0.9672	0.1412	-0.0532	1.4710	0.0013
Commerçant / Profession libérale	0.6299	0.7808	0.6508	0.3454	0.7623	0.2053
Employé/cadre/intermédiaire de la fonction publique	0.3744	1.2079	0.0961	0.4675	1.2521	0.1394
<b>Niveau scolaire</b>						
Enseignement secondaire/supérieur	-	-	-	-	-	-
Peut lire, écrire, compter	1.7328	0.8894	3.7954	-0.0307	1.4742	0.0004
Certificat d'enseignement primaire	-0.6504	0.5492	1.4026	-1.6274	0.8759	3.4523
Certificat d'études collégiales	-0.8350	0.7345	1.2925	-1.7083	1.1700	2.1321
<b>Situation matrimoniale</b>						
Marié.e	-	-	-	-	-	-
Célibataire, veuf.ve	-0.9636	0.9412	1.0482	-16.2723	264.8	0.0038
Divorcé.e, union libre	0.6706	0.5763	1.3537	1.8989	0.9374	4.1034
<b>Mode de vie</b>						
En couple, avec membre de famille	-	-	-	-	-	-
Seul.e	0.5389	0.3113	2.9978	0.2253	0.4049	0.3096
<b>Habitation</b>						
Propriétaire	-	-	-	-	-	-
Usufruitier	-0.6075	0.3567	2.9016	-0.4319	0.4931	0.7669
Locataire, hébergé.e	-1.1005	0.5074	4.7050	-0.1780	0.5973	0.0888
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2 000€	-	-	-	-	-	-
≤1 000€	-1.1409	0.9144	1.5567	-1.6045	1.4819	1.1724
1 000- 1 500€	0.2876	0.6320	0.2071	0.4321	1.0203	0.1793
1 500-2 000€	-0.0479	0.5728	0.0070	-0.9310	0.9810	0.9007
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.2690	0.6430	3.8947	2.9055	1.0555	7.5769
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.9090	0.5466	12.1967	3.5979	0.9999	12.9466
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.2982	1.2116	1.1481	2.1750	1.5547	1.9572
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.9698	1.1164	0.7546	-2.0625	1.4397	2.0523
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-1.5687	0.4804	10.6642	-1.3713	0.8027	2.9185
<b>Comorbidités≥2</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.5596	0.4392	1.6239	0.0998	0.6788	0.0216
<b>Diabète</b>						



Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=72, 33%				Trajectoire AFCD N=32, 14%		
Non	-	-	-	-	-	-	-
Oui	0.5178	0.6823	0.5759		2.0005	0.9298	4.6289
<b>Force de préhension&lt;20%</b>							
Non	-	-	-	-	-	-	-
Oui	1.9467	0.5836	11.1256		3.4485	1.0183	11.4679
<b>MMS</b>							
≥24	-	-	-	-	-	-	-
<24	0.8817	0.6959	1.6054		3.1956	0.9901	10.4171
<b>MNA</b>							
≥24	-	-	-	-	-	-	-
<24	-0.2106	0.6058	0.1208		2.4037	1.0966	4.8050
<b>Antécédent de chute</b>							
Non	-	-	-	-	-	-	-
Oui	-1.0444	0.4596	5.1639		-1.5819	0.7627	4.3016



Annexe I. 22: valeurs des beta<sub>j</sub> pour trajectoire SMAF modèle univarié avec k-means

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=53, 24%			Trajectoire AFCD N=18, 8%		
	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald
<b>Age</b>						
< 80 years	-	-	-	-	-	-
≥ 80 years	1.8980	0.4634	16.7732	1.0924	0.5901	3.4266
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	-	-	-	-	-	-
Agriculteur	1.2321	0.6770	3.3124	-0.2877	1.2002	0.0575
Ouvrir	-0.1542	0.7155	0.0464	0.1178	0.8381	0.0198
Employé / Profession intermédiaire en entreprise	-0.4212	0.6038	0.4866	-1.1144	0.9104	1.4982
Directeur exécutif, entrepreneur	-1.7345	1.1177	2.4084	-1.1750	1.1647	1.0178
Commerçant / Profession libérale	0.5754	0.5385	1.1415	-0.2513	0.7646	0.1080
Employé/cadre/intermédiaire de la fonction publique	-0.0645	0.5672	0.0129	-0.7089	0.8138	0.7589
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2000€	-	-	-	-	-	-
<1000€	1.0084	0.5597	3.2464	1.7323	0.7169	5.8385
1000-1500€	0.7680	0.4585	2.8054	1.0174	0.6675	2.3236
1500-2000€	0.3953	0.4260	0.8610	-1.5375	1.1349	1.8355
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.7914	0.3784	22.4180	3.0126	0.5859	26.4403
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.0973	0.3586	9.3626	0.6665	0.5260	1.6055
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.3089	0.6284	4.3391	1.2879	0.8772	2.1557
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.6722	0.6664	1.0176	-1.9252	0.7036	7.4870
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.8522	0.3332	6.5409	-3.0204	1.0420	8.4027
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.1930	0.3264	0.3497	1.2291	0.5280	5.4182
<b>Diabète</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.0690	0.4437	0.0242	0.9652	0.5473	3.1100
<b>Tabac</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.2804	0.3699	0.5749	-1.5282	1.0481	2.1260
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.6225	0.3812	2.6672	1.3855	0.7695	3.2419
<b>MMSE</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	1.3111	0.4388	8.9267	3.3905	0.6063	31.2765
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	1.0924	0.3870	7.9670	2.1539	0.5341	16.2631
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.3767	0.5732	0.4318	1.3646	0.6548	4.3436



Annexe I. 23: valeurs des  $\beta_j$  pour trajectoire SMAF modèle multivarié avec k-means

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=53, 24%			Trajectoire AFCD N=18, 8%		
	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald
<b>Age</b>						
< 80 years	-	-	-	-	-	-
≥ 80 years	1.7232	0.6237	7.6322	-13.3793	13.3691	1.0015
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	-	-	-	-	-	-
Agriculteur	0.7562	1.0190	0.5507	-37.4166	30.1506	1.5401
Ouvrir	-0.1687	0.8964	0.0354	3.1368	8.3563	0.1409
Employé / Profession intermédiaire en entreprise	-0.1824	0.7670	0.0566	-4.2340	4.8553	0.7605
Directeur exécutif, entrepreneur	-2.1995	1.3739	2.5630	15.1613	16.6750	0.8267
Commerçant / Profession libérale	0.1292	0.7239	0.0319	-13.7066	11.1860	1.5014
Employé/cadre/intermédiaire de la fonction publique	0.3126	0.7417	0.1777	20.1006	17.4380	1.3287
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2000€	-	-	-	-	-	-
<1000€	-0.9244	0.8967	1.0628	31.6502	45.1750	0.4909
1000-1500€	0.5189	0.6511	0.6351	47.0988	51.3444	0.8415
1500-2000€	-0.3997	0.5551	0.5185	41.5016	50.3873	0.6784
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.5287	0.5896	6.7230	22.2736	19.1366	1.3547
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	0.9324	0.5067	3.3867	-1.0906	4.1069	0.0705
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	0.8359	0.9636	0.7524	-2.2459	5.4969	0.1669
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-1.1828	0.9610	1.5148	-10.8138	6.2473	2.9963
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.4129	0.4705	0.7701	-29.4345	24.9686	1.3897
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.00574	0.4808	0.0001	-3.8174	3.9426	0.9375
<b>Diabète</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.0387	0.6298	0.0038	37.6405	29.5457	1.6230
<b>Tabac</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.6237	0.5276	1.3976	-7.0224	5.5205	1.6181
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	1.1935	0.5768	4.2818	6.8733	4.0295	2.9096
<b>MMSE</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	1.8007	0.6544	7.5725	27.6494	20.4402	1.8298
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	-0.1979	0.7555	0.4273	0.4368	0.9048	1.0315
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.1909	0.7900	0.0584	4.4119	6.1594	0.5131



Annexe I. 24: valeurs des beta\_j pour trajectoire SMAF modèle univarié avec CAH

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=60, 27%			Trajectoire AFCD N=25, 11%		
	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald
<b>Age</b>						
< 80 years	-	-	-	-	-	-
≥ 80 years	1.7052	0.4002	18.1573	1.9630	0.6389	9.4399
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	-	-	-	-	-	-
Agriculteur	2.0101	0.7324	7.5329	-0.2336	1.2121	0.0371
Ouvrir	-0.1001	0.7272	0.0189	0.2772	0.7090	0.1529
Employé / Profession intermédiaire en entreprise	-0.2382	0.5821	0.1675	-2.2812	1.1187	4.1583
Directeur exécutif, entrepreneur	-0.2542	0.7190	0.1250	-1.4864	1.1361	1.7117
Commerçant / Profession libérale	0.3054	0.5576	0.3000	-0.0260	0.6187	0.0018
Employé/cadre/intermédiaire de la fonction publique	0.0822	0.5587	0.0217	-1.1499	0.7655	2.2566
<b>Situation familiale</b>						
Marié.e	-	-	-	-	-	-
Célibataire, veuf.ve	-1.4355	0.7844	3.3490	-12.2549	286.5	0.0018
Divorcé.e, union libre	0.1967	0.3266	0.3628	0.7213	0.4827	2.2328
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2000€	-	-	-	-	-	-
<1000€	1.0498	0.5339	3.8662	1.3863	0.6686	4.2999
1000-1500€	0.4859	0.4419	1.2088	0.8224	0.5788	2.0188
1500-2000€	0.2384	0.4013	0.3530	-0.5723	0.6772	0.7142
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.7718	0.3944	20.1809	3.0010	0.5185	33.4951
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.4621	0.3575	16.7222	1.3296	0.4989	7.1015
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	1.4721	0.6475	5.1684	1.0542	0.8950	1.3875
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.1315	0.7247	0.0329	-1.6895	0.6514	6.7264
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-1.2847	0.3353	14.6781	-2.0149	0.5727	12.3784
<b>Tabac</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.1636	0.3628	0.2034	-1.1801	0.7657	2.3755
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.8672	0.3794	5.2243	1.0521	0.5743	3.3561
<b>MMSE</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.8334	0.4503	3.4248	2.7327	0.5081	28.9306
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.3714	0.4035	0.8475	1.8382	0.4678	15.4382
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.7709	0.5435	2.0119	1.0986	0.6562	2.8033





Annexe I. 25: valeurs des beta\_j pour trajectoire SMAF modèle univarié avec CAH

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=60, 27%			Trajectoire AFCD N=25, 11%		
	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald
<b>Age</b>						
< 80 years	-	-	-	-	-	-
≥ 80 years	-0.8565	0.5143	2.7732	-1.1601	1.1624	0.9961
<b>Profession</b>						
Femme au foyer, autre profession	-	-	-	-	-	-
Agriculteur	1.8583	1.0306	3.2509	-1.6312	1.9986	0.6661
Ouvrier	-0.9685	0.9992	0.9395	0.3404	1.2901	0.0696
Employé / Profession intermédiaire en entreprise	-0.8028	0.7838	1.0491	-4.2285	1.8597	5.1699
Directeur exécutif, entrepreneur	-0.4834	0.9508	0.2585	-0.5156	1.8253	0.0798
Commerçant / Profession libérale	-0.5915	0.7323	0.6524	-1.1609	1.1095	1.0948
Employé/cadre/intermédiaire de la fonction publique	0.2666	0.7387	0.1303	-1.8046	1.5049	1.4380
<b>Situation familiale</b>						
Marié.e	-	-	-	-	-	-
Célibataire, veuf.ve	-1.1723	1.0184	1.3252	-13.5910	314.0	0.0019
Divorcé.e, union libre	1.0057	0.5269	3.6430	1.0715	0.9694	1.2217
<b>Revenu mensuel</b>						
≥2000€	-	-	-	-	-	-
<1000€	-0.00437	0.9202	0.0000	-0.8402	1.4923	0.3169
1000-1500€	0.8605	0.6445	1.7827	0.6285	1.1541	0.2965
1500-2000€	-0.1195	0.5384	0.0492	0.6528	1.0855	0.3616
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	-1.6148	0.6227	6.7253	-3.0440	0.9679	9.8899
<b>Assistance humaine</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	-1.6126	0.4965	10.5498	-1.7017	0.8717	3.8111
<b>Assistance technique</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	0.0245	1.0229	0.0006	0.1513	1.6074	0.0089
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.1843	0.9676	0.0363	0.8358	1.2894	0.4202
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	1.4676	0.4681	9.8281	2.0674	0.9710	4.5336
<b>Tabac</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.1544	0.5288	0.0853	0.5487	1.2038	0.2077
<b>Force de préhension&lt;20%</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.2519	0.4962	0.2578	0.3229	0.9066	0.1269
<b>MMSE</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	-0.4158	0.7101	0.3430	-2.5265	0.9296	7.3873
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	-0.7303	0.5870	1.5480	-2.5066	1.0087	6.1746
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.4259	0.7615	0.3128	0.2937	1.2873	0.0521



Annexe I. 26: valeurs des beta\_j pour trajectoire ADL modèle univarié avec GBTM

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=108, 49%			Trajectoire AFCD N=13, 6%		
	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	0.00835	0.3294	0.0006	0.6487	0.6703	0.9366
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	0.2738	0.6221	0.1936	-1.7707	0.7973	4.9328
<b>Médicaments</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.1097	0.3253	0.1137	0.2953	0.8169	0.1307
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.0341	0.2777	0.0151	1.0208	0.7059	2.0910
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.4402	0.2865	2.3608	0.8456	0.6413	1.7388
<b>Perte de poids</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-1.0609	0.6089	3.0358	1.2164	0.7546	2.5986
<b>SPPB</b>						
Bonne	-	-	-	-	-	-
Moyenne	0.0345	0.3691	0.0087	1.1329	0.8580	1.7435
Faible	0.1880	0.3407	0.3044	1.4973	0.7718	3.7637
<b>Appui unipodal</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.0196	0.2797	0.0049	0.8008	0.6584	1.4794
<b>MMSE</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.5081	0.3719	1.8670	-0.4872	1.0877	0.2007
<b>GDS</b>						
<9	-	-	-	-	-	-
>9	-0.1782	0.2805	0.4037	-0.9236	0.6589	1.9646
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	-0.1579	0.3555	0.1973	0.8268	0.6748	1.5015



## Annexe I. 27: valeurs des beta\_j pour trajectoire ADL modèle multivarié avec GBTM

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=108, 49%			Trajectoire AFCD N=13, 6%		
	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	0.6893	0.6035	1.3047	1.8850	1.6938	1.2385
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-1.1291	0.8766	1.6592	0.1460	1.8605	0.0062
<b>Médicaments</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-1.1328	0.5302	4.5654	9.8908	232.8	0.0018
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.9224	0.4559	4.0930	0.0230	1.3341	0.0003
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.3366	0.4841	0.4835	1.6821	1.5173	1.2291
<b>Perte de poids</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	1.5725	0.6803	5.3422	2.8405	2.0345	1.9493
<b>SPPB</b>						
Bonne	-	-	-	-	-	-
Moyenne	-1.0714	0.7691	1.9402	-0.8410	1.8441	0.2080
Faible	-0.6731	0.7771	0.7501	-0.3187	1.8888	0.0285
<b>Appui unipodal</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.2524	0.6169	0.1674	0.2223	1.6761	0.0176
<b>MMSE</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	-0.4409	0.6450	0.4673	1.4649	1.2007	1.4885
<b>GDS</b>						
<9	-	-	-	-	-	-
>9	-0.3118	0.4711	0.4380	-1.1432	1.2088	0.8945
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.6097	0.5679	1.1524	2.4776	1.2673	3.8219



Annexe I. 28: valeurs des beta\_j pour trajectoire ADL modèle univarié avec k-means

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=36, 16%			Trajectoire AFCD N=9, 4%		
	$\hat{\beta}_j$	Écart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Écart-type	Khi-2 de Wald
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	0.1838	0.4263	0.1858	1.9756	0.7305	7.3141
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.9591	0.6421	2.2314	-1.7859	0.8797	4.1220
<b>Diabète</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.8621	0.6347	1.8447	0.8430	0.7342	1.3181
<b>Surpoids</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.0967	0.4210	0.0528	1.2255	0.6921	3.1355
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.6964	0.3786	3.3834	-0.3490	0.6877	0.2576
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.1412	0.3799	0.1382	1.6821	0.8166	4.2434
<b>MMS</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.0919	0.4938	0.0347	2.3946	0.7374	10.5450
<b>GDS</b>						
<9	-	-	-	-	-	-
>9	-0.4833	0.3678	1.7269	-1.6248	0.8165	3.9601
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.3636	0.4495	0.6541	2.8690	0.8271	12.0322



Annexe I. 29: valeurs des beta\_j pour trajectoire ADL modèle multivarié avec k-means

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=36, 16%			Trajectoire AFCD N=9, 4%		
	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Ecart-type	Khi-2 de Wald
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	0.00671	0.4637	0.00671	1.0737	0.9699	1.2255
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.9340	0.7675	1.4809	0.4161	1.3530	0.0946
<b>Diabete</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.6947	0.6573	1.1169	1.0169	1.0108	1.0122
<b>Surpoids</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.1365	0.4397	0.0964	1.6778	0.9615	3.0449
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.7336	0.4004	3.3568	-0.4157	0.9212	0.2037
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.2187	0.4059	0.2903	1.3118	1.0829	1.4675
<b>MMS</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.1614	0.5386	0.0898	0.9418	1.0092	0.8710
<b>GDS</b>						
<9	-	-	-	-	-	-
>9	-0.4483	0.3973	1.2733	-1.6330	1.1488	2.0206
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.1031	0.5522	0.0348	2.6809	1.0840	6.1166



## Annexe I. 30: valeurs des beta\_j pour trajectoire ADL modèle univarié avec CAH

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=42, 13%			Trajectoire AFCD N=9, 4%		
	$\hat{\beta}_j$	Écart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Écart-type	Khi-2 de Wald
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	0.2314	0.3969	0.3401	1.9925	0.7317	7.4155
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-1.8467	0.6138	9.0514	-2.2316	0.9214	5.8656
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.3773	0.3480	1.1752	-1.2050	0.8165	2.1781
<b>Diabète</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-1.1041	0.6307	3.0640	0.7931	0.7345	1.1658
<b>Surpoids</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.3835	0.4124	0.8647	1.1692	0.6924	2.8515
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.7912	0.3555	4.9543	-0.3902	0.6885	0.3212
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.0355	0.3498	0.0103	1.7131	0.8173	4.3936
<b>MMS</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.4626	0.4349	1.1316	2.4851	0.7407	11.2575
<b>GDS</b>						
<9	-	-	-	-	-	-
>9	-0.5402	0.3441	2.4649	-1.6532	0.8172	4.0930
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.7949	0.4032	3.8861	2.9969	0.8305	13.0202
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.1313	0.6647	0.0390	1.3604	0.8661	2.4672
<b>Sédentarité</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.6357	0.3209	3.9238	-0.6357	0.3209	3.9238



Annexe I. 31: valeurs des beta\_j pour trajectoire ADL modèle multivarié avec CAH

Facteurs prédictifs	Trajectoire AFSD N=42, 13%			Trajectoire AFCD N=9, 4%		
	$\hat{\beta}_j$	Écart-type	Khi-2 de Wald	$\hat{\beta}_j$	Écart-type	Khi-2 de Wald
<b>Aide financière</b>						
Assistance	-	-	-	-	-	-
Aucune assistance	-0.2145	0.4534	0.2239	1.6685	1.1672	2.0436
<b>Loisirs</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-1.5943	0.7402	4.6398	-0.5530	1.4377	0.1479
<b>Appartenance à une association</b>						
Oui	-	-	-	-	-	-
Non	-0.0489	0.3978	0.0151	-1.0682	1.2804	0.6960
<b>Diabète</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.9671	0.6670	2.1019	0.4731	1.1833	0.1598
<b>Surpoids</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.1190	0.4463	0.0711	1.9122	1.1306	2.8609
<b>Dyslipidémie</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.9180	0.3975	5.3335	0.3982	1.2075	0.1087
<b>Incontinence urinaire</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	-0.0651	0.3938	0.0273	1.8912	1.3765	1.8877
<b>MMS</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.4966	0.5076	0.9574	0.1528	1.2216	0.0156
<b>GDS</b>						
<9	-	-	-	-	-	-
>9	-0.3682	0.3892	0.8950	-1.6874	1.2534	1.8123
<b>MNA</b>						
≥24	-	-	-	-	-	-
<24	0.4297	0.5177	0.6890	2.6787	1.2480	4.6069
<b>Albumine&lt;35g/l</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.0219	0.6976	0.0010	0.9218	1.4583	0.3996
<b>Sédentarité</b>						
Non	-	-	-	-	-	-
Oui	0.3362	0.3839	0.7669	3.1938	1.4829	4.6386



## Annexe I. 32: Syntaxe R pour analyse de trajectoires

### ##### Analyse de trajectoires par kml #####

Le **package kml** : K-Means for Longitudinal Data est téléchargeable sur le site

<http://www.jstatsoft.org/v65/i04/> Christophe Genolini, Xavier Alacoque, Marianne Sentenac, Catherine Arnaud (2015). kml and kml3d: R Packages to Cluster Longitudinal Data. Journal of Statistical Software, 65(4), 1-34. URL

```
library(kml) #chargement du package permettant de clustériser des données  
longitudinales ou des trajectoires
```

```
cld0<-cld(Data[1,],timeInData=2:5) #génère la trajectoire d'un seul individu  
cld0
```

```
plot(cld0,main="Nom de la trajectoire") #visualisation de la trajectoire
```

```
cld00<-cld(Data [1:221,],timeInData=2:5) #génère les trajectoires de tous les  
individus (221 dans notre cas)  
cld00
```

```
plot(cld00,main=" Nom de la trajectoire ") #visualisation des trajectoires
```

```
cdl<-cld(Data,timeInData=2:5) #génère toutes les trajectoires  
cdl
```

```
kml(cdl,3,toPlot="traj") #utilise l'algorithme kmeans pour générer les  
trajectoires moyennes (ici en trois groupes) et affiche graphiquement les  
résultats
```

#####





## Annexe I. 33: Syntaxe SAS pour analyse de trajectoires

### ##### Analyse de trajectoires par PROC TRAJ #####

Le **macro traj** et la procédure d'installation est téléchargeable à partir du site

<https://www.andrew.cmu.edu/user/bjones/index.htm> Copyright © 2016 Bobby Jones

**PROC TRAJ DATA = OUT** /\*Fichier de sortie constitué des probabilités prédites que l'individu appartienne à chaque trajectoire\*/

**OUTPLOT** /\*Fichier de sortie qui permettant de tracer les graphiques\*/

**OUTSTAT** /\*Fichier de sortie contenant les équations des trajectoires\*/

**OUTEST** /\*Fichier de sortie constitué des paramètres des trajectoires et les statistiques d'ajustement du modèle\*/

**MODEL cnorm/zip/logit**/\*Définition de la variable réponse :CNORM : Normal censurée (utilisée dans notre cas) ; ZIP : Zero inflated Poisson, lorsque la variable réponse est un dénombrement ; Logit: lorsque la variable réponse est dichotomique\*/

**ITDETAIL**/\*affiche les itérations de minimisation pour suivre la progression de l'ajustement du modèle\*/

**VAR** /\*Variable dépendante ou variable d'intérêt. Elle est mesurée à différents temps\*/

**INDEP**/\*Variable.s explicatives, mesurée.s au moment de la mesure de la variable dépendante\*/

**ID**/\*Contient les informations pour identifier les individus, nécessaires pour les trajectoires\*/

**ORDER**; Polynomial (0=intercept, 1=linear, 2=quadratic, 3=cubic) pour chaque groupe\*/

**%trajplot (OP, OS, "Title of graph", "Subtitle", "Y-axis label", "X-axis label")**/\*Visualisation des trajectoires\*/

#####



## Table des illustrations

Figure I. 1: Représentation par tranche d'âge de la population ex-région Limousine au cours des quarante dernières années (1975 – 2019). Source des données : Insee. ....	17
Figure I. 2: Représentation de la population ex-région Limousine par tranche d'âge et par département au premier janvier 2019. Source des données : Insee. ....	18
Figure I. 3: <b>Pyramide des âges de la population de la Nouvelle-Aquitaine.</b> <i>L'axe vertical des ordonnées désigne les classes d'âge. Les plus jeunes sont en bas et les plus âgées en haut. L'axe horizontal des abscisses illustre l'effectif de la population en milliers d'habitants. L'effectif des femmes est placé à droite et celui des hommes à gauche.</i> Source des données : (Insee, 2019). ....	18
Figure I. 4: <b>Estimation en 2050 de la pyramide des âges de la population des personnes âgées Néo-Aquitaine.</b> <i>L'axe vertical des ordonnées désigne les classes d'âge. Les plus jeunes sont en bas et les plus âgées en haut. L'axe horizontal des abscisses illustre le pourcentage de la population en milliers d'habitants. L'effectif des femmes est placé à droite et celui des hommes à gauche</i> (Insee, 2017). ....	19
Figure II. 1: Directed Acyclic Graph Representing the Independence Assumptions (Jones et al., 2001, p 376). ....	42
Figure II. 2: Distribution du système de mesure de l'autonomie fonctionnelle. ....	74
Figure II. 3: <b>Groupes de trajectoires pour les profils SMAF dans le temps avec pourcentage d'adhésion pour chaque groupe.</b> <i>L'axe des y représente les scores du SMAF. Trois groupes de trajectoires ont été identifiés : groupe 1 stable ; groupe 2 stable puis altéré ; groupe 3 constamment altéré. Trajectoires obtenues par la méthode GBTM.</i> ....	77
Figure II. 4: Critère de Calinski-Harabasz et évaluation de la proportion d'inertie expliquée. ....	85
Figure II. 5: <b>Groupes de trajectoires pour les T0 profils SMAF dans le temps avec pourcentage d'adhésion pour chaque groupe de trajectoires.</b> <i>L'axe des y représente les scores du SMAF. Trois groupes de trajectoires ont été identifiés : groupe 1 stable ; groupe 2 stable puis altéré ; groupe 3 constamment altéré. Trajectoires obtenues par la méthode de partitionnement k-means.</i> ....	87
Figure II. 6: Partition des individus en 3 groupes. ....	92
Figure II. 7: Choix du nombre optimal de groupes par critère de saut d'inertie. ....	93
Figure II. 8: Partition des individus en 3 groupes. Groupes de trajectoires pour les profils SMAF dans le temps avec pourcentage d'adhésion. Trajectoires obtenues par la classification ascendante hiérarchique. ....	93
Figure II. 9: Représentation des valeurs du BIC des modèles obtenus par k-means et CAH. ....	100
Figure II. 10: Représentation des groupes selon le BIC par k-means et CAH. ....	101
Figure II. 11: Représentation du BIC pour le modèle estimé pour les méthodes k-means et CAH. ....	102
Figure II. 12: Représentation de l'ICL des modèles pour k-means et CAH. ....	103
Figure II. 13: Distribution des ADLs. ....	105
Figure II. 14: Trajectoires des scores des activités de la vie quotidienne (ADLs) de 24 mois de suivi. ....	108
Figure II. 15: Critère de Calinski Harabasz et évaluation de la proportion d'inertie expliquée. ....	113



Figure II. 16: Trajectoires d'autonomie fonctionnelle pour la méthode du k-means. Trois groupes se sont distingués en termes d'autonomie pour les ADLs au cours de la période des 24 mois de suivi. 114	
<i>Figure II. 17 : Partition des individus en 3 groupes.</i> .....	118
<i>Figure II. 18 : Choix du nombre optimal de groupes par critère de saut d'inertie.</i> .....	119
Figure II. 19 : <b>Trajectoires d'autonomie fonctionnelle pour la méthode du CAH.</b> <i>Trois groupes se sont distingués en termes d'autonomie pour les ADLs au cours de la période des 24 mois de suivi.</i> 119	
Figure III. 1: Importance des chutes chez les sujets de l'étude. ....	203
Figure III. 2: Taux d'incidence des résultats cliniques selon le groupe de trajectoire de d'autonomie fonctionnelle. ....	204
Figure III. 3: Prévalence de l'âge et du sexe par trajectoire d'autonomie fonctionnelle pour le SMAF. ....	205
Figure III. 4: Prévalence des comorbidités et du nombre de médicaments quotidiens par trajectoire d'autonomie fonctionnelle pour le SMAF. ....	206
Figure III. 6: Prévalence des certaines pathologies (hypertension artérielle, AVC, diabète, démence) et du nombre d'hospitalisation par trajectoire d'autonomie fonctionnelle SMAF. ....	206
Figure III. 7: Taux d'incidence des résultats cliniques selon le groupe de trajectoire de d'autonomie fonctionnelle des ADLs. ....	207
Figure III. 8: Prévalence de l'âge et du sexe par trajectoire d'autonomie fonctionnelle pour les ADLs. ....	208
Figure III. 9: Prévalence des comorbidités et du nombre de médicaments quotidiens par trajectoire d'autonomie fonctionnelle pour les ADLs. ....	208
Figure III. 10: Prévalence des pathologies (hypertension artérielle, AVC, diabète, démence) et du nombre d'hospitalisation par trajectoire d'autonomie fonctionnelle pour les ADLs. ....	209
Figure III. 11: Courbes de survie des sujets chuteurs issus des trajectoires d'autonomie fonctionnelle pour le SMAF. ....	209
Figure III. 12: Courbes de survie des sujets chuteurs issus des trajectoires d'autonomie fonctionnelle pour les ADLs. ....	210
<i>Figure IV. 1: Probabilité de survie des patients.</i> .....	225



## Table des tableaux

Tableau II. 1: Matrice de confusion .....	65
Tableau II. 2: Caractéristique globale de la population d'étude. ....	68
Tableau II. 3: Illustration des probabilités postérieures d'assignation de 5 patients et 3 trajectoires d'autonomie fonctionnelle. ....	76
Tableau II. 4: Valeurs du BIC de six modèles et proportions de patients par groupe de trajectoire. ....	76
Tableau II. 5: Estimation des paramètres du modèle conditionnel (modèle sans les facteurs de risque). ....	77
Tableau II. 6: Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de $\chi^2$ .....	79
Tableau II. 7: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique. ....	81
Tableau II. 8: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique. ....	83
Tableau II. 9: Estimation des paramètres du modèle conditionnel (inclusion de facteur de risque). ....	84
Tableau II. 10: Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle. ....	84
Tableau II. 11: Matrice de confusion .....	85
Tableau II. 12: Résultats de la partition des sujets en trois groupes.....	86
Tableau II. 13: Résultats de la partition des sujets en trois groupes.....	86
Tableau II. 14: Moyennes et écart-types du SMAF au moyen du k-means. ....	87
Tableau II. 15: Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de $\chi^2$ .....	88
Tableau II. 16: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique. ....	89
Tableau II. 17: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique. ....	91
Tableau II. 18: Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle. ....	91
Tableau II. 19: Matrice de confusion .....	92
Tableau II. 20: Moyennes du SMAF par classification ascendante hiérarchique. ....	94
Tableau II. 21: Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de $\chi^2$ .....	95
Tableau II. 22: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique. ....	96
Tableau II. 23: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique. ....	98
Tableau II. 24 : Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle. ....	99



Tableau II. 25 : Matrice de confusion .....	99
Tableau II. 26: Résultats du calcul de l'AIC par variation du nombre de groupes k. ....	100
Tableau II. 27: Résultats du calcul du BIC. ....	101
Tableau II. 28: Résultats du calcul du BIC .....	102
Tableau II. 29: Résultats du calcul de l'ICL par k-means et CAH .....	103
Tableau II. 30: Illustration des probabilités postérieures d'assignation de 5 patients et 3 trajectoires d'autonomie fonctionnelle .....	105
Tableau II. 31: Valeurs du BIC de six modèles et proportions de patients par trajectoire. ....	106
Tableau II. 32: Illustration des probabilités postérieures d'assignation de 5 patients et 3 trajectoires d'autonomie fonctionnelle (ADL). ....	106
Tableau II. 33: Estimation des paramètres du modèle de trajectoire.....	107
Tableau II. 34: Moyennes et écart-types des ADLs au moyen du k-means. ....	108
Tableau II. 35: Estimation des paramètres du modèle conditionnel (inclusion de facteurs de risque). ....	109
Tableau II. 36: Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de $\chi^2$ .....	109
Tableau II. 37: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique.....	110
Tableau II. 38: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique.....	111
Tableau II. 39 : Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle.....	112
Tableau II. 40: Matrice de confusion .....	112
Tableau II. 41: Résultats de la partition des sujets en trois groupes.....	113
Tableau II. 42: Résultats de la partition des sujets en trois groupes.....	113
Tableau II. 43: Moyennes et écart-types des ADLs au moyen du k-means. ....	114
Tableau II. 44: Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de $\chi^2$ .....	115
Tableau II. 45 : Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique.....	116
Tableau II. 46: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique.....	117
Tableau II. 47 : Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle.....	118
Tableau II. 48: Matrice de confusion .....	118
Tableau II. 49 : Moyennes des ADLs par classification ascendante hiérarchique.....	120
Tableau II. 50 : Caractéristiques des patients par groupes de trajectoires via le test de $\chi^2$ .....	120
Tableau II. 51: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse univariée par régression logistique.....	121



Tableau II. 52: Variables explicatives indépendantes associées à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle stable puis altérée et à la trajectoire d'autonomie fonctionnelle constamment dégradante : résultats de l'analyse multivariée par régression logistique. ....	122
Tableau II. 53: Statistique d'ajustement du modèle pour le diagnostic du modèle. ....	123
Tableau II. 54: Matrice de confusion .....	123
Tableau III. 1: Résultats cliniques des trajectoires. ....	204
Tableau III. 2: Résultats cliniques des trajectoires. ....	207
Tableau IV. 1: Facteurs prédictifs de la survie à long terme chez les patients (modèle de Cox). ....	225
Tableau IV. 2: Vérification de l'hypothèse de risque relatif. ....	226

