

RESUME

Mots-clés : engagements sociaux, régimes de retraite, modèles statistiques linéaires et non linéaires, tests statistiques, gains et pertes actuariels.

L'évaluation des « passifs sociaux » ou plus précisément des engagements de retraite, consiste à estimer la « dette » qu'une entreprise a envers ses salariés au titre de la retraite. Ces avantages sociaux sont des « régimes », c'est-à-dire une convention par laquelle l'employeur prévoit le versement de prestations aux employés pendant leur période d'activité ou après leur date de fin d'activité, pouvant prendre plusieurs formes : les régimes de retraite (à prestations définies ou à cotisations définies), les indemnités de fin de carrière (IFC) ou les médailles du travail (MdT).

Pour évaluer ces engagements, qui sont « la valorisation d'un salaire différé, actualisé et probabilisé », l'actuaire procède en deux temps. D'une part, il doit obtenir de l'entreprise un certain nombre de données sociales concernant ses salariés puis réaliser des tests de cohérence sur ces données afin de s'assurer que celles-ci soient « valides ». Dans un deuxième temps, il formule des hypothèses actuarielles nécessaires au calcul des engagements, tout en étant en conformité avec les normes locales ou internationales qui se veulent prudentes. Les hypothèses retenues sont à la fois la décision de l'entreprise et de son actuaire. L'enjeu est de garantir, par des choix justes et précis, la fiabilité des évaluations pour ne pas conduire l'entreprise à réaliser des pertes ou gains techniques trop lourds sur ces engagements. Parmi les hypothèses majeures à établir, on en distingue de deux natures : les hypothèses économiques qui sont la détermination du taux d'actualisation, du niveau de l'inflation ou encore du taux de croissance des salaires, et les hypothèses démographiques qui permettent à l'entreprise de considérer les spécificités propres des adhérents au régime à l'égard de certains critères tels que l'âge de prise de retraite, la mortalité, l'invalidité ou le taux de rotation du personnel ou taux de turnover.

Et c'est bien cette dernière hypothèse, propre à l'entreprise, qui attire toute notre attention car le taux de turnover a un impact important sur l'évaluation des engagements de retraite mais reste aujourd'hui l'hypothèse la « moins » réglementée qui laisse une marge de manœuvre

plus importante à l'entreprise. Une étude de ce paramètre s'avère donc être nécessaire afin de pouvoir les évaluer au plus juste. De plus, elle constitue un véritable enjeu pour les consultants qui doivent justifier leurs choix car une sous-estimation des probabilités de présence des salariés dans l'entreprise à l'âge de la retraite engendre une sous-estimation de l'engagement et inversement.

L'idée de ce présent mémoire est donc de s'intéresser à l'étude du taux de turnover pour le compte d'une entreprise cliente, dont on prendra soin de décrire les données et surtout pour laquelle nous disposons de données précises, dans le but de déterminer le modèle statistique qui s'ajuste le mieux à nos données. Outre les critères statistiques de détermination du meilleur modèle, nous mesurerons la pertinence du modèle sélectionné en réalisant les calculs actuariels et en observant les gains et pertes actuariels générés sur les années suivantes.

ABSTRACT

Key words: benefit obligation, pension plans, linear and nonlinear statistical models, statistical tests, actuarial gains and losses.

The calculation of "companies' liabilities" or more precisely of retirement benefit obligations, consists in estimating the "retirement debt" that a company has towards its employees. These benefits are pension plans, i.e. a collective agreement by which the employer projects the payment of benefits to the employees during their working life or after their completion date of activity, which can take several forms: retirement indemnity plans, defined benefit pension plans or jubilee plans.

To estimate these benefit obligations, which are "the valorization of projected wages, discounted and multiplied by probabilities of being in the company at the retirement age", the actuary acts in two times. On the one hand, he must obtain from the company a certain number of social data concerning its employees then, he has to carry out "tests of coherence" on these data in order to make sure that those are well "reliable". In the second time, he chooses actuarial assumptions which are necessary to the calculation of benefits, without forgetting to be in accordance with the local or international standards. The assumptions selected are at the same time the decision of the company and its actuary. The stake is to guarantee the reliability of the valuations, in order not to lead the company to carry out technical losses or gains too heavy on these benefits. Among the major assumptions to establish, we can distinguish some from two types: the economic assumptions which are the determination of the discount rate, the level of the inflation or of the growth rate of the wages, and the demographic assumptions which make possible for the company to consider clean specificities of the members of the plans with regard to certain criteria such as the age of retirement, mortality, the disability or the turnover rate.

And it is this last assumption, specific to the company, which attracts all our attention because the turnover rate has an important impact on the benefits valuations. But today, it remains the "less" regulated assumption which leaves a more important leeway to the company. A study of this parameter proves to be necessary to calculate, in the more precisely way, the benefit

obligations. Moreover, it is a true stake for the consultants who must justify their choices because an undervaluation of the probabilities of presence of employees in the company at the retirement age generates an undervaluation of the benefit obligations and conversely.

The idea of this present report is thus to focus on the study of the turnover rate for the account of a company customer, for which we have reliable data, in order to determine the statistical model which represents the best our data. In addition to the statistical criteria of determination of the best model, we will measure the relevance of the selected model by carrying out actuarial calculations and by observing the actuarial gains and losses generated over the following years.

REMERCIEMENTS

D'abord je tiens à remercier l'équipe de la practice Retraite de Mercer Human Resource Consulting pour son accueil chaleureux et chacun de ses membres pour ses précieux conseils tout au long de mon stage.

Je tiens également à exprimer toute ma gratitude à M. Denis Campana, responsable du département Retraite, qui m'a permis d'effectuer ce stage de fin d'études au sein de son département.

Enfin, je tiens tout particulièrement à remercier M. Mehdi Khaled et M. Yann Girard pour l'assistance et la disponibilité dont ils ont fait preuve, afin que ce travail se déroule dans les meilleures conditions.

SOMMAIRE

RESUME.....	1
ABSTRACT.....	3
REMERCIEMENTS.....	5
SOMMAIRE.....	6
INTRODUCTION.....	8
PARTIE I : Cadre de l'étude.....	10
A) La retraite en France.....	10
1- Le régime de la sécurité sociale.....	11
2- La retraite complémentaire.....	12
3- La retraite sur complémentaire.....	13
4- Le système d'acquisition des droits.....	16
B) Les engagements sociaux : contexte et définitions.....	16
1- Les hypothèses actuarielles.....	17
2- L'évaluation des engagements.....	19
C) Le Turnover.....	26
1- Définition.....	26
2- Historique des études précédentes.....	27
3- Causes du Turnover.....	27
4- Variables explicatives considérées.....	30
PARTIE II : Estimations statistiques des taux de turnover.....	32
A) Présentation des données.....	32
1- Statistiques descriptives.....	34
2- Détection des variables explicatives.....	36
a- Présentation du processus.....	36
b- Application à nos données.....	38

B) Détermination des meilleurs modèles statistiques.....	41
1- Description de la procédure.....	41
2- Application à nos données.....	47
C) Tests des résidus.....	60
1- Présentation des tests.....	60
2- Réalisation des tests.....	63
3- Conclusions sur les estimations statistiques.....	66
PARTIE III : Impact du turnover sur les engagements.....	68
A) Méthodologie de calcul.....	68
B) Mesure des impacts.....	71
C) Exploitation des résultats.....	77
CONCLUSION.....	78
LEXIQUE.....	79
ANNEXES.....	80
BIBLIOGRAPHIE.....	94

INTRODUCTION

Aujourd'hui, l'évaluation des engagements sociaux représente un réel enjeu pour les sociétés. En effet, les modifications des normes comptables européennes (IAS 19) et américaines (FAS 87) avec l'apparition de la méthode de SORIE (Statement Of Recognized Income and Expense), qui veut que l'entreprise comptabilise ses gains et pertes actuarielles dans son bilan, par le biais de ses capitaux propres, change l'intérêt que les entreprises accordent au choix des hypothèses actuarielles.

A ce titre, l'hypothèse démographique concernant la probabilité de présence de l'individu dans l'entreprise est aujourd'hui au cœur des discussions car l'on s'aperçoit que ce facteur, peu réglementé, volatile et propre à l'entreprise, génère des gains et pertes actuariels importants qui engendrent par la suite, des variations des capitaux propres.

L'objectif des entreprises étant de limiter ses gains et pertes actuariels, l'étude approfondie de la rotation des salariés de l'entreprise prend donc tout son sens.

Ce mémoire s'intéressera donc à présenter une méthodologie de mesure de cette variable par le biais de l'étude se basant sur une entreprise cliente ; ceci dans l'objectif de maîtriser au mieux le facteur « Turnover ».

Le plan de ce présent mémoire s'articule autour de trois grands axes :

- I- La présentation du contexte de cette étude. Il s'agit de la présentation des retraites en France, en insistant tout particulièrement sur les retraites sur complémentaires, les indemnités de fins de carrières et les médailles du travail qui sont le « cœur » des évaluations actuarielles que l'on prendra soin de définir. On s'intéressera enfin au cœur du sujet : le Turnover, ses fondements et son évolution.

- II- L'estimation statistique des taux de turnover pour le compte d'une entreprise cliente. Il s'agira de tester un certain nombre de modèles statistiques définis au préalable afin de représenter le turnover de l'entreprise. Nous procéderons ensuite à des tests statistiques afin de vérifier la validité des modèles estimés.

- III- Calcul des gains et pertes actuariels générés par les modèles estimés et comparaison sur quatre exercices. Cette section nous permettra de déterminer les modèles les plus pertinents au sens des gains et pertes actuariels générés.

PARTIE I : Cadre de l'étude

Cette première partie constitue une introduction aux principaux concepts et problématiques liés à l'approche actuarielle des engagements sociaux de retraite. En effet, il est intéressant de comprendre l'environnement qui encadre l'étude du turnover, d'autant plus quand celui-ci représente un enjeu considérable pour les entreprises.

Cette partie se décomposera en trois sections. Tout d'abord, nous aborderons le sujet des retraites en France, en présentant les régimes existants et leurs différentes composantes. Ensuite, nous traiterons des fins de l'étude de Turnover, à savoir les engagements sociaux dont le calcul a pour objectif d'offrir une valeur de marché des engagements aux entreprises clientes, en tenant compte d'un certain nombre d'hypothèses que l'actuaire doit formuler. Enfin, nous nous intéresserons au cœur du sujet : le taux de turnover, son histoire et ses fondements.

A) La retraite en France

Le système de retraite français est basé sur le principe de la répartition qui énonce : « les actifs d'aujourd'hui paient les retraites d'aujourd'hui ». Plus précisément, les régimes de retraite redistribuent au cours d'une année, sous forme de pensions versées aux retraités, les cotisations encaissées la même année auprès des actifs. Il s'agit là d'un système de solidarité national, intergénérationnel. Ce système n'est pas sans failles puisque aujourd'hui, l'équilibre des retraites semble être perturbé, d'une part par l'allongement de la durée de vie qui veut que les retraités vivent plus longtemps et d'autre part, par le vieillissement des populations qui engendre la diminution des actifs.

1- Le régime de la Sécurité Sociale

L'ensemble de la population est aujourd'hui couverte par l'assurance vieillesse, soit par un régime professionnel, soit par la solidarité nationale à travers le minimum vieillesse, servi à toutes les personnes de plus de 65 ans et plus, et dont les ressources sont inférieures à un certain seuil.

Le montant de cette assurance dépend de plusieurs facteurs :

- le salaire de base du salarié

Il est revalorisé jusqu'à l'âge de la retraite et plafonné au plafond annuel de la sécurité sociale (le PASS). Après la date du 01/01/2008, le salaire de base se calculera sur les 25 meilleures années ; il s'agit des 25 dernières années de travail si l'on considère que les salaires ne font qu'augmenter pendant toute la durée d'activité. Avant cette date, le nombre d'années retenues pour le calcul du salaire de base était fonction de l'année de naissance et variait entre les 10 dernières années et les 24 dernières années d'activité.

- Le taux de cotisation

Il est associé aux nombres de trimestres de cotisation. Le taux minimum est de 25% et le taux maximum (ou taux plein) est de 50% et peut être obtenu dès que l'assuré a réuni ses 160 trimestres de cotisations. Il existe cependant certaines conditions qui permettent d'obtenir le taux plein : inaptitude au travail, ancien combattant, ... et à partir de 65 ans, quelque soit la situation. Si l'assuré ne parvient pas à accumuler tous ses trimestres, son taux est abattu de 1.25% par trimestre manquant.

- La durée d'assurance au régime général

Si l'assuré réunit au moins 160 trimestres de cotisations (réforme Fillon de 2003 ; le nombre de trimestres étaient avant loi Fillon fixé à 150), la retraite est entière sinon elle est proportionnelle.

La formule de calcul de la retraite est donnée ci-dessous :

$\text{Montant annuel} = \text{Salaire de base} * \text{taux} * \frac{\text{durée.d'assurance.en.trimestres}}{160}$

2- La retraite complémentaire

La retraite complémentaire est un système mis en place dans le but d'accorder aux salariés des avantages supplémentaires à ceux accordés par le régime de la sécurité sociale. Il s'agit d'avantages obligatoires sous deux formes :

- Le régime ARRCO, Association des Régimes de Retraites Complémentaires, créé en 1962, regroupe des institutions de retraite qui sont des organismes de droit privé et concerne la totalité des salariés du secteur privé. Il s'agit d'un régime par points, permettant d'acquérir des points redistribués sous forme de rente au moment de la liquidation de la retraite. Les cotisations sont réparties à raison de 60% à la charge de l'employeur et de 40% à la charge du salarié, sauf dispositions d'une convention collective prévoyant une autre répartition.
- L'AGIRC, Association Générale des Institutions de Retraite des Cadres, créé en 1947, est un système de retraite spécifique aux cadres et fondé sur la répartition. Il s'agit d'un régime par points, permettant d'acquérir des points redistribués sous forme de rente au moment de la liquidation de la retraite et géré paritairement.

Dans ces régimes, les cotisations s'appliquent sur des tranches du salaire de chaque salarié, les taux de cotisation pouvant différer d'une tranche à l'autre.

3- La retraite sur complémentaire

Elle consiste en le versement d'une rente par la société au salarié ou à ses ayants droits. Il existe deux catégories de régimes sur complémentaires :

- **les régimes à prestations définies :**

- régimes chapeaux

L'objectif de ces régimes est de garantir une pension au salarié, dont la valeur correspond à l'écart entre un niveau initial de retraite (versé par la sécurité sociale et les caisses ARRCO et AGIRC) et un niveau global de retraite (il peut-être fixé par exemple à 80% de la dernière rémunération annuelle nette ou il peut-être fonction de l'ancienneté...). L'entreprise complète ainsi un niveau initial jusqu'à une certaine hauteur. L'idée est donc de garantir un niveau « acceptable » de pension pour les salariés.

- régimes additifs

L'objectif de ce régime n'est plus de compléter la retraite des salariés mais bien d'ajouter aux autres retraites un montant supplémentaire de retraite. Ce supplément est fonction du salaire du salarié et de son ancienneté.

- **les régimes à cotisations définies :**

On ne connaît pas le montant de la pension versée mais seulement la valeur actuelle cumulée des sommes déjà cotisées. Ces régimes ne font pas l'objet d'évaluations actuarielles en France, aujourd'hui.

Nous avons énoncé les deux catégories de régimes sur complémentaires ; Il existe cependant d'autres régimes, et non des moindres, qui sont les « indemnités de fin de carrière » et les « médailles du travail », qui constituent aujourd'hui le coeur des évaluations actuarielles. Nous nous proposons de décrire ces régimes :

- **Les indemnités de fin de carrière**

Elles sont dues au salarié au moment de son départ à la retraite. Elles sont fonction de son âge, de son ancienneté, de sa catégorie socioprofessionnelle et de la convention collective à laquelle il est rattaché (ou éventuellement d'un accord interne à la société) et sont exprimées en mois de salaire.

Il convient de préciser que conformément au Code du Travail, les droits versés au titre des indemnités de fin de carrière ne sauraient être inférieurs aux minima légaux en vigueur.

Elles se calculent de la manière suivante :

$$R = \left(\frac{\text{Salaire fin de carrière}}{12} \right) * \text{droits} * (1 + \text{charges})$$

Le salaire de fin de carrière correspond à 12 mois de salaires (les 6 derniers salaires mensuels avant la retraite et les 6 salaires mensuels projetés sur les 6 mois après la retraite)

Les droits, comme on l'a vu ci-dessus, dépendent de la convention collective et des minima légaux.

Les charges sociales sont versées par l'entreprise si le mode de départ à la retraite est le départ volontaire (en effet, lorsque le départ à la retraite s'effectue à l'initiative de l'employeur, l'indemnité n'est pas soumise à charges sociales)

L'indemnité est donc égale au montant le plus favorable pour le salarié entre celle définie par la convention collective à laquelle est rattachée l'entreprise et celle définie par le code du travail. Elle peut être issue d'un accord collectif d'entreprise et est généralement différente selon les statuts. L'indemnité légale est donnée ci-dessous :

Indemnité légale de départ à la retraite :

Ancienneté	Indemnité (en mois de salaire)
de 10 à 15 ans	0,5
de 15 à 20 ans	1
de 20 à 30 ans	1,5
après 30 ans	2

- Les médailles du travail

Les prestations dues au titre des médailles du travail (gratifications) correspondent à un versement de capital au salarié lorsque celui-ci atteint une ancienneté fixée par l'entreprise. Les anciennetés auxquelles le salarié obtient une gratification sont en général égales à 20, 30, 35 et 40 ans. On distingue toutefois deux types de médailles du travail : les médailles accordées au salariés pour leurs anciennetés dans la société et celles accordées pour récompenser leurs carrières entières (les médailles d'honneur). La différence entre les deux tient au fait que des charges sociales sont appliquées aux « médailles sociétés ».

L'attribution de la médaille d'honneur s'accompagne souvent dans les entreprises du versement d'une prime, en vertu d'une convention collective, d'un accord d'entreprise ou d'une décision de l'entreprise ou du Comité d'entreprise.

Par exemple, une entreprise peut verser à ses salariés une médaille d'honneur aux dates anniversaires suivantes :

Ancienneté totale	Montant de la prestation
20 ans	800€ (pour les coefficients < à 600) 1000€ (pour les coefficients >= à 600)
30 ans	1 400 €
35 ans	1 800 €
40 ans	2 100 €

4- Le système d'acquisition des droits

Dans les régimes anglo-saxons, nous trouvons la notion de droits garantis qui sont des droits inaliénables qui correspondent à la capitalisation des cotisations versées par le salarié en son nom et par l'employeur au nom du salarié. Cette notion est encore marginale en France mais essentielle aux Etats-Unis.

En France, on parlera de droits acquis et de droits potentiels :

- droits acquis

Dans ce cas, la probabilité de présence dans l'entreprise (le Turnover) a son importance. Le salarié acquiert par sa présence dans le régime, un certain nombre de droits, dont le montant dépend de l'ancienneté au sein de l'entreprise ainsi que de ses salaires avant son départ. S'il démissionne de l'entreprise, le salarié perd ces droits.

- droits potentiels

Il s'agit de droits que le salarié n'a pas encore acquis, mais qui lui seront dus s'il reste dans l'entreprise. Prenons l'exemple d'un droit acquis d'un montant égal à une année de salaire à tout salarié de plus de dix ans d'ancienneté. Si un salarié a neuf ans d'ancienneté, il n'a aucun droit acquis. Par contre, il serait en droit d'acquies ce droit s'il reste dans l'entreprise. Le montant à provisionner dans ce cas est désigné par « droits potentiels ».

B) Les engagements sociaux : contexte et définitions

L'objectif de ces évaluations est de fournir aux entreprises les éléments lui permettant de connaître et de comptabiliser ses engagements relatifs à la retraite de ses salariés. Elles s'appuient sur trois éléments : les dispositions (la convention collective ou accords internes), les hypothèses actuarielles et les données individuelles.

Nous allons tout d'abord nous intéresser aux hypothèses actuarielles que l'actuaire doit formuler en tenant compte de la réglementation.

1- Les hypothèses actuarielles

L'évaluation des régimes présentés en première partie nécessite que l'on s'intéresse à des hypothèses spécifiques. Celles-ci sont de deux natures : les hypothèses financières et les hypothèses démographiques. Les premières sont essentielles pour l'évaluation des engagements et l'expérience montre que leur impact sur les engagements est considérable. C'est pourquoi, il est important de fixer ces hypothèses de manière rationnelle afin de refléter au mieux les réalités économiques, financières et démographiques à la date d'évaluation des engagements. Elles doivent être objectives : ni trop risquées, ni trop prudentes et révisées à chaque évaluation car elles varient rapidement.

Les hypothèses financières sont le taux d'actualisation, le taux de revalorisation des salaires.

Les hypothèses démographiques sont la table de mortalité, le turnover, l'âge de la retraite.

- le taux d'actualisation

Le taux d'actualisation représente l'estimation à la date de l'évaluation du taux d'intérêt auquel les prestations pourraient faire l'objet d'un transfert d'engagement ; il a donc un rôle clé dans les évaluations et doit être choisi avec précaution et en accord avec les normes comptables (FAS 87, IAS 19). Il pourra donc être choisi en utilisant une courbe de taux des obligations à taux fixes ou en utilisant un taux unique correspondant au TME (Taux moyens des emprunts d'Etat) des obligations d'Etat de maturité égale à la durée résiduelle moyenne d'activité du régime. Cependant, pour des groupes multinationaux, il faut tenir compte de taux d'actualisation différents suivant la zone monétaire et le pays dans lequel la société se trouve. Il est toutefois à noter que pour la zone Euro, les taux d'actualisations doivent être identiques ceci à cause de la convergence des politiques monétaires et budgétaires des Etats membres.

- la revalorisation des salaires

Il s'agit là de déterminer la courbe d'augmentation de salaire, à une date donnée pour les employés d'une catégorie socioprofessionnelle donnée. Les augmentations de salaire forment une courbe décroissante en fonction de l'âge. En effet, les augmentations sont plus importantes quand l'individu est jeune et plus faibles quand l'âge et le salaire de l'individu augmentent. Les augmentations de salaire de fin de carrière sont souvent considérées nulles pour les individus de plus de 55 ans.

Cette information peut-être aisément donnée par l'entreprise.

- la mortalité

Les régimes sur complémentaires versés aux salariés tiennent compte de la présence de ces derniers dans l'entreprise au moment du départ à la retraite. Pour ce faire il ne faut pas négliger la probabilité que le salarié puisse mourir avant cette date. Il nous faut donc utiliser une table de mortalité dans les évaluations.

Une table de mortalité, fruit d'une étude statistique, met en regard, pour tous les âges, le nombre de survivants dans un groupe fermé. Elle permet en particulier de déterminer pour chaque âge le taux annuel de mortalité.

Il existe un certain nombre de tables nationales utilisées par les entreprises : les tables TV88/90 et TD88/90 qui donnent respectivement la mortalité de la population féminine et masculine française pour la période d'observation 1988-1990, les tables générationnelles qui donnent la mortalité prospective de la population française et récemment les tables TF00-02 et TH00-02 qui donnent la mortalité de la population féminine et masculine française sur la période d'observation 2000-2002.

- le turnover ou rotation du personnel

Le turnover est un phénomène qui affecte continuellement les effectifs d'une entreprise et se matérialise par le départ des salariés de l'entreprise. Les départs imputables au turnover sont les départs pour cause de licenciement ou de démission mais pas les départs liés à la mortalité ou au départ à la retraite.

Les informations nécessaires à son appréhension étant manquantes, cette notion est encore aujourd'hui difficile à mesurer. Cependant, nous verrons dans ce présent mémoire comment obtenir une mesure de cette hypothèse.

- l'âge de la retraite

Il correspond à l'âge du salarié quand celui-ci aura cotisé suffisamment d'années pour obtenir le taux plein. Ce nombre d'années de cotisation est fixé aujourd'hui à 40 ans. Si l'on considère en moyenne que les non cadres débutent leur carrière à 20 ans et les cadres à 22 ans alors l'âge de départ à la retraite est 60 ans pour les non cadres et 62 ans pour les cadres.

2- L'évaluation des engagements

- méthode d'évaluation des engagements de départ à la retraite

Les calculs des engagements sont réalisés suivant la méthode actuarielle des unités de crédits projetés ou « projected unit credit service prorate », individu par individu.

Selon cette méthode, la Valeur Actuarielle des Prestations futures (VAPF) est déterminée en calculant le montant des prestations dues à la date du départ à la retraite en tenant compte d'une projection des salaires et de l'ancienneté à cette date, puis en prenant en compte les facteurs d'actualisation et de probabilité de présence et de survie jusqu'à la date de départ à la retraite.

On donne la formule mathématique de calcul :

$$VAPF = \underset{z-x}{p_x} * \underset{z-x}{p'_x} * \frac{\prod_{k=1}^{z-x} (1 + S_{x+k}^{[CSP]})}{(1+\tau)^{z-x}} * N * S$$

Où : - x est l'âge du salarié à la date d'évaluation

- z est l'âge de départ à la retraite

- ${}_{{z-x}}p_x$ est la probabilité pour un individu d'âge x de survivre pendant $z-x$ années, i.e. jusqu'à l'âge de la retraite

- ${}_{{z-x}}p'_x$ est la probabilité pour un individu d'âge x d'être présent dans l'entreprise à la date de la retraite. C'est là que le turnover intervient.

- $s_{x+k}^{[CSP]}$ sont les taux d'augmentations des salaires entre l'âge x et l'âge z , qui dépendent de la catégorie socioprofessionnelle.

- τ est le taux d'actualisation

- N est le nombre de mois de salaire mensuel garantis par le régime indemnités de retraite.

- S est le salaire de l'individu à l'âge x .

La VAPF ainsi déterminée représente la prime immédiate unique qui serait nécessaire pour financer l'indemnité de fin de carrière estimée à la retraite compte tenu des hypothèses actuarielles énoncées dans la partie précédente.

L'engagement ou « Projected Benefit Obligation » (noté PBO) représente la partie de cette valeur actuarielle des prestations futures qui est considérée comme relative aux services passés dans l'entreprise avant la date d'évaluation. Cet engagement est déterminé en appliquant à la VAPF le ratio de l'ancienneté à la date d'évaluation sur l'ancienneté à la date du départ à la retraite (le prorata).

La PBO vaut donc :

$$PBO = VAPF * \frac{\text{ancienneté.aujourd'hui}}{\text{ancienneté.à.terme}}$$

Le coût annuel du régime ou « Normal Cost » (NC) attribuable au coût d'une année de service additionnelle pour chacun des participants est déterminé par le rapport de la valeur actuarielle des prestations dues au moment du départ à la retraite sur l'ancienneté projetée au moment du départ à la retraite.

Le NC vaut donc :

$$NC = VAPF * \frac{1}{\text{ancienneté.à.terme}}$$

- informations à fournir aux entreprises

Après avoir effectué les calculs actuariels, l'actuaire doit fournir un certain nombre de résultats à l'entreprise cliente. Celles-ci sont donc listées ci-après :

- Valeur actuarielle des droits accumulés avec projection de salaires (Projected Benefit Obligation ou PBO)

La valeur actuarielle des droits accumulés avec projection de salaires (PBO) est définie par FAS 87 et son calcul est fondé sur le taux d'actualisation et les autres hypothèses actuarielles utilisées dans le processus de comptabilisation du régime. La valeur actuarielle des droits accumulés avec projection de salaires (PBO) est mesurée en utilisant des hypothèses sur les niveaux de rémunération future et, le cas échéant, sur l'accroissement des seuils ou plafonds de prestations.

- Valeur actuarielle des droits accumulés sans projection de salaires (Accumulated Benefit Obligation ou ABO)

L'ABO est défini dans FAS 87 et son calcul est basé sur le taux d'actualisation et les autres hypothèses utilisées dans le processus de comptabilisation du régime. L'ABO diffère du PBO en ce qu'il ne prend pas en compte d'hypothèses sur les niveaux de rémunération future. Pour les régimes avec des prestations fixes ou dont la formule n'est pas liée au salaire, l'ABO et le PBO sont identiques.

- Droits accumulés durant l'année (Normal Service Cost ou SC)

Il s'agit de la « valeur actuarielle présente » des prestations attribuées par la formule de calcul des prestations de retraite (ou autres prestations) aux services des salariés durant la période prise en compte basée sur des hypothèses de niveaux futurs de rémunération. Le taux d'intérêt utilisé pour déterminer cette valeur présente est le taux d'actualisation.

- Charge d'intérêt (Interest Cost ou IC)

Il s'agit de la hausse de la valeur actuarielle des droits accumulés avec projection de salaires (PBO) imputable au temps. Elle est calculée sur la base du taux d'actualisation.

- Gain ou Perte Actuariel(le) (Actuarial gains and losses ou Actuarial G/L)

La perte actuarielle est le montant de Passif Accumulé Actuariel Non Financé à la date de l'évaluation excédant le montant de Passif Accumulé Actuariel Non Financé qui aurait résulté si toutes les hypothèses actuarielles s'étaient réalisées. Si la perte actuarielle est inférieure à 0, on la qualifie alors de gain actuariel.

- Valeur des services passés reconnus lors de la création ou de l'extension du régime
(Unrecognised Prior Service Cost)

Les modifications de régime incluent souvent des clauses qui accordent des prestations majorées basées sur les services rendus antérieurement à la date d'introduction de ces modifications. Le coût de ces avantages est la valeur de services passés reconnus lors de la création ou de l'extension du régime.

- Charge de Retraite (NPPC : Net Periodic Pension Cost)

Il s'agit du montant reconnu dans les états financiers de la société comme le coût du régime de retraite pour une période, conformément à FAS 87. Les composantes de la charge de retraite sont :

- les droits accumulés durant l'année (*Normal Service Cost*),
- la charge d'intérêt (*Interest Cost*),
- les revenus financiers attendus des placements
- l'amortissement de la valeur des services passés reconnus lors de la création ou l'extension du régime non encore amortie (*Unrecognised Prior Service Cost*),
- l'amortissement de l'(actif) passif initial non encore amorti,
- les amortissements des gains ou pertes actuariels non encore amortis,
- ainsi que des charges liées au transfert de l'engagement ou à une réduction des droits futurs (plans de restructurations, etc.).

- comptabilisation des engagements

Les évaluations des engagements sociaux concernent les entreprises cotées en bourse qui doivent inscrire à leur bilan le montant de leurs engagements. Leur comptabilisation peut se faire selon deux normes comptables: la norme européenne IAS (International Accounting

Standards) ou IFRS (International Financial Reporting Standards) et la norme américaine FAS (Financial Accounting Standards).

La comparaison des engagements estimés avec les engagements réels, à une date donnée peut donner lieu à l'apparition d'écarts, intitulés pertes et gains actuariels. Ces écarts sur les engagements proviennent de changements dans la structure de la population étudiée, et de modification des hypothèses actuarielles (taux d'actualisation par exemple). Il existe plusieurs méthodes de reconnaissance des gains et pertes actuarielles que nous présentons ci-dessous :

- la règle « du corridor »

Elle est proposée par la norme IAS 19. Selon ce principe, seul le montant des écarts actuariels dépassant 10% de la variation d'engagement est amortit ; l'amortissement étant réalisé sur la durée de vie active moyenne résiduelle des salariés. Il s'agit donc d'une reconnaissance partielle de la variation des engagements dont on présente le mécanisme ci-après.

On note Stock G/L (N) le stock de gains et pertes actuariels de l'année N, il vaut : $\text{Stock G/L (N)} = \text{Stock G/L (N-1)} + \text{Actual G/L (N)} - \text{Amortissements G/L}$.

Les amortissements représentent le stock de « prior service cost » non reconnu de l'année précédente.

On compare ensuite ce stock de gains et pertes à 10% de la PBO.

Si ce stock est supérieur à 10% de la PBO, Le montant à amortir est $\frac{\text{stock} - 10\%}{\text{CEARSL}}$ (où CEARSL

est le nombre d'années à courir).

Sinon, il n'y a rien à amortir

- enregistrement en coûts des services passés

Les coûts des services passés sont liés à la mise en place ou à l'amendement d'un régime. Dans ce cas, l'intégralité de la variation d'engagement est reconnue à plus ou moins brève échéance.

La norme IAS 19 requiert l'étalement des coûts des services passés sur la durée moyenne restant à courir jusqu'à ce que les droits soient définitivement acquis par les salariés.

- reconnaissance des gains et pertes via les capitaux propres

Il s'agit du SORIE (Statement Of Recognized Income and Expense) pour IAS et du OCI (Other Comprehensive Income) pour FAS. Les gains et pertes actuariels impactent alors directement les capitaux propres, marge de manoeuvre de la société.

Les capitaux propres aussi appelés Situation Nette Comptable, sont la différence entre l'actif réel (constitué par l'ensemble des biens que l'entreprise possède et l'ensemble des créances qu'elle détient sur des tiers) et le passif réel (constitué par l'ensemble des dettes qu'elle a contracté à l'égard de tiers). Les capitaux propres évoluent au cours des exercices : ils s'accroissent lorsque l'entreprise fait un bénéfice (ils diminuent ensuite du montant des distributions de bénéfices aux actionnaires, et restent donc accrus du montant des bénéfices non distribués aux actionnaires qui sont mis en réserve) et diminuent lorsque l'entreprise fait une perte. Il est essentiel que, même amputée d'une perte, la situation nette reste positive. Dans le cas contraire, les biens et créances étant inférieurs aux dettes et engagements, l'entreprise est insolvable.

Aujourd'hui, les sociétés européennes cotées en bourse ont la possibilité de choisir la méthode de reconnaissance des gains et pertes actuariels. Cependant, la plus part a opté pour la solution de reconnaissance des gains et pertes actuarielles via leurs capitaux propres. De même, les entreprises cotées aux Etats-Unis ont l'obligation, pour celles dont la clôture fiscale est après le 15/12/2006, de reconnaître les gains et pertes actuariels via leurs capitaux propres.

Ce nouveau schéma attire toute notre attention sur l'importance du choix des hypothèses qui doivent être estimées de telle sorte qu'elles soient le plus proche possible des hypothèses

réelles, car toute variation d'hypothèses (taux d'actualisation, taux d'augmentation de salaire, taux de turnover...) engendre alors une variation des capitaux propres.

Aujourd'hui, les entreprises sont donc sensibles aux hypothèses ; mais, la situation est telle que les actuaires sont essentiellement « challengés » sur la variation des taux d'actualisation. En effet, dès que celui-ci varie de plus d'un demi point, les entreprises demandent de calculer à nouveau les engagements. Cependant, lorsque la politique de ressources humaines est modifiée au sein d'une entreprise et que cela a des conséquences sur les mouvements des salariés, celles-ci ne nous en informent pas ; nous ne disposons alors pas de suffisamment d'éléments pour pouvoir appréhender au mieux l'hypothèse de turnover. Et il s'agit bien là d'une erreur car l'on s'aperçoit que le turnover peut générer des pertes et gains actuariels importants lorsqu'il est mal évalué ; la variation d'un demi point de cette hypothèse génère autant de variations de capitaux propres que le taux d'actualisation.

Toutefois, il est vrai que le taux d'actualisation est une hypothèse facilement quantifiable, ce qui amène les auditeurs à formuler leurs demandes de manière plus concrètes ; le turnover est quant à lui une hypothèse difficile à étayer du fait des variables explicatives qualitatives.

Il apparaît donc important d'estimer au mieux les taux de turnover de l'entreprise dans le but de maîtriser au mieux cette hypothèse et de limiter ainsi les variations de capitaux propres.

C) Le Turnover

1- Définition

Le turnover exprime la rotation du personnel au sein d'une entreprise. Il s'agit d'un indicateur mesurant la stabilité de l'effectif en place ; soit un ratio entre les sorties et l'effectif moyen en début d'année. Il est ainsi une illustration très pertinente de l'entreprise dans son contexte politique et social.

Certaines contraintes pèsent sur ce ratio. En effet, les effectifs que l'on considère sont uniquement les contrats à durée indéterminée (CDI) , ce qui signifie que l'on exclut de notre périmètre, les contrats à durée déterminée CDD, les contrats d'apprentissage, de qualification, les stagiaires...De plus, on ne considère pas toutes les causes de sortie ; à cet effet, nous ne prenons en compte que des démissions et des licenciements normaux (par opposition aux

licenciements économiques associés à des plans sociaux) ; nous excluons donc les sorties pour cause de décès, d'invalidité, d'incapacité, de retraite...).

Le taux moyen de turnover sur l'année considérée est le ratio suivant :

$$\frac{\text{Nombre de sorties pour licenciements normaux ou démissions des personnes en CDI}}{\text{Effectif total de personnes en CDI au début de l'année considérée}}$$

Aujourd'hui les études de turnover s'effectuent en général sur 3 années. Il s'agit de calculer les taux moyens pour chacune des trois années et d'en effectuer la moyenne afin d'obtenir des taux moyens globaux.

2 - Historique des études précédentes

Les premières études de turnover datent des années 1950 avec l'apparition des onze T-Tables. Il s'agit de tables prudentes, de forme concave donc décroissantes avec l'âge, pour lesquelles on observe cependant un retournement vers 58 ans.

Une nouvelle étude est menée de nombreuses années plus tard, en 1992. Il s'agit de l'étude théorique « Vaughn » réalisée à partir des données de cinq banques, cinq hôpitaux et cinq usines, portant sur 3 années d'expérience (de 1987 à 1989) et sur 80000 années d'exposition.

L'étude SOA (Society of Actuaries) est une étude américaine basée sur trois millions d'années d'exposition, sur 39 entreprises de plus de 5000 salariés de 1989 à 1995. Elle fournit des tables plus complexes dont les tables de turnover fonctions de l'âge et de l'ancienneté (l'ancienneté étant décomposée en quatre classes : moins de 2 ans, de 2 à 4 ans, de 5 à 10 ans et plus de 10 ans).

3 – Causes du Turnover

Les variables que l'on pourrait prendre en compte dans le calcul des taux de turnover sont nombreuses. Nous allons donner la liste exhaustive de tous les paramètres pouvant impacter le

turnover. Cependant, il faudra garder en tête que les paramètres ne seront pas tous comptabilisés dans notre étude car certaines informations ne pourront pas être disponibles.

Aux vues des études précédentes, nous pouvons faire ressortir un certain nombre d'hypothèses :

- Age du salarié

Les taux de turnover sont décroissants en fonction de l'âge des salariés. En effet, aujourd'hui les jeunes sont plus mobiles. Les personnes plus expérimentées auront plus tendance à rester dans l'entreprise dans la mesure où d'une part, elles sont, en général, plus stables dans leur vie personnel et d'autre part, elles ont plus d'intérêt, à partir d'une certaine ancienneté dans l'entreprise, à rester pour bénéficier des régimes de retraite avantageux.

- Ancienneté dans l'entreprise

De même que pour l'âge, les taux de turnover sont décroissants avec l'ancienneté. En un sens, les deux variables âge et ancienneté sont liées car on a tendance à associer une faible ancienneté à une jeune personne et une plus grande ancienneté à une personne plus âgée. Il est vrai que les jeunes ont une faible ancienneté mais des personnes plus âgées peuvent également avoir une faible ancienneté car malgré les taux de turnover plus faibles chez les personnes plus âgées, ceux-là ne sont toutefois pas négligeables. L'ancienneté paraît donc être un bon indicateur des taux de turnover ; cependant, il semblerait que l'âge soit une variable plus significative. Nous tenterons d'éclaircir ce point au cours de notre étude.

- Catégorie socioprofessionnelle CSP

Les taux de turnover sont plus élevés chez les cadres que chez les non cadres. Ceci s'explique par le fait que les cadres se voient offrir plus d'opportunités de travail et sont peut-être plus à l'affût de nouvelles expériences.

- Genre

Les femmes sont plus mobiles que les hommes. Ceci peut s'expliquer par la maternité. En effet, de nombreuses femmes arrêtent de travailler après avoir eu des enfants ; même si cette tendance va décroissante depuis quelques années car de plus en plus de femmes poursuivent des études et atteignent des postes importants. Cependant, même si ces femmes sont plus nombreuses, elles ne représentent pas la majorité.

- Zone géographique

Il semblerait que la zone géographique n'ait pas un impact important sur le niveau des taux de turnover. Cependant, il faut noter un réel contraste entre certaines régions : Rhône-Alpes, la Bretagne et l'île de France. En effet, il s'agit de régions plus dynamiques qui offrent un large choix d'entreprises ce qui tend à augmenter les rotations de personnel.

- Rémunération

La politique de rémunération d'une entreprise est importante car une entreprise ayant une politique qui se veut avantageuse observera des taux de turnover moindres qu'une entreprise qui « exploite » ses salariés. De même, la générosité de l'entreprise en matière de rémunération variable, de bonus et d'augmentations de salaires est un facteur qui tend à diminuer le turnover.

- Secteur d'activité ou Conventions collectives

Le secteur d'activité a un impact important sur le turnover. En effet, il a été montré au cours d'études précédentes que les secteurs de l'industrie avaient plus d'impact sur le turnover que ceux de la construction puis du commerce puis des services.

- Environnement

La prise en compte de facteurs tels que les avantages accordés aux salariés : remboursement dans les clubs sportifs, remboursement des sorties culturelles, places de parking, cantine... Il est évident que plus une entreprise apporte de la satisfaction et du confort à ses salariés et moins ceux-là auront l'envie de partir.

- Taille de l'entreprise

Il apparaît pour finir, que les grosses entreprises (par leur taille) observent des taux de turnover plus importants. Peut-être que le sentiment d'être « un » salarié parmi tant d'autres, incite les gens à partir.

4 - Variables explicatives considérées

Nous avons dressé une liste exhaustive des phénomènes expliquant la notion de turnover. Toutes ces informations ne vont cependant pas être considérées dans notre étude. En effet, les variables « Secteur d'activité » et « Taille de l'entreprise » doivent être prises en compte lorsque l'étude porte sur un large portefeuille de clients afin de pouvoir comparer les résultats suivant ces variables; or, notre étude porte sur un seul client. Ces variables sont donc exclues de notre périmètre.

De même, la variable « zone géographique », information dont on ne disposera pas et la variable « environnement », nécessitant au préalable de réaliser des enquêtes de satisfaction auprès des salariés, seront exclues de notre périmètre.

Nous prendrons donc en compte dans notre étude, les variables « Age », « Ancienneté », « Genre » et « Catégorie socioprofessionnelle ».

Nous y ajouterons deux nouvelles variables : les variables « classes d'âges » et « classes d'anciennetés » qui en pratique sont plus significatives que les variables « age » et « ancienneté ».

Les classes d'âges que nous avons sélectionnées sont des classes de cinq ans ; c'est-à-dire que pour une tranche de 5 ans, les taux de turnover sont identiques et égaux au nombre de sorties pour cette population sur le nombre de personnes de cette population présentes en début de période. Les classes choisies sont : 15 à 19 ans, 20 à 24 ans, 25 à 29 ans, 30 à 34 ans, 35 à 39 ans, 40 à 44 ans, 45 à 49 ans et 50 à 60 ans. La dernière classe est plus importante car l'expérience montre que les taux de turnover diminuent avec l'âge. En considérant une classe de 10 ans, nous atténuons les effets du turnover. De plus, nous avons considéré qu'après 60 ans, les sorties étaient des retraites, et non des démissions ou des licenciements.

Les classes d'anciennetés que nous avons choisis sont les suivantes : 0 an, 1 à 4 ans, 5 à 9 ans, 10 à 14 ans, 15 à 19 ans, 20 à 24 ans, 25 à 29 ans et 30 à 40 ans. La première année de service est particulière puisque pendant cette période, les salariés n'adoptent pas le même comportement, ils sont plus susceptibles de quitter l'entreprise rapidement, qu'après quelques années d'anciennetés. La dernière classe d'ancienneté est plus épaisse, elle concerne les personnes ayant beaucoup d'années d'ancienneté, par conséquent des personnes d'un certain âge ; ce qui recoupe l'idée de la dernière classe de la variable « classes d'âges ».

Nous notons que la variable « Rémunération » ne sera pas prise en compte. En effet, des études ont montré que les variables « Catégorie socioprofessionnelle » et « Rémunération » étaient intimement liées donc très corrélées et par conséquent il est inutile de les considérer ensemble dans un même modèle.

Maintenant que les bases et les raisons de cette étude de turnover ont été posées, nous allons nous intéresser dans la partie suivante, au cœur même du travail : l'étude statistique du turnover.

PARTIE II : Estimations statistiques des taux de turnover

Comme indiqué précédemment, nous allons mener une étude de Turnover, pour le compte d'un client pour lequel nous disposons de données complètes.

A) Présentation des données

L'entreprise que nous allons étudier appartient au secteur d'activité de la publicité ; la convention collective appliquée est la convention n°3073 de la publicité.

Nous disposons de données sur quatre années complètes : de 2002 à 2005 incluse.

L'effectif moyen en début de période est 2339 personnes (nous rappelons que seules les personnes en CDI sont prises en compte).

Pour chaque salarié, nous disposons des données sociales :

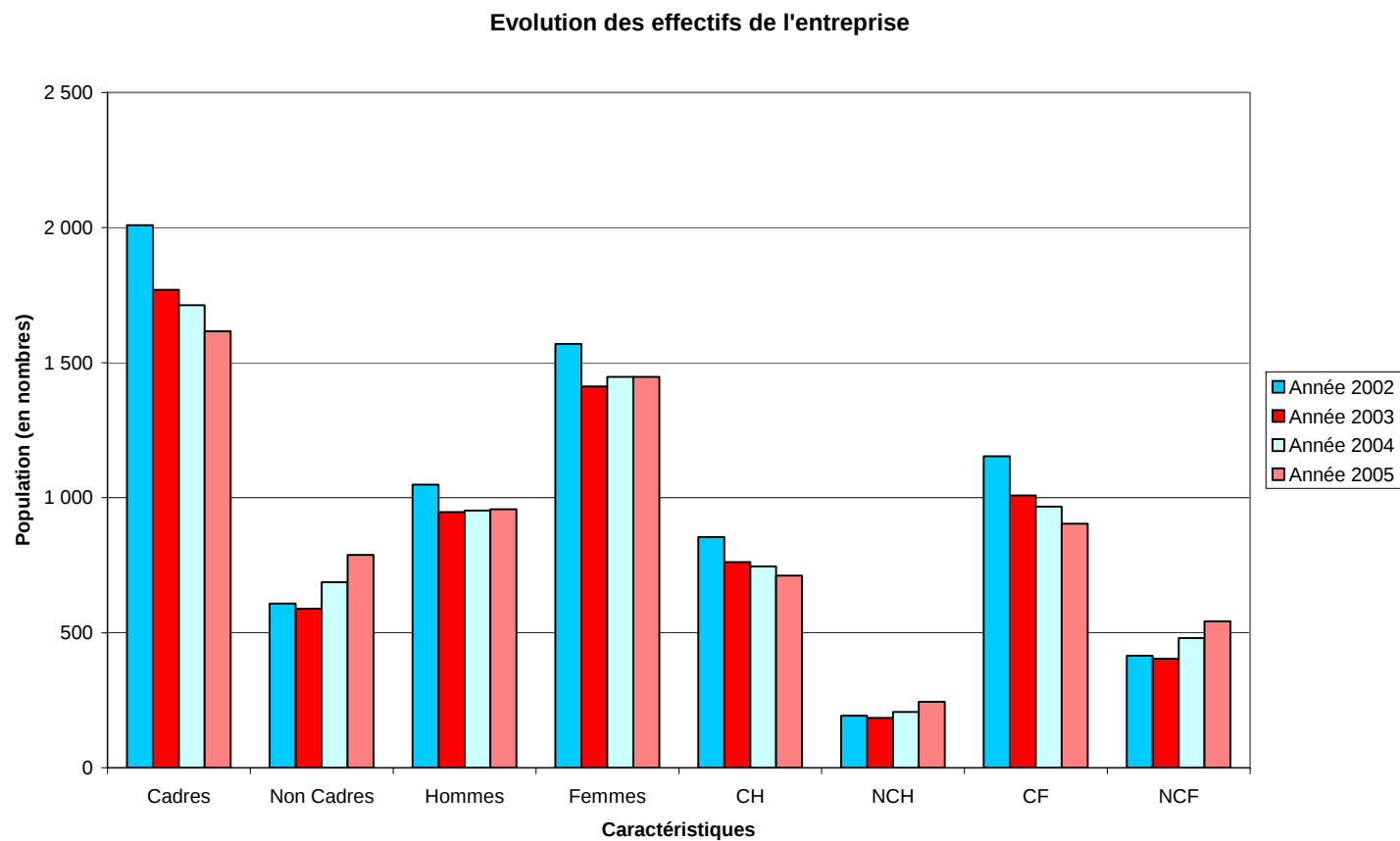
- le n° de sécurité social
- le genre (Homme, Femme)
- la date de naissance
- la catégorie socioprofessionnelle (Cadre, Non cadre)
- la date d'entrée dans la société
- la date de départ si toutefois la personne quitte l'entreprise
-

- le motif de sortie (démissions, licenciements, licenciements économiques, retraite, inaptitude...)
- les salaires annuels bruts fixes et variables
- le type de contrat (CDI, non CDI)

Après avoir appliqué la technique de réconciliation des données (il s'agit de la recherche des personnes identifiées par un numéro qui leur est propre, le n° de sécurité social, d'une année sur l'autre) et validé les tests de cohérence (vérifier que les dates de naissance et d'entrée dans la société sont bien cohérentes pour chaque salarié...), nous pouvons calculer les taux moyens de turnover pour ces quatre années.

1- Statistiques descriptives

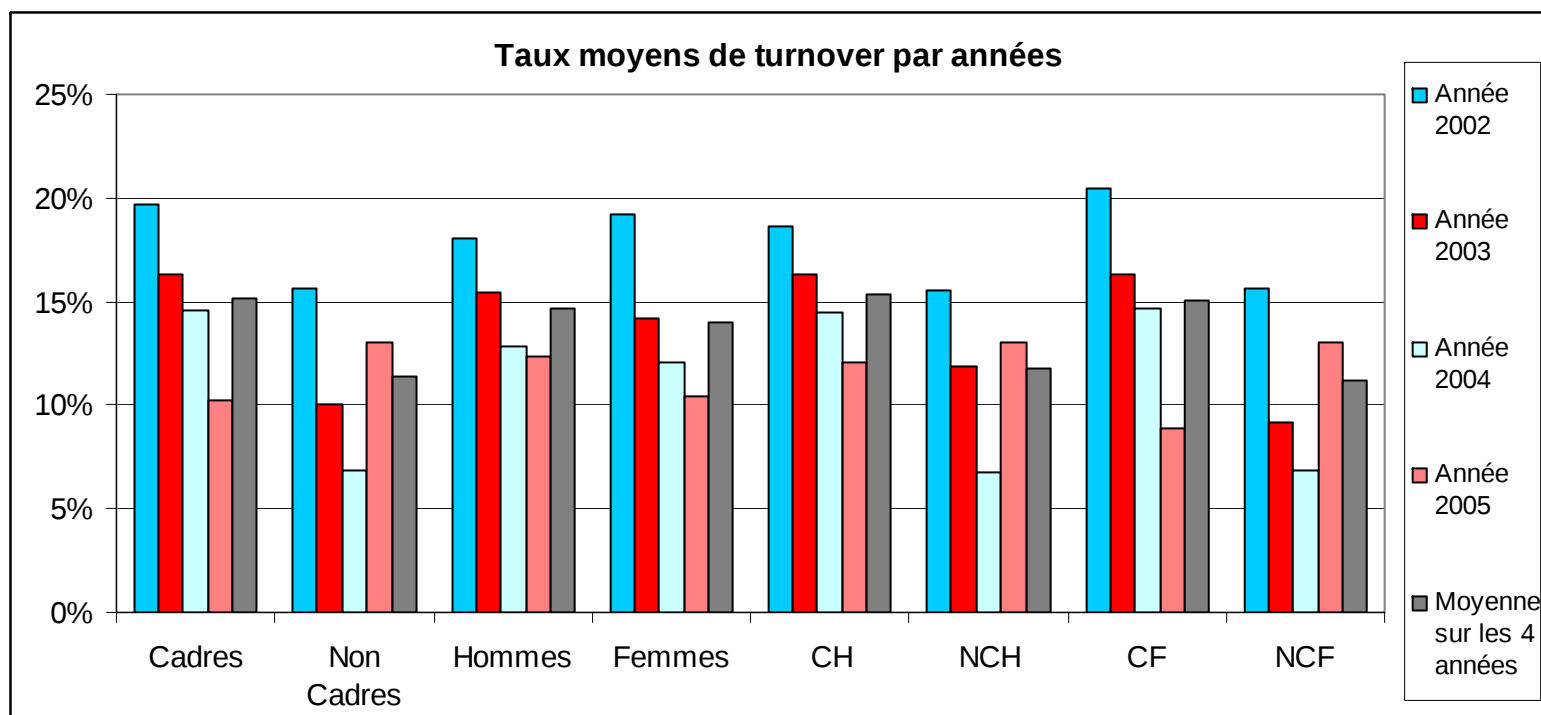
Pour chaque année, nous avons croisé les informations concernant les salariés (cf. *Annexe 1*) et nous avons obtenus les informations suivantes que nous représentons graphiquement ci-dessous :



Notons que « CH » signifie Cadres Hommes, « NCH » signifie Non cadres Hommes, « CF » signifie Cadres Femmes et « NCF » signifie Non cadres Femmes.

Nous remarquons que les cadres et les femmes sont les populations les plus nombreuses de la société. Cependant, au cours des années, la tendance est à la baisse concernant les cadres (aussi bien chez les hommes que chez les femmes). Concernant les non cadres, l'effectif ne cesse d'augmenter au fil des ans.

Nous donnons également les taux de turnover moyens calculés pour chaque année ; ainsi que les taux moyens sur les quatre années :



On constate que les taux de turnover ont tendance à diminuer pour les cadres, les hommes et les femmes, sur les quatre années. Cependant, pour les non cadres la tendance s'est inversée en 2005 et le turnover a considérablement augmenté cette année-là.

L'intérêt de prendre en compte les quatre années dans le calcul du turnover est de prévenir d'éventuels changements de stratégie de politique de rotation du personnel.

2- Détection des variables explicatives

Comme énoncé dans la première partie, nous avons retenu pour notre étude les variables explicatives suivantes : Age, Classes d'âges, Ancienneté, Classes d'anciennetés, Genre et Catégorie socioprofessionnelle.

Il nous faut maintenant tester si ces variables explicatives préalablement identifiées sont bien en accord avec nos données.

Pour ce faire, nous allons effectuer des tests de corrélation dans le but de déterminer si la variable taux de turnover peut être expliquée par les variables citées ci-dessus.

a- Présentation du processus

Avant de s'intéresser à tester les différents modèles statistiques, on étudie la corrélation entre la variable à expliquer (variable « endogène »), ici les taux de turnover, et la ou les variables explicative(s) (variable(s) exogène(s)) : l'âge, les classes d'âges, l'ancienneté et les classes d'ancienneté.

Concernant les variables indicatrices genre et catégorie socioprofessionnelle, nous remarquons que les taux moyens pour chaque catégorie sont bien différents (cf. graphique précédent) ; ces deux variables nous semblent donc pertinentes pour notre étude.

Pour chaque modèle, on effectue une représentation graphique suivie d'un commentaire. Il s'agit de se donner une « impression » de la corrélation entre les variables, sans donner une idée précise de l'intensité de la liaison.

Pour confirmer nos premières impressions, on calcule une statistique appelée coefficient de corrélation $\rho_{x,y}$ donné par la formule suivante :

$$\rho_{x,y} = \frac{COV(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} * \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2}}$$

Où :

- $COV(x,y)$ est la covariance entre x et y ; elle désigne la dispersion simultanée des deux variables. Si la covariance est nulle, les 2 variables sont indépendantes.
- σ_x et σ_y sont les écarts types de x et y
- n est le nombre d'observations

Ce coefficient est compris entre -1 et 1 et peut être interprété de la manière suivante :

- si $\rho_{x,y}$ tend vers 1, les variables sont corrélées positivement : les variables varient dans le même sens
- si $\rho_{x,y}$ tend vers -1, les variables sont corrélées négativement : les variables varient dans le sens contraire (quand x augmente, y diminue et inversement)
- si $\rho_{x,y}$ est proche de 0 alors on peut dire que les variables ne sont pas corrélées.

Pour chaque variable explicative sélectionnée, on se propose de calculer le coefficient de corrélation grâce à la fonction Excel : « $COEFFICIENT.CORRELATION(x,y)$ ».

Afin de s'assurer de la bonne interprétation de ce coefficient, nous réalisons le test statistique de Student. Il s'agit de tester l'hypothèse H_0 selon laquelle « le coefficient de corrélation serait significativement nul ($\rho_{x,y}=0$) » contre l'hypothèse H_1 : « le coefficient de corrélation est significativement différent de 0 ($\rho_{x,y} \neq 0$) ».

Sous l'hypothèse H_0 , la statistique de Student notée t^* vaut : $\frac{|\rho_{x,y}|}{\sqrt{\frac{(1-\rho_{x,y}^2)}{n-2}}}$ et suit une loi de

Student à $n-2$ degrés de liberté.

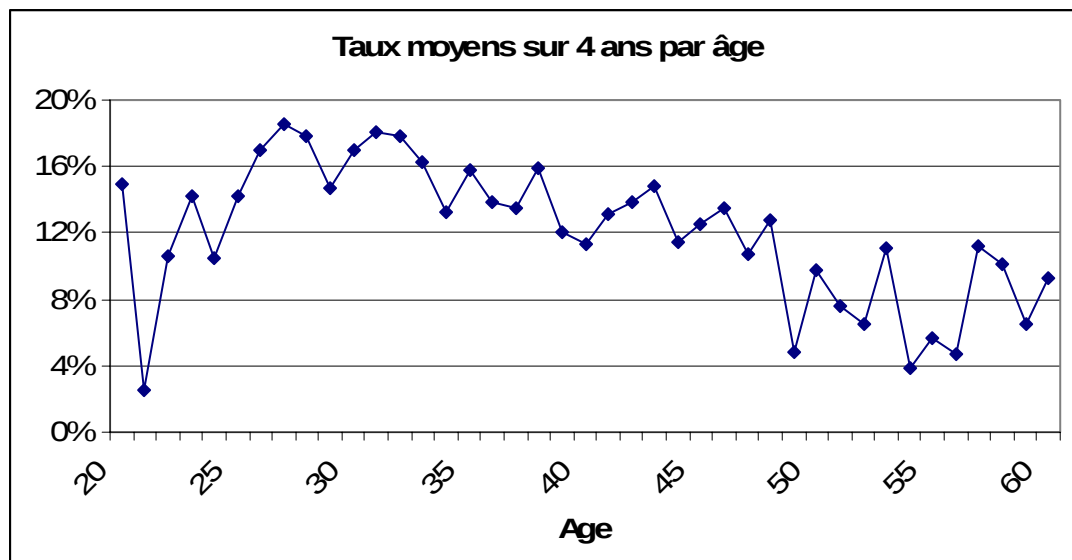
La règle de décision est alors la suivante :

- si $t^* > t_{n-2}^{\alpha/2}$, où $t_{n-2}^{\alpha/2}$ est la valeur lue dans une table de Student (cf. *Annexe 2*) au seuil de risque α fixé, en général à 5%, à $n-2$ degrés de liberté, alors on rejette H_0 . Le coefficient de corrélation est significativement différent de 0 donc la variable explicative est bien liée à la variable endogène.
- Si $t^* \leq t_{n-2}^{\alpha/2}$ alors on accepte H_0 ; le coefficient est nul donc les variables ne sont pas corrélées.

b- Application à nos données

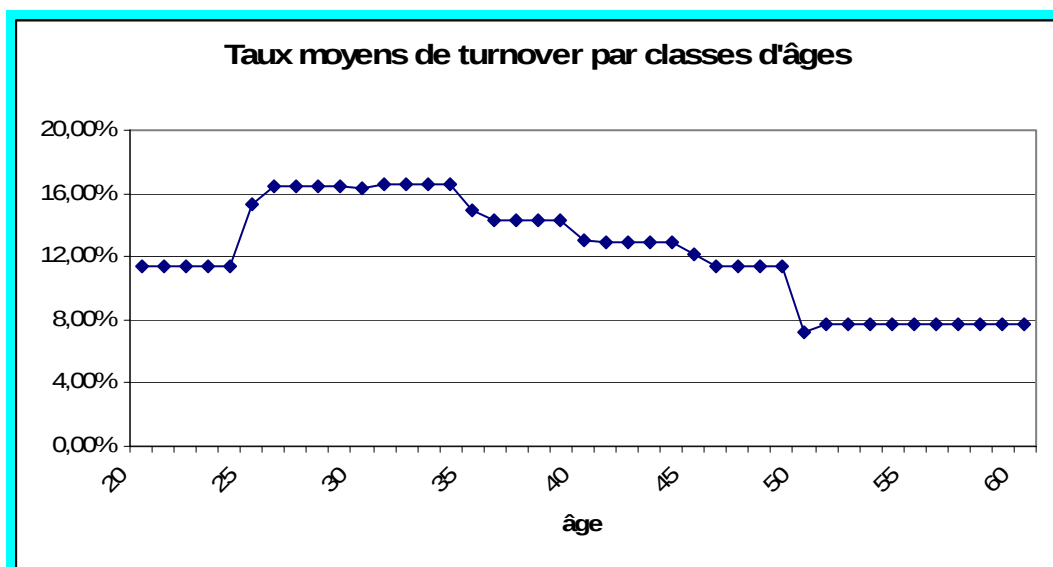
Pour appliquer ce test, nous avons construit quatre tables de turnover : par âge, par classes d'âges, par ancienneté et par classes d'ancienneté en prenant en compte les taux moyens sur les quatre années d'étude.

- Turnover par âge



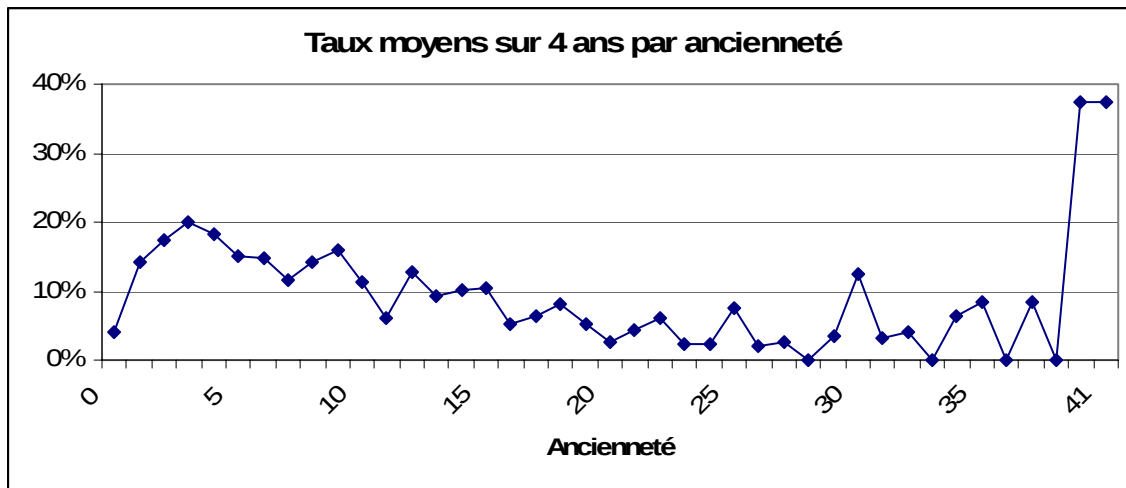
Nous avons calculé le coefficient de corrélation entre la variable âge et le turnover. Nous avons obtenu un coefficient de -0,5526. Le t de Student associé vaut 4,14, ce qui est supérieur à la valeur de Student lue dans la table, soit 2,30. Ceci signifie que le turnover dépend de la variable Age et qu'il est décroissant en fonction de l'Age (coefficient négatif). Ce résultat est confirmé au vu du graphique ci-dessus.

- Turnover par classes d'âges



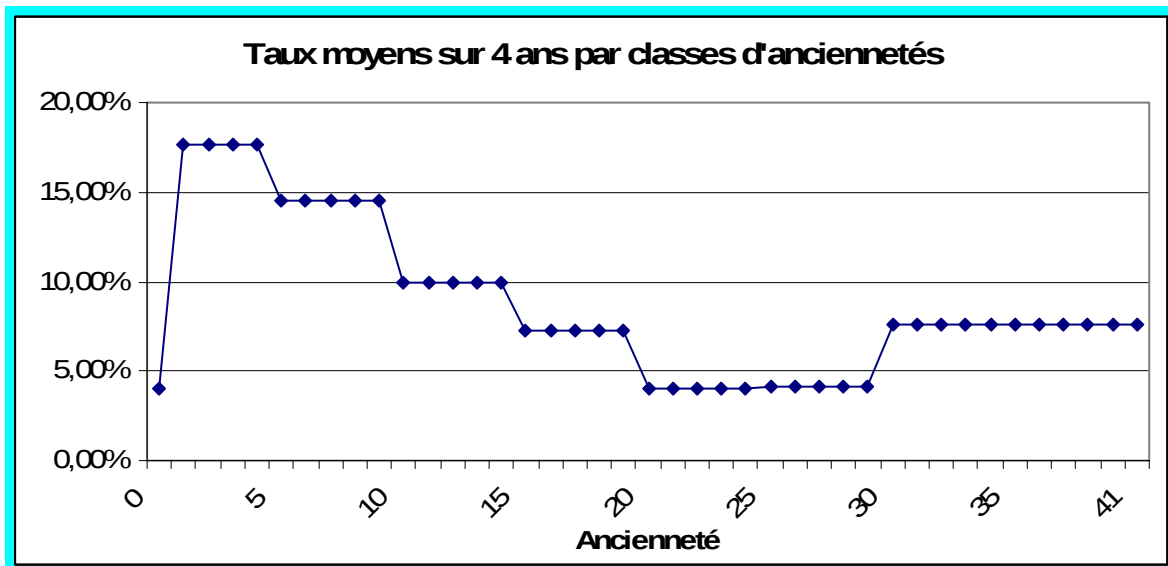
Dans ce cas, le coefficient vaut -0,7264 et la statistique de Student vaut 6,6. Le turnover est donc bien dépendant de cette variable.

- Turnover par ancienneté



Le coefficient de corrélation vaut -0,1284 et la statistique de Student 0,81. Elle est inférieure à 2,30. Cette variable n'est donc pas significative du turnover.

- Turnover par classes d'ancienneté



Le coefficient de corrélation vaut -0,6334 et la statistique associée 5,11. Le turnover est donc bien dépendant de la variable « Classes d'anciennetés ».

Aux vues de ces résultats, nous retiendrons les **variables** « **Classes d'âges** » et « **Classes d'anciennetés** » dans notre étude.

B) Détermination des meilleurs modèles statistiques

1- Description de la procédure

Une fois que nous avons déterminé les variables explicatives significatives pour notre étude, nous pouvons ensuite tester des modèles statistiques afin de trouver le modèle de turnover qui s'adapte le mieux à nos données.

On s'intéresse tout d'abord au modèle statistique le plus simple : **le modèle de régression linéaire multiple.**

La régression multiple est une extension de la régression simple ; elle permet de prendre en compte plusieurs variables indépendantes X_i . Il s'agit de la technique adaptée au problème de la recherche de l'effet sur la variable à expliquer Y de plusieurs variables X.

Il s'agit donc d'examiner la façon dont la variable à expliquer, dans notre cas le taux de turnover, est reliée aux autres variables.

Le critère de la régression est le critère des moindres carrés ordinaires dont l'objectif est d'ajuster une droite dont l'équation est du type :

$$Y_t = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i X_{it} + e_t$$

On peut également écrire le problème sous forme matricielle :

$$\begin{matrix} Y & = & X & * & a & + & e \\ (n,1) & & (n,k+1) & & (k+1,1) & & (n,1) \end{matrix}$$

Où : - Y_t est le $t^{\text{ième}}$ taux de turnover observé ($t \in [1, \dots, n]$ n étant le nombre d'observations)

- X_{it} est la $t^{\text{ième}}$ valeur de la $i^{\text{ième}}$ variable explicative

- a_0 et a_i pour $i=1$ à k , sont les paramètres du modèle
- e_t est la $t^{\text{ième}}$ perturbation aléatoire. En effet, expliquer une variable (le taux de turnover) à l'aide d'une unique variable explicative est insuffisant car il existe une multitude d'autres facteurs susceptibles d'expliquer le Taux de turnover. Le terme e représente donc l'erreur de spécification du modèle, i.e. l'ensemble des phénomènes explicatifs du taux de turnover, non lié à la variable X .

Pour estimer le vecteur $a = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \dots \\ a_k \end{pmatrix}$, on applique la méthode des moindres carrés qui consiste à minimiser la somme des carrés des erreurs : $\text{Min } (Y - Xa)'(Y - Xa)$. Il en résulte $\hat{a} = (X'X)^{-1} X'Y$ que l'on obtiendra aisément grâce aux fonctions « droitereg » et « Régression linéaire » de Excel.

Pour que ce problème puisse trouver une réponse, il nous faut formuler trois hypothèses :

H1 – Linéarité : la relation entre Y et les X_i est linéaire.

H2 – Espérance nulle, homoscedasticité et absence d'autocorrélation : l'espérance de la perturbation est nulle, la variance de l'erreur e_t est constante et finie σ^2 , le risque de l'amplitude de l'erreur est donc le même quelque soit la période et e_t n'est pas corrélé à e_t , pour $t \neq t'$; i.e. une erreur à l'instant t n'a pas d'influence sur les erreurs suivantes.

H3 – Distribution normale : la distribution du terme d'erreurs est normale. Cette hypothèse n'est toutefois pas indispensable pour l'analyse.

Nous avons ainsi examiné le cas du modèle linéaire ; cependant, nous pouvons aussi formaliser le problème à l'aide de **relations non linéaires**. En effet, l'hypothèse de linéarité

n'est qu'une première approximation de la relation fonctionnelle liant la variable dépendante Taux de Turnover Y aux variables explicatives X.

Un modèle est non linéaire lorsque l'expression mathématique de la fonction liant la réponse moyenne aux régresseurs dépend d'un ou plusieurs paramètres n'intervenant pas tous de manière linéaire. Heureusement, de nombreux modèles de régressions non linéaires sont linéarisables par transformation. Un tel modèle transformable en modèle de régression linéaire est dit modèle de régression linéarisable.

Soit Y la variable à expliquer, ici le taux de turnover et X les variables explicatives pertinentes mais dont les effets ne sont pas linéaires.

On distingue un certain nombre de modèles de ce type que l'on présente ci-après :

- **Fonction de type exponentiel**

Le modèle s'écrit mathématiquement : $Y = be^{a_1X_1 + \dots + a_kX_k} \varepsilon$ où a b et $a_1, \dots, a_k$ sont des coefficients réels et ε est l'erreur comme définie pour les modèles de régressions. On note également que la variable Y doit être strictement positive.

On applique la transformation logarithmique ; le modèle à estimer devient donc :

$$\boxed{\ln(Y) = b + a_1X_1 + \dots + a_kX_k + \varepsilon}$$

Une courbe de tendance exponentielle s'avère utile lorsque les valeurs de données augmentent ou diminuent toujours plus rapidement.

- **Fonction puissance**

Le modèle s'écrit : $Y = bX_1^{a_1} \dots X_k^{a_k} \varepsilon$ où b et $a_1, \dots, a_k$ sont des coefficients réels et ε est l'erreur comme définie pour les modèles de régressions. On note également que la variable Y doit être strictement positive.

Après application de la transformation logarithmique, le modèle à estimer est :

$$\boxed{\ln(Y)=b+a_1*\ln(X_1)+\dots+a_k*\ln(X_k)+\varepsilon}$$

Il s'agit d'une courbe particulièrement adaptée aux ensembles de données qui comparent des mesures qui augmentent à une vitesse spécifique.

- **Fonction polynomiale**

Le modèle s'écrit : $Y=b+a_1X_1+\dots+a_{1+q}X_1^q+\dots+a_kX_k+\dots+a_{k+p}X_k^p+\varepsilon$ où b et $a_1,\dots,a_k$ sont des coefficients réels, q et p sont des nombres réels qui valent au maximum 4 dans la pratique et ε est l'erreur comme définie pour les modèles de régressions. On note également que la variable Y doit être strictement positive.

Après application de la transformation logarithmique, le modèle à estimer est :

$$\boxed{\ln(Y)=b+a_1*\ln(X_1)+\dots+a_{1+q}*q*\ln(X_1)+\dots+a_k*\ln(X_k)+\dots+a_{k+p}*p*\ln(X_k)+\varepsilon}$$

Cette courbe de tendance est généralement utilisée pour représenter des fluctuations de données. Elle s'avère pratique pour analyser des pertes et des profits sur un vaste ensemble de données. L'ordre de la courbe polynomiale peut-être déterminé par le nombre de fluctuations dans les données ou le nombre de courbures (bosses et creux) de la courbe. Une courbe polynomiale d'ordre 2 ne possède en général qu'une seule bosse ou un seul creux. Une courbe polynomiale d'ordre 3 en possède un ou deux et une courbe d'ordre 4 en possède 3 au maximum.

- **Fonction inverse**

Le modèle s'écrit : $Y=b+a_1*(1/X_1)+\dots+a_k*(1/X_k)+\varepsilon$ où b et $a_1,\dots,a_k$ sont des coefficients réels et ε est l'erreur comme définie pour les modèles de régressions. On note également que la variable Y doit être strictement positive.

Après application de la transformation qui à $1/X_i$ associe la fonction X_i' , le modèle à estimer est :

$$Y = b + a_1 * X_1' + \dots + a_k * X_k' + \epsilon$$

Une fois les paramètres de chaque modèle estimés, il nous faut juger de la qualité de l'ajustement, nous disposons alors de deux critères : Le coefficient de détermination R^2 et le critère Akaike.

- Coefficient de détermination

Il s'agit d'un nombre compris entre 0 et 1, indiquant le degré de correspondance entre les valeurs estimées et les données réelles. Il mesure précisément la proportion de la variance de Y expliquée par la régression de Y sur X. Le modèle est plus fiable lorsque R^2 est égal ou proche de 1 ; i.e. la régression est jugée significative si la variabilité expliquée est significativement différente de 0.

Il se calcule de la manière suivante : $R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{\sum_{t=1}^n (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2} = \frac{\text{somme} \cdot \text{carrés} \cdot \text{expliqués} \cdot (SCE)}{\text{somme} \cdot \text{carrés} \cdot \text{totale} \cdot (SCT)}$. Pour

bien interpréter ce coefficient, on s'intéresse à la signification globale du modèle de régression, i.e. si l'ensemble des variables explicatives a une influence sur la variable à expliquer.

On réalise le test de Fisher suivant : Existe t'il au moins une variable explicative significative ? Soit le test d'hypothèse :

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : a_1 = \dots = a_k = 0 \text{ (tous les coefficients sont nuls)} \\ H_1 : \text{Il existe au moins un des coefficients non nul} \end{array} \right.$$

On compare la statistique $F^* = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / (n - k - 1)} = \frac{\text{somme} \cdot \text{carrés} \cdot \text{expliquée} / \text{ddl}}{\text{somme} \cdot \text{carrés} \cdot \text{résiduelle} / \text{dd}}$ (où ddl=degrés de liberté) à la valeur $F_{k,n-2}^\alpha$ lue dans la table de Fisher au seuil de risque $\alpha=5\%$ à k et n-2 degrés de liberté (cf. *Annexe 2*).

Règle de décision :

- $F^* > F_{k,n-2}^\alpha$, nous rejetons l'hypothèse d'égalité des variances, le modèle est globalement significatif
- Dans le cas contraire, le modèle n'est pas pertinent. On accepte l'hypothèse H_0 et on ne retient pas le modèle pour ajuster nos données.
- Critères Akaike

Le critère de maximisation du R^2 consiste donc à retenir le modèle dont le R^2 est le plus élevé. Ce critère présente l'inconvénient de ne pas arbitrer entre la perte de degrés de liberté du modèle et l'ajustement qui en résulte.

Les statisticiens préfèrent alors utiliser le critère de Akaike afin de comparer des modèles impliquant un nombre différent de variables explicatives.

L'expression du critère est donnée par : $AIC = \ln\left(\frac{SCR}{n}\right) + \frac{2k}{n}$ où SCR est la somme des carrés des résidus du modèle.

Après s'être assuré de la cohérence globale du modèle, il nous faut tester la contribution de chaque variable explicative prises une à une.

Le problème peut-être formulé de la façon suivante :

$$\begin{cases} H_0 : a_i = 0 \\ H_1 : a_i \neq 0 \end{cases}$$

On compare le ratio de Student $t_{\hat{a}_i}^* = \frac{|\hat{a}_i|}{\hat{\sigma}_{\hat{a}_i}}$ à $t_{n-2}^{\alpha/2}$ (cf. Annexe 2) comme défini précédemment dans le mémoire.

On précise : $\hat{\sigma}_{\hat{a}_i} = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{\sum_{t=1}^n (X_{it} - \bar{X}_i)}$ et $\hat{\sigma}_e^2 = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n-2}$ où e_t sont les résidus de l'estimation.

Règle de décision :

- Si $t_{\hat{a}_i}^* > t_{n-2}^{\alpha/2}$, on rejette H_0 . Le coefficient a_i est significativement différent de 0.
La variable X_i est alors contributive à l'explication de la variable Y .
- Dans le cas contraire, on accepte H_0 . La variable X_i n'explique pas Y dans le modèle.

On peut alors déterminer un seuil de confiance, au seuil 95% (risque de 5%), pour le coefficient a_i . On sait : $\frac{\hat{a}_i - a_i}{\hat{\sigma}_{\hat{a}_i}} \propto \text{Student}(n-2)$. L'intervalle de confiance est donc donné par :

$$\frac{\hat{a}_i - a_i}{\hat{\sigma}_{\hat{a}_i}} = \pm t_{n-2}^{\alpha/2} \Rightarrow a_i = \hat{a}_i \pm \hat{\sigma}_{\hat{a}_i} * t_{n-2}^{\alpha/2}.$$

Pour un risque de 5%, le véritable coefficient a_i se trouve à l'intérieur de l'intervalle $[a_i = \hat{a}_i - \hat{\sigma}_{\hat{a}_i} * t_{n-2}^{\alpha/2} ; a_i = \hat{a}_i + \hat{\sigma}_{\hat{a}_i} * t_{n-2}^{\alpha/2}]$. On peut ainsi confirmer le résultat donné par le test de Student.

Comme énoncé plus haut, nous parvenons à obtenir les statistiques nécessaires grâce aux fonctions et commandes de Excel.

2- Application à nos données

Une fois les variables explicatives significatives déterminées, nous avons donc calculé les taux moyens sur les quatre années. Nous obtenons huit modèles que nous allons tenter d'ajuster à l'aide des modèles statistiques à notre disposition (cf. partie précédente).

Nous présentons ci-dessous les résultats obtenus, grâce à Excel, pour chacun des huit modèles. On indiquera les résultats de régression qui permettent de conclure d'une part sur la significativité globale de chaque ajustement, et d'autre part sur la significativité des coefficients de régression pris un à un.

Tout d'abord, nous nous intéressons à deux modèles à une seule variable explicative. Dans le modèle 1, il s'agit des classes d'âges et dans le second, des classes d'ancienneté.

Modèle 1: le Turnover exprimé par classes d'âges

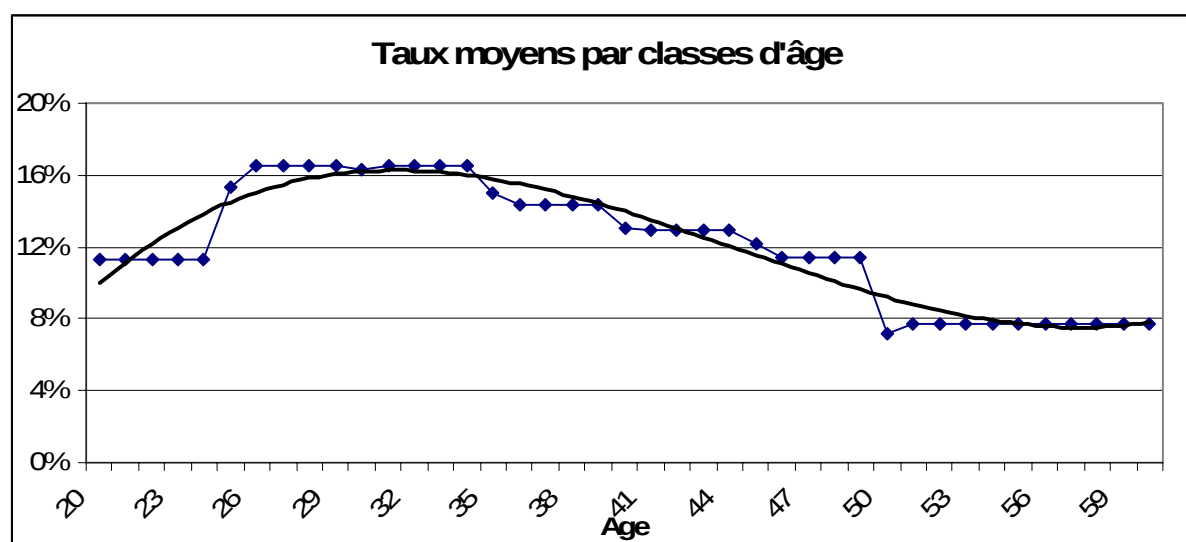
Type d'ajustement	Nombre d'observations	Nombre de variables explicatives	Test de student	Test de Fisher	Coefficient de détermination R ²	Critère AIC
Linéaire	41	1	tX= 6,59984371	43,557937	0,527604475	-7,550625085
EQUATION: Y=-0,001998699X+0,201878024						
Logarithmique	41	1	5,209256886	27,1363573	0,410309222	-7,328843402
EQUATION: Y=-0,06587429*ln(X)+0,36179007						
Polynomial 2	41	2	tX=4,962216019 tX ² =6,229513365	62,29505116	0,766283436	-8,205552094
EQUATION: Y=0,008172433X-0,000127139X ² +0,016254863						
Polynomial 3	41	3	tX=9,8894564 tX ² =9,38496468 tX ³ =8,50686596	143,64872	0,920931075	-9,240560776
EQUATION: Y=0,005366167X-0,001311679X ² +9,87117E-06X ³ -0,516077448						
Polynomial 4	41	4	tX=1,93303552 tX ² =1,16408712 tX ³ =0,47207431 tX ⁴ =0,06620586	104,8386005	0,920940701	-9,191902037
EQUATION: Y=0,051347126X-0,001241686X ² +8,65925E-06X ³ +7,57446E-09X ⁴ -0,500927081						
Inverse	41	1	t1/X=3,935822861	15,4907016	0,284281559	-7,135154845
EQUATION: Y=1,884010571*(1/X)+0,069906987						
Exponentiel	41	1	tX=5,495180585	30,19700967	0,43639183	-3,02613803
EQUATION: LN(Y)=-0,597369086X+0,031762534						
Puissance	41	1	tlnX=7,00779435	49,10918165	0,557367356	-3,267757127
EQUATION: LN(Y)=-0,018063755*ln(X)-1,42081431						

Nous remarquons que les huit modèles estimés ci-dessus, sont globalement significatifs puisque, dans chacun des cas, la statistique de Fisher est supérieure à la valeur lue dans la table de Fisher $F_{k,39}^{0,05}$ (en effet, $F_{1,39}^{0,05} = 4,08$, $F_{2,39}^{0,05} = 3,23$, $F_{3,39}^{0,05} = 2,84$ et $F_{4,39}^{0,05} = 2,61$).

Cependant, lorsque l'on teste la significativité des coefficients de régression un à un et que l'on compare la statistique de Student de chaque variable explicative à la valeur $t_{39}^{0,025}$ lue dans la table de Student soit 2,30, nous constatons que pour le modèle polynomial 4, les coefficients ne sont pas significatifs. Par conséquent le modèle polynomial 4 ne peut pas être retenu pour représenter nos données.

De plus, le critère Akaike nous donne le meilleur modèle : il s'agit du modèle **polynomial 3** auquel est associé la plus faible valeur du critère. Ensuite, les modèles les plus pertinents sont : polynomial 2, Linéaire, Logarithmique, inverse, puissance et exponentiel.

Le meilleur ajustement est représenté graphiquement ci-dessous :



Modèle 2: le Turnover exprimé par classes d'anciennetés

Type d'ajustement	Nombre d'observations	Nombre de variables explicatives	Statistiques de student	Statistique de Fisher	Coefficient de détermination R ²	Critère AIC
Linéaire	43	1	tX=4,95868382	24,58854522	0,374890846	-6,761878139
EQUATION: Y=-0,002073916X+0,130173852						
Polynomial 2	43	2	tX=6,44830464 tX ² =5,018330089	32,13780384	0,616401181	-7,203695526
EQUATION: Y=-0,008377728X+0,000150091X ² +0,173249901						
Polynomial 3	43	3	tX=-1,112704 tX ² =0,86608166 tX ³ =1,76794639	23,60563442	0,644863415	-7,234278701
EQUATION: Y=-0,003422243X-0,000148375X ² +4,73756E-06X ³ +0,156933754						

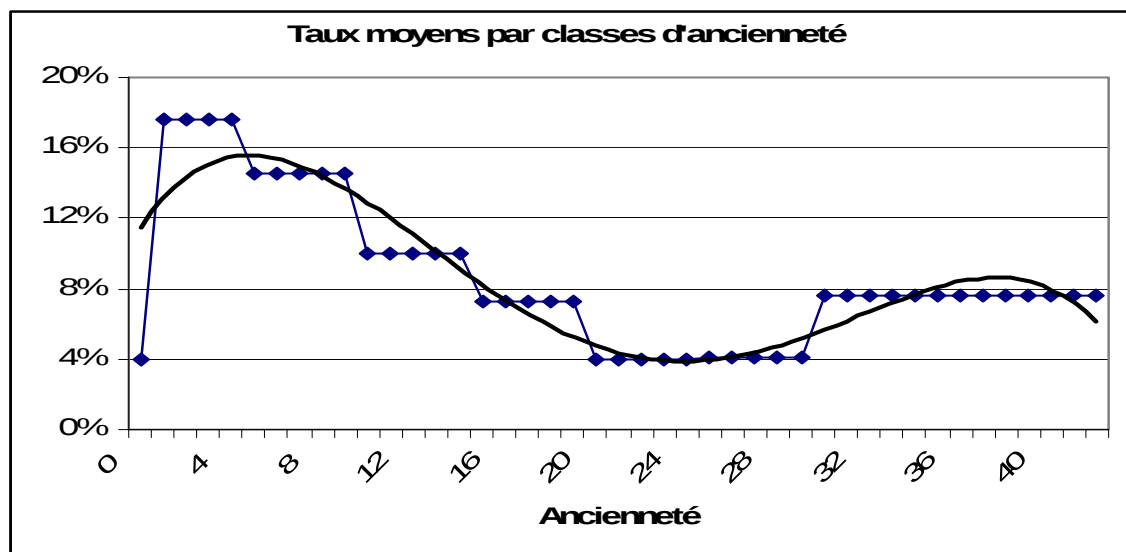
Polynomial 4	43	4	tX=4,36332872 tX²=6,11787015 tX³=6,29401906 tX⁴=6,03213496	42,86481916	0,818580487	-7,859457434
EQUATION: Y=0,018755821X-0,002590235X²+9,58714E-05X³-1,08493E-06X⁴+0,115298621						
Exponentiel	43	1	tX=3,727515597	13,89437252	0,253111055	-1,740058063
EQUATION: LN(Y)=-0,019200764X-2,155411436						

Comme précédemment, les cinq modèles estimés sont globalement significatifs puisque la statistique de Fisher est supérieure à la valeur lue dans la table de Fisher $F_{k,41}^{0,05}$ ($F_{1,41}^{0,05} = 4,08$, $F_{2,41}^{0,05} = 3,23$, $F_{3,41}^{0,05} = 2,84$ et $F_{4,41}^{0,05} = 2,61$). Cependant, le test de Student concernant la significativité des coefficients un à un, montre que le modèle polynomial 3 ne peut être retenu pour ajuster nos données (les statistiques de Student pour ce modèle sont inférieures à 2,30).

Le calcul des critères Akaike montre que le modèle le plus pertinent dans ce cas, est le modèle **polynomial 4**. Il est suivi des modèles polynomial 2, linéaire et exponentiel.

Il nous faut noter que nous n'avons pas pu tester tous les modèles statistiques ; en effet, la variable explicative « classes d'ancienneté » prend ses valeurs dans $[0, \dots, 42]$, il est donc impossible d'ajuster les modèles logarithmique, inverse et puissance qui nécessitent que la variable X soit strictement positive.

Le meilleur ajustement est représenté graphiquement ci-dessous :



Nous nous intéressons maintenant à quatre modèles à deux variables explicatives. Dans les modèles 3 et 4, la seconde variable explicative est la catégorie socioprofessionnelle : Cadres/Non Cadres et dans les modèles 5 et 6, la seconde variable est la variable Genre : Hommes/Femmes. En effet, il nous paraît important de tenir compte de l'effet, sur la variable endogène, de ces deux variables explicatives : être un cadre ou un non cadre ou être un homme ou une femme. L'utilisation de ces variables indicatrices permet de segmenter les individus en deux groupes et de déterminer si le critère de segmentation est réellement discriminant.

Modèle 3: le Turnover exprimé par classes d'âges et catégorie socioprofessionnelle

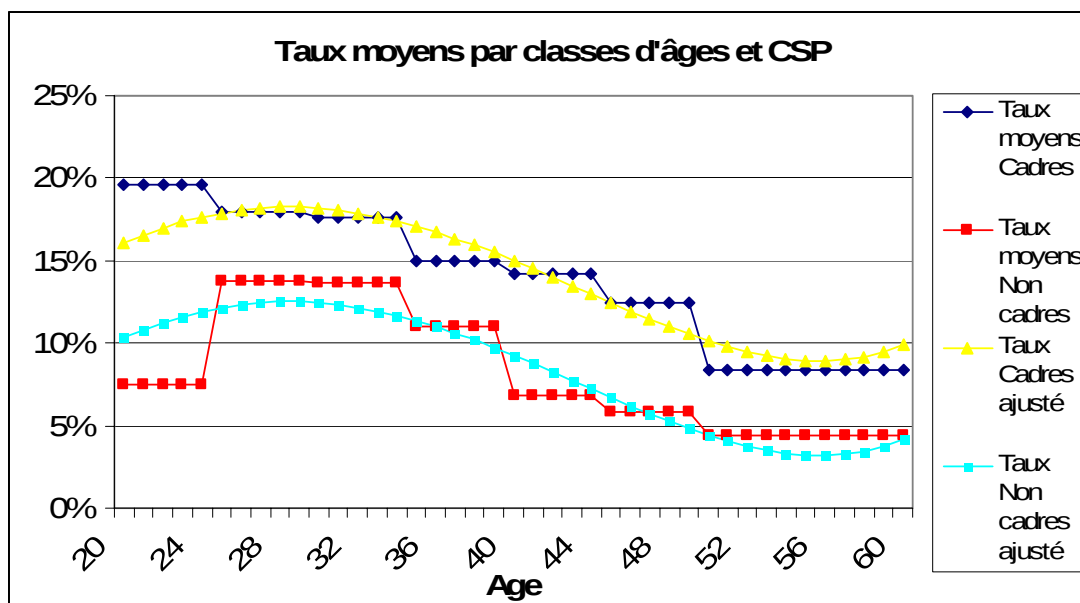
Type d'ajustement	Nombre d'observations	Nombre de variables explicatives	Statistiques de Student	Statistique de Fisher	Coefficient de détermination R ²	Critère AIC
Linéaire	82	2	tX= 14,59298559 tX2=12,78117402	188,1568189	0,826493227	-7,781746004
EQUATION: Y=-0,002766237X+0,057333701X2+0,193847117						
Logarithmique	82	2	tlnX=12,38606994 tX2=11,40366479	141,7291496	0,782043893	-7,55366894
EQUATION: Y=-0,098349513*ln(X)+0,057333701*X2+0,441305705						
Polynomial 2	82	3	tX=1,233851652 tX²=3,289718934 tX2=13,5524586	144,6412746	0,847633581	-7,887284123
EQUATION: Y=0,001683412X-5,56206E-05X²+0,057333701*X2+0,112641023						
Polynomial 3	82	4	tX=5,986116969 tX²=6,559179913 tX³=6,812349174 tX2=16,51507472	170,801043	0,898711421	-8,271208496
EQUATION: Y=0,013512255X+1,134E-07X²-9,87323E-06X³+0,057333701*X2-0,106247121						
Polynomial 4	82	5	tX=4,266913227 tX²=6,23468875 tX³=0 tX⁴=6,565062972 tX2=16,00282771	159,1942797	0,892123188	-8,183801963
EQUATION: Y=0,004703498X+1,30847E-11X²+0*X³-6,73771E-08X⁴+0,057333701X2+0,025326862						
Inverse	82	2	t1/X=9,986801875 tX2=10,00043506	99,8724565	0,716586756	-7,291056582
EQUATION: Y=3,106986393*(1/X)+3,106986393*X2-0,002595403						
Exponentiel	82	2	tX=14,59298559 tX2=12,78117402	173,7065619	0,814733657	-3,115067313
EQUATION: LN(Y)=-0,027169756X+0,574487584X2-1,49611652						
Puissance	82	2	tlnX=11,4399331 tX2=10,90516087	124,8973015	0,759728416	-2,855091911
EQUATION: LN(Y)=-0,951798925*ln(X)+0,574487584*X2+0,882762345						

Les huit modèles estimés ci-dessus, sont globalement significatifs puisque, dans chacun des cas, la statistique de Fisher est très largement supérieure à la valeur lue dans la table de Fisher $F_{k,39}^{0,05}$ (en effet, $F_{1,80}^{0,05}$ vaut entre 3,92 et 4, $F_{2,80}^{0,05}$ vaut entre 3,07 et 3,15, $F_{3,80}^{0,05}$ vaut entre 2,68 et 2,76 et $F_{4,80}^{0,05}$ vaut entre 2,45 et 2,52). Cependant, lorsque l'on teste la significativité des coefficients de régression un à un et que l'on compare la statistique de Student de chaque variable explicative à la valeur $t_{80}^{0,025}$ lue dans la table de Student soit 2,30, nous constatons que pour les modèles polynomial 4 et polynomial 2, les coefficients ne sont pas significatifs. Nous ne retiendrons pas ces modèles.

Concernant la significativité de la variable qualitative « Catégorie socioprofessionnelle », nous constatons que le coefficient de régression associé à cette variable (coefficient dans l'équation de régression associé à la variable X2) est toujours positif et le test de Student est très satisfaisant. Ceci confirme notre hypothèse de départ qui soutient que le turnover est bien dépendant de la catégorie socioprofessionnelle. Les cadres ont donc un turnover significativement plus important que les non cadres.

Le modèle le plus performant pour ce schéma est le **polynomial 3** suivi des modèles linéaire, logarithmique, inverse, exponentiel et puissance.

Le meilleur ajustement est représenté graphiquement ci-dessous :



Modèle 4: le Turnover exprimé par classes d'ancienneté et catégorie socioprofessionnelle

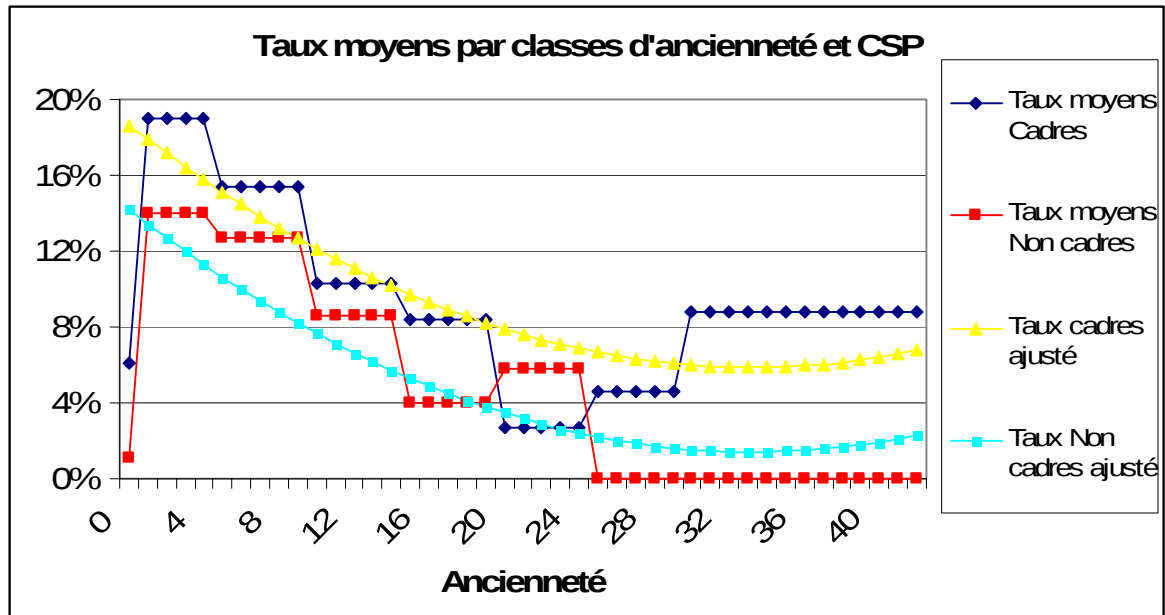
Type d'ajustement	Nombre d'observations	Nombre de variables explicatives	Statistiques de Student	Statistique de Fisher	Coefficient de détermination R²	Critère AIC
Linéaire	86	2	tX=9,36020521 TtX2=5,936308711	61,42660135	0,596800055	-6,705305042
EQUATION: Y=-0,002830399X+0,044552191*X2+0,108794912						
Polynomial 2	86	3	tX=7,27844271 tX²=4,75330673 tX2=6,66393361	59,13652373	0,683897554	-6,92541545
EQUATION: Y=-0,00767927X+0,000115449*X²+0,044552191*X2+0,141928863						
Polynomial 3	86	4	tX=4,16687546 tX²=0,56031327 tX³=0,10656209 tX2=6,80105999	47,29883957	0,700216908	-6,955166807
EQUATION: Y=-0,005342314x+3,32983E-08X²+3,14768E-07X³+0,044552191*X2+0,13411135						
Polynomial 4	86	5	tX=7,19830079 tX²=1,11246193 tX³=0 tX⁴=2,06373852 tX2=6,85233828	48,32128232	0,70468687	-6,94693393
EQUATION: Y=-0,005928852X-2,26893E-11X²+0*X³+8,42202E-08X⁴+0,044552191*X2+0,138432757						

Seuls les modèles ci-dessus ont pu être testé car les variables dépendantes et explicatives comportaient des valeurs nulles.

Comme l'indiquent les statistiques de Fisher de chaque modèle, les modèles testés sont globalement significatifs. Cependant, les modèles polynomial 3 et 4 ne valident pas le test de Student.

Le meilleur modèle au sens du critère Akaike est donc le modèle polynomial 2, suivi du modèle linéaire.

On trace ci-après le meilleur ajustement :



Modèle 5: le Turnover exprimé par classes d'âges et genre

Type d'ajustement	Nombre d'observations	Nombre de variables explicatives	Statistiques de Student	Statistique de Fisher	Coefficient de détermination R ²	Critère AIC
Linéaire	82	2	tX=6,235853505 tX2=1,678675885	20,85191083	0,345505396	-7,028758955
EQUATION: Y=-0,001722464X+0,010972741*X2+0,185646472						
Logarithmique	82	2	tlnX=5,014472473 tX2=1,577811263	13,81721128	0,25915105	-6,904825538
EQUATION: Y=-0,055075506*ln(X)+0,010972741*X2+0,317287616						
Polynomial 2	82	3	tX=5,31445961 tX2=6,37045029 tX2=2,05666642	34,39399769	0,569493642	-7,423269959
EQUATION: Y=0,009144206X-0,000135833*X2+0,010972741*X2-0,012670258						
Polynomial 3	82	4	tX=7,67449308 tX2=6,67850624 tX^3=7,22304403 tX2=2,47879212	46,54721943	0,707434445	-7,785153048
EQUATION: Y=0,022089096X+1,47228E-07*X2-1,33484E-05*X^3+0,010972741*X2-0,268233696						
Polynomial 4	82	5	tX=7,24617504 tX2=6,61724417 tX^3=0 tX^4=7,43079497 tX2=2,39699459	42,27638995	0,687126126	-7,693651413
EQUATION: Y=0,010205889X+1,77443E-11*X2+0*X^3-9,74415E-08*X^4+0,010972741*X2-0,090915513						
Inverse	82	2	t1/X=3,760538273 tX2=1,492134377	8,18405655	0,171630879	-6,793163443
EQUATION: Y=1,500648753*(1/X)+0,010972741*X2+0,075310576						

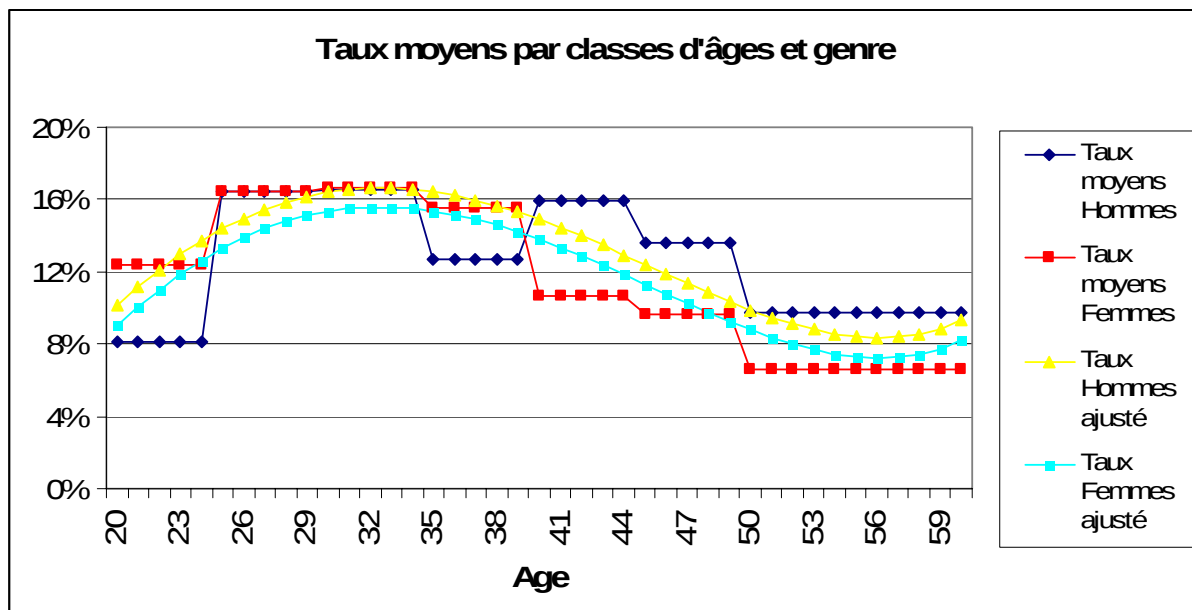
Confection d'un benchmark de turnover adapté au cas d'une entreprise

Exponentiel	82	2	$tX=6,288652953$ $tX^2=2,072622665$	21,92146034	0,356902298	-2,671931671
EQUATION: $LN(Y)=-0,015342104X+0,119657949X^2-1,596180115$						
Puissance	82	2	$tlnX=5,046051737$ $tX^2=1,945607215$	14,62401278	0,270194541	-2,545450326
EQUATION: $LN(Y)=-0,490129949*ln(X)+0,119657949X^2-0,425213999$						

D'après les tests de Fisher, les modèles sont globalement significatifs. Toutefois, nous ne distinguons que deux modèles pour lesquels la variable indicatrice « Genre » a un poids. En effet, il s'avère que pour les autres modèles, la variable genre n'a pas de significativité.

Les modèles pertinents sont les modèles polynomial 3 puis polynomial 4.

La représentation du modèle optimal est présentée ci-dessous :



Le graphique ci-dessus, montre que la variable genre peut effectivement être prise en considération mais nous remarquons qu'elle a toutefois une importance moindre que la variable catégorie socioprofessionnelle dans la description du turnover.

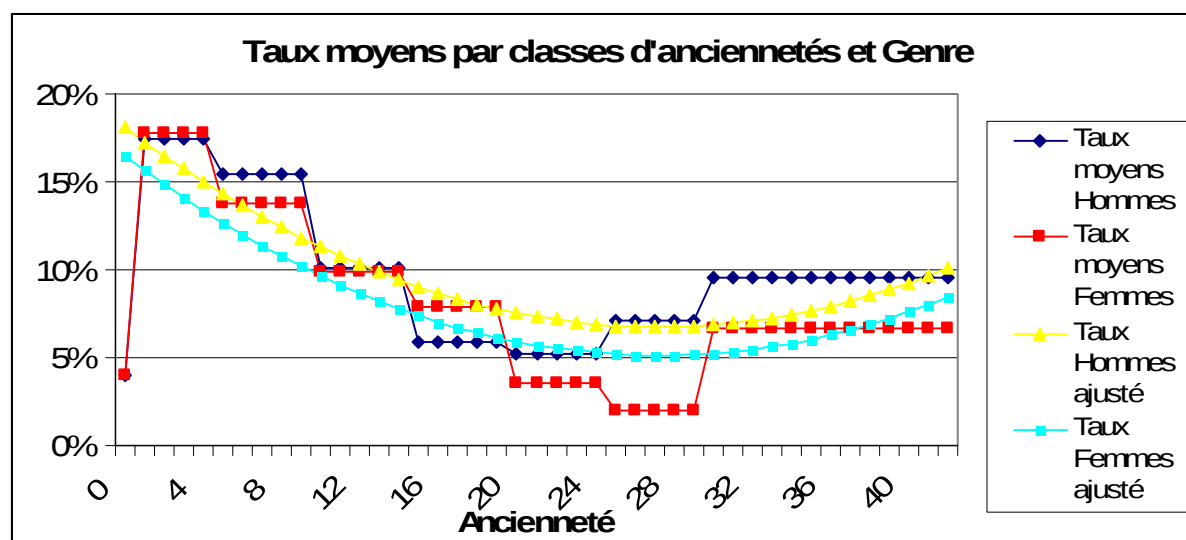
Modèle 6: le Turnover exprimé par classes d'ancienneté et genre

Type d'ajustement	Nombre d'observations	Nombre de variables explicatives	Statistiques de Student	Statistique de Fisher	Coefficient de détermination R ²	Critère AIC
Linéaire	86	2	tX=6,137759883 tX2=2,122620116	21,08880627	0,336942139	-6,658378875
EQUATION: Y=-0,001900037x+0,016308528*X2+0,120617079						
Polynomial 2	86	3	tX=8,558706242 tX2=6,833859727 tX2=2,643171044	37,36772639	0,577544271	-7,085900662
EQUATION: Y=-0,008333753X+0,000153184*X2+0,016308528*X2+0,164580809						
Polynomial 3	86	4	tX=5,765407779 tX2=0,933639843 tX^3=1,836468649 tX2=2,697487629	30,29067579	0,599332623	-7,115597906
EQUATION: Y=-0,006822001X-5,12075E-08*X2+5,00649E-06*X^3+0,016308528*X2+0,162049709						
Polynomial 4	86	5	tX=8,986581232 tX2=3,133804642 tX^3=0 tX^4=4,413258581 tX2=2,798666822	34,15320931	0,627779312	-7,165986765
EQUATION: Y=-0,006633893X-5,7285E-11*X2+0*X^3+1,61419E-07*X^4+0,016308528*X2+0,163592222						
Exponentiel	86	2	tX=4,299323492 tX2=2,7243595	12,95315859	0,237877084	-1,450888074
EQUATION: LN(Y)=-0,017986411X+0,282877986*X2-2,315239027						

D'après les tests de Student, la variable genre n'est pas significative dans le modèle linéaire (statistique de Student associée à cette variable est inférieure à 2,30) et les variables explicatives n'ont pas d'influence dans les modèles polynomial 3 et 4.

Aux vues de ces résultats, nous ne retiendrons que les modèles polynomial 2 et exponentiel qui vérifient les tests de Student et de Fisher.

L'ajustement polynomial 2 est représenté graphiquement ci-après :



De même que pour le modèle 5, le contraste entre les hommes et les femmes n'est pas aussi important que celui entre les cadres et les non cadres.

Pour finir, nous allons étudier deux modèles à trois variables explicatives. Le modèle 7 combine les variables classes d'âges, catégorie socioprofessionnelle et genre et le modèle 8, les variables classes d'ancienneté, catégorie socioprofessionnelle et genre. On notera que la variable X2 représente le genre et la variable X3 la catégorie socioprofessionnelle.

Modèle 7: le Turnover exprimé par classes d'âges, catégorie socioprofessionnelle et genre

Type d'ajustement	Nombre d'observations	Nombre de variables explicatives	Statistiques de Student	Statistique de Fisher	Coefficient de détermination R ²	Critère AIC
Linéaire	164	3	tX=9,72690323 tX2=0,13497756 tX3=6,79851304	46,95021495	0,468174648	-6,170127376
EQUATION: Y=-0,002917965X+0,000958211*X2+0,048262898*X3+0,208732013						
Logarithmique	164	3	tlnX=8,15177947 tX2=6,42543926 tX3=0	53,86888909	0,400902988	-6,051018983
EQUATION: Y=-0,096702154X+0,048262898*X2+0*X3+0,444602263						
Polynomial 2	164	4	tX=5,23193824 tX2=6,75495445 tX2=0 tX3=7,70707894	75,545453	0,58617446	-6,40880292
EQUATION: Y=0,005215761X-0,000166937*X2+0*X2+0,048262898*X3+0,067410229						

Polynomial 3	164	5	tX=8,6502769 tX ² =7,90651756 tX ³ =8,47131985 tX ² =0 tX ³ =8,86836726	88,23245177	0,689410545	-6,68358032
EQUATION: Y=0,01455478X+2,04545E-07*X ² -1,83391E-05*X ³ +0*X ² +0,048262898*X ³ -0,112024519						
Polynomial 4	164	6	tX=8,304234977 tX ² =8,320222919 tX ³ =0 tX ⁴ =9,132219191 tX ² =8,819480421 tX ³ =0	86,82533542	0,685957775	-6,660329707
EQUATION: Y=0,00690963X+2,64121E-11*X ² +0*X ³ -1,41628E-07*X ⁴ +0,048262898*X ² +0*X ³ -0,040432284						
Inverse	164	3	t1/X=6,4195514 tX ² =6,05843446 tX ³ =0	38,95763411	0,326120925	-5,933391844
EQUATION: Y=2,775105475*(1/X)+0,048262898*X ² +0*X ³ +0,015863694						

Les tests de Student effectués sur les modèles ci-dessus (on s'intéresse à tX² et tX³), montrent que les deux variables indicatrices considérées dans un même modèle ne permettent pas de conclure. Le modèle 7 à trois variables n'est donc pas significatif et ne permet pas de représenter de façon précise le turnover.

Modèle 8: le Turnover exprimé par classes d'anciennetés, catégorie socioprofessionnelle et genre

Type d'ajustement	Nombre d'observations	Nombre de variables explicatives	Statistiques de Student	Statistique de Fisher	Coefficient de détermination R ²	Critère AIC
Linéaire	172	3	tX=11,43026156 tX ² =1,800259169 tX ³ =7,665408411	64,21676614	0,534174793	-6,598894049
EQUATION: Y=-0,00257712X+0,010074044*X ² +0,042894747*X ³ +0,101269292						
Polynomial 2	172	4	tX=10,22518369 tX ² =7,160245273 tX ² =0 tX ³ =8,674016328	97,93412738	0,636208026	-6,834494411
EQUATION: Y=-0,007979911X+0,000128638*X ² +0*X ² +0,042894747*X ³ +0,143225385						
Polynomial 3	172	5	tX=6,245501286 tX ² =0,063700477 tX ³ =0,911314248 tX ² =0 tX ³ =8,821738426	77,66642335	0,650383098	-6,862610717
EQUATION: Y=-0,00594352X+2,8099E-09*X ² +1,99808E-06*X ³ +0*X ² +0,042894747*X ³ +0,137299779						

Polynomial 4	172	6	$tX=10,20809248$	80,6526956	0,65891274	-6,875682462
			$tX^2=-2,242201374$			
			$tX^3=0$			
			$tX^4=3,620793182$			
			$tX^2=8,931360877$			
			$tX''=0$			
EQUATION: $Y=-0,006210713X-3,37805E-11*X^2+0*X^3+1,09149E-07*X^4+0,042894747X^2+0*X^3+0,14033178$						

Comme dans le modèle 7, les deux variables indicatrices combinées à la variable « classes d'anciennetés » ne permettent pas de données des modèles significatifs afin de représenter nos données. Ceci s'explique facilement par la taille de notre échantillon. En effet, en partageant notre échantillon en un grand nombre de sous échantillons ayant des caractéristiques bien précises, nous perdons la possibilité de pouvoir dégager des idées générales concernant le turnover.

Finalement, nous pouvons donner la liste des modèles qui permettent d'ajuster au mieux nos données. Il s'agit des modèles qui valident les tests de Fisher et de Student, donnés par ordre croissant de critère Akaike (Les tables de turnover associées à ces modèles sont données en *Annexe 3*) :

- 1) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement polynomial d'ordre 3
- 2) Modèle 3 : classes d'âges et CSP, ajustement polynomial d'ordre 3
- 3) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement polynomial 2
- 4) Modèle 2 : classes d'anciennetés, ajustement polynomial 4
- 5) Modèle 5 : classes d'âge et Genre, ajustement polynomial 3
- 6) Modèle 3 : classes d'âges et CSP, ajustement linéaire
- 7) Modèle 5 : classes d'anciennetés et Genre, ajustement polynomial d'ordre 4
- 8) Modèle 3 : classes d'âge et CSP, ajustement logarithmique
- 9) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement linéaire
- 10) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement logarithmique
- 11) Modèle 3 : classes d'âge et CSP, ajustement inverse
- 12) Modèle 2 : classes d'anciennetés, ajustement polynomial d'ordre 2
- 13) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement inverse
- 14) Modèle 6 : classes d'anciennetés et Genre, ajustement polynomial d'ordre 2
- 15) Modèle 4 : classes d'ancienneté et CSP, ajustement polynomial d'ordre 2
- 16) Modèle 2 : classes d'anciennetés, ajustement linéaire

- 17) Modèle 4 : classes d'anciennetés et CSP, ajustement linéaire
- 18) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement puissance
- 19) Modèle 3 : classes d'âges et CSP, ajustement exponentiel
- 20) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement exponentiel
- 21) Modèle 3 : classes d'âges et CSP, ajustement puissance
- 22) Modèle 2 : classes d'anciennetés, ajustement exponentiel
- 23) Modèle 6 : classes d'anciennetés et Genre, ajustement exponentiel

A première vue, les variables significatives semblent être la variable « Classes d'âges » et « Catégorie socioprofessionnelle CSP » ; ce qui va dans le sens des résultats obtenus au cours des études précédentes et le type de modèle le plus pertinent semble être le modèle polynomial.

Une fois les modèles les plus pertinents au sens du critère Akaike, validant les tests de Fisher et de Student, déterminés, il nous reste à effectuer des tests structurels qui concernent les résidus obtenus par ajustement.

C) Tests des résidus

1- Présentation des tests

Une fois cette première étape achevée, nous devons nous assurer que pour chacun des modèles estimés, les hypothèses structurelles soient bien validées.

En effet, il est important d'examiner ce qui se passe quand le modèle ne donne pas des valeurs identiques aux valeurs observées ; c'est pourquoi il nous faut analyser les résidus. Leur analyse consiste à évaluer comment les résidus sont distribués.

Les résidus d'un bon modèle présentent diverses propriétés : normalité, homoscedasticité (la variance des résidus est constante dans le temps) et dépendance (les résidus ne sont pas autocorrélés dans le temps)

Cette dernière étape consiste donc à valider, par les tests résiduels, les modèles obtenus.

- **Normalité des résidus :**

Soit le test, H_0 : les résidus suivent une loi Normale

H_1 : les résidus ne suivent pas une loi Normale

Pour ce faire, nous effectuons **le test paramétrique de Jarque et Bera**. On introduit le

skewness ou coefficient d'asymétrie des résidus : $S = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^2\right)^{3/2}}$ et le kurtosis

ou indice d'aplatissement des résidus : $K = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^2\right)^2}$.

Ces deux grandeurs peuvent être combinées en une statistique dite Jarque et Bera destinée à tester la normalité d'une distribution.

Si S et K obéissent à des lois Normales alors $JB = \frac{n-k}{6} \left(S^2 + \frac{1}{4} (K-3)^2 \right) \propto \chi^2_2$ où k est le nombre de paramètres estimés.

Règle de décision :

Si $JB >$ à la valeur lue dans la table du Chi-deux à 2 degrés de liberté pour un risque $\alpha=5\%$ alors on rejette H_0 ; sinon on accepte l'hypothèse H_0 .

- **Absence d'autocorrélation des résidus :**

On effectue le **test Portemanteau ou de Box-Pierce** pour lequel on cherche à tester l'hypothèse H_0 qui énonce que les écarts des observations par rapport à leurs moyennes ne sont pas corrélés. Nous devons donc identifier $Cov(e_n, e_{n-k})=0$ ou $\rho_h=0$ pour tout k .

On le formule de la manière suivante :

$$H_0 : \rho_1 = \dots = \rho_h = 0$$

H1 : il existe au moins une ρ_i significativement différent de 0

On utilise la statistique Q de Box-Pierce : $Q = n \sum_{k=1}^h \hat{\rho}_k^2$ où $h=n-1$ est le nombre de retards et $\hat{\rho}_k$ l'autocorrélation empirique d'ordre k.

Q est distribuée de manière asymptotique comme un Chi-deux à h degrés de liberté. Nous rejetons l'hypothèse d'absence d'autocorrélation si, au seuil de risque $\alpha=5\%$, la statistique Q est supérieure au χ^2 lu dans la table à $(1-\alpha)$ et h degrés de liberté.

On peut également effectuer le test de **Durbin Watson** qui permet de détecter une autocorrélation des erreurs d'ordre 1 selon la forme : $e_t = \rho e_{t-1} + v_t$ où $v_t \propto N(0, \sigma_v^2)$.

Le test d'hypothèse est : $H_0 : \rho=0$ contre $H_1 : \rho \neq 0$.

Pour tester l'hypothèse nulle, on calcule la statistique de Durbin Watson :

$$DW = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \text{ où } e_t \text{ sont les résidus de l'estimation du modèle.}$$

DW varie entre 0 et 4. On a $DW=2$ lorsque $\hat{\rho}_k=0$.

Afin de tester H_0 , Durbin et Watson ont tabulé les valeurs critiques de DW au seuil de risque de 5% en fonction de la taille de l'échantillon n et du nombre de variables explicatives (k). La lecture de la table (cf. *Annexe 2*) permet de déterminer 2 valeurs d_1 et d_2 comprises entre 0 et 2 qui délimitent l'espace entre 0 et 4.

Selon la position du DW, nous pouvons conclure :

- $d_2 < DW < 4 - d_2$, on accepte H_0
- $0 < DW < d_1$, on rejette H_0
- $4 - d_1 < DW < 4$, on rejette H_0
- $d_1 < DW < d_2$ ou $4 - d_2 < DW < 4 - d_1$, on se trouve dans la zone de doute, nous ne pouvons pas conclure dans un sens comme de l'autre

- **Test d'hétéroscédasticité de White :**

Ce test permet non seulement de détecter une éventuelle hétéroscédasticité, mais aussi d'identifier la forme que revêt cette hétéroscédasticité. Ce test est fondé sur la relation entre le résidu et la ou les variable(s) explicative(s) X, supposées être la cause de l'hétéroscédasticité. Une fois le vecteur des résidus déterminé par la régression de Y sur les X, nous effectuons la régression de la valeur des carrés des résidus sur la ou les variable(s) explicatives en niveau et au carré au sein d'une même équation de régression :

$$e_t^2 = a_1 X_{1t} + b_1 X_{1t}^2 + \dots + a_k X_{kt} + b_k X_{kt}^2 + a_0 + v_t$$

Si l'un de ces coefficients de régression est significativement différent de 0, alors on accepte l'hypothèse d'hétéroscédasticité. Nous pouvons procéder à ce test grâce au test de Fisher classique de nullité des coefficients :

$$H_0 : a_1 = b_1 = \dots = a_k = b_k = 0$$

Si on refuse l'hypothèse nulle, alors il existe un risque d'hétéroscédasticité.

2- Réalisation des tests

Modèle 1 : Turnover en fonction des classes d'âges

Ajustement	JB	DW	d1	d2	Statistique de Fisher
Linéaire	4,38	0,2	1,44	1,54	27,53
Logarithmique	3,39	0,17	1,44	1,54	24,69
Polynomial 2	1,12	0,39	1,39	1,6	4,55
Polynomial 3	2,83	1,75	1,34	1,66	1,62
Inverse	3,91	0,14	1,44	1,54	17,43
Exponentiel	4,72	0,19	1,44	1,54	12,9
Puissance	5,05	0,23	1,44	1,54	14,57

Si l'on compare la valeur de Jarque Bera (JB) à la valeur du Chi-deux (2) qui vaut 5,991, on est en mesure d'accepter l'hypothèse H_0 de normalité des résidus. Concernant la statistique de Durbin et Watson (DW), elle est comprise entre les valeurs d_2 et $4-d_2$ pour le modèle polynomial 3 ; on accepte donc l'hypothèse d'absence d'autocorrélation des résidus. Pour les autres modèles, elle est comprise entre 0 et la valeur d_1 . On rejette donc l'hypothèse H_0 d'absence d'autocorrélation ; les résidus sont autocorrélés. Le test de Fisher permet de tester si les résidus sont homoscedastiques ou hétéroscedastiques. Il nous faut comparer la valeur de la statistique de Fisher à la valeur lue dans la table $F_{2,39}^{0,05}$ qui vaut 3,23. On accepte donc l'hypothèse d'homoscedasticité pour le modèle polynomial 3 et on la rejette dans les autres cas.

Modèle 2 : Turnover en fonction des classes d'ancienneté

Ajustement	JB	DW	d_1	d_2	Statistique de Fisher
Linéaire	1,40	0,52	1,44	1,54	8,5
Polynomial 2	315,03	0,9	1,39	1,6	4,73
Polynomial 4	32,78	1,45	1,34	1,66	12,2
Exponentiel	26,62	0,45	1,44	1,54	1,47

Seul le modèle linéaire a des résidus normaux. On rejette l'hypothèse d'absence d'autocorrélation des résidus pour les modèles linéaires, polynomial 2 et exponentiel. Pour le modèle polynomial 4, on se trouve dans l'incapacité de décider si les résidus sont autocorrélés ou non. Pour les 4 modèles, on rejette l'hypothèse d'homoscedasticité.

Modèle 3 : Turnover en fonction des classes d'âges et de la catégorie socioprofessionnelle

Ajustement	JB	DW	d_1	d_2	Statistique de Fisher
Linéaire	2,82	1,84	1,39	1,6	2,5
Logarithmique	4,42	1,65	1,39	1,6	1,94

Polynomial 3	5,33	2,05	1,29	1,72	2,37
Inverse	9,62	1,18	1,39	1,6	12,42
Exponentiel	2,54	1,85	1,39	1,6	2,64
Puissance	0,64	1,12	1,39	1,6	22,57

On accepte l'hypothèse de normalité des résidus pour tous les modèles à l'exception du modèle inverse. Pour les modèles inverse et puissance, on rejette l'hypothèse d'absence d'autocorrélation des résidus. Pour les autres modèles on accepte l'hypothèse d'absence d'autocorrélation. Tous les modèles, sauf les modèles inverse et puissance, vérifient le test d'homoscédasticité car les statistiques de Fisher sont inférieures à la valeur $F_{3,82}^{0,05}$ qui vaut environ 2,70.

Modèle 4 : Turnover en fonction des classes d'anciennetés et de la catégorie socioprofessionnelle

Ajustement	JB	DW	d1	d2	Statistique de Fisher
Linéaire	4,12	1,42	1,44	1,54	6,47
Polynomial 2	154,85	1,77	1,39	1,6	4,51

Les résidus du modèle linéaire sont normaux alors que ceux du modèle polynomial 2 ne le sont pas. On accepte l'hypothèse d'absence d'autocorrélation pour le modèle polynomial 2 tandis qu'on la rejette pour le modèle linéaire. On rejette également l'hypothèse d'homoscédasticité pour les deux modèles.

Modèle 5 : Turnover en fonction des classes d'âges et du genre

Ajustement	JB	DW	d1	d2	Statistique de Fisher
Polynomial 3	5,43	2,75	1,39	1,6	5,79
Polynomial 4	6,7	2,55	1,23	1,79	6,67

Les résidus du modèle polynomial 3 sont normaux, ceux du modèle polynomial 4 ne le sont pas. On rejette les hypothèses d'absence d'autocorrélation et d'homoscédasticité pour les deux modèles.

Modèle 6 : Turnover en fonction des classes d'anciennetés et du genre

Ajustement	JB	DW	d1	d2	Statistique de Fisher
Polynomial 2	444,86	0,85	1,34	1,66	6,06
Exponentiel	14,76	0,96	1,39	1,6	1,82

Pour les deux modèles ci-dessus, nous rejetons les hypothèses de normalité des résidus et d'absence d'autocorrélations. Nous acceptons l'hypothèse d'homoscédasticité pour le modèle exponentiel et nous la rejetons pour le modèle polynomial 2.

3- Conclusions sur les estimations statistiques

Les estimations statistiques du turnover permettent de dégager un certain nombre de modèles qui sont pertinents de par la valeur élevée de leur coefficient de détermination R^2 .

Cependant, les tests des résidus de régression limitent le nombre de modèles statistiquement valides pour représenter nos données.

Ces tests mettent en avant cinq modèles de qualité : **le premier modèle dépend uniquement des classes d'âges avec un ajustement polynomial 3, les quatre autres dépendent des deux variables « classes d'âges » et « Catégorie Socioprofessionnelle ».** Dans l'ordre, les modèles les plus performants sont les ajustements linéaire, logarithmique, polynomial 3 et exponentiel.

Ces résultats confirment que le turnover est bien dépendant de l'âge mais aussi de la catégorie socioprofessionnelle. Ceci est rassurant car la majorité des tables de turnover utilisée en France sont des tables par âge et par CSP.

L'étude que nous avons menée souligne toutefois le caractère volatile de cette grandeur et la difficulté d'appréciation de celle-ci.

Dans la partie suivante, nous nous intéresserons à comparer l'impact des différents modèles sur les engagements sociaux de l'entreprise. Malgré la détermination des modèles statistiquement valides, nous réaliserons ces calculs pour l'intégralité des modèles sélectionnés dans la partie II, B, 2 afin de mieux apprécier les résultats.

PARTIE III : Impact du turnover sur les engagements

Après avoir établi le listing des modèles statistiques que nous pouvons retenir pour décrire le turnover, nous allons déterminer les impacts de cette grandeur sur les engagements de retraite de l'entreprise.

A) Méthodologie de calcul

Pour comparer les impacts de la seule hypothèse de turnover sur les engagements de retraite, nous avons appliqué les modèles établis précédemment à nos populations en 2002, 2003, 2004 et 2005.

L'idée est de calculer les engagements d'indemnités de fin de carrière de l'entreprise (qui sont les engagements les plus fréquemment calculés pour les entreprises aujourd'hui) au cours de ces quatre années en prenant le soin d'isoler l'impact de l'hypothèse de turnover.

Pour ce faire, il faut que les autres hypothèses nécessaires au calcul des indemnités de fin de carrière soient fixées en 2002 et qu'elles restent inchangées tout au long de ces quatre années.

On rappelle la formule des indemnités de fin de carrière, pour un individu d'âge x , à la date t :

$$PBO_{it} = \text{prorata}_{it} * \text{Salaire}_{iT} * \text{droits}_i * p_{i,\text{présence}} * p_x * v^{T-t}$$

Où : - le prorata est égal au quotient de l'ancienneté aujourd'hui, à la date t , sur l'ancienneté à la date de la retraite T . Nous fixons l'âge de la retraite à 60 ans pour tous les individus. L'ancienneté à terme sera donc connue en 2002 et restera inchangée au cours des quatre années d'évaluation.

- $Salaire_T$ est le salaire de l'individu à la date T, c'est-à-dire à la date de départ à la retraite. Ce salaire est calculé grâce à l'hypothèse de taux d'augmentation des salaires. On la fixera constante pour chaque âge et pour toutes les catégories socioprofessionnelles et égale à 3%. Ainsi, le salaire à terme sera connu et inchangé au cours de chaque évaluation.
- Les droits sont déterminés par la convention collective. Comme on l'a vu précédemment, il s'agit du versement d'une indemnité en mois de salaires mensuels, qui dépendent de l'ancienneté à terme. Ces deux variables étant connues, les droits seront donc figés au cours des quatre évaluations. On retiendra les droits de retraite légaux pour réaliser ce travail.
- la probabilité de présence $p_{présence}$ correspond à la valeur : (1- taux de turnover). Il s'agit du paramètre qui nous intéresse. Il ne sera donc pas figé !
- La probabilité, pour un individu d'âge x, de survivre T-t années est notée $_{T-t}p_x$. On considérera que la probabilité pour un individu d'être vivant à la retraite est identique pendant ces quatre années. On se propose de choisir la table TV88-90
- v est le facteur d'actualisation, il est égal à $\frac{1}{1+i}$ où i est le taux d'actualisation constant au cours des évaluations et fixé à 4%.

On récapitule dans le tableau suivant, les hypothèses actuarielles que nous avons retenues pour effectuer le calcul des indemnités de fin de carrière :

Hypothèses	Valeur ou table
Taux d'actualisation	4%
Taux d'augmentation des salaires	3%
Mortalité	TV 88-90
Mobilité (Turnover)	Modèles définis précédemment

Mode de départ à la retraite	Mise à la retraite
Taux de charges patronales	0%
Age de départ à la retraite	60 ans

Une fois ces hypothèses fixées, nous procédons au calcul des engagements aux dates suivantes : 31/12/2001, 31/12/2002, 31/12/2003, 31/12/2004 et 31/12/2005.

A chaque date, et pour chaque modèle de turnover, nous calculons la PBO de l'année : PBO_N et la PBO projetée : PBO_{N+1} .

Comme définie précédemment, la PBO_N représente la somme des valeurs actuelles des prestations futures proratisées de chaque individu, l'année N :

$$PBO_N = \sum_{i=1}^{Nb.de.salariés} VAPF_{it} * prorata_{it}$$

La PBO_{N+1} est la PBO de l'année N+1 calculée aujourd'hui. Il s'agit d'une projection qui se calcule comme suit : $PBO_{N+1} = (PBO_N + NC) * (1 + i) - P_p$

Où : - NC est le Coût normal et vaut : $NC = VAPF * \frac{1}{ancienneté.à.term}$

- P_p sont les prestations payées au titre de l'année N, aux retraités ; c'est-à-dire aux personnes de 60 ans. Pour ne pas tenir compte de cette variable dans notre étude, nous supprimons les personnes partant en retraite l'année suivant l'évaluation ; il s'agit des personnes de 59 ans et plus.

Les bases ayant été posées, nous énonçons la manière dont nous allons procéder :

Au 31/12/2001, nous calculons la PBO de cette année PBO_{2001} et la PBO projetée de l'année 2002 $PBO_{2002}^{projetée}$.

Au 31/12/2002, nous calculons la PBO de cette année en ne prenant en compte que les personnes présentes l'année précédente : PBO_{2002} (en effet, il est important de comparer les engagements des personnes présentes l'année précédente car le turnover ne prend pas en compte les nouveaux entrants). Les écarts, en 2002, liés au turnover sont égaux à la différence entre la PBO_{2002} et la $PBO_{2002}^{projetée}$

Nous calculons ensuite la PBO projetée l'année suivante en prenant en compte l'ensemble des personnes présentes et nous faisons de même pour les dates d'évaluations suivantes.

B) Mesure des impacts

Après avoir appliqué la méthode énoncée ci-dessus, à nos données, nous obtenons les résultats suivants :

- 1) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement polynomial d'ordre 3

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 464 381	-197 236
Année 2002	1 267 145	1 426 711	-155 199
Année 2003	1 271 512	1 438 044	198 755
Année 2004	1 239 289	1 394 635	205 216
Année 2005	1 599 851		
Somme des gains et pertes générés			756 406

- 2) Modèle 3 : classes d'âges et CSP, ajustement polynomial d'ordre 3

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 385 135	-183 334
Année 2002	1 201 801	1 353 718	-140 403
Année 2003	1 213 315	1 375 440	-181 156
Année 2004	1 194 284	1 345 817	38 344
Année 2005	1 384 161		
Somme des gains et pertes générés			543 237

- 3) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement polynomial 2

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 457 740	-199 326
Année 2002	1 258 414	1 415 231	-154 164
Année 2003	1 261 067	1 423 237	200 020
Année 2004	1 223 217	1 374 410	42 816
Année 2005	1 417 226		
Somme des gains et pertes générés			596 326

- 4) Modèle 2 : classes d'anciennetés, ajustement polynomial 4

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 833 381	-220 417
Année 2002	1 612 964	1 806 009	-178 383
Année 2003	1 627 626	1 838 785	218 879
Année 2004	1 619 906	1 814 744	16 425
Année 2005	1 831 169		
Somme des gains et pertes générés			634 104

- 5) Modèle 5 : classes d'âge et Genre, ajustement polynomial 3

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 370 981	-187 628
Année 2002	1 183 353	1 330 926	-142 906
Année 2003	1 188 020	1 341 214	-186 211
Année 2004	1 155 003	1 298 013	41 663
Année 2005	1 339 676		
Somme des gains et pertes générés			558 408

- 6) Modèle 3 : classes d'âges et CSP, ajustement linéaire

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 331 840	-181 042
Année 2002	1 150 798	1 296 360	-134 929
Année 2003	1 161 431	1 316 325	-177 036
Année 2004	1 139 289	1 283 802	43 261
Année 2005	1 327 063		
Somme des gains et pertes générés			536 268

- 7) Modèle 5 : classes d'anciennetés et Genre, ajustement polynomial d'ordre 4

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 380 666	-188 108
Année 2002	1 192 558	1 341 074	-144 038
Année 2003	1 197 036	1 351 102	-187 206
Année 2004	1 163 896	1 307 815	40 843
Année 2005	1 348 658		
Somme des gains et pertes générés			560 195

- 8) Modèle 3 : classes d'âge et CSP, ajustement logarithmique

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 280 914	-176 549
Année 2002	1 104 365	1 244 630	-129 487
Année 2003	1 115 143	1 264 604	-171 324
Année 2004	1 093 280	1 232 576	43 888
Année 2005	1 276 464		
Somme des gains et pertes générés			521 248

- 9) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement linéaire

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 354 525	-189 319
Année 2002	1 165 206	1 313 073	-143 556
Année 2003	1 169 517	1 323 908	-187 762
Année 2004	1 136 146	1 279 419	40 373
Année 2005	1 319 792		
Somme des gains et pertes générés			561 010

- 10) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement logarithmique

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 296 927	-184 121
Année 2002	1 112 806	1 254 229	-136 990
Année 2003	1 117 239	1 264 785	-181 019
Année 2004	1 083 766	1 220 501	42 039
Année 2005	1 262 540		
Somme des gains et pertes générés			544 170

- 11) Modèle 3 : classes d'âge et CSP, ajustement inverse

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 219 336	-171 257
Année 2002	1 048 079	1 181 461	-122 765
Année 2003	1 058 696	1 200 706	-164 492
Année 2004	1 036 214	1 168 437	45 606
Année 2005	1 214 043		
Somme des gains et pertes générés			504 120

- 12) Modèle 2 : classes d'anciennetés, ajustement polynomial d'ordre 2

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 786 458	-223 234
Année 2002	1 563 224	1 753 796	-180 822
Année 2003	1 572 974	1 780 986	-222 875
Année 2004	1 558 111	1 749 228	18 179
Année 2005	1 767 407		
Somme des gains et pertes générés			645 110

- 13) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement inverse

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 235 855	-178 643
Année 2002	1 057 212	1 191 490	-129 864
Année 2003	1 061 626	1 201 375	173 837
Année 2004	1 027 538	1 156 896	44 421
Année 2005	1 201 317		
Somme des gains et pertes générés			526 765

- 14) Modèle 6 : classes d'anciennetés et Genre, ajustement polynomial d'ordre 2

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 641 864	-211 558
Année 2002	1 430 306	1 603 145	-161 283
Année 2003	1 441 862	1 629 665	-204 943
Année 2004	1 424 722	1 598 004	29 704
Année 2005	1 627 708		
Somme des gains et pertes générés			607 488

- 15) Modèle 4 : classes d'ancienneté et CSP, ajustement polynomial d'ordre 2

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecart d'expérience
Année 2001		1 739 833	-214 134
Année 2002	1 525 699	1 707 954	-166 203
Année 2003	1 541 751	1 743 196	-206 043
Année 2004	1 537 153	1 724 403	22 438
Année 2005	1 746 841		
Somme des gains et pertes générés			608 818

- 16) Modèle 2 : classes d'anciennetés, ajustement linéaire

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecart d'expérience
Année 2001		1 609 911	-217 773
Année 2002	1 392 138	1 561 219	-164 337
Année 2003	1 396 882	1 577 200	-209 788
Année 2004	1 367 412	1 533 916	30 370
Année 2005	1 564 286		
Somme des gains et pertes générés			622 268

- 17) Modèle 4 : classes d'anciennetés et CSP, ajustement linéaire

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecart d'expérience
Année 2001		1 609 340	-210 745
Année 2002	1 398 595	1 564 828	-155 075
Année 2003	1 409 753	1 589 986	-197 579
Année 2004	1 392 407	1 560 450	31 729
Année 2005	1 592 179		
Somme des gains et pertes générés			595 128

- 18) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement puissance

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecart d'expérience
Année 2001		1 387 964	-192 236
Année 2002	1 195 728	1 348 791	-148 273
Année 2003	1 200 518	1 360 994	191 895
Année 2004	1 169 099	1 317 921	36 923
Année 2005	1 354 844		
Somme des gains et pertes générés			569 327

- 19) Modèle 3 : classes d'âges et CSP, ajustement exponentiel

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 420 514	-190 377
Année 2002	1 230 137	1 387 444	-147 055
Année 2003	1 240 389	1 408 419	-189 521
Année 2004	1 218 898	1 375 763	36 292
Année 2005	1 412 055		
Somme des gains et pertes générés			563 245

- 20) Modèle 1 : classes d'âges, ajustement exponentiel

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 341 155	-188 128
Année 2002	1 153 027	1 300 732	-142 825
Année 2003	1 157 907	1 312 929	186 554
Année 2004	1 126 375	1 269 960	38 240
Année 2005	1 308 200		
Somme des gains et pertes générés			555 747

- 21) Modèle 3 : classes d'âges et CSP, ajustement puissance

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 372 285	-186 063
Année 2002	1 186 222	1 338 661	-141 866
Année 2003	1 196 795	1 359 981	-184 024
Année 2004	1 175 957	1 328 106	36 960
Année 2005	1 365 066		
Somme des gains et pertes générés			548 913

- 22) Modèle 2 : classes d'anciennetés, ajustement exponentiel

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecarts d'expérience
Année 2001		1 716 241	-227 677
Année 2002	1 488 564	1 677 230	-181 158
Année 2003	1 496 072	1 700 481	226 273
Année 2004	1 474 208	1 662 468	17 103
Année 2005	1 679 571		
Somme des gains et pertes générés			652 211

- 23) Modèle 6 : classes d'anciennetés et Genre, ajustement exponentiel

	PBO Année N	PBO Année N+1	Ecart d'expérience
Année 2001		1 565 194	-213 402
Année 2002	1 351 792	1 519 363	-158 181
Année 2003	1 361 182	1 541 958	-204 378
Année 2004	1 337 580	1 504 955	30 952
Année 2005	1 535 907		
Somme des gains et pertes générés			606 913

C) Exploitation des résultats

Aux vues des résultats obtenus et recensés dans les tableaux ci-dessus, il apparaît que **le turnover génère bien des écarts d'expérience**. Le choix de la table de turnover est donc important puisque le montant maximum des écarts générés s'élève à 756 406 € et le montant minimum à 504 120 €. La variation entre ces deux montants est de 50% ; ce qui n'est pas négligeable.

Le modèle qui était statistiquement le plus performant (1) s'avère être celui qui génère le plus d'écarts d'expérience. Par conséquent, ce modèle ne peut pas être retenu.

Le modèle qui génère le moins d'écarts d'expérience est le modèle fonction des classes d'âges et de la CSP avec un ajustement inverse. Ce modèle n'est pas statistiquement valide ; nous ne pouvons donc pas le prendre en compte.

Le deuxième modèle qui génère le moins d'écarts d'expérience est le modèle, statistiquement valide, fonction des classes d'âges et de la CSP avec un ajustement logarithmique. Il génère des écarts à hauteur de 521 248 €.

Outre ce dernier, les modèles pouvant être pertinents sont les modèles fonctions des classes d'âges et de la CSP, avec un ajustement linéaire (génère des écarts de 536 268€, soit 2.9% de plus que le modèle logarithmique), puis polynomial d'ordre 3 (avec des écarts de 543 237€, soit 4.2% en plus que le modèle logarithmique) suivi de l'ajustement exponentiel qui génère, quant à lui, des écarts de 563 245€, soit une variation de +8.06% en comparaison avec les écarts du modèle logarithmique.

CONCLUSION

Cette étude de turnover menée sur la population d'une seule et même entreprise aurait pu paraître « incomplète », dans la mesure où ce périmètre restreint de manière déterminante, le champ d'investigation. En ce sens que cette délimitation exclue des variables, qui ont pu, au cours des travaux effectués précédemment, exprimer tout leur pouvoir explicatif ; ces variables étant le Secteur d'activité, la Zone géographique ou encore la Taille de l'entreprise.

Cependant, cette étude, limitée en nombre de variables explicatives, propose une réelle méthodologie d'appréciation et de mesure du turnover et a permis d'apporter des confirmations quant au pouvoir explicatif de certaines variables. En effet, on constate que la variable classes d'âges est la variable qui explique le mieux les taux de turnover ; les jeunes ont donc un taux de turnover plus élevé que les personnes plus expérimentées. De plus, les modèles les plus significatifs, au sens statistique et actuariel (c'est-à-dire qui limitent les écarts d'expérience liés au turnover), sont les modèles qui expriment le turnover en fonction de l'âge et de la catégorie socioprofessionnelle, variable qui a un poids important dans la détermination du turnover. Ces résultats se veulent rassurant pour les cabinets de conseils, qui évaluent les engagements sociaux grâce à des tables de turnover de cette nature.

La différence entre les tables existantes et le modèle le plus performant trouvé dans cette étude, tient de la nature de l'ajustement. Le choix retenu dans les cabinets de conseil est d'ajuster le turnover de manière exponentielle. Les résultats de notre étude montrent que, ce modèle, bien que statistiquement valide, ne constitue pas le meilleur estimateur de cette variable. En effet, l'ajustement qui apparaît le plus pertinent est l'ajustement logarithmique.

Cette étude nous a donc permis de trouver des modèles répondant à toutes les obligations statistiques et actuarielles, mais elle nous a également fait prendre conscience de l'évolution rapide du turnover et de son impact réel et significatif sur les engagements. Il apparaît donc essentiel de réaliser des études de turnover plus rapprochées afin de bien maîtriser ce paramètre pour lequel les informations nécessaires sont encore difficiles à obtenir.

LEXIQUE

ABO = Accumulated Benefit Obligation

Actuarial G/L = Actuarial Gains and losses

AGIRC = Association Générale des Institutions de Retraite des Cadres

ARRCO = Association des Régimes de Retraite Complémentaires

CSP = Catégorie SocioProfessionnelle

FAS = Financial Accounting Standards

IAS = International Accounting Standards

IC = Interest Cost

IFC = Indemnités de Fins de Carrières

IFRS = International Financial Reporting Standards

MdT = Médailles du Travail

NC = Normal Cost

NPPC = Net Periodic Pension Cost

OCI = Other Comprehensive Income

PASS = Plafond Annuel de la Sécurité Sociale

PBO = Projected Benefit Obligation

SC = Service Cost

SORIE = Statement Of Recognized Income and Expense

VAPF = Valeur Actuelle des Prestations Futures

ANNEXES

ANNEXE 1 : Statistiques descriptives concernant les données de l'entreprise

Année 2002

Sexe	Données	Catégorie CSP		Total
		Cadres	Non Cadres	
Hommes	Effectif	855,00	193,00	1 048,00
	Ancienneté moyenne	5,77	4,01	5,44
	Age moyen	36,66	32,08	35,82
	Salaire annuel brut fixe moyen	49 254,90	18 333,83	43 560,47
	Salaire annuel brut variable moyen	9 292,45	805,17	7 729,43
	Nombre de sortants	159,00	30,00	189,00
Femmes	Effectif	1 154,00	415,00	1 569,00
	Ancienneté moyenne	6,50	5,35	6,20
	Age moyen	36,12	32,51	35,17
	Salaire annuel brut fixe moyen	33 277,41	17 737,00	29 166,98
	Salaire annuel brut variable moyen	2 451,49	802,05	2 015,22
	Nombre de sortants	236,00	65,00	301,00
Total Effectif		2 009,00	608,00	2 617,00
Total Ancienneté moyenne		6,19	4,92	5,90
Total Age moyen		36,35	32,38	35,43
Total Salaire annuel brut fixe moyen		40 077,19	17 926,46	34 930,97
Total Salaire annuel brut variable moyen		5 362,90	803,04	4 303,52
Total Nombre de sortants		395,00	95,00	490,00

Année 2003

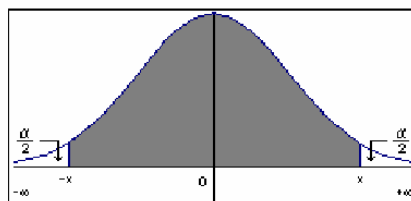
Sexe	Données	Catégorie		
		Cadres	Non Cadres	Total
Hommes	Effectif	762,00	185,00	947,00
	Ancienneté moyenne	6,42	4,51	6,05
	Age moyen	37,38	32,60	36,45
	Salaire annuel brut fixe moyen	52 733,39	20 697,16	46 474,99
	Salaire annuel brut variable moyen	8 358,21	947,84	6 910,56
	Nombre de sortants	124,00	22,00	146,00
Femmes	Effectif	1 008,00	404,00	1 412,00
	Ancienneté moyenne	7,24	5,84	6,84
	Age moyen	37,10	33,00	35,92
	Salaire annuel brut fixe moyen	36 426,40	20 146,42	31 768,39
	Salaire annuel brut variable moyen	2 675,96	839,39	2 150,48
	Nombre de sortants	164,00	37,00	201,00
Total Effectif		1 770,00	589,00	2 359,00
Total Ancienneté moyenne		6,89	5,42	6,52
Total Age moyen		37,22	32,87	36,14
Total Salaire annuel brut fixe moyen		43 446,70	20 319,41	37 672,23
Total Salaire annuel brut variable moyen		5 122,21	873,45	4 061,37
Total Nombre de sortants		288,00	59,00	347,00

Année 2004

Sexe	Données	Catégorie		
		Cadres	Non Cadres	Total
Hommes	Effectif	746,00	207,00	953,00
	Ancienneté moyenne	6,55	4,60	6,13
	Age moyen	37,40	32,42	36,32
	Salaire annuel brut fixe moyen	55 251,43	21 387,62	47 895,92
	Salaire annuel brut variable moyen	10 107,72	1 183,20	8 169,24
	Nombre de sortants	108,00	14,00	122,00
Femmes	Effectif	967,00	480,00	1 447,00
	Ancienneté moyenne	7,59	5,79	6,99
	Age moyen	37,73	32,78	36,09
	Salaire annuel brut fixe moyen	38 206,57	20 493,80	32 330,88
	Salaire annuel brut variable moyen	3 609,09	953,69	2 728,24
	Nombre de sortants	142,00	33,00	175,00
Total Effectif		1 713,00	687,00	2 400,00
Total Ancienneté moyenne		7,14	5,43	6,65
Total Age moyen		37,59	32,67	36,18
Total Salaire annuel brut fixe moyen		45 629,49	20 763,12	38 511,49
Total Salaire annuel brut variable moyen		6 439,20	1 022,84	4 888,77
Total Nombre de sortants		250,00	47,00	297,00

Année 2005

Sexe	Données	Catégorie		
		Cadres	Non Cadres	Total
Hommes	Effectif	712,00	245,00	957,00
	Ancienneté moyenne	6,79	4,58	6,22
	Age moyen	37,77	32,14	36,33
	Salaire annuel brut fixe moyen	58 501,25	21 121,93	48 931,83
	Salaire annuel brut variable moyen	8 097,29	949,83	6 267,48
	Nombre de sortants	86,00	32,00	118,00
Femmes	Effectif	904,00	543,00	1 447,00
	Ancienneté moyenne	7,98	5,78	7,16
	Age moyen	38,37	32,56	36,19
	Salaire annuel brut fixe moyen	41 858,28	20 677,20	33 909,88
	Salaire annuel brut variable moyen	3 353,72	719,79	2 365,31
	Nombre de sortants	80,00	71,00	151,00
Total Effectif		1 616,00	788,00	2 404,00
Total Ancienneté moyenne		7,46	5,41	6,78
Total Age moyen		38,11	32,43	36,25
Total Salaire annuel brut fixe moyen		49 191,07	20 815,47	39 889,92
Total Salaire annuel brut variable moyen		5 443,71	791,31	3 918,71
Total Nombre de sortants		166,00	103,00	269,00

ANNEXE 2 : Tables de lois utiliséesTable de la loi de Student

α	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,002	0,001
$1 - \alpha$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,998	0,999
$v = \text{ddl}$											
1	0,0000	0,3249	0,7265	1,3764	3,0777	6,3137	12,706	31,821	63,656	318,29	636,58
2	0,0000	0,2887	0,6172	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9645	9,9250	22,328	31,600
3	0,0000	0,2767	0,5844	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8408	10,214	12,924
4	0,0000	0,2707	0,5686	0,9410	1,5332	2,1318	2,7765	3,7469	4,6041	7,1729	8,6101
5	0,0000	0,2672	0,5594	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321	5,8935	6,8685
6	0,0000	0,2648	0,5534	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	5,2075	5,9587
7	0,0000	0,2632	0,5491	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646	2,9979	3,4995	4,7853	5,4081
8	0,0000	0,2619	0,5459	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554	4,5008	5,0414
9	0,0000	0,2610	0,5435	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	4,2969	4,7809
10	0,0000	0,2602	0,5415	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693	4,1437	4,5868
11	0,0000	0,2596	0,5399	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	4,0248	4,4369
12	0,0000	0,2590	0,5386	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545	3,9296	4,3178
13	0,0000	0,2586	0,5375	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123	3,8520	4,2209
14	0,0000	0,2582	0,5366	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768	3,7874	4,1403
15	0,0000	0,2579	0,5357	0,8662	1,3406	1,7531	2,1315	2,6025	2,9467	3,7329	4,0728
16	0,0000	0,2576	0,5350	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208	3,6861	4,0149
17	0,0000	0,2573	0,5344	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982	3,6458	3,9651
18	0,0000	0,2571	0,5338	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784	3,6105	3,9217
19	0,0000	0,2569	0,5333	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609	3,5793	3,8833
20	0,0000	0,2567	0,5329	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453	3,5518	3,8496
21	0,0000	0,2566	0,5325	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314	3,5271	3,8193
22	0,0000	0,2564	0,5321	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188	3,5050	3,7922
23	0,0000	0,2563	0,5317	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	3,4850	3,7676
24	0,0000	0,2562	0,5314	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7970	3,4668	3,7454
25	0,0000	0,2561	0,5312	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874	3,4502	3,7251
26	0,0000	0,2560	0,5309	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787	3,4350	3,7067
27	0,0000	0,2559	0,5306	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707	3,4210	3,6895
28	0,0000	0,2558	0,5304	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633	3,4082	3,6739
29	0,0000	0,2557	0,5302	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564	3,3963	3,6595
30	0,0000	0,2556	0,5300	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500	3,3852	3,6460
40	0,0000	0,2550	0,5286	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045	3,3069	3,5510
50	0,0000	0,2547	0,5278	0,8489	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778	3,2614	3,4960
60	0,0000	0,2545	0,5272	0,8477	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603	3,2317	3,4602
70	0,0000	0,2543	0,5268	0,8468	1,2938	1,6669	1,9944	2,3808	2,6479	3,2108	3,4350
80	0,0000	0,2542	0,5265	0,8461	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387	3,1952	3,4164
90	0,0000	0,2541	0,5263	0,8456	1,2910	1,6620	1,9867	2,3685	2,6316	3,1832	3,4019
100	0,0000	0,2540	0,5261	0,8452	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259	3,1738	3,3905
200	0,0000	0,2537	0,5252	0,8434	1,2858	1,6525	1,9719	2,3451	2,6006	3,1315	3,3398
∞	0,0000	0,2533	0,5244	0,8416	1,2816	1,6449	1,9600	2,3263	2,5758	3,0903	3,2906

Table de la loi de Fisher

		$\alpha = 0,95$																	
		v_1																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30	50	100	200	500	•
v_2	1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	246	248	250	252	253	254	254	254
	2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
	3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,70	8,66	8,62	8,58	8,55	8,54	8,53	8,53
	4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,86	5,80	5,75	5,70	5,66	5,65	5,64	5,63
	5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,62	4,56	4,50	4,44	4,41	4,39	4,37	4,37
	6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	3,94	3,87	3,81	3,75	3,71	3,69	3,68	3,67
	7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,51	3,44	3,38	3,32	3,27	3,25	3,24	3,23
	8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,22	3,15	3,08	3,02	2,97	2,95	2,94	2,93
	9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,01	2,94	2,86	2,80	2,76	2,73	2,72	2,71
	10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,85	2,77	2,70	2,64	2,59	2,56	2,55	2,54
	11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,72	2,65	2,57	2,51	2,46	2,43	2,42	2,40
	12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,62	2,54	2,47	2,40	2,35	2,32	2,31	2,30
	13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,53	2,46	2,38	2,31	2,26	2,23	2,22	2,21
	14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,46	2,39	2,31	2,24	2,19	2,16	2,14	2,13
	15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,40	2,33	2,25	2,18	2,12	2,10	2,08	2,07
	16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,35	2,28	2,19	2,12	2,07	2,04	2,02	2,01
	17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,31	2,23	2,15	2,08	2,02	1,99	1,97	1,96
	18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,27	2,19	2,11	2,04	1,98	1,95	1,93	1,92
	19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,23	2,16	2,07	2,00	1,94	1,91	1,89	1,88
	20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,20	2,12	2,04	1,97	1,91	1,88	1,86	1,84
	22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,15	2,07	1,98	1,91	1,85	1,82	1,80	1,78
	24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,11	2,03	1,94	1,86	1,80	1,77	1,75	1,73
	26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,07	1,99	1,90	1,82	1,76	1,73	1,71	1,69
	28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,04	1,96	1,87	1,79	1,73	1,69	1,67	1,65
	30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,01	1,93	1,84	1,76	1,70	1,66	1,64	1,62
	40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	1,92	1,84	1,74	1,66	1,59	1,55	1,53	1,51
	50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,03	1,87	1,78	1,69	1,60	1,52	1,48	1,46	1,44
	60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,84	1,75	1,65	1,56	1,48	1,44	1,41	1,39
	80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,13	2,06	2,00	1,95	1,79	1,70	1,60	1,51	1,43	1,38	1,35	1,32
	100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,31	2,19	2,10	2,03	1,97	1,93	1,77	1,68	1,57	1,48	1,39	1,34	1,31	1,28
	200	3,89	3,04	2,65	2,42	2,26	2,14	2,06	1,98	1,93	1,88	1,72	1,62	1,52	1,41	1,32	1,26	1,22	1,19
	500	3,86	3,01	2,62	2,39	2,23	2,12	2,03	1,96	1,90	1,85	1,69	1,59	1,48	1,38	1,28	1,21	1,16	1,11
	•	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,67	1,57	1,46	1,35	1,24	1,17	1,11	1,00

Table de la loi du Chi-Deux

$1 - \alpha$	0,001	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,5	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,999
α	0,999	0,995	0,99	0,975	0,95	0,9	0,5	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001
$v = \text{ddl}$													
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,45	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88	10,83
2	0,00	0,01	0,02	0,05	0,10	0,21	1,39	4,61	5,99	7,38	9,21	10,60	13,82
3	0,02	0,07	0,11	0,22	0,35	0,58	2,37	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84	16,27
4	0,09	0,21	0,30	0,48	0,71	1,06	3,36	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86	18,47
5	0,21	0,41	0,55	0,83	1,15	1,61	4,35	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75	20,51
6	0,38	0,68	0,87	1,24	1,64	2,20	5,35	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55	22,46
7	0,60	0,99	1,24	1,69	2,17	2,83	6,35	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28	24,32
8	0,86	1,34	1,65	2,18	2,73	3,49	7,34	13,36	15,51	17,53	20,09	21,95	26,12
9	1,15	1,73	2,09	2,70	3,33	4,17	8,34	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59	27,88
10	1,48	2,16	2,56	3,25	3,94	4,87	9,34	15,99	18,31	20,48	23,21	25,19	29,59
11	1,83	2,60	3,05	3,82	4,57	5,58	10,34	17,28	19,68	21,92	24,73	26,76	31,26
12	2,21	3,07	3,57	4,40	5,23	6,30	11,34	18,55	21,03	23,34	26,22	28,30	32,91
13	2,62	3,57	4,11	5,01	5,89	7,04	12,34	19,81	22,36	24,74	27,69	29,82	34,53
14	3,04	4,07	4,66	5,63	6,57	7,79	13,34	21,06	23,68	26,12	29,14	31,32	36,12
15	3,48	4,60	5,23	6,26	7,26	8,55	14,34	22,31	25,00	27,49	30,58	32,80	37,70
16	3,94	5,14	5,81	6,91	7,96	9,31	15,34	23,54	26,30	28,85	32,00	34,27	39,25
17	4,42	5,70	6,41	7,56	8,67	10,09	16,34	24,77	27,59	30,19	33,41	35,72	40,79
18	4,90	6,26	7,01	8,23	9,39	10,86	17,34	25,99	28,87	31,53	34,81	37,16	42,31
19	5,41	6,84	7,63	8,91	10,12	11,65	18,34	27,20	30,14	32,85	36,19	38,58	43,82
20	5,92	7,43	8,26	9,59	10,85	12,44	19,34	28,41	31,41	34,17	37,57	40,00	45,31
21	6,45	8,03	8,90	10,28	11,59	13,24	20,34	29,62	32,67	35,48	38,93	41,40	46,80
22	6,98	8,64	9,54	10,98	12,34	14,04	21,34	30,81	33,92	36,78	40,29	42,80	48,27
23	7,53	9,26	10,20	11,69	13,09	14,85	22,34	32,01	35,17	38,08	41,64	44,18	49,73
24	8,08	9,89	10,86	12,40	13,85	15,66	23,34	33,20	36,42	39,36	42,98	45,56	51,18
25	8,65	10,52	11,52	13,12	14,61	16,47	24,34	34,38	37,65	40,65	44,31	46,93	52,62
26	9,22	11,16	12,20	13,84	15,38	17,29	25,34	35,56	38,89	41,92	45,64	48,29	54,05
27	9,80	11,81	12,88	14,57	16,15	18,11	26,34	36,74	40,11	43,19	46,96	49,65	55,48
28	10,39	12,46	13,56	15,31	16,93	18,94	27,34	37,92	41,34	44,46	48,28	50,99	56,89
29	10,99	13,12	14,26	16,05	17,71	19,77	28,34	39,09	42,56	45,72	49,59	52,34	58,30
30	11,59	13,79	14,95	16,79	18,49	20,60	29,34	40,26	43,77	46,98	50,89	53,67	59,70

Table de Durbin Watson (Risque $\alpha=5\%$)

n	k=1		k=2		k=3		k=4		k=5		k=6	
	d1	d2	d1	d2	d1	d2	d1	d2	d1	d2	d1	d2
15	1,08	1,36	0,95	1,54	0,82	1,75	0,69	1,97	0,56	2,21	0,45	2,47
16	1,1	1,37	0,98	1,54	0,86	1,73	0,74	1,93	0,62	2,15	0,5	2,4
17	1,13	1,38	1,02	1,54	0,9	1,71	0,78	1,9	0,67	2,1	0,55	2,32
18	1,16	1,39	1,05	1,53	0,93	1,69	0,82	1,87	0,71	2,06	0,6	2,26
19	1,18	1,4	1,08	1,53	0,97	1,68	0,86	1,85	0,75	2,02	0,65	2,21
20	1,2	1,41	1,1	1,54	1	1,68	0,9	1,83	0,79	1,99	0,69	2,16
21	1,22	1,42	1,13	1,54	1,03	1,67	0,93	1,81	0,83	1,96	0,73	2,12
22	1,24	1,43	1,15	1,54	1,05	1,66	0,96	1,8	0,86	1,94	0,77	2,09
23	1,26	1,44	1,17	1,54	1,08	1,66	0,99	1,79	0,9	1,92	0,8	2,06
24	1,27	1,45	1,19	1,55	1,1	1,66	1,01	1,78	0,93	1,9	0,84	2,03
25	1,29	1,45	1,21	1,55	1,12	1,66	1,04	1,77	0,95	1,89	0,87	2,01
26	1,3	1,46	1,22	1,55	1,14	1,65	1,06	1,76	0,98	1,88	0,9	1,99
27	1,32	1,47	1,24	1,56	1,16	1,65	1,08	1,76	1,01	1,86	0,92	1,97
28	1,33	1,48	1,26	1,56	1,18	1,65	1,1	1,75	1,03	1,85	0,95	1,96
29	1,34	1,48	1,27	1,56	1,2	1,65	1,12	1,74	1,05	1,84	0,97	1,94
30	1,35	1,49	1,28	1,57	1,21	1,65	1,14	1,74	1,07	1,83	1	1,93
31	1,36	1,5	1,3	1,57	1,23	1,65	1,16	1,74	1,09	1,83	1,02	1,92
32	1,37	1,5	1,31	1,57	1,24	1,65	1,18	1,73	1,11	1,82	1,04	1,91
33	1,38	1,51	1,32	1,58	1,26	1,65	1,19	1,73	1,13	1,81	1,06	1,9
34	1,39	1,51	1,33	1,58	1,27	1,65	1,21	1,73	1,15	1,81	1,08	1,89
35	1,4	1,52	1,34	1,58	1,28	1,65	1,22	1,73	1,16	1,8	1,1	1,88
36	1,41	1,52	1,35	1,59	1,29	1,65	1,24	1,73	1,18	1,8	1,11	1,88
37	1,42	1,53	1,36	1,59	1,31	1,66	1,25	1,72	1,19	1,8	1,13	1,87
38	1,43	1,54	1,37	1,59	1,32	1,66	1,26	1,72	1,21	1,79	1,15	1,86
39	1,43	1,54	1,38	1,6	1,33	1,66	1,27	1,72	1,22	1,79	1,16	1,86
40	1,44	1,54	1,39	1,6	1,34	1,66	1,29	1,72	1,23	1,79	1,17	1,85
45	1,48	1,57	1,43	1,62	1,38	1,67	1,34	1,72	1,29	1,78	1,24	1,84
50	1,5	1,59	1,46	1,63	1,42	1,67	1,38	1,72	1,34	1,77	1,29	1,82
55	1,53	1,6	1,49	1,64	1,45	1,68	1,41	1,72	1,38	1,77	1,33	1,81
60	1,55	1,62	1,51	1,65	1,48	1,69	1,44	1,73	1,41	1,77	1,37	1,81
65	1,57	1,63	1,54	1,66	1,5	1,7	1,47	1,73	1,44	1,77	1,4	1,8
70	1,58	1,64	1,55	1,67	1,52	1,7	1,49	1,74	1,46	1,77	1,43	1,8
75	1,6	1,65	1,57	1,68	1,54	1,71	1,51	1,74	1,49	1,77	1,46	1,8
80	1,61	1,66	1,59	1,69	1,56	1,72	1,53	1,74	1,51	1,77	1,48	1,8
85	1,62	1,67	1,6	1,7	1,57	1,72	1,55	1,75	1,52	1,77	1,5	1,8
90	1,63	1,68	1,61	1,7	1,59	1,73	1,57	1,75	1,54	1,78	1,52	1,8
95	1,64	1,69	1,62	1,71	1,6	1,73	1,58	1,75	1,56	1,78	1,54	1,8

ANNEXE 3 : Tables de turnover suivant les modèles estimés

Modèle 1 : Le turnover fonction de classes d'âges

Linéaire		Logarithmique		Polynomial 2		Polynomial 3	
Age	Turnover	Age	Turnover	Age	Turnover	Age	Turnover
x	y	x	y	x	y	x	y
20	16,19%	20	16,44%	20	12,88%	20	9,96%
21	15,99%	21	16,12%	21	13,18%	21	11,13%
22	15,79%	22	15,82%	22	13,45%	22	12,17%
23	15,59%	23	15,52%	23	13,70%	23	13,07%
24	15,39%	24	15,24%	24	13,92%	24	13,85%
25	15,19%	25	14,97%	25	14,11%	25	14,51%
26	14,99%	26	14,72%	26	14,28%	26	15,05%
27	14,79%	27	14,47%	27	14,42%	27	15,49%
28	14,59%	28	14,23%	28	14,54%	28	15,82%
29	14,39%	29	14,00%	29	14,63%	29	16,05%
30	14,19%	30	13,77%	30	14,70%	30	16,20%
31	13,99%	31	13,56%	31	14,74%	31	16,26%
32	13,79%	32	13,35%	32	14,76%	32	16,24%
33	13,59%	33	13,15%	33	14,75%	33	16,15%
34	13,39%	34	12,95%	34	14,71%	34	15,99%
35	13,19%	35	12,76%	35	14,65%	35	15,77%
36	12,99%	36	12,57%	36	14,57%	36	15,50%
37	12,79%	37	12,39%	37	14,46%	37	15,18%
38	12,59%	38	12,22%	38	14,32%	38	14,81%
39	12,39%	39	12,05%	39	14,16%	39	14,41%
40	12,19%	40	11,88%	40	13,97%	40	13,97%
41	11,99%	41	11,72%	41	13,76%	41	13,51%
42	11,79%	42	11,56%	42	13,52%	42	13,03%
43	11,59%	43	11,40%	43	13,26%	43	12,54%
44	11,39%	44	11,25%	44	12,97%	44	12,04%
45	11,19%	45	11,10%	45	12,66%	45	11,54%
46	10,99%	46	10,96%	46	12,32%	46	11,04%
47	10,79%	47	10,82%	47	11,95%	47	10,55%
48	10,59%	48	10,68%	48	11,56%	48	10,08%
49	10,39%	49	10,54%	49	11,14%	49	9,63%
50	10,19%	50	10,41%	50	10,70%	50	9,20%
51	9,99%	51	10,28%	51	10,24%	51	8,82%
52	9,79%	52	10,15%	52	9,74%	52	8,47%
53	9,59%	53	10,02%	53	9,23%	53	8,16%
54	9,39%	54	9,90%	54	8,68%	54	7,91%
55	9,19%	55	9,78%	55	8,11%	55	7,72%
56	9,00%	56	9,66%	56	7,52%	56	7,59%
57	8,80%	57	9,55%	57	6,90%	57	7,53%
58	8,60%	58	9,43%	58	6,26%	58	7,54%
59	8,40%	59	9,32%	59	5,59%	59	7,63%
60	8,20%	60	9,21%	60	4,89%	60	7,82%

Modèle 1 : Le turnover fonction des classes d'âges

Inverse		Puissance		Exponentiel	
Age	Turnover	Age	Turnover	Age	Turnover
x	y	x	y	x	y
20	16,41%	20	16,83%	20	17,24%
21	15,96%	21	16,53%	21	16,75%
22	15,55%	22	16,23%	22	16,29%
23	15,18%	23	15,94%	23	15,86%
24	14,84%	24	15,66%	24	15,46%
25	14,53%	25	15,38%	25	15,09%
26	14,24%	26	15,10%	26	14,74%
27	13,97%	27	14,83%	27	14,41%
28	13,72%	28	14,56%	28	14,10%
29	13,49%	29	14,30%	29	13,81%
30	13,27%	30	14,05%	30	13,53%
31	13,07%	31	13,80%	31	13,27%
32	12,88%	32	13,55%	32	13,02%
33	12,70%	33	13,31%	33	12,78%
34	12,53%	34	13,07%	34	12,56%
35	12,37%	35	12,83%	35	12,34%
36	12,22%	36	12,60%	36	12,14%
37	12,08%	37	12,38%	37	11,94%
38	11,95%	38	12,16%	38	11,75%
39	11,82%	39	11,94%	39	11,57%
40	11,70%	40	11,73%	40	11,40%
41	11,59%	41	11,52%	41	11,23%
42	11,48%	42	11,31%	42	11,07%
43	11,37%	43	11,11%	43	10,91%
44	11,27%	44	10,91%	44	10,77%
45	11,18%	45	10,71%	45	10,62%
46	11,09%	46	10,52%	46	10,48%
47	11,00%	47	10,33%	47	10,35%
48	10,92%	48	10,15%	48	10,22%
49	10,84%	49	9,97%	49	10,10%
50	10,76%	50	9,79%	50	9,97%
51	10,68%	51	9,61%	51	9,86%
52	10,61%	52	9,44%	52	9,74%
53	10,55%	53	9,27%	53	9,63%
54	10,48%	54	9,11%	54	9,53%
55	10,42%	55	8,94%	55	9,42%
56	10,36%	56	8,78%	56	9,32%
57	10,30%	57	8,63%	57	9,22%
58	10,24%	58	8,47%	58	9,13%
59	10,18%	59	8,32%	59	9,04%
60	10,13%	60	8,17%	60	8,95%

Modèle 2 : Le turnover fonction des classes d'anciennetés

Linéaire		Polynomial 2		Polynomial 4		Exponentiel	
Ancienneté	Turnover	Ancienneté	Turnover	Ancienneté	Turnover	Ancienneté	Turnover
x	y	x	y	x	y	x	y
0	13,02%	0	17,32%	0	11,53%	0	11,59%
1	12,81%	1	16,50%	1	13,16%	1	11,37%
2	12,60%	2	15,71%	2	14,32%	2	11,15%
3	12,40%	3	14,95%	3	15,08%	3	10,94%
4	12,19%	4	14,21%	4	15,47%	4	10,73%
5	11,98%	5	13,51%	5	15,56%	5	10,53%
6	11,77%	6	12,84%	6	15,39%	6	10,32%
7	11,57%	7	12,20%	7	14,99%	7	10,13%
8	11,36%	8	11,58%	8	14,42%	8	9,94%
9	11,15%	9	11,00%	9	13,71%	9	9,75%
10	10,94%	10	10,45%	10	12,89%	10	9,56%
11	10,74%	11	9,93%	11	11,99%	11	9,38%
12	10,53%	12	9,43%	12	11,05%	12	9,20%
13	10,32%	13	8,97%	13	10,10%	13	9,03%
14	10,11%	14	8,54%	14	9,16%	14	8,85%
15	9,91%	15	8,14%	15	8,25%	15	8,69%
16	9,70%	16	7,76%	16	7,39%	16	8,52%
17	9,49%	17	7,42%	17	6,60%	17	8,36%
18	9,28%	18	7,11%	18	5,89%	18	8,20%
19	9,08%	19	6,83%	19	5,28%	19	8,04%
20	8,87%	20	6,57%	20	4,77%	20	7,89%
21	8,66%	21	6,35%	21	4,37%	21	7,74%
22	8,45%	22	6,16%	22	4,09%	22	7,59%
23	8,25%	23	6,00%	23	3,93%	23	7,45%
24	8,04%	24	5,86%	24	3,88%	24	7,31%
25	7,83%	25	5,76%	25	3,95%	25	7,17%
26	7,63%	26	5,69%	26	4,12%	26	7,03%
27	7,42%	27	5,65%	27	4,39%	27	6,90%
28	7,21%	28	5,63%	28	4,74%	28	6,77%
29	7,00%	29	5,65%	29	5,17%	29	6,64%
30	6,80%	30	5,70%	30	5,65%	30	6,51%
31	6,59%	31	5,78%	31	6,17%	31	6,39%
32	6,38%	32	5,89%	32	6,70%	32	6,27%
33	6,17%	33	6,02%	33	7,22%	33	6,15%
34	5,97%	34	6,19%	34	7,70%	34	6,03%
35	5,76%	35	6,39%	35	8,11%	35	5,92%
36	5,55%	36	6,62%	36	8,43%	36	5,80%
37	5,34%	37	6,87%	37	8,61%	37	5,69%
38	5,14%	38	7,16%	38	8,62%	38	5,59%
39	4,93%	39	7,48%	39	8,41%	39	5,48%
40	4,72%	40	7,83%	40	7,95%	40	5,37%
41	4,51%	41	8,21%	41	7,19%	41	5,27%
42	4,31%	42	8,61%	42	6,08%	42	5,17%

Modèle 3 : Le turnover fonction des classes d'âges et de la CSP

Linéaire			Logarithmique			Polynomial 3		
Age	Turnover	Turnover	Age	Turnover	Turnover	Age	Turnover	Turnover
x	Cadres	Non Cadres	x	Cadres	Non Cadres	x	Cadres	Non Cadres
20	19,59%	13,85%	20	20,40%	14,67%	20	16,05%	10,32%
21	19,31%	13,58%	21	19,92%	14,19%	21	16,55%	10,81%
22	19,03%	13,30%	22	19,46%	13,73%	22	16,98%	11,25%
23	18,76%	13,02%	23	19,03%	13,29%	23	17,35%	11,61%
24	18,48%	12,75%	24	18,61%	12,87%	24	17,65%	11,92%
25	18,20%	12,47%	25	18,21%	12,47%	25	17,89%	12,16%
26	17,93%	12,19%	26	17,82%	12,09%	26	18,07%	12,34%
27	17,65%	11,92%	27	17,45%	11,72%	27	18,18%	12,45%
28	17,37%	11,64%	28	17,09%	11,36%	28	18,24%	12,51%
29	17,10%	11,36%	29	16,75%	11,01%	29	18,23%	12,50%
30	16,82%	11,09%	30	16,41%	10,68%	30	18,17%	12,44%
31	16,54%	10,81%	31	16,09%	10,36%	31	18,06%	12,32%
32	16,27%	10,53%	32	15,78%	10,05%	32	17,89%	12,15%
33	15,99%	10,26%	33	15,48%	9,74%	33	17,67%	11,93%
34	15,71%	9,98%	34	15,18%	9,45%	34	17,40%	11,67%
35	15,44%	9,70%	35	14,90%	9,16%	35	17,09%	11,35%
36	15,16%	9,43%	36	14,62%	8,89%	36	16,74%	11,00%
37	14,88%	9,15%	37	14,35%	8,62%	37	16,35%	10,61%
38	14,61%	8,87%	38	14,09%	8,36%	38	15,92%	10,19%
39	14,33%	8,60%	39	13,83%	8,10%	39	15,47%	9,74%
40	14,05%	8,32%	40	13,58%	7,85%	40	15,00%	9,27%
41	13,78%	8,04%	41	13,34%	7,61%	41	14,51%	8,77%
42	13,50%	7,77%	42	13,10%	7,37%	42	14,00%	8,26%
43	13,22%	7,49%	43	12,87%	7,14%	43	13,48%	7,75%
44	12,95%	7,21%	44	12,65%	6,91%	44	12,96%	7,23%
45	12,67%	6,94%	45	12,43%	6,69%	45	12,45%	6,71%
46	12,39%	6,66%	46	12,21%	6,48%	46	11,94%	6,20%
47	12,12%	6,38%	47	12,00%	6,26%	47	11,45%	5,71%
48	11,84%	6,11%	48	11,79%	6,06%	48	10,97%	5,24%
49	11,56%	5,83%	49	11,59%	5,85%	49	10,53%	4,80%
50	11,29%	5,55%	50	11,39%	5,66%	50	10,13%	4,40%
51	11,01%	5,28%	51	11,19%	5,46%	51	9,77%	4,04%
52	10,73%	5,00%	52	11,00%	5,27%	52	9,46%	3,73%
53	10,46%	4,72%	53	10,82%	5,08%	53	9,21%	3,48%
54	10,18%	4,45%	54	10,63%	4,90%	54	9,03%	3,30%
55	9,90%	4,17%	55	10,45%	4,72%	55	8,93%	3,20%
56	9,63%	3,89%	56	10,27%	4,54%	56	8,91%	3,18%
57	9,35%	3,62%	57	10,10%	4,37%	57	8,99%	3,25%
58	9,07%	3,34%	58	9,93%	4,20%	58	9,17%	3,44%
59	8,80%	3,06%	59	9,76%	4,03%	59	9,47%	3,73%
60	8,52%	2,79%	60	9,60%	3,86%	60	9,89%	4,15%

Modèle 3 : Le turnover fonction des classes d'âges et de la CSP

Inverse			Exponentiel			Puissance		
Age	Turnover	Turnover	Age	Turnover	Turnover	Age	Turnover	Turnover
x	Cadres	Non Cadres	x	Cadres	Non Cadres	x	Cadres	Non Cadres
20	21,01%	15,28%	20	23,11%	13,01%	20	24,81%	13,97%
21	20,27%	14,54%	21	22,49%	12,66%	21	23,68%	13,33%
22	19,60%	13,86%	22	21,89%	12,32%	22	22,65%	12,75%
23	18,98%	13,25%	23	21,30%	11,99%	23	21,72%	12,23%
24	18,42%	12,69%	24	20,73%	11,67%	24	20,85%	11,74%
25	17,90%	12,17%	25	20,17%	11,36%	25	20,06%	11,29%
26	17,42%	11,69%	26	19,63%	11,05%	26	19,32%	10,88%
27	16,98%	11,25%	27	19,11%	10,76%	27	18,64%	10,50%
28	16,57%	10,84%	28	18,59%	10,47%	28	18,01%	10,14%
29	16,19%	10,45%	29	18,09%	10,19%	29	17,42%	9,81%
30	15,83%	10,10%	30	17,61%	9,91%	30	16,86%	9,49%
31	15,50%	9,76%	31	17,14%	9,65%	31	16,35%	9,20%
32	15,18%	9,45%	32	16,68%	9,39%	32	15,86%	8,93%
33	14,89%	9,16%	33	16,23%	9,14%	33	15,40%	8,67%
34	14,61%	8,88%	34	15,80%	8,89%	34	14,97%	8,43%
35	14,35%	8,62%	35	15,37%	8,65%	35	14,56%	8,20%
36	14,10%	8,37%	36	14,96%	8,42%	36	14,18%	7,98%
37	13,87%	8,14%	37	14,56%	8,20%	37	13,81%	7,78%
38	13,65%	7,92%	38	14,17%	7,98%	38	13,47%	7,58%
39	13,44%	7,71%	39	13,79%	7,76%	39	13,14%	7,40%
40	13,24%	7,51%	40	13,42%	7,56%	40	12,82%	7,22%
41	13,05%	7,32%	41	13,06%	7,35%	41	12,53%	7,05%
42	12,87%	7,14%	42	12,71%	7,16%	42	12,24%	6,89%
43	12,70%	6,97%	43	12,37%	6,96%	43	11,97%	6,74%
44	12,54%	6,80%	44	12,04%	6,78%	44	11,71%	6,59%
45	12,38%	6,64%	45	11,72%	6,60%	45	11,46%	6,45%
46	12,23%	6,49%	46	11,40%	6,42%	46	11,23%	6,32%
47	12,08%	6,35%	47	11,10%	6,25%	47	11,00%	6,19%
48	11,95%	6,21%	48	10,80%	6,08%	48	10,78%	6,07%
49	11,81%	6,08%	49	10,51%	5,92%	49	10,57%	5,95%
50	11,69%	5,95%	50	10,23%	5,76%	50	10,37%	5,84%
51	11,57%	5,83%	51	9,95%	5,60%	51	10,18%	5,73%
52	11,45%	5,72%	52	9,69%	5,45%	52	9,99%	5,62%
53	11,34%	5,60%	53	9,43%	5,31%	53	9,81%	5,52%
54	11,23%	5,49%	54	9,17%	5,16%	54	9,64%	5,43%
55	11,12%	5,39%	55	8,93%	5,03%	55	9,47%	5,33%
56	11,02%	5,29%	56	8,69%	4,89%	56	9,31%	5,24%
57	10,92%	5,19%	57	8,46%	4,76%	57	9,15%	5,15%
58	10,83%	5,10%	58	8,23%	4,63%	58	9,00%	5,07%
59	10,74%	5,01%	59	8,01%	4,51%	59	8,86%	4,99%
60	10,65%	4,92%	60	7,79%	4,39%	60	8,72%	4,91%

Modèle 4 : Le turnover fonction des classes d'anciennetés et de la CSP

Linéaire			Polynomial 2		
Ancienneté	Turnover	Turnover	Ancienneté	Turnover	Turnover
x	Cadres	Non Cadres	x	Cadres	Non Cadres
0	15,33%	10,88%	0	18,65%	14,19%
1	15,05%	10,60%	1	17,89%	13,44%
2	14,77%	10,31%	2	17,16%	12,70%
3	14,49%	10,03%	3	16,45%	11,99%
4	14,20%	9,75%	4	15,76%	11,31%
5	13,92%	9,46%	5	15,10%	10,64%
6	13,64%	9,18%	6	14,46%	10,00%
7	13,35%	8,90%	7	13,84%	9,38%
8	13,07%	8,62%	8	13,24%	8,79%
9	12,79%	8,33%	9	12,67%	8,22%
10	12,50%	8,05%	10	12,12%	7,67%
11	12,22%	7,77%	11	11,60%	7,14%
12	11,94%	7,48%	12	11,10%	6,64%
13	11,66%	7,20%	13	10,62%	6,16%
14	11,37%	6,92%	14	10,16%	5,70%
15	11,09%	6,63%	15	9,73%	5,27%
16	10,81%	6,35%	16	9,32%	4,86%
17	10,52%	6,07%	17	8,93%	4,47%
18	10,24%	5,78%	18	8,57%	4,11%
19	9,96%	5,50%	19	8,23%	3,77%
20	9,67%	5,22%	20	7,91%	3,45%
21	9,39%	4,94%	21	7,61%	3,16%
22	9,11%	4,65%	22	7,34%	2,89%
23	8,82%	4,37%	23	7,09%	2,64%
24	8,54%	4,09%	24	6,87%	2,41%
25	8,26%	3,80%	25	6,67%	2,21%
26	7,98%	3,52%	26	6,49%	2,03%
27	7,69%	3,24%	27	6,33%	1,88%
28	7,41%	2,95%	28	6,20%	1,74%
29	7,13%	2,67%	29	6,09%	1,63%
30	6,84%	2,39%	30	6,00%	1,55%
31	6,56%	2,11%	31	5,94%	1,48%
32	6,28%	1,82%	32	5,90%	1,44%
33	5,99%	1,54%	33	5,88%	1,42%
34	5,71%	1,26%	34	5,88%	1,43%
35	5,43%	0,97%	35	5,91%	1,46%
36	5,15%	0,69%	36	5,96%	1,51%
37	4,86%	0,41%	37	6,04%	1,58%
38	4,58%	0,12%	38	6,14%	1,68%
39	4,30%	-0,16%	39	6,26%	1,80%
40	4,01%	-0,44%	40	6,40%	1,95%
41	3,73%	-0,73%	41	6,57%	2,11%
42	3,45%	-1,01%	42	6,76%	2,31%

Modèle 5 : Le turnover fonction des classes d'âges et du genre

Polynomial 3

Age	Turnover	Turnover
x	Cadres	Non Cadres
20	10,13%	9,03%
21	11,16%	10,07%
22	12,11%	11,01%
23	12,96%	11,86%
24	13,72%	12,62%
25	14,39%	13,29%
26	14,97%	13,88%
27	15,47%	14,37%
28	15,87%	14,77%
29	16,19%	15,09%
30	16,43%	15,33%
31	16,58%	15,48%
32	16,66%	15,56%
33	16,66%	15,56%
34	16,59%	15,49%
35	16,45%	15,35%
36	16,25%	15,15%
37	15,98%	14,89%
38	15,67%	14,57%
39	15,30%	14,20%
40	14,89%	13,79%
41	14,44%	13,35%
42	13,97%	12,87%
43	13,46%	12,36%
44	12,94%	11,84%
45	12,41%	11,31%
46	11,88%	10,78%
47	11,35%	10,25%
48	10,83%	9,74%
49	10,34%	9,24%
50	9,88%	8,78%
51	9,46%	8,37%
52	9,10%	8,00%
53	8,79%	7,69%
54	8,55%	7,46%
55	8,40%	7,31%
56	8,34%	7,25%
57	8,39%	7,30%
58	8,56%	7,46%
59	8,85%	7,76%
60	9,29%	8,19%

Polynomial 4

Age	Turnover	Turnover
x	Cadres	Non Cadres
20	10,97%	9,87%
21	11,70%	10,60%
22	12,38%	11,28%
23	13,02%	11,92%
24	13,61%	12,51%
25	14,15%	13,05%
26	14,64%	13,54%
27	15,07%	13,97%
28	15,45%	14,35%
29	15,77%	14,67%
30	16,02%	14,93%
31	16,22%	15,12%
32	16,35%	15,26%
33	16,42%	15,32%
34	16,43%	15,33%
35	16,37%	15,27%
36	16,24%	15,15%
37	16,06%	14,96%
38	15,81%	14,72%
39	15,51%	14,41%
40	15,15%	14,06%
41	14,74%	13,65%
42	14,29%	13,19%
43	13,79%	12,70%
44	13,27%	12,17%
45	12,71%	11,61%
46	12,14%	11,04%
47	11,55%	10,45%
48	10,97%	9,87%
49	10,40%	9,30%
50	9,86%	8,76%
51	9,36%	8,26%
52	8,91%	7,82%
53	8,54%	7,44%
54	8,26%	7,16%
55	8,09%	6,99%
56	8,06%	6,96%
57	8,18%	7,08%
58	8,48%	7,38%
59	8,99%	7,90%
60	9,74%	8,65%

Modèle 6 : Le turnover fonction des classes d'anciennetés et du genre

Polynomial 2

Ancienneté	Turnover	Turnover
x	Cadres	Non Cadres
0	18,09%	16,46%
1	17,27%	15,64%
2	16,48%	14,85%
3	15,73%	14,10%
4	15,00%	13,37%
5	14,31%	12,67%
6	13,64%	12,01%
7	13,01%	11,38%
8	12,40%	10,77%
9	11,83%	10,20%
10	11,29%	9,66%
11	10,78%	9,14%
12	10,29%	8,66%
13	9,84%	8,21%
14	9,42%	7,79%
15	9,03%	7,40%
16	8,68%	7,05%
17	8,35%	6,72%
18	8,05%	6,42%
19	7,78%	6,15%
20	7,55%	5,92%
21	7,34%	5,71%
22	7,17%	5,54%
23	7,02%	5,39%
24	6,91%	5,28%
25	6,83%	5,20%
26	6,78%	5,15%
27	6,75%	5,12%
28	6,76%	5,13%
29	6,80%	5,17%
30	6,87%	5,24%
31	6,98%	5,34%
32	7,11%	5,48%
33	7,27%	5,64%
34	7,46%	5,83%
35	7,69%	6,05%
36	7,94%	6,31%
37	8,22%	6,59%
38	8,54%	6,91%
39	8,89%	7,26%
40	9,26%	7,63%
41	9,67%	8,04%
42	10,11%	8,48%

Exponentiel

Ancienneté	Turnover	Turnover
x	Cadres	Non Cadres
0	13,10%	9,87%
1	12,87%	9,70%
2	12,64%	9,53%
3	12,41%	9,36%
4	12,19%	9,19%
5	11,98%	9,03%
6	11,76%	8,86%
7	11,55%	8,71%
8	11,35%	8,55%
9	11,14%	8,40%
10	10,95%	8,25%
11	10,75%	8,10%
12	10,56%	7,96%
13	10,37%	7,82%
14	10,19%	7,68%
15	10,00%	7,54%
16	9,83%	7,40%
17	9,65%	7,27%
18	9,48%	7,14%
19	9,31%	7,02%
20	9,14%	6,89%
21	8,98%	6,77%
22	8,82%	6,65%
23	8,66%	6,53%
24	8,51%	6,41%
25	8,36%	6,30%
26	8,21%	6,19%
27	8,06%	6,08%
28	7,92%	5,97%
29	7,78%	5,86%
30	7,64%	5,76%
31	7,50%	5,65%
32	7,37%	5,55%
33	7,24%	5,45%
34	7,11%	5,36%
35	6,98%	5,26%
36	6,86%	5,17%
37	6,73%	5,08%
38	6,61%	4,99%
39	6,50%	4,90%
40	6,38%	4,81%
41	6,27%	4,72%
42	6,16%	4,64%

BIBLIOGRAPHIE

- + *Méthodes statistiques*, P. TASSI, 3^{ème} édition, 2004. Economica
- + *Econométrie*, W. Greene, 5^{ème} édition, 2005. Pearson Education
- + *Analyse de régression appliquée*, Y. Dodge et V. Rousson, 2^{ème} édition, 2004. Dunod
- + *Statistique*, T.H. Wonnacott et R. J. Wonnacott, 4^{ème} édition, 1991. Economica
- + *Le modèle linéaire par l'exemple*, J.M. Azaïs et J.M. Bardet, 2005. Dunod
- + *Régression non linéaire et applications*, A. Antoniadis, J. Berruyer et R. Carmona, 1992. Economica
- + *Econométrie*, R. Bourbonnais, 6^{ème} édition, 2005. Dunod
- + *L'actuariat des engagements sociaux : évaluation, comptabilisation et acteurs*, G. Peubez et P. Kalfon, 2004. Economica
- + *Modélisation des risques de turnover*, C. Guevel, 1999. Mémoire ISFA
- + *Turnover et engagements sociaux*, T. Robert, 2004. Mémoire Dauphine
- + *Pension plan turnover rate table construction*, S. Kopp, 1997.
- + *Pension plan turnover database construction*, E. W. Frees et R. A. Gilmore, 2002.
- + *Pension plan termination and retirement study*, E. W. Frees, 2003.
- + *Assurance: Comptabilité, Réglementation, Actuariat*, A. Tosetti, 2^{ème} édition, 2002. Economica
- + *Actuariat des engagements sociaux*, G. Peubez, 2005. Cours de M2 Actuariat à Dauphine
- + *Retraite et prévoyance*, T. Béhar et C. Izart, 2006. Cours de M2 Actuariat à Dauphine