

*La loi de Benford comme outil de détection des fraudes et
des manipulations comptables - étude de cas*

*Benford's law as a fraud detection tool and accounting
manipulations - case study*

قانون بينفورد كأداة لاكتشاف الاحتيال والتلاعبات المحاسبية: دراسة حالة

Dr. Yahia SAIDI

*Professeur de l'Enseignement Supérieur
Université M'sila, Algérie
yahiasaidi@yahoo.co.uk*

Dr. Lakhdar LAROUS¹

*Centre universitaire Aflou
Laghouat, Algérie
larouslakhdar@yahoo.com*

Received: 18/02/2018

Accepted: 23/05/2018

Résumé :

Dans la dernière décennie, les spécialistes d'audit et de comptabilité ont accordé une grande importance au sujet de fraude à l'information comptable et financière ainsi qu'aux approches pour y faire face vu l'accroissement du phénomène, la progression de ses méthodes et la résistance de ses techniques aux moyens classiques de détection et de prévention. Les autorités professionnelles et les spécialistes ont dû, par conséquent, trouver des moyens modernes de détection et mettre à jour les classiques à l'instar des programmes d'audit spécialisés dans l'analyse, la recherche et la détection et la loi de Benford comme outil de détection prédictive d'erreur et de fraude à l'information comptable et financière. La loi de Benford a été essayée sur un échantillon d'opérations comptables pour le compte des clients de l'Algérienne des Eaux – unité de Laghouat, pendant six mois de l'année 2015 ayant pour but de savoir la capacité de détection de ladite loi. Après examen des résultats, il s'est avéré que les données comptables et financières de l'Algérienne des Eaux sont bel et bien compatibles avec la loi de Benford et que les anomalies entre la division de l'échantillon et celle de la loi de Benford n'ont pas de signification statistique. Les résultats ont également confirmé la possibilité d'utilisation de la loi de Benford dans le processus de détection prédictive d'erreur et de fraude à l'information comptable et financière.

Mots clés : Fraude comptable et financière, loi de Benford, triangle de la fraude, manipulation comptable

Codes Jel : M42, M48

In the last decade, audit and accounting specialists have attached great importance to the subject of accounting and financial information fraud and to the approaches to deal with it, given the increase in the phenomenon and the progression of its methods. and the resistance of its techniques to conventional means of detection and prevention. Professional authorities and specialists have therefore had to find modern means of detection and update the classics like audit programs specializing in analysis, research and detection and Benford's law as tool for predictive detection of error and fraud in accounting and financial information. Benford's law was tested on a sample of accounting transactions on behalf of clients of Algerienne des Eaux - Laghouat unit, for six months of 2015, with the aim of knowing the detection capacity of said law. . After examining the results, it turned out that the Algerian Water Authority's accounting and financial data are indeed compatible with Benford's law and that the anomalies between the division of the sample and that of Benford's law have no statistical significance. The results also confirmed the possibility of using Benford's law in the process of predictive detection of error and fraud in accounting and financial information.

Keywords: Accounting and financial fraud, Benford law, fraud triangle, accounting manipulation.

Jel codes : M42, M48

¹ *The sender: Lakhdar LAROUS, Email: larouslakhdar@yahoo.com*

ملخص:

حظي موضوع الغش في البيانات المحاسبية والمالية ومحاورة مظهره في العقد الأخير باهتمام كبير من طرف المختصين في مجالات التدقيق والمحاسبة، لانتشاره وتطور أساليبه ومقاومة تقنياته لأدوات الكشف والوقاية الكلاسيكية مما أجبر الهيئات المهنية وأهل الاختصاص إلى البحث عن أدوات كشف حديثة أو تحديث الكلاسيكية، ونجد منها برامج التدقيق المتخصصة في التحليل والتقصي والكشف، ومنها أيضا قانون بنفور وإمكانية استخدامه في الكشف المبكر عن الأخطاء والغش في البيانات المحاسبية والمالية، وقد تم اختبار قانون بنفور على عينة من العمليات المحاسبية لحساب العملاء لفترة ستة (06) أشهر من سنة 2015 لشركة الجزائرية للمياه - وحدة الأغواط، بهدف التوصل إلى معرفة إمكانية استخدامه في الكشف من عدمها، ومن خلال تحليل النتائج التي تم التوصل إليها والتي مفادها أن البيانات المحاسبية والمالية للجزائرية للمياه تتبع وتتوافق مع قانون بنفور وإن الفروقات الناتجة بين توزيع العينة وتوزيع قانون بنفور ليست ذات دلالة إحصائية، ومن خلال نتائج الدراسة يمكن استخدامه في عمليات الكشف المبكر عن الأخطاء والغش في البيانات المحاسبية والمالية.

كلمات مفتاحية: الغش المحاسبي والمالي، قانون بنفور، مثلث الغش، التلاعب المحاسبي

تصنيف JEL: M42، M48

Introduction:

La fraude financière et comptable est un phénomène en pleine ascension qui ne cesse pas de se répandre, les approches et techniques de ce fléau se sont développées au fil des années et résistent facilement aux méthodes classiques de détection et de prévention, ce qui a causé les entreprises nationales et internationales à subir des pertes importantes allant parfois jusqu'à la faillite. Les auditeurs, les comptables et les utilisateurs des états financiers ont dû, par conséquent, trouver de nouvelles techniques et approches de détection et de prévention qui vont de pair avec les nouveautés de la fraude, d'une part, et les nouvelles techniques de détection ainsi qu'aux approches classiques de détection et de prévention d'autre part, la problématique qui se pose: est-il possible d'employer la Loi de Benford dans le processus de détection de fraude à l'information comptable et financière de l'Algérienne des Eaux ? Et avant cela, les données de l'Algérienne des Eaux, sont-elles compatibles avec la Loi de Benford ?

L'objectif de l'étude:

La présente étude vise à :

- définir la fraude financière et comptable, ses caractéristiques, triangle de la fraude
- définir la Loi de Benford ; ses origines, sa formule mathématique, son mode d'emploi dans les domaines de la comptabilité et de l'audit.
- tester la possibilité d'utilisation de la Loi de Benford dans la détection des fraudes financières et comptable.

pour aboutir aux objectifs de cette étude qui visent à vérifier la compatibilité des opérations comptables avec la Loi de Benford, d'une part, et la possibilité d'utilisation de ladite loi pour détecter la fraude en l'appliquant sur les opérations du journal d'autre part, et

pour tester l'hypothèse qui suggère que les opérations comptables des clients sont compatibles avec la Loi de Benford et qu'il est possible d'utiliser cette dernière pour détecter la fraude, on présente les hypothèses suivantes :

1. *La distribution statistique des opérations comptables (côté débit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au premier rang.*
2. *La distribution statistique des opérations comptables (côté débit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au 2^{ème} rang .*
3. *La distribution statistique des opérations comptables (côté crédit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au premier rang.*
4. *La distribution statistique des opérations comptables (côté crédit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au 2^{ème} rang .*

Afin de tester les hypothèses et aboutir aux objectifs de la recherche, la présente étude est divisée en cinq sections :

- I. *la fraude financière et comptable : définition, caractéristiques, triangle de la fraude.*
- II. *la Loi de Benford.*
- III. *l'utilisation de la Loi de Benford pour détecter la fraude dans les domaines de comptabilité et d'audit.*
- IV. *test de compatibilité de l'échantillon de l'étude avec la Loi de Benford.*
- V. *conclusion.*

I. La fraude financière et comptable : définition, caractéristiques, triangle de la fraude :

1. Définition de la fraude financière et comptable :

La fraude est connue pour être « un acte intentionnel commis par une ou plusieurs personnes parmi les membres de la direction, les responsables de la gouvernance, les employés ou des tiers. Cet acte implique le recours à des manœuvres trompeuses dans le but d'obtenir un avantage indu ou illégal »¹. La fraude consiste, entre autres, en la manipulation, la falsification ou la modification des dossiers et documents : détournement d'actifs, obliteration ou annulation des effets des opérations des dossiers et documents, la comptabilisation des opérations fictive et mauvaise application des politiques de comptabilité.

La fraude se diffère de l'erreur en ce que cette dernière se produit involontairement dans les informations comptables et financières, à titre d'exemple : Les erreurs de calcul, les erreurs de saisie ou les erreurs dans les informations comptables, inattention ou mauvaise compréhension des faits, mauvaise application des politiques comptables.

2. Caractéristiques de la fraude financière et comptable :

D'après la définition de la fraude financière et comptable, on peut conclure trois caractéristiques à la fraude : l'acte est volontaire, le fraudeur est au courant des données de l'entreprise et il y a des conséquences négatives sur les états financiers.

2.1. L'intention de commettre la fraude :

La présence de l'intention pour falsifier indique la fraude, en revanche, l'absence de l'intention indique l'erreur

2.2. Le fraudeur est courant des données de l'entreprise :

La fraude est, d'habitude, commise par des parties ou une partie associée à la direction ou bien chargée de ou ayant lien avec la gouvernance

2.3. Les conséquences négatives sur les états financiers :

. En cas de falsification dû à la fraude, tous ou quelques calculs des états financiers induiront forcément leurs utilisateurs en erreur ce qui conduit à des comptes qui ne reflètent ni la situation financière réelle de l'entreprise ni ses résultats réels. Par conséquence, de fausses décisions économiques seront prises par les utilisateurs des états financiers et de grandes pertes financières seront subies à cause de la fraude.

3. Triangle de la fraude :

La norme internationale d'audit 240, annexe 1 indique que les facteurs de risque de fraude s'arrangent selon trois cas² : l'existence d'occasion pour commettre la fraude, l'existence de motifs ou de pressions pouvant susciter la perpétration de la fraude et la capacité de rationalisation de l'acte frauduleux.

3.1. L'opportunité :

Le fraudeur ou l'employé doit avoir la capacité d'accessibilité pour commettre la fraude, ou la capacité de gérer les procédures de contrôle, en plus des responsabilités lui confiées et la délégation qui lui permet de commettre la fraude. Il existe un lien direct entre la disponibilité de l'opportunité pour commettre la fraude et la capacité de la dissimuler³.

3.2. Motifs/pressions :

Le motif est une force interne qui jaillit de la personne elle-même et l'incite à se porter d'une certaine manière pour obtenir un besoin non satisfait sans se soucier du moyen employé pour arriver à cette finalité⁹. Ces motifs peuvent être causés par des pressions financières (comme les dettes) qui poussent la personne à commettre la fraude quand l'occasion se présente, mener un style de vie qui n'est pas compatible avec son revenu personnel, se venger de ses responsables sous certaines pressions ou ne pas jouir d'avantages qu'elle croit mériter⁴.

3.3. Rationalisation :

le fraudeur est en mesure de rationaliser son acte. Puisqu'il ne se considère pas comme un criminel, La rationalisation est principalement une décision consciente prise par le fraudeur qui cherche à satisfaire ses propres besoins et intérêts au détriment de toute autre considération⁵.

II. Deuxièmement : La Loi de Benford :

1. C'est quoi la Loi de Benford :

La Loi de Benford autrement appelée la loi des nombres⁶ est une loi mathématique employée dans le domaine de statistique. Cette loi fut initiée en 1881 par l'astronome Simon Newcomb dans son article publié dans *L'American Journal of Mathematics*, Newcomb a observé que les premières pages des tables de logarithmes comportent de petits chiffres significatifs ronds plus que celles qui les suivent, puis commencent à se réduire au cours des pages⁷. A l'époque, ses observations passent inaperçues. Toutefois, en 1938, le physicien Frank Benford réanime la théorie lorsqu'il a fait les mêmes observations et abouti aux mêmes résultats que Newcomb concernant l'usage des premières pages des tables de logarithmes. Les résultats indiquent que les individus cherchent, la plus part des temps, des nombres qui commencent par des petits chiffres. Pour mettre sa théorie en examen, Benford a procédé à l'addition et l'analyse des dizaines de milliers de données sur les fleuves, les régions, les populations et les poids⁸. Il s'est avéré que plusieurs ensembles de nombres non

spontanés suivent la Loi de Benford en dépit de l'unité de mesure, car la Loi de Benford est une loi de probabilité qui demeure stable même si l'échelle change⁹. Cette loi suggère que dans chaque série statistique, la fréquence des premiers chiffres non nuls (du premier rang – les unités) est plus importante ; l'apparition du chiffre un (1) représente 30.10%, telle est l'apparition du chiffre un dans la somme 125468.50 DA. La fréquence du chiffre deux (2) représente 17.61%, ainsi paraît le chiffre deux dans le nombre 2389750 et ainsi de suite jusqu'au chiffre neuf (9) qui apparaît le moins (4.58%). Benford a traduit ce modèle par la relation suivante¹⁰: $p(D_1=d_1)=\log(1+(1/d_1))$.

2. Exemple de la Loi de Benford 11:

Probabilité d'apparition du chiffre un (1) au premier rang :

$$p(D_1=1)=\log(1+(1/1))=0,301=(30.10\%)$$

Pour trouver la probabilité d'apparition du chiffre six (6) au premier rang : $p(D_1=6)=\log(1+(1/6))=0,06695=(6.695\%)$

D représente le rang du chiffre, d représente le chiffre et p représente la probabilité d'observation, Pour calculer la probabilité d'apparition des chiffres non nuls $d_1 = \{1, 2, 3, \dots, 9\}$ au premier rang à gauche D_1 , on utilise la relation : $p(D_1=d_1)=\log_{10}(1+(1/d_1))$

Pour calculer la probabilité d'apparition des chiffres $d_2 = \{1, 2, 3, \dots, 9, 0\}$ au 2eme rang à gauche D_2 , on utilise la relation :

$$p(D_2 = d_2) = \sum_{d_1=1}^9 \log(1 + (1/d_1 d_2))$$

3. Probabilités d'apparition des nombres selon la Loi de Benford :

Après application des relations mathématiques ci-dessus mentionnées, on peut avoir les pourcentages de fréquence des nombres comme indiqué dans la table où apparaissent les pourcentages de fréquence ou d'observation de chaque chiffre selon la Loi de Benford¹² :

chiffre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1^{er} rang,	----	30,1	17,6	12,5	9,7	7,9	6,7	5,8	5,1	4,6
2^{eme} rang	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09

Source: Philip D. Drake, Mark J. Nigrini, Computer assisted analytical procedures

III. L'utilisation de la Loi de Benford pour détecter la fraude dans les domaines de comptabilité de d'audit :

Les recherches qui ont abordé l'utilisation de la loi de Benford dans la comptabilité et l'audit en examinant la compatibilité ou la non-compatibilité des données avec ladite loi parmi eux l'étude de Carslaw (1988)¹³, Carslaw a assumé que le facteur psychologique des gérants d'entreprise joue un rôle principal quand ils essaient de gonfler ou de diminuer le profit net comme augmenter le nombre 5984 ou diminuer le nombre 6020 à 6000 afin de plaire aux utilisateurs des états financiers. En faisant le test du profit net des entreprises néozélandaises, Carslaw a conclu que cette opération de rapprochement conduisait à l'apparition du chiffre zéro (0) au premier rang à des pourcentages très élevés par rapport à la Loi de Benford. En revanche, le chiffre neuf (9) apparaît au 2eme rang à des pourcentages

beaucoup moins élevés, ce qui valide l'hypothèse de la manipulation du profit net par l'augmentation ou la diminution, et l'étude de Thomas (1989)¹⁴ Cette étude met en examen les informations obtenues à partir de la base des données comptables et financière, de statistiques et d'informations du marché (COMPUSTAT) des Etats-Unis. Les résultats de cette étude ont montré une grande manipulation du profit des actions. La justification est que les chiffres un (1) et cinq (5) ont été répétés à très grands pourcentages et que le chiffre neuf (9) n'a pas été répété au 2eme rang, ce qui contredit les prévisions de la Loi de Benford. Cette loi envisage répandre l'utilisation de ces résultats aux Etats-Unis¹⁵, L'étude de Nigrini et al. (1997)¹⁶, Focalisent sur l'utilisation de la Loi de Benford comme outil pour aider les auditeurs lors de la performance des procédures analytiques. Dans cette étude, les chercheurs ont conclu que l'analyse numérique est très utile si les opérations étaient comptabilisées automatiquement. Ainsi, d'après son analyse numérique des données, la Loi de Benford peut accomplir certaines obligations exigées de l'auditeur en ce qui concerne la détection de fraude et les manipulations comptables¹⁷ l'objectif de L'étude de Durtshi, Hillison et Paccini (2004) et de recenser les cas où la Loi de Benford est applicable, autrement dit : efficace et les cas où cette loi est inutile dans le processus de détection de fraude. Ces cas ont été conclus après l'étude de plusieurs recherches et sont résumés dans **la table1** suivante¹⁸:

Quand la loi de Benford semble utile
Ensemble de nombres qui résulte de combinaisons mathématiques d'autres nombres-résultat venant notamment de deux distributions de données économiques et/ou comptables, les données sur le volume des transactions, l'ensemble de données « larges » - plus on a de données, plus l'analyse est pertinente, les comptes ou montants comptables
Quand la loi de Benford semble inutile
Séries de données constituées de nombres attribués, les nombres pouvant influencer la « pensée humaine », les comptes où transitent des gros montants à destination d'un nombre précis d'entreprises, les comptes avec une borne minimale et/ou une borne maximale Transactions qui ne donnent pas lieu à un enregistrement comptable.

IV. Test de compatibilité de l'échantillon de l'étude avec la Loi de Benford :

Pour tester l'hypothèse de l'étude, on a choisi les opérations comptabilisées des clients dans les journaux de l'Algérienne des Eaux à titre de l'exercice 2015. On a fait l'examen du côté débit du compte clients estimées à 810 opérations comptables représentant le chiffre d'affaire des clients et l'examen du côté crédit de 4685 opérations relatives aux sommes courues recueillies de la part des clients, et pour tester l'hypothèse de l'étude concernant la compatibilité des opérations comptables avec la Loi de Benford et son utilité pour détecter la fraude, on suggère les quatre hypothèses secondaires suivantes :

1. La distribution statistique des opérations comptables (côté débit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au premier rang.
2. La distribution statistique des opérations comptables (côté débit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au 2eme rang.

3. La distribution statistique des opérations comptables (côté crédit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au premier rang.

4. La distribution statistique des opérations comptables (côté crédit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au 2eme rang.

On procède au test de la fréquence des chiffres 1 à 9 (les chiffres au premier rang) et des chiffres 0 à 9 (les chiffres au 2eme rang) puis on compare leur compatibilité avec la Loi de Benford en utilisant les tests statistiques, χ^2 (Khi carré ou Khi-deux), et Z-statistiques.

1. L'analyse numérique côté débit :

L'analyse numérique des données côté débit comprend l'enregistrement des données de 810 observations dans un logiciel qui fonctionne selon Excel et est désigné pour procéder à l'énumération des fréquences actuelles et à leur comparaison avec les fréquences virtuelles de la Loi de Benford en traitant les données par un logiciel conçu pour ce but³² suivant Microsoft Excel 2010.

1.1. Test du côté débit : Premier rang

Ce test concerne les fréquences observées lors de l'apparition des chiffres 1 à 9 au premier rang de chaque somme.

1.1.1. Traitement des données :

après le traitement automatique des données, on a trouvé des petites écarts entre les observations réelles et les observations Benford, et pour tester la validité de l'hypothèse, on a appliqué le test Z-stat sur chaque fréquence et sur chaque nombre, et calculé la déviation médiane absolue(MAD), on a fait le test χ^2 , et comparé les résultats obtenus avec les critères mis en place par Nigrini¹⁹ pour valider ou rejeter l'hypothèse comme indiqué dans la table suivante :

Table 02
Critères d'estimation des résultats et des écarts.

MAD	SSD	conclusion
<.006	<2	Close conformity
.006 to .012	2 to 25	Acceptable conformity
.012 to .015	25 to 100	Marginally acceptable conformity
>0.015	>100	Nonconformity

source: NIGRINI, Mark. Benford's Law: Applications for forensic accounting, auditing, and fraud detection. John Wiley& Sons, 2012, p.115

1.1.2. Test de la première hypothèse secondaire :

H_0 : La distribution statistique des opérations comptables (côté débit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au premier rang.

H_1 : La distribution statistique des opérations comptables (côté débit) du compte clients n'est pas compatible avec la Loi de Benford au premier rang.

Test χ^2 : Les résultats du test ont montré que χ^2 calculé est égal à 17.078 ce qui est inférieur à χ^2 de la table qui est égal à 20.09, $n-1 = 8$ et sur le seuil significatif 0.01 (99%), $p = 0.0293$ ce qui est supérieur au niveau de signification 0.01. Donc, on valide H_0 et on dit que les informations comptables et financières -côté débit- du compte clients sont compatibles avec la Loi de.

Test Z-statistiques: $\alpha/2=0.01/2=0.005$ ($P(Z > 2.58) = 0.005$), en comparant la valeur de Z-stat calculée sous la valeur 0.005 avec celle de la table 2.58, le résultat figure dans la zone d'acceptabilité. On résume les résultats obtenus dans la table N°3. Ces résultats indiquent que tous les écarts entre les fréquences observées et les fréquences de Benford apparaissent dans la zone d'acceptabilité de Z-stat de la table sauf la fréquence du nombre (2) qui apparait avec un écart de signification statistique lors du test bilatéral. Z-stat calculé du nombre (2) = 2.042 ce qui est inférieur à Z-stat de la table qui est égal à 2.58, Quant à la somme de la différence carrée(SSD), elle est à la valeur de 23.44, qui figure également dans la zone acceptable [de 2 à 25]. La déviation médiane absolue (MAD) est à la valeur de 0.0144, une valeur figurant dans la zone d'acceptabilité [de 0.012 à 0.015] selon le critère de Nigrini.

Table N°3
Résultats du test de fréquence des nbres 1 à 9 au 1^{er} rang (côté débit).

Obs.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ	
Actual	0,32	0,148	0,144	0,079	0,086	0,07	0,049	0,041	0,06	1	0,13
Benford-law	0,3	0,176	0,125	0,097	0,079	0,067	0,058	0,051	0,046	1	
PROP. DIFF.	0,02	0,028	0,02	0,018	0,007	0,003	0,009	0,01	0,015		
Square Diff	3,98	7,808	3,805	3,203	0,524	0,117	0,741	1,084	2,172	23,44	
Z stat	1,2	2,042	1,626	1,662	0,698	0,319	0,973	1,265	1,923		
p<.01, côté	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG		
p<.01 deux côtés	NOT SIG	p<.01	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG		
SSD (Sum Squares Difference)=23,44 ∈[2 to 25] Acceptable conformity											
MAD (Mean Absolute Deviation)= 0,130/9= 0,014414 ∈[0,012 to 0,015] , Marginally acceptable conformity											

1.2. Test côté débit : 2eme rang :

Ce test concerne les fréquences observées lors de l'apparition du nombre au 2^{eme} rang des chiffres 0 à 9, après le traitement automatique des données, on a conclu les résultats:

1.2.1. Test de la deuxième hypothèse secondaire :

H_0 : La distribution statistique des opérations comptables (côté débit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au 2^{ème} rang.

H_1 : La distribution statistique des opérations comptables (côté débit) du compte clients n'est pas compatible avec la Loi de Benford au 2^{ème} rang.

Test χ^2 : Les résultats du test ont montré que χ^2 calculé est égal à 19.742 ce qui est inférieur à χ^2 de la table qui est égal à 21.67, $n-1 = 9$ et sur le seuil de signification 0.01 (99%), $p = 0.0112$ ce qui est supérieur au niveau de signification 0.01. Donc, on valide H_0 et on dit que la distribution des informations comptables et financières -côté débit- du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au 2^{ème} rang : la distribution des observations de l'échantillon estimées au nombre de 810 est compatible avec la Loi de Benford au 2^{ème} rang concernant les nombres 0 à 9.

Test Z-statistiques: $\alpha/2=0.01/2=0.005$ $P(Z > 2.58) = 0.005$, la valeur de Z-stat calculée dans la table ci-dessus est sous la valeur 0.005 et celle de la table : 2.58, les écarts trouvés entre les fréquences observées et les fréquences de Benford apparaissent dans la zone d'acceptabilité de Z-stat de la table sauf la fréquence du nombre (9) qui apparait, lors du test unilatéral et bilatéral, avec un écart de signification statistique relatif estimé à 0.028. Z-stat calculé du nombre (9) = 2.60 ce qui est supérieur à Z-stat de la table qui est égal à 2.58. Il est de même pour la fréquence des nombres (2) et (8) qui apparaissent dans la zone d'acceptabilité lors du test unilatéral. Mais Z-stat calculé avait des valeurs 2.04 et 2.03 ce qui est inférieur aux valeurs de la table. Les résultats concernant la fréquence de chaque nombre montrent une compatibilité avec la Loi de Benford. Quant à la somme de la différence carrée (SSD), elle est à la valeur de 23.91, ce qui figure également dans la zone de compatibilité acceptable [de 2 à 25]. La déviation médiane absolue (MAD) est à la valeur de 0.0135, une valeur figurant dans la zone d'acceptabilité [de 0.012 à 0.015].

Table N°4

Résultats du test de fréquence des nbres 0 à 9 au 2^{ème} rang (côté débit)

Obs.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ	
Actuel	0,1 4	0,13	0,12	0,12	0,10	0,09	0,10	0,08	0,07	0,0 6	1	0,135
Benford	0,1 2	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,0 9	1	
PRODIFF.	0,0 3	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,0 3		
Squar Diff	6,2 5	2,56	0,49	1,69	0,25	0,64	0,49	0,81	2,89	7,8 4		
Z stat	1,2 0	1,20	2,04	1,63	1,66	0,70	0,32	2,03	0,79	2,6 0		
p<.01un côté	NO T SI	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	P < .	23,91	

	G									0 1
p<.01deux côtés	NO T SI G	NOT SIG	p<.01	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	NOT SIG	p<.01	NOT SIG	p < . 0 1
23,91 ∈ [2 to 25] Acceptable conformity= SSD (Sum Squares Difference)										
] ,Marginally 015 to 0,012MAD (Mean Absolute Deviation)= 0,135/10= 0,0135∈ [0, acceptable conformity										

2. Analyse numérique côté crédit :

2.1. Test côté crédit : Premier rang : Ce test concerne les fréquences observées lors de l'apparition des chiffres 1 à 9 au 1^{er} rang, après le traitement des données, on a conclu les résultats:

- Test de la troisième hypothèse secondaire :

H_0 : La distribution statistique des opérations comptables (côté crédit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au 1^{er} rang

H_1 : La distribution statistique des opérations comptables (côté crédit) du compte clients n'est pas compatible avec la Loi de Benford au 1^{er} rang.

Les résultats du test ont montré que χ^2 calculé est égal à 94.916 ce qui est beaucoup plus supérieur à χ^2 de la table qui est égal à 21.67, $n-1 = 9$ et sur le seuil de signification 0.01 (99%), $p = 0.000$ ce qui est inférieur au niveau de signification 0.01. Donc, la distribution des informations comptables et financières -côté crédit- du compte clients n'est pas compatible avec la Loi de Benford au premier rang, notamment avec les fréquences observées élevées des nombres (1), (4) et (9) ce qui a été validé par le test Z-stat calculé des nombres ci-dessus cités apparus dans l'ordre : 5.452, 2.934, 5.359, 5.252 tous supérieurs à Z-stat de la table (2.58).Après l'examen des données, on a trouvé plusieurs sommes d'opérations répétées, pour tester l'authenticité des résultats, on s'est passé des données qui se ressemblent et se répètent à maintes reprises et on a gardé 3837, ignorant ainsi 848 opérations et reconsidérant les données, après la modification des données et l'ignorance des valeurs semblables et répétées, les résultats apparaissent :

Test χ^2 : Les résultats du test ont montré que χ^2 calculé avait la valeur de 20.427 ce qui est inférieur à χ^2 de la table qui est égal à 21.67, $n-1 = 9$ et sur le seuil de signification 0.01 (99%), $p = 0.0112$ ce qui est supérieur au niveau de signification 0.01. Donc, on valide l'hypothèse nulle et on dit que la distribution des informations comptables et financières -côté crédit- du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au premier rang: la distribution des observations de l'échantillon estimées au nombre de 4685 est compatible avec La loi de Benford au premier rang concernant les nombres 1 à 9.

Tous les écarts entre les fréquences observées et les fréquences de Benford apparaissent dans la zone d'acceptabilité de Z-stat de la table sauf la fréquence du nombre (5) qui apparait, lors du test unilatéral et bilatéral, avec un écart de signification statistique relatif estimé à 1.364. Z-stat calculé du nombre (1) = 2.649 ce qui est supérieur à Z-stat de la table qui est égal à 2.58. Les résultats concernant la fréquence de chaque nombre montrent une compatibilité avec la Loi de Benford. Quant à la somme de la différence carrée (SSD), elle est à la valeur de 23.44, ce qui figure également dans la zone de compatibilité acceptable [de 2 à 25]. La déviation médiane absolue (MAD) est à la valeur de 0.0076, une valeur figurant dans la zone d'acceptabilité [de 0.012 à 0.015]. Cela réaffirme la compatibilité avec la Loi de Benford des fréquences des nombres 1 à 9 au premier rang du côté crédit du compte clients.

Table N°5
Résultats du test de fréquence des nombres 1 à 9 au premier rang après la rectification (côté créditeur)

Obs.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ	
Actual	0,32	0,19	0,12	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	1	0,068
Benford-law	0,30	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	1	
PROP. DIFF.	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00		
Square Diff	3,23	1,11	0,71	0,65	1,36	0,15	0,04	0,17	0,02	23,44	
Z statistic	2,41	1,69	1,56	1,66	2,65	0,93	0,48	1,12	0,38		
p<.01, D'un côté	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	P<.01	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig		
p<.01, des deux côtés	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	P<.01	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig		
23,44 ∈ [2 to 25] Acceptable conformity=SSD (Sum Squares Difference)											
06 to 0,012] 0MAD (Mean Absolut Deviation)= 0,068/9=0,0076∈ [0, Acceptable conformity											

2.2. Test côté crédit : 2eme rang :

Ce test concerne les fréquences observées lors de l'apparition des nombres 0 à 9 au 2eme rang . Après le traitement e des données, on a conclu les résultats suivants :

- Test de la quatrième hypothèse secondaire :

H_0 : La distribution statistique des opérations comptables (côté crédit) du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au 2^{eme} rang .

H_1 : La distribution statistique des opérations comptables (côté crédit) du compte clients n'est pas compatible avec la Loi de Benford au 2^{eme} rang .

-Test χ^2 : Les résultats du test ont montré que χ^2 calculé est égal à 20.50 ce qui est inférieur à χ^2 de la table qui est égal à 21.67, n-1 = 9 et sur le seuil de signification 0.01 (99%), p = 0.0112 ce qui est supérieur au niveau de signification 0.01. Donc, on valide l'hypothèse et on dit que la distribution des informations comptables et financières -côté

crédit- du compte clients est compatible avec la Loi de Benford au 2eme rang : la plus part des observations de l'échantillon estimées au nombre de 3837 ainsi que leur distribution sont compatibles avec la Loi de Benford au 2eme rang concernant les nombres 0 à 9.

-Test Z-stat: $\alpha/2=0.01/2=0.005$ $P(Z > 2.58) = 0.005$. En comparant la valeur de Z-stat calculée dans la table ci-dessus sous la valeur 0.005 avec celle de la table 2.58, le résultat figure dans la zone d'acceptabilité, tous les écarts entre les fréquences observées et les fréquences de Benford apparaissent dans la zone d'acceptabilité de Z-stat de la table. La fréquence des nombres (1), (8) et (9) apparait, lors du test $p<0.01$ bilatéral, avec un écart de signification statistique relatif dans l'ordre 1.087, 1.033, 0.937. Z-stat calculé de ces nombres dans l'ordre 2.007, 2.199, 2.121 est inférieur à Z-stat de la table qui est égal à 2.58, figurant ainsi dans la zone d'acceptabilité. Les résultats concernant la fréquence de chaque nombre montrent une compatibilité avec la Loi de Benford. Quant à la somme de la différence carrée (SSD), elle est à la valeur de 6.039, ce qui figure également dans la zone de compatibilité acceptable [de 2 à 25]. La déviation médiane absolue (MAD) est à la valeur de 0.0072, une valeur figurant dans la zone d'acceptabilité [de 0.012 à 0.006].

Table N°6
Résultats du test de fréquence des nombres 0 à 9 au deuxième rang (côtécéditeur)

Obs.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ	
Actual	0,10	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	1	0,072
Benford-law	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	1	
PROP. DIFF.	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01		
Square Diff	0,92	1,09	0,44	0,06	0,36	0,18	0,92	0,11	1,03	0,94	6,039	
Z stat	1,81	2,01	1,29	0,47	1,22	0,85	2,01	0,69	2,20	2,12		
p<.01, 'un côté	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig		
p<.01, deux côtés	Not sig	P<.01	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	Not sig	P<.01	P<.01		
SSD (Sum Squares Difference) 6,039 \in [2 to 25] Acceptable conformity=												
6 to 0,012] 00,0 \in [0,72MAD (MeanAbsoluteDeviation)= 0,072/10= 0,0072, Acceptableconformity												

Conclusion :

Dans cette étude, on a abordé le thème de la possibilité d'utilisation de la Loi de Benford dans le processus de détection de fraude à l'information comptable et financière. Le cas d'étude était le compte clients de l'Algérienne des Eaux. Dans la première section, on a discuté les caractéristiques et les facteurs de la fraude : le motif ou la pression incitant à la fraude, l'opportunité de commettre la fraude et la capacité de rationaliser l'acte frauduleux. Dans les deuxième et troisième sections, on a mis l'accent sur la Loi de Benford et ses

utilisations en exposant l'approche théorique du thème sujet de l'étude actuelle et d'autres études précédentes. Après l'examen des hypothèses, et à la lumière de l'analyse des résultats des tests, on a abouti aux conclusions suivantes :

- La fraude est un acte volontaire commis par une partie qui connaît l'entreprise de façon à lui permettre de commettre l'acte frauduleux portant atteinte aux intérêts de l'entreprise.
- Les personnes responsables de la gouvernance s'engagent à détecter la fraude tout en employant des techniques efficaces qui peuvent contribuer à la détection prédictive de ses activités immorales.
- En plus d'autres programmes informatisés, la Loi de Benford est l'une des techniques employées par les auditeurs afin de détecter la fraude.
- Les informations comptables et financières de cette étude relatives au compte clients sont compatibles avec la Loi de Benford. Cette dernière peut être utilisée par les comptables et les auditeurs pour détecter l'erreur et la fraude à l'information comptable et financière grâce à la simplicité de ses techniques et la facilité de son utilisation.
- Les professionnels d'audit en Algérie ne doivent pas uniquement dépendre des techniques classiques de détection et de prévention contre la fraude, mais ils doivent impérativement être à jour avec les développements récents qui prennent lieu dans ce domaine.

Références :

¹ Norme (ISA 240), paragraphe 11 (A), éditions des normes internationales de contrôle de qualité, d'audit, d'examen limité et d'autres missions d'assurance et de services connexes, édition 2010, La Fédération Internationale des Comptables, première section.

² Norme (ISA 240), p. 174.

³ ALDJOBORI, NacifDjassem et ALKHALIDI, Salah Hadi Mohammed : L'utilisation de la Loi de Benford pour détecter les opérations de fraude financière. *Revue des sciences économiques et administratives*, vol. 18, N° 68

⁴ DJAARA, Ossama Omar (2012) *Approches de l'auditeur externe pour détecter les opérations de fraude à l'information financière des sociétés par actions. Etude exploratoire dans les bureaux d'audit externe en Jordanie*, revue des études des sciences administratives, vol. 39, N° 2

⁵ Norme (ISA 240), paragraphe 11 (A),

⁶ GENEST, et al. (2011) *La loi de Newcomb-Benford ou la loi du premier chiffre significatif*. *Bulletin AMQ*, vol. 51, N° 2, p. 23.

⁷ ALKHALIDI et ALDJOBORI (2013) *Le rôle de la comptabilité judiciaire dans la détection de fraude financière et administrative*. Vol. 19, N° 70, Université de Bagdad.

⁸ BENFORD, Frank (1938) *The law of anomalous numbers*. *Proceedings of the American Philosophical Society*, p.551-572

⁹ *La loi de Benford: Apprendre à frauder ou à détecter les fraudes*

<http://blog.kleinproject.org/?p=1175&lang=fr>

¹⁰ DURTSCHI, Cindy, HILLISON, William et PACINI, Carl (2004) *The effective use of Benford's law to assist in detecting fraud in accounting data*. *Journal of forensic accounting*, vol. 5, N° 1, p. 19

¹¹ IPID.

¹² NIGRINI, Mark J. et MILLER, Steven J. (2007) Benford's law applied to hydrology data—results and relevance to other geophysical data. *Mathematical Geology*, vol. 39, N° 5, p. 469-490.

¹³ CARSLAW, Charles APN. (1988) Écarts in income numbers: Evidence of goal oriented behavior. *Accounting Review*, p. 321-327.

¹⁴ BONACHE, Adrien, MORIS, Karen, et MAURICE, Jonathan (2009) Risk of Reviews based on Benford Law in the Fashion Sector <http://mpa.ub.uni-muenchen.de/15352/>.

¹⁵ IPID.

¹⁶ NIGRINI, Mark J. et MITTERMAIER Linda J. (1997) The Use of Benford's Law as an aid in analytical procedures. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, vol. 16, N° 2.

¹⁷ NIGRINI, MARK, J. and MITTERMAIER, Linda J, référence précédente.

¹⁸ DURTSCHI, Cindy, HILLISON, William et PACINI, référence précédente, p.24.

¹⁹ NIGRINI, Mark. *Benford's Law: Applications for forensic accounting, auditing, and fraud detection*. John Wiley & Sons, 2012, p. 115