



# Conférence Internationale sur les Sciences Appliquées et l'Innovation (CISAI-2023)

**Editeur :**  
**Dr. Ahmed Rhif (Tunisie)**

**Proceedings of Engineering & Technology  
-PET-**



# ICID

Centre International d'Innovation et de Développement

**Proceedings of Engineering & Technology  
-PET**

**Conférence Internationale sur  
les Sciences Appliquées et l'Innovation  
(CISAI-2023)**

**Editeur :  
Dr. Ahmed Rhif (Tunisie)**

**PET-Vol. 76  
ISSN : 1737-9334**

# Comités

## Présidents du Comité:

Afef Khalil (TUN)  
Akrouch Soukaina (MAR)  
Belatel Mimi (ALG)  
Fatima Zohra Boufadi (ALG)  
Gherbi Mohamed (ALG)  
Georges Descombes (FR)  
Hadiza Moussa-Saley (SEN)  
Hanaa Benchrifâ (MAR)  
Haitham Mohamed Ramadan (EGP)  
Hayani Mechkouri Meriem (MAR)  
Jeru Achyl Hounogbe (SEN)  
Mohamad Ramadan (LIB)  
Ouardia Laoudj (ALG)  
Rahmouni Soumia (ALG)  
Rhif Ahmed (TUN)  
Sahbeni Kawther (TUN)  
Vincent Sambou (SEN)

## Comité International:

Abdelkrim Khireddine (ALG)  
Abdoulaye Bouya Diop (SEN)  
Abdoulaziz Alhassane (SEN)  
Afef Trabelsi (TUN)  
Ahmed Charif (MAR)  
Allé Dioum (SEN)  
Amrhar Aicha (MAR)  
Barara Mohamed (FR)  
Bendifallah Leila (ALG)  
Benhabib Lamia (ALG)  
Cherkaoui Abdeljzbbâr (MAR)  
Djalila Boudemagh (ALG)

Faical Mahrek (MAR)  
Fateh Mebarek-Oudina (ALG)  
Hadja Fatima Mehnane (ALG)  
Harrizi Driss (MAR)  
Ikhlef Nadia (ALG)  
Kheiri Abdelhamid (FR)  
Lamia Larioui (MAR)  
Madiha Yessari (MAR)  
Manal Marzouq (MAR)  
Méziâne Aïder (ALG)  
Mhamed Hammoudi (ALG)  
Merdaoui Kamel (ALG)  
Mihoub Ouahiba (ALG)  
Mor Welle Diop (SEN)  
Mounsi Demmouche Nedjoua (ALG)  
Nawel Seddiki (ALG)  
Ndeye Astou Manel Fall (SEN)  
Olfa Kammoun (TUN)  
Rachid Benchrifâ (MAR)  
Rosalie Douyon (FR)  
Sara Zatir (ALG)  
Sellam Mebrouk (ALG)  
Serigne Moussa Dia (SEN)  
Sebai Jihane (FR)  
Slimane Semghouli (MAR)  
Sofiane Amara (ALG)  
Souad Elmanssouri (MAR)  
Yavo Chaba Estelle Stéphanie (SEN)  
Zakaria Ez-Zarzari (MAR)

# Sommaire

- Conception Durable Par La Réparation Des Fissures Dans Le Béton ..... 1  
*BOUABDALLAH Fouzia, FERHOUNE Nouredine, BENAYOUN Fadila, LAICHE Oum Keltoum*
- Les énergies renouvelables comme facteur d'amélioration des grandeurs macro-économiques ..... 8  
*Amel CHADLIA*
- Valorisation des déchets des coquilles d'œufs de poules dans l'industrie du ciment..... 12  
*Lyamine Briki, Loucif Ali-Bouacida, Nouredine Lahbari*
- Empathie Artificielle dans la Publicité et Anthropomorphisme de la Marque ..... 19  
*Nadia Sfar*
- Conception et optimisation d'une antenne patch pour une utilisation massive MIMO ..... 27  
*Mohamed EL MRINI, Naima Amar Touhami, Asmaa Zugari, Aicha Mchbal*
- Proposition d'une nouvelle mesure de similarité sémantique..... 36  
*Abdoulaye Diallo, Mouhamadou Thiam*
- L'activité de magnésium dans le traitement biologique de l'eau..... 43  
*Bouhella Fadhilaa, Elaziouti Abdelkader, Boukoussa Bouhdjer, Addou Hadjer, Karmaoui Mohamed, Merrouche Hicham*
- Suivi de l'Encrassement du Réfrigérant E112 du Circuit de Solvant Lourd de la Raffinerie d'Alger..... 48  
*Labsi Nabila, Timzit Yasmine, Zioui Salima, Benkahla Youb Khaled*
- Effet thermique du nombre de Reynolds sur l'écoulement du nanofluide hybride Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Cu- H<sub>2</sub>O à travers un canal partiellement chauffé..... 54  
*Moussi Soumia, Abdellahoum Chahrazed*
- Cancer de la prostate : perspective thérapeutique à partir de biomolécules issues de traditions culinaires nord-africaines.....60  
*Addou Hadjer, Bouchentouf Salim , Adjim Hayat , Bouhella Fadhila, Elaziouti Abdelkader*

- L'impact de l'acquisition des connaissances sur l'innovation organisationnelle : Cas des entreprises tunisiennes .....66  
*Aida Arjoun, Boudabbous Sami*
- Contribution de la technologie à l'efficacité de la formation e- learning.....81  
*Hanène Louati, Achouak Chouchane*
- L'audit logistique et la traçabilité .....94  
*Ghita Derfoufi, Benrezzouq Rhizlane*
- L'effet du risque sur les intentions de création de nouvelles entreprises pour les étudiants tunisiens.....111  
*Amari Farouk*



# Conception Durable Par La Réparation Des Fissures Dans Le Béton

BOUABDALLAH Fouzia<sup>#\*1</sup>, FERHOUNE Nouredine<sup>#\*2</sup>, BENAYOUN Fadila<sup>#\*3</sup>, LAICHE Oum Keltoum<sup>#4</sup>

<sup>#</sup>Département de Génie Civil, Université Larbi Ben M'Hidi ULBM, Université Badji Mokhtar UBM  
Oum El Bouaghi, Annaba, Algérie.

<sup>1</sup> bouabdallah23@yahoo.fr

<sup>3</sup> benayounfadila@yahoo.fr

<sup>4</sup> laicheoumkeltoum@gmail.com

\* Laboratoire Sols et Hydraulique UBM, <sup>3</sup>Laboratoire Développement Durable Et Protection De L'environnement ULBM,

<sup>2</sup> ferhoune.nouredine@gmail.com

**Résumé** — Dans ce travail on détail des moyens qui résout le problème de signes d'endommagement le plus dangereux dans le béton, il s'agit de la fissuration avec ses formes diverses orientées (Y), en réseau, en écaillage. De ce fait, on a entamé également les moyens d'investigation de ces fractures, ainsi que l'identification des causes directes et indirectes de celle-ci. Certainement en passant par les techniques de réparation adéquate, en fonction effectivement de leur aspect. Ce qui assure ensuite une meilleure durabilité des structures réparées pour de longues durées de vie concernant le fonctionnement, surtout lorsque l'intervention soit bien exécutée et/ou étudiée. Pour enrichir cette étude, on a pris un exemple de béton attaqué chimiquement au laboratoire, puisque ce genre d'attaque est le plus fréquent et le plus dangereux dans le domaine de réhabilitation des structures. Où des matériaux locaux sont utilisés dans la confection de 27 éprouvettes 7x7x28 cm<sup>3</sup> en béton, dont 18 spécimens sont conservés pendant 24 semaines dans un milieu agressif très humide (à HR 100%), chaud 50°C au maximum, et dopé à l'intérieur du béton en alcalin 1,25 % Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub>. Cette simulation expérimentale a donné de multi-signes de détérioration, en plus des fissurations (1 mm). On a trouvé des décolorations et des gels blancs, et des expansions (0,11 %) et des réseaux en maillage (51milles Mailles/m<sup>2</sup>) dans le béton attaqué chimiquement à partir de la quatrième semaine jusqu'à la fin des essais.

**Mots clés**— Béton, Réparation des structures, Fissure, Maillage, Expansion et Gel.

## 1. I. INTRODUCTION

Concrètement, la durabilité dans le domaine du génie civil pour les conceptions en béton a souvent une priorité majeure. En particulier, lorsqu'il s'agit de grandes ou mégas structures y compris leur réalisation, mise en service et entretien qui nécessitent des frais très onéreux. Il est donc logique de prendre en considération le côté économique dans ce genre de domaine, en réduisant ainsi les dépenses d'une part. Et d'autre part de protéger les vies humaines des utilisateurs de ces conceptions « Ponts, tunnels, bâtiments à usage d'habitation ou industrielles comme les usines...etc. » ; contre la pollution inquiétante de nos jours auxquelles se trouvent ces conceptions en béton. Malheureusement, la plupart des ouvrages d'art à travers le monde ont été démolis en raison de leur détérioration, d'où ils sont affectés par des pathologies. [1]

Dans ce contexte, ce travail porte sur le détail des moyens qu'on peut trouver pour résoudre le problème de signes d'endommagement le plus dangereux dans le béton, il s'agit de la fissuration avec ses formes diverses orientées (Y), en réseau, en écaillage [2-4]. De ce fait, on va entamer également les causes directes et indirectes de celle-ci, certainement en passant par les techniques de réparation adéquate, en fonction effectivement de leur aspect. Ce qui assure ensuite une meilleure durabilité des structures réparées pour de longues durées de vie concernant le fonctionnement, surtout lorsque l'intervention soit bien exécutée et/ou étudiée.

## 2. II. FISSURES DANS LE BETON ET INTERVENTION

On réalité, la fissure est une description silencieuse de la scène qui a déroulé dans la matrice interstitielle du béton. Des événements discrets étaient présents à un moment donné dans de tel ou tel point dans les



parois ou parements de ce matériau, il peut y avoir également un cumul d'évènements ou même scènes influençant l'un sur l'autre. Il en résulte, une fracturation fine ou visible de certaines formes et ouverture, avec une certaine profondeur et orientation unie ou bidirectionnelle. Parfois, elle se situe à un emplacement bien précis en réseau, elle peut-être accompagner d'autres types de désordres « tâche, granulat déchaussé ou désagrégé, éclatement du béton, épaufure, ... » tout cela est approprié à une telle ou telle cause comme le montrent la Fig. 1.1 et les photos de la Fig. 6.

Il est à noter que les fissures permanentes ou non, sont un signe grave alarmant l'état ultime dans lequel le béton se trouve, sa résistance est principalement consommée. De part ou d'autres, microscopiquement, les ponts intermoléculaires sont thermiquement ou chimiquement voir même physico mécaniquement sollicités et à l'extrême. À une échelle plus élevée, cela ne signifie qu'il s'agit de grands désordres internes qui n'ont pour rôle que de faire grossir ces fractures. D'où, il est assez important de bien lire ce que ces fentes essaient de nous dire à travers ses motifs tracés dans un élément en béton. Cette lecture est en fait connue par l'investigation ou le diagnostic au domaine de l'expertise des constructions de génie civil. Elle nécessite l'emploi correct de quelques moyens et techniques très précis qui finissent par l'obtention de claires lectures par mesure et enregistrements de certaines informations exactes sur ces ouvertures dans le béton.

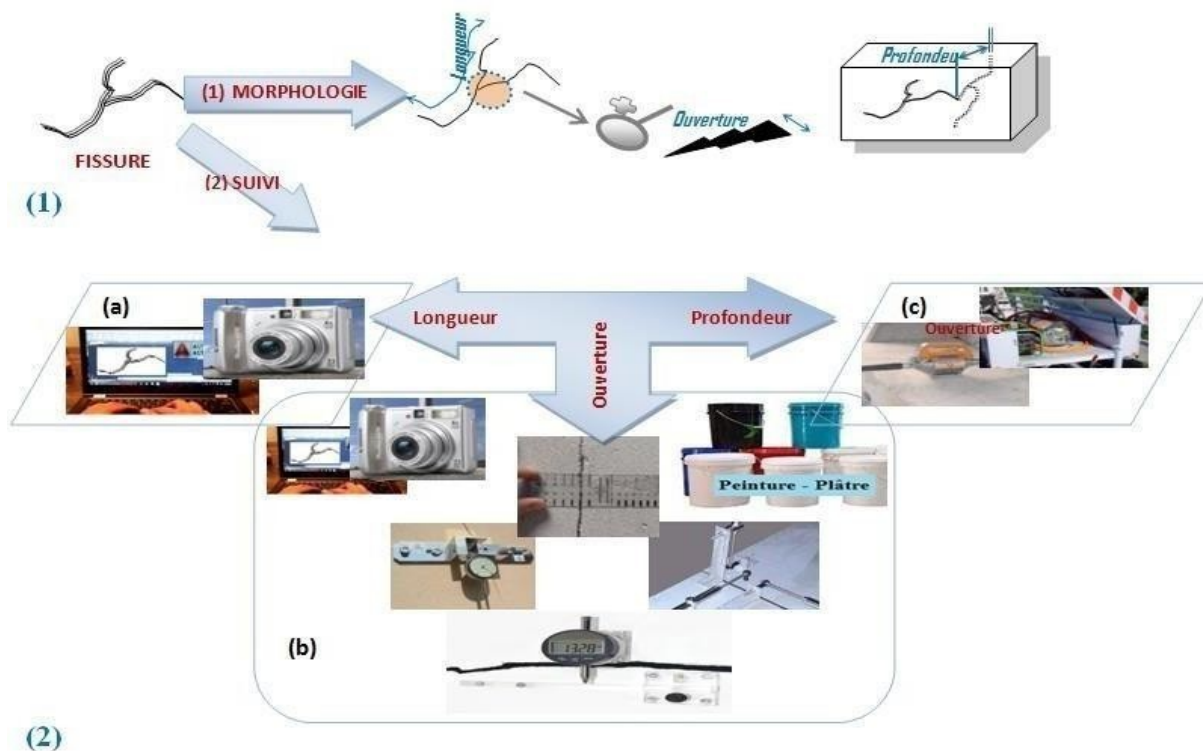


Fig.1 Schéma de la morphologie de la fissuration et le suivi de l'évolution de la fissure au cours du temps

Certainement, les fissures longitudinales et orientées, quelle que soit l'irrégularité de celles-ci sont à suivre avec une extrême exactitude par un moyen préformant qui est la photographie numérique en plus du traitement d'images à travers l'un des logiciels approprié au dessin assisté par ordinateur DAO. Dans notre domaine, la Fig. 1.2.a montre qu'il y a pas mieux qu'Autodesk particulièrement le logiciel AutoCad et sa barre d'outil (polyligne ou polyline). Quoique, cette dernière technique soit adaptée à la fois pour mesurer parfaitement la longueur de fissure ainsi son ouverture maximale, et avec une incertitude nulle. Néanmoins, on peut prendre la taille de cette ouverture rapidement in-situ à travers l'outillage et l'instrument de laboratoire comme les petites règles graduées de l'ordre de quelques centimètres (cm), ou par des comparateurs digitaux ou mécaniques dont la course est de quelques millimètres (mm). Tout ça en cas de fracture dont les lèvres se situent dans un seul plan, sinon en cas de fente bidirectionnelle occupant deux plans, ces comparateurs sont placés dans un fissuromètre à palpeur ou bidirectionnel ce qui donne bien évidemment la lecture dans deux sens différents comme le montre la Fig. 1.2.b.

On voit dans la Fig. 1.2.c, que la profondeur d'une fissure a toujours été devant un empêchement de sa prise lors de mesurages, car elle est tridimensionnelle au-dedans du béton. Ce mesurage, fait appel à d'autres genres de technique au moyen d'outils non destructifs (la technique gammagraphie...).

En outre, ces cassures ne maintiennent pas la même forme, ni longueur, ni profondeur dans le temps, elles peuvent apparaître ou disparaître selon leurs causes. Dans ce cas, la détection de la naissance de nouvelles fentes débute par l'application du plâtre ou de plusieurs couches de peinture de couleurs différentes. Ce qui permet d'obtenir une excellente cartographie claire du réseau de microfissure marqué sur ce plâtre/peinture, ce qui est claire dans la Fig. 1.2.b. Comme une démarche plus performante, des photos de l'élément inspecté doivent être prises régulièrement au fur et à mesure au cours du temps. Ce qui peut servir à enregistrer l'état de santé du matériau, afin d'éviter l'endommagement brusque des structures en béton.

### 3. III. RÉSULTATS

#### 1. III.1. Identification Des Causes Directes/Indirectes

Parmi les méthodes de détermination des causes de la détérioration du béton par fissuration, on trouve celle probabiliste sous forme d'organigramme. Elle consiste à rechercher les erreurs dans le projet « une charge causée par quelque défaut dans l'étude de l'ouvrage ou les dessins des plans aux bureaux d'études, problème d'exécution, la relation entre l'emplacement du désordre crée dans la structure et la nature probable de l'excès de contrainte... ». Puis à établir un rapport entre les causes possibles et les trois symptômes fondamentaux « Fissures, Désagrégation, Épaufrure », et enfin à éliminer les possibilités facilement identifiables.

En fait, cette méthode possède une large liste de causes mais bien limitée « Phénomènes résultant des opérations de construction, retrait au séchage, contraintes thermiques de la variation de la température ambiante ou celle interne, absorption d'eau par le béton, corrosion des barres d'armature dont l'origine chimique et électrolytique, réactions chimiques et altération d'ordre général, ondes de choc, érosion, détails mal étudiés, erreurs au cours de l'étude ». Il est clair que cette méthode ne prend pas en considération les paramètres qui peuvent intervenir indirectement c'est-à-dire à loin effet. Comme l'effet des attaques d'éléments chimiques situant dans le sol, ou dans les couches profondes du sol voire même des eaux souterraines et nappe phréatique et les poussées créées par le niveau qu'elle peut atteindre dans les saisons pluviales ou sèches. En plus des actions répétitives des eaux d'inondation, lorsque la conception en béton est implantée dans une zone inondable, sans oublier bien évidemment les effets accidentels « pollution excessive, le changement de climat actuel, les mouvements des terrains répartis aux différents pays et continents... ». Cette méthode ne tient pas en compte également de la classification de ces causes selon leurs aspects (physique, chimique, mécanique, géologique ...). Vu que cet ordonnancement facilité le traitement de la réparation par la suite ainsi la fiabilité de celle-ci dans le temps d'où la durabilité des conceptions sera garantie.

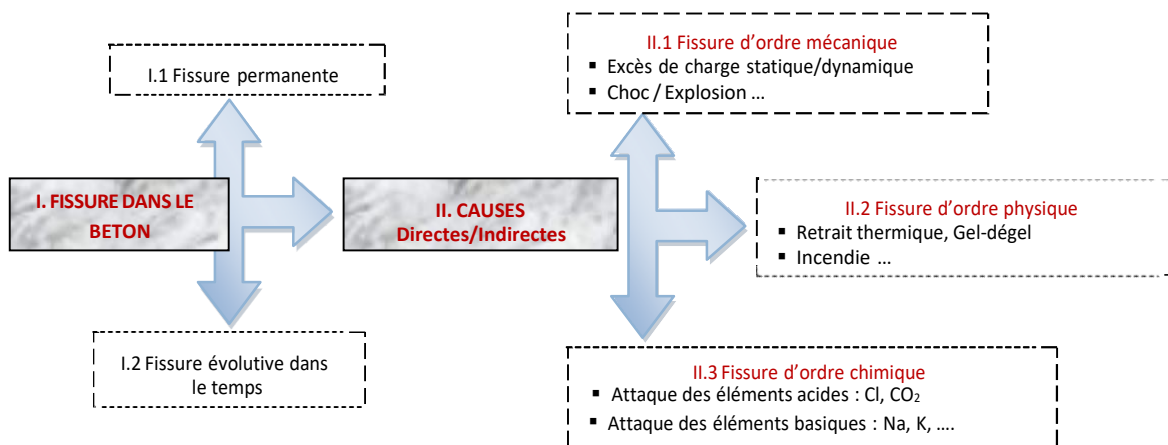


Fig.2 Schématisation des types de fissures existantes dans le béton et leurs causes.

Il est commode de retenir d'abord que la fissuration dans le béton est évolutive ou non dans le temps à travers le monitoring. Ensuite, établir un prédiagnostic basé sur la récolte de toutes les informations lors de l'étude et des plans de génie civil et architecture, ainsi les détails pendant la mise en œuvre dans le chantier et mise en service de la conception. Et passé même à faire une enquête sur l'historique du terrain d'implantation de l'ouvrage expertisé, et analyser les couches profondes de ce sol et l'environnement en

général. La détermination des causes est une dernière étape pour le diagnostic, en analysant toutes données récoltées on aboutit sans doute à la détermination des causes réelles de la fissuration seule ou accompagnée d'autres symptômes pathologiques dans le béton. Cela permis surement de classer ces causes pour entamer la section des réparations et les meilleures techniques avec une portion de réussite et fiabilité très élevée, cela est résumé dans la Fig. 2.

L'ouverture de fissure au niveau des plots des éprouvettes en béton 7 x 7 x 28 cm<sup>3</sup> confectionnés au laboratoire de génie civil à l'université d'Annaba (Algérie). Par des matériaux locaux et des granulats réactifs face à un milieu alcalin, trois types de béton sont formulés : A, B40° et B50° avec trois éprouvettes pour chacun d'eux et par chaque âge 28 jours, 3 et 6 mois et en totalité 27 éprouvettes. Ce béton a été attaqué chimiquement par une solution NaOH et KOH et en présence de température accélérant les réactions entre (40 et 50°C), pendant une durée de six mois (6 mois) d'essais comme le montre les photos de la Fig. 6.1 et la Fig 3 ainsi que le tableau. 1.

Le suivi des fissures montre que ces fissures sont évolutives dans le temps, les microfissures commençaient d'apparaître depuis l'âge de vingt-huit jours (28 j), elles sont ensuite prises par un fissuromètre de 24 fois de grossissement ainsi qu'un appareil numérique de marque SONY. Le motif de microfissure tracée en prenant la forme de la lettre Y sur les surfaces externes, suite à la cause purement chimique associée aux attaques des alcalins, ce qui est connu depuis environ 1940 par l'Alcali-Granulat-Réaction (AGR). Cet évolutif motif est réparti dans le temps et devient de plus en plus visible, il accroît dans sa longueur ainsi en taille de fentes. En outre les ouvertures les plus visibles se trouvaient au niveau des inserts en acier (Invar) utilisées dans le mesurage des retraits et dilatation dans le béton des photos de la Fig.6.1 dont la formulation est détaillée dans le tableau. 1.

Le tableau. 1 résume le protocole expérimental élaboré selon les normes canadiennes ACNOR, Européennes et françaises EN et AFNOR, dont les codes sont: AFNOR-301[7]; AFNOR-304 [5]; AFNOR-309 [6]; AFNOR-554 [7]; AFNOR-555 [8] et AFNOR.EN-933.2 [9]. La formulation était choisie selon la méthode Dreux Gouris, l'affaissement des bétons était en respectant AFNOR-451 [10] ou ACNOR-5C [11]. Un démoulage est fait au maximum au bout de 48 heures après cure de 30 minutes à 23°C conformément à AFNOR-405 [12]. Les expansions sont prises selon ACNOR CSA 32.2-14A et AFNOR NF P 18-587.

TABLEAU.1  
 MATÉRIAUX LOCAUX UTILISÉS DANS LA CONFECTION DE 27 ÉPROUVETTES 7 x 7 x 28 cm<sup>3</sup> EN BÉTON.

BETONS	Gravier et Sable	H <sub>2</sub> O	Ciment	E/C	C/G	Alcalin	HR et T°	Formule	Age
Béton A	(5/15); (15/25) mm	157 L/m <sup>3</sup>	420 kg/m <sup>3</sup>	0,4	2,25	0,3 % Na <sub>2</sub> O <sub>eq</sub>	100%; 20°C	Dreux Gouris	1, 3 et 6 mois
Béton B (40°C)	Module de finesse					1,25 % Na <sub>2</sub> O <sub>eq</sub>	100%		
Béton B (50°C)	MF 2,75								

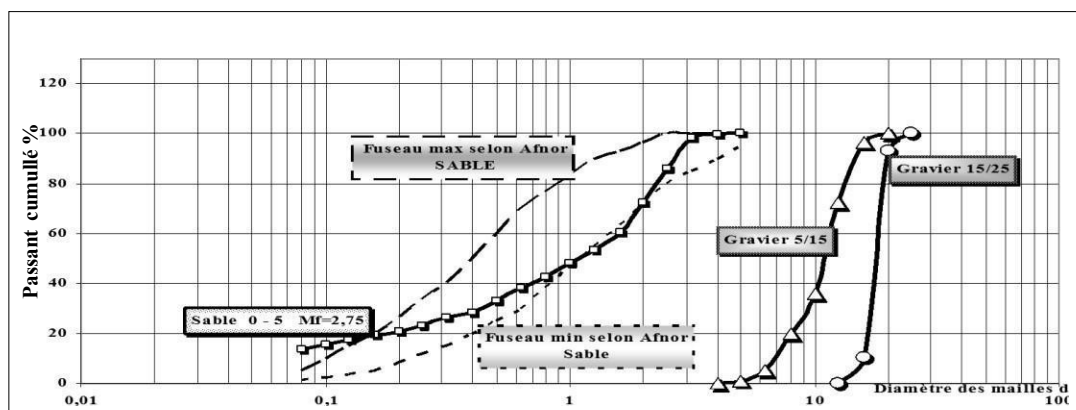


Fig.3 Courbe granulométrique des granulats utilisés la confection du béton des 27 éprouvettes 7 x 7 x 28 cm<sup>3</sup>.

Il est à noter dans les Figs.4 à 6 que ces fractures dans les bétons B (40° et 50°C) ne sont pas évolutives seulement, elles sont accompagnées des excès de longueur dans toutes les éprouvettes, ces dilatations sont

de l'ordre micrométrique ( $\mu\text{m}$ ). On a enregistré pour le béton B 40°C une ouverture maximale de fissuration de 1 mm formée au bout de 3 mois d'essai, et à un âge proche (à 4 mois) on mesure l'expansion maximale d'environ 0,11 %, suite à l'effet du gel formé ne cessait pas de se produire durant les six mois d'essai et de réaction.

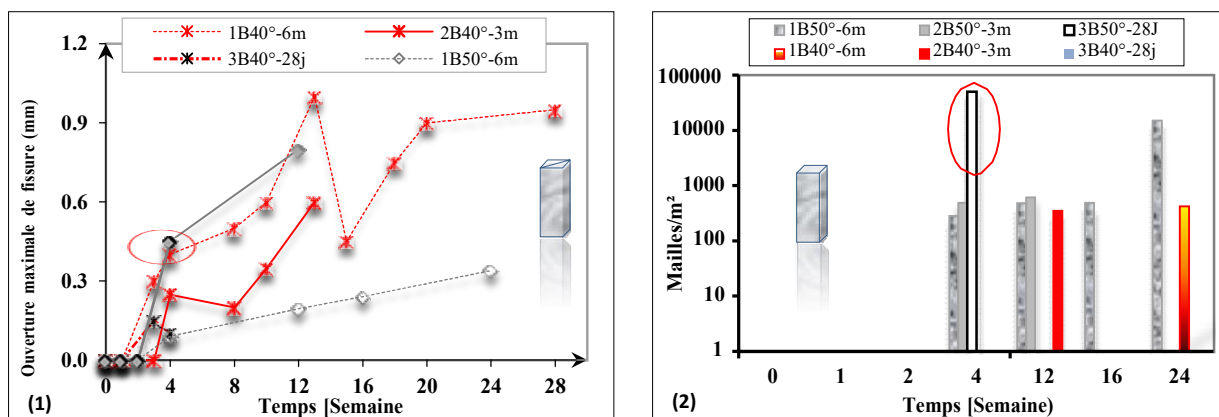


Fig.4 Évolution des ouvertures de fissures et maillage (Echelle Log-10) aux éprouvettes prismatiques 7 x 7 x 28 cm<sup>3</sup> en béton B de 1 à 6 mois d'âge.

En contrepartie et dans les mêmes Figs.4 à 6, le nombre de faïençage extrême à 6 mois est au niveau du béton B 50°C qui est le moins fissuré et expansé par rapport à celui B40°C, où on a compté plus de 15000 mailles / m<sup>2</sup>. Il est à signaler que les 51000 mailles / m<sup>2</sup> trouvées dans le béton B 50°C de 28 jours d'âge, ce nombre reste à expliquer par plus d'autres analyses chimiques car on a mesuré des expansions et ouvertures semblables et proche l'un à l'autre aux autres bétons B50°C précisément à 28 jours.

Or les bétons témoins A de la Fig.6 ne montraient que des retraits ce qui présente le cas ordinaire d'un béton normal, avec une absence totale de fracturation ou autres signes de dégradation.

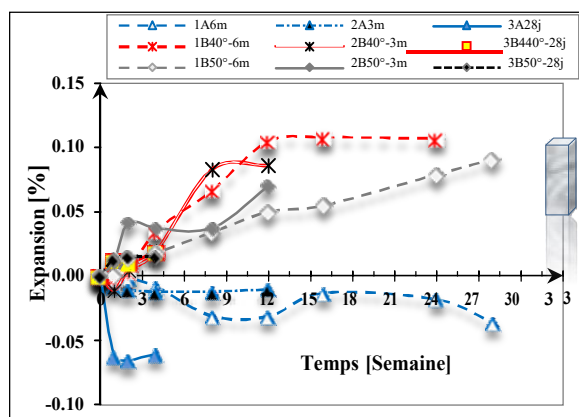


Fig.5 Expansion des éprouvettes prismatiques 7 x 7 x 28 cm<sup>3</sup> en béton B de 1 à 6 mois d'âge selon ACNOR CSA 32.2-14A et AFNOR NF P 18-587

Dans les photos de la Fig. 6.1, on a des formations de gel de couleur blanche résultant de ces réactions chimiques avec les granulats sensibles. Ce qui a conduit à la perte de la couleur grise dans les parements externes de ce matériau comparé à un béton en bonne santé (Béton témoin A sans attaque chimique). Ça ne s'arrête pas là, ce motif de fissure dans les photos de la Fig. 6.1 devient de plus en plus longue jusqu'à la formation d'autre genre de fracture en maillage dite faïençage, chacune de ces mailles est de l'ordre de quelques (cm<sup>2</sup>).

En plus la photo Fig.6.2 présente une photo de l'effet des cycles de gel-dégel dans les fondations d'une conception en béton où on note l'illustration des fissures en écaillage suite à l'augmentation de volume d'eau d'environ 9 % .

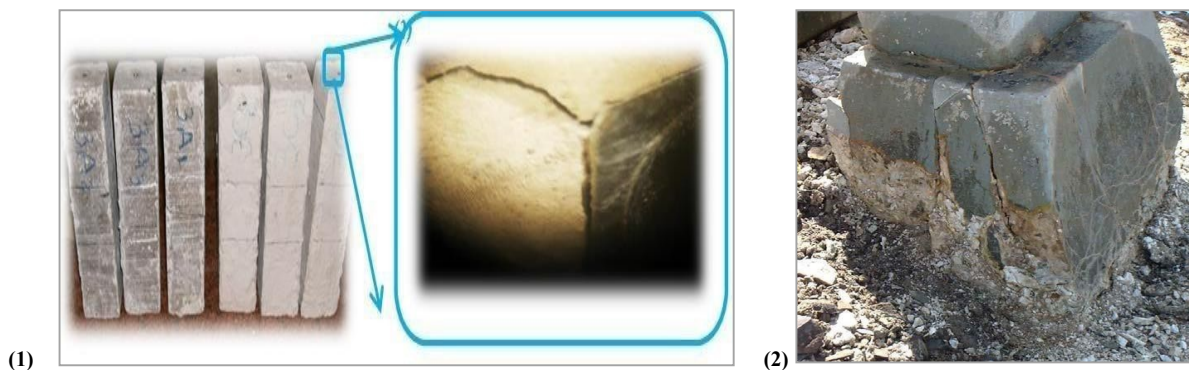


Fig.6 Différents types de fissure dans les prismes 7 x 7 x 28 cm<sup>3</sup> en béton dégradés B de 1 à 6 mois d'âge.

### 2. III.2. Intervention Pour La Réparation Et Aspect De La Fissure

Lorsqu'une conception en béton armé est détériorée on aura soit une dégradation de la qualité du matériau (Béton). Soit une réduction de la quantité d'acier par la corrosion d'où la diminution de la section d'acier ( $A_s$ ) avec un excès de volume de ce matériau suite à la formation de rouille. Dès la détermination des causes de fissure dans le béton, les origines seront certainement d'ordre physicomécanique ou chimique, la réparation cas par cas est généralement comme suit :

1. Béton dégradé physico- mécaniquement, d'où il soit peu dégradé, soit à remplacer ou à renforcer, on doit :

- Enlever le béton dégradé et fissuré pour être remplacé.
- Augmenter la section du béton remplacé par chemisage.
- Renforcer la couche du béton ajouté et crépissage par des fibres métalliques et autres.
- Additionner des éléments structuraux pour supporter l'excès de chargement, en respectant le diagramme réel des contraintes et déformations dans la construction étudiée
- Ajouter la résine époxy pour assurer une bonne adhérence entre Nouveau-Ancien béton.
- Protéger le béton réparé par des isolants « étanchéité, peinture, humidification ou arrosage suffisant en cas de présence de forte température, ...

Lorsque l'acier est dégradé par corrosion, on doit donc :

- Remplacer la quantité d'acier perdu, par l'usage de section plus élevée.
- Utiliser des aciers inoxydables pour empêcher la corrosion.
- Renforcer les armatures par l'ajout de trillé à soudé, fer plat, des fibres métalliques au béton d'enrobage ...etc.
- Utiliser la peinture antirouille, des systèmes de perturbation électroniques ou cathodiques dans le milieu auquel s'expose la structure...

2. En cas de béton dégradé chimiquement, d'où il soit peu dégradé, soit à remplacer ou à renforcer, il faut dans ce cas que :

- Le béton peu dégradé soit à conserver, il faut déterminer la réaction qui attaque le béton, ainsi que les réactants afin d'arrêter la continuité de cette réaction agressive. On peut le traiter par des produits chimiques afin de ralentir la vitesse de la réaction, ou l'arrêter si c'est possible (Laitier, Lithium, Fumée de silice, cendre volante, silane et siloxanes....)
- Le béton dégradé soit à remplacer, il faut enlever les parties ou l'élément structurel dégradé. En reconstruisant ces éléments enlevés, en utilisant des matériaux de construction résistant dans les milieux agressifs comme les ciments imperméables ou ciments hydrauliques ...
- Le béton dégradé soit à remplacer, il faut augmenter les sections des éléments en béton armé, ainsi que la résistance des matériaux de reconstitution par l'emploi du béton et des fibres métalliques à titre d'exemple ou béton à base de ciment à forte résistance et classe plus élevée.

Lorsque l'acier est dégradé par les milieux acides seulement car les milieux basiques sont bénéfiques pour les aciers. On doit intervenir de la même manière que dans le cas précédent, c'est-à-dire :

- Remplacer la quantité d'acier perdu, ou le renforcer par l'ajout de quantité supplémentaire d'acier par moyen de trillé à soudé, fer plat, des fibres métalliques...
- Utiliser des aciers inoxydables.
- Et la protection à travers l'usage de peinture antirouille, la perturbation électronique ou cathodique...

### 3. IV. CONCLUSIONS

En conclusion, ce travail présente les techniques de réparation des conceptions de génie civil en béton endommagé et fissuré qui sont à conserver en cas de dégradation faible, ou à remplacer en cas de dégradation considérable sinon à renforcer en cas de stade avancé de dégradation.

Où on a passé par la détermination des causes, afin d'aboutir à une meilleure intervention de réparation adéquate et convenablement exécutée pour une longue durée de vie de mise en service. L'étude de ces techniques pose une complexité extrême lorsque ses causes sont d'ordre chimique, car il en résulte que le plus grave type de fissure vis-à-vis de sa taille d'ouverture, de sa propagation dans les parements du béton ainsi en profondeur, et de sa vitesse d'évolution au cours du temps. Mais la technologie ne cesse pas de trouver des solutions quel que soit le degré et la vitesse d'endommagement que ce soit en béton ou même pour les aciers.

### REFERENCES

- [1] D. Watt, P. Swallow, "Concrete: Building Pathology", Livre, Edi Susan Macd, p.xiv 1973.
- [2] R.H. Courtier, *Évaluation de l'ASR au Structures affectées*, Journal ciment et béton composites, Elsevier, vol. 12, pp. 191-201, 1990.
- [3] G. Bruno et A. Le Roux, *Alcali-réaction dans les structures en béton : Mécanisme, pathologie et prévention*, Livre, Techniques de l'ingénieur C 2 252v2, 2008.
- [4] B. Bruno, *Le découpage du vieux pont de Térénez a démarré*, Journal Ouest France, 2014.
- [5] AFNOR NF P18-304. *Granulometry of aggregates (E)*. French association for standardization, Dec 1973.
- [6] AFNOR NF P18-309. *Aggregates- Rotary- Furnace made expanded clay or shale aggregates for making concrete (E)*. French association for standardization, Dec 1982.
- [7] AFNOR NF P18-554. *Aggregates- Measurements of mass per unit volume, porosity, coefficient of absorption and contain in water of chippings and pebbles (E)*. French association for standardization, Dec 1979.
- [8] AFNOR NF P18-555. *Aggregates- Measurements of mass per unit volume, coefficient of absorption and contain in water of sands (E)*. French association for standardization, Apr 1980.
- [9] AFNOR NF EN 933-2. *Tests Method for geometrical properties of aggregates*. French association for standardization, 1996.
- [10] AFNOR NF P18-451. *Concretes- Slump test (E)*. French association for standardization, Dec 1981.
- [11] ACNOR CSA A23.2-5C. *Concrete slump determination*. Canadian standard association, Oct 1994.
- [12] AFNOR NF P18-405. *Concretes data test manufacturing and samples conservation (E)*. French association for standardization, Dec 1981.



## **Les énergies renouvelables comme facteur d'amélioration des grandeurs macro-économiques**

Amel CHADLIA

achadlia@esgen.edu.dz

Ecole Supérieure de Management et d'Economie Numérique Kolea Algérie

Mots clés : Energies renouvelables, croissance économique

Résumé : L'objectif de cette recherche est double. D'abord; il traite de l'aspect économique lié au développement des énergies renouvelables, sujet encore peu abordé. Deuxièmement, il s'agit d'analyser la contribution des facteurs relatifs à ces énergies renouvelables pour améliorer la croissance économique en Algérie. Notre étude porte sur une période de 10 ans et vise à tester la nature de la relation entre la production des énergies renouvelables et la croissance économique en Algérie.

### **I. Introduction :**

Il est devenu clair que les réserves d'énergies fossiles ne sont pas infinies et que leur utilisation engendre des problèmes écologiques insurmontables.

Une énergie renouvelable est une source d'énergie qui provient d'un phénomène naturel régulier ou constant et qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable. Le pétrole ou le gaz naturel ne sont pas des énergies renouvelables car il faudrait des millions d'années pour reformer la quantité d'énergie fossile que l'on consomme actuellement. De même, l'énergie nucléaire n'est pas une énergie renouvelable car la réserve d'uranium disponible sur terre est limitée. Donc, nous pouvons dire, que le recours aux énergies renouvelables est plus que nécessaire et obligatoire.

Aujourd'hui, les énergies renouvelables sont toujours sous-exploitées par rapport à leur potentiel. Dans les années à venir, tout système énergétique durable sera basé sur l'utilisation rationnelle des sources traditionnelles et sur un recours accru aux énergies renouvelables.

### **II. Les formes d'énergies renouvelables :**

Il existe plusieurs formes d'énergies renouvelables et nous pouvons citer :

#### **1. L'énergie de la biomasse :**

La biomasse est répartie en quatre catégories : la biomasse sèche (bois, déchets agricoles...), le biogaz, les déchets municipaux renouvelables solides et la biomasse humide (bioéthanol, biodiesel, huile végétal ...).

## **2. L'énergie géothermique :**

Classiquement, trois types de géothermie sont distingués selon le niveau de température disponible à l'exploitation :

- ✓ La géothermie à haute énergie ou géothermie privilégiée qui exploite des sources hydrothermales très chaudes, ou des forages très profonds où de l'eau est injectée sous pression dans la roche. Cette géothermie est surtout utilisée pour produire de l'électricité ;
- ✓ La géothermie de basse énergie : géothermie des nappes profondes (entre quelques centaines et plusieurs milliers de mètres) aux températures situées entre 30 et 100 °C. La principale utilisation est appliquée pour les réseaux de chauffage urbain ;
- ✓ La géothermie de très basse énergie : géothermie des faibles profondeurs aux niveaux de température compris entre 10 et 30 °C. Sa principale utilisation est le chauffage et la climatisation individuelle.

## **3. L'énergie hydraulique :**

C'est la première énergie renouvelable au monde. L'énergie hydraulique est l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes : par exemple la chute d'eau.

## **4. L'énergie éolienne :**

L'énergie éolienne est une énergie qui utilise le vent. L'éolienne est composée d'un mat, d'une hélice et d'un alternateur. Il existe deux types d'éoliennes, les éoliennes terrestres et maritimes. La différence entre les deux est qu'en mer, le vent est beaucoup plus régulier et fort que sur la terre environ 60% de plus mais son coût est très élevé.



## 5. L'énergie solaire :

Le soleil est une source quasiment inépuisable d'énergie qui envoie à la surface de la terre un rayonnement qui représente chaque année environ 8400 fois la consommation énergétique de l'humanité. Cela correspond à une puissance instantanée reçue de 1 kilowatt crête par mètre carré (kWc/m<sup>2</sup>) répartie sur tout le spectre, de l'ultraviolet à l'infrarouge. Les déserts de notre planète reçoivent en 6 heures plus d'énergie du soleil que n'en consomme l'humanité en une année.

### III. Etude de la relation entre le développement des énergies renouvelables et les indicateurs macroéconomiques :

. Le tableau ci-dessous, nous indique l'évolution de la production de l'électricité en utilisant l'énergie renouvelables ainsi que le taux de croissance économique en Algérie et ceux pour l'année 2010 jusqu'à 2021.

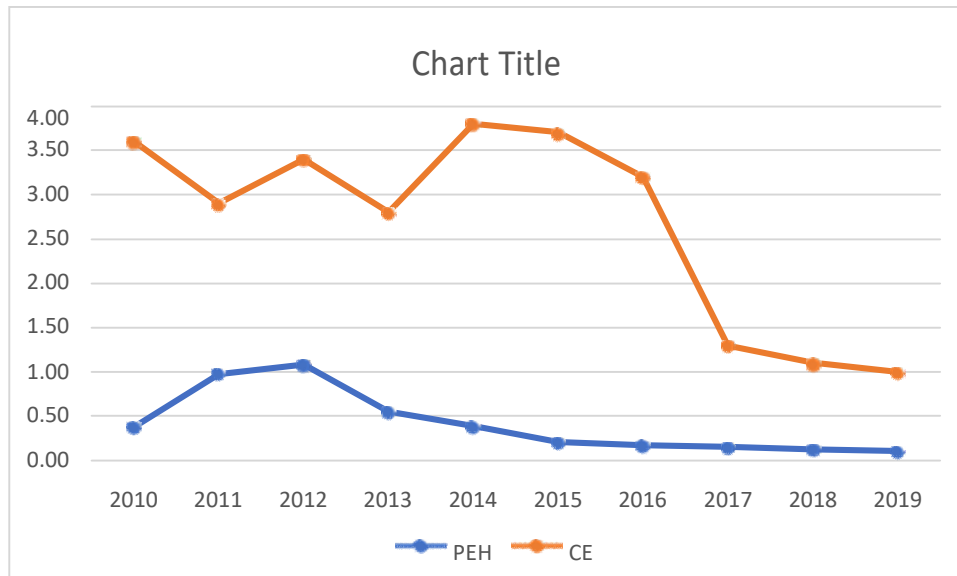
Dans, notre travail, nous avons retenu les deux variables suivantes :

1. Production d'électricité - hydroélectricité (PEH) en (% de la production totale) : Il s'agit du pourcentage de production de l'électricité dont la source est l'énergie hydroélectrique (forme d'énergies renouvelables) ;
2. La croissance économique (CE) en %, est un indicateur macroéconomique très important que chaque pays veut optimiser ; elle représente la variation relative du volume du PIB en dollars constants entre deux années.

Tableau N°1 : Relation production énergies renouvelables et croissance économique.

	PEH	CE
2010	0,38	3,6
2011	0,98	2,9
2012	1,08	3,4
2013	0,55	2,8
2014	0,40	3,8
2015	0,21	3,7
2016	0,18	3,2
2017	0,15	1,3
2018	0,13	1,1
2019	0,11	1

Figure 1 : Relation production énergies renouvelables et croissance économique.



Selon la figure ci-dessus, nous remarquons que l'évolution des deux graphiques pour les deux variables sont similaire ; ce qui nous permet d'avancer que la relation existe et elle est positive ; et pour confirmer ce qui a été dit, nous avons calculé le coefficient de corrélation entre ces deux variables, et il est égal à : 49.93%

#### IV. Conclusion :

Dans ce travail, nous avons essayé de démontrer comment les énergies renouvelables contribuent-elles à améliorer les indicateurs macroéconomiques et plus précisément la croissance économique. L'analyse de la relation entre la production des énergies renouvelables et la croissance économique est positive.

#### Références bibliographiques :

- M. Angel Cid Pastor "Conception et réalisation de modules photovoltaïques électriques. Thèse présentée en vue de l'obtention de grade de Docteur de l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse 2006.
- C. Cédric, "Optimisation énergétique de l'étage d'adaptation électronique dédié à la conversion photovoltaïque", Thèse de doctorat université Toulouse, 2008.
- N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo and M. Vitelli, " Optimization of Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Method", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol.20, No. 4, pp. 16-19, Mar. 2004;
- W. J. A. Teulings, J. C. Marpinard, A. Capel, and D. O'Sullivan, " A new maximum power point tracking system", IEEE Power Electronics Specialists Conference 1993, PESC'93, pp. 833-838, Jun. 1993.
- R. Abdessemed, " Modélisation des machines électriques", Batna universitypress, 1997 ;
- F. Meibody-Tabar, "Machines synchrones à aimants permanents alimentées par onduleurs de tension ; modélisation, commande et segmentation de puissance," Habilitation à Diriger des Recherches, Nancy, janvier 2000.
- ASSEMBLÉE PARLEMENTAIRE DE L'UNION POUR LA MÉDITERRANÉE : réf «DV\930267EN.doc AP101.413v01-00 ».
- perspective.usherbrooke.ca

# Valorisation des déchets des coquilles d'œufs de poules dans l'industrie du ciment

Lyamine Briki<sup>1</sup>, Loucif Ali-Bouacida<sup>2</sup> and Nouredine Lahbari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Département de Génie Civil, Faculté de Technologie, Batna, ALGERIE.

<sup>2</sup>Département de Génie Civil, Faculté de Technologie, Batna, ALGERIE.

<sup>3</sup>Département de Génie Civil, Faculté de Technologie, Batna, ALGERIE.

l.briki@univ-batna2.dz

**Résumé.** Dans cette étude nous avons ciblé trois objectifs : un objectif économique de minimisation des dépenses énergétiques, un objectif technologique de fabrication d'un ciment authentique par recyclage en améliorant ses performances mécaniques vis-à-vis du ciment Portland ordinaire, et un objectif écologique de minimisation des émissions de CO<sub>2</sub> résultant de la décomposition du carbonate lors de la cuisson et préservation ainsi des ressources naturelles.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons développé un nouveau ciment composé par une substitution partielle du clinker par les cendres volantes des déchets des coquilles d'œufs de poules à des proportions de 15%, 30% et 45% de remplacement. Ces substitutions ont été choisies sur la base de la présence de la chaux CaO dégagée par calcination des coquilles d'œufs de poules qui peut réagir avec la silice SiO<sub>2</sub> contenue dans le clinker.

Plus le taux de CCOP est élevé, plus la résistance augmente et se rapproche de la résistance du CPA.

Cette substitution de 45% de clinker réduit la consommation d'énergie du clinker presque à la moitié de 1450 °C à 750 °C.

**Mots clés :** Eco-ciments, Ciment CPA, Coquilles d'œufs de poules, Calcination, Résistance.

## 1 INTRODUCTION

L'une des alternatives pour réduire l'impact négatif de l'industrie du ciment sur l'environnement est de remplacer partiellement le clinker du ciment Portland par des matériaux pouzzolaniques pour produire des ciments composés. Les ciments argilo-calcaires calcinés (LC3) sont l'une des alternatives prometteuses pour les ciments durables à hautes performances [1-4]. Des études antérieures se sont concentrées sur différentes étapes du traitement des argiles calcinées, telles que le broyage [5] et le contrôle de la couleur [6]. Ces matériaux pouzzolaniques sont soit des matériaux naturels comme la pouzzolane naturelle [7], des matériaux traités thermiquement comme le métakaolin [8], soit des sous-produits industriels comme les fumées de silice [9], les cendres volantes [13] et le calcaire [11,12]. Ces additions minérales, composées principalement soit de silice, soit de silice et d'alumine, présentent une certaine activité chimique dite « pouzzolanique » qui leur permet de réagir avec la chaux pour former des composés proches des hydrates de ciment.

Aujourd'hui, il est admis que la silice et l'alumine dans les phases vitreuses sont réactives [10]. L'incorporation des coquilles d'œufs de poule comme renfort dans une matrice cimentaire a fait l'objet de quelques travaux, notamment ceux de Ferone et al. [14] ; Capasso et al. [15]

L'objectif est d'étudier la qualité pouzzolanique des cendres de coquilles d'œufs de poule dans le mortier et le travail expérimental porte sur la mise au point de différentes compositions de mortier intégrant la cendre de coquilles d'œufs de poule, les résistances mécaniques sont ensuite déterminées.

## 2 METHODOLOGIE

### Coquilles d'œufs de poules calcinées

Après broyage des coquilles d'œufs de poules, la poudre a été finement analysée par fluorescence XRF. La composition chimique du CCOP avant et après la calcination est donnée dans (tableau 1).

**Tableau 1.a.** Composition chimique des coquilles d'œufs de poules avant calcination

Oxyde	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>
Contenu %	0.044	0.021	3.4	53.57	0.724	0.137	0.073	0.621	0.281	0.021

**Tableau 1.b.** Composition chimique des coquilles d'œufs de poules après calcination

Oxyde	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$K_2O$	$Na_2O$	$SO_3$
Contenu %	-1.686	1.890	0.170	71.020	-0.162	0.076	0.342	0.214

### Dosage des mélanges

Quatre mélanges de trente-six éprouvettes de mortier préparés dans ce travail expérimental conformes à la norme européenne NF EN 196-1.

Ainsi, nous avons opté pour un Ciment Portland CEMI (CPA) composé de 95% de clinker et de 5% de gypse avec une résistance caractéristique à 28 jours de 50,3Mpa.

Les compositions chimiques du gypse sont données par le tableau 2 suivant :

**Tableau 2.**Composition chimique du gypse

Eléments %	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$CaO$	$MgO$	$SO_3$	$K_2O$	$Na_2O$	$CL$
Gypse	8.50	2.54	1.04	29.32	3.07	36.53	0.53	0.03	0.008

### Préparation des éprouvettes

Tous les mélanges dont le rapport eau/liant est pris égal à 0,5 ont été fabriqués avec une teneur en liant de 450g et une teneur en sable de 1350g soit un rapport C/S 1/3.

La teneur en liant de tous les autres mélanges est maintenue fixe à 450 g. Le premier mélange est composé uniquement de Ciment Portland CPA sans utiliser de superplastifiant, il sert de référence dans ce programme expérimental, les cendres des coquilles d'œufs de poule (CCOP) ont été utilisées pour remplacer 15%, 30% et 45% en masse de CPA sans ajout de superplastifiant. Il s'agit respectivement de trois mélanges CCOP1, CCOP2 et CCOP3.

Les proportions massiques des différents constituants du ciment sont mentionnées dans le tableau 3.

**Tableau 3.**Identification des différents mélanges

Type de ciment	Constituants du ciment			Constituants du mortier		
	Clinker %	Gypse %	CCOP %	Ciment	Eau	Sable
CPA	95	5	00	450	129	1350
CCOP1	80	5	15	450	165	1350
CCOP2	65	5	30	450	240	1350
CCOP3	50	5	45	450	240	1350

### 3 RESULTATSET DISCUSSIONS

#### Influence de la consistance normale sur les ciments synthétisés

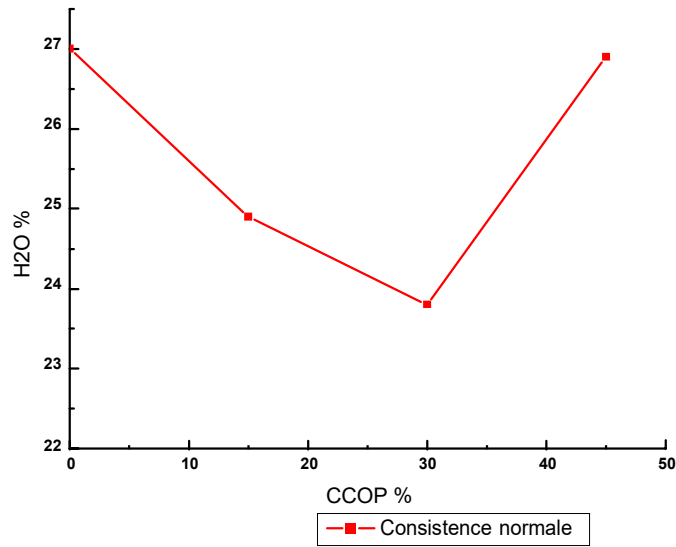


Figure 1. Résultats du test de consistance normale.

L'ajout de CCOP pose certains défis à la demande en eau et à la maniabilité des mortiers à base de clinker. Il a été montré que la demande en eau est plus élevée lorsque le ciment est remplacé par un grand % de la CCOP. Cela s'explique par la grande surface spécifique due au caractère poreux et conférant à la cendre un rôle d'éponge.

#### Influence du taux de substitution CCOP sur l'apport du ciment synthétisé

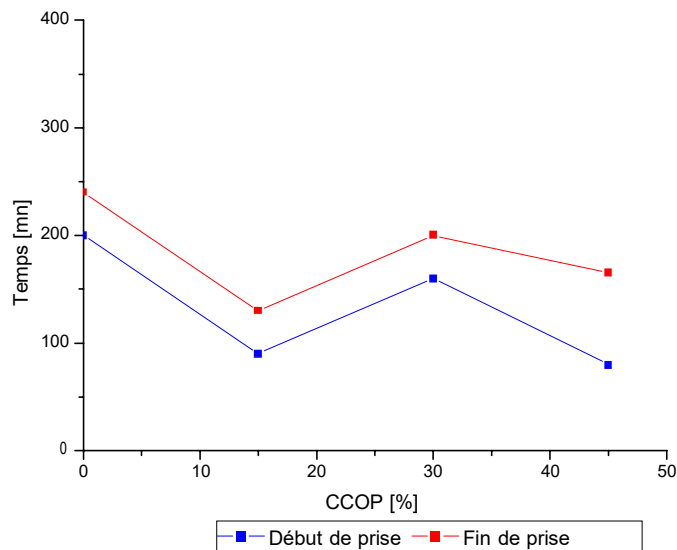


Figure 2. Résultats de début et de fin de prise

La figure 2 montre que les ciments CCOP ont un temps plus court que le ciment Portland standard.

En revanche, pour les CCOP un temps de début et fin de prise est variable en deux courbes parallèles et en escaliers avec un temps de fin de prise d'un CCOP à 45% est légèrement plus élevé par rapport à celui du début de prise.

### Influence de la densité sur la pâte des ciments synthétisés

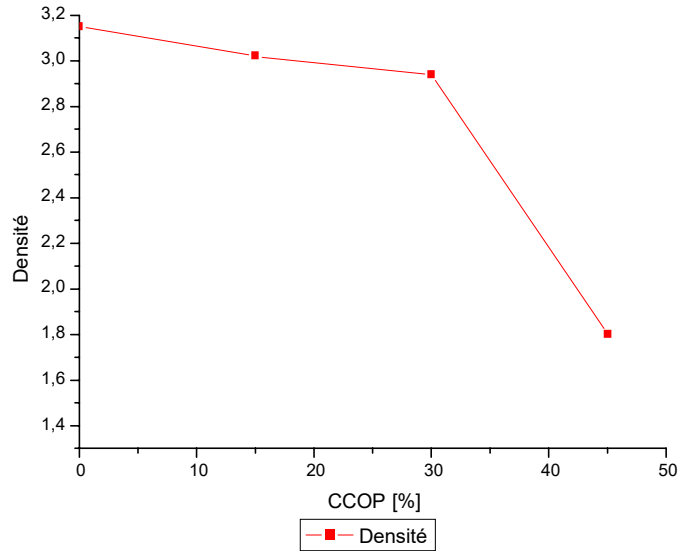


Figure 3. Effet du taux d'ajout de CCOP sur la densité.

La densité du ciment CCOP est inférieure à celle du CPA surtout pour celle de 45%. Par conséquent, si une partie du ciment est remplacée par du CCOP par rapport à la masse, le volume des pâtes de mélange augmente. Les ciments CCOP empêchent la formation de particules de ciment dans des blocs.

On constate que la surface SSB des ciments synthétisés augmente en fonction du taux croissant de substitution du clinker, cela peut être dû à la nature de la substitution incorporée (CCOP).

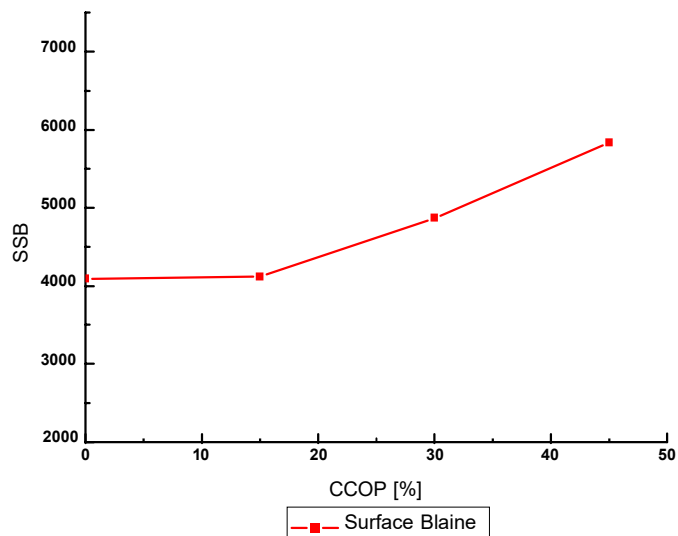


Figure 4. Effet du taux d'ajout de CCOP sur la surface spécifique Blaine.

### Comportement mécanique des mortiers

Des essais d'écrasement des éprouvettes cubiques 4x4x16 ont été réalisés afin de déterminer la résistance moyenne à la compression de trois éprouvettes à différents âges de durcissement.

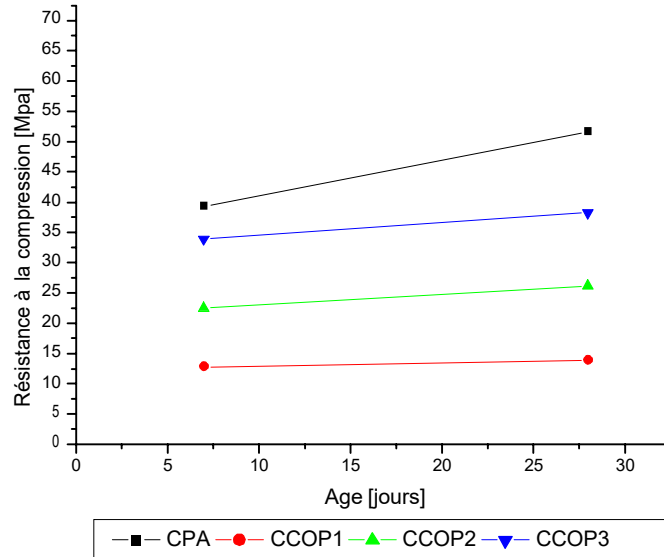


Figure 5. Résultats des tests de compression.

La figure 5 nous montre que lorsqu'il y a une augmentation du pourcentage de cendre des coquilles d'œufs de poules, il y a une augmentation de la résistance à la compression de manière parallèle ; légèrement incliné par rapport à celui du mortier témoin CPA.

De même, des essais de traction sur trois supports d'éprouvettes normalisées 4x4x16 ont également été réalisés afin de déterminer la résistance moyenne à la traction de trois éprouvettes à différents âges de durcissement.

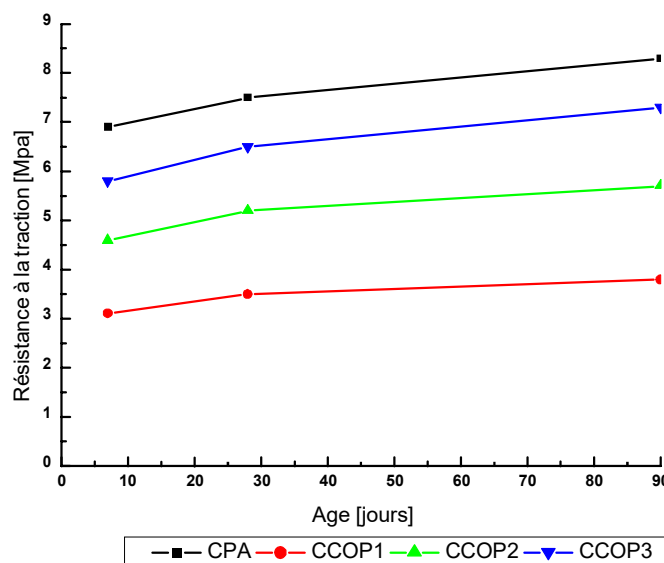


Figure 6. Résultats des tests de traction.

La figure 6 nous montre que lorsqu'il y a une augmentation du pourcentage de la cendre des coquilles d'œufs de poules, il y a une augmentation de la résistance à la traction d'une manière analogue à celle en compression mais même avec le mortier témoin CPA.

#### 4 CONCLUSION

Cet article a des intérêts techniques, économiques et écologiques indéniables. En effet, l'étude entreprise, nous apprend :

Qu'il est possible d'exploiter les Cendres des Coquilles d'Œufs de Poules qui ont prouvé qualitativement qu'elles pouvaient être une bonne pouzzolane artificielle, Cela nous a permis d'étudier l'influence de la cendre de coquilles d'œufs de poule comme substitut sur le processus de fabrication du ciment Portland.

Les résultats obtenus montrent que ces matériaux présentent, après activation, une grande pouzzolanité qui permet leur ajout au clinker Portland avec un pourcentage pouvant aller jusqu'à 45% de la masse du clinker. Ce mélange optimal a une résistance à la compression à l'âge de 28 et 90 jours de 38,30 et 45,6 MPa respectivement et améliore considérablement la résistance à la traction par flexion à 28 et 90 jours jusqu'à 6,5 et 7,3 MPa respectivement.

L'amélioration de cette réactivité est obtenue en calcinant ces additions à des températures de 750°C au lieu de 1450°C pour le clinker. Cela réduit considérablement les émissions de CO<sub>2</sub> qui accompagnent la production de clinker de ciment Portland.

A l'avenir pour de nouveaux tests :

- Le rapport eau/liant devra être augmenté pour permettre une plus grande maniabilité.
- Trouver expérimentalement la teneur optimale de gypse du ciment synthétisé.
- Améliorer la densité du mélange-mortier en améliorant le remplissage des particules par l'ajout d'un superplastifiant.
- Influence de l'activité pouzzolanique en fonction du temps de broyage et donc de la surface spécifique des particules de cendres.
- Calciner les coquilles d'œufs de poules et utiliser les résidus issus de cette calcination en complément d'un liant tel que la chaux par exemple.

#### REFERENCES

1. Scrivener, K., Martirena, F., Bishnoi, S., Maity, S. Calcined clay limestone cements (LC3). CEM. CONCR. 2017. [https://Doi.org/10.1016/J.Cemconres.2017.08.17.Res 1 - 8](https://Doi.org/10.1016/J.Cemconres.2017.08.17.Res1-8).
2. Scrivener, K., Avet, F., Maraghechi, H., Zunino, F., Ston, J., Hanpongpun, W., et al. Impacting factors and properties of limestone calcines clay cements (LC3). GREEN MATER. 2019. <https://Doi.org/10.1680/JGRMA.18.00029>. 73 – 14.
3. Zunino, F., Martirena, F., Scrivener, K. Assessing the effect of alkanolamine grinding aids in limestone calcined clay cements hydration. CONSTR. BUILD.MATER. 2020. <https://Doi.org/10.1016/J.ConBuildMat.2020.121293>.
4. Zunino, F. Limestone calcined clay cements (LC3): Raw material processing, sulfate balance and hydration kinetics. EPFL Thesis, 2020.
5. Zunino, F., Scrivener, K. Increasing the kaolinite content of raw clays using particle classification techniques for use as supplementary cementitious materials. CONSTR. BUILD. MATER. 2020. 244. DOI: <https://Doi.org/10.1016/J.CONDUILDMAT.2020.118335>.
6. Martirena Hernandez, J.F., Almenares-Reyes, R., Zunino, F., Alujas-Diaz, A., Scrivener, K.L. Color control in industrial clay calcination. RILEM TECH, 2020. DOI:10.21809/RILEMTECHLEFT.2020.107. 51 – 7.
7. Mokhtaria, B., Fatiha, K.A., and Abdelaziz, S. Durability of mortars based on natural pozzolona and artificial pozzolan. NATURE AND TECHNOLOGY REVIEW, 2009. Vol. 01, P. 63 to 73
8. Kadri, E., Kenai, S., Ezziane, K., Siddique, R., De Schutter, G. Influence of metakaolin and silica fume on the heat of hydration and compressive strength development of mortar. APPLIED CLAY SCIENCE, 2011. Vol. 53, P. 704 – 708.
9. Aghbaglou, A., Msezer, G.I., Ramyar, K. Comparison of fly ash, silica fume and metakaolin from mechanical properties and durability performance of mortar mixtures view point. CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS, 2014. Vol. 70, P. 17 – 25.
10. Siline, M., Ghorbel, E., Bibi, M. Valorization of pozzolanicity of Algerian clay: optimization of the heat treatment and mechanical characteristics of the involved cement mortars. APPLIED CLAY SCIENCE, 2016. Vol. 132-133, P. 712 – 721.



11. Sui, S., Wilson, W., Georget, F., Maraghechi, H., Kazemi-Kamyab, H., Sun, W., et al. Quantification methods for chloride binding in portland cement and limestone systems. *CEM. CONCR. RES.* 2019. 125. DOI: <https://Doi.org/10.1016/JCEMCONRES.2019.105864>.
12. Bentz, D.P., Stutzman, P.E., Zunino, F. Low-temperature curing strength enhancement in cement-based materials containing limestone powder. *MATER. STRUCT. CONSTR.* 2017. 50, DOI: <https://Doi.org/10.01617/S11527-017-1024-6>.
13. Hoang, K., Justines, H., Geiker, M. Early age strength increases of fly ash blended cement by a ternary hardening accelerating admixture. *CEM. CONCR. RES.* 2016. <https://Doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2015.11.004>. 81 59 – 69.
14. Ferone, C., Capasso, I., Bonati, A., Roviello, G., Montagnaro, F., Santoro, L., Turco, R., Cioffi, R. Sustainable management of water potabilization sludge by means of geopolymers production. *J CLEAN PROD*, 2019. 229: 1 – 9.
15. Capasso, I., Lirer, S., Flora, A., Ferone, C., Cioffi, R., Caputo, D., Liguori, B. Reuse of mining waste as aggregates in fly ash-based geopolymers. *J CLEAN PROD*, 2019. 220:65 – 73.

# Empathie Artificielle dans la Publicité et Anthropomorphisme de la Marque

**Nadia Sfar**

*Enseignante à l'Institut Supérieur de Mode de Monastir ISMM*  
Stah Jabeur – Avenue du Golfe – 5019 – Monastir – B-P 114  
E-mail : [nadia.3lifar@gmail.com](mailto:nadia.3lifar@gmail.com)

## **I. Introduction**

Le besoin de créer une communication marketing basée sur l'empathie a été saillant depuis la période déstabilisante du covid-19 pandémique. Une communication « empathique » par rapport à l'humeur du consommateur et son état émotionnel, favoriserait l'intérêt commun et la bienveillance aux autres. (Prasetyo et Purnamasari, 2022).

Une pratique marketing pareille conduirait le consommateur à attribuer une caractéristique humaine et une conscience intellectuelle à la marque : c'est l'anthropomorphisme de la marque (Aggarwal et McGill 2012 ; Puzakova et al. 2013).

Notre étude est principalement centrée sur l'originalité de l'incorporation d'un langage empathique dans la communication publicitaire. L'intérêt est d'examiner l'effet de la perception de la publicité empathique par le consommateur sur sa tendance à anthropomorphiser la marque publicisée.

Induisant le consommateur dans différents états d'humeur, l'objectif de notre étude empirique est de tester le lien de causalité entre la perception par consommateur de la publicité empathique comme régulateur émotionnel son état d'humeur, et la tendance de ce consommateur cible à anthropomorphiser la marque publicisée.

Nous avons recouru à la méthode d'expérimentation pour vérifier les hypothèses de causalité avancées. Les stimuli d'induction de l'humeur du consommateur étaient soigneusement choisis et pré-testés, le type du produit sélectionné et le choix de la marque publicisée étaient justifiés, et les différentes publicités empathiques (congruentes et incongruentes à l'humeur du consommateur) étaient délicatement conçues et pré-testées.

## **II. Développement des Hypothèses de Recherche**

Une revue de la littérature sur la base de notre problématique de recherche, et une prise en considération du nombre très faible de recherche qui ressemblent à la nôtre, nous ont permis de développer les hypothèses et propositions de recherche relatives à notre recherche.

Nous rappelons à ce niveau les objectifs fixés de notre recherche. Ce travail vise à :

- Explorer, dans la promotion des marques, l'efficacité de l'utilisation d'un « langage empathique » de régulation émotionnelle, compatible avec l'état affectif du consommateur.
- Comprendre la manière dont le lien entre les associations anthropomorphiques et les marques pourrait améliorer l'efficacité de la communication marketing.

L'absence d'un langage neutre dans la vie quotidienne a rendu inévitable et pratiquement impossible de se détacher de l'anthropomorphisme (Sealey et Oakley, 2013). Les spécialistes du marketing profitent du fait que notre langage quotidien ordinaire soit anthropomorphique (Kennedy, 1992) et de l'indisponibilité de langage neutre, pour utiliser un langage plus métaphorique, tel que – par exemple – la description délibérée de marques/produits à la première personne pour les rendre plus humains et les rapprocher du consommateur cible (Coppens d'Eeckenbrugge et Blistein, 2018).

De leur côté, les consommateurs utilisent les messages publicitaires pour satisfaire leurs besoins et désirs, pour se fournir une compagnie, pour résoudre leurs frustrations et insécurité, ou comme une forme d'évasion et de fantaisie (Brierley, 1995).

Les annonceurs peuvent alors incorporer dans leurs messages publicitaires un langage spécifique ciblant les sensibilités affectives de leurs cibles. Ces publicités sont capables de susciter des réponses favorables et agir comme un mécanisme de régulation émotionnelle pour les consommateurs (Kemp et al, 2013) : une humeur positive favorise les attentes qu'un message congruent à cette humeur permet de se sentir encore mieux, alors que l'humeur négative favorise les attentes que c'est plutôt les messages incongruents à l'humeur qui permettent de se sentir mieux (Di Muro et Murray, 2012).

De ce fait, le recours à un langage empathique dans les communications publicitaires, dotant la marque d'un rôle interpersonnel empathique, tendrait à stimuler l'anthropomorphisation de cette marque publicisée. Ainsi nos hypothèses de recherche sont les suivantes :

H : La perception de la publicité empathique **stimule** l'anthropomorphisme de la marque publicisée

H1a : Pour un consommateur induit dans une humeur positive, la perception de la publicité congruente à son humeur comme empathique **stimule** l'anthropomorphisme de la marque publicisée

H1b : Pour un consommateur induit dans une humeur négative, la perception de la publicité incongruente à son humeur comme empathique **stimule** l'anthropomorphisme de la marque publicisée

H2a : Pour un consommateur induit dans une humeur négative, la perception de la publicité incongruente à son humeur comme empathique **stimule** l'anthropomorphisme de la marque publicisée

H2b : Pour un consommateur induit dans une humeur négative, la perception de la publicité congruente à son humeur comme empathique ne stimule pas l'anthropomorphisme de la marque publicisée

### III. Méthodologie de Recherche

Notre recherche s'intéresse à tester les relations de cause à effet entre une variable métrique explicative et une variable métrique à expliquer. L'expérimentation paraît donc la méthode de collecte de données la plus appropriée. En effet, l'expérimentation est une procédure très utile pour fournir des données qui guident la prise de décision dans le domaine de la publicité (Patrick et al, 2017).

Cette méthodologie est la plus appropriée pour le test des hypothèses, dans la mesure où elle permet de décrire les liens de causalité entre une ou plusieurs variables indépendantes manipulées, et une ou plusieurs variables dépendantes mesurées, tout en imposant un fort degré de contrôle des sources de variation.

### **A. Déroulement de l'étude empirique : Design Expérimental**

Deux options principales existent pour la réalisation des études expérimentales : les expériences en laboratoire et les enquêtes sur terrain (en milieu extérieur).

L'enquête en ligne est une sorte d'enquête sur terrain, elle donne la possibilité d'observer, suivre et dégager des conclusions dans des situations plus proches de la vie réelle de la cible, ce qui permet de minimiser le risque de rationalisation (McMillan et Hwang, 2002 ; Macias, 2003 ; Amichai-Hamburger et Fine, 2004).

#### **1) Élaboration du plan factoriel**

Un plan expérimental est dressé en vue de répondre aux objectifs de notre recherche. Nous optons pour le type de plan d'expérience à groupes indépendants. Il s'agit, pour chaque groupe de personnes, de ne participer qu'à une seule expérimentation traduisant une seule modalité de la variable indépendante, étant la perception de la publicité empathique dans notre cas.

En effet, nous souhaitons induire des groupes de participants dans un état d'humeur agréable (positif), et d'autres groupes de personnes dans un état d'humeur désagréable (négatif). Ensuite, pour les participants induits dans une humeur positive, nous en exposons un groupe à une publicité empathique congruente à l'humeur positive (publicité enthousiaste) et un autre groupe à une publicité empathique incongruente à cette humeur positive (publicité non enthousiaste). De même, pour les participants induits dans une humeur négative, nous en exposons un groupe à une publicité empathique congruente à l'humeur négative (publicité non heureuse), et un autre à une publicité empathique incongruente à cette humeur négative (publicité heureuse).

**Tableau 1 : Plan Factoriel de l'Expérimentation**

<b>Condition</b>	<b>Induction de l'Humeur du Consommateur</b>	<b>Publicité empathique</b>
1	Positive	Congruente à l'humeur positive
2	Positive	Incongruente à l'humeur positive
3	Négative	Congruente à l'humeur négative
4	Négative	Incongruente à l'humeur négative

Le recours à ce design expérimental permet d'étudier à la fois l'influence de plusieurs variables principales, et l'interaction entre elles (Evrard et al, 2003).

Les facteurs mis en œuvre pour notre étude sont deux séquences vidéo induisant l'humeur du consommateur, avec deux modalités (Positive et négative), et des publicités empathiques, avec deux modalités également (congruente à l'humeur du consommateur et incongruente à l'humeur du consommateur).

Il s'agit donc de 4 (2\*2) cellules expérimentales obtenues pour l'expérimentation (voir tableau). Pour ce type de plan d'expérience, les comparaisons porteront sur les résultats obtenus de chaque condition expérimentale (autrement dit, de chaque modalité des variables indépendantes explicatives).

## **2) Méthode d'Échantillonnage**

Nous optons pour la méthode de l'échantillonnage par convenance. Notre échantillon est essentiellement composé d'étudiants tunisiens dans différentes disciplines.

Chen et Wells (1999) justifient le recours recommandé à un échantillon d'étudiants pour les enquêtes en ligne, par l'intérêt et la compétence que manifeste cette cible pour l'utilisation des technologies de communication. Ils représentent, ainsi, une cible séduisante de la publicité électronique.

Les participants sont assignés au hasard à l'une des (4) conditions expérimentales. Les groupes sont indépendants, pour éviter les effets d'ordre, d'apprentissage ou d'interférence (Légal).

### **B. Déroulement de l'enquête empirique : choix du produit et de la marque publicisés et conception des stimuli**

Avant d'entamer le terrain et commencer notre étude empirique, le type de produit publicisé doit être bien sélectionné, le choix de la marque de ce produit doit être justifié, les stimuli d'induction de l'humeur du consommateur doivent être soigneusement choisis et pré-testés, et les différentes publicités empathiques (congruentes et incongruentes à l'humeur du consommateur) doivent être délicatement conçues et pré-testées également.

#### **1) Choix du produit**

Selon Pham (1998), les consommateurs ayant des incitations hédoniques à acheter le produit – par rapport à ceux ayant des incitations utilitaires – sont plus susceptibles de percevoir les sentiments évoqués par la publicité comme pertinents.

Notre étude s'intéresse au langage empathique dans la publicité. La publicité conçue est alors émotionnelle, faisant inclure un langage affectif. Le choix d'un produit hédonique semble alors être le plus approprié,

Nous avons choisi un produit alimentaire en raison de l'attrait général de la nourriture (Kemp, Bui et Chapa, 2013). Un échantillon de 50 étudiants a été invité à énumérer les aliments qu'ils pourraient consommer pour se sentir mieux (Kemp, Bui et Chapa, 2013), ou maintenir une humeur positive. Le chocolat été listé dans le top five des aliments, à côté de l'ice-cream, cola, pizza et gâteaux.

#### **2) Choix de la marque**

Derbaix (1995) exige que le choix de la marque sujet de l'étude doit respecter l'absence d'une structure affective et cognitive préexistante. Pour assurer cette condition, nous avons recouru au choix d'une marque inconnue.

Ce faisant permettrait de s'assurer que les réponses des participants sont uniquement la résultante de leur exposition aux différentes conditions expérimentales, et non d'une forme d'apprentissage préalable par rapport à la marque. Il s'agit, donc, de limiter les effets de confusion provoqués par l'attitude préalable ou la familiarité avec la marque (Unnava et Burnkrant, 1991 ; MacKenzie et Spreng, 1992).

### 3) Conception des Publicités Empathiques de l'étude

La conceptualisation de l'empathie englobent la prise de soin, l'aide, la communication et l'interaction entre les participants de l'échange (Davis, 1983; Greenson, 1960; Stotland, 1969; Rogers, Clow, et Kash, 1994). Ainsi, un message empathique se spécifie des autres messages émotionnels par certains aspects et éléments spécifiques devant y être incorporés pour que ce message remplisse sa fonction ; le partage de l'état affectif de la cible.

### 4) Stimuli d'Induction de l'Humeur du Consommateur

Deux extraits de films ont été utilisés au début de l'expérimentation. Une séquence triste d'environ 5 minutes pour induire l'humeur négative du consommateur, et une séquence agréable d'environ 5 minutes pour induire son humeur positive. Ces extraits ont été adaptés des études antérieures (Andrade et Cohen 2007 ; Lee and Andrade 2011) et pré-testés, bien évidemment, pour s'assurer qu'ils génèrent l'humeur souhaitée de manière efficace.

## IV. Résultats de Recherche et Interprétation :

Pour tester les hypothèses de recherche, cette étude fait appel à la modélisation structurelle présentant des méthodes d'analyse de données de seconde génération (à travers le logiciel AMOS). Les principaux résultats issus de l'étude sont présentés et ont ensuite été confrontés à ceux de la littérature.

**Tableau 2 : Synthèse des Résultats de Recherche**

Hypothèses	Relation entre Perception de la Publicité Empathique et Anthropomorphisme de la Marque	Validation
H	La perception de la publicité empathique favorise l'anthropomorphisation de la marque publicisée	Validée
H1a	Pour un consommateur induit dans une humeur <u>positive</u> , la perception de la publicité <u>congruente</u> à son humeur comme empathique <b>stimule</b> l'anthropomorphisme de la marque publicisée	Validée
H1b	Pour un consommateur induit dans une humeur <u>positive</u> , la perception de la publicité <u>incongruente</u> à son humeur comme empathique <b>ne stimule pas</b> l'anthropomorphisme de la marque publicisée.	Validée
H2a	Pour un consommateur induit dans une humeur <u>négative</u> , la perception de la publicité <u>incongruente</u> à son humeur comme empathique <b>stimule</b> l'anthropomorphisme de la marque publicisée	Validée
H2b	Pour un consommateur induit dans une humeur <u>négative</u> , la perception de la publicité <u>congruente</u> à son humeur comme empathique <b>ne stimule pas</b> l'anthropomorphisme de la marque publicisée	Refusée

Les résultats montrent que le recours à un langage empathique dans les communications publicitaires attribuant à la marque publicisée le statut d'un agent empathique assimilable à un

humain stimule effectivement la tendance du consommateur à anthropomorphiser cette marque publicisée.

Les résultats relatifs aux sous hypothèses convergent avec nos attentes basées sur les recherches antérieures : une humeur positive stimule les attentes qu'un message congruent à l'humeur permet de se sentir encore mieux, alors que l'humeur négative stimule les attentes que c'est plutôt les messages incongruents à l'humeur désagréable qui permettent de se sentir mieux (Di Muro et Murray, 2012).

En revanche, la valence négative de l'humeur induite chez le consommateur ne tend pas à faire de différence relativement à l'effet de la perception de la publicité empathique (congruente ou incongruente à l'humeur) sur l'anthropomorphisme de la marque. Il semble que c'est plutôt la manière de conception des deux publicités qui a favorisé la tendance des répondants à anthropomorphiser la marque publicisée. Cette constatation nous renvoie à l'impact du recours à un langage affectif empathique dans la conception de la publicité. L'esthétique et le langage avec lequel la publicité est conçue semble donc stimuler la tendance du consommateur mal à l'aise à anthropomorphiser la marque publicisée, que cette publicité ait un ton agréable et gai, ou antipathique et peu enthousiaste.

## V. Conclusion

Les marques cherchent continuellement à nouer des liens étroits et à créer des relations intimes et de longue durée avec leurs consommateurs cibles. La publicité constitue l'une des approches de création de cette relation consommateur-marque.

Or, la consommation contemporaine est associée à l'imitation, l'illusion et la vision de ce qui n'est pas vrai et réel mais qui peut être réalisé en significations symboliques (Rytel, 2010). C'est dans cette perspective que s'inscrit notre recherche. En induisant le consommateur dans différents états d'humeur, quatre conditions expérimentales sont mises en place pour étudier l'effet de l'incorporation d'une empathie artificielle sur la tendance du consommateur à anthropomorphiser la marque publicisée.

Notre travail envisage de dépasser la restriction du processus de l'anthropomorphisme à la simple assimilation physique et tangible des caractéristiques de la marque à celle des êtres humains, et aller en profondeur dans la relation anthropomorphisée entre le consommateur et la marque pour se concentrer sur l'anthropomorphisation mentale, intentionnelle et sociale de cette marque. La marque dans notre étude est assimilée à un agent intentionnel, un interpersonnel empathique susceptible de gérer l'état affectif du consommateur (régulateur émotionnel). Ceci supporte la prémisse théorique de base stipulant que la relation consommateur-marque pourrait être analogue aux relations interpersonnelles.

Les résultats de cette étude servent évidemment aux pratiques de l'intelligence artificielle qui règnent exponentiellement l'interaction consommateur-marque. En effet, les agents marketing de l'IA ont souvent été perçus trop froids émotionnellement pour remplacer une interaction humaine véridique. De ce fait, les chercheurs suggèrent que l'empathie artificielle devrait être intégrée comme composante importante dans la prochaine génération des applications marketing en IA (Liu-Thompkins, Okazaki & Li, 2022).

## Références

- Aggarwal, P., & McGill, A. L. (2012). When brands seem human, do humans act like brands? Automatic behavioral priming effects of brand anthropomorphism. *Journal of Consumer Research*, 39(2), 307–323.
- Amichai-Hamburger, Y., Fine, A. F, & Goldstein, A. (2004). The impact of internet interactivity and need for closure on consumer preference. *Computers in Human Behavior*. 20(1). 103-117.
- Brierley. S. (1995). *The Advertising Handbook*. 2st Ed. London: Routledge.
- Chen, Q, Wells, W.D., (1999). Attitude toward the site. *Journal of Advertising Research*. Vol. 39 (5). 27–37.
- Coppens d'Eeckenbrugge, M.S., Blistein, A. L'anthropomorphisation des produits et des marques en marketing dans le but d'influencer la perception du consommateur vis-à-vis du phénomène d'obsolescence programmée. Louvain School of Management, Université catholique de Louvain, 2018. Prom. : Nicolas Kervyn de Meerendré. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:15313>
- Derbaix C. (1995), L'impact des réactions affectives induites par les messages publicitaires : une analyse tenant compte de l'implication, *Recherche et Applications en Marketing*. 10 (2). 3-31.
- Di Muro, F. Murray, K. B. (2012). An arousal regulation explanation of mood effects on consumer choice. *Journal of Consumer Research*, 39 (3), 574-584. Edition, Dunod, Paris.
- Evrard Y., Pras, B. & Roux E. (2003). *Market, Études et recherches en marketing*. 3ème
- Kemp E., Bui M., Chapa S. (2012). The role of advertising in consumer emotion management. *International Journal of Advertising*, 31(2), 339–353.
- Kemp, E., Chapa, S., Kopp, S.W. (2013). Regulating Emotions in Advertising: Examining the Effects of Sadness and Anxiety on Hedonic Product Advertisements. *Journal of Current Issues & Research in Advertising*. 34(1). 135-150, DOI:10.1080/10641734.2013.754719.
- Liu-Thompkins, Y., Okazaki, S., & Li, H. (2022). Artificial empathy in marketing interactions: Bridging the human-AI gap in affective and social customer experience. *Journal of the Academy of Marketing Science*.50(6). 1198-1218. <https://doi.org/10.1007/s11747-022-00892-5>
- Macias, W. (2003). A beginning look at the effects of interactivity, product involvement and web experience on comprehension: Brand web sites as interactive advertising. *Journal of Current Issues & Research in Advertising*. 25(2). 31-44.
- MacKenzie, S. B., & Spreng, R. A. (1992). How does motivation moderate the impact of central and peripheral processing on brand attitudes and intentions? *Journal of Consumer Research*. 18(4). 519–529. <https://doi.org/10.1086/209278>
- McMillan, S. J., Hwang, J. S., & Lee, G. (2003). Effects of structural and perceptual factors on attitude toward the website. *Journal of Advertising Research*. 43(4). 400-409.
- Patrick T. Vargas, Brittany R. L. Duff & Ronald J. Faber (2017). A Practical Guide to Experimental Advertising Research. *Journal of Advertising*. DOI: 10.1080/00913367.2017.1281779



- Pham, M. T. (1998), “Representativeness, Relevance, and the Use of Feelings in Decision Making”, *Journal of Consumer Research*. 25 (9). 144-159.
- Prasetyo, S.H., & Purnamasari, O., (2022). Empathy-based marketing communication as a strategy to win the hearts of consumers during the Covid-19 pandemic. *COMMICAST*. 3(1), 75-82.
- Puzakova, M., Kwak, H., & Rocereto, J. F. (2013). When humanizing brands goes wrong: The detrimental effect of brand anthropomorphization amid product wrongdoings. *Journal of Marketing*, 77(3), 81–100.
- Rytel, T. (2009). Emotional marketing concept: The new marketing shift in the postmodern era. *Business: Theory and Practice*, 11 (1), 30-38.
- Sealey, A. and Oakley, L. (2013). Anthropomorphic grammar? Some linguistic patterns in the wildlife documentary series 'Life'. *Text &Talk*, 33(3), 399–420
- Sharma, K., Trott, S., Sahadev, S., & Singh. R. (2023). Emotions and consumer behaviour: A review and research agenda. *International Journal of Consumer Studies*. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12937>
- Unnava, H. R., & Burnkrant, R. E. (1991). Effects of repeating varied ad executions on brand name memory. *Journal of Marketing Research*. 28(4). 406-416. <https://doi.org/10.2307/3172781>

# Conception et optimisation d'une antenne patch pour une utilisation massive MIMO

Mohamed ELMRINI<sup>a,\*</sup>, Naima Amar Touhami<sup>a</sup>, Asmaa Zugari<sup>a</sup>, Aicha Mchbal<sup>a</sup>

*Département de Systèmes information et Telecommunications*

<sup>a</sup> Abdelmalek Essaadi, Avenue de Sebta, Mhannech II, 93002 – Tétouan, Maroc

Email:mrinimd@gmail.com

**Résumé**— Cet article présente la conception d'une antenne patch polarisée linéairement utilisant des substrats RO4350b, pour une utilisation dans les systèmes de communication sans fil. L'antenne est conçue pour fonctionner à une fréquence de 3,5 GHz et est transformée en sous-réseaux de 2×2 pour une utilisation massive MIMO. Les avantages des antennes patch polarisées linéairement, tels que leur faible encombrement et leur compatibilité avec les systèmes MIMO massifs, sont discutés. Les caractéristiques des substrats RO4350b, telles que leur constante diélectrique, leur épaisseur et leur tangente de perte, sont également mises en avant pour améliorer les performances de l'antenne. L'article détaille la conception de l'antenne, en mettant l'accent sur les dimensions et les paramètres clés. Les avantages potentiels de la configuration du sous-réseau 2×2 sont discutés, ainsi que les résultats des simulations pour évaluer les performances de l'antenne.

**Mots-clés**— 5G; Sous-réseau; Massive MIMO ; CST.

## 1- Introduction :

L'évolution rapide des technologies de communication sans fil et la demande croissante en matière de débit de données ont conduit à l'émergence de nouvelles solutions pour améliorer les performances des systèmes de communication. Parmi ces solutions, les antennes patch polarisées linéairement ont démontré leur efficacité en termes de gain, de directivité et de compatibilité avec les systèmes MIMO massifs[1].

Les antennes patch polarisées linéairement sont largement utilisées en raison de leur faible encombrement, de leur compatibilité avec les systèmes massive MIMO et de leur capacité à fournir des performances élevées[2]. Dans notre conception, nous utilisons deux substrats RO4350b qui présentent des caractéristiques diélectriques avantageuses, notamment une constante diélectrique de 3,5, une épaisseur de 0,762 mm et une tangente de perte de 0,003. Ces propriétés permettent une meilleure performance de l'antenne en termes de bande passante, de directivité et de gain[3].

L'antenne patch proposée est conçue pour résonner à une fréquence de 3,5 GHz, qui est couramment utilisée dans les systèmes sans fil modernes. Cette fréquence a été choisie pour assurer une compatibilité avec les bandes de spectre disponibles et pour fournir une couverture étendue.

La conception adoptée vise à transformer la structure de l'antenne patch en sous-réseaux de 2×2 pour une utilisation massive MIMO. Les systèmes MIMO massifs exploitent un grand nombre d'antennes pour augmenter considérablement la capacité du réseau et améliorer les performances globales du système[4]. Dans notre cas, un seul port de l'antenne se compose d'un sous-ensemble de 2×2 patches, permettant de tirer parti de la diversité spatiale et de l'interférence constructive pour augmenter la capacité de transmission et améliorer la qualité du signal[5].

Dans la suite de cet article, une description détaillée de la conception de l'antenne patch polarisée linéairement, en mettant l'accent sur les caractéristiques des substrats RO4350b, les dimensions et les paramètres clés de l'antenne. Nous discuterons également de la configuration du sous-réseau 2×2 et de ses avantages potentiels en termes de capacité et de performances. Enfin, le résultat obtenu présente une simulation par logiciel CST (Computer Simulation Technology) pour évaluer les performances de l'antenne patch conçue.

## 2- Conception de l'antenne et méthodologie

Le patch unique à la fréquence nécessaire a d'abord été calculé afin de construire cette stratégie. CST a été utilisé pour simuler la conception. Les caractéristiques de base de l'antenne telles que la résonance, la fréquence, la perte de retour, la bande passante, le gain et la directivité sont tous des facteurs qui doivent être pris en compte lors de la conception d'une antenne. Le processus de conception de l'antenne réseau est terminé.

### 2.1- Spécifications de l'antenne

La spécification est indiquée pour l'évolution du prototype et a été établie sur une fréquence de 3,5 GHz, dans cette conception, le substrat RO4350b avec un matériau diélectrique ( $\epsilon_r=3.5$ ) avec une tangente de perte diélectrique de 0.003 et une hauteur de substrat (h) de 0.762 mm ont été utilisés.

Le tableau suivant indique les valeurs utilisées pour la conception de l'antenne patch avec deux substrats RO4350b en utilisant le logiciel CST.

Fréquence d'opération :	3.5 GHz
Permittivité diélectrique $\epsilon_r$	3.5
Longueur du patch, $L_p$ en mm	22.1
Largeur du patch, $W_p$ en mm	28
Largeur de la ligne d'alimentation $w_d$ en mm	0.5
Longueur du substrat en mm	37
Largeur du substrat en mm	37
L'épaisseur du substrat en mm	0.762

Tableau 1: Dimensions physiques de l'antenne

### 2.2 Processus de conception d'antenne

Dans cette section, l'élément unique de l'antenne modélisée intégré avec une dimension totale de  $37 \times 37 \times 1,524$  mm<sup>3</sup>, utilisant un forme de patch micro ruban.

L'antenne a été conçue à une fréquence de résonance de 3,5 GHz. Pour déterminer les éléments du patch rayonnant, les équations appropriées sont employé mais toujours dépendant de la forme du patch, soit circulaire, rectangulaire ou triangulaire. Dans cette étude, un patch rectangulaire est la conception de départ de base. Les formules pour déterminer les dimensions des patchs rectangulaires sont les suivantes[6] :

La largeur du patch peut être calculée à l'aide de la formule ci-dessous :

$$W = \frac{1}{2f_r \sqrt{\mu_r \epsilon_0} \sqrt{\epsilon_r + 1}} = \frac{v_0}{2f_r \sqrt{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Où  $V_0$  est la vitesse de la lumière en espace libre.

$\epsilon_r$  : Constante diélectrique du substrat

Données d'entrée :  $f_r$ ,  $\epsilon_r$  (en Hz) et h

$$L = \frac{v_0}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - \Delta L \quad (2)$$

Ou :

$\epsilon_{reff}$  : Constante diélectrique effective

$h$  : Hauteur du substrat diélectrique

$\Delta L$  Extension de longueur.

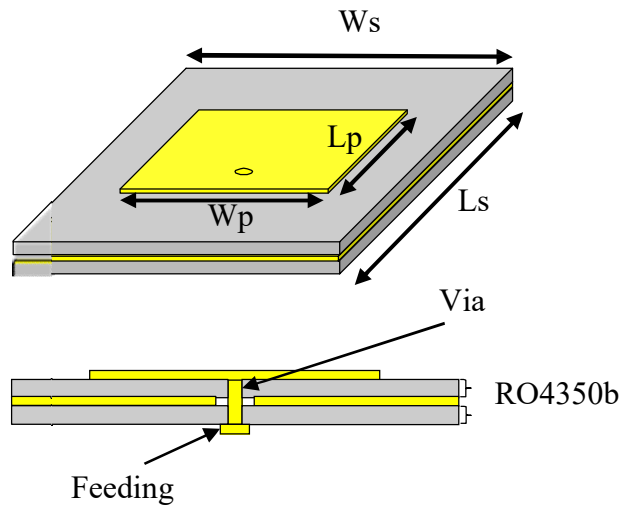


Figure 1: Modélisation de notre antenne dans CST

### 3- Résultats et simulation :

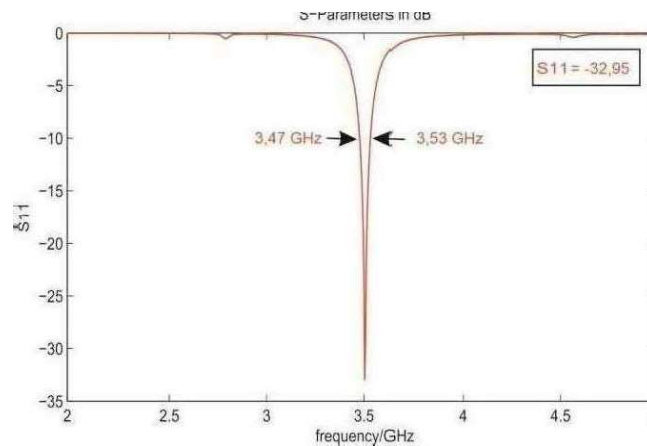


Figure 2: Paramètre S11 et Bande passante à -10 dB

#### 3.1- Coefficient de réflexion:

On définit la qualité d'adaptation d'une antenne soit en donnant son impédance caractéristique (souvent à 50 ohms), soit en donnant son coefficient de réflexion. Le coefficient de réflexion, exprimé en décibels, est le rapport de la tension réfléchie à la tension incidente.

Dans notre cas, le paramètre S11 qui est le coefficient de réflexion à l'entrée de l'antenne exprime le transfert d'énergie à cette antenne. La valeur de ce paramètre varie en fonction de la fréquence. Afin d'assurer une bonne adaptation dans la bande de fréquence désirée.

La figure 2 présente la courbe du paramètre S11 en fonction de la fréquence de l'antenne patch avec substrat RO4350b. Dans la bande (3.47 – 3.53) GHz Nous remarquons un coefficient de réflexion de (-32.95dB) avec une bande passante à -10 dB de (60 MHz) autour de la fréquence de résonance souhaitée (3.5 GHz).

### 3.2- Diagramme de rayonnement :

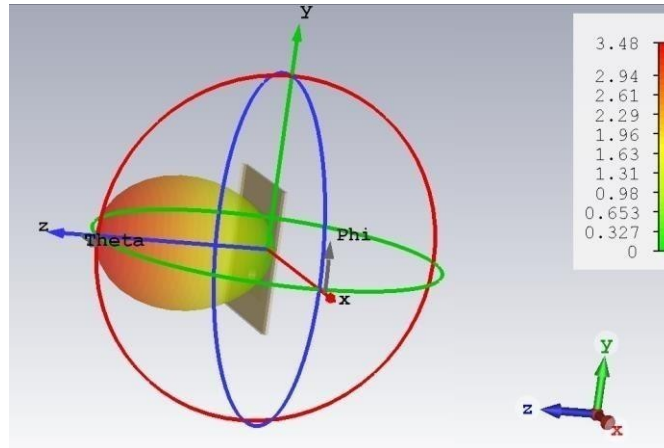


Figure 3: Diagramme de rayonnement en 3D de l'antenne

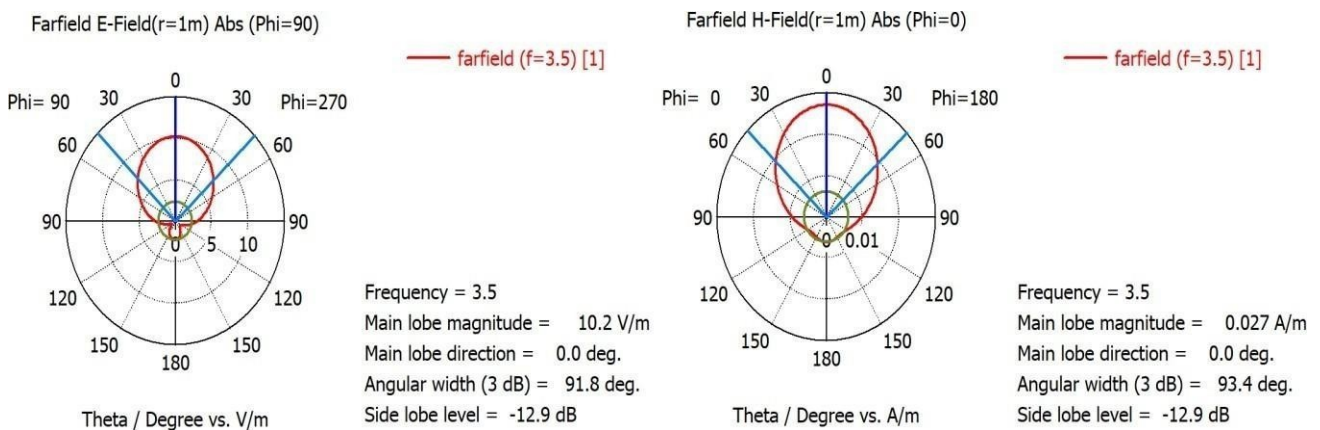
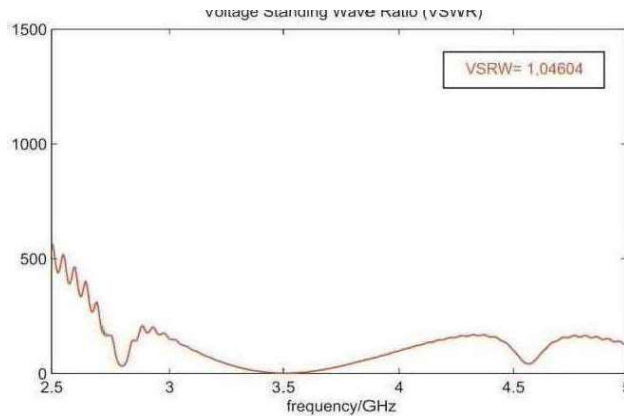


Figure 4: Diagramme de rayonnement en 2D dans le plan E et H

Le diagramme de rayonnement en 2D et 3D de notre antenne est présenté dans les figures 3 et 4 respectivement. D'après le diagramme on peut constater que le gain maximal atteint est de 3.48 dB donc une directivité  $D = 4.42$  dB. Pour bien visualiser les lobes de diagramme de rayonnement nous avons représenté ce dernier en coordonnées polaires dans le plan E et H. Comme le montre la figure 4 le diagramme est identique dans les deux plans composé d'un lobe principal ce qui nous permet de dire que le diagramme de notre antenne est directive.

### 3.3- Taux d'onde stationnaire VSWR :



**Figure 5: Taux d'onde stationnaire VSWR de l'antenne**

Le taux d'onde stationnaire (VSWR : Voltage Standing Wave Ratio) c'est un quotient entre les champs électriques maximaux et minimaux dans une ligne de transmission. En d'autre manière, il caractérise la quantité du signal qui s'est réfléchié aux bornes d'une composante micro-onde. La norme acceptable dans un système de rayonnement électromagnétique est celle d'une valeur de VSWR inférieur à 2.

La figure 5 montre les valeurs du rapport d'ondes stationnaire calculées en fonction de la fréquence dans la bande (3.47 – 3.53) GHz. On remarque que le VSWR à la fréquence de résonance 3.5 GHz est 1.04 dB.

Le rapport d'onde stationnaire (VSWR) de notre antenne Il inférieur à 2 dans toute la bande de fréquence souhaitée et ceci implique une bonne adaptation qui mène à un transfert maximal de la puissance.

### 4- Processus d'optimisation :

Les simulations informatiques peuvent aider à déterminer les paramètres électriques et les caractéristiques de rayonnement. Les caractéristiques de l'antenne conventionnelle obtenues dans la partie précédente peuvent être améliorées. Pour cela, la structure de l'antenne est optimisée selon ces deux actions :

- Proposer des changements dans la structure
- Appliquer une étude paramétrique permettant de découvrir la structure proposée

Ces deux actions sont répétées jusqu'à l'aboutissement à une structure qui répond aux différentes exigences de la simulation.

Cette structure est optimisée à l'aide d'une étude paramétrique à plusieurs itérations. Ces itérations successives ont donné lieu aux dimensions de l'antenne présentées dans le Tableau 2.

Fréquence d'opération :	3.5 GHz
Permittivité diélectrique $\epsilon_r$	3.5
Longueur du patch, $L_p$ en mm	22.3
Largeur du patch, $W_p$ en mm	27.5
Largeur de la ligne d'alimentation $w_d$ en mm	0.7
Longueur du substrat en mm	37
Largeur du substrat en mm	37
L'épaisseur du substrat en mm	0.762

**Tableau 2: dimensions de l'antenne optimisée**

#### 4.1- Conception d'un sous-réseau 2×2 pour une utilisation massive MIMO :

Après avoir conçu l'antenne et l'optimiser et dans le cadre d'amélioration, un sous-réseau 2×2 d'antenne patch rectangulaire est conçu avec deux substrats RO4350b sous CST. Comme montré dans la figure 6, Le réseau d'antennes 2×2 est composé de quatre éléments rayonnant de taille identique, positionner avec un espacement d'une demi-longueur d'onde pour éviter les interférences entre eux .

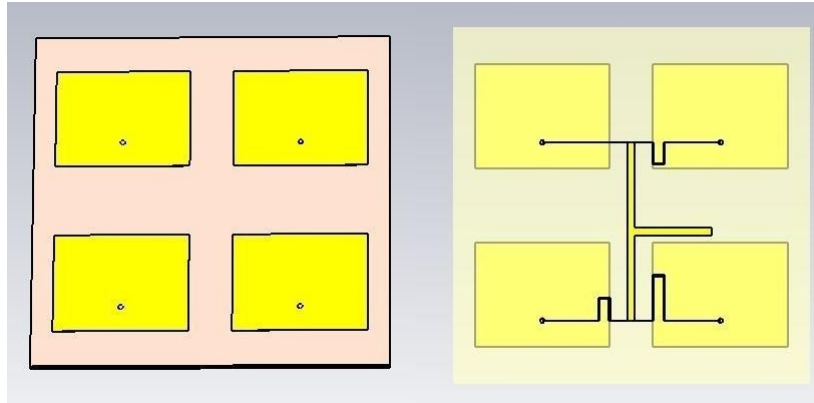


Figure 6: Sous-réseau d'antennes 2×2

#### 4.2- Résultats et simulation :

##### 4.2.1- Coefficient de réflexion:

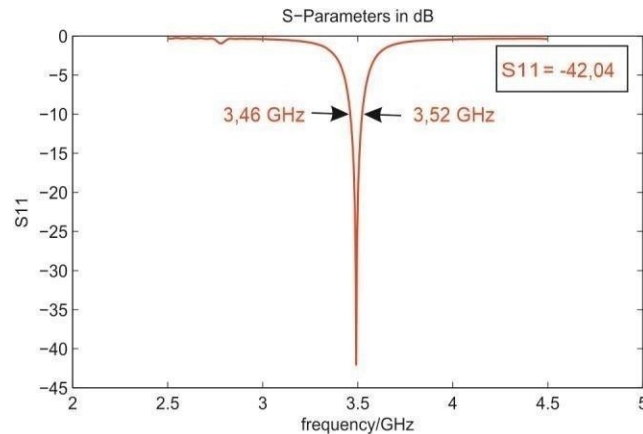


Figure 7: Paramètre S11 et Bande passante de Sous-réseau d'antennes 2×2

Dans cette section, les résultats de simulation de sous-réseau d'antennes 2×2 sont présentés. D'après la figure 7, on remarque que le coefficient de réflexion obtenue après avoir simulé la conception de l'antenne sous-réseau 2×2. La courbe de (S11) présente une bonne adaptation avec un coefficient de réflexion -42.04 dB avec une bande passante de 60 MHz qui s'étale de 3.46 à 3.52 GHz.

#### 4.2.2- Diagramme de rayonnement

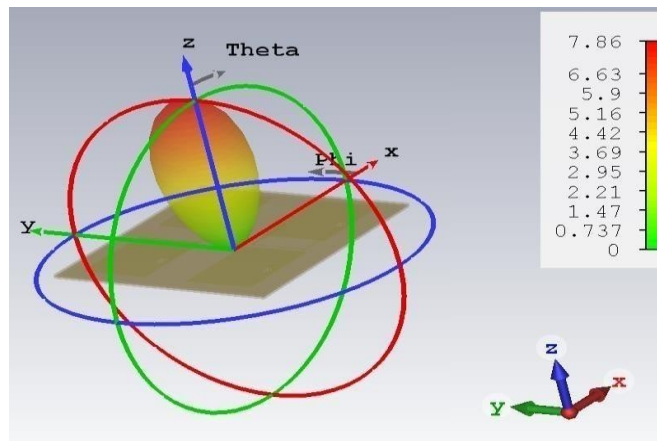


Figure 8: Diagramme de rayonnement en 3D de sous-réseau 2x2

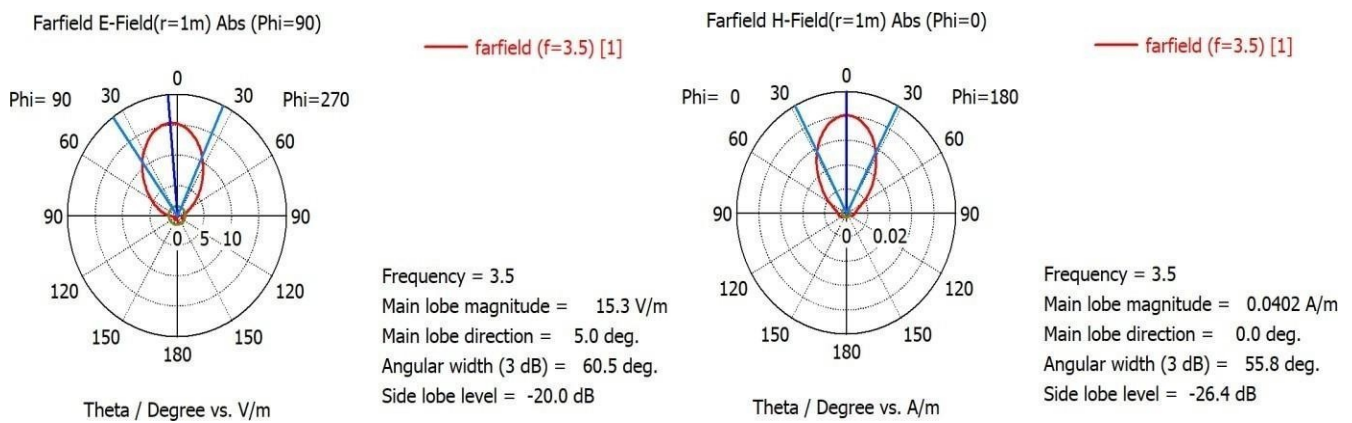


Figure 9: Diagramme de rayonnement en 2D dans le plan E et H de Sous-réseau 2x2

Les figures 8 et 9 résume le diagramme de rayonnement en 3D et 2D, par lesquels on peut constater que notre Sous-réseau d'antenne est directive et de gain 7.86 dB, donc une directivité  $D = 10.10$  dB

#### 5- Comparaison avec un autre travail de recherche

Dans cette section, on entamera une comparaison des résultats de l'article[7] et celles de notre dernière antenne proposée (sous-réseau 2x2). L'article propose un réseau de 1x8 antennes fonctionnant de la bande 3.5 GHz de la 5G.

Cette étude comparative détaillée dans le tableau 3 va nous permettre d'évaluer et de valider les résultats de notre travail. D'après cette approche, on constate que notre antenne est meilleure que celle de l'article en terme de gain qui est trop élevé dans notre conception, ainsi que la taille de notre antenne qui est trop miniature que celle de l'article. Pour la bande passante est satisfait par notre réseau d'antenne patch 2x2.



Paramètres	Les résultats de [7]	Nos Résultats (Sous-réseau 2×2)
La fréquence de résonance	3.5 GHz	3.5 GHz
Type d'antenne	Réseau d'antenne Patch	Réseau d'antenne Patch
Substart	FR4	RO4350b
Hauteur de substrat	1.6 mm	0.762 mm
Gain max	6.93 dB	7.86 dB
Dimensions	200×160×1.6 mm <sup>3</sup>	74×74×1.524 mm <sup>3</sup>

Tableau 3: Comparaison entre notre étude et l'étude référentielle

### Conclusion :

En conclusion, cet article a présenté la conception d'une antenne patch polarisée linéairement utilisant des substrats RO4350b, avec une fréquence de résonance de 3,5 GHz, dans le but de la transformer en sous-réseaux de 2×2 pour une utilisation massive MIMO. L'utilisation d'antennes patch polarisées linéairement offre des avantages significatifs en termes de gain : 3.48 dB, de directivité D=4.42 dB et de compatibilité avec les systèmes MIMO massifs.

Les substrats RO4350b contribuent à améliorer les performances globales de l'antenne en offrant une meilleure bande passante, une directivité accrue D=10.10 dB et un gain optimisé de 7.86 dB. Ces caractéristiques diélectriques favorables ont été essentielles dans la conception de l'antenne pour répondre aux exigences des systèmes sans fil modernes.

La transformation de la structure de l'antenne patch en sous-réseaux de 2×2 pour une utilisation massive MIMO permet d'exploiter la diversité spatiale et l'interférence constructive pour augmenter la capacité de transmission et améliorer la qualité du signal. Cette approche ouvre de nouvelles possibilités pour les systèmes de communication sans fil, en offrant une capacité accrue, une meilleure couverture et une performance améliorée.

**Références :**

- [1] J. G. Andrews *et al.*, “What will 5G be?,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 32, no. 6, pp. 1065–1082, 2014, doi: 10.1109/JSAC.2014.2328098.
- [2] E. G. Larsson, O. Edfors, F. Tufvesson, and T. L. Marzetta, “Massive MIMO for next generation wireless systems,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 2, pp. 186–195, 2014, doi: 10.1109/MCOM.2014.6736761.
- [3] L. Lu, G. Y. Li, A. L. Swindlehurst, A. Ashikhmin, and R. Zhang, “An overview of massive MIMO: Benefits and challenges,” *IEEE J. Sel. Top. Signal Process.*, vol. 8, no. 5, pp. 742–758, 2014, doi: 10.1109/JSTSP.2014.2317671.
- [4] H. Zhou, H. L. Peng, W. Q. Jin, and J. F. Mao, “A new low-profile and closely spaced dual-polarized antenna for massive-MIMO applications,” *9th Int. Conf. Microw. Millim. Wave Technol. ICMMT 2016 - Proc.*, vol. 2, pp. 659–661, 2016, doi: 10.1109/ICMMT.2016.7762400.
- [5] R. Ma, Y. Gao, L. Cuthbert, and Q. Zeng, “Antipodal Linearly Tapered Slot Antenna Array for Millimeter-wave Base Station in Massive MIMO Systems,” *2014 IEEE Antennas Propag. Soc. Int. Symp.*, vol. 2, pp. 1121–1122, 2014, doi: 10.1109/ICCChina.2013.6671159.
- [6] H. H. Keriee *et al.*, “High gain antenna at 915 mhz for off grid wireless networks,” *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 9, no. 6, pp. 2449–2454, 2020, doi: 10.11591/eei.v9i6.2192.
- [7] A. J. A. Al-Gburi, Z. Zakaria, I. M. Ibrahim, and E. B. A. Halim, “Microstrip Patch Antenna Arrays Design for 5G Wireless Backhaul Application at 3.5 GHz,” *Lect. Notes Electr. Eng.*, vol. 865, no. January, pp. 77–88, 2022, doi: 10.1007/978-981-16-9781-4\_9.

# Proposition d'une nouvelle mesure de similarité sémantique

Abdoulaye Diallo<sup>1</sup>, Mouhamadou Thiam<sup>2</sup>

*Université de Thiès*

<sup>1</sup> [abdoulaye.diallo4@univ-thies.sn](mailto:abdoulaye.diallo4@univ-thies.sn)

<sup>2</sup> [mthiam@univ-thies.sn](mailto:mthiam@univ-thies.sn)

**Résumé:** — Beaucoup de mesures de similarité sont utilisées dans le cadre de l'alignement des ontologies. Les mesures de similarité sémantiques font partie des mesures les plus utilisées dans le cadre de l'alignement d'ontologies. Certaines de ces mesures sémantiques exploitent le contenu informationnel tandis que d'autres exploitent la profondeur du concept dans l'ontologie. Ces mesures n'exploitent donc qu'une partie de l'information contenu dans les concepts. Dans cet article nous proposons une nouvelle mesure de similarité sémantique basée sur le contenu informationnel et la profondeur des concepts. Notre mesure a été expérimentée sur une hiérarchie de concepts tirée de WordNet avec une profondeur maximale fixée à priori à cinq. Le calcul du contenu informationnel est basé sur la probabilité de retrouver une instance du concept  $c$ . Notre étude comparative a montré qu'elle présente de meilleurs résultats comparés à la mesure de Lin basée sur le contenu informationnel et celle de Wu & Palmer basée sur la profondeur.

**Mots clés :** similarité sémantique, profondeur, contenu informationnel

## I. INTRODUCTION

La notion de similarité est de plus en plus utilisée dans plusieurs domaines tels que la réconciliation ontologique. Les mesures de similarité sémantiques quant à elles ont fait l'objet de plusieurs publications scientifiques vu leur utilité dans le cadre de cette réconciliation. Il existe plusieurs mesures de similarité sémantiques et celles ci peuvent être classées en différentes catégories [1]:

- Les mesures de type structurel utilisant la structure ontologique et les relations pour calculer la similarité. Par exemple les mesures de Rada, Resnik, Leacock, Wu & Palmer, etc.
- Les mesures de type intensionnel qui se basent principalement sur les concepts à appairer. Exemple la mesure de Tversky.
- Les mesures de type extensionnel basées sur les instances de deux concepts sachant que ces concepts peuvent avoir plusieurs instances pour calculer la similarité. C'est le cas des mesures de Jaccard, Dice, D'Amato et al, etc.
- Les mesures de type expressionnel qui s'intéressent sur les différents termes qui dénotent les concepts à appairer comme les mesures de Lin, Jian & Conrath, etc.

Ces mesures présentées se basent essentiellement soit sur la profondeur de l'ontologie soit sur le contenu informationnel d'un concept quelconque. Ces mesures n'exploitent donc qu'une partie de l'information contenue dans les concepts.

Dans cet article nous présentons une mesure de similarité SimAT qui permet d'exploiter plusieurs facettes de l'information contenue dans un concept afin de mieux calculer la similarité. Cette nouvelle mesure a la particularité d'améliorer celle de Lin qui se base sur le contenu informationnel et celle de Wu & Palmer basée sur le contenu informationnel. L'information sur la profondeur des concepts de l'ontologie est combinée au contenu informationnel. Dans la suite nous structurons notre document de la façon suivante.

Dans la section 2 sont présentées les différentes mesures de similarité sémantiques basées sur le contenu informationnel et la profondeur. Dans la section 3 nous présentons en détail notre mesure SimAT. La section 4 comportera les résultats expérimentaux et la comparaison de notre mesure avec d'autres mesures de similarité sémantiques.

## II. ÉTAT DE L'ART DES MESURES DE SIMILARITÉS SEMANTIQUES

Il existe beaucoup de mesures de similarité sémantiques. Parmi ces mesures on peut citer celles qui sont basées sur la profondeur des concepts à aligner et celles basées sur le contenu informationnel.

#### A. Mesures basées sur la profondeur

Les mesures basées sur la profondeurs font partie des mesures basées sur les arcs [2]. Elles se basent sur la structuration ontologique. Ces mesures exploitent la représentation des concepts au sein d'une hiérarchie. Une bonne partie de ces mesures est présentée ci dessous:

##### 1. Mesure de Rada:

La mesure de Rada [3] est définie en fonction de la distance entre deux concepts à appairer. Cette mesure calcule la distance entre les nœuds par le plus court chemin. Elle est donnée par l'expression suivante.

$$Sim_{Rad}(c1, c2) = \frac{1}{1 + distance(c1, c2)}$$

##### 2. Mesure de Leacock & Chodorow:

La mesure de Leacock et Chodorow [4] utilise la distance entre les concepts dans une hiérarchie et la profondeur moyenne des concepts pour mesurer leur similarité sémantique.

$$Sim_{Le}(c1, c2) = -\log \left( \frac{dist_{edg}(c1, c2)}{2 * max} \right)$$

##### 3. Mesure de Wu & Palmer

La mesure de Wu & Palmer [5] fait partie des mesures de similarité basées sur les arcs. Elle est basée sur la profondeur des concepts dans une ontologie et mesure la similarité en prenant en compte la distance entre les concepts et leur ancêtre commun le plus proche (Lcs).

La formule pour calculer la similarité de Wu & Palmer entre deux concepts C1 et C2 est la suivante:

$$Wu - Palmer = 2 * \frac{depth(lcs(s1, s2))}{(depth(s1) + depth(s2))}$$

##### 4. Mesure de Zargayouna

La mesure de Zargayouna [6] est une extension de la mesure de Wu & Palmer. Elle exploite en plus le concept le plus bas de la taxonomie à travers un nouveau paramètre appelé la spécificité. Elle est notée Spec(C1, C2) et représente le nombre d'arcs qui séparent les deux concepts au concept le plus bas.

$$\left\{ \begin{array}{l} Sim(c_1, c_2) = \frac{2 * P_3}{P_1 + P_2 + spe(c_1, c_2)} \\ spe(c_1, c_2) = P_b(C) * dist(C_1 + C_2) * dist(C_2, C) \end{array} \right.$$

$P_b(C)$  étant le nombre d'arcs séparant le plus petit concept généralisant au concept le plus bas de la taxonomie et  $P_3$  la profondeur du plus petit concept généralisant.

##### 5. Mesure de Stojanovic

La mesure de Stojanovic [7] exploite la structure en se basant sur le plus petit concept généralisant. Sa formule est la suivante:

$$Sim_{sto}(c_1, c_2) = \frac{P_{ppcg} + 1}{(P_1 + 1) + (P_2 + 1) - (P_{ppcg} + 1)}$$

$P_{ppcg}$  étant la profondeur du plus petit concept généralisant.

##### 6. Mesure de Zhong

La mesure de similarité de Zhong [8] se base sur la distance de Zhong. Celle-ci est calculée en utilisant le plus petit concept généralisant ppgc.

$$dis(c_1, c_2) = \frac{1}{2^{P_{ppcg}}} - \frac{1}{2^{P_1+1}} - \frac{1}{2^{P_2+1}}$$

La formule de la similarité de Zhong est la suivante:

$$Sim_{zhon}(c_1, c_2) = 1 - dist(c_1, c_2)$$

B. Mesures basées sur le contenu informationnel

Les mesures basées sur le contenu informationnel sont classées dans la liste des mesures basées sur les noeuds [9]. Nous en citons quelques mesures ci-dessous:

1. La mesure de Resnik

Resnik [10] a introduit la mesure de similarité sémantique basée sur le contenu informationnel (CI) la plus simple, qui utilise la quantité d'information partagée par deux concepts pour mesurer leur similarité. La mesure proposée par Resnik a été largement utilisée comme référence pour comparer de nouvelles mesures de similarité sémantique basées sur le contenu informationnel.

$$si(C1, C2) = CI(ppg(C1, C2))$$

Avec ppg étant le plus petit concept généralisant.

2. La mesure de Lin

Lin [11] a proposé une mesure de similarité sémantique basée sur le contenu informationnel qui améliore celle de Resnik en prenant en compte la quantité d'information contenue dans chaque terme. Cette mesure est très souvent utilisée dans le cadre du calcul de la similarité sémantique en se basant sur le contenu informationnel. Elle utilise le contenu informationnel du plus petit parent commun ( $C_{co} \text{ } 2 * (C_{com})$ ) dans le calcul de la similarité.

$$Sim_{Lin} = (c1) + \psi(c2)$$

(c) représente le contenu informationnel

3. La mesure de Jian & Conrath

La mesure de Jian & Conrath [12] est basée sur le contenu informationnel (IC) des concepts dans une ontologie et mesure la similarité en prenant en compte la distance sémantique entre les concepts. Elle utilise aussi le contenu informationnel du plus petit parent commun entre les concepts.

La formule pour calculer la similarité de Jiang-Conrath entre deux concepts C1 et C2 est la suivante:

$$Sim_{jiang-conrath}(c1,c2) = IC(c1) + IC(c2) - 2 * (IC(c))$$

Où C est le plus petit concept généralisant.

4. La mesure de Faith

La mesure de Faith [13] fait partie aussi des mesures de similarité sémantiques basées sur le contenu informationnel. Elle est calculée à travers le contenu informationnel du concept commun le plus spécifique (lso) par la différence entre le contenu informationnel de ce concept auquel on soustrait le contenu informationnel du concept commun le plus spécifique.

$$Sim_{Faith} = \frac{I(lso(s_1 + s_2))}{IC(s_1) + IC(s_2) - IC(lso(s_1 + s_2))}$$

III. PRESENTATION DE NOTRE MESURE

Les mesures de similarité sémantiques permettent de calculer la similarité entre deux concepts d'ontologies. Cependant les ontologies sont composées de différents concepts suivant une hiérarchie bien définie. Chaque concept occupe un niveau qu'on appelle la profondeur qu'on notera Prof(c). Les concepts au sein de la hiérarchie disposent d'un contenu informationnel. Le contenu informationnel d'un concept dans une ontologie peut être défini comme étant la quantité d'information que celui-ci fournit sur l'ensemble de l'ontologie. Il est généralement calculé en utilisant la théorie de l'information et la probabilité des occurrences des termes dans l'ensemble de l'ontologie. Le contenu informationnel est calculé avec la formule suivante:

$$I(c) = -\log(P(c))$$

Où P(c) est la probabilité de retrouver une instance du concept C. Ces probabilités sont calculées en utilisant la formule suivante:

$$P(c) = \text{fréquence}(C) / N$$

Où N est le nombre total de concepts.

Notre approche s'intéresse à ces deux facteurs dans le calcul de la similarité. A chaque concept C est associé une profondeur Prof(C). Nous nous basons sur le fait qu'au sein de la hiérarchie plus les concepts sont éloignés plus ils sont moins similaires.

L'exemple ci-dessous avec la mesure de Wu&Palmer appliquée à la figure 2 montre que plus les concepts sont éloignés au sein de la hiérarchie plus ils sont moins similaires.

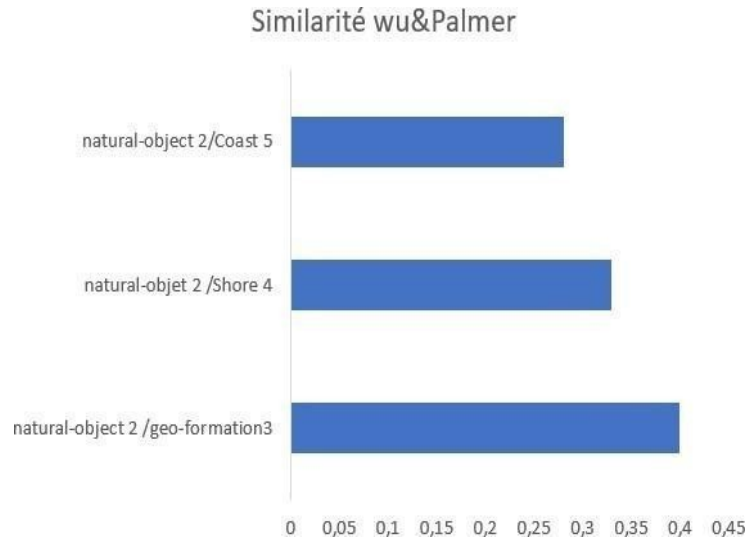


Fig.1 Mesures des similarités avec Wu&Palmer

Lorsqu'on calcule la similarité entre deux concepts qui ont des profondeurs différentes le résultat dépend de la plus grande profondeur entre les deux concepts. Plus la grande profondeur entre les deux est grande plus les deux concepts sont moins similaires. Ainsi dans la mesure SimAT, nous multiplions par deux la plus grande profondeur entre les deux concepts. Le résultat est divisé par la somme des profondeurs des deux concepts.

Notre formule de calcul est composée de deux paramètres :

$$SimA(C1, C2) = \frac{2 * (C_{com})}{\psi(c1) + \psi(c2)} * \frac{2 * Profmax(C1, C2)}{Prof(c1) + Prof(c2)}$$

**facteur 1**                      **facteur 2**

Le facteur 1 représente juste la mesure de Lin présentée ci-dessus basée sur le contenu informationnel. Le facteur 2 représente la partie concernant la profondeur des concepts à aligner. Dans cette partie nous exploitons l'information contenue sur la profondeur des concepts au sein de la hiérarchie.

Les deux facteurs réunis permettent une meilleure exploitation de l'information contenue au niveau des concepts.

#### IV. EXPÉRIMENTATION:

Dans le cadre de l'expérimentation de notre mesure nous avons utilisé une hiérarchie de concepts. Cette hiérarchie est tirée de wordnet avec les probabilités des concepts.

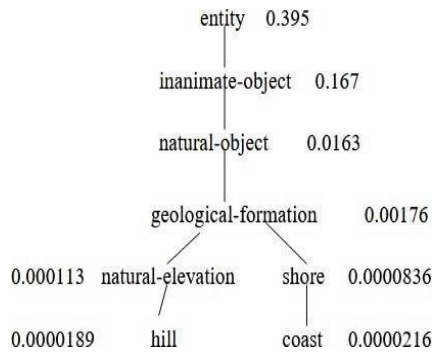


Fig.2 Extrait de word net

En utilisant la formule qui permet de calculer le contenu informationnel nous avons eu les résultats dans la figure 3. Nous avons aussi ajouté au niveau de chaque concept sa profondeur.

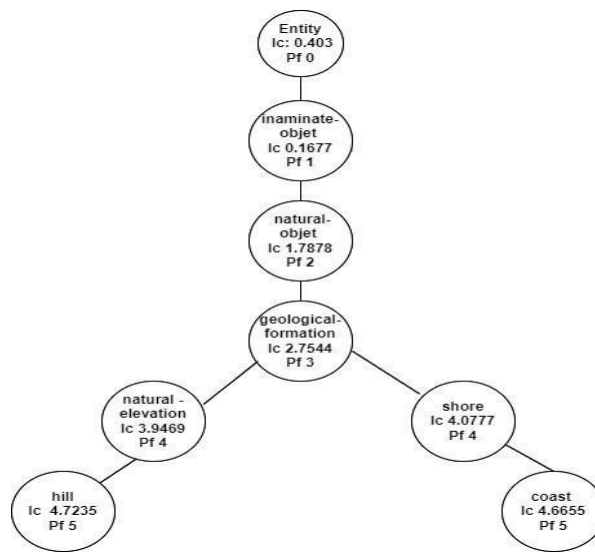


Fig. 3 extrait de word net avec les IC et les profondeurs

Nous avons calculé les similarités entre les concepts suivants les résultats sont consignés dans le tableau 1.

Table 1: Comparaison des mesures de Lin et SimAT

Concept: Profondeurs	Mesure de Lin	SimAT	Différence
<b>nat-obj:2, geol-form:3</b>	0.339956	0.407947	0.067991
<b>geol_form:3, nat-elevation:4</b>	0.531661	0.607612	0.075952
<b>Shore:4, coast:5</b>	0.696908	0.774343	0.077434
<b>geo-form:3, coast:5</b>	0.531661	0.664576	0.132915
<b>nat-obj:2, coast:5</b>	0.268949	0.384212	0.115264
<b>nat-obj:2, shore:4</b>	0.268949	0.358598	0.089650
<b>inam-obj:1, coast:5</b>	0.148431	0.247385	0.098954

Dans le tableau 1 nous voyons que notre mesure SimAT améliore la mesure de Lin lorsqu'on calcule la similarité entre deux concepts qui n'ont pas la même profondeur au sein de la hiérarchie. La différence entre la mesure de LIN et notre mesure est proportionnelle à la différence entre les deux profondeurs des deux concepts.

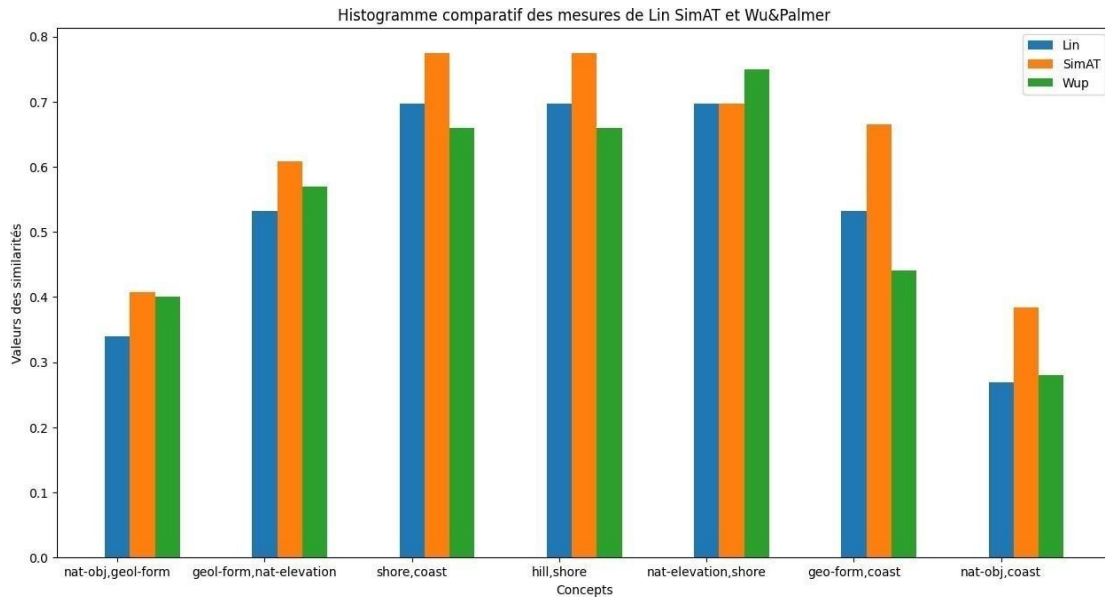


Fig.4 Comparaison entre la mesure de Lin, Wu&Palmer et SimAT

L'historgramme de la figure 4 montre les résultats obtenus avec SimAT comparée aux mesures de Lin et Wu & Palmer..Les concepts à apparier ont été choisis suivant différentes profondeurs. Nous constatons que notre mesure améliore le calcul dans les cas où les deux concepts ont des profondeurs différentes. Cette amelioration croit en fonction de la difference entre les profondeurs des deux concepts.

## V. CONCLUSION

Les mesures de similarité sont très utilisées dans le cadre de l'alignement des ontologies. Les mesures de similarité sémantiques quant à elles utilisent soit le contenu informationnel, soit la profondeur ou les instances pour le calcul de la similarité. Notre nouvelle mesure ATSim combine la profondeur et le contenu informationnel pour le calcul de la similarité. Le paramètre ajouté à la mesure de Lin est la profondeur. Dans le calcul nous choisissons la plus grande profondeur entre les deux concepts à aligner car le résultat dépend de la difference entre les deux profondeurs.

L'expérimentation montre que notre mesure améliore la mesure de Lin et celle de Wu & Palmer pour tous les concepts qui n'ont pas la même profondeur.

La similarité SimAT donne de meilleurs résultats lorsque la différence entre les concepts à apparier est de plus en plus grande.

Cependant notre mesure présente quelques limites. C'est par exemple le cas où les deux concepts à aligner sont au même niveau c'est-à-dire ont la même profondeur.Dans ce cas il revient juste à calculer la similarité de Lin.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été entièrement financé par le PASET/RSIF (Partnership for Skills in Applied Sciences, Engineering&Technologie/Regional Scholarship and Innovation Fund) à travers une bourse doctorale. Nous remercions aussi le CEAMITIC (Centre Africain d'Excellence en Mathématique Informatique et TIC) pour leur accompagnement.

## REFERENCES

- [1] Aimé, X. (2011). *Gradients de prototypicalité, mesures de similarité et de proximité sémantique: une contribution à l'Ingénierie des Ontologies* (Doctoral dissertation, Université de Nantes) p.82.
- [2] Ngom, A. N. (2015). *Étude des mesures de similarité sémantique basées sur les arcs*. In *CORIA* (pp. 535-544).
- [3] Rada, R., et al. (1989) *Development and Application of a Metric on Semantic Nets*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 17-30. <https://doi.org/10.1109/21.24528>
- [4] Leacock C., Chodorow M., « *Combining local context and WordNet sense similarity for word sense identification* », In *WordNet, An Electronic Lexical Database*. The MIT Press, 1998.



- [5] Palmer, M., & Wu, Z. (1995). *Verb semantics for English-Chinese translation*. Machine translation, 10, 59-92.
- [6] Zargayouna, H., & Salotti, S. (2004, May). *Mesure de similarité dans une ontologie pour l'indexation sémantique de documents XML*. In 15èmes Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances (pp. 249-260). Presses universitaires de Grenoble.
- [7] Stojanovic, N., Maedche, A., Staab, S., Studer, R., & Sure, Y. (2001, October). *SEAL: a framework for developing SEmantic PortALs*. In Proceedings of the 1st international conference on Knowledge capture (pp. 155-162).
- [8] Zhong, J., Zhu, H., Li, J., & Yu, Y. (2002). Conceptual graph matching for semantic search. In *Conceptual Structures: Integration and Interfaces: 10th International Conference on Conceptual Structures, ICCS 2002 Borovets, Bulgaria, July 15–19, 2002 Proceedings 10* (pp. 92-106). Springer Berlin Heidelberg.
- [9] Slimani, T., BenYaghlane, B., & Mellouli, K. (2007, March). *Une extension de mesure de similarité entre les concepts d'une ontologie*. In International conference on sciences of electronic, technologies of information and telecommunications (Vol. 69).
- [10] Resnik, P. (1995). *Using information content to evaluate semantic similarity in a taxonomy*. arXiv preprint [cmp-lg/9511007](https://arxiv.org/abs/19511007).
- [11] Lin, D. (1998, July). *An information-theoretic definition of similarity*. In *Icml* (Vol. 98, No. 1998, pp. 296-304).
- [12] Jiang, J. J., & Conrath, D. W. (1997). *Semantic similarity based on corpus statistics and lexical taxonomy*. arXiv preprint [cmp-lg/9709008](https://arxiv.org/abs/19709008).
- [13] Pirró, G., & Euzenat, J. (2010). *A feature and information theoretic framework for semantic similarity and relatedness*. In The Semantic Web–ISWC 2010: 9th International Semantic Web Conference, ISWC 2010, Shanghai, China, November 7-11, 2010, Revised Selected Papers, Part I 9 (pp. 615-630). Springer Berlin Heidelberg.

# L'activité de magnésium dans le traitement biologique de l'eau

*Bouhella Fadhila<sup>a</sup>, Elaziouti Abdelkader<sup>a</sup>, Boukoussa Bouhdjer<sup>b</sup>, Addou Hadjer<sup>a</sup>, karmaoui mohamed<sup>b</sup>, Merrouche Hicham<sup>c</sup>*

*<sup>a</sup> Laboratoire de Sciences, Technologie et Génie des Procédés LSTGP, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Algérie .*

*<sup>b</sup> Département de Génie des Matériaux, Faculté de Chimie, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Algérie .*

*<sup>c</sup> Département d'ingénierie des transports, Université de Constantine. 1, Algérie*

## Résumé

Ce travail se concentre sur la synthèse des argiles anioniques (HDL) par co-precipitation des différents types à un rapport molaire égal à 2, afin de mieux identifier ces argiles, nous l'avons distingué avec la diffraction des rayons X, et l'analyse par l'IRTF. Dans ce travail, nous avons utilisé les hydroxydes doubles lamellaires (HDL) de type Mg/Al, comme un agent antibactérien par la méthode de diffusion pour deux différents types Bactériennes Escherichia coli et Staphylocoques aureus. Cela permet de dire que les phases d'HDL accélèrent l'inhibition des bactéries.

## Mots clé

Hydroxydes Doubles Lamellaire, Co-precipitation, activités antibactériennes, antibiogramme

## 1. Introduction

Les bactéries sont des organismes vivant microscopiques dans les eaux, et qui être trouvés partout et peuvent causer des maladies dangereuses. Au cours de la dernière décennie, de nouvelles classes de matériaux composites inorganiques ayants des propriétés antibactériennes ont été développées. Dans ce travail, notre intérêt s'est porté sur des matrices inorganiques de type hydroxydes doubles lamellaires (HDL), nommée aussi argiles anioniques. Les argiles sont généralement utilisées dans la préparation des matériaux composites antibactériens choix des HDL repose, d'une part sur leur caractère bidimensionnel et d'autre part, sur leur grande diversité. De plus, les HDL présentent plusieurs propriétés intéressantes telles que la facilité de synthèse [1], des propriétés de gonflement, une bonne

stabilité chimique et thermique et la possibilité d'intercaler différents types d'anions (inorganiques, organiques, et de type biomolécules, ils sont aussi biocompatibles. Synthétiser l'hydroxyde double lamellaire de type Mg/Al, et l'organophilisation par l'EDTA [2]. Tester leur efficacité par L'arrangement de la molécule du EDTA (éthylène-diamine tétaacétique ) à l'intérieure d'un HDL .

## 2. Matériels et Méthodes

les différents matériaux (HDL) ont été préparés par la méthode de co-précipitation à pH constant, Elle consiste à réaliser la précipitation contrôlée d'une solution contenant une solution basique de NaOH 1M et Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2M par addition progressive les deux sels : sulfate d'aluminium Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>18H<sub>2</sub>O 0,25M et chlorure de magnésium MgCl<sub>2</sub>6H<sub>2</sub>O (1M).La synthèse a été réalisée sous agitation magnétique à température ambiante.Le pH est maintenu constant à 10,0 ± 0,1 par ajout d'une solution de soude 2M, contrôlée par une électrode de verre combinée reliée à un pH-mètre Après une période de mûrissement de 24h à 85°C, le solide est lavé 3 fois avec l'eau distillée, puis séché à 65°C pendant 24h et broyé. La moitié de la poudre obtenue a été calcinée à 500°C pendant 8h.

On ajoutée 3g de **Mg/Al-CO<sub>3</sub>** à une solutionde l'EDTA de 0.015 mol.

Le mélange a été agité pendant 3h à 75°C (on fixée le pH à une valeur de 5.5), afin de réduire au maximum l'intercalation entre la phase d'HDL obtenu et la solution de éthylène-diamine tétaacétique (Méthode de reconstruction) .

## 3. Résultats ET discussion

### Techniques de caractérisations

Les différents appareillages et techniques utilisé seront d'abord évoqués [3] ainsi que les protocoles opératoires, ayant permis d'élaborer la synthèse des hydroxydes double lamellaire. Les matériaux ont été caractérisés par différentes méthodes : diffraction des rayons X (DRX) et infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).

### Diffraction des rayons X (DRX)

L'hydrotalcite se cristallise dans une maille hexagonale [4],[5]. L'indexation de la maille a été faite a partir de l'équation (a) donnant la distance  $d_{hkl}$  et les paramètres de la maille hexagonale: cette valeur concordante suggère que les anions carbonate sont dans un plan parallèle au feuillet.

$$d_{hkl} = \frac{a}{\left[ \frac{4}{3}(h^2 + k^2 + l^2) \frac{l^2}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right]^{\frac{1}{2}}}$$

Les principales raies des différents types d'HDL ( **Mg/Al-CO<sub>3</sub>**, **Mg/Al-500**, **Mg/Al-EDTA** ), correspondent aux diffractions par les plans (003), (006) et les deux pics entre 60 et 65 ° (2θ) dues aux diffractions par les plans (110) et (113) . Ces pics aigus et symétriques montrent la formation des HDL bien cristallisées. La calcination modifie la structure cristalline des HDL, qui traduisent sur les diffractogrammes un élargissement des raies en bande correspondant aux oxydes. Spectres IR montrent qu'ils s'agissent de HDL. Nous retrouvons les mêmes bandes publiées en littérature concernant des HDL .

### 3.1.1 La spectrométrie infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF)

La spectroscopie infrarouge à Transformée de Fourier est une technique d'analyse qualitative et quantitative, basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé (HDL). Elle permet, grâce à la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, d'identifier en même temps des fonctions chimiques présentes dans le matériau [67]. Les spectres infrarouges ont été obtenus dans le domaine 4000-400 cm<sup>-1</sup> à l'aide d'un spectrophotomètre à transformée de Fourier (FTIR) "Agilent technologies FTIR Cary 660". Tous les spectres ont été réalisés en transmission sur des pastilles de HDL broyé et de KBr.

Après calcination, les spectres IR montrent une réduction bien nette pour le pic caractérisant l'existence des anions carbonates et le pic correspondant au groupement OH avec une intensité plus faible . L'intensité de la bande correspond au groupement (OH<sup>-</sup>) est diminué considérablement. Cette diminution est due aux dés hydroxylation de la phase par calcination.

### Test antibactérienne

La plupart des travaux sont actuellement orientés vers la recherche d'autres agents antibactériens possédants un mode d'action tout à fait spécifique[6] . Nous avons étudié in vitro, le pouvoir antibactérien des HDL avec des différentes bactéries par la méthode de diffusion sur un milieu gélosé solide, Mueller- Hinton pour les bactéries. Les souches bactériennes (Escherichia coli et Staphylocoque aureus) ont été choisies en raison de séquencées par les biologistes, et leur très large implication dans les phénomènes de

contamination et d'infection rencontrés dans le domaine médical. Les bactéries étudiées sont *Escherichia coli* et *Staphylocoque aureus* provenant de laboratoire de bactériologie .

### ***Escherichia coli***

Les disques des phases  $Mg_4-Al-CO_3$ , et  $Mg_4-Al-EDTA$  indiquent l'apparition d'un halo très claire autour des disques correspondants, ce qui indique que il y'a une activité antibactérienne.

### ***Staphylocoque aureus***

Il a été rapporté dans la littérature que l'activité antibactérienne des espaces métalliques telles que  $MgO$  [7] dispersées dans les matrices solides sont attribuées aux forces d'interaction électrostatique entre la souche bactérienne et les cations chargés qui sont libérés en présence d'une phase aqueuse. Les bactéries *S.aureus* (Gram positif) sont plus sensibles à l'action des agents antibactériens  $MgO$  et  $Mg^+$ , par rapport aux bactéries *E.Coli* (Gram négatif) .

## **4. Conclusion**

Les matériaux synthétisés ont été testés comme agents antibactériens contre les souches bactériennes pathogènes de type *Escherichia coli* et *Staphylocoques aureus*. Les résultats montrent que les matériaux préparés présentent une grande activité antibactérienne vis-à-vis des souches bactériennes. Cette activité est due au champ électrique élevé créé par la charge positive de l'ion  $Mg^{+2}$  et probablement [8] aussi à l'activité redox sous forme de nanoparticules.

## **5. Références**

- [1] B. Dizman, J.C. Badger, M.O. Elasri, L.J. Mathias, Antibacterial fluoromicas: a novel delivery medium, *Appl. Clay Sci.* 38 (2018) 57–
- [2] M.M. Salim, N. Ahmad, N.N. Malek, Review of modified Zeolites by surfactant and Silver as antibacterial agents, *J. Adv. Res. Mater. Sci.* 36 (2017) 1–20.
- [3] H.H.A. Dollwet, J.R.J. Sorenson, Trace elements in Medicine, *Hist. Uses Copp. Compd. Med.* 2 (2021).
- [4] B. Mohamed, Synthèse, Caractérisation d'hydroxydes lamellaires type Cu-M (M= Al, Fe) et application dans le traitement de l'eau, (2019).
- [5] S. Madani, Synthèse, caractérisation, étude des propriétés adsorbantes et activité antibactérienne du polystyrène-4-(5-mercapto-1, 3, 4-thiadiazol-2-ylimino) pentan-2-one, chélateur des ions métalliques, (2020).
- [6] L.S. Zaremba, W.H. Smoleński, Optimal portfolio choice under a liability

constraint, Ann. Oper. Res. 97 (2020) 131–141. <https://doi.org/10.1023/A>

[7] Habib, A. Memic, Antimicrobial activity of metal oxide nanoparticles against Gram-positive and Gram-negative bacteria: a comparative study, Int. J. Nanomedicine. 7 (2022) 6003.

[8] Z. Aouali, K. Medjhoua, Sujet de la thèse : Application Biologique de la Kenyaite- Na Echangée avec l'Argent, (2018).

# Suivi de l'Encrassement du Réfrigérant E112 du Circuit de Solvant Lourd de la Raffinerie d'Alger

Labsi Nabila<sup>1</sup>, Timzit Yasmine<sup>2</sup>, Zioui Salima<sup>3</sup>, Benkahla Youb Khaled<sup>4</sup>

*Equipe Rhéologie et Simulation Numérique des Écoulements, Laboratoire des Phénomènes de Transfert,*

*Faculté de Génie Mécanique et de Génie des Procédés,*

*Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene*

*BP. 32 El Allia, Bab Ezzouar, Alger, Algérie*

<sup>1</sup>nabilalabsi@yahoo.fr ; nlabsi@usthb.dz

<sup>4</sup>youbenkahla@yahoo.fr

**Résumé**— Le présent travail concerne l'étude de l'évolution de la résistance d'encrassement au cours du temps pour échangeur de chaleur tubes-calandre. Il s'agit du réfrigérant E112 servant à refroidir le solvant lourd de la raffinerie d'Alger par de l'eau. L'étude était dédiée initialement à la vérification des performances thermiques du réfrigérant. Cette vérification a permis de noter une diminution de ces dernières, que nous avons attribuées au bouchage (encrassement) de cet échangeur. Les résultats montrent, en effet, la présence d'un dépôt évolution linéairement dans le temps.

**Keywords**—Encrassement, solvant lourd, échangeur de chaleur tubes-calandre, résistance d'encrassement, méthode de Kern.

## I. INTRODUCTION

L'encrassement des équipements thermiques reste l'un des phénomènes les moins compris dans le domaine industriel en particulier, dans les industries chimiques, pétrolières et alimentaires. Son effet néfaste apparaît principalement dans la réduction de l'efficacité thermique des équipements et l'augmentation de la perte de charge, conduisant ainsi à des pertes économiques très importantes (nettoyage, arrêt de l'unité, etc.).

L'encrassement est défini comme étant l'accumulation de particules solides indésirables sur les surfaces d'échange [1] (cristaux, sédiments, résidus biologiques, produits d'une réaction chimique, etc.). C'est l'un des phénomènes qui a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs.

Al Hadad et al. [2] ont proposé une nouvelle méthode dans le but de détecter l'encrassement dans un échangeur de chaleur à faisceau de tubes et calandre en régime stationnaire, perturbé thermiquement par la présence d'une paroi siège d'une source de chaleur transitoire, localisée en amont de l'entrée du fluide chaud. La méthode est basée sur la variation de la réponse impulsionnelle qui caractérise le système encrassé. Ils ont constaté que cette dernière pourrait être utilisée pour repérer l'encrassement.

Kamalifar et al. [3] ont entrepris une étude expérimentale traitant de l'effet de la variation du flux thermique, de la température du fluide et de sa vitesse sur l'encrassement du pétrole brut au sein d'un système équipé d'une droite annulaire. Ils ont trouvé que l'augmentation du flux thermique favorise la formation rapide du dépôt. Ils ont constaté également que pour un faible flux thermique, l'augmentation de la vitesse du fluide diminue le taux d'encrassement mais pour un flux thermique plus élevé, elle l'augmentait. Par contre, l'augmentation de la température du fluide diminue le taux de formation du dépôt.

Hosseini et al. [4] ont utilisé une approche basée sur l'apprentissage automatique afin de prédire le facteur d'encrassement dans des échangeurs de chaleur et ce, en considérant un large éventail de conditions opératoires. Ils ont utilisé à cet effet, cinq différentes méthodes : quatre modèles d'apprentissage automatique et une méthode classique (régression linéaire) et ils les ont comparés aux données expérimentales. Le modèle d'apprentissage automatique GPR (*Gaussian Process Regression*) concordait le plus avec les données expérimentales et s'est avéré puissant et précis dans l'estimation du facteur d'encrassement.

Afin de contribuer dans cet axe de recherche, nous proposons cette étude. Elle a été réalisée au niveau du circuit de solvant lourd de la raffinerie d'Alger, précisément le réfrigérant E112 en service depuis 500 jours avant le début de l'étude. Le solvant passe côté calandre tandis que l'eau passe dans les tubes. L'étude était dédiée initialement à

la vérification des performances thermiques du circuit en question. Cette vérification a permis de noter une diminution des performances thermiques du réfrigérant E112, que nous avons attribué au bouchage de cet échangeur. Nous avons procédé, par la suite, à l'étude de l'encrassement de cet équipement pour confirmer ou non notre hypothèse (voir figure).

## II. PRESENTATION DU PROBLEME

Le problème qui se pose au niveau de la raffinerie d'Alger, est le bouchage des échangeurs de chaleur. La gravité de cet encrassement réside dans la diminution de la capacité de l'échangeur et des énormes dépenses au cours de chaque nettoyage. Le présent travail a été réalisé au niveau du circuit de solvant lourd comme le montre le schéma présenté sur Fig. 1. Le solvant lourd est repris par la pompe P106A/B au fond du stripper C103A. Il passe, par la suite, à travers l'aéroréfrigérant E112-Ar où il est refroidi par l'air. Il est ensuite envoyé vers le réfrigérant E112, qui est un échangeur à faisceau de tubes et calandre dont les caractéristiques sont regroupées dans le Tableau 1. Ce solvant s'écoule à une (01) passe côté calandre et est refroidi par de l'eau qui circule à quatre (04) dans les tubes. Le solvant lourd est envoyé, par la suite, soit pour être mélangé avec le solvant léger pour alimenter l'unité de reforming catalytique, soit vers le bac de stockage A104. Il est à noter que le réfrigérant E112 était en service depuis 500 jours avant le début de la présente étude.

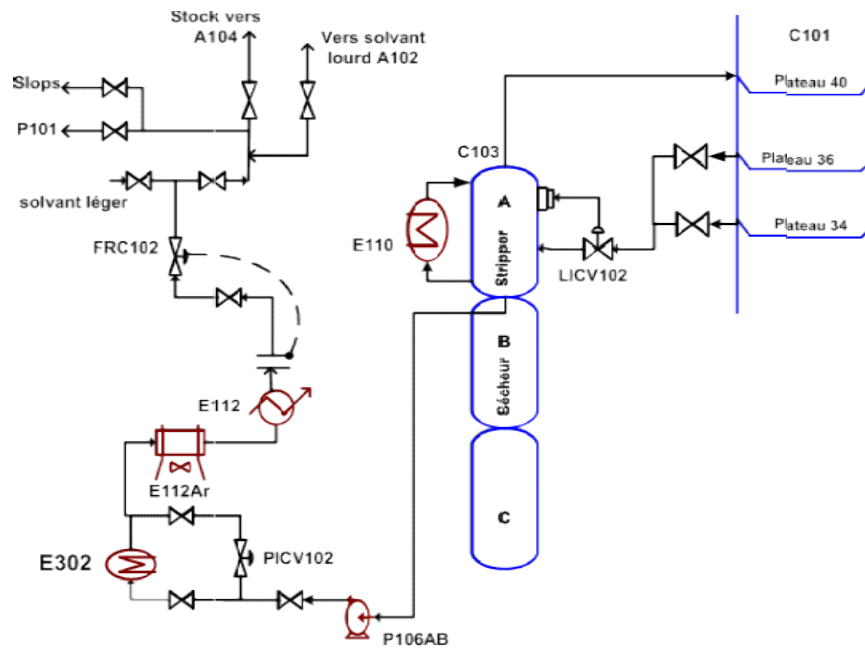


Fig. 1 Schéma simplifié du circuit du solvant lourd.

TABLEAU 1  
 CARACTERISTIQUES MECANIQUES DE L'ECHANGEUR E112.

Définitions	Symboles	Valeurs
Nombre de tube	$n_t$	201
Nombre de passes côté tubes	$n_p$	04
Nombre de passes côté calandre	$n_c$	01
Diamètre extérieur des tubes (mm)	$d_e$	19,05
Diamètre intérieur des tubes (mm)	$d_0$	16
Diamètre de la calandre (mm)	$D_c$	584,20
Longueur des tubes (m)	$L$	6,096
Pas : triangulaire (mm)	$p$	25,4

Avant d'entamer l'étude du phénomène d'encrassement de l'échangeur E112, il a été procédé à la vérification des performances thermiques actuelles du circuit de solvant lourd et de les comparer avec celles du design. Les résultats de cette vérification, illustré à travers le Tableau 2, montrent une différence entre les données du design et celles correspondant aux conditions actuelles. En effet, les pertes thermiques dans les conditions actuelles sont plus importantes que celles du design ; elles ont augmentées de 12,7%. Ceci pourrait être attribué à la formation de dépôts à l'intérieur et à l'extérieur des tubes de l'échangeur E112, qui constituent des résistances au transfert



thermiques entraînant, ainsi, la diminution des performances thermiques de cet échangeur. Par conséquent, la température de sortie du solvant lourd devient supérieure à celle du design.

TABLEAU 2  
 RECAPITULATIF DES RESULTATS DE VERIFICATION DE L'ÉCHANGEUR E112.

	Cas du design	Cas actuel
T <sub>s</sub> (°C)	37,8	53
t <sub>s</sub> (°C)	37,8	41
Débit du solvant lourd (kg/h)	48080	56051
Débit d'eau (kg/h)	33110	25000
q cédé par le solvant lourd (kJ/h)	1,170 10 <sup>6</sup>	1,640 10 <sup>6</sup>
q reçu par l'eau (kJ/h)	1,383 10 <sup>6</sup>	1,880 10 <sup>6</sup>
∑q (kJ/h)	209078	235636

### III. SUIVIE DE LA RESISTANCE D'ENCRASSEMENT

Dans cette section, seront présentés la méthode de calcul et les résultats obtenus concernant le suivi au cours du temps, de la résistance d'encrassement causée par le passage des deux fluides dans l'échangeur à tubes et calandre E112. L'objectif de cette partie est de vérifier l'hypothèse que ce soit la présence du dépôt sur les surfaces internes et externes des tubes qui a entraîné la diminution des performances thermiques de l'échangeur en question.

Pour cela, il est d'abord nécessaire de calculer la résistance d'encrassement totale résultant des dépôts à l'intérieur et à l'extérieur des tubes.

#### A. Méthode de calcul

La résistance d'encrassement est obtenue en appliquant la relation suivante, qui stipule que la résistance d'encrassement est la différence entre les résistances globales au transfert thermique lorsque la surface est encrassée (1/U<sub>s</sub>) et lorsqu'elle était propre (1/U<sub>p</sub>). Il faudrait donc, évaluer le coefficient global de transfert thermique au cours du temps.

$$R_d = \frac{1}{U_s} - \frac{1}{U_p} \quad (1)$$

La méthode de calcul utilisée est celle de Kern [5,6] qui stipule que suite à la variation des conditions opératoires au cours du temps, il est nécessaire d'évaluer le coefficient global de transfert thermique relatif à la surface propre U<sub>p</sub>, aux conditions actuelles de fonctionnement de l'échangeur et ce, en utilisant l'équation (2) et ce, en négligeant la résistance au transfert thermique par conduction au niveau de la paroi des tubes :

$$U_p = \frac{1}{\frac{d_0}{h_i} + \frac{1}{h_0}} \quad (2)$$

h<sub>i</sub> et h<sub>0</sub> sont, respectivement, le coefficient de convection à l'intérieur et à l'extérieur des tubes. d<sub>0</sub> et d<sub>e</sub> représentent les diamètres intérieur et extérieur des tubes. On posera :

$$h = h_i \frac{d_e}{d_0} \quad (3)$$

Ainsi, la méthode de Kern nécessite la détermination des résistances des films côté tubes et côté calandre. Pour cela, la détermination des propriétés physiques des deux fluides à leurs températures calorifiques est indispensable.

Le coefficient global de transfert thermique relatif à la surface encrassée (sale) est calculé quant à lui par le biais de l'expression suivante :

$$U_s = \frac{q_{cédé}}{SF \Delta T_{ml}} \quad (4)$$

q<sub>cédé</sub> étant le flux thermique (cédé par le fluide chaud), S la surface totale d'échange, ΔT<sub>ml</sub> la moyenne logarithmique des différences de température, F son coefficient de correction. Tels que :

$$q_{cédé} = m_c c_{pc} (T_E - T_S) \quad (5)$$

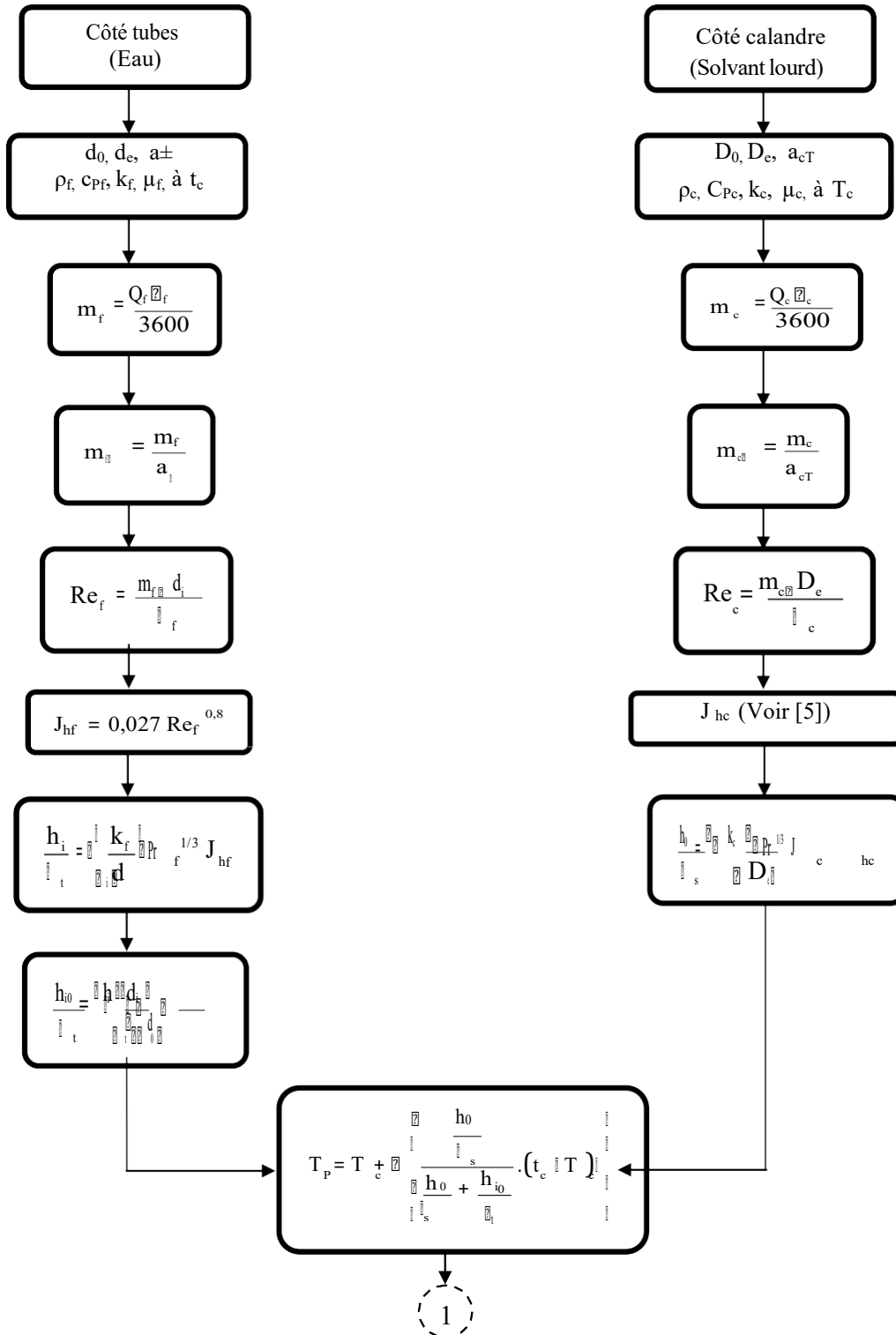
$$S = n_i (\pi d L) \quad (6)$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{max} - T_{min})}{\ln \left( \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \right)} \quad (7)$$

$m_c$  est le débit massique du fluide chaud (solvant lourd).  $T_E$  et  $T_S$ , ses température d'entrée et de sortie, respectivement.  
 $n_t$  et  $L$  étant, respectivement, le nombre de tubes et la longueur de l'échangeur.

*B. Algorithme de calcul par la méthode de Kern*

Le calcul de la résistance d'encrassement par la méthode de Kern est réalisé en suivant l'organigramme illustré sur Fig. 2.



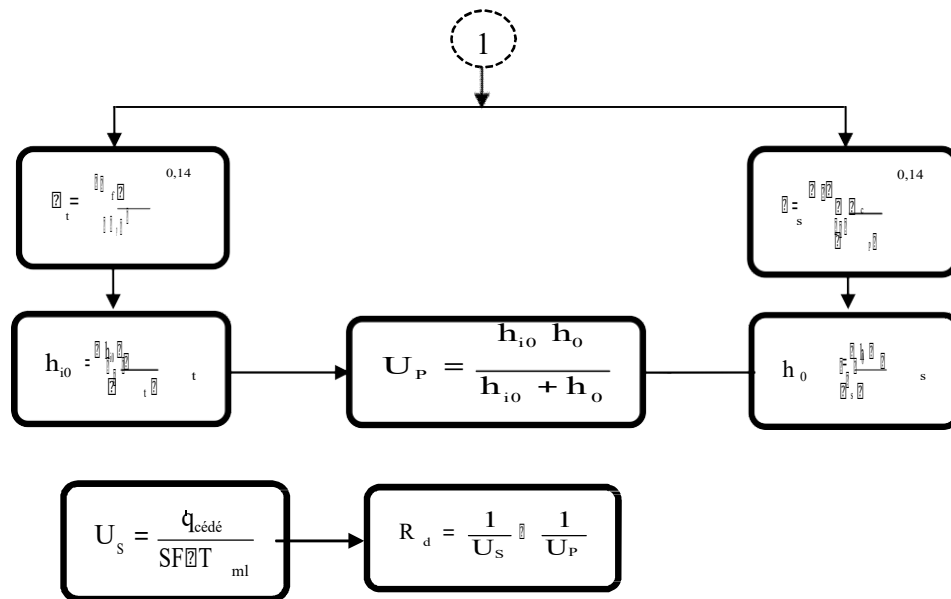


Fig. 2 Algorithme de la méthode de Kern pour le calcul de la résistance d'encrassement.

Avec :

$T_c$  et  $t_c$  désignent, respectivement, les températures calorifiques du fluide chaud et du fluide froid.

$T_p$  représente la température de la paroi.

$m$  est le débit massique.

$\rho$ ,  $k$ ,  $c_p$  et  $\mu$  sont, respectivement, la masse volumique, la conductivité thermique, la chaleur spécifique et la viscosité dynamique des fluides, rapportées à leurs températures calorifiques.

Les indices c, f et p désignent « chaud », « froid » et « paroi », respectivement.

$Re$  et  $Pr$  sont les nombres de Reynolds et de Prandtl, respectivement.

$a_{\pm}$  et  $a_{cT}$  représentent, respectivement, les sections droites offertes à l'écoulement côté tubes et côté calandre.

### C. Résultats et Discussion

Fig. 3 représente la variation de la résistance d'encrassement en fonction du temps.

La première constatation à faire est l'absence du temps d'induction. Ceci pourrait être expliquée, d'une part, par l'apparition rapide des matières indésirables sur les surfaces d'échange suite à l'ancienneté des échangeurs dont les parois sont usées et présentent beaucoup de rugosité et d'autre part, par le fait de l'absence de datas depuis la mise en marche de l'échangeur après le dernier nettoyage. En effet, il est à noter que le réfrigérant E112 est en service depuis 500 jours avant le début de la présente étude.

Nous remarquons, en outre, que la courbe présente une évolution croissante de la résistance d'encrassement au cours du temps. Cette évolution tend vers une allure linéaire ( $R^2 = 0,96$ ) étant donné le nombre réduit de points expérimentaux ; la durée de l'étude est apparemment insuffisante pour que la valeur asymptotique de la résistance d'encrassement soit atteinte (si l'on suppose une allure exponentielle).

Les valeurs de la résistance d'encrassement, allant d'une valeur de  $0,7886 \text{ m}^2 \text{ K/kW}$  jusqu'à une valeur de  $3,835 \text{ m}^2 \text{ K/kW}$ , s'avèrent être assez élevées pour rendre le nettoyage du réfrigérant nécessaire. Ces valeurs confirment, en outre, la raison ayant entraîné la diminution des performances thermiques de l'échangeur par rapport au design.

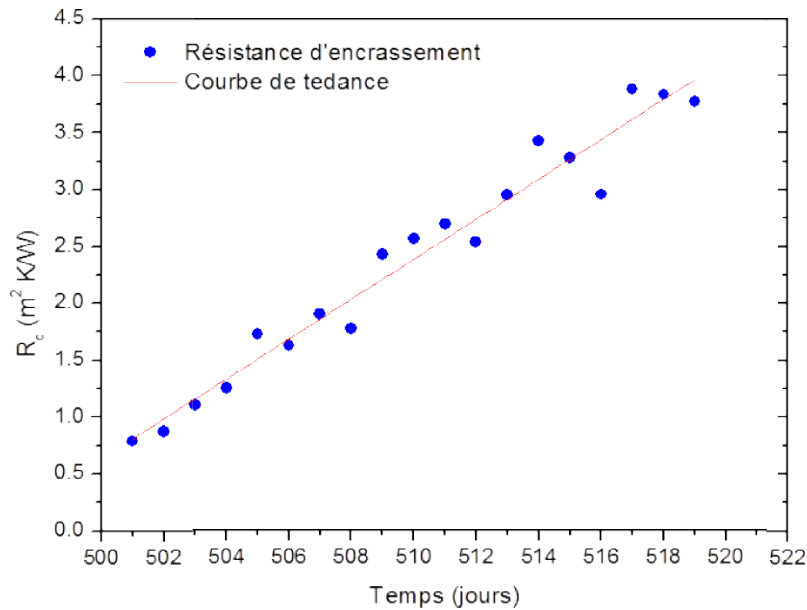


Fig. 3 Evolution de la résistance d'encrassement dans le temps.

#### IV. CONCLUSIONS

L'objectif de l'étude était de confirmer ou non, la raison ayant entraîné la réduction des performances thermiques du réfrigérant E112 du circuit de solvant lourd de la raffinerie d'Alger, par rapport au Design. A cet effet, le calcul de la résistance d'encrassement par le biais de la méthode de Kern, et son suivi au cours du temps a été effectué.

Les résultats obtenus présentent effectivement, l'existence d'un dépôt sur les parois des tubes de l'échangeur en question. L'évolution de ce dépôt, traduit par les valeurs de la résistance d'encrassement, suit une allure presque linéaire au cours du temps et croît durant un temps relativement court, avec l'existence de fluctuations causées par l'instabilité de la température et par l'effet de l'impact entre les particules. L'absence d'un temps d'induction a été également constatée.

Les valeurs élevées de la résistance d'encrassement nécessitent le nettoyage du réfrigérant.

#### ACKNOWLEDGMENT

Nous remercions le personnel de la raffinerie d'Alger pour l'aide qu'ils nous ont fournie pour mener à bien ce travail. Nous remercions également Pr L. OUFER, ancien Professeur à l'Université des Sciences et de la Technologie, pour le savoir qu'il nous a inculqué dans le domaine des échangeurs de chaleur et de l'encrassement.

#### REFERENCES

- [1] Y.A. Cengel, *Heat Transfer, a Practical Approach*. 2nd ed., McGraw-Hill, 2002.
- [2] W. Al Hadad, V. Schick, D. Maillet, "Fouling detection in a shell and tube heat exchanger using variation of its thermal impulse responses: Methodological approach and numerical verification", *Applied Thermal Eng.*, vol. 155, pp. 612-619, 2019.
- [3] S. Kamalifar, S.M. Peyghambarzadeh, S. Azizi, F. Jamali-Sheini, "Experimental study on crude oil fouling in preheat exchangers at different operating conditions", *Thermal Sci. and Eng. Progress*, vol. 39, 2023.
- [4] S. Hosseini, A. Khandakar, M.E.H. Chowdhury, M.A. Ayari, T. Rahman, M.H. Chowdhury, B. Vaferi, "Novel and robust machine learning approach for estimating the fouling factor in heat exchangers", *Energy Reports*, vol. 8, pp. 8767-8776, 2022.
- [5] D.Q. Kern, *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill, 1950.
- [6] N. Labsi, "Etude du phénomène d'encrassement des échangeurs de chaleur du circuit préchauffé de la raffinerie d'Alger," Univ. Sc. Tech. Houari Boumediene USTHB Alger, Thèse de Magister, 2003.

# Effet thermique du nombre de Reynolds sur l'écoulement du nanofluide hybride $Al_2O_3$ -Cu- $H_2O$ à travers un canal partiellement chauffé

Moussi Soumia<sup>1</sup>, Abdellahoum Chahrazed<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>*Department de physique, Université de M'Hamed Bougara de Boumerdès  
Faculté des Sciences. Route de la Gare Ferroviaire - Boumerdes 35000, Algérie*

[s.moussi@univ-boumerdes.dz](mailto:s.moussi@univ-boumerdes.dz)

[chahra-abd@hotmail.fr](mailto:chahra-abd@hotmail.fr)

## Résumé :

L'objectif principal de ce travail est d'étudier numériquement l'effet thermique du nombre de Reynolds d'un écoulement laminaire du nanofluide hybride ( $Al_2O_3$ -Cu /eau), dans un canal horizontal partiellement chauffé. Notre étude numérique effectuée est basée sur les équations de continuité, de quantité de mouvement et de l'équation de la chaleur. On a opté pour la résolution des équations la méthode des volumes finis, à l'aide du code de calcul Ansys. Le nombre de Reynolds est compris entre 300 et 720 pour des valeurs de fraction volumique  $\varphi$  ( $0.01 \leq \varphi \leq 0.05$ ), avec l'augmentation du nombre de Reynolds, les résultats obtenus ont enregistré une amélioration de transfert thermique par convection mixte traduit par l'augmentation du nombre de Nusselt moyen et par la diminution de la température moyenne près de la paroi chauffée.

**Mots clés :** transfert thermique, nombre de Nusselt, convection mixte, nanofluide hybride.

## Introduction

L'amélioration du rendement dans un processus de refroidissement était toujours parmi les problèmes les plus importants affectant diverses installations industrielles, le refroidissement domestique classique ou renouvelable, et même à petites échelles au niveau des composants électroniques tels que le microprocesseur. Le refroidissement par fluide est lié aux propriétés du fluide utilisé d'où vient l'objet de notre étude. Pour cela beaucoup d'étude ont été effectuées dans le but d'améliorer les propriétés thermiques des fluides caloporteurs. On cite Abid et al. qui ont étudié expérimentalement l'échange thermique par convection mixte dans un conduit partiellement chauffé, dans cet article nous allons poursuivre l'étude de Abid et al [1]. En rajoutant des nanoparticules hybrides de  $Al_2O_3$ -Cu à l'eau pure. Abdellahoum et al. ont étudié le transfert thermique par convection forcée d'un écoulement turbulent de nanofluide hybride  $Al_2O_3$  pour différents modèles de conductivité thermique, le choix du modèle qui décrit la variation de la conductivité thermique du nanofluide a un impact important sur les résultats obtenus [2]. Le travail de Colak et al. qui est basé sur la chaleur spécifique du nanofluide hybride  $Al_2O_3$ -Cu/ $H_2O$ , en utilisant la méthode d'analyse thermique différentielle, ils ont trouvé que la capacité thermique augmente avec l'augmentation de la température, tandis qu'elle diminue avec l'augmentation de la concentration des nanoparticules ajoutées au fluide [3]. D'après Urmi et al. qui ont étudié expérimentalement les propriétés thermophysiques du nanofluide hybride  $TiO_2$ - $Al_2O_3$  /Ethylène Glycol, la viscosité de nanofluide augmente avec l'augmentation de la concentration des nanoparticules présentes dans le fluide, tandis que la viscosité diminue avec l'augmentation de la température [4]. Chupradit et al. ont trouvé que le nombre de Nusselt augmente avec l'augmentation du nombre de

Reynolds pour un écoulement nanofluide [5]. Suresh et al. ont étudié expérimentalement l'effet du nanofluide hybride  $Al_2O_3-Cu/$  Eau sur le transfert thermique, les résultats obtenus ont indiqué une amélioration maximale de 13.56% du nombre de Nusselt pour le nanofluide hybride  $Al_2O_3-Cu/$  Eau par rapport à l'eau [6].

Dans le présent travail, nous avons utilisé le nanofluide hybride  $Al_2O_3-Cu/$  Eau, avec des valeurs de concentrations différentes  $\phi$ , pour un écoulement laminaire à travers un conduit partiellement chauffé par un flux constant, l'objectif de ce travail est d'étudier numériquement l'effet du nombre de Reynolds sur le nombre de Nusselt et la température dans le conduit.

## Description

La configuration de notre problème physique est présentée sur la figure 1. L'effet thermique du nombre de Reynolds  $Re$  est étudié dans un tube horizontal composé de trois parties, dont la partie centrale est chauffée par flux uniforme constant, tandis que les deux autres parties sont parfaitement isolées. Le nanofluide hybride  $Al_2O_3-Cu/eau$  entre à une vitesse  $U_e$  constante et à une température ambiante  $T_a$  pour différentes fractions volumiques, les propriétés thermophysiques sont représentées dans le tableau 1

Tableau 1 Les propriétés thermophysiques du nanofluide hybride  $Al_2O_3-Cu/eau$

$\phi$	$\rho_{Al_2O_3-Cu-H_2O}$	$C_{Al_2O_3-Cu-H_2O}$	$\mu_{Al_2O_3-Cu-H_2O}$	$K_{Al_2O_3-Cu-H_2O}$	$\beta_{Al_2O_3-Cu-H_2O}$
0,01	1035,36	4021,49	0,0010285	0,6178	0,0002009
0,02	1072,53	3872,11	0,0010550	0,6360	0,0001925
0,03	1109,69	3732,73	0,0010824	0,6546	0,0001846
0,04	1146,85	3602,38	0,0011108	0,6735	0,0001773
0,05	1184,01	3480,21	0,0011402	0,6929	0,0001703

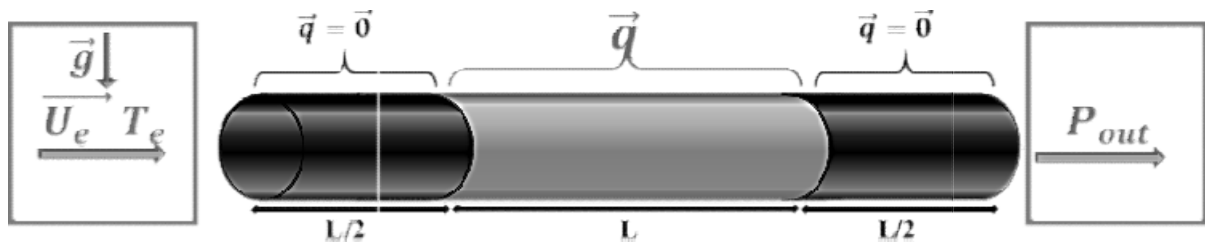


Figure 1 Schéma de la géométrie étudiée en vue 3D

## Résolution

- **Modèle mathématique**

Les équations qui gouvernent l'écoulement et le transfert thermique au sein du canal et après la considération des hypothèses de simplification telle que l'hypothèse de Boussinesq, sont comme suit :

Equation de continuité

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

Equation de mouvement suivant x :

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{1}{\rho_{hnf}} \left[ -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu_{hnf} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \right] \quad (2)$$

Equation de mouvement suivant y :

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = \frac{1}{\rho_{hnf}} \left[ -\frac{\partial P}{\partial y} + \mu_{hnf} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \right] + (\rho\beta)_{hnf} g(T - T_0) \quad (3)$$

Equation de mouvement suivant z :

$$u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = \frac{1}{\rho_{hnf}} \left[ -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu_{hnf} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \right] \quad (4)$$

Equation de l'énergie :

$$(\rho C_p)_{hnf} \left( u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right) = k_{hnf} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + q \quad (5)$$

Pour assurer l'exactitude de la solution numérique en utilisant le Code de calcul Ansys, on a choisi une grille parmi quatre grilles de nombre de Nœuds différents (36942N, 573521N, 920491N et 1798121N). Le graphique représente la variation de température pariétale dans une section droite située à z=65cm du tube chauffé en fonction de l'angle  $\theta$ , Re=720, P=16kW.

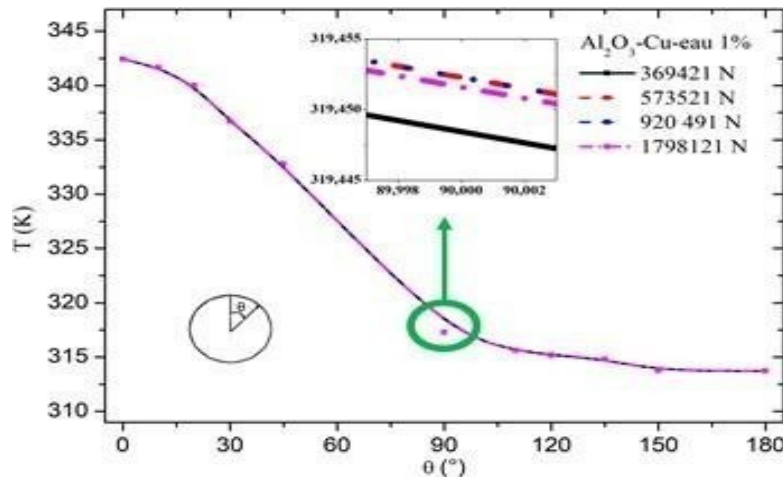


Figure 2 Variation de la température en fonction de  $\theta$

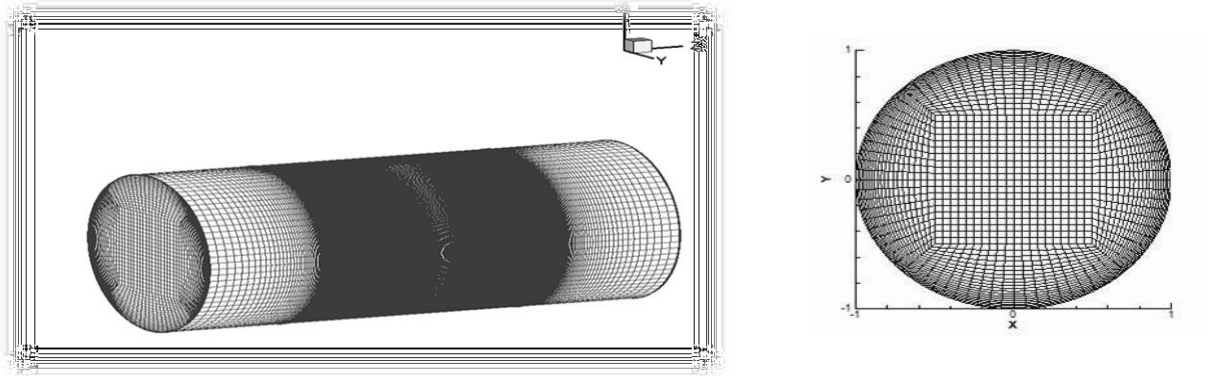


Figure 3 Maillage de la géométrie en vues 3D et 2D

## Résultats et discussion

La figure 4 illustre la variation du nombre de Nusselt moyen inférieur et supérieur de la partie chauffée du conduit, en fonction du Nombre de Reynolds  $Re$  (300, 450, 600 et 720), pour différentes valeurs de fraction volumique  $\phi$  ( $0.01 \leq \phi \leq 0.05$ ) du nanofluide hybride  $Al_2O_3$ -Cu/eau. Il y a une augmentation du nombre de Nusselt moyen avec l'augmentation du nombre de Reynolds  $Re$ , pour le bas et le haut du conduit. On observe une augmentation du nombre de Nusselt moyen supérieur  $\overline{Nu}_{sup}$  avec l'augmentation de la concentration des nanoparticules hybrides dans le fluide, en haut où le mouvement vertical des masses fluides avec la présence de la force de gravité et l'effet de propriétés thermophysiques du fluide telle que la masse volumique. Alors que pour le nombre de Nusselt inférieur  $\overline{Nu}_{inf}$ , l'augmentation est moins importante cela est dû au mouvement de l'écoulement horizontal forcé du fluide.

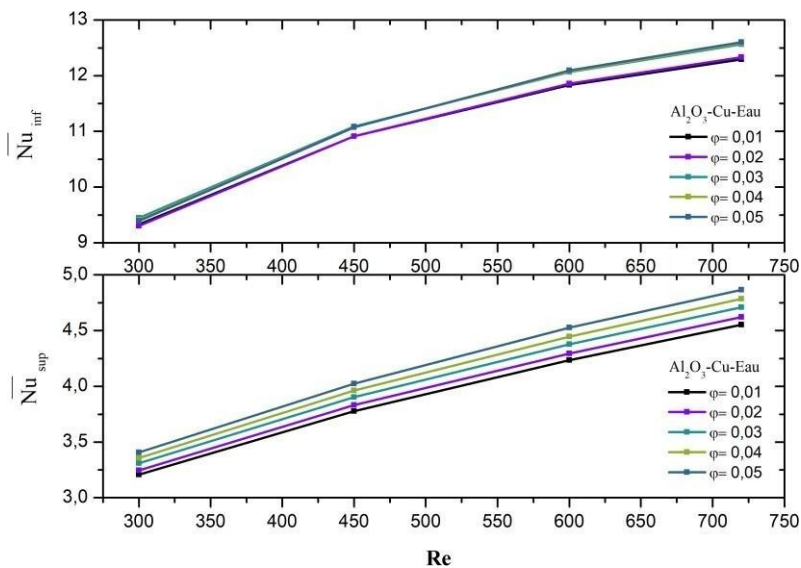


Figure 4 Variation du nombre de Nusselt moyen en fonction du nombre de Reynolds

Les graphiques sur la figure ci-dessous représentent la variation de la température moyenne inférieure  $\overline{T}_{inf}$  et supérieure  $\overline{T}_{sup}$  de la paroi chauffée du conduit, en fonction du Nombre de Reynolds  $Re$  (300, 450, 600 et 720), pour différentes valeurs de fraction volumique  $\phi$  du nanofluide hybride  $Al_2O_3$ -Cu/eau.



Les Températures inférieure et supérieure moyennes diminuent avec l'augmentation de la vitesse de l'écoulement pour toutes les fractions volumiques  $\phi$ , cette diminution est importante lorsque la fraction volumique  $\phi$  est grande, à  $Re=450$  où la convection est purement mixte l'effet de la fraction  $\phi$  sur la température moyenne inférieure est pratiquement négligeable

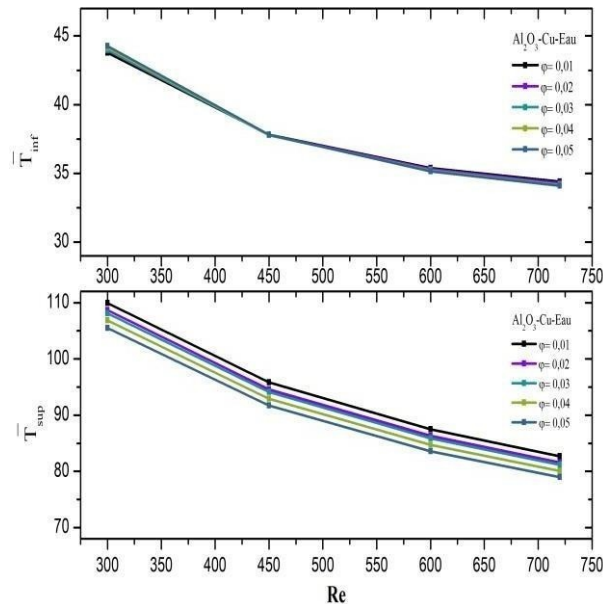


Figure 5 Variation de la température moyenne en fonction du nombre Reynolds

## Conclusion

- L'augmentation du nombre de Reynolds améliore le Transfert thermique par convection mixte.
- L'augmentation de la fraction volumique du nanofluide hybride  $Al_2O_3-Cu-H_2O$  améliore le nombre de Nusselt ce qui augmente de taux de transfert thermique par convection mixte.
- Le nombre de Reynolds affecte la température de la paroi en bas du conduit

## Références

- [1] C. Abid, R. Martin, F. Papini, Thermal instabilities in a horizontal cylindrical duct: a physical approach, Int. J. Heat Mass Transf. 45 (2002) 2153–2157.
- [2] Abdellahoum C, Mataoui A, Abu-hamdeh N, Oztop HF. Effects of different models of thermal conductivity on turbulent nano fluid flow through rectangular cavity in duct. J Mol Liq 2015;212:915–21. doi:10.1016/j.molliq.2015. 10.049.
- [3] Çolak, A. B., Yildiz, O., Bayrak, M., Celen, A., & Wongwises, S. (2020). Experimental study on the specific heat capacity measurement of water-based  $al_2o_3-cu$  hybrid nanofluid by using differential thermal analysis method. Current Nanoscience, 16(6), 912-928.
- [4] Urmi, W., Rahman, M. M., & Hamzah, W. A. W. (2020). An experimental investigation on the thermophysical properties of 40% ethylene glycol based  $TiO_2-Al_2O_3$  hybrid nanofluids. International Communications in Heat and Mass Transfer, 116, 104663.

**[5]** Chupradit, S., Jalil, A. T., Enina, Y., Neganov, D. A., Alhassan, M. S., Aravindhana, S., & Davarpanah, A. (2021). Use of organic and copper-based nanoparticles on the turbulator installment in a shell tube heat exchanger: a CFD-based simulation approach by using nanofluids. *Journal of Nanomaterials*, 2021, 1-7.

**[6]** Suresh, S., Venkataraj, K. P., Selvakumar, P., & Chandrasekar, M. (2012). Effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cu/water hybrid nanofluid in heat transfer. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 38, 54-60.

# Cancer de la prostate : perspective thérapeutique à partir de biomolécules issues de traditions culinaires nord-africaines

Addou Hadjer<sup>\*1</sup>, Bouchentouf Salim<sup>2</sup>, Adjim Hayat<sup>3</sup>, Bouhella Fadhila<sup>4</sup>, Elaziouti Abdelkader<sup>5</sup>

<sup>#1,4</sup>, Département de chimie physique, Laboratoire de science, technologie et ingénierie des procédés (L.S.T.G.P.), Université des sciences et technologies d'Oran (USTO-M. B.), Algérie.

<sup>2</sup>, Laboratoire de substances naturelles et de substances bioactives Tlemcen, Faculté de technologie Docteur Moulay Tahar Université de Saida-ALGÉRIE

<sup>3</sup>, Département d'hydraulique, Université des sciences et technologies de Tlemcen Abou Bakr Belkaid, Algérie

<sup>5</sup>, Département de génie chimique, Université des sciences et technologies d'Oran (USTO-M. B.), Algérie

\* E-mail : hadjer.addou@univ-usto.dz

Université des sciences et technologies d'Oran (USTO-M. B.), Algérie

**Résumé** — Les préoccupations de la chimie médicinale est la découverte, le développement, l'identification et l'interprétation du mode d'action des composés biologiquement actifs au niveau moléculaire<sup>1</sup>, d'une source naturelle susceptible de donner des résultats équivalents à ceux des molécules synthétiques. Afin de trouver de meilleurs traitements pour diverses maladies d'origine naturelle, pour éviter les effets secondaires des drogues synthétiques<sup>2</sup>. Avec le développement rapide du matériel informatique, des logiciels et des algorithmes, le dépistage et la conception des drogues ont beaucoup bénéficié de diverses méthodes de calcul qui réduisent considérablement le temps et le coût du développement des médicaments<sup>1</sup>. Pour cela dans ce mémoire, nous avons utilisés Le Docking moléculaire via le logiciel Molecular Operating Environment (MOE) d'une protéine avec petite molécule, Passant en crible les molécules contenues dans 18 épices plus précisément dans leurs huiles essentielles utilisées dans la cuisine Nord-Africaine, pour étudier l'affinité et l'interaction entre molécules et récepteurs (L'enzyme étudié est un androgène récepteur humain). Notre étude consiste à trouver la conformation la plus favorable pour la fixation d'un ligand à un récepteur (enzyme) basant sur le choix du meilleur score, Afin d'identifier de potentiel molécules pouvant avoir un effet anticancéreux de la prostate par une activité d'inhibition significative des récepteurs androgènes (AR).

**Mots clés** — modélisation moléculaire ; chimie médicinale ; Docking ; Androgène récepteur ; enzyme ; bio-informatique

## I. INTRODUCTION

la chimie médicinale (ou chimie thérapeutique) est une science interdisciplinaire couvrant un vaste domaine particulier situé à l'interface de la chimie organique, avec les sciences de la vie comme la biochimie, la pharmacologie, la biologie moléculaire, la génétique, l'immunologie, la pharmacocinétique et la toxicologie d'un côté, et les disciplines basées sur la chimie comme la chimie physique, cristallographie, spectroscopie et techniques informatiques de simulation, analyse de données et visualisation de données de l'autre côté<sup>2</sup>. Les préoccupations de la chimie médicinale est la découverte, le développement, l'identification et l'interprétation du mode d'action des composés biologiquement actifs au niveau moléculaire<sup>1</sup>, d'une source naturelle susceptible de donner des résultats équivalents à ceux des molécules synthétiques. Afin de trouver de meilleurs traitements pour diverses maladies d'origine naturelle, pour éviter les effets secondaires des drogues synthétiques. Le processus de découverte et de développement de nouveaux médicaments est généralement reconnu comme long, risqué et coûteux. Le cycle typique de découverte et de développement de médicaments, du concept au marché, prend environ 14 ans, et le coût varie de 0,8 à 1,0 milliard USD<sup>3</sup>. Avec le développement rapide du matériel informatique, des logiciels et des algorithmes, le dépistage et la conception des drogues ont beaucoup bénéficié de diverses méthodes de calcul qui réduisent considérablement le temps et le coût du développement des médicaments. A l'échelle mondiale, le cancer de la prostate est le second cancer le plus fréquent et la cinquième cause de décès par cancer chez les hommes<sup>4</sup>. Il représente 1% de l'ensemble des décès et 13% des décès par cancer. Il évolue lentement et reste localisé dans 80% des cas sans entraîner aucun symptôme sauf une fois il est très avancé. Les traitements du cancer de la prostate sont la chirurgie pour enlever la prostate, la radiothérapie, les médicaments

d'hormonothérapie, voire plus rarement, la chimiothérapie<sup>1</sup>. Pour cela dans ce mémoire, nous avons utilisés Le Docking moléculaire via le logiciel Molecular Operating Environment (MOE) d'une protéine avec petite molécule, Passant en crible les molécules contenues dans 18 épices plus précisément dans leurs huiles essentielles utilisées dans la cuisine Nord-Africaine, pour étudier l'affinité et l'interaction entre molécules et récepteurs. Notre étude consiste à trouver la conformation la plus favorable pour la fixation d'un ligand à un récepteur (enzyme) basant sur le choix du meilleur score, Afin d'identifier de potentiel molécules pouvant avoir un effet anticancéreux de la prostate par une activité d'inhibition significative des récepteurs androgènes (AR). Les résultats obtenus montrent que la molécule avec le meilleur score est : l'acide oléique de coriandre avec un score égal à : - 8,8267 kcal/mol. Nous pouvons conclure que l'acide oléique de la coriandre ayant un score proche de celui de ligand de référence, peut être considéré comme potentiel candidat qui peut faire stopper ou diminuer la progression du cancer de la prostate.

## II. DEVELOPPEMENT DES MEDICAMENTS

Un médicament est composé d'un produit actif contre la maladie ou la douleur et d'un ou plusieurs excipients qui lui donnent sa forme, son gout, sa couleur, et déterminent comment il va circuler dans le corps. Les médicaments existent sous des formes variées : sirop, comprimé, gélule, spray...etc<sup>5</sup>

Du développement d'un médicament, de la validation d'une hypothèse scientifique à la commercialisation, nécessite en moyenne 10 à 15 ans. Cette période est généralement scindée en 3 étapes :

- A. *Stratégies de découverte de nouvelles molécules* : Il existe plusieurs stratégies de découverte d'un médicament : La découverte par hasard, A partir des données empiriques, A partir de connaissances d'un processus physiologique ou d'une cible moléculaire, A partir d'une molécule déjà existante. Processus de criblage « screening » et de sélection de nouvelles molécules
- B. *La phase préclinique (ou bien les essais préclinique)* : Les études précliniques permettent d'acquérir les premières connaissances sur le comportement d'un médicament candidat en évaluant une molécule sur des cellules en culture (in vitro) et chez l'animal (in vivo)<sup>6</sup>
- C. *Les essais cliniques* : Les essais cliniques sont les essais systématiques d'un médicament chez l'homme<sup>7</sup>. L'objectif est d'évaluer la sécurité du médicament et son efficacité chez des volontaires sains ou malades. Le médicament pourra arriver sur le marché si sa balance bénéfice/risque est positive, c'est-à-dire si son bénéfice pour la santé est supérieur à ses inconvénients potentiels<sup>6</sup>. L'évaluation clinique repose sur 4 étapes : 3 étapes avant la commercialisation et une après la commercialisation :
  - i. L'Etude de la tolérance et de métabolisme
  - ii. L'étude de l'efficacité du produit sur petites populations
  - iii. Un essai thérapeutique étendu
  - iv. Les études à très grande échelle (commence après la commercialisation)

## III. PHASES D'ACTIVITÉ MÉDICAMENTEUSE.

### A. *Phase pharmaceutique:*

La phase pharmaceutique comprend la désintégration de la substance active dans le médicament<sup>8</sup>.

### B. *Phase pharmacocinétique :*

La pharmacocinétique est le processus de mouvement du médicament pour obtenir une action médicamenteuse. Les quatre processus sont l'absorption, la distribution, le métabolisme (ou biotransformation) et l'excrétion (ou élimination)<sup>9</sup>

### C. *Phase pharmacodynamique :*

Alors que la pharmacocinétique étudie ce que fait le corps au médicament, la pharmacodynamique concerne ce que la drogue fait au corps<sup>1</sup>.

## IV. METHODES COMPUTATIONNELLES DANS LA DECOUVERTE DES MEDICAMENTS

Les méthodes de découverte / conception de médicaments assistées par ordinateur ont joué un rôle majeur dans le développement de petites molécules thérapeutiquement importantes pendant plus de trois décennies. Ces méthodes sont généralement classées comme méthodes basées sur la structure ou sur les ligands. Les méthodes basées sur la structure sont en principe analogues au criblage à haut débit en ce que les informations sur la structure de la cible et du ligand sont impératives. Les approches basées sur la structure comprennent les méthodes d'amarrage de ligand( docking) , de pharmacophore et de conception de ligand<sup>10</sup>.

## V. DOCKING MOLECULAIRE NOUVEL OUTIL POUR LA DECOUVERTE DE MEDICAMENTS :

Le docking moléculaire est une procédure de simulation informatique pour Prédire la conformation d'un complexe récepteur-ligand, où le récepteur est généralement une protéine ou une acide nucléique molécule (ADN ou ARN) et le ligand est soit une petite molécule ou une autre protéine. Il peut également être défini comme un processus de simulation où une position de ligand est estimée dans un site de liaison prédit ou prédéfini. Le but du Docking moléculaire est de déterminer le mode d'interaction d'un complexe formé de deux ou de plusieurs molécules, en cherchant des orientations dans l'espace et des conformations favorables pour la fixation d'un ligand à un récepteur (D. Duhovny et al 2006). Selon ROY (2015) et ses collaborateurs le docking peut être classé en :

- 1) Docking de : protéine avec petite molécule (ligand)
- 2) Docking de : protéine avec acide nucléique
- 3) Docking de : protéine avec protéin

Dans ce mémoire Nous avons utilisé Le Docking moléculaire via le logiciel Molecular Operating Environment (MOE) afin d'étudier l'affinité et l'interaction entre molécules (enzyme), et récepteurs (ligands) de 18 épices de la cuisine Nord-Africaine (l'aneth, l'anis étoilé, la cannelle, les clous de girofle, cubèbe, cumin, curcuma, le gingembre, la coriandre, la réglisse, le carvi, la noix de muscade, la cardamome, le piment, le poivre, quatre épices, le safran, et le thym), afin d'identifier de potentiel molécules pouvant avoir un effet anticancéreux de la prostate par une activité d'inhibition significative des récepteurs androgènes (AR).

## VI. MATÉRIEL ET MÉTHODES:

Préparation de l'enzyme : L'enzyme étudié est un androgène récepteur humain, Télécharger à partir de la base de données RCSb sous la forme PDB, l'enzyme a été préparé via logiciel MOE (image 1)

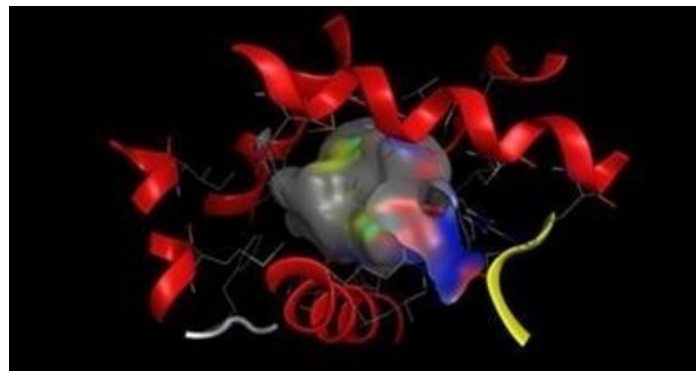


Image 1(photo personnelle) : enzyme validé

Préparation des ligands : Les ligands étudiés ont été prises à partir de la littérature, à partir des articles et thèses universitaires, en cherchant sur la composition phytochimique des épices et leurs huiles essentielles. Après l'enregistrement et le classement des ligands de chaque épice dans des dossiers séparés, nous avons téléchargé la structure 3D de ses ligands

Après la préparation de l'enzyme et des bases de données de chaque épice, nous avons réalisé le docking (image 2)

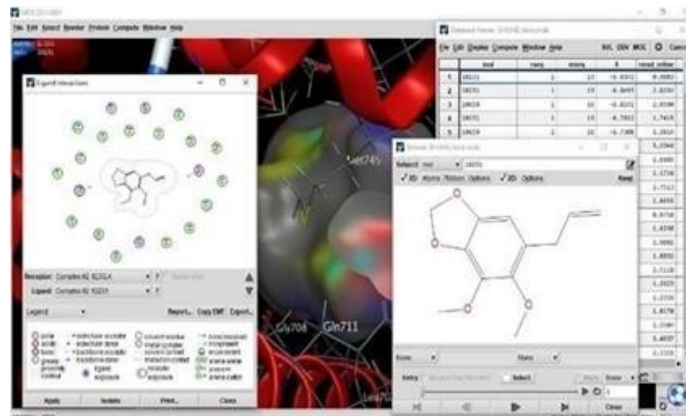


Image 2 (photo personnelle) : résultats docking

VII. RESULTATS ET DISCUSSION

D'après les résultats les molécules qui ont donné de meilleurs scores sont :

Epices	Ligands	CID	Scores(Kcal /mol)
Ligand de référence		261000	-9,392
l'aneth	Dill apiol	10231	-6,9343
la cannelle	Stérol	1107	-7,8373
Cardamome	€-nerolidol	5284507	-7,8085
girofle	Kaempferol	5280863	-7.6389
cubèbe	€-nerolidol	5284507	-7.8058
cumin	Beta caryophyllene	5281515	-6.6359
anis étoilé	margaric acid	10465	-8.2615
la réglisse	Licochalcone B	5318999	-7.6421
la noix de muscade	Elemicin	10248	-7.0458
piment	1-hexadecene	12395	-7.8925
carvi	beta-seline	5281516	-7.2512
la coriandre	acide Oléique	445639	-8.8267
thym	beta-bisabolene	10104370	-7.3228
safran	kampferol	5280863	-7.6395
poivre	nerolidol	5284507	-7.8055
quatre -épices	E-nerolidol	5284507	-7.8088
gingembre	6-Isoshogaol	11694761	-8.6532
curcuma	bisabolone-9-one	/	-8.2356

Tableau 1 : Energie des complexes formés (récepteur-ligand) enKcal /mol

Les résultats ont montré quatre meilleurs scores :

1. L'ANIS ÉTOILÉ :

le margaric acid donne un score de -8.2615 kcal/mol. Selon la figure 1, on remarque une interaction de type H-donneur avec la méthionine (745) d'une distance de 4.43 Å et une énergie de -1 kcal/mol, et une interaction de type H-accepteur avec l'arginine (752) d'une distance de 3.14Å et une énergie de -0.7 kcal/mol.

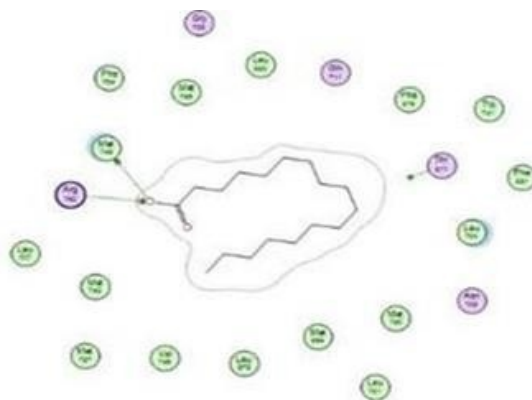


Figure 1 : interactions entre le margaric et l'enzyme

2. la coriandre :

l'oleic donne un score de -8.8267 kcal/mol. Selon la figure 2, on remarque une interaction de type H- accepteur avec l'Argénine (752) d'une distance de 2.93Å et une énergie de -1.2 kcal/mol

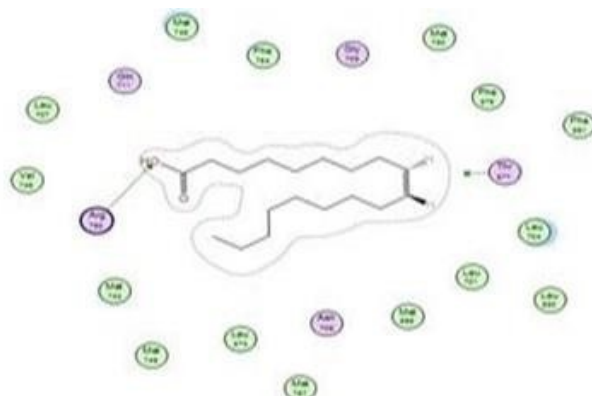


Figure 2 : interactions oleic-enzyme

3. gingembre :  
le 6-isochoagaol donne un score de -8.6532 kcal/mol. Selon la figure 3, on remarque une interaction de type H-donneur avec la méthionine (745) d'une distance de 3Å et une énergie de -1.6 kcal/mol

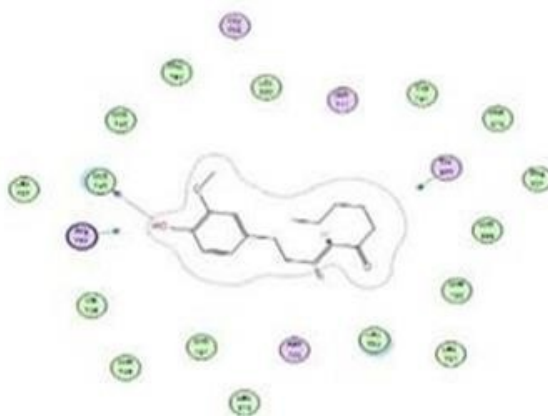


Figure 3 : interactions 6-isochoagaol-enzyme

4. curcuma :  
Selon la figure 4 : on remarque que le ligand n'a pas fait d'interaction avec l'enzyme

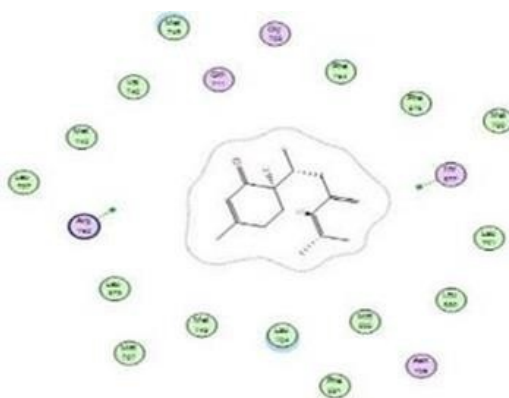


Figure 4 : interactions bisabolene-9-one et enzyme

D'après ces résultats nous pouvons remarquer que l'acide oleique de la coriandre a le meilleur score proche de celui deligand de référence.

#### VIII. CONCLUSION

Nous pouvons conclure que l'acide oléique de la coriandre ayant un score proche de celui de ligand de référence (le metribolone), peut être considéré comme potentiel candidat avec un effet inhibiteur susceptible, et qui peut faire stopper ou diminuer la progression du cancer de la prostate. Ce travail a démontré l'intérêt thérapeutique des épices contre le cancer de la prostate et encourage les hommes à consommer beaucoup de coriandre afin de prévenir la maladie. Comme dit le proverbe « Mieux vaut prévenir que guérir »

#### Références :

- (1) Imming, P. Chapter 2 - Medicinal Chemistry: Definitions and Objectives, Drug Activity Phases, Drug Classification Systems. In *The Practice of Medicinal Chemistry (Third Edition)*; Wermuth, C. G., Ed.; Academic Press: New York, 2008; pp 63–72. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374194-3.00002-0>.
- (2) Ou-Yang, S.; Lu, J.; Kong, X.; Liang, Z.; Luo, C.; Jiang, H. Computational Drug Discovery. *Acta Pharmacol. Sin.* **2012**, *33* (9), 1131–1140. <https://doi.org/10.1038/aps.2012.109>.
- (3) *The Practice of Medicinal Chemistry - 4th Edition*. <https://shop.elsevier.com/books/the-practice-of-medicinal-chemistry/wermuth/978-0-12-417205-0> (accessed 2023-07-29).
- (4) *Medicinal Chemistry: An Introduction, 2nd Edition* | Wiley. Wiley.com. <https://www.wiley.com/en-us/Medicinal+Chemistry%3A+An+Introduction%2C+2nd+Edition-p-9780470025970> (accessed 2023-07-29).
- (5) *Les médicaments, qu'est-ce que c'est ?* Sparadrap. <https://sparadrap.org/enfants/medicaments/quest-ce-quun-medicament> (accessed 2023-07-29).
- (6) <https://www.facebook.com/inserm.fr>. *Développement du médicament · Inserm, La science pour la santé*. Inserm. <https://www.inserm.fr/dossier/medicament-developpement/> (accessed 2023-07-29).
- (7) *Développement des médicaments - Développement des médicaments Introduction Conception d'un - Studocu*. <https://www.studocu.com/fr/document/universite-de-lille/pharmacologie/developpement-des-medicaments/1949198> (accessed 2023-07-29).
- (8) *Pharmacokinetics and Pharmacodynamics* | ConciseMedical Knowledge. <https://www.lecturio.com/concepts/pharmacokinetics-and-pharmacodynamics/> (accessed 2023-07-29).
- (9) Themes, U. F. O. *Drug Action: Pharmaceutic, Pharmacokinetic, and Pharmacodynamic Phases*. Nurse Key. <https://nursekey.com/drug-action-pharmaceutic-pharmacokinetic-and-pharmacodynamic-phases/> (accessed 2023-07-29).
- (10) Sliwoski, G.; Kothiwale, S.; Meiler, J.; Lowe, E. W. Computational Methods in Drug Discovery. *Pharmacol. Rev.* **2014**, *66* (1), 334–395. <https://doi.org/10.1124/pr.112.007336>.



## **L'impact de l'acquisition des connaissances sur l'innovation organisationnelle : Cas des entreprises tunisiennes**

**Aida ARJOUN**

Docteur en Management, FSEG de Sfax (Tunisie)

aida.arjoun@gmail.com

**Boudabbous Sami**

Professeur en Management, FSEG de Sfax (Tunisie)

Samiboudabbous2002@yahoo.fr

### **Résumé :**

Dans notre environnement complexe et en évolution rapide, les connaissances personnelles sont enrichies et sont devenues plus efficaces dans le processus de négociation collective, créant ainsi un capital social. La combinaison des connaissances individuelles dans la sagesse collective est la clé de l'innovation, qui est considérée comme un phénomène social et humain majeur. En approfondissant notre raisonnement, cette dimension sociale et humaine confère la pérennité à toute entreprise. Cette capacité organisationnelle s'avère cruciale car le fait de posséder des connaissances confère un avantage substantiel. C'est l'aptitude à les mobiliser et les déployer qui va produire de la valeur. La présente recherche permet d'analyser la relation entre l'acquisition des connaissances avec l'innovation au sein des organisations tunisiennes. Afin de déterminer cette relation, une méthode quantitative a été adoptée. Les résultats révèlent l'existence d'une influence significative entre l'acquisition des connaissances et l'innovation administrative.

Les mots clés: l'acquisition des connaissances – l'innovation administrative – l'innovation technique.

### **Abstract :**

In our complex and rapidly changing environment, personal knowledge is enriched and has become more effective in the collective bargaining process, thereby creating social capital. The combination of individual knowledge in collective wisdom is the key to innovation, which is considered a major social and human phenomenon. By deepening our reasoning, this social and human dimension gives sustainability to any company. This organizational capacity proves to be crucial because possessing knowledge confers a substantial advantage. It is the ability to mobilize and deploy them that will produce value. This research makes it possible to analyze the relationship between the acquisition of knowledge with innovation within Tunisian organizations. In order to determine this relationship, a quantitative method was adopted. The results reveal the existence of a significant influence between the acquisition of knowledge and administrative innovation.

Keyword: Acquisition of knowledge - Administrative innovation – Technical innovation.

## **1. Introduction**

Dans les pays en développement, le recours aux initiatives de gestion de la connaissance est une question nouvelle pour de nombreuses organisations (Chawla et Joshi, 2010). La nécessité de telles recherches augmente avec la réduction des budgets disponibles et la recherche de ressources durables par les entreprises (Liao et al, 2008; Yang, 2008). Selon Plessis (2007) et Huang (2009), il existe un autre facteur important ayant une influence comme la performance, la capacité de survie et la compétitivité organisationnelle. Il s'agit de l'innovation. Par conséquent, Chaston (2012) a récemment étudié le rôle de la gestion des connaissances au sein des organisations en matière d'innovation et a constaté que ces deux pratiques ont un impact majeur sur la performance. Dans le même temps, de nombreuses organisations ont commencé à changer après les difficultés qui les ont obligées à réfléchir sur de nouvelles approches susceptibles de les aider à devenir compétitives (Chua and Goh, 2008). Cette situation a mis en évidence le besoin d'obtenir des résultats à l'issue de l'emploi de différentes initiatives impliquant la gestion des connaissances dans les différents programmes organisationnels. Néanmoins, il y a très peu d'études dans la littérature qui examinent les effets de l'acquisition des connaissances sur l'innovation technique et administrative des organisations, et il n'existe pas de modèle clair permettant de tester l'ampleur de cette influence (Kör&Maden, 2013). C'est dans ce contexte que l'enjeu est de donner une réponse à la question centrale suivante : Quelle est l'impact de l'acquisition de la connaissance sur l'innovation organisationnelle dans les entreprises tunisiennes ?

Cette recherche a pour objectif d'expliquer l'utilisation appropriée des initiatives organisationnelles, et plus particulièrement de gestion des connaissances. Pour ce fait, il est utile d'étudier et de définir les liens qui existent entre les catalyseurs les plus importants de l'acquisition des connaissances et les principaux types d'innovations (technique et administrative).

Afin d'atteindre cet objectif, cela nous permet de comprendre dans quelle mesure l'acquisition des connaissances peuvent apporter une valeur ajoutée pour toute entreprise innovante.

## **1. Contexte et Revue de la littérature :**

### **2.1 Le processus d'acquisition**

L'acquisition est un processus de gestion des connaissances qui permet d'en produire. De nombreux termes sont utilisés pour décrire ces processus: acquérir, chercher,

produire, créer, capturer et collaborer. Tous ces termes ont un thème commun pour l'accumulation des connaissances. Un autre aspect d'acquisition est l'innovation qui consiste à créer de nouvelles connaissances par l'application de connaissances existantes. Cela exige un effort important et un degré d'expérience élevé pour capturer de nouvelles connaissances. Selon Mills (2013), l'amélioration des connaissances utilisées et l'acquisition efficace des connaissances nouvelles sont également les aspects clés de l'acquisition. Deux exemples de ces procédés sont l'analyse comparative et la collaboration. Pour l'analyse comparative, une organisation identifie des pratiques remarquables d'organisations et évalue ensuite l'état actuel d'un processus particulier pour identifier les écarts et les problèmes. Une fois que ces pratiques sont identifiées, l'organisation peut capturer la connaissance pour toute utilisation intérieure.

Selon Gold (2001), la création des connaissances organisationnelles exige le partage et la dissémination d'expériences personnelles (c'est-à-dire, la collaboration). La collaboration s'effectue à deux niveaux dans l'organisation: entre les individus et entre le réseau associé à l'organisation. La collaboration entre les individus rassemble des différences individuelles pour la création de la connaissance (par exemple, le style cognitif, des outils préférés, des formations, et des expériences). Ceci suppose que l'interaction entre les individus promouvra l'apprentissage. La collaboration entre les individus est également la base pour la socialisation de la connaissance. La collaboration entre plusieurs organisations est aussi une source potentielle des connaissances pour faciliter son acquisition. Selon Hung (2013), la technologie de partage, le mouvement du personnel et les liens entre l'organisation et les partenaires d'alliance aident à l'accumulation de connaissance.

Gold (2001) affirme que la capacité d'acquisition de la connaissance est basée sur la capacité absorptive d'une organisation car les compétences nécessaires pour l'innovation ne se trouvent pas dans une organisation unique.

Nous pouvons dire que le processus d'acquisition d'informations est réalisé avec deux points de vue différents. Ce sont tout d'abord les acquis de la gestion des connaissances y compris l'exploitation par le biais de connaissance disponible. L'information essentielle est prise par les facteurs de son environnement, y compris ses clients, ses concurrents, ses fournisseurs, et d'autres qui influencent et sont influencés par la performance de l'entreprise. Ce sont ensuite les acquis de la gestion des connaissances, y compris le recyclage de l'exploration au moyen de partage et la synthèse des connaissances. Les idées et les informations, qui vont modifier ce qui est fait et comment il est fait, sont utilisées par l'entreprise (Allameh et Abbas, 2010). Les entreprises ont la possibilité de recombinaison les

connaissances et d'en générer de nouvelles grâce à l'acquisition de connaissances du marché externe et leurs employés (Yli-Renko et al. 2001).

## **1.2 Adoption de l'innovation**

Cette recherche porte sur l'innovation au niveau organisationnel. Dans ce contexte, l'innovation est définie comme le développement et / ou l'utilisation de nouvelles idées ou des comportements (Walker, 2006). Une nouvelle idée concerne un nouveau produit, des services, un marché, des structures opérationnels et administratifs, des processus et des systèmes. Une innovation est considérée comme nouvelle à un adaptateur individuel, à une sous unité organisationnelle, à une organisation dans son ensemble, ou à l'ensemble du secteur, de l'industrie ou la population organisationnelle. Walker (2006) a défini l'innovation comme nouvelle pour l'organisation adoptive. Les organisations innovatrices sont sujettes à une pression exercée par l'environnement externe comme la concurrence, la pénurie de ressources et les demandes des clients, ou à cause d'un choix organisationnel interne, comme l'obtention de compétences distinctives, et l'augmentation de l'étendue et de la qualité des services. D'une manière ou d'une autre, l'adoption de l'innovation vise à assurer un comportement adaptatif pour maintenir ou améliorer la performance.

Cette vision de l'adoption de l'innovation est principalement influencée par la perception de l'organisation en tant que système ouvert. Ainsi, les organisations sont examinées comme des systèmes adaptatifs qui conduisent des changements afin de fonctionner efficacement. Plusieurs théories des organisations reposent sur la perspective du système ouvert. Par exemple, la théorie de la dépendance des ressources (Pfeffer et Salancik, 2003) met l'accent sur le «choix de gestion» pour gérer les dépendances environnementales et pour gagner des ressources essentielles pour que les dirigeants soient motivés à modifier les processus internes et à proposer de nouveaux produits ou des services pour maintenir des liens avec les clients ou le gouvernement qui fournissent ces ressources.

Selon Barney (1991), l'organisation met l'accent sur l'hétérogénéité des ressources et des capacités rares, précieuses, non substituables et inimitables dans le développement de compétences distinctives pour l'efficacité organisationnelle (Bryson et al, 2007). Il suggère que les ressources et les capacités complémentaires aideraient l'organisation à capitaliser sur l'innovation (Di Vaio, 2021). L'implication de ces théories pour cette étude est que l'adoption combinatoire de différents types d'innovations dans les différentes parties de l'organisation augmenterait les capacités de changement adaptatif. Nous supposons donc que les organisations s'adaptent aux pressions concurrentielles et / ou institutionnelles du milieu

extérieur en adoptant les compositions de nouveaux services et des pratiques internes pour maintenir une distinction des compétences qui les aident à augmenter leur performance.

La recherche sur l'innovation s'est distinguée en différents types d'innovations car ils ont des caractéristiques différentes et leurs adoptions ne sont pas affectées de manière identique par des mesures environnementales et des facteurs organisationnels (Jansen et al, 2006). Des recherches antérieures suggèrent également que le processus de génération des différents types d'innovations au sein de l'industrie et leur adoption au niveau organisationnel, n'est pas similaire (Daft, 1978). Les chercheurs en innovation ont introduit de nombreuses typologies conceptuelles d'innovation. Par exemple, Zaltman et al. (1973) ont identifié environ 20 types d'innovation regroupés en fonction de l'état de l'organisation. Dans cette variété des types d'innovations, la plus connue et la plus étudiée des typologies de l'innovation est la distinction entre les innovations produit et processus.

Une autre typologie largement reconnue mais moins recherchée est la distinction entre l'innovation technologique (Aussi appelé «technique») et l'innovation administrative également appelé «organisation» et «Gestion») (Birkinshaw et al, 2008). Edquist et ses collègues (Edquist et al., 2001; Meeus et Edquist, 2006) ont suggéré que ces deux typologies ont offert une taxonomie qui distingue entre deux types d'innovations de produits («en biens» et «en services») et deux types d'innovations procédurales («technologique» et «organisationnelle»). Gary Hamel (2006) a distingué entre deux types d'innovations de processus qui ressemblent à la distinction de Meeus et Edquist: l'innovation dans les processus opérationnels (tels que les services à la clientèle, la logistique et l'approvisionnement) et les innovations dans les processus de gestion (comme la planification stratégique, le projet de gestion et l'évaluation des employés). Selon Edquist et al (2006), il existe quatre types d'innovations qui s'appliquent aux organisations: les innovations de services, les innovations en matière de processus technologiques et les innovations en matière de processus administratifs.

#### ❖ *L'innovation de service*

Barras (1986) a défini un produit comme un bien ou un service offert au client. La recherche sur l'innovation n'a pas distingué les produits de l'innovation de service c'est-à-dire que les services offerts par les organisations du secteur des services sont conceptualisés pour être similaires aux produits introduits par les organisations dans le secteur manufacturier. Cette vision a été adoptée parce que les innovations en matière de produits et de services ont une orientation externe et leur introduction entraîne une différenciation de la production de l'organisation pour satisfaire leur client. Par conséquent, comme les innovations

de produits, les moteurs des innovations de services sont principalement la demande des clients pour les nouveaux services et le désir des dirigeants de créer de nouveaux services, de commercialiser ou de trouver de nouvelles niches de marché pour la sortie des services. Compte tenu de l'importance accordée aux besoins des clients dans le secteur des services, la nature de l'innovation en matière de services est de mieux comprendre leurs exigences grâce à la relation avec l'utilisateur du service. Ainsi, nous définissons les innovations de services comme l'introduction de nouveaux services aux clients existants ou nouveaux et d'offrir des services existants aux nouveaux clients.

#### ❖ *L'innovation de processus*

Contrairement aux innovations de produits ou de services, les innovations de procédé ont une focalisation interne et visent à accroître l'efficacité et l'efficience d'un processus organisationnel interne pour faciliter la production et la livraison de biens ou de services aux clients (Miković, R, 2020). Les nouveaux processus peuvent être associés au noyau technologique ou au système technique de l'organisation (les innovations de processus technologiques) ou au noyau administratif ou au système social de l'organisation (les innovations de processus administratifs). L'innovation des processus technologiques correspond à l'introduction de nouveaux éléments dans une organisation de système de production ou une opération de service pour produire ou offrir des services aux clients. Les moteurs de ces innovations sont principalement la réduction du temps de livraison, l'augmentation de la flexibilité opérationnelle et la réduction des coûts de production. Par conséquent, les innovations en matière de processus technologiques modifient l'exploitation d'un processus et des systèmes d'organisations (Meeus et Edquist, 2006). Dans les organisations de services, ces innovations sont principalement associées à la technologie de l'information (Miles, 2001). Pour la parcimonie, nous nous référons maintenant à cette innovation comme «innovation technologique». Les innovations de processus administratifs sont de nouvelles approches et pratiques pour motiver et récompenser les membres de l'organisation, aussi de concevoir la stratégie et la structure des tâches au sein de l'organisation. Les innovations technologiques sont directement reliées au travail primordial de l'activité de l'organisation et engendrent des changements dans les systèmes d'exploitation. De plus, les innovations administratives sont indirectement liées à l'activité de travail de base de l'organisation et affectent principalement ses systèmes de gestion. Les innovations de processus administratif concernent les changements dans la structure et les processus de l'organisation, les systèmes administratifs, les connaissances utilisées dans l'exécution du travail de gestion, et les compétences managériales qui permettent le bon fonctionnement de

l'entreprise en utilisant les ressources efficacement. En outre, nous nous référons à ce type d'innovation comme «l'innovation administrative».

En général, l'innovation organisationnelle est définie comme la création d'une nouvelle idée et d'un nouveau comportement dans une l'organisation (Damanpour&Gopalakrishnan, 2001). Les dimensions de l'innovation organisationnelle sont extrêmement complexes et multiples ; elles sont examinées à partir de deux aspects : la largeur de l'innovation qui comprend des politiques, des systèmes administratifs, des processus, des produits, des services; et la profondeur de l'innovation, qui comprend le degré d'influence et l'effet sur la rentabilité à long terme (Chuang, 2005). Fondamentalement, il existe deux types distincts de l'innovation organisationnelle qui sont classés dans la plupart des études, à savoir l'innovation technologique et l'innovation administrative. Chuang (2005) a également réparti l'innovation technologique en des dimensions secondaires : l'innovation de produit et l'innovation de processus ; tandis que l'innovation administrative reste distincte de deux autres. Selon Mavondo, Chimhanzi et Stewart (2003), l'innovation organisationnelle est classée en trois dimensions, à savoir : l'innovation de produit, l'innovation de processus et l'innovation administrative. Ces trois dimensions sont les prédécesseurs importants pour les entreprises de fabrication qui ont la capacité d'améliorer les performances ou l'efficacité, de résoudre des problèmes, de créer une valeur ajoutée, et d'être à l'origine d'un avantage concurrentiel. L'innovation de produit, l'innovation de procédé et l'innovation administrative sont très importantes dans l'amélioration de la performance de l'entreprise.

### **2.3 La relation entre l'acquisition des connaissances et l'innovation organisationnelle :**

Comme il est cité dans leur article 'The Relationship between Knowledge Management and Innovation in Turkish Service and High-Tech Firms', Burcu Kör et Ceyda Maden (2013) ont affirmé que le processus d'acquisition des connaissances qui est liée à l'utilisation des connaissances existantes ou à la capture de nouvelles connaissances, renforce une organisation d'apprentissage. Grâce à l'acquisition de connaissances à la fois à l'intérieur et à l'extérieur de l'organisation, chaque membre de l'organisation peut augmenter sa capacité à transformer les connaissances actuelles en nouvelles connaissances. Les nouvelles connaissances permettent d'augmenter le stock de connaissances disponibles pour les organisations.



De plus, l'accès et la création de nouvelles connaissances diminuent l'incertitude, et ouvrent de nouvelles opportunités pour appliquer et exploiter des connaissances. Elles favorisent également la création de résultats innovants. Comme l'innovation exige des expériences et des efforts concertés dans la reconnaissance des connaissances existantes et la capture de nouvelles connaissances, ceci s'accroît essentiellement grâce à l'acquisition de connaissances. Par ailleurs, l'acquisition des connaissances est positivement liée à l'innovation administrative et technique.

Conformément aux discussions précédentes, les hypothèses suivantes sont formulées :

- **H1: Le processus d'acquisition des connaissances est positivement lié à l'innovation administrative.**
- **H2: Le processus d'acquisition des connaissances est positivement lié à l'innovation technique.**

## **2. La méthodologie de la recherche :**

### **Le questionnaire**

Le développement de la recherche quantitative dans les sciences sociales tend à opérationnaliser les concepts, les instruments, les perceptions et les opinions (Bryman, 1984). Le questionnaire est développé soit par l'adaptation d'un outil préexistant, soit par la création d'un nouveau questionnaire. Cependant, comme première étape au développement d'un instrument personnalisé dans cette recherche, plusieurs autres questionnaires sont considérés comme des instruments des recherches possibles (Boumarafi et Jabnoun, 2008, Al-Alawi et al, 2007, Zaim et al, 2007, SyedIkhsan et Rowland, 2004). Le questionnaire de l'enquête est conçu à partir d'une vaste revue de la littérature et une série de questionnaires conçus à partir de documents bien établis. Il est développé pour comprendre d'abord le statut de l'organisation, confirmant ainsi la similitude et l'unicité de la culture de l'organisation.

Pour évaluer la validité de notre modèle de recherche, les mesures d'items sont généralement adoptées pour l'amélioration de la confiance que les constructions d'intérêts ont précisément évaluée et ainsi la mesure de la variable sera plus cohérente. Les mesures d'items multiples sont utilisées pour la plupart des variables pour l'amélioration de la fiabilité et la validité des mesures. De plus, les variables sont mesurées avec les échelles de Likert qui fournit l'avantage de standardisation et la détermination de la quantité d'effets relatifs.

Le facteur d'acquisition de connaissances se compose de sept items (Acq1, Acq2, Acq3, Acq4, Acq5, Acq6 et Acq7), les répondants indiquent dans quelle mesure s'acquiert des connaissances par leurs clients, les partenaires et les employés

Après avoir distingué les recherches précédentes (Damanpour, 1991; Ibarra, 1993), la présente étude adopte deux dimensions d'innovation, y compris l'innovation technique et l'innovation administrative. Une échelle de likert à cinq degrés, (Fortement en désaccord, légèrement en désaccord, neutre, légèrement en accord, fortement en accord), sur la base des travaux d'Ibarra (1993), reflète la mesure dans laquelle les entreprises sont satisfaites du développement d'activités d'innovation.

Cette étude examine la dimensionnalité de nos mesures en effectuant une analyse factorielle en composantes principales avec rotation varimax (Hair et al., 1998). Le facteur d'innovation administrative comprend quatre items (adm1, adm2, adm3, adm4) pour mesurer l'étendue de la réactivité aux changements environnementaux et au degré de l'innovation administrative en termes de procédures de planification et de systèmes de contrôle de processus.

Le facteur d'innovation technique consiste en quatre items (tech1, tech2, tech3, tech4) dans la mesure où la société développe de nouvelles technologies, incorpore les technologies en de nouveaux produits et facilite l'élaboration de nouveaux procédés permettant d'améliorer la qualité et de réduire les coûts.

### **L'échantillonnage**

L'enquête préliminaire est adoptée afin de purifier les instruments de mesure et de vérifier leur dimensionnalité. Elle assure la mise en œuvre des étapes 3 et 4 du paradigme de Churchill (1979). Par conséquent, nous avons choisi un échantillon composé de 252 individus. Ce nombre est largement suffisant car il favorise l'établissement des analyses exploratoires appropriées (ACP et Alpha de Cronbach).

### **La collecte des données**

Nous avons distribué approximativement 450 questionnaires au total et nous avons reçu 260 remplis, soit un taux de réponse de 58%. Après la vérification, nous avons retenu 252 questionnaires exploitables. Cette analyse présente une description de la structure de l'échantillon selon certaines caractéristiques, d'une part, le profil des répondants, leur âge et le nombre d'année d'expérience et, d'autre part, les entreprises sélectionnées à savoir : le secteur, la date de création, la localisation, le nombre de salariés, le niveau d'éducation et, enfin, les dépenses en formation.

### **L'analyse descriptive**

Après l'exploitation des questionnaires, nous avons constaté que la plupart de nos interlocuteurs sont des dirigeants (48 %), des responsables de ressources humaines (30%), des responsables marketing (12%), des responsables qualité (5%) et les responsables financiers (5%). Ce taux important des réponses des dirigeants s'explique par l'intérêt qu'accordent ces derniers au but de la recherche qui touche directement les cadres supérieurs.

La plupart des entreprises retenues dans cette étude sont moyennement âgées (71,42%) créées entre 1980 et 2010. L'entreprise la plus vieille étant installée depuis 54 ans, alors que la plus jeune est créée en 2010. Ainsi, 33,33% des entreprises enquêtées sont localisées à Monastir, 57% à Tunis et à Sousse, et, enfin, 10% des entreprises sont localisées à Mahdia. Nous constatons que la majorité des répondants travaillent dans des entreprises de moyennes tailles dans la mesure où 47,61% des entreprises ont un effectif compris entre 50 et 200 salariés. En effet, 33,33% des entreprises ont un effectif supérieur à 50 salariés. En outre, 19,04% des entreprises ont un effectif inférieur à 50 salariés. En plus, 60% des répondants ont obtenu leur licence (ou maîtrise) et 31% des répondants ont obtenu leurs diplômes de master (bac+5) dans laquelle 9% d'effectifs ont un diplôme de doctorat. Nous constatons aussi que la plupart des répondants sont âgés entre 30 ans et 40 ans et 30% des répondants ont dépassé 40 ans. Aussi bien, 65% des répondants ont une expérience supérieure à cinq ans.

La répartition selon le secteur d'activité indique que l'échantillon est représenté par un ensemble d'entreprises opérant dans le secteur industriel et agro-alimentaire (48%), le secteur commercial (17%). En outre, nous observons que le secteur de service représente (32%) ainsi que celui de bâtiments n'occupe que de faibles proportions dans la totalité de l'échantillon (8,31%).

### **3. La discussion des résultats**

Afin d'apprécier la dimensionnalité et d'évaluer la fiabilité des items composant nos échelles de mesure, il est indispensable de réaliser une ACP pour examiner la structure factorielle des différents items de notre questionnaire. Cette première analyse doit être complétée par le calcul de l'alpha de Cronbach pour vérifier la fiabilité de cohérence interne entre les items de l'échelle de mesure. Ces deux tests seront appliqués à l'ensemble des échelles qui constituent notre questionnaire

Dans notre questionnaire, nous avons proposé plusieurs questions qui portent sur la gestion des connaissances. Ces questions représentent des variables (items) qui reflètent l'acquisition des connaissances. Avec un KMO = 0.783, notre échantillon est acceptable. La mesure de précision de l'échantillonnage est égale à  $0.783 \geq 0.5$  donc nous pouvons dire que

l'indice de KMO est moyen (KMO est entre 0,60 et 0,80). La signification d'erreur de test de Bartlett est nulle, donc l'échantillonnage est représentatif. L'indice de KMO de 0,783 est qualifié de moyen avec un test de sphéricité de Bartlett qui est statistiquement significatif ( $P=0,000$ ) et une bonne qualité de représentation.

Les facteurs retenus pour cette ACP permettent d'extraire plus de 70% des informations initiales de chaque item. Nous remarquons également que l'information minimale extraite dans le premier item est 70.4 % et est jugé acceptable. L'examen de la variance expliquée totale montre l'existence de deux composantes ayant une valeur propre supérieure à 1. La valeur propre de la première composante est de 2,933. Elle explique 41,9% de la variance totale. Quand à la deuxième composante, sa valeur propre est de 1,926. Elle explique 28,25% de la variance totale. La variance totale expliquée des deux composantes affiche un score de 70,12 %.

L'acquisition de connaissances est la première dimension de la gestion des connaissances. Elle est mesurée par 7 items. Chacun des items rend compte des connaissances qui peuvent être acquises auprès des partenaires : les fournisseurs, les clients, et les concurrents. Rappelons que la cohérence interne de ce sous construit est de l'ordre de 0,70. Les contributions factorielles sont satisfaisantes ce qui permet de dire que la validité convergente est acceptable.

Concernent l'acceptabilité de l'alpha de Cronbach : « Nunally et Bernstein (1994) préconisent un seuil minimum de 0,70. Dans notre cas, l'alpha de Cronbach de l'échelle de l'acquisition des connaissances nous donne  $0.76 > 0.7$ . Cette valeur d'alpha nous indique une bonne cohérence interne entre les items.

La valeur du KMO de la variable innovation technique est égale à 0,758, ainsi que la valeur de KMO de la variable administrative qui est égale à 0,707. Cela montre donc la possibilité de procéder à la factorisation de ces huit items Il nous indique que les corrélations entre les items sont de bonne qualité. La qualité de représentation des items est, aussi, satisfaisante avec des communautés supérieures à (0.5). Il découle de ces valeurs que les conditions d'application de l'ACP sont vérifiées. Le test d'unidimensionnalité montre le nombre de facteurs nécessaires pour récupérer jusqu'à 74% de l'information de ces huit facteurs. Le coefficient d'alpha de Cronbach de la variable innovation technique est égal à 0,764 et le coefficient d'alpha de Cronbach de la variable administrative est égale à 0,713 qui atteste de leur bonne cohérence interne. C'est-à-dire que l'échelle d'innovation

organisationnelle a une fiabilité satisfaisante. C'est un taux acceptable validant les deux facteurs de l'innovation organisationnelle.

La première hypothèse issue de la littérature correspond plus précisément à l'analyse du lien entre la variable « Acquisition des connaissances » et la variable « Innovation technique ». Elle a fait l'objet de plusieurs recherches effectuées par (Zhou et al, 2006). Ainsi, nos résultats conduisent à rejeter cette hypothèse relative à l'impact de l'Acquisition des connaissances sur l'innovation technique. En effet, cette relation n'est pas **significant** car( $CR=1,616 < 1,96$  ;  $p=0.001 < 0.05$ ), le lien structurel entre les deux variables est égal à 0.532.

Ces résultats impliquent le rejet de l'hypothèse (H1), et montrent que l'acquisition des connaissances n'a pas d'effet significatif sur l'innovation technique. On peut dire donc que nos résultats ne corroborent pas avec les résultats de Saida Habhab-Rave (2012), qui a suggéré que l'acquisition des nouvelles connaissances constitue en fait les enjeux fondamentaux dans le progrès d'innovation. C'est ainsi que Callon & al. (1995) ont souligné l'importance de l'acquisition des connaissances pour le développement de l'innovation technique.

De ce fait, l'acquisition des connaissances a une influence négative et n'est pas significative sur l'innovation technique.

La deuxième hypothèse avance que la variable «Acquisition des connaissances» a un effet direct positif sur « l'innovation administrative». Cette hypothèse a fait l'objet de recherche de Huang & Lai (2014) et Karami et al (2015) qui suggèrent que l'acquisition des connaissances améliore la capacité des entreprises à innover.

Nos résultats indiquent que ( $CR=2,093 > 1,96$  et  $p=0,033 < 0.05$ ), le lien structurel entre les deux variables est égal à 0,464. Cette hypothèse est validée, de ce fait « l'acquisition des connaissances» a une influence directe et positive sur « l'innovation administrative ».

Cette recherche est d'autant plus importante qu'elle permet de montrer aux responsables qu'il est absolument nécessaire de prendre en compte des éléments à court ou long terme car ils peuvent représenter des leviers directs ou indirects. La prise en compte de ces nouveaux éléments leur permettra d'atteindre leurs objectifs. Selon Bochémier (2006), une organisation possède un avantage concurrentiel lorsqu'elle dispose de ressources et de compétences uniques et difficiles à imiter, qui lui permettent de procurer une valeur ajoutée. Yuen (2007) voit que cet avantage concurrentiel est possible par l'innovation continue dans une organisation.

En outre, les processus de gestion des connaissances doivent être continuellement améliorés. L'entreprise doit veiller à ce que l'acquisition des connaissances se fasse également continuellement car le risque serait de laisser se perdre les connaissances en ne mettant pas en place suffisamment de méthodes pour permettre l'apprentissage. L'innovation est un résultat non stable, une entreprise ne peut pas se permettre de cesser de trouver de nouvelles innovations, sinon elle perdra sa position sur le marché.

Cette recherche est d'un grand soutien pour une organisation de petite taille se rêvant plus grand, pour une organisation de moyenne taille et pour une organisation de grande taille. C'est un soutien car c'est dans ces cas de figure que la gestion des connaissances est indispensable pour l'entreprise pour arriver à l'innovation.

#### **4. Conclusion**

Dans notre environnement complexe et en évolution rapide, les connaissances personnelles sont enrichies et plus efficaces dans le processus de négociation collective, créant ainsi un capital social. La combinaison des connaissances individuelles dans la sagesse collective est la clé de l'innovation, qui est considérée comme un phénomène social et humain majeur. En approfondissant notre raisonnement, cette dimension sociale et humaine confère la pérennité à toute entreprise. Cette capacité organisationnelle s'avère cruciale car le fait de posséder des connaissances confère un avantage substantiel. C'est l'aptitude à les mobiliser et les déployer qui va produire de la valeur.

La présente recherche permet d'analyser la relation entre les processus de la gestion des connaissances avec l'innovation au sein des organisations tunisiennes. Nous nous sommes concentrés sur le concept de « gestion des connaissances », qui est considérée parmi les meilleures pratiques par laquelle les organisations génèrent de valeur à partir de leur capital intellectuel. L'importance de cette initiative aide les organisations à conserver constamment des caractéristiques spécifiques, meilleures que les concurrents et qu'il est difficile de les imiter.

Les résultats de la recherche ont permis, aussi, de combler les lacunes recensées dans la littérature sur le manque de recherches scientifiques qui mettent en relation la gestion des connaissances avec l'innovation organisationnelle dans différents secteurs. Cette constatation fait écho à ce que les spécialistes de la gestion du savoir, (Davenport et Prusak, 2000) ont recommandé à savoir que les pratiques de gestion des connaissances doivent s'implanter au sein de l'organisation pour avoir une meilleure innovation.

De plus, il est important de bien exploiter ces connaissances pour aider les organisations à développer et à renforcer leur compétitivité dans l'économie du savoir. Cette constatation confirme les travaux de Lundvall et Nielsen (2007), qui ont compris l'importance de l'influence de la gestion des connaissances, en particulier lorsque les connaissances tacites se raréfient.

# Contribution de la technologie à l'efficacité de la formation e-learning

## Contribution of technology to the effectiveness of e-learning

Réaliser par

Hanène LOUATI <sup>#1</sup> ET Achouak CHOUCANE <sup>\*2</sup>

*#1 Assistant professor, à Saudi Electronic  
University (Saudia Arabia)*

[Louati.hanene@laposte.net](mailto:Louati.hanene@laposte.net)

*\*2 Docteur en sciences de gestion  
À la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Sfax  
Université de Sfax-Tunisie  
Laboratoire de Gouvernance, Finance et Comptabilité*

[achwakchouchane@yahoo.fr](mailto:achwakchouchane@yahoo.fr)



**RESUME**— Les pratiques de formation, en général, et l'e-learning en particulier présentent des spécificités dans le contexte tunisien, d'où l'intérêt et la pertinence d'une étude qu'on pourrait y mener. Ce constat nous conduit à assigner à cette recherche l'objectif de proposer un modèle d'évaluation de l'efficacité de l'e-learning du point de vue des apprenants. Il nous a été donné de constater en effet, que les employés ayant suivi l'e-learning sont les mieux placés pour évaluer les résultats et les bénéfices perçus de ce mode de formation, et pour apprécier l'efficacité effective de la formation dispensée. Les raisons de l'évaluation de la formation e-learning sont les mêmes que celles qui ont conduit à l'évaluation de la formation traditionnelle.

Dans le cadre de ce travail de recherche, nous avons appliqué une démarche méthodologique déductive avec une méthode quantitative de recueil et d'analyse des données. Nous avons ainsi, construit un modèle que nous validons à l'aide des méthodes d'équations structurelles; à partir d'un échantillon de 250 employés tunisiens. Les résultats obtenus conduisent à souligner l'importance du facteur technologique dans l'amélioration des résultats de la formation e-learning.

**Mots clés**— évaluation, efficacité, e-learning, technologie, formation

**Abstract**— The training, in general, and the e-learning particularly, have some specifications in Tunisian context, that's way the importance of a search that we can do. This can we lead to assign to this research, the goal to propose a model of evaluation of e-learning effectiveness in the term of learner's reactions. Indeed the employees having assisting the e-learning are the most implicated to evaluate the results and the benefits of this training mode, and to appreciate the actual effectiveness of the training ; the reasons of the e-learning evaluation are the same as those that conduce to the evaluation of traditional training. For this evaluation, and in this case of research, we have applied a deductive methodological approach with a quantitative method of data collection and data analysis. Thus, we have constructed a model that we validate using structural equation methods; from a sample of 250 Tunisian employees. The results lead to show the importance of the technological factor in improving the outcome of the e-learning training.

**Keywords:** evaluation, effectiveness, training, e-learning, technology

## I. INTRODUCTION

Les renouvellements des savoirs et des compétences, observés ces dernières années, ont changé profondément la place qu'occupait la formation dans la gestion des ressources humaines. Les fréquents et rapides changements de l'environnement obligent les employés à s'adapter à l'évolution de la technologie et aux nouvelles pratiques de travail. D'où la nécessité pour les entreprises de former leurs salariés, rapidement et à moindre coût (Marc, 2014).

Relevons que le développement d'Internet a eu pour conséquences, non seulement l'émergence de nouvelles pratiques et de nouveaux métiers, mais aussi une transformation des métiers existants. Dans ce sens, Kalika (2000) relève que : « tous les secteurs, tous les métiers, toutes les fonctions de l'entreprise ont été, sont ou seront bouleversés par Internet » (p.1). Tout comme l'ensemble des fonctions de l'entreprise, la formation est concernée par le développement de l'usage des technologies de l'information. Elle ne peut faire « l'économie d'une appropriation du changement qui affecte les ressources internes de l'entreprise dans leurs rapports au savoir » (Baujard, 2005, p. 22). Désormais, la formation à distance (FAD), que l'on nomme aussi, depuis quelques années, « e-learning » ou « e-formation » (Marc, 2014), s'impose de plus en plus, dans les entreprises.

En effet, par sa capacité de concilier les objectifs d'acquisition des connaissances et de développement des compétences, l'e-learning se hisse aux premiers plans des stratégies de formation puisqu'il favorise l'évolution de la formation et son adaptation au nouvel environnement de travail (Roussel, 2001).

Toutefois, l'e-learning ne signifie pas seulement l'utilisation d'internet, mais aussi tout processus d'apprentissage sur support électronique (les ordinateurs, les CD-ROM, les téléphones mobiles, les tablettes, etc) (Henri et Plante, 2018). En cela, il permet de supprimer les distances et les frontières entre individus, de réduire les contraintes spatio-temporelles imposées par la formation traditionnelle et d'augmenter le potentiel d'accès au savoir par la réduction de la distance et la flexibilité. C'est dans

les résultats qu'il obtient et dans les effets prévus et imprévus qu'il produit, que l'e-learning trouve sa justification.

Dans cette démarche, nous nous proposons d'analyser la notion d'efficacité de l'e-learning et de proposer un cadre d'évaluation de cette efficacité, à travers les réactions des apprenants, en termes de satisfaction par rapport à la formation suivie et de perception de son utilité ; d'autant que ces apprenants ont une meilleure opinion sur l'e-learning et sont mieux à même d'évaluer son efficacité.

## II. CADRE THEORIQUE

L'évaluation des actions de formation, qu'il s'agisse d'une formation traditionnelle ou basée sur les TIC, est une nécessité évidente si l'on veut s'assurer de l'atteinte des objectifs visés par tout programme de formation, ainsi que des retours d'expériences.

En effet, dans un contexte professionnel, l'e-learning doit contribuer au développement personnel et professionnel des travailleurs. Il doit, en outre, être à la base des améliorations de la performance de l'entreprise. Ces enjeux constituent déjà un défi dans les formations classiques. Or en e-learning, l'utilisation des technologies peut parfois être la cause d'échec ou d'abandon de la formation. Dans ces conditions, le besoin d'évaluer les résultats et les impacts individuels et organisationnels est sine qua non dans tout projet de mise en place d'un système de formation e-learning. Il ne reste pas moins que la problématique d'évaluation de l'e-learning ne doit pas être dissociée du cadre plus général d'évaluation de la formation. Aussi, est-il nécessaire de clarifier dans ce qui suit, la notion d'évaluation de la formation et de présenter les travaux théoriques ayant traité cette problématique.

### II. 1. L'EVALUATION DE LA FORMATION

De Simone et al (2003) présentent l'évaluation de la formation comme étant une « collecte systématique d'informations descriptives et jugementales nécessaires pour prendre des décisions efficaces liées à la sélection, l'adoption, la valeur et la modification de diverses activités de formation » (p.2). L'idée maitresse de cette définition est que l'évaluation permet la collecte d'informations à la fois descriptives et jugementales. Ce sont justement ces deux types d'informations qui permettent d'évaluer le développement des ressources humaines.

Les informations de type jugements sont fournies par ceux qui sont impliqués dans le programme, alors que les informations descriptives émanent de personnes non impliquées.

À partir de là, on déduit que la notion de l'évaluation, présente un ensemble de données pertinentes concernant un programme de formation, ou certains aspects de ce programme, pour pouvoir juger de son efficacité et prendre les décisions qu'il se doit.

Il ne reste pas moins que l'expression « évaluation de la formation » est ambiguë, et se prête selon Dunberry(2006), à de multiples interprétations puisqu'elle se réfère soit à l'évaluation de l'efficience ou à celle de l'efficacité.

Selon Gérard (2001), «l'évaluation de l'efficience de la formation s'attarde sur la nature et le volume des moyens mis en œuvre pour exécuter le programme de formation et, donc, pour atteindre ses résultats»(p. 63).

Toujours est-il que si l'évaluation de l'efficience en matière de formation est généralement facile du fait de la possibilité du calcul des coûts lors de la formation rendant ainsi simple l'évaluation de l'efficience, l'évaluation de l'efficacité de la formation semble plus complexe (Gilibert et Gillet, 2010).

De façon générale, l'efficacité se rapporte à l'atteinte de résultats. Selon Roy et Savoie (2012), l'efficacité d'une personne ou d'une organisation est déterminée par la mesure de l'atteinte de ses objectifs. Ainsi, l'efficacité ne peut que traduire une réussite dans l'atteinte des objectifs et des résultats recherchés.

Notons cependant, la différence entre les notions de «résultats d'une formation » et « efficacité d'une formation ». Distinction que certains auteurs ont mise en exergue (Alvarez et al., 2004). Selon ces auteurs, l'ensemble des méthodes et techniques mis en œuvre pour mesurer les différents

niveaux de résultats déterminent l'évaluation des résultats d'une formation. Ils ajoutent que l'évaluation de l'efficacité d'une formation désigne « l'étude des variables susceptibles d'influencer les résultats d'une formation à différents niveaux du processus, c'est-à-dire avant, durant et après la formation » (Choichard, 2010, p.118). Ces variables qu'on appelle « variables d'efficacité », permettent de comprendre pourquoi tels les résultats d'une formation acceptables ou à rejeter.

Cette distinction est intéressante, car elle permet de mieux comprendre le contexte de la recherche et mieux cerner la problématique étudiée.

#### L'ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE LA FORMATION E-LEARNING

Au cours des années 1959 et 1960, Kirkpatrick a mis au point un modèle d'évaluation de la formation classique considéré comme une référence pour l'élaboration de processus d'évaluation. Ce modèle propose d'évaluer l'effet de la formation sur la base de quatre niveaux: les réactions des participants, l'apprentissage, le transfert et les résultats de l'organisation. Chacun de ces niveaux est perçu comme une étape du processus d'évaluation. Chaque niveau est un préalable nécessaire pour assurer l'efficacité du niveau suivant (Kirkpatrick, 1998).

Yennek (2015), considère que ce modèle présente l'avantage de synthétiser le processus complexe de l'évaluation des formations. C'est pourquoi il est le plus utilisé que ce soit par les professionnels de la formation que par les chercheurs travaillant sur l'évaluation des actions de formation.

Alliger et Janak (1989), répliquent que la popularité du modèle de Kirkpatrick est certainement attribuable à sa pertinence et à sa simplicité. Il ne reste pas moins que dans la littérature sur l'évaluation de la formation, on peut déceler plusieurs critiques adressées à ce modèle (Alliger et Janak, 1989 ; Holton, 1996 ; Bates, 2004). La plus virulente est celle de Holton (1996) qui considère l'approche de Kirkpatrick comme étant une simple typologie des résultats de la formation qui se limite à identifier ce qui doit être évalué et non un modèle ou encore moins une théorie. En effet, selon cet auteur, un véritable modèle d'évaluation de la formation devrait mieux préciser les résultats de la formation et tenir compte des variables intermédiaires ou encore les déterminants d'efficacité.

En ce qui nous concerne, notre objectif est d'intégrer certains déterminants de l'efficacité de la formation e-learning dans un modèle d'évaluation des réactions des participants. En effet, chercher à connaître les perceptions des employés à l'égard de la formation reçue, constitue un critère utile d'évaluation de son efficacité (Wall et al., 2004). Pour Kirkpatrick (1998), les réactions des apprenants représentent le premier niveau des résultats de la formation. En effet, connaître les réactions des participants est certes insuffisant mais cela reste une condition nécessaire à l'efficacité des actions de formation.

Plusieurs raisons plaident en faveur du choix de ce niveau d'évaluation. En premier lieu parce que l'évaluation par les réactions des participants est la méthode la plus utilisée par les entreprises (Morgan et Casper, 2000). Ensuite, les résultats d'une analyse récente concernant le pouvoir explicatif de l'efficacité, montre une équivalence entre les quatre niveaux d'évaluation de Kirkpatrick (Arthur et al, 2003). Par ailleurs, l'évaluation du niveau de satisfaction des personnes formées par rapport à l'action de formation est facile à effectuer. Ensuite, la mesure de l'efficacité de la formation en fonction de l'apprentissage nécessite une évaluation de la performance, avant et après formation. On peut la mesurer en attribuant une note, ou une appréciation qualitative; ce qui nécessite plus de temps et davantage de fonds.

En outre, mesurer l'efficacité de la formation en fonction du transfert pose un certain nombre de difficultés, particulièrement lorsque le changement ne se manifeste qu'après un certain temps. Le changement est inaperçu lorsque la mesure est prise trop tôt, elle ne montrera pas ce changement. Lorsque le changement apparaît au bout d'un certain temps, il n'est pas évident de l'attribuer à l'action de formation, puisque d'autres facteurs peuvent entrer en jeu.

Finalement, et selon (Alliger et Janak, 1989 ; Holton, 1996 ; Duberry, 2006), les contraintes organisationnelles rendent difficile la collecte de données nécessaire pour l'évaluation et la mesure les résultats de la formation c'est-à-dire l'impact de la formation sur l'entreprise.

#### MODELE CONCEPTUEL DE LA RECHERCHE

L'e-learning est un mode de formation qui se caractérise par le recours à la technologie. De ce fait, la technologie est l'outil qui sert à mettre en œuvre la stratégie de formation ou d'apprentissage.

Plusieurs chercheurs s'accordent sur le fait que les facteurs technologiques sont considérés comme les principaux déterminants pouvant affecter l'efficacité d'une formation e-learning (Piccoli et al. 2001 ; Selim, 2007 ; Marc, 2014 : Ben Zammel et al. 20016). En effet, la prolifération des technologies de l'information a entraîné des changements radicaux dans les méthodes formation (Selim, 2007). L'utilisation efficace et efficace des technologies d'information dans la prestation de la formation e-learning est donc d'une importance critique pour le succès de ce mode de formation.

Dans cette recherche, nous tenterons d'étudier le rôle de la technologie et son influence sur l'efficacité de l'e-learning en termes des réactions des apprenants.

#### • *LA TECHNOLOGIE*

Le facteur technologique est d'une importance capitale pour l'e-learning. Il contribue largement à son succès. Dans ce sens, plusieurs chercheurs admettent que la qualité et la fiabilité de la technologie ainsi que l'accès facile aux équipements matériels et logiciels constituent d'importantes causes déterminantes de l'efficacité de la formation e-learning, en particulier la réaction affective des apprenants à l'expérience d'apprentissage (Hiltz, 1994 ; Webster et Hackley, 1997 ; Baudoin, et Tahsan Gay., 2013). En effet, les problèmes technologiques peuvent causer des frustrations et des abandons (Ben Zammel et al., 20016), et même une perte de motivation de l'apprenant (Maor et Volet, 2007). Ces problèmes peuvent être liés, entre autres, à la mauvaise qualité des enregistrements, à l'accès difficile aux courriels, aux documents et aux logiciels de formation utilisés, des problèmes de microphone, des problèmes de navigation, etc.

Selon Volery et Lord (2000), la technologie se compose de trois dimensions. La première est relative à la facilité d'accès et de navigation à travers le site, la seconde se réfère à la structure visuelle et le design du cours en ligne, et la troisième dimension désigne le niveau de l'interaction.

Pour ces auteurs, ces différents aspects technologiques devraient être pris en considération lors du développement d'une formation e-learning. En effet, l'un des inconvénients fréquemment rapportés concerne les problèmes techniques rencontrés par les apprenants lors de l'accès au site Web de formation. Ces problèmes sont liés, par exemple, aux fréquentes interruptions de la connexion Internet et la lenteur de téléchargement d'une page, qui contribuent largement, à l'insatisfaction des apprenants (El louadi, 2006). Une technologie fiable peut être donc garante de la réussite de ce mode de formation.

En plus des problèmes liés à la fiabilité technologique, la structure visuelle et le design artistique de l'interface du cours jouent également un rôle important dans la formation de perceptions positives des apprenants vis-à-vis de la formation e-learning (Trevitt, 1995). Plusieurs auteurs insistent sur l'importance d'une conception adaptée de l'interface qui doit inclure, en plus de la haute technicité, une très bonne représentation artistique (Laurel, 1990).

Volery et Lord (2000) admettent, en ce sens, que la richesse perçue de la technologie influe fortement l'efficacité de l'e-learning, puisque ce mode de formation présente l'avantage de combiner à la fois des méthodes de communication synchrones et asynchrones, ainsi qu'une variété d'éléments didacticiels (texte, graphique, messages vidéo et audio).

Plusieurs chercheurs ont, par ailleurs, montré que ces différents éléments peuvent avoir une incidence sur la satisfaction des apprenants ainsi que sur la performance d'apprentissage globale (Chen, 2006 ; Liu et al. 2009 ; Sun et Cheng, 2007).

En outre, les outils d'apprentissage en ligne devraient être capables de fournir aux apprenants un large éventail de canaux de communication. Ceci est particulièrement important puisque la présence d'une configuration du réseau permettant à la fois des échanges synchrones et asynchrones entre les apprenants eux-mêmes ou avec le tuteur, ainsi qu'un accès facile et interactif aux informations et au savoir, affecte significativement la satisfaction des apprenants en ligne (Williams et al., 2005). En effet, l'absence de contacts de face-à-face entre le tuteur et les apprenants et entre les apprenants eux-mêmes implique que la communication dans un environnement d'apprentissage en ligne repose

en grande partie sur la technologie. D'où l'importance du rôle de l'interaction.

Plusieurs travaux de recherche admettent que l'interaction affecte significativement l'efficacité de la formation e-learning, et particulièrement les réactions des participants (Tallent-Runnels et al., 2006 ; Lim et al., 2007). En ce sens, Arbaugh (2000a) montre que plus l'interaction perçue entre les apprenants est élevée, plus leur satisfaction envers l'e-learning est accrue. Dans la même ligne d'idées, Choi et al (2007) notent que l'une des exigences les plus importantes pour la réussite de l'e-learning est l'utilisation d'une technologie qui peut permettre l'interaction entre le formateur et l'apprenant, d'un côté, et entre les apprenants, d'un autre côté, et ceci à travers un feedback direct.

Ces constats nous amènent à proposer l'hypothèse de recherche de recherche suivante :

Hypothèse 1 : la technologie a une influence positive sur l'efficacité de la formation. Il s'ensuit ainsi, que :

Hypothèse 1a : la technologie a une influence positive sur la satisfaction des participants.

Hypothèse 1b : la technologie a une influence positive sur la perception des participants de l'utilité de la formation.

#### • **L'EFFICACITE DE LA FORMATION : REACTIONS DES INDIVIDUS FORMES**

Dans notre démarche, et contrairement à d'autres recherches longuement critiquées ; nous nous proposons de mesurer l'efficacité de la formation à travers les réactions des participants. Nous mesurons ce critère d'évaluation de la formation en fonction de la satisfaction des participants et de leur perception de son utilité (Morgan et Casper, 2000). Cette approche nous semble pertinente d'autant que la réaction de l'apprenant face à un programme de formation peut prédire le transfert et le maintien des apprentissages en milieu de travail (Morgan et Casper, 2000 ; Yennek, 2015).

La plupart des recherches, qui ont étudié la relation entre les réactions et les autres niveaux d'évaluation et particulièrement l'apprentissage, soutiennent l'hypothèse que ces deux niveaux sont significativement liés (Tannenbaum et Woods, 1992), même si certaines études remettent en cause cette hypothèse (Alliger et Janak, 1989).

D'après Long Lori (2005), la mesure du construit « réactions » semble être l'élément qui cause cette différence. En effet, la plupart des travaux de recherche admettant que « les réactions » constituent un construit multidimensionnel trouvent un lien avec l'apprentissage (Alliger et al., 1997; Morgan et Casper, 2000 ; Tracey et al., 2001). Toutefois, les recherches, qui n'ont pas trouvé de lien significatif avec l'apprentissage, sont celles qui ont considéré le construit «réactions » comme étant un construit unidimensionnel (Alliger et Janak, 1989).

Il n'en demeure pas moins que les résultats de ces recherches soutiennent l'intérêt d'une conception multidimensionnelle des réactions des participants telle que postulée par Alliger et al. (1997)

En ce sens, Morgan et Casper (2000) notent qu' « une meilleure compréhension des différentes facettes des réactions des participants permettra de mieux comprendre les liens de causalité entre ces réactions et les autres critères d'évaluation de la formation (apprentissage, comportements, résultats) » (p. 304).

En ce qui nous concerne, nous suivons le pas de Warr et Bunce (1995), pour considérer ce critère d'évaluation comme bidimensionnel puisque nous le mesurons en fonction de la satisfaction des participants et de leur perception de l'utilité de la formation. Ceci nous permettrait d'éviter les nombreuses critiques qui ont entaché plusieurs autres recherches.

La satisfaction ou la réaction affective désigne l'ensemble des « croyances et attitudes » positives envers divers aspects de la formation e-learning. Alors l'utilité perçue traduit les perceptions par les salariés des gains d'apprentissage et de performance résultant de l'utilisation de l'e-learning, qui facilite l'acquisition de nouvelles connaissances nécessaires à l'exécution des tâches de travail et à l'amélioration du niveau des compétences détenues. De ce fait, la formation électronique est perçue comme un moyen pour atteindre de meilleurs statuts professionnels.

### III. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Afin de valider notre modèle causal, un questionnaire en ligne a été envoyé à 959 employés inscrits à l'école virtuelle de la poste de Tunisie ; entreprise publique tunisienne de service postal,

considérée parmi les premières entreprises ayant intégré les TIC dans leur stratégie de formation du personnel, et ceci à travers la mise en place d'une école virtuelle au service de ses employés. Cette expérience est considérée comme une expérience pionnière à l'échelle nationale et arabe, c'est pourquoi nous l'avons choisie, au niveau de ce travail, pour valider empiriquement le modèle de notre recherche.

Le mode d'administration par voie électronique fut privilégié car il présente beaucoup d'avantages liés à la garantie de l'anonymat des réponses, la rapidité d'administration et de recueil de données (Malhotra, 1993).

Après plusieurs mois d'accès au site hébergeant le questionnaire 250 questionnaires complets ont été retournés, soit un taux de réponse effectif de 26%.

La répartition de notre échantillon selon l'âge montre que les participants les plus jeunes (ayant moins de 35 ans) représentent 51,2%, en comparaison aux participants les plus âgés (ayant plus de 36 ans), qui représentent 49,8%. L'ensemble des participants, hommes et femmes, ont, pour la plupart, des diplômes moyens équivalents à « *moins que le bac* », « *Bac* » et « *Bac+2* ». Ces interviewés ont majoritairement moins de vingt années d'ancienneté dans leur entreprise (80%).

Afin de mesurer le concept de la technologie, nous avons repris les items proposés par Volery et Lord (2000) que nous avons complétés par deux autres items proposés par Palmer (2002). Les items choisis mesurent les différents aspects de la définition de la technologie à savoir la navigation et la facilité d'accès à l'information, le design de l'interface de formation, et le niveau d'interaction. L'échelle de mesure de cette variable comporte ainsi 11 items.

Pour mesurer les réactions des apprenants, nous avons adopté les échelles de mesure d'Arbaugh (2000b) et de Warr and Bunce (1995), afin de mesurer respectivement la satisfaction et l'utilité perçue (Annexe 1). Chacun des indicateurs de mesure a été soumis à une notation allant de 1 (pas du tout d'accord) à 5 (tout à fait d'accord).

#### IV. ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Les données collectées ont été analysées en deux étapes. En premier lieu, des analyses factorielles exploratoire et confirmatoire ont été conduites pour évaluer la dimensionnalité, la fiabilité et la validité des construits. En second lieu, les méthodes d'équations structurelles sous AMOS 19.0 ont été appliquées pour tester les relations entre les variables du modèle de l'efficacité de la formation.

##### • **RESULTATS DE L'ANALYSE FACTORIELLE EXPLORATOIRE**

L'analyse exploratoire a été conduite sous SPSS 20. La dimensionnalité des échelles de mesure a été évaluée par une analyse en composantes principales (ACP) avec rotation Oblimin. Un seul item a été éliminé. Il s'agit de l'item SAT4 dont les contributions sont partagées entre deux axes (Hair et al., 2006).

Les résultats de l'ACP, avec une rotation « Oblimin », nous ont permis d'identifier 5 facteurs représentant les deux construits présents dans l'analyse. Le construit «réactions» a été divisé en deux facteurs soit : les réactions affectives (la satisfaction) et les réactions liées à l'utilité.

Le construit technologie a été divisé en trois facteurs représentant respectivement la facilité d'accès et de navigation, le format et le design des cours sur le web et l'interaction.

Tous les items retenus ont des contributions factorielles supérieures à 0,5. La fiabilité et la cohérence interne des items constituant une seule dimension ont été évaluées par le coefficient alpha de Cronbach. Toutes les variables étudiées ont des coefficients alpha acceptables et situés entre 0,795 et 0,957. L'annexe fournit un tableau récapitulatif des principaux résultats de l'analyse exploratoire.

TABLEAU 1. RÉSULTATS DES ANALYSES EXPLORATOIRES

Items	Qualité de représentation					
		1	2	3	4	5
TEC1	,785		,924			
TEC2	,847		,903			
TEC3	,741		,774			
TEC4	,640					-,628
TEC5	,735					-,850
TEC6	,779					-,904
TEC7	,543					-,577
TEC8	,707					-,748
TEC9	,598			,632		
TEC10	,816			,895		
TEC11	,815			,910		
SAT1	,737	,812				
SAT2	,677	,770				
SAT3	,753	,688				
SAT5	,618	,541				
SAT6	,671	,589				
SAT7	,678	,602				
UTI1	,883				,863	
UTI2	,894				,882	
UTI3	,887				,873	
UTI4	,842				,883	
<b>Valeurs propres</b>		8.829	2.887	1.578	1,224	1,228
<b>Alpha de Cronbach</b>		<b>0.906</b>	<b>0.853</b>	<b>0.795</b>	<b>0.957</b>	<b>0.857</b>
<b>KMO = 0,899 Signification de Bartlett = 0,000</b>						
<b>Pourcentage cumulée de la variance expliquée = 74.504 %.</b>						

Source :SPSS18

• **RESULTATS DE L'ANALYSE FACTORIELLE CONFIRMATOIRE**

L'analyse factorielle confirmatoire nous permet de vérifier d'abord, la fiabilité des construits, ensuite, la validité convergente et enfin, la validité discriminante de notre modèle de mesure.

Comme le montre le tableau 3, le Rhô des Jöreskog indique des valeurs satisfaisantes dépassant le seuil minimal de 0,7. Le Rhô de la validité convergente est supérieur au seuil minimal préconisé de 0,5 pour chacun des dimensions obtenues. La validité discriminante a été vérifiée étant donné que la variance moyenne extraite est supérieure au carré de la corrélation entre les variables latentes. Ainsi, nous pouvons conclure que les dimensions obtenues sont fiables et valides.

Par la suite, l'analyse confirmatoire nous permet de vérifier la fiabilité et la validité des dimensions obtenues (Tableau 2). Ainsi, nous avons adopté la procédure de Fornell et Larcker (1981), afin de calculer la validité convergente et la validité discriminante des construits.

TABLEAU 2. VÉRIFICATION DE LA VALIDITÉ CONVERGENTE ET DE LA VALIDITÉ DISCRIMINANTE

	Rhô de Jöreskog	Rhô de validité convergente (VME)	Validité discriminante
<b>Facilité de la navigation</b>	0.861	0.721	$0.721 > \delta^2_{Nav-Des} = 0.376$ $0.721 > \delta^2_{Nav-Int} = 0.06$ $0.721 > \delta^2_{Nav-Sat} = 0.152$ $0.721 > \delta^2_{Nav-Uti} = 0.04$
<b>Design de l'interface</b>	0.860	0.683	$0.683 > \delta^2_{Des-Int} = 0.214$ $0.683 > \delta^2_{Des-Sat} = 0.332$ $0.683 > \delta^2_{Des-Uti} = 0.139$
<b>Interaction</b>	0.814	0.633	$0.633 > \delta^2_{Int-Sat} = 0.255$ $0.633 > \delta^2_{Int-Uti} = 0.129$
<b>Satisfaction</b>	0.872	0.658	$0.658 > \delta^2_{Sat-Uti} = 0.518$

Source : AMOS 20

• PRESENTATION DU MODELE CAUSAL ET VALIDATION DES HYPOTHESES DE RECHERCHE

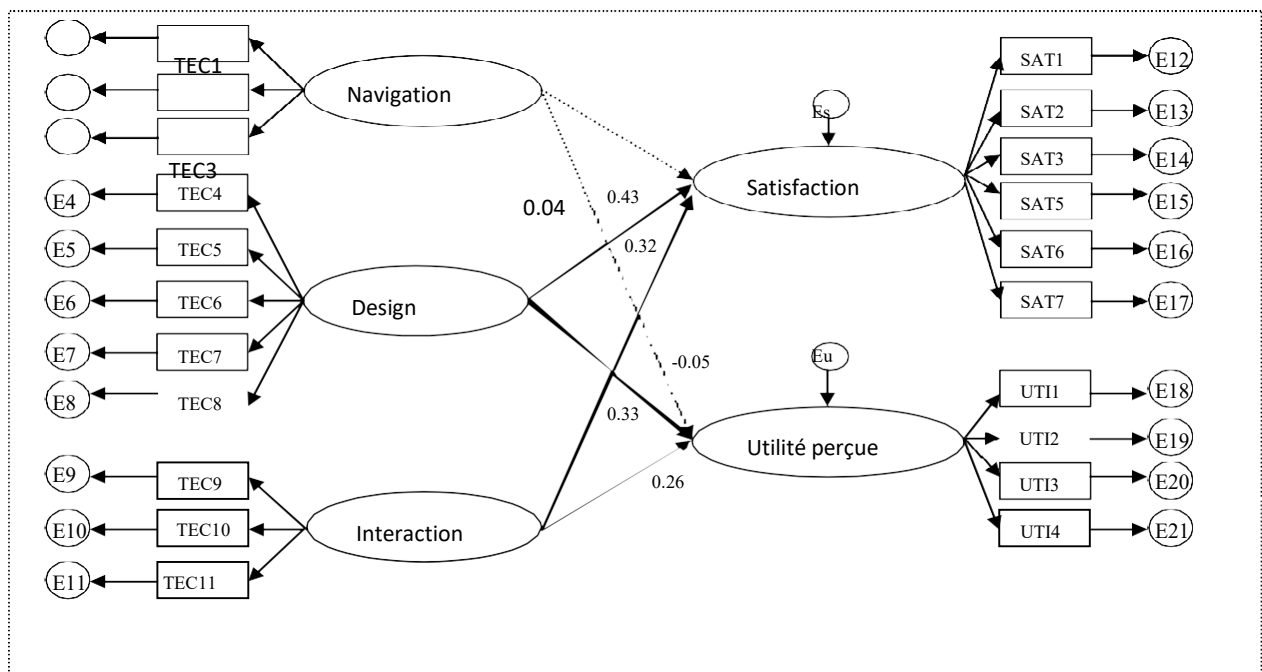


FIGURE 1. LE MODÈLE CAUSAL

Le modèle causal (Figure 1) permet de vérifier les hypothèses de recherche ainsi que l'intensité et la significativité des liens de causalité entre les variables latentes.

Le tableau 3 résume les indices d'ajustement qui peuvent être considérés bons. Le premier indice (Chi-2/ddl) satisfait le seuil préconisé de 2 à 5. Le RMSEA est acceptable. Le CFI est supérieur au seuil critique de 0,9. Le TLI est très proche de 0,9. Le GFI peut être considéré comme satisfaisant dans la mesure où sa valeur est proche du seuil préconisé de 0,9. En effet, cette valeur peut être due à la sensibilité de cet indicateur au nombre de paramètre à estimer et à la taille de l'échantillon (Hair et al. 1998 ; Roussel et al. 2002). le AGFI est supérieur à 0,8. L'ajustement du modèle de structure est par conséquent considéré satisfaisant.

TABLEAU 3 : L'AJUSTEMENT DU MODÈLE CAUSAL

Indice	Chi-deux normé	GFI	AGFI	RMSEA	TLI	CFI
<b>Valeur</b>	2.667	0.856	0.814	0.079	0.908	0.922



Source : AMOS 20

TABLEAU 4 : LES RÉSULTATS DU MODÈLE STRUCTUREL

LIENS		CR	
Facilité d'accès et de navigation	→	Satisfaction	ns
Facilité d'accès et de navigation	→	Utilité perçue	ns
Design de l'interface	→	Satisfaction	4.561***
design de l'interface	→	Utilité perçue	3.377***
Interaction	→	Satisfaction	4.395***
Interaction	→	Utilité perçue	3.429***

\*\*\* niveau de significativité de 1% ; n.s : non significative

Source : AMOS 20

Les résultats du tableau 4 montrent que le design du cours sur le web et l'interaction agissent simultanément sur les deux dimensions des réactions des apprenants, à savoir l'utilité perçue et la satisfaction. Les liens non significatifs dégagés sont relatifs aux effets de la facilité d'accès et de navigation sur les réactions des apprenants. Tous ces résultats seront expliqués et discutés dans la section suivante. Le modèle final issu des analyses statistiques est présenté par la figure 1.

#### V. DISCUSSION DES RESULTATS

Les résultats de notre étude empirique révèlent l'importance de certains facteurs dans la détermination des réactions envers l'utilisation de la formation électronique. Il en résulte que lors de la mise en place des projets e-learning, il est nécessaire de prendre en considération un certain nombre d'implications managériales.

En effet, les hypothèses H1a et H1b qui stipulent que la technologie influence l'utilité perçue de la formation e-learning et la satisfaction des apprenants à son égard ont été partiellement acceptées, puisque l'interaction est positivement liée aux dimensions des réactions des apprenants. Ce résultat est conforme à celui de Piccoli et al (2001) qui montrent que, dans le contexte des environnements virtuels d'apprentissage, l'interaction du participant avec la communication électronique joue un rôle important dans la mise en place d'une formation efficace, puisqu'elle permet de verbaliser la compréhension des apprenants et leur engagement dans un processus d'échange intellectuel.

Concernant le design de l'interface, ce facteur semble augmenter la satisfaction des apprenants envers la formation e-learning et affecte également leurs perceptions de son utilité. On a pu déduire, en effet, que les apprenants ayant jugé l'interface de formation en ligne est agréable et ayant considérés les cours dispensés comme étant bien présentés et exprimés par une large variété de médias ; sont ceux qui ont apprécié le plus la formation et sont, en conséquence, les plus satisfaits. Aussi peut-on considérer que le design de l'interface peut attirer l'attention des apprenants et améliore ainsi, l'efficacité de leur formation e-learning.

Ce résultat rejoint celui de Liu et al. (2009) qui ont montré que la richesse de la présentation des contenus d'apprentissage (texte, audio, vidéo) est positivement corrélée avec des niveaux élevés de concentration des apprenants, dans le contexte de la formation e-learning, combien même leurs résultats concernant l'utilité perçue sont restés mitigés.

S'agissant de la facilité d'accès et de navigation, ce facteur n'exerce aucun effet sur les réactions des apprenants, contrairement à l'hypothèse postulée. Ce résultat ne va pas dans le sens des travaux de (Hiltz, 1994 ; Webster et Hackley, 1997) qui soutiennent que la qualité, la fiabilité de la technologie et l'accès facile aux équipements matériels et logiciels constituent d'importantes causes déterminantes de l'efficacité de la formation e-learning, en particulier la réaction affective des apprenants à l'expérience d'apprentissage.

Cette divergence des résultats pourrait s'expliquer par le fait que, dans le contexte tunisien, la plateforme pédagogique présente certains problèmes (temps de connexion trop longs, coupures fréquentes de connexion surtout lors du déroulement des examens). Cela pourrait s'expliquer aussi par le fait que la majorité des cours fournis par la plateforme de formation à distance de l'école virtuelle de la poste sont des cours qui peuvent être imprimés sur papier et, par conséquent, la majorité des employés préfèrent réviser ces cours sur support papier et non à partir de l'ordinateur. En conséquence, la facilité d'accès et de navigation n'a pas vraiment trop d'importance pour les apprenants de l'école virtuelle de la poste tunisienne.

#### VI. CONCLUSION

Nul doute que l'importance du rôle de la technologie, comme déterminant de l'efficacité des actions de formation, est vérifiée dans le contexte tunisien. Pour ce travail de recherche, les développements théoriques nous ont permis d'esquisser un modèle examinant l'influence de certains facteurs liés à la technologie utilisée, sur les résultats d'une action de formation e-learning.

Les résultats auxquels nous sommes parvenus à l'issue de cette démarche révèlent différentes implications managériales qui concourent à l'amélioration de l'efficacité des actions de formation e-learning. Il s'agit de l'importance de la mise en place d'une plateforme technologique fiable et visuellement attractive. Le format des cours (texte, power point, sons, etc.) est d'une importance capitale étant donné qu'un cours en ligne ne se réduit pas à la transmission de contenu à l'aide de

supports numériques et à travers les réseaux, il est le produit d'une planification qui permet de croiser des nécessités pédagogiques et des possibilités techniques de manière à offrir le système d'apprentissage le mieux adapté aux exigences de la formation.

Le degré de l'interaction et de la communication électronique doit être aussi pris en considération étant donnée qu'il peut jouer un rôle important dans l'efficacité de l'e-learning en permettant aux apprenants de verbaliser leur compréhension et de s'engager dans un processus d'échange intellectuel.

Dans une recherche future, nous envisageons d'intégrer, en plus des réactions des participants, d'autres critères d'évaluation, et particulièrement ceux de l'apprentissage et du transfert de ce qui a été acquis en formation, ce qui va nous permettre, nous le pensons, à mieux appréhender les résultats des actions de formation pour mieux interpréter la variation des connaissances, et leur impact sur les attitudes et les aptitudes lors de l'application des connaissances acquises dans les situations réelles du travail. Nous tenterons aussi de vérifier la nature causale du lien qui existe entre les différents niveaux d'évaluation de la formation tels que décrits par le modèle de Kirkpatrick, tout en tenant compte de la multi dimensionnalité des réactions des participants.

#### REFERENCES

- [1] G. Alliger, S.I. Tannenbaum, W. Bennett, H. Traver and A. Shotland, "A meta- analysis of the relations among training criteria" *Personnel Psychology*, 50, 341-358,1997.
- [2] G.M. Alliger and E.A. Janak, "Kirkpatrick's levels of training criteria: Thirty years later", *Personnel Psychology*, 42, 331-342,1989.
- [3] K. Alvarez, E. Salas and C.M. "Garofano, An Integrated Model of Training Evaluation and Effectiveness", *Human Resource Development Review*, 3(4), 385-416, 2004.
- [4] J. B. Arbaugh, (2000a) " How classroom environment and student engagement affect learning in Internet- based MBA courses", *Business Communication Quarterly*, 63 (4), 9-26.
- [5] J.B. Arbaugh, (2000b) "Virtual classroom characteristics and student satisfaction with internet based MBA courses", *Journal of Management Education*, 24, 32-54.
- [6] W. Jr .Arthur, W. Jr. Bennett, P.S. Edens, and S.T. Bell, "Effectiveness of training in Organizations: A meta-analysis of design and evaluation features" , *Journal of Applied Psychology*, 88 (2), 234-245,2003.
- [7] R. Bates, "A critical analysis of evaluation practice: the Kirkpatrick model and the principle of beneficence", *Evaluation and Program Planning*, 27, 341-347, 2004.
- [8] E. Baudoin and G.L.Tahsan, "Déploiement du e-learning dans le cadre de la formation en entreprise : quel rôle de l'environnement social dans l'engagement des salariés ?" *Recherches en sciences de gestion*, 4 (97), 109-126, 2013.
- [9] C. Baujard, "Stratégie e-learning : quel mode d'apprentissage organisationnel", *Revue internationale sur le travail et la société*, 3 (2), 21-39,2005.
- [10] I. Ben Zammel , F. Chichti and J. E Gharbi, "Comment favoriser le transfert d'apprentissage dans l'organisation par le biais de l'utilisation du e-learning ?" Réflexion à partir du contexte tunisien . @ *GRH* , 3 ( 20 ) , 81-101, ISSN 2034-9130, 2016.
- [11] I. Bories-Azeau, *Enjeux et difficultés de l'évaluation de la formation des agents*. Communaux, Colloque AGRH, Repéré à [www.agrh2004-esg.uqam.ca/pdf/Tome3/BoriesAzeau.pdf](http://www.agrh2004-esg.uqam.ca/pdf/Tome3/BoriesAzeau.pdf).
- [12] H.Chen, Flow on the net—detecting Web users positive affects and their flow states.*Computers in Human Behavior*, 22, 221-233,2006 .
- [13] Y.Chochard, "Et si on évaluait le rendement de la formation en entreprise sur la base des compétences développées par le personnel ?", Présentation d'une nouvelle approche. *Bulletin de l'Observatoire Compétences-Emplois*, 1 (2), 1-14, 2010.
- [14] D.H.Choi, J. Kim and S.H, Kim, "ERP training with a web-based electronic learning system: The flow theory perspective", *International Journal of Human- Computer Studies*, 65, 223-243,2007.
- [15] R.L.De Simone, J.M. Werner, and D.M. Harris, *Human resource development*, Mason, South Western, 2003.
- [16] A. Dunberry, *Analyse des pratiques d'évaluation de la formation et de son rendement dans des entreprises performantes*. Rapport détaillé : CIRDEP UQAM,2006.
- [17] M. El louadi, Email as a teaching supplement in Tunisian:A three year experiment. The encyclopedia of developing regional communities with information and communication technology. Edited by Steward Marshall, Wall Taylor and Xinguo Yu. The University of the west Indies,2006 .
- [18] J. Eneau, Formation avec TIC en milieu de travail. *IN formation avec TIC en milieu de travail*, Document préparé pour le Réseau d'enseignement francophone à distance du Canada (REFAD),2005,repéré à [www.refad.ca/recherche/formation\\_tic/pdf/formation\\_tic.pdf](http://www.refad.ca/recherche/formation_tic/pdf/formation_tic.pdf).
- [19] C.Fornell and D.F.Larcker, "Evaluating structural equations models with unobservable variables and measurement error", *Journal of Marketing Research*, 18 (1),39-50,1981.
- [20] F.M. Gerard, "L'évaluation de la qualité des systèmes de formation", *Mesure et évaluation en éducation*, 24 (2-3), 53-77, 2001.

- [21] D. Gilbert, and I. Gillet, *Revue des modèles en évaluation de formation, approches conceptuelles individuelles et sociales. Pratiques Psychologiques*, 16, 217-238, 2010.
- [22] J.F. Hair, W.C. Black, B.J. Babin, R.E. Anderson and R.L. Tatham, (2006), *Multivariate Data Analysis* ( 6ème Edition.), Pearson Prentice Hall.
- [23] F. Henri and P. Plante , “ Qu’est-ce que le e-learning? Un collage de definitions”, 1-6, TED 1272 : Les TIC et l’apprentissage en milieu de travail, Université TÉLUQ,2018, Repéré à [https://r-libre.teluq.ca/1746/1/TED1272\\_texte3.2.pdf](https://r-libre.teluq.ca/1746/1/TED1272_texte3.2.pdf)
- [24] S.R. Hiltz, (1994). *The virtual classroom: Learning without limits via computer networks*, Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation, Norwood, NJ.
- [25] E.F. Holton, “The flawed four level evaluation model”, *Human Resources Development Quarterly*, 7 (1), 5-21,1996.
- [26] G.Jouvenel, and B. Masingue, *Les évaluations d’une action de formation dans les services publics. Enjeux, méthodes et outils*, Paris, Ed. de l’Organisation,1994.
- [27] M.Kalika, “L’émergence du e-management, Internet, remise en question des paradigmes en Sciences de Gestion”, *Cahier de recherche Crépa*, Institut Finance Dauphine, (57), 2000.
- [28] D.L. Kirkpatrick, *Evaluating training programs: The four levels*, Berret-Koehler, San Fransisco, 1998.
- [29] B. Laurel, *The art of human-computer interface design*. Reading, MA: Addison-Wesley,1990.
- [30] H. Lim , S.G. Lee and K. Nam, “Validating e-learning factors affecting training effectiveness”, *International Journal of Information Management*, 27, 22-35, 2007.
- [31] S.H. Liu , H.L.Liao and J.A. Pratt, “Impact of Media Richness and Flow on E-Learning Technology Acceptance”, *Computers & Education*, 52(3), 599-607,2009 .
- [32] K. Long-Lori, *The role of trainee reactions in online training*. Ohio LINK Electronic Theses and Dissertations Center,2005.
- [33] N. K. Malhotra, *Marketing research: An applied orientation*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall,1993.
- [34] D. Maor, and S.Volet, “ Engagement in professional online learning: A situative analysis of media professionals who did not make it”, *International Journal on E-Learning*, 6 (1), 95-117,2007.
- [35] J.Marc, “ Le recours aux formations en ligne (E-learning) dans la formation professionnelle des salariés” , Publication réalisé dans le cadre de l’étude EC2011-032, 1-72, 2014, <http://www.inrs.fr/dms/inrs/Publication/NOETUDE-P2014-176-01/ns327.pdf>
- [36] R.B. Morgan and W.J.Casper, “Examining the factor structure of participant reactions to training: A multidimensional approach”, *Human Resource Development Quarterly*, 11 (3), 301-317, 2000.
- [37] J.W. Palmer, “Web site usability, design, and performance metrics”, *Information Systems Research*, 13 (2), 151-167,2002.
- [38] G. Piccoli, R. Ahmad, and B. Ives, “Web-based virtual learning environments: a research framework and a preliminary assesment of effectiveness in basic IT skills training”, *MIS Quarterly*, 25 (4), 401-426, 2001 .
- [39] P.Roussel, Pour un développement de l’e-formation dans le prolongement du e- management, *Les notes du LIRHE*, (354),2001.
- [40] P. Roussel, F. Durrieu, E. Campoy, and A. Akremi, *Méthodes d’équations structurelles : recherche et applications en gestion*. Paris, Economica,2002.
- [41] F.Roy, and A. Savoie , Les critères d’efficacité en consultation : Le point de vue de praticien. *Le Travail Humain*, 75 (4), 377 -397, ISSN 0041-1868, 2012.
- [42] H. M. Selim, “Critical success factors for e-learning acceptance: “confirmatory factor models”, *Computers & Education*, 49 (2), 396-413, 2007.
- [43] P.C. Sun and H.K. Cheng, “The design of instructional multimedia in e-learning: A media richness theory-based approach”, *Computers and Education*, 49, 662-676, 2007.
- [44] M.K. Tallent-Runnels, J.A.Thomas, W.Y.Lan, S.Cooper, T.C.Ahern, S.M.Shaw andX. Liu, “Teaching courses online: A review of the research”, *Review of Educational Research*, 76, 93-135,2006.
- [45] S.Tannenbaum and S.B. Woods, «Determining a strategy for evaluating training: operating within organizational constraints», *Human Resources Planning Journal*, Vol.15, N°1, pp.63-82,1992.
- [46] J. B. Tracey, T.R. Hinkin, S. Tannenbaum, and J.E. Mathieu, “The influence of individual characteristics and the work environment on varying levels of training outcomes”, *Human Resource Development Quarterly*, 12 (1), 5-23,2001.
- [47] C.Trevitt, (1995, Février), Interactive Multimedia in University Teaching and Learning: Some Pointers to Help Promote Discussion of Design Criteria. *Paper presented at the Computers in University Biological Virtual Conference, CITI Liverpool*, February 30-10.
- [48] T. Volery and D.Lord, “Critical success factors in online education”, *International Journal of Educational Management*, 14 (5), 216-223,2000.
- [49] T.D.Wall, J. Michie, M. Patterson, S. J. Wood, M.Sheehan, C.W.Clegg and M.West, “On the validity of subjective measures of company performance”, *Personnel Psychology* (57), 95-118, 2004 .
- [50] P. Warr and D. Bunce,Trainee characteristics and the outcomes of open learning. *Personnel Psychology*, 48, 347-376,1995.
- [51] J. Webster and P. Hackley, “Teaching effectiveness in technology-mediated distance learning”, *Academy of Management Journal*, 40 (6), 1282-1309,1997.
- [52] K.N. Wexley and G.P. Latham, *Developing and training human resources in organizations*, NJ: Prentice Hall,2002.
- [53] P. Williams, D.Nicholas and B. Gunter, “ E-Learning: What the Literature Tells us about Distance Education”, *Aslib Proceedings: New Information Perspectives*, 57 (2),109-122,2005.
- [54] N. Yennek, “La satisfaction en formation d’adultes. *Savoirs*”, 2 (38), 9 -54, ISSN 1763-4229,2015.

## L'audit logistique et la traçabilité Logistics audit and traceability

### Auteurs :

Doctorante : Ghita Derfoufi  
Laboratoire Management, Stratégie et  
Gouvernance (MASRAG) – Ecole Nationale de  
Commerce et de Gestion - TANGER 90000  
[ghita.derfoufi@gmail.com](mailto:ghita.derfoufi@gmail.com)

Directrice de thèse : Mme BENRREZZOUQ Rhizlane  
Laboratoire Management, Stratégie et  
Gouvernance (MASRAG) – Ecole Nationale de  
Commerce et de Gestion - TANGER 90000  
[benrezzouq.rhizlane@gmail.com](mailto:benrezzouq.rhizlane@gmail.com)

## **Résumé :**

L'article part du principe d'analyse longitudinale d'un processus de mise en œuvre de la traçabilité totale dans une chaîne d'approvisionnement, en y identifiant les facteurs qui ont orienté sa mise en œuvre et expliquant l'évolution du système de traçabilité au sein de cette même chaîne d'approvisionnement. Après avoir exposé les objectifs et la méthodologie de travail, la première partie précisera les notions principales de notre recherche qui est basée sur l'audit logistique, puis, la deuxième partie s'appuiera essentiellement sur les étapes d'évolution du système de traçabilité de la chaîne étudiée avec les facteurs d'évolution associés.

Mots clés : Audit, chaîne d'approvisionnement, Traçabilité...

## **Abstract :**

The article starts from the principle of longitudinal analysis of a process for implementing total traceability in a Supply Chain, identifying the factors that have guided its implementation and explaining the evolution of the traceability system within of this same supply chain. After having exposed the objectives and the working methodology, the first part will specify the main concepts of our research which is based on the logistic audit, then, the second part will be based essentially on the stages of evolution of the traceability system of the chain studied with the associated evolution factors.

Keywords : Audit, Supply Chain, Traceability...

## Introduction :

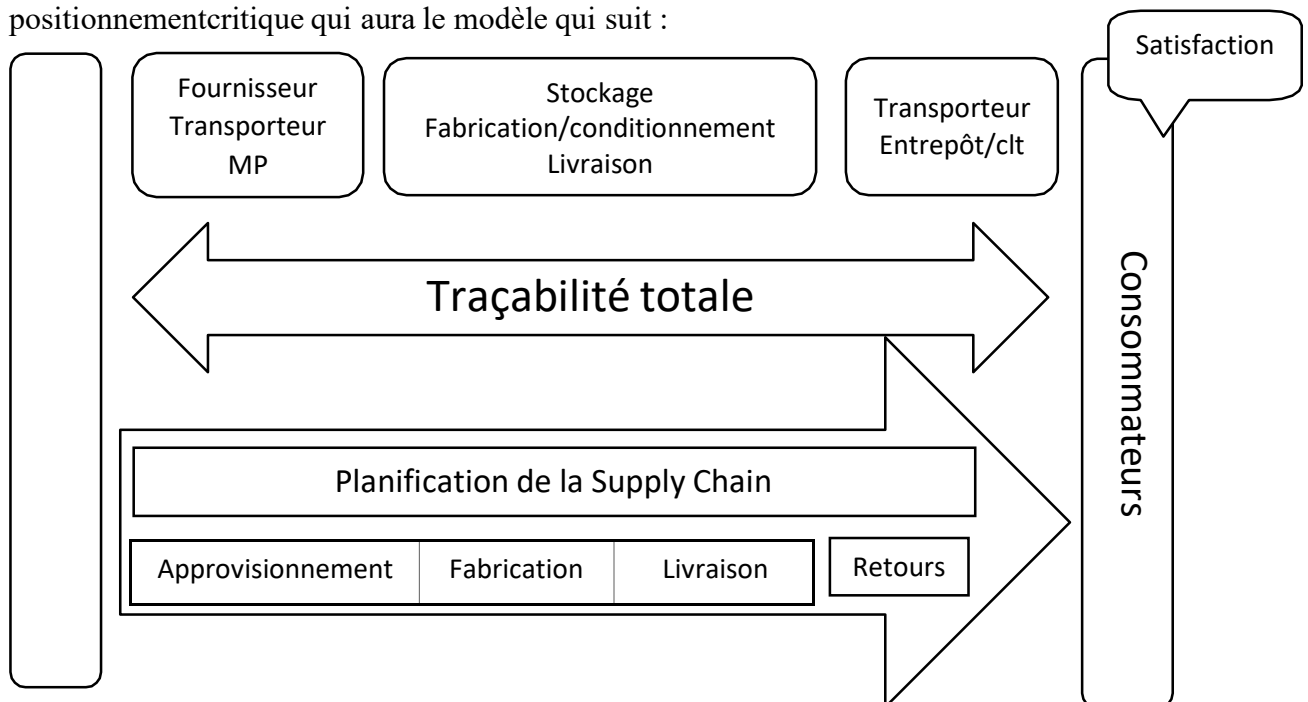
La loi des plus forts existe depuis toujours, toutefois, les PME essayent tout au mieux de se faire une place et à se positionner face à, peut-on dire, des puissances mondiales. L'apparition des nouvelles technologies, la concurrence acharnée, et l'exigence des besoins implicites et explicites du client, représentent les défis majeurs qu'une chaîne logistique confronte tout au long son cycle de vie. Dans ce sens, la sécurisation de la Supply Chain (SC) et le maintien de la réalisation des promesses faites au client, malgré les aléas et incidents susceptibles de perturber les processus, est devenue une priorité pour tout haut placé. Comme il est indéniable que, même les entreprises qui avaient une Supply Chain solide et bien ficelée, ont connu/connaittent des périodes difficiles dans tous les niveaux, qu'on est-ils des PME ?

De ce fait, l'objectif principal de la thèse consiste à garantir une traçabilité totale de la SC afin de cerner son caractère stratégique et de faire son suivi ainsi que celui de la logistique, et ce afin de permettre aux dirigeants d'avoir une gouvernance cognitive étant donné que le guide pratique leur permettra d'optimiser la recherche des ressources et capacités spécifiques, ainsi que les opportunités stratégiques qui en découlent, en plus de la traçabilité.

De nombreux travaux se sont consacrés à l'optimisation de la chaîne logistique en évoquant ses caractéristiques, ses avantages et ses limitations. Le point commun que soulignent ces derniers est la limite en termes de qualité et de retour de marchandises. En effet, quoiqu'il ne soit pas commun de se soucier de ce genre de détail, ça pourrait être la clé de succès des entreprises. Pour cela, il faudra bien calculer le retour sur investissement de chaque charge dédiée à l'optimisation de tous les composants de la chaîne logistique permettant à une entreprise de gérer efficacement le cycle qui conduit de la conception, à la commande et à la livraison (dans les deux sens), ceci dans le but de livrer les clients en temps et en heure des produits de qualité et au meilleur prix.

Notre travail se basera sur les modèles classiques tel que : Modèle SCOR (Supply Chain Operations Reference (1996) : Mesurer la performance des processus logistique + Optimiser les indicateurs de pilotage). Nous allons également intégrer le concept de traçabilité qui a toute son importance et qui fait l'originalité de notre travail. En général, la traçabilité est l'aptitude à retrouver l'historique, la localisation ou l'utilisation d'un produit au moyen d'une identification enregistrée au sein d'une entité.

Notre étude qui se basera essentiellement sur le post positivisme avec une pointe de positionnement critique qui aura le modèle qui suit :



La problématique consiste à comprendre les manquements (limitations/faiblesses) dans la logistique existante dans une entreprise 'X' afin de combler ses failles, de comprendre comment transporter les marchandises dans un mode de transport optimum, tout en assurant une visibilité et une traçabilité totale si possible de tous les processus.

## 1. Audit et chaîne d'approvisionnement :

### 2.1. Qu'est-ce que l'audit

L'audit est une activité qui consiste à mettre en place une expertise par un agent compétent et impartial et à porter un jugement sur l'organisation, la procédure, ou une opération quelconque de l'entité. Toutefois, la définition seule de l'audit ne suffit pas à comprendre tous ses enjeux, il faut mettre en perspective l'audit avec d'autres notions qualifiées de « voisines », ce qui est résumé dans le tableau ci-dessous.

Audit et contrôle	Le terme contrôle est fréquemment associé à celui d'audit. La différence entre les deux notions peut s'expliquer par référence à la théorie des ensembles puisque la mise en œuvre de l'audit implique de procéder à différents contrôles. L'audit englobe ainsi l'ensemble de procédures et techniques de contrôle constituant l'examen approfondi par un professionnel et reposant sur une méthodologie. Le contrôle se présente donc comme un outil d'audit, néanmoins, ce dernier comprend une opinion qui est le résultat des contrôles.
Audit et conseil	La distinction entre audit et conseil ne peut s'apprécier qu'au préalable et caractérise donc la mission qui est dévolue à l'auditeur, et le lien entre auditeur et audité. Si la mission est légale par exemple, telle que celle du commissaire aux comptes, l'audit ne peut en principe déboucher sur les conseils. Si en revanche le lien entre auditeur et audité est contractuel, l'audit peut déboucher sur les conseils, avis et propositions.
Audit et révision	En se référant aux domaines d'application de l'audit et de la comptabilité, nous apercevons que la révision comptable est l'ancienne appellation de l'audit comptable. Selon Jacques O, la révision comptable est : « comme une pratique à objet restreint dépourvue des aspects flatteurs de l'audit mais que les décalages techniques s'estompent et qu'il convient d'utiliser de manière équivalente les termes de réviseur, de contrôleurs des comptes ou d'auditeurs ».

Tableau 1 : Audit et notions voisines

Source : auteurs

### 2.2 Qu'est-ce qu'une Supply Chain

L'évolution de la logistique a connu trois grandes périodes : « logistique séparée », « logistique intégrée » et « logistique coopérée ». Elles sont représentées dans la figure si dessous.



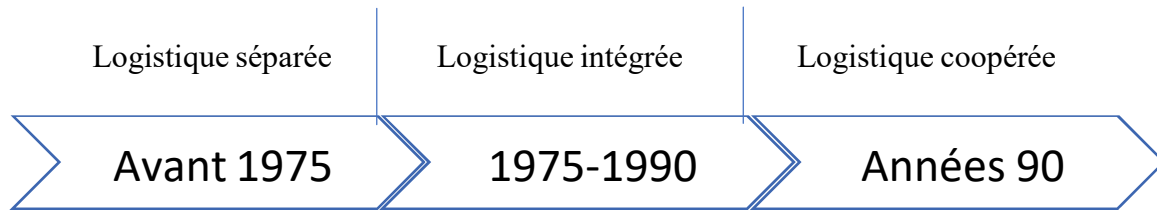


Figure 1 : Evolution de la logistique

Source : auteurs

› Phase de la logistique séparée (avant 1975)

L'économie est en pleine expansion durant cette période. La demande des consommateurs s'est accrue fortement et les entreprises cherchent à produire le maximum possible pour satisfaire en quantité un marché majoritairement national.

La logistique séparée se distingue selon Ben Kahla avec :

- Des niveaux de stocks élevés ;
- Des coûts logistiques opaques ;
- Un niveau de service faible (ruptures nombreuses de stock) ;
- Des responsabilités logistiques parcellisées ;
- Des conflits aux interfaces des fonctions traditionnelles de l'organisation.

La logistique, durant cette phase, existe principalement à travers des activités comme le transport, le conditionnement, le stockage et le traitement des commandes client, ainsi qu'une performance orientée vers la maîtrise des coûts des activités de distribution servant surtout à satisfaire les exigences du client.

› Phase de la logistique intégrée (1975 – 1990)

Durant cette période, de nombreuses entreprises sont apparues pour un même segment de marché, ce qui a mené vers une augmentation de l'offre et une croissance de la concurrence, ce qui a obligé les entreprises à revoir la qualité des produits qu'elles offrent. Ceci s'est traduit par une production en petites séries mais avec une grande diversité tout en gardant des coûts compétitifs.

La logistique intégrée a permis donc de trouver une solution optimale globale tout en considérant l'ensemble des services logistiques de l'entreprise.

À ce stade, le statut du client a changé pour le producteur, et est devenu désormais 'Roi' dont la satisfaction est devenue impérative. De ce fait, l'optimisation est devenue globale dans le cadre de l'entreprise et non locale, étant donné que tous les services (conception, production, distribution, etc.) collaborent et échangent les données techniques.

› Phase de la logistique coopérée (les années 90 à nos jours)

À la suite de la naissance de nouvelles formes d'organisations, il est devenu nécessaire d'ajuster instantanément entre l'offre et la demande, entre la charge et capacité. Il s'agit du stade où l'offre de production est supérieure à la demande, d'où une compétition plus forte qu'avant. Ce qui a perturbé les prévisions des comportements de consommation des clients devenus imprévisibles suite aux multiples choix s'offrant à eux. En conséquence, l'incertitude sur la demande est une caractéristique importante du marché.

Critères	Avant 1975	1975 - 1990	Années 90
Offre / Demande	Offre > Demande	Offre = Demande	Offre < Demande
La demande	Déterminée	Prévisible	Incertaine
Priorité du producteur	Quantité	Qualité et flexibilité	Vitesse de réponse
Cycle de vie du produit	Long	Moyen	Court
Choix du client	Limité	Diversifié	Personnalisé
Marché	National	Continental	Mondial
Client/ Fournisseur	Producteur est 'Roi'	Client est 'Roi'	Coopération entre les deux
Objectifs	Production de masse ; zéro temps d'inoccupation	Zéro défaut ; zéro stock	Zéro temps de réponse ; optimiser la chaîne logistique
Définition	La gestion logistique ou logistique comme étant le processus de planification, d'implication et du contrôle de l'efficacité et de l'efficience des flux des biens et services, de leur point de départ à leur point de consommation, pour la finalité de se conformer aux besoins et désirs du client		

Tableau 2 : Caractéristiques de chacune des trois phases (Merzouk S., 2007)

La chaîne logistique est la traduction du terme anglais « *Supply Chain* » qui signifie littéralement « chaîne d'approvisionnement ». Il faut souligner qu'il n'y a pas une définition universelle de la « chaîne logistique », il existe une multitude de définitions dont :

« Une supplychain est un réseau d'organisations (fournisseurs, usines, distributeurs, clients, prestataires logistiques, etc.) qui participent à la fabrication, à la livraison et à la vente d'un produit à un client. Ces organisations échangent entre elles des produits, des informations et de l'argent ».

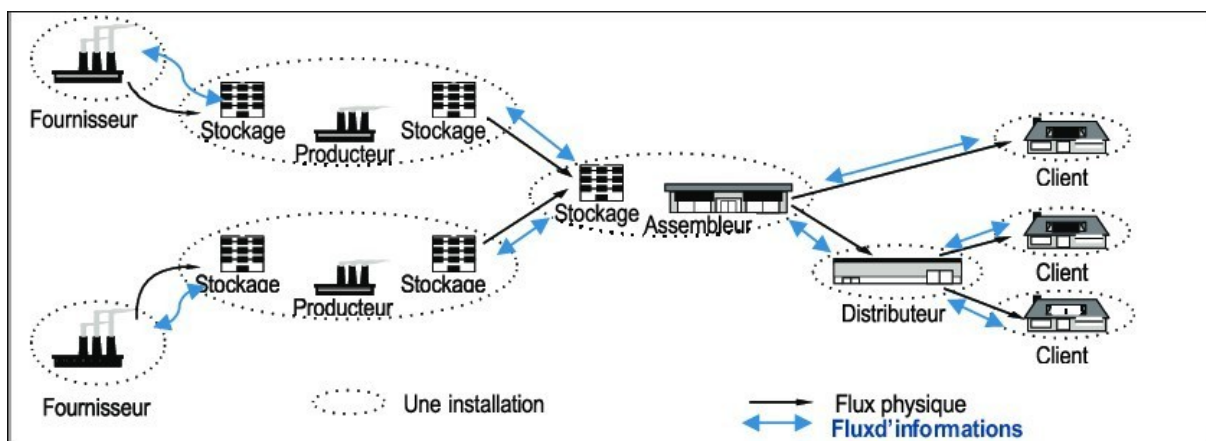


Figure 2 : La chaîne logistique (Gallasso, 2007)

La notion et le périmètre d'une chaîne logistique peuvent être interpréter selon le contexte, on peut distinguer :

- Les chaînes logistiques locales : ce sont les petites chaînes logistiques de l'entreprise qu'empruntent les flux produits. Elles peuvent être constituées, par exemple, de différents ateliers d'une même usine ; ceux-ci peuvent être considérés comme client et fournisseur les uns les autres dans le cadre d'une analyse par exemple (Cattan 1998).
- Les chaînes logistiques intra organisation : Stadler a utilisé ce terme pour caractériser les grandes compagnies localisées dans différents pays. Toutefois, il peut être utilisé même pour les compagnies ayant différents sites dans un même pays.
- Les chaînes logistiques inter organisation : ce sont les chaînes logistiques dont une ou plusieurs unités organisationnelles opèrent dans différents pays. Il est bien présenté par le terme anglo-saxon « *Global Supply Chain* » qui mot à mot veut dire « chaîne logistique globale » ne tient pas le même sens en français comme en anglais. « *Global supplychain* » signifie chaîne logistique mondiale/internationale ; quant à la « chaîne logistique globale » détermine la chaîne logistique dans sa globalité, à savoir du client du client au fournisseur du fournisseur.
- La chaîne logistique liée à un produit : contrairement aux définitions précédentes qui se focalisaient sur une entité (l'entreprise avec ses partenaires) ; certaines entreprises peuvent piloter des flux de produits très différents faisant appel à des acteurs séparés (fournisseurs, clients). Dans ce cas, il peut être considéré que l'entreprise participe à plusieurs chaînes logistiques caractérisées par leur typologie de produit (tant au niveau de pilotage opérationnel que des processus de collaboration).

Il existe de multiples définitions dans le contexte de chaîne logistique, centrer sur l'objectif du diagnostic, deux notions semblent intéressantes à approfondir :

#### La chaîne logistique interne

- Elle représente l'ensemble des acteurs de l'entreprise intervenant depuis l'achat des matières premières aux fournisseurs jusqu'à la livraison des produits aux clients. Généralement, les problématiques lui sont associées correspondent à la maîtrise des flux d'information (physiques et décisionnels) le long de la chaîne interne.
- Il s'agit d'une vision transversale du fonctionnement de l'entreprise axée sur les processus qui la traversent.

#### La chaîne logistique étendue

- Elle replace l'entreprise au sein d'une chaîne ou d'un réseau d'acteurs s'étendant du premier producteur au client final. Dans ce contexte, elle est constituée PAR l'entreprise, ses clients et fournisseurs, ainsi que les clients des clients et fournisseurs des fournisseurs.
- Elle a pour objectif une meilleure collaboration et coordination avec les acteurs externes à l'entreprise.

### 2.3. Audit logistique

La littérature montre les nombreuses recherches et études effectuées dans la modélisation et l'évaluation de la performance et de l'intégration de la Supply chain, selon soit une approche processus ou une approche référentielle d'audit.

#### Modèle SCOR: Supply Chain Operations Reference

Initialisé en 1996 par l'organisation SCC: Supply Chain Council, le modèle SCOR définit un ensemble de démarches, des bonnes pratiques, et des indicateurs, pour représenter, diagnostiquer, et évaluer la SC pour une finalité de maîtriser et d'optimiser ses processus logistiques.

Différents travaux de recherche ont montré que la mesure de la performance des processus logistiques et l'optimisation des indicateurs de pilotage restent les finalités majeures d'un modèle SCOR. S'ajoute à cela, sa contribution à l'intégration interne et externe à la fois horizontale, de bout en bout de la chaîne logistique, et verticale de la stratégie à la transaction. Parmi les apports principaux d'un modèle SCOR, nous trouvons:

- La sécurisation de la supply chain,
- Son alignement,
- Sa robustesse,
- Et son adaptation aux changements stratégiques.

Le modèle SCOR reste un modèle statique, rigoureux, structurant et générique, qui cherche dans un premier lieu d'assurer la performance de la chaîne logistique, en assurant celle des fournisseurs, ses acteurs internes et ses clients, et à travers la maîtrise de ses processus, ses indicateurs opérationnels et financiers, et ses bonnes pratiques.

#### ♦ Référentiel ASLOG

En se basant sur le référentiel mis en place par la société VOLVO dans les années 1990, l'ASLOG : l'Association Française Logistique a conçu un référentiel logistique pour évaluer l'aptitude d'une Supply Chain, améliorer sa compétitivité, et mesurer sa performance logistique, d'une manière précise et uniforme, quel que soit l'environnement observé, afin de permettre une intégration totale de ses partenaires externes : sous-traitants, fournisseurs, clients... Aussi dans le but de créer de la valeur ajoutée et favoriser la mise en oeuvre des démarches collaboratives.

C'est un catalogue de mesures et d'actions de progrès d'une entreprise, et un outil transversal pour assurer l'amélioration continue, atteindre le niveau d'excellence, et mettre en place les bonnes pratiques de la logistique. Il s'agit de donner une structure d'approche des problèmes, de concevoir une gestion des processus clés, et d'établir les plans d'action, afin de garantir un progrès continu et une qualité optimale.

Composé de dix chapitres, le référentiel ASLOG est découpé en questions ouvertes sous forme d'une véritable *check-list*, nécessaires à l'évaluation du bon fonctionnement de la Supply Chain, et permettant d'aider efficacement le personnel impliqué dans la fonction logistique. Chacune des questions est traitée soit à partir d'un risque, d'une problématique, ou d'une voie de progrès ou de performance.

Pour chaque question, trois niveaux d'exigence donnent une note de satisfaction, suivant une échelle de 0 à 3, allant du basique vers l'excellence, traduite par la connaissance et la prévention de tous les risques, l'anticipation et le progrès permanent.

Le référentiel ASLOG reste un modèle universel, objectif et indépendant, qui cherche à apporter l'intelligence logistique en assurant la réactivité, l'efficacité et l'agilité de la supply chain, tout en respectant le triangle d'or : Délai, Qualité, et Coût.

#### ♦ Référentiel GLOBAL EVALOG

C'est le fruit de collaboration entre le référentiel Français d'Odette : EVALOG et le référentiel Américain de l'AIAG (Automotive Industry Action Group) : MMOG (Materials Management Operations Guideline). Un outil standard mondial destiné pour le secteur automobile permettant l'autoévaluation et l'audit logistique des sites partenaires comme les usines et les fournisseurs, via un questionnaire à remplir et un score à calculer.

Ce référentiel représente un levier d'excellence, pour l'amélioration continue et la gestion de tous les processus logistiques, afin d'avoir un langage commun qui facilite la communication efficace entre les différents partenaires.

GLOBAL EVALOG se base sur l'évaluation de cinq thématiques importantes dans une supply chain automobile à savoir :

- Sa vision et sa stratégie,
- Ses objectifs,
- L'analyse et les plans d'action,
- L'amélioration continue,
- Et le développement de sa chaîne logistique.

C'est un référentiel de bonnes pratiques, qui lie chaque axe à un objectif bien précis et à atteindre à travers une évaluation par pondérations et par critères, par un plan d'action à suivre pour atténuer les dysfonctionnements liés aux partenaires externes et améliorer la communication et la gouvernance des processus logistiques de la chaîne automobile.

#### ♦ Référentiel Supply Chain Masters (SCM)

Bâti en 2007, par des experts en Supply Chain, le référentiel SCM est un outil de mesure de la maturité logistique d'une entreprise de type PME-PMI (Petites et Moyennes Entreprises-Petites et Moyennes Industries) de tout secteur d'activité. Il intègre des normes, des standards, et des bonnes pratiques logistiques provenant des organismes connus comme: l'AFNOR (Association Française de normalisation), le SCC (Supply Chain Council), l'ISO (International Organization for Standardization) et bien d'autres. Appliqué aux PME-PMI de 10 à 250 salariés, ce référentiel représente un socle de connaissance et un guide pédagogique pour comprendre les enjeux et les fonctionnalités d'une supply chain, évaluer ses forces et ses faiblesses, et la positionner selon un degré de maturité logistique, allant de l'absence de la structure logistique, jusqu'à la phase avancée de la Supply Chain collaborative.

Ce référentiel couvre l'ensemble des fonctionnalités logistiques sous forme d'une roue de 25 modules clés, depuis la stratégie de l'entreprise jusqu'à la mesure de la performance, en passant par les composants multiples de la logistique, suivant l'approche d'amélioration continue PDCA (*Plan, Do, Check, and Act*) ou la roue de Deming.

Les modèles ci-dessus donnent, une approche qu'elle soit de processus ou une approche référentiel d'audit, une modélisation transversale et une évaluation globale des composants de la chaîne logistique, ses dysfonctionnements et leurs écarts, ses objectifs, et son plan d'action, toutefois, l'absence de l'aspect dynamique de la chaîne est difficile à illustrer à travers ces modèles.

A travers les quatre méthodes de modélisation et d'évaluation d'une chaîne logistique, le tableau suivant présente une synthèse comparative selon les points et les critères qui suivent :

Critère	SCOR	EVALOG	ASLOG	SCM
Domaine d'application	Général	Industrie automobile	Général	PME - PMI
Outils supports	- Grilles d'évaluations - Indicateurs de performance	Questionnaire des bonnes pratiques par activité	Questionnaire des bonnes pratiques par activité	Indicateurs représentés sous quatre leviers
Meilleures pratiques identifiées	Diagnostic de la performance logistique Utilisation d'une notation	Plan d'amélioration continue, référentiel unique pour fournisseur et client	Diagnostic de la performance logistique Utilisation d'une notation	Identification des indicateurs selon 4 leviers
Processus stratégiques ou de pilotage.	Planification.	- Management, stratégie et planification. - Pilotage.	- Vision et stratégie. - Objectifs. - Mesure, analyse et plans d'action.	- Stratégie d'entreprise - Stratégie logistique.
Processus tactiques et opérationnels.	- Approvisionnement - Fabrication - Livraison	- Approvisionnement - Production - Déplacement - Stockage - Vente	- Mesure, analyse et plans d'action.	- Processus logistiques - Gestion de la demande - Gestion des stocks - Gestion de la production - Gestion des approvisionnements - Gestion de la distribution.
Processus transversaux ou de support.	- Gestion des retours. - Enable.	- Conception et projets - Progrès permanent - Retours et après ventes.	- Amélioration continue - Développement de la Supply Chain.	- Gestion des retours - Gestion du soutien après ventes - Gestion des flux Import/Export - Gestion de la traçabilité - Systèmes d'information - Standards de communication - Formation du personnel - Mesure de la Performance

Tableau 3 : Synthèse et comparaison des principaux référentiels existants

Source : auteurs

### 3 Traçabilité et chaîne d'approvisionnement

#### Qu'est-ce que la traçabilité

Le mot traçabilité serait né dans des secteurs industriels comme le nucléaire, l'aéronautique, l'aérospatial, secteurs où les exigences de fiabilité sont élevées, pour signifier la mémorisation, en vue d'un recours ultérieur, des opérations réalisées sur des pièces identifiées, dans le cadre de la gestion de la sécurité ; dans une installation nucléaire, par exemple, les soudures sont répertoriées et il est possible de savoir qui est intervenu et quand, sur une soudure donnée. La traçabilité, telle que définie par la norme internationale ISO 9000 (version 2000) est « *l'aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné - note 1 : dans le cas d'un produit, elle peut être liée à : l'origine des matériaux et composants ; l'historique de réalisation ; la distribution et l'emplacement du produit après livraison* »

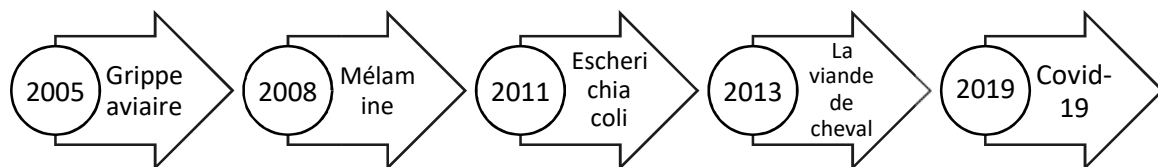
Le terme traçabilité a comme racine le terme « trace », il a été défini pour la première fois dans la norme XF 50-120 (en 1987).

En 1995, l'ISO 8402 reprend la définition donnée auparavant à la traçabilité comme étant « *l'aptitude à retrouver l'historique, la localisation ou l'utilisation d'un produit au moyen d'une identification enregistrée* », et y a introduit la notion d'entité.

En 1998, le Petit Larousse et le Robert la définissent comme la « *possibilité de suivre un produit aux différents stades de sa production, de sa transformation et de sa commercialisation, notamment dans les filières alimentaires* ».

Puis dans les années 2000, la norme ISO 9000 : 2000 la définit tel que « *l'aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre, l'emplacement de ce qui est examiné* ».

La traçabilité a fait parler d'elle dans l'actualité à l'occasion de diverses crises :



Source : auteurs

- La grippe aviaire : La traçabilité des volailles permet de tracer (en cas d'apparition de cas) quelques virus aviaires (zoonotiques) transmissibles à l'Homme (H5N1, H7N7, H9N2...). Etant donné le rôle important que joue les oiseaux en tant que source d'alimentation et de revenus dans plusieurs pays, la traçabilité doit être constante.
- La mélamine dans la poudre de lait pour bébé : La traçabilité de lots de lait infantile a permis de remonter jusqu'aux lots produits en Chine qui, pour faire apparaître le lait plus riche en protéines a introduit de la mélamine (toxique) et les a maquillés en lots répondants aux normes sanitaires.
- La viande de cheval : En traçant un circuit de vente de viande de cheval comme étant de la viande de bœuf, la tromperie économique a été dévoilée.
- La bactérie Escherichia coli : Il a été tracé que les concombres ramenés d'Espagne contenaient la bactérie et a causé une épidémie en Europe. En remontant à la source, des précautions en ce sens ont été prises ce qui a permis de gérer l'épidémie.



- Coronavirus (Covid-19) : La traçabilité a permis de remonter au Pangolin comme étant l'intermédiaire qui a transmis la Covid-19 à l'Homme. Vu le caractère délicat de transmission du virus, la traçabilité et la transparence totale sont, en plus de la désinfection, obligatoires pour en cas de contamination, pouvoir remonter à la source (exemple : les plateaux de saumon norvégiens en Chine).

Suite à ses différentes crises/scandales sanitaires et bien d'autres, le consommateur ne tolère plus les risques sanitaires et souhaite davantage de transparence.

C'est un enjeu non seulement pour la performance de l'entreprise mais surtout pour la sécurité du consommateur. Effectivement, pour limiter les impacts de tout problème, il faut avoir une capacité de suivi et de gestion des rappels des produits étant donné que le système de traçabilité est perçu tel qu'un vecteur de développement stratégique qui peut assurer la pérennité de l'entreprise vu qu'elle se révèle source d'avantage concurrentiel, il a aussi un rôle important dans la maîtrise des flux (économiques, juridiques, commerciaux...).

La figure ci-dessous résume les contraintes et les opportunités de la traçabilité pour l'entreprise.

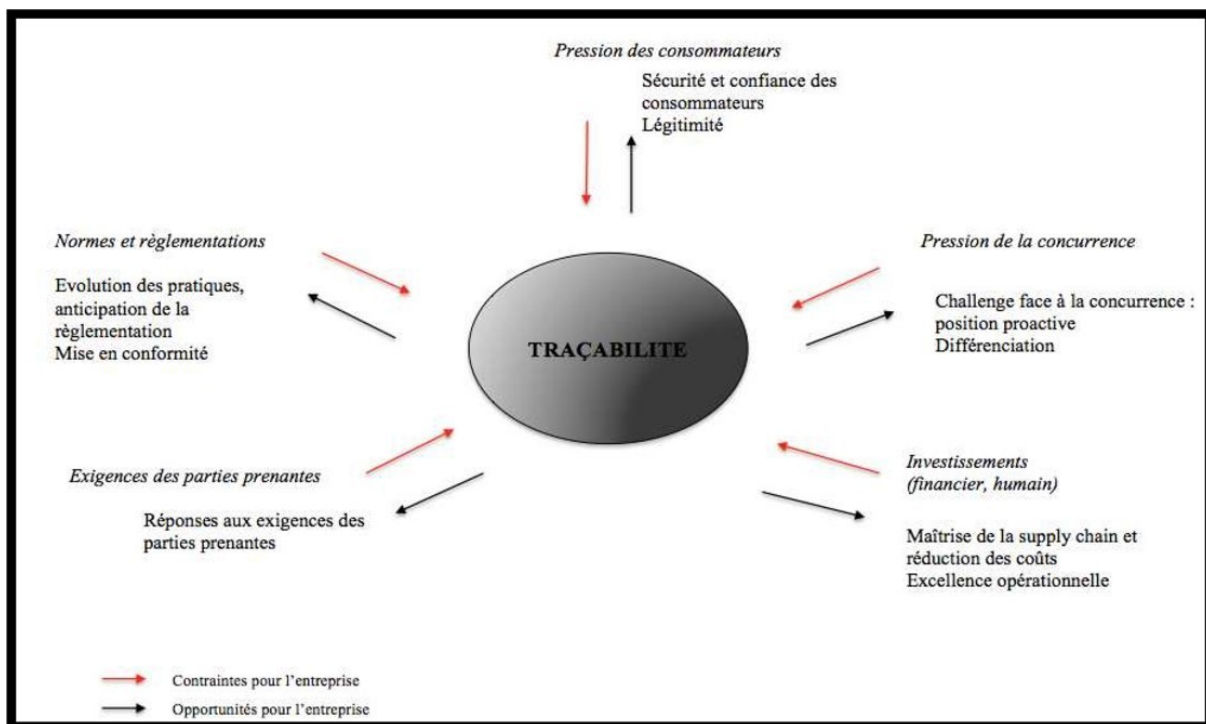


Figure 3 : La traçabilité pour l'entreprise : Contraintes vs Opportunités

### Usages de la traçabilité

On peut distinguer trois types d'usage de la traçabilité :

- La traçabilité pour attester ou garantir : Elle correspond à la capacité de retrouver l'origine ou la mise en œuvre. L'identification d'un lot de produit est associée à des enregistrements, pouvant servir par exemple à vérifier des bilans de matières. On retrouve ce type de traçabilité pour l'étiquetage de la composition des produits, ou, comme système de preuve de l'engagement dans les pratiques afférentes à la



labellisation de la qualité des produits tels les signes officiels de qualité. C'est donc une traçabilité de caractéristiques spécifiques à une référence donnée de produit.

- La traçabilité pour suivre, maîtriser :

Elle est définie comme capacité à retrouver l'historique. La correspondance entre des identifiants et des enregistrements permet, au-delà de preuves de réalisation, une analyse rétrospective et une démarche corrective ou de retour d'expérience pour améliorer un processus, en progressant grâce à l'analyse de non-conformités ou de dysfonctionnements repérés.

- La traçabilité pour localiser :

Elle a pour but de retrouver l'emplacement, la localisation et le cheminement des produits. Retrouver l'emplacement, la localisation d'une entité, permet de réagir en termes de retrait (retrouver les produits dans les circuits de distribution, avant leur commercialisation) ou de rappel de produits (diffuser une information relative à des produits identifiés, pour éviter que le consommateur ne les ingère).

Plus que la maîtrise de flux de matières pour assurer, sans rupture, le service des clients, la traçabilité logistique fonde la maîtrise de flux physiques identifiés. Les produits d'une catégorie, d'une référence donnée sont scindés en lots de fabrication, chaque lot pouvant avoir un cheminement différent, mais chaque lot pouvant lui-même être scindé en fonction des quantités acheminées ; autant de « traçabilités » le mot correspondant ici aux informations propres au cheminement de chaque fraction.

### Traçabilité totale des supplychain

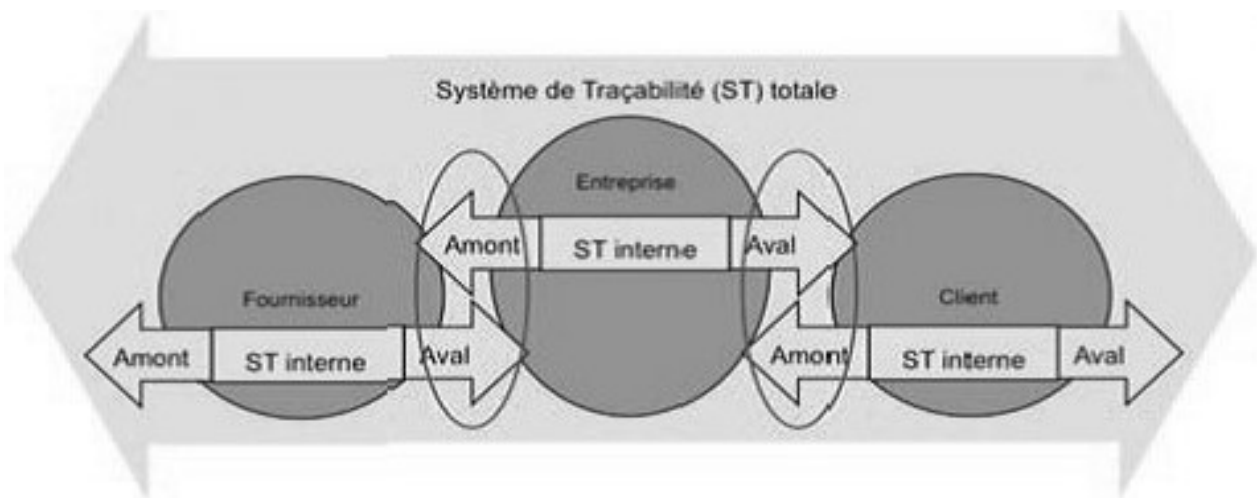


Figure 4 : Système de traçabilité totale

Les entreprises, acteurs divers, juridiquement indépendants, stratégiquement et culturellement différents, se coordonnent dans la réalisation d'un ensemble d'activités ayant pour objectif la satisfaction d'un client en termes de coûts, de qualité, de délai. Les entreprises « participent par des liens en amont et en aval, aux différents processus et activités qui génèrent de la valeur sous forme de produits ou de services ». Elles sont ainsi présentes dans de multiples supply chains dans un même secteur d'activité, ou dans différents domaines d'activité.

Une supply chain est constituée d'un ensemble de fournisseurs, fabricants, distributeurs, clients et correspond donc à une succession d'activités d'approvisionnement, de fabrication, distribution, traversées par trois types de flux, physiques, informationnels, financiers :

- Les flux physiques sont des entités physiques qui circulent le long des supply chains. Il peut s'agir des matières premières, produits, mais également des entités telles que les moyens de conditionnement (emballage) et de transport (conteneur, palette) ;
- Les flux d'informations correspondent aux échanges d'informations entre les acteurs de la supply chain, il peut s'agir d'informations sur les produits, les activités, l'état du système ;
- Les flux financiers sont des flux monétaires associés aux flux physiques.

Les entreprises ont été amenées à revoir le mode d'organisation de leur supply chain. La plupart d'entre elles sont aujourd'hui dans des approches très désintégrées de leur production, en système de sous-traitance en cascade et d'achats internationaux. Elles se sont concentrées sur leur cœur de métier, externalisant les activités jugées secondaires ou qu'elles estiment ne pas exécuter de manière suffisamment performante. Ce mouvement a entraîné, *de facto*, l'intervention d'un nombre important d'acteurs. On parle ainsi de supply chains multi-acteurs (Paché et Spalanzani, 2007). Ces caractéristiques complexifient le traçage des supply chains contemporaines. Comme le souligne Véronique Didelot, chef de projet Progilog, « *Dans ce nouvel ordre économique complexe et mouvant, les entreprises doivent être agiles, réactives et fiables si elles veulent maîtriser leur rentabilité et conquérir des parts de marché. Le challenge porte non seulement sur une supply chain parfaitement maîtrisée, mais également sur l'aptitude des entreprises à s'insérer dans une supply chain étendue. Étape incontournable pour atteindre cet objectif : choisir les systèmes de traçabilité les mieux adaptés à leur activité* ».

### **Limitations et verrous des systèmes de traçabilité dans les chaînes logistiques**

La traçabilité consiste à archiver, collecter et consolider des données de suivi et traçage. Ces données de suivi peuvent être des données de conditions de transport, des données de paramétrage... (Wattanukul et al., 2017), comme elles peuvent être classifiées à travers leurs caractéristiques en :

- Master : tels que les identifiants (les données qui ne changent pas souvent) ;
- Transactionnelles : tels que les dates de départ, d'arrivée...
- Conditions de statut : tels que l'humidité et la température...

Une fois la collecte, le nettoyage, la consolidation et archivage des données est faite, elles sont essentielles pour prendre des décisions : opérationnelles, stratégiques ou tactique.

La collecte des informations peut se faire via un échange de données informatisé (EDI), des meetings ou des appels web servis ou même via des courriels ou textos...ce qui les limite à ce qui suit :

- La nécessité d'attente que l'information soit d'abord collectée, saisie et mise à la disposition par le système d'information du transporteur, pour qu'elle soit par la suite récupérée par les autres intervenants de la supplychain, ce qui rend impossible d'avoir les informations en temps réel.
- Le risque porté sur la disponibilité et la fiabilité de la traçabilité dans le cas où l'information côté transporteur soit centralisée.
- Le retard dans l'obtention des informations peut s'avérer fatidique et engendrer des défauts dans la chaîne logistique.

Pour y remédier au mieux et réaliser un système de traçabilité fiable, il faut que :

- Les données soient disponibles pour tous les intervenants de la supplychain créant une transparence des opérations et traitements se déroulant à l'intérieur de la chaîne.

- Les systèmes doivent être réactifs permettant de recevoir des notifications d'événements se produisant dans la chaîne logistique afin de pouvoir s'adapter rapidement. Tel qu'un besoin urgent au sein d'une chaîne nécessitant de prendre une décision rapide afin d'éviter un retard de livraison ou l'évolution des changements du besoin des clients... Pour ce faire, il faudra mettre en place des actions qui seraient réactives qui s'adaptent rapidement aux événements qui se produisent dans une chaîne de transport.
- La vérification de la qualité et la fiabilité des informations communiquées par le système.

### **Blockchain et logistique**

La technologie blockchain permet d'enregistrer les échanges successifs réalisés par les utilisateurs sur une base sous forme de blocs de transactions d'où l'appellation de blockchain.

La blockchain fonctionne de manière autonome, et ont donc besoin de contrats autonomes dits « *Smart Contracts* », qui fonctionnent sur une blockchain. Cependant, à un moment donné, même les clients n'achèteront que des produits pour lesquels le processus de création est totalement transparent, le client deviendra le moteur du développement et, en fin de compte, la question qui est de savoir si une entreprise souhaite ou non la technologie de la blockchain ne se posera plus. De ce fait, pour l'interaction des flux d'information, matériels et financiers, la chaîne de bloc semble indispensable.

Il est important de prendre compte de la complexité croissante de l'internetdes objets, les systèmes centralisés ne seront plus suffisants à un moment donné et il faudra recourir à la technologie de la blockchain décentralisée, cela permettra de renforcer la confiance des consommateurs en s'efforçant d'instaurer une traçabilité totale dans sa supply chain.

Pour les entreprises, l'instauration de la blockchain offrira non seulement la possibilité de stockage de données sécurisées, mais aussi d'avoir le potentiel de remplacer complètement les modèles économiques précédents. La question d'utiliser la blockchain ne se pose plus, ce qui importe le plus est de savoir quand sera-t-elle généralisée.

Selon Henke, une entreprise de logistique peut, par exemple, rejoindre une plateforme commerciale telle que **TradeLens** et utiliser les avantages d'un suivi et d'un traçage sécurisés ou d'un **Smart Contract** en logistique, ce qui lui permet d'obtenir plus de transparence et de sécurité pour sa propre chaîne d'approvisionnement.

### **Conclusion :**

Les avancements en différents domaines n'ont pas été sans impact et ont beaucoup marqué le quotidien de l'entreprise sur plusieurs points. La supplychain de son côté étant une discipline en pleine mutation a profité des possibilités d'automatisation, d'acquisition, de transmission et de traitement des données pour se repositionner au sein de l'entreprise comme un métier stratégique, toutefois, elle n'a pu parvenir à une traçabilité totale de ses processus. La venue des nouvelles technologies et son invasion du monde présentent des opportunités d'optimisation des coûts et d'amélioration du service aux clients. Il faut voir plus loin et lui permettre une transparence totale. Les temps ont changé, le client ne se satisfait plus des codes inscrit derrière chaque produit, il essaye de plus en plus de les déchiffrer afin de connaître la source, le processus global par lequel le produit final est passé. Ce qui n'était pas possibles il y a quelques décennies, maintenant l'est grâce à l'amélioration de la visibilité et du transfert de l'information en temps réel, il faudra savoir le partager avec le client final,

pour cela, l'entreprise devrait s'organiser afin de suivre le process. L'objectif de cette étude est de savoir le niveau d'intégration de l'audit logistique dans les entreprises marocaine, et à quel point elles sont capables de faire la traçabilité de leurs supplychain.

## Références :

- Dhoubi, R., & Mamoghli, C. (2013). Determinants of voluntary disclosure in Tunisian bank's reports. *Research Journal of Finance and Accounting*, 4(5), 80-94.
- ASLOG, l'Association Française de la Supplychain et de la Logistique, 2006, disponible sur <http://www.aslog.org/fr> (site consulté le )
- ASLOG. Référentiel de la performance logistique. Editions ASLOG. 2012
- Lyonnet, B., Senkel, M. P., & Clamens, S. (2019). *Supply Chain Management*. Dunod.
- France, B. (2016). *La blockchain décryptée. Les clefs d'une révolution*. Paris, Netexplo
- Cattan, M., Idrissi, N., & Knockaert, P. (2008). *Maîtriser les processus de l'entreprise*. Editions Eyrolles.
- Christopher M. (2000). *Logistics and supply Chain Management, Financial Times Management*. London.
- L'association Française des Qualiticiens, (Date). *Congrès sur la Traçabilité déverminage et fiabilité*. Paris.
- Définition de ISO 8402, 1994
- Extrait de Supply Chain Magazine (2010), n°48, octobre. Dossier « Spécial Traçabilité »
- Faraggi, B. (2006). *Traçabilité : réglementation, normes, technologies, mise en œuvre*. L'Usine nouvelle.
- GLOBAL EVALOG, EVALOG D'ODETTE et MMOG (Materials Management Operations Guideline) de l'AIAG (Automotive Industry Action Group), 2004, disponible sur <http://www.galia.com/>
- El Farouk, I., Talbi, A., & Jawab, F. *Modélisation des processus logistiques : quel rôle pour l'évaluation de la performance ?* Application du modèle SCOR.
- Raffegeau, J., Dufils, P., Gonzalez, R., & Asworth, F. I. (1979). *Audit et contrôle des comptes*. Publi-Union.
- Mohamed, M. A., Taconet, C., & Lemine, M. O. M. (2019). *La traçabilité dans les chaînes logistiques en utilisant l'IoT et la Blockchain*. In *Evolution des SI : vers des SI Pervasifs ?* No. 1, pp. 1-10.
- Moutaoakil H. & Jamouli H. (2015). *Reactive and Robust Planning of Moroccan Citrus Chain Based on Multi-agent System and Performance Indicators*. *Journal of Traffic and Transportation Engineering* No. 3, pp. 19-34.
- Paul, J., & Laville, J. J. (2007). *Le modèle SCOR : vecteur d'excellence de la Supply Chain*. *Supply Chain Magazine*, pp. 96-98.
- Rabade et Alfaro, 2006 ; Viruega, 2006 ; Salançon, 2009 ; Ubilava et Foster, 2009 ; Fabbe-Costes et Lemaire, 2010
- Rémy LE MOIGNE, « Sypplychain management ». Dunod, 2013.

- Supply Chain Council, SCC and SCOR Overview, <http://supplychain.org/f/2013-SCC-SCOR-Overview.pdf>.
- Supply Chain Masters, référentiel SCM PME-PMI, version 2011, disponible sur <http://www.supplychain-masters.fr>

# L'effet du risque sur les intentions de création de nouvelles entreprises pour les étudiants tunisiens

Amari Farouk

<sup>#</sup>Laboratoire: Gouvernance, Finance et Comptabilité Université de Sfax

amarifarouk@hotmail.fr

*Docteur en sciences de gestion, Tunisie*

## *Résumé*

**L'objectif du présent article est de caractériser et discuter, dans une perspective nationale, l'effet du risque sur les intentions de création de nouvelles entreprises pour les étudiants tunisiens. De ce point de départ, nous voulons proposer des recommandations pour l'amélioration de l'avis en ce qui a trait à l'entrepreneuriat et pour la réalisation d'études futures.**

**Mots clés—intention, risque financier, risque professionnel, déstabilisation de la cellule familiale**

## I. INTRODUCTION

De nombreux chercheurs ont pris en considération la vigueur de l'entrepreneuriat en général, en tant qu'instrument principal pour résoudre le chômage et réussir l'accroissement des économies régionales et nationales. L'entrepreneuriat est l'une des solutions tactiques pour assurer un maximum d'emplois et garantir la richesse d'une nation. Ainsi, l'entrepreneur occupe une place centrale dans la théorie Schumpétérienne. Il est observé comme étant une personne créatrice ayant des réactions rapides lorsqu'il s'agit de l'accroissement et de la croissance économique. Partant de là, de nombreux pays affirment que l'incitation à la création des affaires est une voie tactique d'importance pour développer, de façon continue, le système entrepreneurial, et pour pouvoir endiguer le chômage et mettre fin à la pauvreté.

Entreprendre, comme décision professionnelle définitive, veut simplement dire travailler pour son propre compte au lieu de travailler chez les autres dans une entreprise existante. Ceci peut être effectué à travers l'élaboration d'un projet par la réalisation d'une nouvelle idée d'entreprise ou par la reprise d'entreprises qui existent déjà, mais dont la fermeture est imminente pour cause de difficultés graves. D'une manière plus générale, Fillion (1988) définit l'entrepreneur comme : « une personne imaginative, caractérisée par une capacité à fixer et à atteindre des buts. Cette personne maintient un niveau élevé de sensibilité en vue de déceler des occasions d'affaires. Aussi longtemps qu'il / elle continue

d'apprendre au sujet d'occasions d'affaires possibles et qu'il / elle continue à prendre des décisions modérément risquées qui visent à innover, il / elle continue de jouer un rôle entrepreneurial » (Filion, 1988).

Kruger (1993 : 1994) a soutenu que les études sur l'entrepreneuriat se sont penchées principalement sur le thème de l'intention d'entreprendre. Ajzen (1991) admet que les intentions représentent l'ensemble des facteurs de motivation qui agissent sur le comportement que ce soit directement ou indirectement. Il les observe en tant que dénonciateurs de la manière dont les personnes veulent se manifester à l'égard d'une condition bien déterminée. De même, l'intention est considérée, toujours selon lui, en tant qu'antécédent direct de l'acte entrepreneurial (Ajzen, 1991).

Par ailleurs, lorsqu'il nous faut répondre à la question pourquoi les jeunes diplômés se lancent ou ne se lancent pas dans des affaires, il est nécessaire de nous intéresser à leurs intentions entrepreneuriales. Toutefois, quel est l'impact du risque sur l'intention entrepreneuriale ?

## II. DES CONSIDERATIONS THEORIQUES ET DEVELOPPEMENT DES HYPOTHESES

### 1) *Risque et intention entrepreneuriale*

Comme le rappellent Hillson et Murray-Webster (2005), le risque est quelque chose de perceptuel dont l'ampleur et les conséquences dépendront de l'attitude du gestionnaire. S'ils ne le considèrent que d'un point de vue négatif, les entrepreneurs réfractaires au risque mettront en place des processus de contrôle et de surveillance complexes et probablement inutilement lourds et coûteux. Cela aura pour effet de ralentir la prise de décision et même de contribuer à abandonner des projets nécessaires à la performance ou au développement des entreprises.

Si les entrepreneurs plus confiants ne voient le risque que du côté de ses avantages potentiels, ils pourraient, à l'opposé, adopter des comportements plus téméraires et accroître la vulnérabilité de l'entreprise.

Plusieurs études se sont intéressées à cette vision considérée comme l'une des plus importantes, c'est la sensation qu'a ou non une personne pour parvenir à contrôler ce qui lui arrive. À travers son acte, et lorsqu'il a de l'émotion, il lui est facile de contenir toute situation qui survient. Il affiche une force qui produit en lui une opinion accompagnée d'une puissante fiabilité personnelle l'aidant à opérer et à travailler dans le parcours de la réussite.

Mullins et Forlani (2005) suggèrent que « la perception du risque a été conceptualisée comme une estimation du risque par le décideur dans une situation donnée ». Elle est surtout exposée en tant qu'élément capital de l'acte envers le risque et de la saisie de la décision entrepreneuriale. Sitkin et

Pablo (1992) ajoutent que « la perception du risque est supposée être négativement associée aux comportements, aux décisions risquées et à l'acte de création d'entreprise ».

Ce point de vue a été aussi observé par Kogan et Wallach (1967) dans leur étude sur les divers déterminants de la prise de risque. Ils ont donné la situation qu'il faut aux facteurs situationnels puisque les comportements des gens face au risque changent d'une situation à une autre.

À cet effet, le postulat suivant lequel le comportement des individus à l'égard du risque est typique à la situation et au domaine d'application, sachant qu'il est défini à travers le profit et le risque perçus, a été confirmé à partir d'un ensemble de résultats forts (Weber et al, 2002 ; Honach et al, 2006 ; Barbosa, 2008).

Diverses études considèrent que les théories cognitives peuvent composer une excellente conceptualisation théorique afin de parvenir à développer la prise de risque entrepreneuriale. En effet, dans l'approche cognitive, les conceptions personnelles et les construits de savoirs changent en des facteurs plus adéquats afin de mieux développer la prise de décision (Fayolle, Barbosa, & Kickul, 2008).

D'autres observent l'intention d'entreprendre en tant que processus qui apparaît avec les requis, les principes, les coutumes et les opinions de la personne, qui construit et conduit l'action (Krueger, Reilly, & Carsrud, 2000). Vesalainen et Pihkala (1999) perçoivent qu'elle est, tout d'abord, un désir personnel qui est lié aussi à des facteurs environnementaux.

Il est à savoir que deux modèles théoriques sont les racines du courant de pensée sur les intentions d'entreprendre : le modèle de « l'événement entrepreneurial » (Shapero & Sokol, 1982) et la théorie du comportement planifié (Ajzen, 1991). Ce dernier présente l'intention entrepreneuriale en tant qu'une envie personnelle qui précède l'acte entrepreneurial de la personne. De même, le chercheur évoque que le contrôle perçu du comportement se réfère à la perception de la personne concernant la simplicité ou la complexité à exécuter un acte typique. Ce qui confirme qu'il est important de prendre en considération les niveaux de savoirs et de contrôle que la personne a de ses propres habiletés, ainsi que des moyens et des occasions indispensables afin de réaliser le comportement désiré.

En se référant aux deux notions d'intention et particulièrement du contrôle comportemental perçu, Barbosa (2008) a suggéré une nouvelle évaluation de la perception du risque accordée à la création d'une nouvelle organisation, qui est apte à être introduite dans des recherches sur l'intention d'entreprendre et sur les attitudes comportementales face à l'entrepreneuriat tout en approuvant la caractéristique de multi-dimensionnalité de cette notion.

De ce fait, Barbosa (2008) s'attache dans son modèle à la prolongation des études effectuées par Dickson et Giglierano (1986) qui exposent le risque entrepreneurial en tant que risque d'insuccès et



risque de carence d'une parfaite occasion. Mullins et Forlani (2005), évoquent premièrement, le risque perçu en tant que danger, qui ressemble à la conception traditionnelle du risque perçu envers des déficits conditionnels, la nécessité et l'éventualité de ces déficits. Deuxièmement, ils distinguent le risque en tant qu'occasion qui désigne le côté inverse de la première classe de risque, il est perçu envers des bénéfiques conditionnels ressemblant à la puissance locomotive qui incite les créateurs à agir à partir de leur nécessité et leur éventualité.

Finalement, le fait d'entreprendre veut dire s'autoriser à saisir des risques. Audet (2001) énonce que ces risques sont de type distinct et sont exprimés dans des instants distincts et, quelquefois, d'une manière inattendue.

### 2) *Le risque financier*

Il s'agit du premier type de risque. Le fait de se lancer dans une affaire, généralement, oblige l'individu à utiliser tout son patrimoine. Son capital propre constitue un certificat du contrat professionnel, tout comme l'apport personnel pour l'acquisition d'une maison et pour bénéficier d'un crédit bancaire, forme un grand risque financier. La situation devient véritablement pénible lorsque la personne ne parvient pas à régler la charge financière dégagée par le crédit ; la maison acquise, considérée comme la chose la plus précieuse, est un risque important ! Dans le cas où le créateur tombe en échec, il est appelé aussi à rembourser des dettes durant une longue période. Il ne faut pas perdre de vue aussi la crainte de ne pas posséder, chaque fin du mois, des rémunérations professionnelles nécessaires et l'angoisse de ne pas posséder une rétribution suffisante à cette fin. Finalement, nous pouvons additionner à cette catégorie financière la crainte de ne pas parvenir à collecter les richesses et les ressources de paiements obligatoires afin de parvenir à commencer son travail. Il est nécessaire d'admettre qu'une grande variété de créateurs ne possède pas continuellement les moyens financiers indispensables et satisfaisants afin de se lancer et de poursuivre leur affaire, et leur capital personnel n'est pas suffisant. Généralement ils font recours au renfort d'un moyen financier externe, ou bien envers un crédit bancaire ou à travers une collecte de fonds de la part des investisseurs. Ainsi, commencer son affaire avec un manque de moyens veut dire travailler avec une armature habituellement très maigre et trop dangereuse.

Hypothèse 1 : Le risque financier influence négativement l'intention d'entreprendre.

### 3) *Le risque professionnel*

Abandonner sa profession chez les autres afin de se lancer dans sa propre affaire revient à dire se débarrasser d'un ensemble de privilèges comme, par exemple, une rétribution motivante, une assurance et une retraite sans être sûr de quoi sera fait son avenir, autrement dit, c'est de marcher à

contre sens. D'autant qu'en cas de faillite, il n'est pas toujours possible de reprendre son activité salariale, puisque son échec peut être un mauvais signal pour l'employeur potentiel.

En conséquence, le plus grand problème auquel une personne peut faire face, c'est lorsqu'elle occupe un poste de responsabilité dans une entreprise qui lui donne une rémunération importante. Le créateur potentiel se posera beaucoup de questions avant de décider de créer sa propre entreprise et de perdre ainsi tous ces avantages. Lorsque nous parlons de la caution, nous devons mentionner la caution salariale et la caution du contrôle du temps, ainsi que la rétribution du créateur qui change en fonction de la rétribution et au profit réalisé par l'entreprise. À contrario, lorsqu'il est employé dans une organisation, il est informé d'avance de sa rémunération, et à travers sa rémunération il organise sa vie et contrôle ses dépenses.

Hypothèse 2 : Le risque professionnel influence négativement l'intention d'entreprendre.

#### 4) *La déstabilisation de la cellule familiale*

Un individu entrepreneur s'implique beaucoup plus dans son projet personnel que s'il était employé dans une entreprise. Ainsi, il consacre plus de temps à la préparation de son propre projet qu'à sa fonction s'il était encore employé. Certes, il existe des postes de travail qui nécessitent une plus grande disponibilité tels que le poste des cadres, les métiers de conseils ; il ne reste pas moins que ce temps consacré reste inférieur à celui qu'on consacre pour la réalisation de son objectif. Dans ce cas, l'entrepreneur consacre des jours et des nuits, des vacances et sacrifie ses vacances pour résoudre les difficultés rencontrées.

L'individu entrepreneur doit être positiviste. Lorsqu'il débute une affaire, il travaille davantage et ne trouve pas le temps nécessaire pour s'occuper de sa famille. Une fois son affaire créée, il sera encore davantage absorbé par son affaire au détriment de ses proches et de sa famille. L'épouse sera ainsi invitée à s'occuper de l'instruction des enfants. Elle est obligée de concevoir toutes les conditions pénibles et de supporter les résultats d'un tourment capital en faveur de son conjoint pour la réussite de son affaire. De même, il faut renoncer à quelques avantages financiers lorsque l'entrepreneur ne sera pas capable de se récompenser aisément. L'épouse doit être compréhensive et en accord avec son mari pour l'aider à prendre le bon chemin ; idem lorsque l'entrepreneur est une femme. Finalement, il faut savoir que l'échec présente un déstabilisateur qui se traduit généralement en complications et obstacles financiers, et qui engendre des difficultés au niveau de la famille, pouvant aller jusqu'à la séparation. Ce danger de déstabilisation de la famille est inévitable et forme même des blocages bien déterminés. Pour Brockhaus (1980), en se référant à cet ensemble d'obstacles, l'entrepreneur ne se présente pas comme étant un preneur de risque complet, mais à l'inverse il est un homme qui vise

incontestablement la minimisation de ces risques, possédant une disposition à la prise de risques apaisés, il donne de valeur au risque calculé. Les résultats des diverses recherches n'autorisent pas de conclure que la tendance à un risque modéré constitue un indicateur de prédiction des possibilités qu'offre l'entrepreneuriat. Le nombre de ces recherches reste limité, et jusqu'à nos jours les responsables ne sont pas arrivés à donner une jauge de différenciation suprême. Dans leur travail de recherche nommé « Towards a theory of entrepreneurship », Ivan & Gary (1993) distinguent « l'approche par les caractéristiques » qui se caractérise par l'insuccès et finissent par dire que « apparemment, il n'y a pas d'entrepreneur typique ». Ces études affirment l'unidimensionnalité du processus entrepreneurial et se concentrent sur l'analyse de la seule personnalité de l'individu entrepreneur. Cependant il y a d'autres chercheurs qui considèrent que le processus entrepreneurial est caractérisé par son multi- dimensionnalité. Et nous pouvons formuler notre première hypothèse.

Hypothèse 3 : La déstabilisation de la cellule familiale influence négativement l'intention d'entreprendre.

### III. CADRE ET CHOIX METHODOLOGIQUE

Dans le cadre de notre recherche, une démarche hypothético-déductive et quantitative est conduite. De même, les définitions des variables et de leurs échelles de mesures sont des étapes essentielles.

Les outils d'analyses statistiques conseillés par Churchill (1979), particulièrement l'ACP (Analyse en Composante Principale), imposent de bien prendre en considération la taille importante de l'échantillon. Selon la détermination scientifique qu'il veut exiger à ses résultats, le chercheur développe un échantillon dont la taille peut saisir un maximum de personnes allant de 5 à 10 fois d'items existant dans une même analyse en composante principale, bien qu'il soit préférable de s'appuyer dans le calcul de la taille d'échantillon sur l'ACP qui contient le nombre le plus élevé des items. En effet, cette dernière doit rassembler le plus grand nombre d'items possibles.

Notre échantillon est formé de 250 étudiants de la faculté des sciences économiques et de gestion de Sfax et de l'institut supérieur d'administration des Affaires de Sfax qui ont suivi un cours en culture entrepreneuriale. Les données ont été recueillies moyennant un questionnaire distribué en classe et via internet. L'utilisation d'un échantillon d'étudiants est pertinente dans les recherches sur l'intention d'entreprendre, dans lesquelles ces étudiants sont souvent présentés comme des entrepreneurs potentiels.

Afin de valider nos construits et pour savoir si les items formant les variables sont appropriés, nous procédons à un ensemble des tests psychométriques. Le premier test sera celui de la variance totale expliquée.

TABLE I

Variables	variance cumulée
risque financier	82,621%
risque professionnel	84,316%
déstabilisation de la cellule familiale	73,604 %

Les corrélations des items, après élimination des items non convenables aux analyses prochaines et après rotation dans l'espace factoriel, se sont nettement améliorées.

Pour mesurer les items constituant nos variables, nous avons appliqué aux items une échelle de Likert à 5 positions. L'objectif était d'extraire des facteurs latents à partir des variables observables initiales, de manière à restituer le maximum d'informations. À ce niveau, le pouvoir explicatif des items s'élève à plus que 73,604 % pour former les axes.

La matrice des composantes nous informe sur la contribution des items retenus dans la formation de l'axe factoriel. Un seul facteur a été retenu à travers l'analyse en composantes principales.

Tous les items sont fortement corrélés avec l'axe factoriel retenu. Cela confirme l'idée selon laquelle tous les items permettent d'expliquer un seul phénomène, ce qui confirme notre fondement théorique.

Variables	indice de KMO	alpha de Cronbach
risque financier	0,724	0,8935
risque professionnel	0,857	0,7754
déstabilisation de la cellule familiale	0,786	0,9581

Le test de Sphéricité de Bartlett étudie la matrice des corrélations dans son intégralité et nous donne la proportion de probabilité de l'hypothèse nulle selon laquelle toutes les corrélations sont égales à zéro, ce qui est le cas pour notre recherche, il prendra une significativité nulle.

En utilisant la mesure de l'indice KMO, nous pouvons connaître si nos items inclus dans notre étude mesurent bien ou non la variable en vérifiant la cohérence entre les mesures établies et leurs corrélations. Nous avons retenu la valeur 0,6 comme référence pour l'indice KMO. En fait, l'indice est plus que 0,6, nous pouvons donc dire que les items sont suffisamment corrélés pour construire des dimensions communes. Notre test de Bartlett est significatif, et notre modèle de factorisation est bien approprié pour l'étude de l'intentionnalité.

Plus la valeur d'alpha est proche de 1, plus la cohérence interne de l'échelle de mesure est puissante. Nous éliminons donc les items qui diminuent le score, et on conserve ceux qui contribuent à l'accroissement de la valeur trouvée d'alpha de Cronbach afin d'assurer la fiabilité des instruments. Dans notre cas, alpha est supérieur à alpha critique qui prend 0,6, ce qui nous permet de constater que la cohérence entre les items est forte et que l'échelle de mesure est appropriée et fiable. De plus, l'examen de ce coefficient échappe au chargé d'étude de tomber dans un processus ordinaire qui consiste à récupérer un questionnaire déjà existant sans s'inquiéter de ses problèmes de mesure.

#### IV. TEST DES HYPOTHESES DE LA RECHERCHE

Accepter une hypothèse préétablie dans les construits théoriques suppose que les données assemblées et collectées à l'aide d'un sondage sont possibles et le vérifient sur le terrain. « Il serait plus juste de dire que l'hypothèse est "non rejetée" plutôt qu'"acceptée", car rien ne prouve que d'autres hypothèses ne seraient pas également acceptables » (Evrard et al, 1997, p. 326). Maintenant et après la formulation et la vérification des mesures issues de la revue de la littérature, nous allons faire le recours à des techniques statistiques pour confirmer ou infirmer les hypothèses de recherche et pour vérifier la validité du modèle conceptuel.

Hypothèse 1 : Le risque financier influence négativement l'intention d'entreprendre.

Pour évaluer les liens de significativité entre les variables au niveau partiel, on utilise le test statistique de student. Le test t: sa valeur doit être plus grande que 2 (1,96) pour être significative (notée à  $p < 0,05$ ). Elle indique les coefficients des variables présentées dans l'équation sont significatifs. Nous passons, par conséquent, à la vérification de l'importance et de la significativité de la contribution de la variable indépendante sur les variations de la variable "intention entrepreneuriale". Le coefficient de régression  $\beta=0,208$  est de signe positif. Dans ce cas, le modèle obtenu est significatif ( $p < 0,05$ ), le lien est significatif ( $t= 4,512 > 2$ ) et positif ( $R^2$  ou coefficient standardisé de 0,049). Donc la variable indépendante, à savoir le risque financier agit négativement sur l'intention d'entreprendre

Ainsi, en se référant au test de la régression simple, l'hypothèse 1 est validée.

Hypothèse 2 : Le risque professionnel influence négativement l'intention d'entreprendre.

Nous passons par conséquent, à la vérification de l'importance et de la significativité de la contribution de la variable indépendante sur les variations de la variable intention entrepreneuriale. Le coefficient de régression  $\beta=0,2$  est de signe négatif. Le modèle obtenu est non significatif ( $p < 0,05$ ), ( $t= 3,217 < 2$ ) et positif. La variable indépendante donc, à savoir le risque professionnel a un effet significatif sur l'intention d'entreprendre.

Ainsi, en s'inspirant du test de la régression simple, l'hypothèse 2 est acceptée.

Hypothèse 3 : La déstabilisation de la cellule familiale influence négativement l'intention d'entreprendre.

Nous passons à la vérification de l'importance et de la significativité de la contribution de la variable indépendante sur les variations de la variable intention entrepreneuriale. Le coefficient de régression  $\beta=7,8 \text{ E-}02$  est de signe positif. Le modèle obtenu est significatif ( $p < 0,05$ ), et le lien entre la déstabilisation de la cellule familiale et l'intention d'entreprendre est significatif car  $t= 2,814 > 2$  et positif.

Donc la variable indépendante, à savoir la déstabilisation de la cellule familiale, agit négativement sur l'intention d'entreprendre.

Ainsi, en se référant au test de la régression simple, l'hypothèse 3 est confirmée au sein de notre échantillon étudiantin

## V. CONCLUSION GENERALE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Pour notre recherche empirique, nous avons choisi la méthode quantitative. Cette démarche méthodologique permet d'apporter des éléments de réponse à la problématique retenue pour cet article.

Après avoir réalisé les traitements statistiques et présenté les résultats du test de l'ensemble des hypothèses de recherche, nous nous proposons, dans cette section, de présenter, de discuter et d'interpréter les résultats obtenus et d'expliquer les causes possibles des effets qui se sont montrés non significatifs dans notre recherche. Notre objectif est de confronter les résultats statistiques obtenus avec la revue de littérature développée le long de la première partie de ce travail de recherche.

En faisant recours à une analyse confirmatoire, nous constatons que toutes les hypothèses de notre recherche sont confirmées.

Les analyses effectuées tout au long de cette recherche, dans le contexte tunisien, nous ont permis de répondre à notre objectif de recherche. Notre échantillon se compose de 250 étudiants en phase terminale de leur cursus universitaire et bientôt demandeurs d'emploi, ce qui a favorisé leur comportement en fonction de l'intention entrepreneuriale.

Les orientations et les comportements des étudiants et des jeunes diplômés sont également influencés par un certain nombre de facteurs personnels et environnementaux. Les chercheurs ont ainsi montré l'importance du statut social des activités et des situations entrepreneuriales dans l'environnement proche du participant (Schmitt-Rodermund, 2004). Il a été démontré empiriquement une corrélation entre le rôle des proches comme modèles à émuler et la préférence pour une carrière centrée sur le travail autonome (Matthews et Moser, 1995 ; Scott et Twomey, 1988). En outre, Shapero et Sokol (1982) ont avancé que la famille, en particulier le père ou la mère, joue un rôle très important en développant la désirabilité et la faisabilité des actions entrepreneuriales. Scott et Twomey (1988) ont constaté que les individus dont les parents possèdent une petite entreprise exprimaient la préférence la plus élevée pour le travail autonome et, à l'inverse, la moins importante pour des situations de salariés dans de grandes entreprises. Matthews et Moser (1995 et 1996) ont, quant à eux, identifié un lien significatif entre la présence des modèles de référence parentaux entrepreneuriaux et le niveau des intentions entrepreneuriales.

Lorsque l'individu est issu d'une famille dont l'un d'entre eux est impliqué dans le phénomène de la création, il est tout à fait logique qu'il ait une forte intention à se mettre à son compte. Ainsi, les facteurs familiaux font preuve d'une forte significativité sur l'intention entrepreneuriale. Dans ce sens, Bragard et al. (1987) observent que le contexte le plus fertile à la création d'entreprise est celui d'un environnement familial favorisant l'entrepreneuriat comme étant l'idée central pour une vie professionnelle positive et évolutive. Par ailleurs, force est de relever que la reproduction sociale semble bien fonctionner dans le domaine de la création d'entreprise, ce qui montre que la famille exerce un pouvoir déterminant. Les parents, à l'évidence, jouent un rôle de modèle ou de contre modèle. Ainsi, reprendre ou accroître l'entreprise ou le projet familial est généralement interprété comme un facteur qui pousse les individus à continuer le trajet entrepreneurial de leurs parents. La famille est le premier milieu dans lequel les valeurs de l'entrepreneur éventuel sont transmises. De nombreuses études démontrent que les entrepreneurs ayant un parent entrepreneur sont plus présents que le restant de la population dans le domaine de l'entrepreneuriat (Bossin et al. 2008).

D'une façon générale, il convient de noter que nos résultats montrent un impact négatif de la déstabilisation familiale sur l'intention entrepreneuriale, ce qui confirme les résultats de recherches antérieures (Fayolle, 1996 ; Souitaris et al. 2006 ; Zhao et al. 2005).

De plus, la situation financière ou sociale des étudiants joue un rôle principal non seulement dans la décision de la mise en place du processus de la création du projet individuel mais aussi comme facteur psychologique fondamental dans le choix de carrière professionnelle entre le fait de se lancer dans propre affaire ou de chercher un poste dans les entreprises privées ou bien encore attendre un poste dans la fonction publique.

De plus, le risque en tant qu'opportunité, ce que certains qualifient de risque spéculatif, est celui que veulent saisir tous les dirigeants d'entreprises en croissance ou tous les investisseurs, puisqu'il promet des gains intéressants, une amélioration de la performance, la création d'emplois, etc. Alors que le risque en tant que menace, et que l'on associe parfois au risque pur, est celui qui rend les résultats

instables, qui accroît la vulnérabilité de l'entreprise et qui, par conséquent, nuit à l'obtention de financement à des conditions favorables et réduit la valeur de la firme ; ce risque doit être identifié et contrôlé pour éviter à l'entreprise une réduction de performance (Waring et Glendon, 1998).

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, vol. 50 , 179-211.
- [2] Albert, P., & Mougnot, P. (1988, mars-avril). La création d'entreprises high-tech. *Revue Française de Gestion*, n° 68 , 106-118.
- [3] Barbosa, S. D. (2008). La perception du risque dans la décision de création d'entreprise. Thèse de doctorat . France, Université Pierre-Mendès, Grenoble.
- [4] Bird, B. J. (1988). Implementing entrepreneurial ideas: The case of intention. *Academy of Management Review*, vol 13 , 442.
- [5] Boissin, J. P., Chollet, B., & Emin, S. (2008 ). Les croyances des étudiants envers la création d'entreprise. Un état des lieux . *Revue française de gestion*, n° 180 , 25-43.
- [6] Brockhaus, R. H. (1982). The Psychology of the Entrepreneur. *Encyclopedia of Entrepreneurship*, Englewood Cliffs, N.J. , Prentice Hall, p. 39-57. . Prentice Hall: Kent, C.A. et al. (Eds).
- [7] Bruyat, C. (1993). Création d'entreprise : Contributions épistémologiques et modélisation. Thèse de doctorat en sciences de gestion, Université Pierre Mendès, (Grenoble II), Ecole Supérieure des Affaires .
- [8] Crant, J. M. (1996). The proactive personality scale as a predictor of entrepreneurial intention. *Journal of Small Business Management*, 34, 3 , 42-51 .
- [9] Dickson, P. R., & Ghiglierano, J. J. (1986). Missing the Boat and Sinking the Boat; A conceptual model of entrepreneurial risk. *Journal of Marketing*, 50 (3) , 58-70.
- [10] Fayolle. (1996). Contribution à l'étude des comportements entrepreneuriaux des ingénieurs français. Thèse de doctorat en sciences de gestion, université Jean Moulin de Lyon.
- [11] Fayolle, A., Barbosa, S. D., & Kickul, J. (2008). Une nouvelle approche du risque en création d'entreprise . *Revue française de gestion 2008 /5 (n° 185) , 141 à 159.*
- [12] Filion, L. J. (1988). The Strategy of Successful Entrepreneurs in Small Business : Vision, Relationships and Anticipatory Learning. Ph.D. Thesis, University of Lancaster . Great Britain, (UMI 8919064): tome 1 : 695 pages, tome 2 : 665 pages.
- [13] Hanoch, Y., Johnson, J. G., & Wilke, A. (2006). Domain Specificity in Experimental Measures and Participant Recruitment . *Psychological Science*, vol. 17, n° 4 , 300-304.
- [14] Ivan, B., & Gary, E. W. (1993, May ). Towards a theory of entrepreneurship. *Journal of Business Venturing* Volume 8, Issue 3 , 181-294.
- [15] Khelil, N., Smida, A., & Zouaoui, M. (2018). Que signifie échouer en entrepreneuriat ? Relecture de la littérature. *Revue internationale P.M.E.*, 31(3-4), 35-66. <https://doi.org/10.7202/1054418ar>.
- [16] Kollmann, T. S. (2017). Fear of failure as a mediator of the relationship between obstacles and nascent entrepreneurial activity – An experimental approach. *Journal of Business Venturing*.
- [17] Kogan, N., & Wallach, M. A. (1967). Risk taking as a function of the situation, person, and the group. *New direction in psychology*. Vol. 3 , 111-281. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- [18] Krueger, N. F., Reilly, M. D., & Carsrud, A. I. (2000). Competing models of entrepreneurial intentions. *Journal of business venturing* 15 (5/6) , 411-432.
- [19] Mullins, J. W., & Forlani, D. (2005). Missing the boat or inking the boat : a study of new venture decision making . *Journal of Business Venturing*, 20 , 47-69.
- [20] Shapero, A., & Sokol, L. (1982). The social dimensions of entrepreneurship. *Encyclopedia of entrepreneurship* , Englewood Cliffs : Prentice Hall, inc, Chapter IV , 72-90.
- [21] Shepherd, D. W. (2016). *Learning from entrepreneurial Failure*. Cambridge, Cambridge University Press.
- [22] Sitkin, S. B., & Pablo, A. L. (1992). Reconceptualizing the determinants of risk behavior. *Academy of Management Review*, vol. 17, n° 1 , 9-38.
- [23] Souitaris, V., Zerbinati, S., & Al-Laham, A. (2007). Do entrepreneurship programmes raise entrepreneurial intention of science and engineering students ? The effect of learning, inspiration and resources. *Journal of Business Venturing*, Volume 22, Issue 4, July, 2007 , 566-591.
- [24] Tounés, A. (2003, Décembre 15). L'intention entrepreneuriale: Une recherche comparative entre des étudiants sui vant des formations en entrepreneuriat (bac+5) et des étudiants en DESS CAAE. Université de Rouen.
- [25] Ucbasaran, D. S. (2013). Life after business failure the process and consequences of business failure for entrepreneurs. *Journal of Management*, 39(1), 163-202.

- [26] Weber, E. U., Blais, A. R., & Betz, N. E. (2002). A Domain-specific Risk-attitude Scale : Measuring Risk Perceptions and Risk Behaviors. *Journal of Behavioral Decision Making*, 15 , 263-290.
- [27] Zhao, H., Seibert, S., & Hills, G. (2005). The mediating role of self-efficacy in the development of entrepreneurial intentions. *Journal of Applied Psychology*, 90(6) , 1265–1272.





