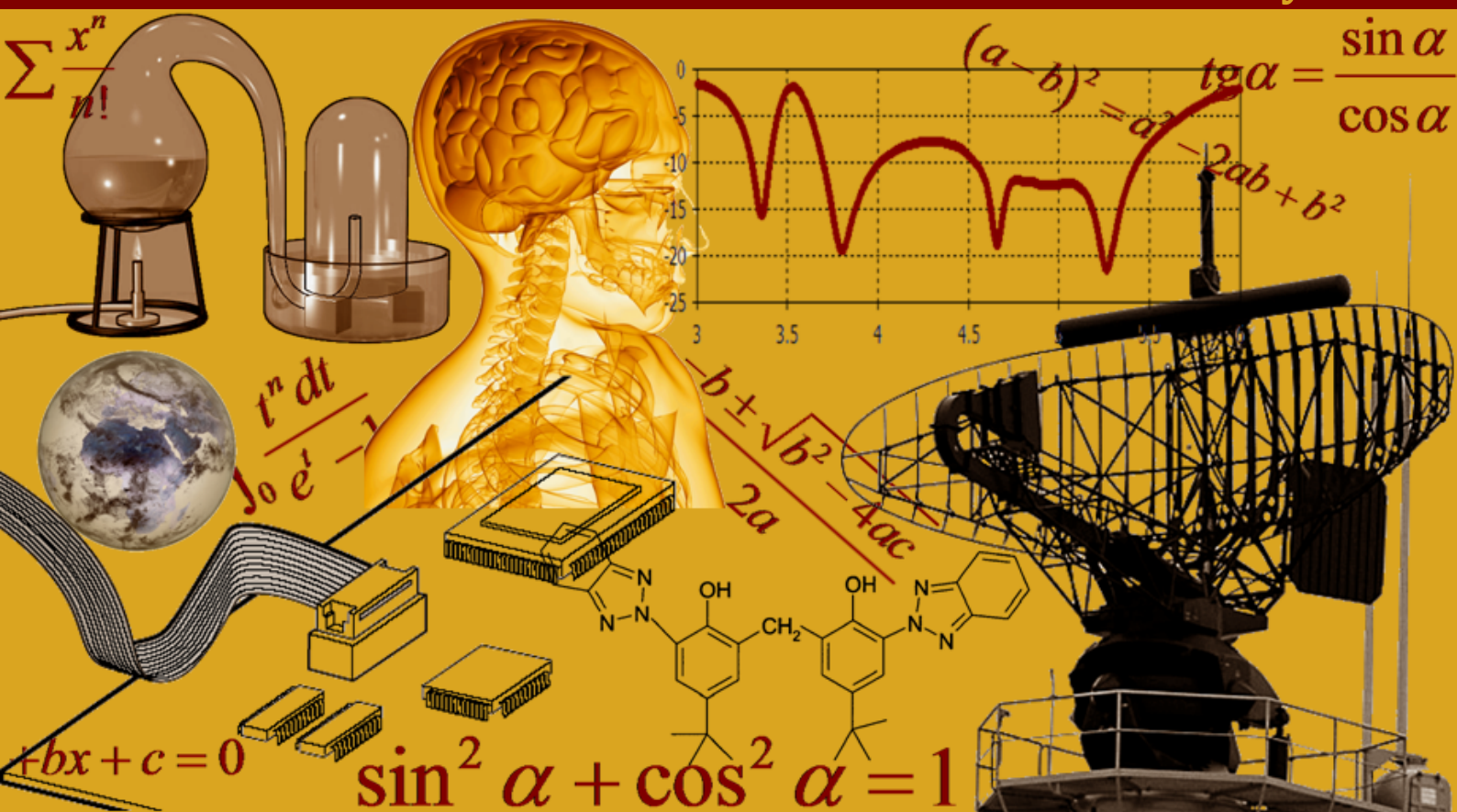


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 1 N. 2 May 2014



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2351-8014) is an open access, specialized, peer-reviewed, and interdisciplinary journal that focuses on research, development and application within the fields of innovation, engineering, science and technology. Published four times per year in English, French, Spanish and Arabic, it tries to give its contribution for enhancement of research studies.

All research articles, review articles, short communications and technical notes are sent for blind peer review, with a very fast and without delay review procedure (within approximately two weeks of submission) thanks to the joint efforts of Editorial Board and Advisory Board. The acceptance rate of the journal is 75%.

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Table of Contents

Changements Technologiques Biaisés en Faveur des Compétences: Cas des Pays en Développement	51-62
Optimization of Hydrogen Direct injection engine to reduce NO _x emissions	63-66
Linguistic Attitude and the Failure of Irish Language Revival Efforts	67-74
Inheritance of <i>Rht5</i> dwarfing gene in common wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	75-82
Perception du risque et démarche Risk management : Cas des entreprises marocaines	83-93
Etude de l'impact du climat social de l'entreprise sur l'implication des salariés : Etude de cas d'une entreprise marocaine	94-115
Phytochemical Analysis and Antibacterial Activity of Essential Oil Of <i>Lavandula multifida</i> L.	116-126
The Design of Medical Devices	127-134

Changements Technologiques Biaisés en Faveur des Compétences: Cas des Pays en Développement

[Skills Biased Technological Changes: Case of developing Countries]

Sirine MNIF

Département des Sciences Economiques,
Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Sfax/Université Rennes 2-Haute Bretagne,
Tunisie/France

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Our work deals with the relationship between inequality and technological changes. In particular, we focus on the transmission channels through which technological innovations affect inequality. The objective of this work is to determine the effects of the diffusion of innovations on the demand for labor of different skills. We are interested in the notion of technological bias and the role of inequality between different workers. Empirical validation of this work is based on Dynamic Panel. Our model tests the impact of technological change and capital on unequal access to employment and tests the hypothesis of skills biased Technological Change. An estimate by the Arellano and Bond method seems more relevant. A positive relationship between innovation and demand for skilled labor and a negative relationship between innovation and demand for unskilled labor seems to be confirmed for developing economies. Furthermore, complementarity between capital or technologies and skilled labor also seems to be confirmed for the same sample.

KEYWORDS: Technological changes, inequality in access to employment, Biased Technology, complementarity between capital and skilled labor, GMM.

RESUME: Notre travail traite la relation entre l'inégalité et les Changements Technologiques. Plus particulièrement, nous nous intéressons aux canaux de transmission par lesquels les innovations technologiques touchent l'inégalité. L'objectif de ce travail est de déterminer les effets de la diffusion des innovations sur la demande de main-d'œuvre de différentes qualifications. Nous nous intéressons à la notion du biais technologique et au rôle des inégalités entre les différents travailleurs. La validation empirique de ce travail se base sur la technique des données de Panel Dynamique. Notre modèle teste l'impact du Changement Technologique et du capital sur l'inégalité d'accès à l'emploi et vérifie l'hypothèse des Changements Technologiques Biaisés en faveur des Compétences. Une estimation par la méthode d'Arellano et Bond paraît plus pertinente. Une relation positive entre l'innovation et la demande du travail qualifié et une relation négative entre l'innovation et la demande du travail non-qualifié semblent être confirmées pour un échantillon d'économies en développement. Par ailleurs, une complémentarité entre le capital et le travail qualifié ou entre les technologies et les compétences semble aussi être confirmée pour ce même échantillon.

MOTS-CLEFS: Changements Technologiques, inégalité d'accès à l'emploi, Technologie biaisée, complémentarité entre capital et travail qualifié, MMG.

1 INTRODUCTION

Rejoignant ainsi la littérature liant les inégalités à la croissance, nous abordons le rôle de l'innovation comme sources d'inégalités suivant des analyses portant sur le progrès technologique biaisé [1], [2] et plus généralement sur l'idée de destruction créatrice proposée par Schumpeter. Le principal mécanisme mis en œuvre est que l'innovation est créatrice d'inégalités à côté des opportunités de profits. Ainsi, quelles sont les implications du changement technique sur le marché du travail? Comment la Nouvelle Technologie affecte-t-elle l'emploi et la distribution des salaires?

Le changement technique favorise plus les travailleurs qualifiés, remplace les tâches précédemment effectuées par les non-qualifiés et augmente l'inégalité. Cette vision est formée sur la base de l'expérience de plusieurs décennies, qui était témoin des changements importants dans la technologie, y compris la diffusion rapide des ordinateurs dans les lieux de travail et dans notre vie, et l'inégalité de salaire. Aux Etats-Unis, par exemple, la prime de l'université - les salaires des diplômés universitaire relativement aux salaires des diplômés non universitaire - croit plus de 25 pour cent entre 1979 et 1995. L'inégalité globale de revenus a augmenté également brusquement. En 1971, un ouvrier au 90^{ème} percentile de la distribution de salaire a gagné 266 pour cent plus qu'un ouvrier au 10^{ème} percentile. En 1995, ce nombre avait atteint 366 pour cent [3], [4]. Plusieurs chercheurs trouvent un rapport causal direct entre les évolutions technologiques et ces variations radicales dans la distribution des salaires dans l'économie américaine. Le titre de l'article de [5] sur les ordinateurs et l'inégalité récapitule cette vue: «Comment les ordinateurs ont changé la structure de salaire». La référence [6] donne également un rapport succinct: l'installation et le fonctionnement des Nouvelles Technologies impliquent souvent l'acquisition et le traitement de l'information. La compétence facilite ce processus d'adoption. Par conséquent, les périodes d'avancement technologique rapide devraient être associés à une augmentation du rendement de la compétence. Ils argumentent que nous sommes maintenant au milieu d'une «troisième Révolution Industrielle» alimenté par des avances de la Technologie de l'Information et que cette révolution est responsable de l'augmentation de l'inégalité.

La référence [7] évalue le lien entre la scolarisation et les salaires dans les années 1980 et 1990 aux États-Unis. Elle observe une hausse de «l'avantage salarial de la scolarisation», qu'elle définit comme la mesure selon laquelle les travailleurs bien scolarisés gagnent davantage que les travailleurs peu scolarisés. Les bénéfices de la scolarisation ont augmenté ces dernières décennies et cela représente une cause considérable de l'amplification de l'inégalité des salaires.

Il y avait aussi des signes de complémentarité significative entre la compétence et la technologie dans les années 10. La référence [8] argumente que la diffusion en lots et le processus continu des méthodes de production ont augmenté la demande pour les compétences. Elle ajoute: «Le changement à l'électricité après les sources d'énergie de vapeur et de puissance de l'eau est renforcé parce qu'il a réduit la demande des ouvriers manuels non-qualifiés dans beaucoup de tâches comme tirer, transporter et assembler». Pendant cette période, les industries intensives en capital augmentent considérablement la demande des compétences [8].

L'évidence du début du 20^{ème} siècle est si puissante pour que la référence [9] suggère que le capital et les qualifications soient complémentaires. Les références [10], [11], [12] et [13] ont également montré que les développements technologiques augmentent la demande des qualifications. Les ordinateurs personnels, les techniques de production assistées par ordinateur et la robotique semblent compléter les travailleurs qualifiés, remplaçant beaucoup de tâches à forte intensité en main-d'œuvre. Il est peut-être naturel de voir l'augmentation de l'inégalité sur le passé de plusieurs décennies comme conséquence directe du changement technique. Le Changement Technologique Biaisé en faveur des Compétences (CTBC) explique donc l'inégalité des salaires et l'inégalité d'accès à l'emploi.

Berman et Machin (2000) tiennent compte de la transition dans la structure des compétences et de l'emploi au sein des pays développés, de façon à illustrer dans quelle mesure la transition de la demande a favorisé les travailleurs qualifiés et dans quelle mesure ces transitions relatives de la demande ont été plus marquées au sein des industries les plus avancées sur le plan technologique. Quel est donc le sort des pays en développement?

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

Au début des années 1990, vu la dégradation de la situation des salariés non-qualifiés sur le marché du travail des pays développés, concernant le revenu ou l'accès à l'emploi, un certain nombre d'études ont attiré l'attention sur le progrès technologique comme une source de l'augmentation de la demande de la main-d'œuvre qualifiée [14], [15], [16], [17], [18] ou de l'augmentation du salaire du travail qualifié par rapport au travail non-qualifié [19], [20]. Le progrès technique serait intrinsèquement biaisé en faveur du travail qualifié.

L'hypothèse sous jacente est que l'adoption des Nouvelles Technologies nécessite un niveau de capital humain élevé qui est souvent rare au départ de processus de la diffusion technologique. Etant donné cette rareté, nous assistons à une

augmentation des salaires des travailleurs qualifiés alors que les salaires des autres travailleurs demeurent maintenus à leur niveau initial ce qui entraîne une inégalité de salaires. Si les plus Nouvelles Technologies sont plus complexes que les technologies anciennes, cela implique une corrélation positive entre les salaires et l'utilisation de ces Nouvelles Technologies.

L'hypothèse des CTBC est confirmée par des estimations des équations qui mettent en relation la part de l'emploi des travailleurs non manuels d'une part et les dépenses en R&D et l'utilisation des ordinateurs d'autre part. La référence [17] montre que les ordinateurs et les dépenses en R&D ont un impact positif et significatif sur l'augmentation de la part de la masse salariale des travailleurs hors production: ces deux facteurs représentent 70 pour cent du déplacement au détriment des travailleurs de la production. La référence [21], en se concentrant sur la période 1979-1989, prouve que les écarts salariaux ont augmenté dans la plupart des industries avec la montée de la R&D.

La référence [22] obtient des résultats semblables pour les secteurs autres que le secteur de la production aux États-Unis. Elle documente une demande croissante de la main-d'œuvre qualifiée pendant les cinq dernières décennies et particulièrement depuis 1970. Elle argumente que la diffusion des ordinateurs et des technologies a contribué de manière significative à ce phénomène et prouve que l'évolution des compétences s'est produite plus rapidement dans les industries qui sont intensifs en ordinateurs. Dans l'ensemble, les preuves empiriques montrent que les industries plus avancées sur le plan de la technologie sont plus susceptibles d'afficher une augmentation de la demande relative des travailleurs qualifiés.

Ainsi, la référence [8] a étudié les conséquences des Nouvelles Technologies et des nouveaux processus de production au cours de la première moitié du siècle, dans la période qui a suivi l'introduction de l'énergie électrique. Elle a constaté l'existence d'une complémentarité entre les Nouvelles Technologies et les travailleurs qualifiés. En particulier, la diffusion des techniques de production liées à l'emploi de moteurs électriques dans la première décennie du siècle a favorisé une augmentation de la demande relative de travailleurs qualifiés dans le secteur manufacturier aux États-Unis.

Pour la France, la référence [23], en prenant un échantillon de 4954 entreprises pour la période 1991-1996, montre l'existence d'un biais technologique qui favorise la main-d'œuvre de conception de l'entreprise, qui est supposée la main-d'œuvre la plus qualifiée. Au Canada, pour une analyse qui réunit le secteur industriel et celui de services, la référence [24] trouve que les indicateurs de niveau technologique (le stock de brevets, l'âge du stock du capital) sont positivement corrélés avec l'utilisation des compétences, ce qui s'arrime bien avec l'hypothèse du CTBC. Cette étude confirme le résultat de [25] qui a montré que, sur la période 1962-1986, le progrès technique est défavorable à la main-d'œuvre non-qualifiée pour la plupart des secteurs de l'industrie canadienne.

Le travail de [25] concerne 18 secteurs industriels relatifs au Canada. Il considère deux catégories d'emploi par profession: ouvriers = main-d'œuvre de production ou cols bleus, reste = main-d'œuvre indirect ou cols blancs. Les tests rejettent l'hypothèse selon laquelle le Changement Technologique a été neutre dans 10 des 18 secteurs. Dans chaque cas de progrès technique biaisé, l'innovation consomme des qualifications. La référence [26] défend l'idée que les mêmes forces qui ont baissé le salaire réel des moins qualifiés sur le marché de travail américain ont aussi affecté les marchés du travail au Canada et en France.

La référence [27] part d'une comparaison internationale pour trouver que l'industrie américaine est semblable aux autres industries. Elle identifie à la fois une corrélation entre le capital et le travail qualifié et une corrélation entre les Nouvelles Technologies et le travail qualifié. Ces corrélations sont plus fortes aux États-Unis et en Grande-Bretagne. La référence [28] montre aussi à partir de données individuelles d'entreprises américaines, que l'utilisation des NTIC mesurée par les stocks d'ordinateurs détenus par les firmes est corrélée de manière significative avec une augmentation de la demande de capital humain et de qualifications.

La référence [29] s'intéresse à l'exemple des Pays-Bas. Elle considère deux groupes de secteurs: secteurs protégés et secteurs exposés et deux catégories d'emploi par niveau d'éducation: secondaire, apprentissage et plus = qualifiés, primaire et primaire étendu = non-qualifié. Elle trouve que le Changement Technologique joue un rôle important. En effet, la plus grande part de la réduction de la demande de travail peu qualifié peut être attribuée au Changement Technologique asymétrique économe en travail. Elle confirme aussi la complémentarité entre le capital et la main-d'œuvre qualifiée. La référence [30] se base sur deux catégories d'emploi (production et non production). Elle trouve que le coefficient affecté à l'évolution du ratio capital/produit (en log) est plus élevé en 1909-1919 et 1979-1989, suggérant un fort accroissement de la complémentarité entre le capital et les qualifications durant les années 1910, peut être similaire aux changements récents associés à la révolution informatique.

La référence [31] s'intéresse à deux catégories d'emploi par profession: ouvriers + employés = non-qualifié, cadres + profession intermédiaires = qualifiés. Ses mesures du progrès technique incorporé aux facteurs expliquent une part importante de l'évolution de la structure productive. En particulier, le différentiel de progrès technique entre travail non-qualifié et travail qualifié est positif. La référence [32] utilise la déformation de la structure des salaires et s'intéresse à quatre

catégories d'emploi par niveau d'éducation. Elle décompose l'évolution de salaire par groupe. Et elle trouve que la raison principale de la hausse des différentiels de salaires par niveau éducatif réside dans la combinaison d'un progrès technique biaisé au profit du travail qualifié et des changements dans la qualité du travail non mesurée.

La référence [33] utilise deux catégories d'emploi par niveau d'éducation: main-d'œuvre avec plus de 13 ans d'éducation = qualifiés, reste = non-qualifié. Le proxy pour mesurer les Nouvelles Technologies est l'âge moyen du stock de capital. Pour elle, la demande relative de main-d'œuvre éduquée diminue quand le stock de capital et la technologie qui y est incorporée vieillit. Elle montre que plus l'âge du capital est élevé plus la part dans les coûts de la main-d'œuvre ayant suivi plus de 13 ans d'études est faible. Ce résultat indique que les technologies les plus récentes sont associées à une main-d'œuvre plus qualifiée. Pour la référence [34], l'accroissement de la composante «haute technologie» du capital est relié positivement à la croissance des heures de travail des cols blancs. Là réside l'explication principale de la baisse de productivité du travail associée au développement du capital en hautes technologies. En termes de niveau éducatif, parmi les cols bleus, il ressort clairement que les accroissements du capital s'accompagnent d'une hausse des qualifications au profit des salariés plus éduqués.

La référence [35] utilise deux indicateurs de PTF: niveau d'investissement en informatique et dépense en R&D. L'indicateur sectoriel d'innovation est l'utilisation de brevets. Elle estime un modèle Logit et trouvent que les salariés des secteurs marqués par des taux supérieurs de Changement Technologique reçoivent davantage de formation professionnelle continue que ceux qui travaillent dans les secteurs ou les technologies se renouvellent moins fréquemment. Pour la référence [27], le progrès technique est mesuré par le ratio dépenses de R&D/valeur ajoutée par l'usage de l'informatique. Sa conclusion est la suivante: Il existe d'importantes complémentarités entre les technologies et les qualifications dans les 4 pays de leur échantillon. De plus, il y a une complémentarité entre le capital physique et les qualifications dans la plupart des pays.

La référence [22] emploie quatre niveaux d'éducation: inférieur au bac, bac, université, diplôme universitaire et estiment les parts de qualifications dans la masse salariale. Pour elle, la diffusion de l'informatique peut expliquer de 30 à 50 pour cent de la hausse du taux de croissance de la part des plus qualifiés dans la masse salariale depuis les années 70. La croissance des investissements en informatique représente aussi plus de 30 pour cent de l'augmentation intra-sectorielle du niveau de qualification dans l'industrie manufacturières américaine au cours des années 80.

La référence [36] a entrepris une étude de cas pour une entreprise appelée «Bell Telephone Company» des Etats-Unis. Elle trouve que la composition de l'emploi dans la téléphonie s'est déplacée depuis plusieurs décennies vers les qualifiés et les techniciens. En particulier, le Changement Technologique dans les télécommunications conduit au gonflement des fonctions centrales et à l'élimination des sous-directions décentralisées. Pour Siegel (1995), le Changement Technologique conduit à un glissement dans la composition du travail et de la rémunération au profit des salariées les plus formés.

La référence [37] utilise trois indicateurs de progrès technique: l'intensité sectorielle de R&D, l'activité d'innovation et l'usage de micro informatique. Elle décompose l'évolution de la part des qualifiés dans l'emploi et la masse salariale. Il apparait pour elle que l'on peut expliquer ces glissements au sein des secteurs en termes d'indicateurs de Changement Technologique comme la R&D ou l'innovation et l'introduction de l'informatique. Ce dernier effet est particulièrement marqué au sommet de la hiérarchie professionnelle.

L'étude de [38] a révélé une forte corrélation entre les indicateurs de Changement Technologique et les changements récents de la structure des salaires au niveau des secteurs. Les résultats sont particulièrement marqués pour la R&D, le capital en hautes technologies, l'accroissement du rapport K/L et les rendements de l'éducation. La référence [39] utilise des travailleurs manuels qui constituent la main-d'œuvre de production et des travailleurs non manuels. L'utilisation de divers modèles où la technologie et les salaires sont déterminés simultanément la permet de conclure que la main-d'œuvre qualifiée à haut revenu exerce une influence positive sur la probabilité d'introduire des Changements Technologiques, mais que le Changement Technologique en soi n'a pas d'influence directe sur le salaire.

La référence [40] indique qu'il existe des relations significatives entre d'une part la manière de produire les biens et d'autre part les salaires et la structure de l'emploi dans les établissements. L'interprétation qui s'en dégage est que les méthodes de production varient, les besoins en terme de production de la main-d'œuvre évoluent également. La référence [41] utilise deux catégories d'emploi: cols bleus et cols blancs pour dire que l'usage des Nouvelles Technologies a conduit à un déplacement de la demande relative de travail au profit des salariés indirects au cours de la seconde moitié des années 80. Toutefois, il est peu évident qu'une hausse de la prime salariale se produise en même temps.

La référence [42], à partir de données appariées d'établissement industriels et de salariés, mettent en évidence une corrélation positive entre les Nouvelles Technologies et les qualifications: les établissements utilisateurs de nombreuses technologies de production avancées se caractérisent par une part supérieure de la main-d'œuvre qualifiée. La référence

[43], dans une estimation avec effets individuels, trouve que tous les effets sauf l'expérience des Nouvelles Technologies disparaissent. Les firmes sélectionnent leurs meilleurs salariés quand elles cherchent quelqu'un pour travailler avec des Nouvelles Technologies à base d'informatique. Ces Nouvelles Technologies sont utilisées par des salariés qui étaient déjà mieux payés que leurs collègues avant de travailler sur ces équipements.

Plus récemment, Conte et Vivarelli (2007) ont étudié, pour un échantillon de 32 pays et sur la période 1980-1991, les conséquences de l'importation de technologies fabriquées par les pays développés sur la structure de la main-d'œuvre dans les pays en développement et les pays moins avancés. Ils remarquent l'existence d'une complémentarité entre le capital et le facteur travail (travail qualifié et le travail non-qualifié). Par ailleurs, l'importation de technologies contribue à augmenter la main-d'œuvre qualifiée et réduit le nombre des employés non-qualifiés.

Pour le cas de pays en développement, les estimations des effets du progrès technique sur l'emploi ou sur les salaires sont restées rudimentaires et limités. Pour pallier ce manque dans la littérature, nous nous intéressons à ces pays. En se basant sur un échantillon de pays en développement, nous allons essayer de répondre aux questions suivantes: Quels sont les effets des innovations sur la demande des travailleurs qualifiés et des travailleurs non-qualifiés? Et quel est la nature de la relation entre le capital et les compétences et entre les Changements Technologiques et le niveau éducatif pour ces pays?

3 L'ANALYSE EMPIRIQUE

3.1 L'ÉVOLUTION DE LA MAIN-D'ŒUVRE QUALIFIÉE DANS LES 39 PAYS DE NOTRE ÉCHANTILLON

La figure 1 montre que l'emploi qualifié où le nombre de travailleurs qualifiés n'a cessé d'augmenter durant la période 1965-2007. Ce graphique illustre que le nombre de main-d'œuvre qualifiée a enregistré une augmentation continue en passant de 346,140 à 5168,701.

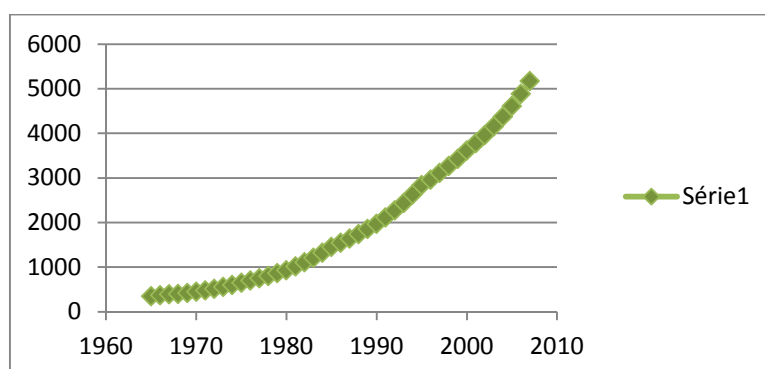


Fig. 1. Evolution de l'emploi qualifié durant la période 1965-2007 dans les pays en développement

3.2 CORRÉLATION ENTRE LE CHANGEMENT TECHNOLOGIQUE ET LA MAIN-D'ŒUVRE QUALIFIÉE

La figure 2 montre que la corrélation entre la main-d'œuvre qualifiée et le nombre des brevets déposés, qui constitue un indicateur du Changement Technologique, est forte. Ce qui confirme la thèse du CTBC.

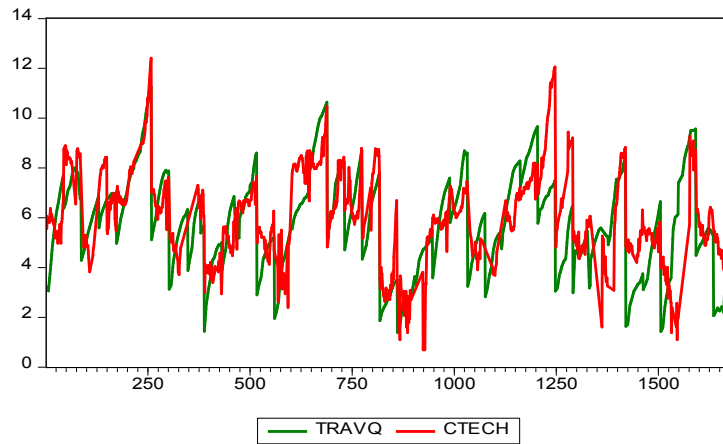


Fig. 2. Corrélation entre le nombre des brevets déposés et le travail qualifié

3.3 LE MODÈLE ET LES DONNÉES

Dans le but de maximiser leurs profits, les industries définissent les niveaux optimaux d'emplois qualifiés et non-qualifié. Dans notre cas, ces niveaux optimaux dépendent de la production, du stock du capital, de l'effet du progrès technologique et des salaires relatifs des deux catégories d'emplois (L_{it}^q et L_{it}^{nq}). Pour notre analyse, nous n'avons pas pu obtenir les données relatives aux salaires des deux catégories d'emploi. Pour cette raison et en se basant sur les explications de [17], nous supposons que les salaires relatifs sont constants au cours du temps et changent seulement entre les pays.

Le manque de données sur les salaires par niveau de qualification constitue une limite à notre travail. Cependant, nous comptons sur les effets spécifiques des individus, représentés par le terme α_i pour capter les variations des salaires relatifs. Nous allons donc nous concentrer sur l'impact du Changement Technologique sur l'inégalité d'accès à l'emploi et non pas sur l'inégalité de salaire ou de revenu.

Enfin, nos équations d'emplois des deux catégories de main-d'œuvre estimées sur données de Panel sont de la structure suivante:

$$\ln L_{it}^q = (1 - \alpha_1) \ln L_{it-1}^q + \alpha_2 \ln Y_{it} + \alpha_3 \ln K_{it} + \alpha_4 CT_{it} + \alpha_5 PPA_{it} + \alpha_i + \xi_{it}$$

$$\ln L_{it}^{nq} = (1 - \alpha_1) \ln L_{it-1}^{nq} + \alpha_2 \ln Y_{it} + \alpha_3 \ln K_{it} + \alpha_4 CT_{it} + \alpha_5 PPA_{it} + \alpha_i + \xi_{it}$$

Notre travail estime le Travail Qualifié et le Travail non-Qualifié (ce sont les variables expliquées) en fonction de ces deux variables retardées, de la Production, du Capital, du Changement Technologique et de la Parité du Pouvoir d'Achat (ce sont les variables explicatives). Ces modèles sont inspirés des travaux de Berman et Machin (2000) et de Conte et Vivarelli (2007).

Nous allons étudier ces deux équations dans le temps et dans l'espace où « i » représente chaque pays et « t » représente chaque période de temps (avec $t = 1, 2, \dots, T$). L_{it}^q constitue le travail qualifié mesuré par le nombre des travailleurs qui ont suivi une éducation universitaire, c.-à-d. ceux qui ont un niveau scolaire supérieur au bac y compris les diplômés de l'université. Le travail qualifié représente donc la main-d'œuvre avec plus de 13 ans d'éducation (Bourguignon, 2010). L_{it}^{nq} représente le travail non-qualifié mesuré par le reste des travailleurs, c.-à-d. ceux qui ont un niveau scolaire inférieur ou égal au bac (sans éducation, primaire atteint, primaire complet, secondaire atteint, secondaire complet). Le travail non-qualifié représente donc la main-d'œuvre avec 13 ans ou moins d'éducation (Bourguignon, 2010). Y_{it} représente la Production, K_{it} est le Stock de Capital, CT_{it} est le Changement Technologique et PPA_{it} représente la Parité du Pouvoir d'Achat.

Les résultats empiriques sont basés sur les estimations des équations d'emplois discutées précédemment. La majorité des variables est exprimée en logarithme. Pour mesurer l'innovation, la référence [44] utilise des données sur les brevets accordés aux résidents et aux non-résidents. D'autres études de fond qui ont utilisé le nombre de brevets comme un proxy

pour la mesure de l'innovation globale comprennent Mancusi (2004), [45], [46]. Une autre mesure de l'innovation qui paraît dans la littérature est celle des dépenses en R&D. Les références [47], [48], [49] utilisent comme mesure de l'innovation, le nombre de brevets déposés, les dépenses en R&D ainsi que la valeur des technologies importées. Pour Berman et Machin (2000), ils utilisent le nombre d'utilisateurs d'ordinateur dans le travail et les dépenses en R&D pour vérifier l'hypothèse du CTBC. Conte et Vivarelli (2007) utilisent la valeur du commerce pour la technologie importée pour mesurer le transfert technologique qui représente un Changement Technologique. Pour la référence [50]: « . . . les brevets semblent être un bon indicateur . . . pour l'activité inventive ... à un niveau très agrégé ». Ainsi, pour notre travail, nous choisissons le nombre des brevets déposés comme mesure des Changements Technologiques.

Notre contribution s'appuie sur des données statistiques provenant de plusieurs sources différentes. Le Stock de Capital est présenté par la part de l'investissement du PIB réel par tête. Il est tiré de Pen World Tables [51] version 6.3. La Production est représentée par le PIB réel par tête et tirée de Pen World Tables [51]. La PPA provient aussi de Pen World Tables [51]. Le Travail Qualifié est représenté par le nombre des employés qualifiés qui sont les employés avec un niveau d'étude universitaire. Ces variables sont issues de la base de données International Data on Educational Attainment: Updates and Implications [52]. Le Travail Non-Qualifié est représenté par le nombre des employés non-qualifiés qui constituent les employés avec un niveau scolaire secondaire ou moins. Ces données sont aussi issues de la base de données International Data on Educational Attainment: Updates and Implications [52].

Le nombre de brevets déposés est tiré de World Intellectual Property Organization [53]. Notre technique pour l'estimation des modèles porte sur la technique des données de Panel Dynamique cylindré. Ces modèles sont inspirés des travaux de Berman et Machin (2000) portant sur 32 pays en développement et de Conte et Vivarelli (2007) pour 23 pays de bas et moyen revenu. Notre Panel porte sur un échantillon de 39 pays en développement pour une période allant de 1965 à 2007. Nos 39 pays sont: Algeria, Argentina, Bolivia, Bulgaria, Chile, China, Colombia, Costa Rica, Croatia, Cyprus, Ecuador, Egypt, Guatemala, Honduras, Hungary, India, Indonesia, Iran, Malaysia, Malta, Mauritius, Mongolia, Morocco, Pakistan, Panama, Paraguay, Peru, Philippines, Romania, Singapore, Sri Lanka, Tajikistan, Thailand, Trinidad & Tobago, Tunisia, Uganda, Ukraine, Uruguay, Zambia. Le tableau 1 représente un ensemble des statistiques descriptives.

Tableau 1. Résumé des statistiques

Variable	Définition	Source	Moyenne	Déviati on Standard	Minimum
Travail Qualifié	Nombre des employés qualifiés: ceux qui ont suivi une éducation supérieure	International Data on Educational Attainment: Updates and Implications (Barro et Lee, 2010).	5,739	1,966	1,391
Travail Non-Qualifié	Nombre des employés non-qualifiés: le reste des travailleurs	International Data on Educational Attainment: Updates and Implications (Barro et Lee, 2010).	8,843	1,721	5,275
Production	Log du PIB réel par tête	Penn World Tables (Heston et Summers, 2009) version 6.3.	8,463	0,763	6,209
Stock de Capital	La part de l'investissement du PIB réel par tête	Penn World Tables (Heston et Summers, 2009) version 6.3.	2,997	0,556	-0,116
PPA	La Parité du Pouvoir d'Achat	Penn World Tables (Heston et Summers, 2009) version 6.3.	1,352	2,436	-4,605
Changements Technologiques	Le logarithme du nombre des brevets déposés par les résidents et les non-résidents	World Intellectual Property Organization (WIPO, 2010)	6,157	1,889	0,693

En résumé, nous allons vérifier l'hypothèse du CTBC. Nous avons voulu tester l'impact du Changement Technologique sur le rapport de salaire entre les travailleurs qualifiés et les travailleurs non-qualifiés. Mais, à cause de l'absence des données concernant les salaires, nous avons remplacé le salaire par le nombre des employés. En utilisant donc deux spécifications, nous allons adopter l'impact du Changement Technologique sur la demande des employés qualifiés d'un côté et la demande des employés non-qualifiés d'un autre côté. Nous allons donc tester l'impact du Changement Technologique sur l'inégalité d'accès à l'emploi des travailleurs qualifiés et des travailleurs non-qualifiés.

3.4 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

La fonction de demande d'emploi estimée définit la présence d'une variable dépendante retardée. La présence de cette variable constitue un problème majeur. Cette complication a pour origine la corrélation entre le retard de la variable dépendante et la perturbation, même si ξ_t est supposée non corrélée. La solution de ce problème repose sur les estimateurs des variables instrumentales et par suite sur un estimateur par la Méthode des Moments Généralisés (MMG) développé par Arellano et Bond (1991). Cette méthode permet de résoudre les problèmes de biais de simultanéité, de causalité inverse et de variables omises qui affaiblissent les résultats obtenus. La méthode d'Arellano et Bond (1991) se propose comme une estimation dite du «Panel dynamique» en deux étapes. Ce qui nous amène d'abord à réécrire le modèle en différence première pour éliminer les effets spécifiques individuels et temporels. Les valeurs en niveau retardées de deux ou plusieurs périodes sont par suite employées comme des instruments des variables explicatives en différences premières, en supposant que les erreurs de l'équation en niveau ne soient pas corrélées en série.

La convergence de l'estimateur de la MMG est conditionnée par la validité des instruments donnés par les valeurs retardées des variables explicatives. Nous traitons cette question en utilisant le test de spécification déterminé par Arellano et Bond (1991). En effet, la validité de l'ensemble des instruments peut être vérifiée en se basant sur le test de sur-identification de Sargan qui s'appuie sur l'estimateur de la MMG. Nous pouvons dire que, pour les deux spécifications retenues, les deux tests de sur-identification de Sargan n'indiquent aucun problème concernant la validité des variables instrumentales. Les statistiques de ces tests sont inférieures aux seuils, nous acceptons donc l'hypothèse nulle: les variables instrumentales ne sont pas corrélées asymptotiquement avec les perturbations du modèle estimé et les instruments choisis sont valides. Les résultats de nos estimations sont représentés dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2. Résultats de l'estimation (Variable dépendante: main-d'œuvre qualifiée)

Estimation	Arellano et Bond (MMG)
Travail Qualifié (-1)	1,0389 (0,000)
Production	-1,2389 (0,000)
Capital	0,1710 (0,000)
Changement Technologique	0,1143 (0,000)
PPA	0,0332 (0,000)
Pays	39 pays

Note: Les valeurs entre parenthèses représentent les probabilités.

Tableau 3. Résultats de l'estimation (Variable dépendante: main-d'œuvre non-qualifiée)

Estimation	Arellano et Bond (MMG)
Travail Qualifié (-1)	1,0259 (0,000)
Production	0,0461 (0,003)
Capital	-0,0030 (0,003)
Changement Technologique	-0,0359 (0,000)
PPA	0,0143 (0,000)
Pays	39 pays

Note: Les valeurs entre parenthèses représentent les probabilités.

Nous avons trouvé un signe négatif et fortement significatif de la Production relativement au travail qualifié et un signe positif et fortement significatif de la Production relativement au travail non-qualifié. Pour la PPA, elle exerce un effet positif et fortement significatif sur le travail qualifié et sur le travail non-qualifié. C.-à-d. qu'une augmentation du pouvoir d'achat entraîne l'augmentation du travail qualifié et l'augmentation des qualifications.

Les signes des coefficients du Changement Technologique et du capital sont conformes à nos attentes. Nous avons obtenu un effet positif et statistiquement significatif du Changement Technologique sur la demande du travail qualifié. Ainsi, une augmentation de 1 point du Changement Technologique ou du nombre de brevets déposés est corrélée avec une augmentation de la demande de la main-d'œuvre qualifiée de 11,43 pour cent. Ce qui confirme la thèse du CTBC. De même, une augmentation de 1 point du Capital s'accompagne d'une augmentation de la demande de la main-d'œuvre qualifiée de 17,10 pour cent. Aussi, nous avons obtenu un effet négatif et statistiquement significatif du Changement Technologique sur la demande du travail non-qualifié. Par ailleurs, une augmentation de 1 point du Changement Technologique ou du nombre de brevets déposés entraîne une baisse de la demande de la main-d'œuvre non-qualifiée de 3,59 pour cent. De même, une augmentation de 1 point du capital va de paire avec une baisse de la demande de la main-d'œuvre non-qualifiée de 0,30 pour cent. Ce qui confirme bien la thèse de [9] concernant la complémentarité entre le travail qualifié et le capital.

Nous remarquons donc que les Changements Technologiques influencent positivement et significativement sur le travail qualifié. Ce résultat confirme bien la thèse du CTBC. En effet, le nombre des brevets déposés explique bien la variation de la demande des travailleurs. Ainsi, notre étude économétrique prouve l'existence d'un biais technologique, qui favorise la demande des cadres représentant la main-d'œuvre la plus qualifiée. A cet effet s'ajoute un second effet favorable à la main-d'œuvre qualifiée. Cette dernière est beaucoup plus complémentaire avec le capital que les travailleurs qui représentent la main-d'œuvre non-qualifiée. Tous les résultats de nos estimations s'arriment bien avec la thèse du biais technologique. L'innovation technologique conduit à une modification permanente de la structure de l'emploi en faveur de ces travailleurs qualifiés.

Les références [47], [48], [49], Berman et Machin (2000), Conte et Vivarelli (2007) et Ben slama et Plassard (2011) ont aussi vérifié et confirmé l'hypothèse du CTBC en utilisant la technique des données de Panel. Conte et Vivarelli (2007) ont représenté le Changement Technologique par l'importation de technologie. Pour Berman et Machin (2000), les indicateurs de technologie sont l'utilisation d'ordinateur et la R&D. Ces deux travaux se sont intéressés par un échantillon de pays en développement. Pour les références [47], [48], [49], ils se sont intéressés à 9 secteurs industriels de la Tunisie. Ces travaux ont trouvé que la diffusion technologique conduit à une modification de la structure de l'emploi en faveur des travailleurs

qualifié. Ils ont trouvé aussi que l'augmentation de la valeur technologique augmente la demande de la main-d'œuvre qualifiée et baisse la demande de la main-d'œuvre non-qualifiée et que l'augmentation du capital est corrélée avec l'augmentation de la demande de la main-d'œuvre qualifiée. Dans une autre étude sur la Tunisie dans le cadre d'une Alliance *for Research on North Africa* (ARENA), Iwasaki et Kashiwagi (2011) clarifient la relation entre capital humain et emploi en Tunisie, en estimant le rendement de l'éducation sur le travail et le salaire. En tenant compte des différences régionales des régions enquêtées (Kebili, Monastir, Béja et Tataouine), les résultats de leur analyse confirment l'effet positif de l'investissement dans l'éducation sur la productivité et le revenu du travail. Le niveau de l'éducation donne un rendement positif sur le revenu des ménages. Par ailleurs, en se basant sur des données françaises, Ben slama et Plassard (2011) contribuent à la littérature concernant l'effet des TIC sur les salaires des employés qui utilisent un ordinateur au travail. Ces deux auteurs confirment l'existence d'une prime salariale associée à l'utilisation de l'informatique. Tous ces résultats confirment la thèse de [9] relative à la complémentarité entre les technologies et les compétences.

4 CONCLUSION

Traditionnellement, dans la littérature de croissance, le progrès technologique est associé aux améliorations de productivité qui est bénéfique à tous les ouvriers et il est considéré comme le déterminant principal des niveaux du revenu moyens à long terme. Plus récemment, apparaisse la notion de compétence biaisée où le progrès technologique bénéficie seulement à un sous groupe d'ouvriers, en plaçant le changement technique au centre du débat de la distribution du revenu. Nous avons expliqué la thèse du CTBC. Nous avons testé empiriquement l'impact du Changement Technologique sur l'inégalité d'accès à l'emploi. Nous avons trouvé une grande complémentarité entre le capital et le travail qualifié. Ainsi une hausse du Changement Technologique est corrélée avec une augmentation de l'inégalité d'accès à l'emploi.

REFERENCES

- [1] P. Aghion and P. Howitt, *Endogenous Growth Theory*, M.A: MIT Press, 1998.
- [2] J. Rubart, The Employment Effects of Technological Change: Heterogenous Labour, Wage Inequality and Unemployment. *Springer Berlin Heidelberg*, NewYork, pp. 61-69, 2007.
- [3] D. Acemoglu, "Directed Technical Change," *Review of Economic Studies*, vol. 69, pp. 781-809, 2002a.
- [4] D. Acemoglu, "Technical Change, Inequality, and the Labor Market," *Journal of Economic Literature*, vol. 40, no. 1, pp. 7-72, 2002b.
- [5] A. B. Krueger, "How Computers Have Changed the Wage Structure: Evidence from Microdata," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 108, 1993.
- [6] J. Greenwood and M. Yorukoglu, "1974," *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, vol. 46, pp. 49-95, 1997.
- [7] T. N. Bradbury, "Research on Relationships as a Prelude to Action," *Journal of Social and Personal Relationships*, vol. 19, pp. 571-599, 2002.
- [8] C. Goldin and L. F. Katz, "The Origins of Technology-Skill Complementarity," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, pp. 693-732, 1998.
- [9] Z. Griliches, "Capital-Skill Complementarity," *Review of Economics and Statistics*, vol. 5, pp. 465-68, 1969.
- [10] R. R. Nelson and E. S. Phelps, "Investment in Humans, Technological Diffusion and Economic Growth," *American Economic Review*, vol. 56, pp. 69-75, 1966.
- [11] F. Welch, "Education in Production," *Journal of Political Economy*, vol. 78, no. 1, January/February, pp. 35-59, 1970.
- [12] T. W. Schultz, "The Value of the Ability to Deal with Disequilibria," *Journal of Economic Literature*, vol. 13, no. 3, pp. 827-846, 1975.
- [13] J. Tinbergen, *Income Differences: Recent Research*, Amsterdam: North Holland, 1975.
- [14] G. Picot, "What is Happening to Earnings Inequality in the 1990s," *Canadian Economic Observer*, September, Cat. no. 11-010-XPB, Statistics Canada, 1998.
- [15] R. Topel, "Factor Proportion and Relative Wages: the Supply-side Determinants of Wage Inequality," *Journal of Economic Perspectives*, vol. 11, pp. 55-74, 1997.
- [16] K. Murphy, W. C. Riddell and P. Romer, "Wages, Skills, and Technology in the United States and Canada," *Working Paper*, no. 6638, NBER, 1998.
- [17] E. Berman, J. Bound and Z. Griliches, "Changes in the Demand for Skilled Labor within U.S. Manufacturing Industries: Evidence from the Annual Survey of Manufacturing», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 109, pp. 367-397, 1994.
- [18] E. Berman, J. Bound and S. Machin, "Implications of Skill-Biased Technological Change: International Evidence," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, November, pp. 1245-1279, 1998.

- [19] D. Acemoglu, "Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Inequality," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 113, 1998.
- [20] P. Aghion and P. Howitt, *Théorie de la croissance endogène*, Dunod, Paris, 2000.
- [21] R. C. Allen, "The Great Divergence in European Wages and Prices from the Middle Ages to the First World War," *Explorations in Economic History*, vol. 38, pp. 411-447, 2001.
- [22] D. H. Autor, L. F. Katz and A. B. Krueger, "Computing Inequality: Have Computer Changed the Labor Market?," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, pp. 1169-1213, 1998.
- [23] E. Duguet and N. Greenan, "Le biais technologique: une analyse économétrique sur données individuelles," *Revue économique*, vol. 48, no. 5, 1997.
- [24] S. Gera, W. Gu and Z. Lin, "Technology and the Demand for Skills in Canada: an Industry Level Analysis," *Canadian Journal of Economics*, vol. 34, pp. 132-148, 2001.
- [25] J. R. Betts, "The Skill Bias of Technological Change in Canadian Manufacturing Industries," *Review of Economics and Statistics*, vol. 74, no. 1, 1997.
- [26] D. Card, F. Kramarz and L. Lemieux, "Changes in the Relative Structure of Wages and Employment: a Comparaison of the United States, Canada and France," *NBER working paper*, no. 5487, 1996.
- [27] S. Machin and J. Van Reenen, "Technology and Changes in Skill Structure: Evidence from Seven OECD countries," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, pp. 1215-1244, 1998.
- [28] T. F. Bresnahan, E. Brynjolfsson and L. M. Hitt, "Information Technology, Workplace Organization and the Demand for Skilled Labor: Firm-level Evidence," *NBER Working Paper*, no. 7136, Mai, 1999.
- [29] N. Draper and T. Manders, "Structural Changes in the Demand for Labor," *Research Memorandum*, vol. 128, Amesterdam Central Planbureau, 1996.
- [30] C. Goldin and L. F. Katz, "Technology, Skill and the Wage Structure: Insights from the past," *American Economic Review*, vol. 64, 1997.
- [31] F. Mihoubi, "Coût des facteurs et substitution capital-travail: une analyse manufacturier," *Economie et statistiques*, no. 301-302, 1997.
- [32] J. Bound and G. Johnson, "Changes in the Structure of Wages in the 1980's: an Evaluation of Alternative Explanation," *American Economic Review*, vol. 82, no. 3, 1992.
- [33] A. Bartel and F. Lichtenberg, "The Comparative Advantage of Educated Workers in Implementing New Technology," *Review of Economics and Statistic*, vol. 69, 1987.
- [34] E. R. Berndt, C. Morrisson and L. Rosenblum, "High-tech Cpital Formation and Labor Composition in US Manufacturing Industries: an Exploratory Analysis," *NBER working paper*, no. 4010, 1992.
- [35] A. Bartel and F. Lichtenberg F., "The Comparative Advantage of Educated Workers in Implementing New Technology," *Review of Economics and Statistic*, vol. 69, 1987.
- [36] L. Lynh and P. Osterman, "Technological Innovation and Employment in Telecommunication," *Industrial relations*, vol. 28, pp. 188-205, 1989.
- [37] S. Machin, "Wage Inequality in the UK," *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 12, no. 1, pp. 47-64, 1996.
- [38] D. S. Allen, "Technology and the Wage Structure," *NBER working paper*, no. 5956, 1996.
- [39] L. Chennels and J. Van Reenen, *Wages and technology in British Plants: Do Workers Get a Fair Share of the Plunder?*, London, Institute for Fiscal Studies & University College London, Mimeo, 1995.
- [40] T. Dunne and J. A. Schmitz, "Wages, Employment Structure and Employer Size Wages Premia: their Relationship to Advanced Technology Usage at US Manufacturing Establishments," *Economica*, vol. 62.
- [41] P. Casavola, A. Gavosto and P. Sestito, "Technical Change and and Wages Dispersion in Italy: Evidence from Firm's Data," *Annales d'économie et de statistique*, no. 41-42, 1996.
- [42] M. Doms, T. Dunne and K. Troske, "Workers, Wages and Technology," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 112, no. 1, 1997.
- [43] H. Entorf and F. Kramarz, "Does Unmesured Ability Explain the Higher Wages of New Technology Workers," *European Economic Review*, vol. 41, pp. 1489-1510, 1997.
- [44] D. Weinhold and U. Nair-Reichert, "Innovation, Inequalities and Intellectual Property Rights," *World Development*, vol. 37, no. 5, 2008.
- [45] Y. Chen and T. Puttitanun, "Intellectual Property Rights and Innovation in Developing Countrie," *Journal of Development Economics*, vol. 78, pp. 474-493, 2005.
- [46] J. L. Furman, M.E. Porter and S. Stern, "The Determinants of National Innovative Capacity," *Research Policy*, vol. 31, pp. 899-933, 2002.
- [47] S. Saafi, "Innovations technologiques, mobilité et demande de main-d'œuvre: une analyse au niveau des industries tunisiennes," *Revue européenne du droit social*, no. 1, 2009.

- [48] S. Saafi, "Les opportunités des investissements directs étrangers, diffusion technologique et demande de la main-d'œuvre par qualification des industries tunisiennes," *Cahiers du LAB-RII*, no. 240, 2011a.
- [49] S. Saafi, "Conséquences de la diffusion des innovations technologiques sur l'emploi industriel en Tunisie: Une analyse par les données de panel," *Revue d'Économie Industrielle*, à paraître, 2011b.
- [50] Z. Griliches, "R&D and Productivity: Econometric Results and Measurements Issues," *Journal Economic Perspectives*, vol. 2, no. 4, pp. 9-21, 1995.
- [51] A. Heston and R. Summers, "The Penn World Tables (Mark 6.3)," *Center for International Comparisons of Production, Income and Prices*, CIC, 2009.
- [52] R. Barro and L. W. Lee, "International Data on Educational Attainment: Updates and Implications," 2010. [Online] Available: <http://www.barrolee.com/data/dataexp.htm>.
- [53] World Intellectual Property Organization (WIPO), 2010. [Online] Available: <http://www.wipo.int/portal/en/index.html>.

Optimization of Hydrogen Direct injection engine to reduce NO_x emissions

Mohammed Asif Chand¹ and Rishabh Monga²

¹School of Mechanical and Building Sciences, Bachelor of Technology,
Vellore Institute of Technology,
Chennai, Tamil Nadu, India

²School of Mechanical and Building Sciences, Bachelor of Technology,
Vellore Institute of Technology,
Chennai, Tamil Nadu, India

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The proposed research work is based on the CFD simulations using ANSYS FLUENT software. In this work, injection timing is optimized (with constant levels of fuel injected), such that peak temperature inside the combustion chamber is low to prevent the pre-ignition and also reduce NO_x emissions.

KEYWORDS: PFI (Port Fuel Injection), DI (Direct Injection), CA (Crank Angle), TDC (Top Dead Center), CFD (Computational Fluid Dynamics), ϕ (Equivalence ratio).

1 INTRODUCTION

Due to the increasing rate of global warming due to gases like carbon dioxide, and the depletion of the conventional natural resources, there is a need of sustainable development and use of alternate sources of energy. In this regard, Hydrogen fuel is considered as a potential source of future energy because of its zero emissions of carbon dioxide and abundant supply in nature. It can be used as a conventional fuel in the IC engines without any major changes in the engine design itself.

External mixture formation (PFI) provides some benefits compared to internal mixture formation (DI) [1-4], higher engine efficiency, lower NO_x production, extended lean operation, lower cycle to cycle variation. These are the outcomes of higher mixture homogeneity due to longer mixing time for PFI and to the turbulence the mixture acquires passing through the intake valves. However, some recent studies show that an optimized DI system that allows proper mixture stratification around the spark plug improves efficiency, reduces cooling losses, extends lean operation, and reduces cycle to cycle variation [5-6].

However, there are some technical issues associated with it in its use in IC engines including chances of backfire at high loads, pre-ignition due to hot spots and the excessive NO_x emissions at high temperatures, as N₂ reacts with O₂ at temperatures greater than 1800K to form NO_x. Most modern fuel metering systems deliver fuel and air separately to the combustion chamber. Thus hydrogen can be added to the air mixture at a point where condition for pre-ignition are less favorable.

The high flame speed and wide flammability range of hydrogen mixtures allow very lean operation (stoichiometric ratio of hydrogen combustion is approximately 34:1) with important benefits on efficiency and NO_x control. NO_x production is very low for $\phi < 0.45$ (the so called "mixture formation limit"), thus a quality based mixture control can be used as far as the load is compatible with this limit. At heavier loads, throttle stoichiometric operations becomes essential to enable the use of catalytic converter to reduce NO_x emissions[7]. It is worthwhile mentioning that a deoxidizing catalyst is very efficient in this application, because hydrogen that remains in the exhaust gas at $\phi = 1$ is a highly efficient reducing agent. To avoid throttling

and consequent pumping losses that reduce indicated efficiency, load control can be based on EGR (0-50%) addition to stoichiometric mixture, by recycling exhaust gas in a proportion depending upon power demand.

2 CFD PREDICTIONS

3D CFD simulations are a very powerful tool for the simulation of events occurring in IC engines that helps IC engine developers understand complex in cylinder events occurring in modern combustion systems. CFD allows getting deeper insight in mixture preparation process that is a key issue applicable in the case of hydrogen DI engines. All the H₂-DI CFD studies in literature concern high pressure gaseous injection with high pressure ratios.

Our CFD study is based on ANSYS FLUENT 13.0, a CFD finite volume code involving chemically reacting turbulent flows in internal combustion engines. Turbulence is modeled using k-epsilon approach. A User defined function (UDF) file concerning the details of the initialization, injection timing and quantity of fuel injected was uploaded and compiled to get the necessary boundary conditions for the system. The computational grid has been shown below. Taking the advantage of engine symmetry, only a sector of combustion chamber was studied.

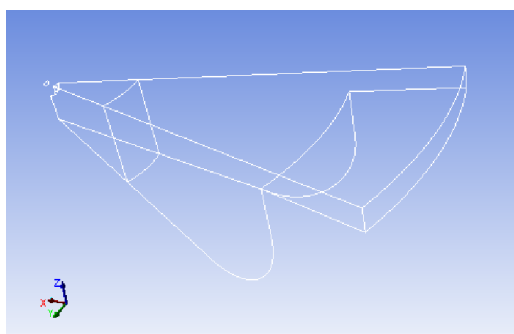


Figure 1: Sector of the combustion

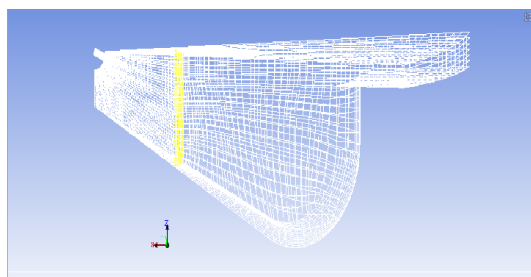


Figure 2: Mesh for the combustion chamber

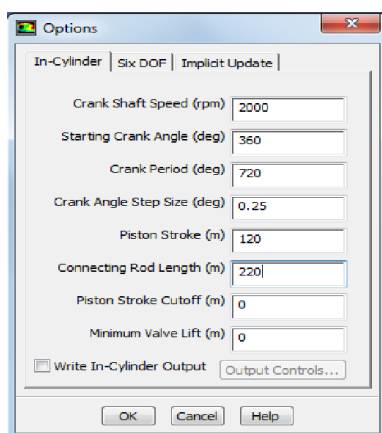


Figure 3: Incylinder options for Combustion Chamber

It should be noticed that hydrogen sonic velocity is greater than four times the sonic velocity of air. Therefore, in order to enhance calculation accuracy, small size cells were required in the region around the hydrogen valve where huge flow velocities occur. Hydrogen was injected in a single direct injection in the combustion chamber, and simulations were done at various crank angles to reduce the higher temperature pockets as much as possible, which subsequently reduces the NO_x emissions.

Analysis were performed at the both inlet and exhaust valve closed (during the compression stroke), in order to reduce the computational time required for analysis. Inlet valve closed also eliminates the chances of intake manifold backfiring due to the high combustion chamber temperature. The gauge pressure and temperature at the initial stage of analysis was taken to be 1898675Pa and 690K respectively. Higher initial temperature is required since the auto ignition temperature of hydrogen is high (773.15K). This can be attained by using a glow plug, heat generated by the glow plugs is directed into the cylinder, and serves to warm the engine block immediately surrounding the cylinder.

Injection was done at three different CA- 20° , 27.5° , 30° BTDC. The contour plots for the temperature distribution of the respective CA in the combustions chamber are shown below.

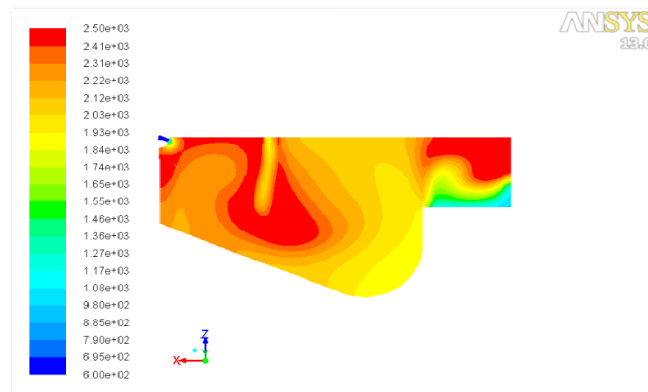


Figure 4: Temperature contour at 20 degrees below TDC.

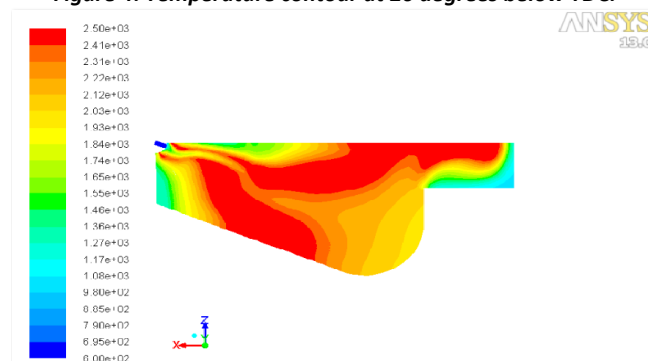


Figure 5: Temperature contour at 27.5 degrees below TDC

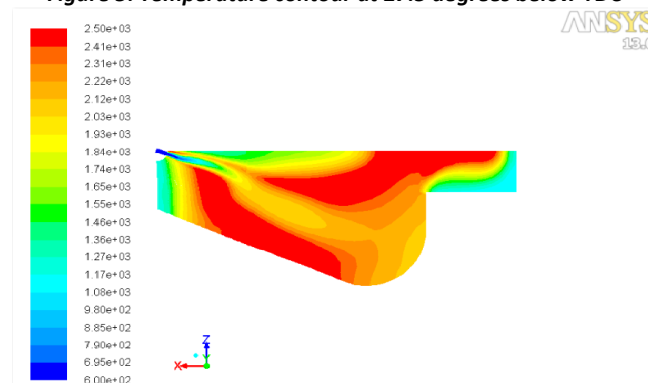


Figure 6: Temperature contour at 30 degrees below TDC

It can be inferred from the plots that the maximum temperature pockets (red plots corresponding to 2500K), and thus the NO_x emissions are relatively higher corresponding to 30° BTDC and least in 20° BTDC. The results can be justified because the more we give the time for mixture formation before combustion, the better the combustion takes place due to proper mixing and thus higher would be the peak temperature distribution. Also early injection may lead to pre-ignition phenomena at high loads. At the same time, for 20° below TDC, there would not be enough time for proper air-fuel mixing resulting in improper combustion that leaves a lot of unreacted hydrogen. Thus the optimal injection timing was found to be 27.5° below TDC.

The drawback of a single injection system is the auto-ignition cannot be optimized due to poor mixing rate of hydrogen-air, which leads to increased knocking tendencies.

3 REMARKS AND CONCLUSIONS:

The studied hydrogen injection system gives us the following benefits:

1. Advantage of the direct injection (high specific power and no backfiring).
2. Reduction of NO_x emissions by varying the injection timing.
3. Improved efficiency, decreased cooling losses, and extended lean operation.

Further improvement in the model can be performed using split injection of the hydrogen which involves injecting hydrogen partly in two intervals which will have the following benefits:

1. The first injection involves only a small amount of hydrogen injection in the combustion chamber that results in a homogenous air-fuel mixture formation. Because of this early initial injection, even at high loads, satisfactory mixture homogeneity is achieved at the ignition time.
2. The second injection involves injecting the remaining quantity of hydrogen in the combustion chamber. As the hydrogen is ignited as soon as it enters the combustion chamber, by controlling the amount of hydrogen injected in the second injection, we can control the combustion and thus control the peak temperatures.
3. Thus split injection will further reduce the NO_x level and the heat release rate.

REFERENCES

- [1] Berckmuller M. et. al., 2003: "Potential of a charged SI-hydrogen engine", SAE paper 2003-01-3210
- [2] Lee J.T., Lee C.W., and Caton J.A., 2000: "An investigation of a cause of backfire and its control due to crevice volumes in a hydrogen fueled engine", ASME Spring Technical Conference, paper 2000-ICE-284, San Antonio, USA, 2000
- [3] Natkin R.J. et. al. Hydrogen 2003: "IC engine boosting performance and NO_x study", SAE paper 2003-01-0631
- [4] Tang X. et. Al., 2002: "Ford P2000 hydrogen engine dynamometer development", SAE paper 2002-01-0242
- [5] Grabner P., Eichlesder H. Gerbig F., Gerke U., 2006: "Optimisation of a Hydrogen internal Combustion Engine with Inner Mixture Formation" 1st, Graz September 28-29, 2006
- [6] Shudo T., 2007: "Improving thermal efficiency by reducing losses in hydrogen combustion engines", International Journal of Hydrogen Energy 32 (2007) pg. 4285-4293
- [7] Rottengruber H., Berckmuller M., Elsasser G., Brehm N., Schwarz C., 2004: "Direct-Injection Hydrogen SI-Engine-Operation Strategy and Power Density Potentials", SAE paper 2004-01-2927

Linguistic Attitude and the Failure of Irish Language Revival Efforts

Inayat Shah

Faculty of English Studies
Sohar University
Sultanate of Oman

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: As a case of language maintenance Irish is seen by many as a failing attempt to survive an indigenous language. Irish is not a language which lacks poor support from the authorities; on the contrary Irish has the official status in Ireland. Since the commencement of the home rule movement there has been much effort invested to revive the Irish language; yet there is little chance that Irish would be able to maintain a status as the linguistic capital for Irish people. The fact of the situation is that for many Irish speakers, Irish is viewed as a useless language. This process is broad and complex, but one major factor is negative attitudes to a language, both in government policy and local communities. The paper briefly traces the history of the Irish language and discusses the linguistic behaviour or attitude of Irish people being responsible for the failure in language maintenance and revival efforts and consequently resulting in slow and gradual decline of the Irish language. The paper also presents few facts, figures and the reasons that highlight the fact that people's language attitude has negative impact on the Irish language's revitalization efforts. The present study also offers few suggestions on the change of attitude and the consequent possibility for the Irish language to be alive again in the rapidly changing situations.

KEYWORDS: Linguistic Attitude, Language Revival, Language Policy.

As a case of language maintenance Irish is seen by many as a failing attempt to survive an indigenous language. Irish is not a language which lacks poor support from the authorities; on the contrary, Irish has the official status in Ireland. The numbers of the speakers of Irish in Ireland is around 80,000. Since the beginning of the home rule movement in the middle of the last century there have been much efforts invested to revive the Irish language. According to the constitution of the Republic of Ireland, Irish is the first language of the country. There is also extensive political and economic support for the revival effort. There is strong positive consensus among the policy makers and the masses regarding Irish language revitalization movement; yet there is little chance that Irish would be able to maintain or regain its status as the linguistic capital for Irish people. The fact of the situation is that there are just too few Irish speakers and too few environments where Irish is preferred to English as a lingua franca. For many Irish speakers, Irish is viewed as a useless language. This process is broad and complex, but one major factor is negative attitudes to a language, both in government policy and local communities. The linguistic behaviour of the people towards Irish as a useless language is responsible in the failure of the Irish language maintenance efforts.

In this paper I would trace the history of the Irish language briefly and discuss the linguistic behaviour or attitude of Irish people being responsible for the failure in language maintenance and revival efforts and consequently resulting in slow and gradual decline of the Irish language. The attitude of Irish person towards Irish as a useless language is exhibited in the light of a number of facts surrounding various spheres and situations. Such attitude is reflected in social standing, preferences, poor language planning, geographic realities and monetary concerns - all interacting to conspire against the language. Very few people of Ireland speak Irish today. International commerce and trade are preferably carried out in English. For many people, including many governmental officials, Irish is viewed as a tongue for formal or ceremonial purposes only rather than a language for everyday use. There is very little academic, scientific, or technical material written in the language. The influence of English is so irresistible that Irish people prefer English to their own language almost everywhere. The ambivalent attitude of the people towards Irish language is manifested in almost all the spheres in the society. Such an

attitude influences the language maintenance efforts negatively. In this regard, language policies, introduction of immersion programs, retaining and maintaining the official status of the Irish language, cultural and literary productions, symbolic existence of the language in religion, tourist industry, and publication of text books, electronic media's contribution - none of these have been able to produce desired results. I will discuss the attitudes and linguistic behaviour of Irish people as the reason and the threat to their language, attitudes of children and parents affecting language policies in the elementary schools throughout their primary and post-primary careers, sociolinguistic context where success and failure in teaching Irish at primary level has important consequences for the success of the national efforts to maintain and revive Irish, and the evaluation of contextual factors outside the school which determine success in developing proficiency in Irish.

In this paper, I hope to sketch out some of the history of the Irish language revival movement and of its failure to resurrect the language. Then I will present some facts and figures that show that Irish is well on its way to death, unless some radical action is taken. I will then turn to the many interrelated reasons for the decline of the language and the failure of the revival movement. Finally, I will offer some words on the change of attitude and possibility for the Irish language to be alive again in the rapidly changing situations.

Languages die through cultural change and language replacement, by assimilation to a dominant culture and language. The Irish language can be taken as a living example of the victimisation of the dominant cultures and languages. In this section, I will briefly discuss the high and low points in the history of the Irish language and its revival movement. This discussion, owing to its length, is clearly not exhaustive; there are many other important events in the history of the Irish language which I have omitted here for reasons of space constraints. Modern Irish is a Celtic language spoken today mainly in isolated pockets on the west coast of Ireland. It is closely related to Scots Gaelic and Manx Gaelic and slightly more distantly related to Welsh, Cornish, and Breton. What were the Dark Ages in the rest of Europe was the Golden Age for Irish. At that time, Ireland was the center of learning in Western Europe and the language flourished, with large amounts of literature being written in it at that time. In the late Dark Ages, Ireland, like the rest of Europe, was the victim of raids from the Vikings. The Viking incursions mark the emergence of towns in Ireland. For example, Dublin, Galway, Cork, and Waterford were all founded by the Norse. These towns were primarily Norse-speaking and never assimilated to Irish. In 1170, we see the start of the Anglo-Norman invasions of Ireland. The Anglo-Normans conquered large parts of the country, including all the towns [1, 2]. The Anglo-Normans who lived in the rural areas quickly absorbed in the new land and learned Irish. Those in the towns, however, did not. Towns and cities, then, became the first place in Ireland that English took hold. The Statutes of Kilkenny, in 1366, are the first example of official oppression against the Irish language. Irish was banned in the court system and for use in commerce. Later, in the early 16th century, the Tudors attempted to unify their realms. Languages other than English were banned during this period. The year 1609 marks the start of the plantations of Ireland, starting under the rule of James I. English-speaking Protestant settlers, mainly from Scotland, were settled in the rich farmlands. The Irish-speaking Catholics native to the plantation areas were evicted and displaced to less hospitable land. These plantation areas became almost exclusively English-speaking. In 1633, the Cromwellian government cleared much of the Irish-speaking nobility of Leinster and Munster and heavily settled these areas. This plantation was less successful than the Jacobite plantations; however, by 1700 the Cromwellian settlers had assimilated and started speaking Irish. Paradoxically, looking at the present situation of the Irish language today it can be said that it was the culmination of the glorious period of Irish language [1, 2]. The period around 1780 marks the start of the Industrial Revolution in Ireland, primarily centered in the north around Belfast and in the south of Dublin and the Pale. The resultant change in demography and social structure perhaps marks the beginning of the end for the primacy of the Irish language in Ireland.

In the 1840s, the Irish potato famine took its toll on the rural population of Ireland, who were the bulk of the Irish speakers. During this time there was widespread death and emigration, especially among Irish speakers. In the decades following the famine 1840s the number of Irish speakers declined rapidly so that "in 1911 there were only 553,717 Irish speakers left in Ireland compared to 8,000,000 prior to famine" [3]. Emigration was primarily to English-speaking places like Canada, the United States, and Australia, so a whole generation of Irish speakers was lost. The 1937 Constitution of Ireland gave official recognition to both Irish and English but designated Irish, a minority language, as the first official language. 1922 marks the foundation of the Irish Free State and the division of Ireland into two sections (the Free State and Northern Ireland). At this time, schools were required to teach at least one hour of Irish each day. Soon after this division, the Irish civil war broke out in the south. This conflict was particularly divisive in the language revival movement. Language revivalists were found on both sides of the war, so little progress was made during that period. In 1937, Irish was officially declared the south's first language in the constitution. With this, the language revival movement received perhaps its greatest level of official and public support.

Many authors [3, 4, 5] however, feel that, despite this support, the language is still in irreparable decline. Only about 5% of those people who live in the mainly English-language areas of the country speak Irish frequently either at home or at work, though another 10% or so speak or read Irish regularly. Larger percentages report occasional use of Irish, most often passive

use such as listening to or watching Irish-language radio and television programmes [6, 7]. In the relatively small Gaeltacht (Irish speaking) areas, mainly along the west coast, about 43% of people speak Irish on a daily basis according to 1996 census data [Ó Riagáin, 2001 as cited in 7, p. 964]. Without a doubt, emigration from Irish-speaking regions has been and continues to be a major problem for the revival movement and the survival of the language. In the last century there was widespread migration from the rural Irish-speaking areas. This has continued to this day. A visitor to the *gaeltacht* today will be surprised at how few young people there are. Most young people flee to the larger English-speaking cities of Ireland or to North America and Australia. This is, without a doubt, due in turn to the economic weakness of the *gaeltachtaí*. The *gaeltachtaí* are physically remote and tend to have fairly poor land and natural resources [7, 8]. They are mainly farming communities and have relatively little industrialization. Because the Unemployment is very high in gaeltacht areas, for many young people, English is viewed as a kind of economic liberator. Speaking English well benefits the young person in his or her quest for a job outside the *gaeltacht*, where the bulk of jobs are to be found. On the flipside of the emigration issue is the amount of monolingual English immigration into the *gaeltacht*. Often when an Irish speaker goes away to university or for employment, he or she will meet a spouse who is a monolingual English speaker. If ever this couple decide to return to the *gaeltacht*, the language of the home will be English. Since English is the prestige language of Ireland, their children will also become English speakers.

Today the “Irish language is an official language in Ireland but it is minority language, because English is the lingua franca” [3, P. 144]. There was in Ireland, as in England, widespread movement of the population from the countryside to the cities and towns. Not only is English the language of the cities and towns, technology also brings the people there who speak English. There is thus a widespread switch from Irish to English in much of the population. Irish has come to be spoken primarily by the peasantry in the countryside.

The 19th century is when the Irish language experienced its greatest decline. A number of factors contributed to this. In the wake of unemployment, for many young people, English is viewed as a kind of economic liberator. “Make any people intelligent and rational and they will gradually lose their prejudices; many of them acquire a taste for general knowledge, and they will seek for it in the general tongue of the empire.” [Dewar 1812, as cited in 3, P. 148]. No doubt, the language of empire in Ireland is English. Speaking English well benefits the young person in his or her quest for a job outside the *gaeltacht*, where the bulk of jobs are to be found. Similarly, we find English immigration due to the industrialization projects. In the development of highly technical industries, it is often the case that the outside native English-speaking managers and technical advisors come in to assist in the project. Since these people have relatively high status and are outsiders, the language in these environments naturally shifts towards English. A related problem has to do with the fact that technical material (for example, computer manuals) to do with these projects is very often monolingually English.

On a related note, there are also widespread transient English-speaking populations which annually visit the *gaeltachtaí* as tourists. Some of Ireland’s most spectacular scenery is to be found in the Irish-speaking regions. Ireland conforms in many ways to this contemporary economic-cultural phenomenon. It is also worth noting that “English is the *lingua franca* of the tourist industry” [4, p. 24]. François Vellas and Lionel Bécherel in their widely cited book *International Tourism*, [as cited in 4, p. 26] for example, have a mere twelve lines to discuss the socio-cultural effects of tourism which reveals almost no reference to the Irish language. The preeminent journal in the field, *Annals of Tourism Research*, contains no serious article on the subject of Irish language. “It is as if in an Anglophone world, no language exists other than English” [4, p. 26]. Tourists, most of whom are English-speaking, provide the bulk of the economy in these regions. The Gaeltacht Industrialization Agency (Údaráis na Gaeltachta) has opened several *ceardlann* (craft centers) in the *gaeltachtaí*. These craft centers are meant to provide the local artisans and artists who specialize in traditional craftwork with a place to sell their wares to tourists. Although these are primarily restricted to Irish speakers, these have started a boom in craft stores throughout the *gaeltacht* regions. Unfortunately, the unofficial craft centers have widely attracted artists from outside the *gaeltacht*. For obvious reasons, then, the language of service people and others who have interaction with the public is primarily English.

One of the most troubling facts about the Irish language revival movement is that despite a general increase in population in the nation as a whole, the number of Irish speakers and the amount they use the language have declined considerably. Despite the language revival efforts, the Irish language is on its way to death. “Language death is a protracted change of state. Used to describe community based loss of competence in a language, it denotes a process that doesn’t affect all speakers at the same time nor to the same extent...total death is declared when no speakers are left of a particular language variety in a population that had used it” [9, p. 203]. It was estimated that by “1800 there were around 800,000 monoglot Irish speakers in Ireland. This had dropped to 319,602 by the mid century and even further to 16,873 by early in the twentieth century” [Cowley, 2005 as cited in 3, P. 146]. Today there are no monoglot Irish speakers...there are also non Irish speakers living within the boundaries of the Gaeltacht, resulting in the continuing decline in the percentage of Irish speakers from 82.9 percent in 1971 to 77.4 percent in 1981 and from 76.3 in 1996 to 70.8 percent in 2006 [Census 2006, as cited 3]. The language question on the Irish census is primarily self-reporting; that is, people are asked whether they are Irish-speaking or

not. There is no clear definition of what it means to be an “Irish speaker.” This could mean anything from having taken a few lessons in school to being a fluent native speaker. There is no objective standard as to what it means to be a speaker of the language for the purposes of the census. These percentages that come out are not only contradictory to the reality but also highly inflated. The attitudinal preference of English over Irish has been implicitly affecting the revival movement. The number of native speakers of the language (that is, people by whom Irish is learned as a first language or is learned simultaneously with English as a first language) is very low. The geographic regions in which Irish is spoken on an everyday basis are much smaller than the official *gaeltacht* regions. The actual area in which Irish is a living language is very small. Further, all the Irish-speaking regions are highly geographically remote from large population centers and are themselves among the most sparsely populated parts of the country. This is less than positive for the status of the Irish language.

In the late 19th century, the republican home-rule movement was growing in strength. The 19th century, however, was also the time when resurgent interest in the language and its revival grew among non-native speakers. Irish became a symbol of the republican movement. The English governmental reaction to this was to suppress Irish culture and language. (From the 1840s onwards there was a movement to revive the Irish language because it was regarded as a symbol of Irish national identity. These efforts were institutionalized by the state after independence in 1922 [3, P. 145]. There was also growing interest in the language from linguists, philologists, and folklorists who traveled to the remaining Irish-speaking areas (*gaeltachtaí*) to collect stories and data. The Gaelic League, one of the main promoters of the language revival movement, was founded in 1893. In 1878, it became possible for students to take Irish as a subject for intermediate examination. The new language policies were introduced to promote the Irish language, but “From the sixteenth century onwards there has been a confused education and language policies” [3, P. 144]. In 1879, primary schools were finally permitted to teach Irish, but only outside of school hours. In 1900, primary schools were finally allowed to teach Irish inside school hours, but only if they met certain standards.

A language is always associated with national identity and vice versa. The attitudes of people are reflected through the symbolic capital of a language, but “Ireland is an exception e.g. Ireland’s nation building efforts are based, not on language but... on religion...moreover, not all communities defined by language could be given independence, either because they were geographically dispersed or because such a solution ran counter to the strategic interests of the major powers [10, p. 44]. The focus in educational policies can be “traced back many centuries,” to 1537 as the chief aim of the clergy has been the instruction of the Irish and their children in the English language [3, P. 148]. while language is often a core cultural value for many ethnic and national groups, it is not so in relation to Irish identity., the core values of the Irish ethnic group are unquestionably centred on the catholic religion rather than on the Irish language itself, a process that has been intensified by the fact that English was adopted as the language of Irish Catholicism from the late eighteenth century onwards [11]. It is in Catholicism that the Irish have always found the refuge and shield behind which they can retain their identity, and awareness of their distinction from the conquering British Protestants [1]. This might well explain the ongoing decline of the Irish language. Most Protestants regard Irish as a largely “dead and useless language” [12, p. 396]. These notions are reflected at school in pupils’ perceptions of Irish Language.

Unfortunately, owing to the poverty and remoteness of many of the *gaeltachtaí*, most schools in Irish-speaking areas do not meet the standards of compulsory Irish propounded in language and education policies, so English continues to be the only language of instruction in the schools. “One must surely question the issue of teaching methods and language planning for Irish in Ireland after 1922” [13, p. 125]. Due to the inherent drawbacks in the teaching methods and language planning, “it has been argued, there is a slow but steady decline in the position of Irish in primary schools.” [Harris & Murtagh, 1988 as cited in 7, p. 965]. By 1980-1981, for example, only 5% of schools were teaching entirely through Irish, 1% were teaching some classes through Irish while the remainder were teaching Irish as a subject. The gradual decline of Irish in schools and students competence is due to their attitude towards Irish. There are number of factors effecting attitudes towards Irish [7, 8]. We begin with general academic ability and social class and then proceed to a number of other factors, including regional/urban-rural location, and home language and amount of Irish-medium instruction at school.

This brings us to one of the most spectacular failures in the Irish language revival program. Each year, thousands of English-speaking school-aged children are sent to language immersion programs at “Gaelic colleges” throughout the *gaeltachtaí*, in an attempt to make them fluent and familiar with the language. “This has backfired terribly” [1, p.139]. By forcing an annual infusion of thousands of English speakers who are reluctant and resistant to the Irish language, the Irish speakers are both outnumbered and overwhelmed; English quickly becomes the language of use outside the colleges. Free secondary education was introduced in 1960s and this resulted in more people remaining in education for a longer period of time. As a result of compulsory Irish at school, and increasing length of years spent in education, “the majority of Irish people still see Irish primarily as a school subject” [3, P. 144]. There is another kind of negative stigma associated with Irish, however, and that comes from the educational system. Until the 1970s, in order to get a higher-learning certificate in Ireland,

students had to pass an exam in Irish. This, coupled with exceedingly bad pedagogical methods in the teaching of Irish, has resulted in widespread resentment of the language among people who were forced to take it in school.

The importance of attitudinal factors and how they determine successful acquisition of a foreign language has been stressed in many studies. It has often been indicated, for instance, "that learners who have favourable attitudes towards a language and towards its speakers and their culture tend to be more successful in their learning than those who have negative attitudes" [12, p. 393]. The fact of the matter is that there are simply too few Irish speakers and too few environments where Irish is to be preferred to English. Such linguistic behaviour "can be regarded as...the apparent willingness of Irish speakers themselves to abandon the language. The mass of Irish people are more or less active contributors to the spread of English" [1, p.138]. For many seemingly Irish speakers, Irish is viewed as a useless language for the reasons of economical benefits that the English language accrues. The vitality and use of "languages cannot be disassociated from the socioeconomic interests and activities of their speakers" [9, p. 206]. For the same reason, very few people both inside and outside of Ireland speak it; international commerce and trade are much more likely to be conducted in English. Various national and international studies have also indicated that social-class background is positively linked to general educational outcomes, including second-language achievement and attitude. In interpreting such findings, it should be borne in mind that social class tends to be primarily defined in terms of parents' occupation. It has been argued, however, that the really critical factors in determining success in school life are 'cultural capital' indices such as parental values, attitudes, tastes, beliefs and linguistic practices [Bourdieu, 1974, as cited in 7, P. 966]. In this regard, parental attitude in the home use of Irish is also an important factor. A national survey on languages in Ireland in 1994 reported that Irish was never spoken in over two-thirds of Irish homes [6]. The opportunities for children outside the Gaeltacht to use Irish at home are fairly limited; pupils tend to have a poor estimation of their own ability in Irish compared to their self-concept in relation to other subjects. A substantial minority are anxious about speaking Irish in class. Pupils and classes with low levels of achievement in Irish often complain of difficulty in understanding the lesson or the teacher and express general apathy and discouragement about learning Irish. For example, a majority of parents do not directly promote positive attitudes to learning Irish; they are much less likely to praise their child's achievements in Irish than they are to praise other subjects; and they are less likely to help with homework in Irish than in other subjects [7]. Such attitude towards Irish is caused by many reasons. First, it is more difficult for both teachers and pupils to identify a proximal goal or motivation outside school for learning to speak the language in the classroom. In addition, in teaching the language, and in developing tasks and materials for use within the classroom, it is more difficult to identify situations, contexts and even language registers which make the prospect of using Irish credible or plausible. Another reason is that the range of authentic Irish-language materials and the volume of commercially-produced resources available for teaching and learning Irish at this level bears no comparison with that available in English [7]. Although a certain number of degrees are now available through the medium of Irish at the University College Galway and there is a new business program at the City University of Dublin taught through Irish, these are the exceptions to the rule. English is viewed by most Irish people as the language of education and learning.

The view of Irish as a useless language is exacerbated by a number of factors. There is very little scholarly, technological, or technical material written in the language. Most Irish publication today seems to consist mostly of poetry and traditional stories. This is consistent with the fact that, for many people, unfortunately including many governmental officials, Irish is viewed as a tongue for formal or ceremonial purposes only (that is, for inscriptions on monuments) rather than a language for everyday use. This gives rise to widespread linguistic tokenism. For example, road signs in Ireland are bilingual Irish/English, yet there has been no real attempt to push for the language to be used in other realms outside of the *gaeltacht*. Even native Irish speakers generally ignore the token Irish on the signage and read the English translation.

A related problem to language tokenism has to do with general linguistic attitudes towards Irish. Historically, especially among plantation populations and among people in the city, Irish was viewed as a peasant's language. Being heard speaking Irish was to be marked as an uneducated and poor peasant. "For several centuries the British state opposed the Irish language. The result was that by the late nineteenth century Irish was spoken only in the poorest and remotest parts of Ireland. Even in those remote places in the nineteenth century the national education system worked against the Irish language. As a result, the Irish language was associated with poverty and ignorance" [3, P. 144]. We often hear tales of how Irish was beaten out of children in the middle of the last century. This situation is strongly reminiscent of religious missionaries of the last century. Where the missionary in Africa, ignorant of the culture of people he was dealing with, went to convert the "poor pagans" to Christianity, the teacher in Ireland went to cure the Gael of their "ignorant" and "barbaric" tongue. The result was devastating to language: Irish became highly stigmatized and speaking it carried a strong negative connotation. This attitude, although somewhat counteracted by the association of the language with republicanism and national pride, continues to this day for many people.

The widespread opinion is that although in principle they support the revival of the language for political reasons, Irish English speakers themselves want nothing to do with the revival personally. They have absolutely no desire to learn the

language at all. On the other side of the coin, however, is the general resentment of Irish speakers to outsider language revivalists and linguists, who are viewed with suspicion since, in a sense, it is not their (Irish's) battle. For many native speakers, language revivalists from outside the *gaeltacht* are viewed as radicals or, worse yet, as cultural pirates and thieves. To a certain extent, then, the language revival movement has suffered from internal resistance and strife.

Apart from these attitudinal difficulties, there are several problems inherent to Irish that have given rise to failure for the language. First, we have the problem that the *gaeltachtaí* are fairly widely spaced from one another, so there is little inter-*gaeltacht* interaction. There is also somewhat of a lack of a social continuity among Irish speakers. This in turn has led to the somewhat problematic situation that there are essentially three very distinct dialects. This can be seen in the fact that each of the three dialects has a different name for the language itself [8]. This is reflective of the fact that the three dialects are widely different in their lexicons, their syntaxes, and their phonologies. There is no prestige dialect among them. There is a government-defined official standard (the *Caighdeán*); however, it does not really approximate any of the individual dialects, so native speakers tend to avoid it and label it as "artificial." From the perspective of teaching the language to people living outside the *gaeltacht*, this causes problems. Learners must either learn an artificial standard or choose to identify themselves with one particular dialect.

To make matters worse, there is the public perception that Irish is a difficult language to learn. This is in part based upon the fact that its spelling system is very different from that of many of the more common European languages, and its VSO syntax is somewhat exotic in the context of languages like English, French, and German. The official standardization of the language is not without fault. The most serious problem with it is that it does not agree with any systematic way with the spoken dialects. A system of spelling intended for general usage must take account of a certain amount of variation, and in the case of Irish the standard should reflect the pronunciation of the main dialects. Since the pronunciation in the dialects varies, having either of three pronunciations, there is no any unanimous agreement on any one standard pronunciation. In cases such as those given above, the recommendations of the standard orthography by their random and unsystematic nature fail to achieve a desirable level of abstract representation in the spelling to which speakers of all dialects could feel linguistic loyalty [14]. Perceptions about the difficulty of the language, however, have caused many people to avoid the revival movement entirely, thus giving rise to the current situation. "In Irish-language circles—especially in non-native, teaching, and academic circles—"mistake-spotting" is a widespread pastime that some have developed almost into an art form" [13, p. 117]. As regards the current generation of young Gaeltacht speakers, there may be a danger of creating an inferiority complex if the prescriptive grammatical norms of the three or four generations back are not revised.

Perhaps the highest blame that can be assigned for the failure of the language and its revival can be firmly placed with the language revivalists themselves. a great deal of language policy making goes on in a haphazard or uncoordinated way, far removed from the language planning ideal [Fettes, 1997 as cited in 15, p.25]. Despite obvious good intentions, some remarkably bad policy decisions have been made. Probably the biggest problem for the revival movement has been in putting the burden on the educational system, rather than in promoting the usefulness of the language in everyday life. It has been argued "that public opinion, which can be defined as the aggregate of individual beliefs, perceptions, and attitudes held by the adult population, eventually, if not immediately, is the basis of language policy" [16]. It is fairly clear that in order to revive a language, emphasis has to be placed on usage in the home and in the general community rather than isolating it in the educational system. Unfortunately, there has been little progress in this area. We find that Irish suffers wherever there is language competition. Although there are a few Irish language newspapers, they tend to be in tabloid form, rather than examples of high-quality journalism. Since all speakers of Irish are bilingual; it is the case that when offered a choice of services in both languages, the English is usually better, so they choose to use the English. This is an area in which funding from governmental sources could easily make a difference. Comparing Irish revival movement with Hebrew [10] says that a language much must have a rich literary tradition, which could hold its own against those of rival languages, whereas Irish literature is no match against English literature. A lot of people who could understand a story they cannot read Irish or afford to buy a book, while those who read Irish only consider the linguistic aspect [13]. On the top of that, most Irish nationalists are more familiar with the English literary tradition than the Irish one [10, p. 44]. Although there are several publishers working very hard at producing a wide variety of interesting Irish language material, it is still the case that Irish language print material cannot compete with English. There simply are more books published in English; those books tend to be better and more professionally produced and, because of their wide distribution and popularity, are significantly cheaper than Irish books.

There is no Irish language television station, and what Irish television is available on the English stations tends to be targeted at older native speakers, rather than at the younger generations who are the next step in continuing the survival of the language [13]. Furthermore, what shows are available tend to be shown at less than desirable hours, often competing with more popular (and better funded) English language shows.

It is clearly the case that a myriad of problems have hindered the Irish language and its revival. We have social pressure, bad attitudes, poor planning, geographic concerns, and monetary concerns all interacting to conspire against the language. The influence of English is so overwhelming that it is not clear in what contexts Irish would ever be used if the majority of Irish could be convinced to become functionally bilingual. What is the solution to the problem? Citing Cooper, (1989) [15] proposes that the solution lies in the language policies made with the idea of “what actors attempt to influence what behaviours of which people for what ends under what conditions by what means through what decision making process with what effect?” [15, p.24]. In order to revive a language attitude should be changed in all the contexts. In order to revive, Irish it must be made relevant for use in a wide variety of contexts, including, but not exclusively, schools. It must be spoken in such a way and in such a quantity that children of language-acquiring age can learn it. Irish also shows that language attitudes are very important and, where changeable, should be the initial focus of the revival movement. Money should be invested in the glossiest and appealing forms of mass media available. In particular, these media should be aimed at people of parenting age and younger and should be not only accessible but entertaining and interesting as well. Irish people are now genuinely more proud of their culture than they were a few years ago. If it continues, then it may well serve in *lieu* of a demographic shift. More people will be proud of and display their Irish language skills. This in turn will lead to more awareness of, more use of and, by extension, more acquisition of the language. Looking at the future it is difficult to say what the long term effect of the shift from policies of compulsion to minority rights policies will be. It appears that the increasingly positive attitude to Irish (expressed chiefly in private and opinion polls) will mean that Irish will survive at least as a private symbol of national identity.

REFERENCES

- [1] May, S. *Language and Minority Rights: Language, Identity and Minority rights*. London: Longman. 128-166, 2001
- [2] Sutherland, M. Problems of Diversity in Policy and Practice: Celtic languages in the United Kingdom. *Comparative Education*, (36/2) 199–209, 2000
- [3] Watson, I. & Phadraig, N. Is there an Educational Advantage to Speaking Irish? An investigation of the relationship between education and ability to speak Irish. *International Journal of the Sociology of Language*, (199) 143-156, 2009
- [4] Denver, G. The Linguistic Implications of Mass Tourism in Gaeltacht Areas. *New Hibernia Review/ Eireannach Una*, (6/3) 23-43 2002
- [5] Walsh, M. Will Indegenous Languages Survive? *Annual Review of Anthropology*, (24) 29-315, 2005
- [6] Riagain O. P. Bilingualism in Ireland 1973-1983: An overview of sociolinguistic surveys. *International Journal of the Sociology of Language*, (70) 70, 29-51, 1988
- [7] Harris, J. The Role of Ordinary Primary Schools in the Maintenance and Revival of Irish. ISB4: *Proceedings of the 4th International Symposium on Bilingualism*, ed. James Cohen, Kara T. McAlister, Kellie Rolstad, and Jeff MacSwan, Somerville: Cascadilla Press. 964-977, 2005
- [8] Corcoran, F. Linguistics Colonialism and the Survival of Subaltern Languages: English and Irish. *The Public*, (1/3) p. 55, 1994
- [9] Mufwene, S. Language Birth and Death. *Annual Review of Anthropology*, 201-22 (33) 2004
- [10] Safran, W. Language and Nation Building in Israel: Hebrew and its rivals. *Nations and Nationalism*, (11/1) 43-63. 2005
- [11] Williams, K. Faith and the Nation: Education and Religious Identity in the Republic of Ireland. *British Journal of Educational Studies*, (47/4), 317-331, 1999
- [12] Rosalind, M. Pritchard, O. & Loulidi, R. Some Attitudinal Aspects of Foreign Language Learning in Northern Ireland: Focus on Gender and Religious Affiliation. *British Journal of Educational Studies*, (1994) 42:4, 388-401.
- [13] Hughes, A. J. Advancing the Language: Irish in the Twenty-First Century. *New Hibernia Review/ Eireannach Una*, (5/1), 101-126, 2001
- [14] Baoill, D. P. Language Planning in Ireland: the standardization of Irish. *International Journal of the Sociology of Language*, (70), 109-126, 1988
- [15] Hornberger, N. *Frameworks and Models in Language Policy and Planning*. In, T. Ricento (Ed.), *An Introduction to Language Policy: Theory and Method*, London: Blackwell. 24-41, 2005
- [16] Kellaghan, T. & Daly, M. Opinions of the Irish Public on the Goals of Primary Education. *The Irish Journal of Education*, 91-115, 2005

Inheritance of *Rht5* dwarfing gene in common wheat (*Triticum aestivum* L.)

Goudia D. Bachir¹ and Hu Yin-Gang^{1,2}

¹College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi, 712100, China

²Institute of Water Saving Agriculture in Arid Regions of China, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi, 712100, China

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this study was to estimate the inheritance of *Rht5* dwarfing gene in wheat. Two tall elite cultivars Ningchun10 and Jinmai47 were crossed with *Rht5* donor parent Marfed M, to produce F_1 . The F_1 was allowed to self in order to obtain F_2 seeds. Then the segregation populations were evaluated for some genetic parameters viz., coefficient of variability (CV), genetic variance (Vg), heritability percentage (h^2 %) and genetic advance (GA) in 5 quantitative characters (Plant height, spike length, number of spikelets spike⁻¹, number of fertile tillers and number of grains spike⁻¹). All the characters were quantitatively inherited with varying degrees. The progeny Jinmai47 and Marfed M exhibited the highest heritability associated with a moderate genetic advance for plant height (h^2 66.65% and GA 17.46). The highest heritability with low genetic advance for spike length, number of spikelets spike⁻¹ was observed in the progeny Jinmai47 and Marfed M. The two progenies showed high heritability associated with high genetic advance for number of fertile tillers and number of grains spike⁻¹. In the two progenies plant height showed highly positive and significant correlation with spike length (0.73 & 0.71), number of spikelets spike⁻¹ (0.55 & 0.52) and number of grains spike⁻¹ (0.71 & 0.59). The present findings suggest that the inheritance of *Rht5* dwarfing gene is high although there is variation between different backgrounds of tall parents. It suggests that the selection at early segregation generation could be efficient for selecting superior lines of wheat with the target dwarfing gene. However, the use of molecular marker techniques could increase the efficiency of selecting superior lines with *Rht5*.

KEYWORDS: Coefficient of variability, genetic advance, heritability, *Rht5*, *Triticum aestivum*.

1 INTRODUCTION

Since the Green revolution, semi-dwarf wheat sources have been emphasized in most wheat improvement programs to increase grain yield [1]. The dwarfing and semi dwarfing genes have played important roles in reducing plant height, increasing harvest index, improving lodging resistance, and increasing grain yield. Nowadays, most of the wheat cultivars possess one or two dwarfing genes (*Rht-1* and *Rht-2*) derived from "Norin". Another dwarfing gene, *Rht3*, causes drastic reduction in plant height [2]. Severe yield reduction has also been noticed due to incorporation of *Rht3* dwarfing gene [3]; [4]. Likewise, *Rht4*, *Rht5*, *Rht6*, *Rht7*, *Rht8*, *Rht12* and *Rht13* [5]; [6]; [7]; [8] also reduce the plant height (7-55%) as well as grain yield. The dwarf character usually does not appear until the F_2 generation, although some researchers have observed dwarfs in the F_1 [9]. The presence of dwarf in the F_2 and later generations has usually been explained on the basis of a 2-factor difference - one, a dominant dwarfing factor, the other an inhibiting factor. Clark and Hooker [10] in a Marquis X Hard Federation cross and [11] in a Federation X Marquis cross, explained their results on the 2-factor basis.

Wheat breeders are utilizing available genetic resources to reconstruct the ideotype of plant to meet the ever increasing requirements of the population. In this regard heritability estimates plays an important role for planning the breeding strategy. The heritability of the character determines the extent to which it is transmitted from one generation to the next and it is most valuable tool when used in conjunction with other parameters in predicting genetic gain that follows in the

selection for that character [12]; [13]; [14]; [15]. The heritability values become a measure of the genetic relationship between parents and progeny; hence considerable research work has been carried out to incorporate the desirable genes in present wheat varieties to increase the productivity of the crop. Similarly, the semi dwarfing or reduced height genes have been extensively exploited for developing high yielding varieties with grain yield associated trait [16]; [17]. It is, therefore, essential to search for additional sources of dwarfism to improve wheat yields further and create a broader genetic base for dwarfism. In this context, the present investigation has been carried out to collect informations on the inheritance pattern of the *Rht 5* dwarfing gene. *Rht-5* is a gibberellin acid-responsive (GAR) dwarfing gene that reduces plant height without affecting early growth [18].

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 PLANT MATERIALS

In this study, two tall cultivars Ningchun10 and Jinmai47 used as female parents were crossed to male parent Marfed M with dwarfing gene *Rht5*. F_2 segregation populations were used to estimate the inheritance of dwarfing gene *Rht5*. Ningchun10 is a tall wheat cultivar in the dryland spring wheat region and without any known dwarfing genes detected. Jinmai47 is a tall winter wheat cultivar in the Northern winter wheat region of China and carries dwarfing gene *Rht8*. Marfed M is a mutation-derived line with dwarfing gene *Rht-5*, with strong winter habit, very small spike and late heading and maturity.

2.2 FIELD EXPERIMENT PROCEDURES

The experiment was conducted during the two winter wheat growing seasons of 2010–2011 and 2011–2012 at the experimental farm of Northwest A&F University (Shaanxi, P.R. China). The altitude of the area is 525 m and the climate is semi-humid prone to semi-arid with an average annual temperature of 13°C and average annual rain fall of 600 mm. The parental crosses were carried out during the 2010 – 2011 growing season and F_2 individuals were sown by single seed dibbler method during the 2011 – 2012 growing season in a uniform field in a row 1.67 m long with an interval of 25 cm between rows and 10 cm between plants within a row. There were 20 – 30 lines per F_2 cross and two rows for each parent.

2.3 MEASURED TRAITS

133 plants from Ningchun10 x Marfed M F_2 progeny, 140 plants from Jinmai47 x Marfed F_2 progeny and ten plants from each parental line were selected at random and indexed to record data for quantitative traits. Data on plant height (cm), spike length (cm), number of spikelets spike⁻¹ (N), number of grains spike⁻¹ (N) and number of fertile tillers plant⁻¹ (N) were recorded.

3 STATISTICAL ANALYSIS

To evaluate the inheritance, Genetic parameters viz., heritability percentage (h^2 %), genetic variance (V_g) and coefficient of variation (CV) were calculated for the quantitative traits as suggested by [19] and modified by [14] by using the following formulas:-

$$\text{Coefficient of variability (CV)} = \frac{SD \times 100}{X}$$

$$\text{Genetic variance (Vg)} = VF_2 - V_e$$

$$\text{Environmental variance (Ve)} = (VP_1 + VP_2)/2$$

$$h_2 = \frac{VF_2 - (VP_1 + VP_2) / 2 \times 100}{VF_2}$$

Where, V = variance, F_2 = second filial generation and P = parent, V_e = Environmental variance, V_g = Genetic variance, V_{p1} = Variance of parent one, V_{p2} = Variance of parent two, $h_2\%$ = Heritability percentage in broad sense, S.D = Phenotypic standard deviation.

The genetic advance (GA) was calculated according to Allard (1960), and was estimated from the following formula: $GA = K \times \delta_p \times h_2b$, where K - the selection differential in standard units in the present study and it was 2.06 at 5% level of selection; δ_p - standard deviation of the phenotypic variance of F_2 ; h_2b – heritability in broad sense. All analysis was worked out with the help of statistical software (SPSS 16.0).

4 RESULTS AND DISCUSSION

The mean values along with standard deviation (SD) for the tall and dwarf parents and their F_2 progenies were estimated and showed in Table 1. The highest values for standard deviation in the dwarf groups were observed for number of fertile tillers (9.47 and 12.46), number of grains spike⁻¹ (11.61 and 12.13), and plant height (12.75 and 14.14), which suggested, greater magnitude of variability among the F_2 populations for these traits and the potential for selection of good lines with better agronomic traits and semi-dwarf architecture.

As for the character plant height is concerned, the two tall parents Ningchun10 and Jinmai47 were significantly taller than the Rht5 donor parent Marfed M in the two crosses. The spike length of the tall parents was longer than that of the dwarf parent Marfed M while the number of fertile tillers plant⁻¹ of the dwarf parent was more than that of tall parents in the two crosses. The number of spikelets spike⁻¹ and number of grains spike⁻¹ of the tall parents were more than that of the dwarf parent which indicated that the tall parent had greater yield potential than the dwarf parent. The plant height, spike length, number of spikelets spike⁻¹ and number of grains spike⁻¹ of the F_2 progenies were nearer to the dwarf parent values which suggest that dwarfism caused by Rht5 gene in wheat is dominant. The mean plant height in the F_2 of each cross was close to the dwarf parent Marfed M. This suggests that Rht5 dwarfing gene may reduce the plant height. This was confirmed by a study conducted by [7]; [8] where Rht5 dwarfing gene was associated with a plant height reduction of 23.16 % and 25.84%. Distribution of phenotypic values of plant height, in the F_2 populations is presented in Fig.1 indicating continuous distributions for this trait.

Table 1: Mean values for the studied traits in F_2 generations of the two crosses

Cross		Plant height	Spike length	Spikelets no. spike ⁻¹	No. fertile tillers plant ⁻¹	Grains no. spike ⁻¹
Ningchun10	P_1	129.88±13.15	14.14±1.16	20.50±1.05	13.78±2.54	55.75±6.31
x	P_3	71.2±10.52	7.67±0.77	18.62±1.22	27±7.03	28.15±2.74
Marfed M	F_2	82.78±14.15	9.64±1.91	19.62±2.67	17.81±9.47	29.95±12.13
Jinmai47	P_2	87.89±0.44	10.30±0.11	19.40±0.57	10.10±2.69	58±6.51
x	P_3	58.12±10.32	7.14±0.26	16.13±0.50	22.87±4.12	23.63±1.38
Marfed M	F_2	75.72±12.65	8.73±1.45	19.87±2.11	22.71±12.46	32.41±11.61

P_1 = female parent (Ningchun10), P_2 = female parent (Jinmai47), P_3 = male parent (Marfed M)

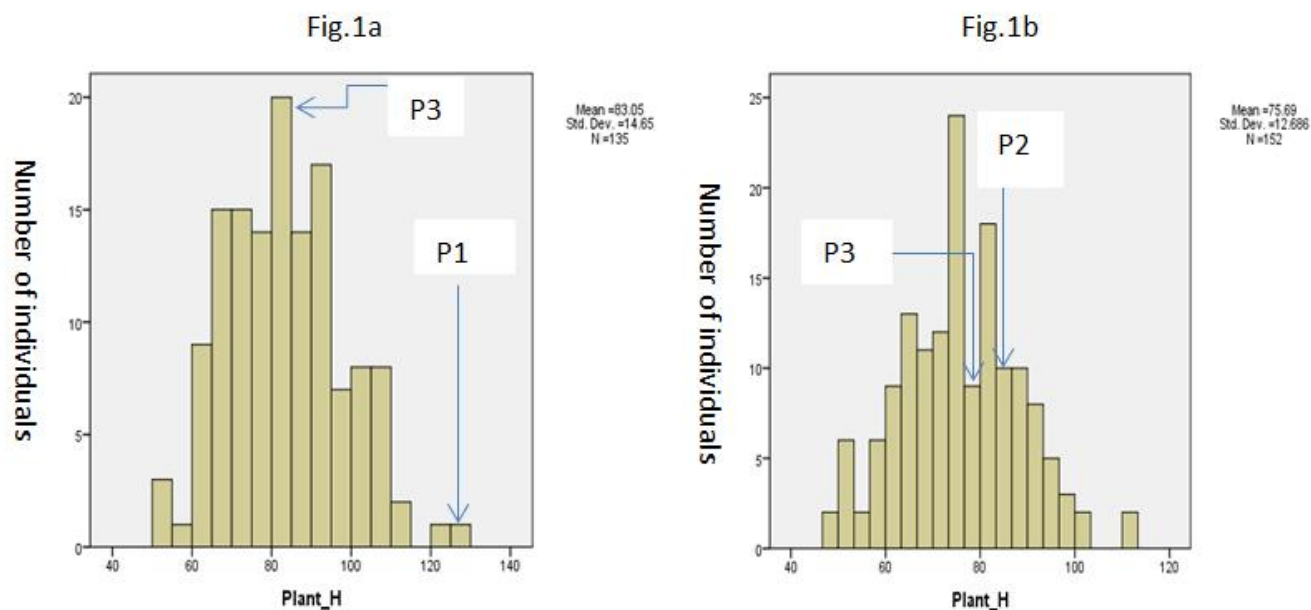


Fig 1a&b: Frequency distribution of plant height among the F₂ populations of Ningchun10 (P1) x Marfed M (P3) and Jinmai47 (P2) x Marfed M (P3)

Correlation analysis between plant height and other traits (table 2) revealed that in the two progenies plant height had highly positive and significant correlation with spike length, spikelets no. spike⁻¹ and grains no.spike⁻¹. [7] reported highly positive and significant correlation between plant height and spike length, number of spikelets spike⁻¹ and number of grains spike⁻¹ in wheat F_{2:3} lines with *Rht5*. Plant height had highly positive and significant correlation with number of tillers plant⁻¹ in the progeny Ningchun10 x Marfed M, whereas no significant correlation was found between plant height and number of tillers per plant in the progeny Jinmai47 x Marfed M.

The genetic variability of plant height, spike length and number of spikelets spike⁻¹ (Table 3) were 17.09, 19.78 and 11.56 in the cross Ningchun10 and Marfed M and 16.71, 16.58 and 10.63 in the progeny of Jinmai47 and Marfed M. High genetic variability was observed in the two progenies for number of fertile tillers and number of grains spike⁻¹. High values of CV for number of grains spike⁻¹ in the F₂ progenies indicates that there is ample scope of selection in these crosses towards obtaining dwarf, high yielding genotypes.

The efficiency of selection from a population for a particular trait depends largely upon the genetic and non-genetic factors affecting the expression of phenotypic differences among genotypes in the population. Heritability thus is a significant parameter for the selection of an efficient population improvement method. Single plant selection in the earlier generations may be much effective for a character that is highly heritable as compared to that character which is less heritable. Furthermore, environment may also interact with the genotypic constitution to influence heritability [20]. The genetic selection parameters viz., genetic variance coefficient of variability (Vg), environmental variance (CV), heritability percentage in broad sense (h_2 %) and genetic advance (GA) are shown in Table 3. Genetic parameters studied in F₂ progenies were calculated according to the method described by [21].

For plant height, the cross between Ningchun10 and Marfed M resulted in low heritability associated with low genetic advance (h_2 % 29.16 and GA 8.45) whereas the progeny of Jinmai47 and Marfed M expressed higher heritability and moderate genetic advance (h_2 % 66.65 and GA 17.46) for plant height indicating that selection would be effective for this trait. The low heritability associated with low genetic advance in Ningchun10 and Marfed M could be due to genetic background of the tall parents and environmental conditions. In a study conducted on the inheritance of *Rht-B1b* dwarfing gene [22] reported high heritability associated with high genetic advance for plant height in Jinmai47 x Zhoumai17 and

Fengchan3 x Zhoumai17 F_2 progenies. The progeny Ningchun10/Marfed and Jinmai47/Marfed M exhibited high heritability along with low genetic advance for spike length and number of spikelets spike⁻¹ which is indicative of non-additive gene action. High heritability with high genetic advance in wheat has been observed by various researchers for spike length and spikelet per spike [23]; [24]; [25]; [26].

For the number of fertile tillers and number of grains spike⁻¹, the broad sense heritability values and genetic advance were higher in both progenies, reflecting the large heritable variances offered the possibility of the improvement through selection [14]. [27] reported high heritability percentage along with high genetic advance linked with Rht1 and Rht2 for number of tillers per plant and grains per spike in the progeny Marvi-2000 x Soghat-90 and Soghat-90 x Sarsabz of spring wheat.

The present study suggested that the lines with Rht5 exhibiting high heritability with moderate to high genetic advance in most of the studied traits may be selected for evolving high yielding genotypes. Therefore, the improvement of these characters is possible through selection.

Table 2: Correlation coefficients between plant height and other traits in the F_2 progenies of Ningchun10 x Marfed M and Jinmai47 x Marfed M

Traits	Ningchun10 x Marfed M	Jinmai47 x Marfed
	F2 progeny	F2 progeny
No. fertile tillers plant ⁻¹	0.26**	-0.1
Spike length	0.73**	0.71**
Spikelets no. spike ⁻¹	0.55**	0.52**
Grains no.spike ⁻¹	0.71**	0.59**

**Correlation is significant at the 0.01 level.

* Correlation is significant at the 0.05 level.

Table 3: Genetic variance (Vg), coefficient of variability (CV), environmental variance (Ve), heritability percentage ($h_2\%$) in broad sense and genetic advance (GA) for the studied traits of the two F_2 progenies.

Cross		Plant	Spike	Spikelet	No. Fertile	Grains
		height	length	no. spike ⁻¹	tillers plant ⁻¹	no. spike ⁻¹
Nigchun10 x Marfed M	Vg	58.35	2.66	3.84	61.64	123.35
	CV	17.09	19.78	11.56	53.16	40.48
	Ve	141.78	0.98	1.3	27.96	23.67
	h_2 (%)	29.16	73.08	74.71	68.79	83.9
	GA	8.45	2.87	3.51	13.46	20.97
Jinmai47 x Marfed M	Vg	106.66	2.05	4.17	143.17	112.67
	CV	16.71	16.58	10.63	54.86	35.82
	Ve	53.38	0.04	0.29	12.1	22.11
	h_2 (%)	66.65	98.09	93.5	92.2	83.6
	GA	17.46	2.93	4.09	23.61	20.09

ACKNOWLEDGEMENTS

This document is an output of the sub-project of the 863 Program (2011AA100504) of the Ministry of Science and Technology, the key project of Chinese Universities Scientific Fund, Northwest A&F University (ZD2012002) and the China 111 Project (No. B12007), P. R. China.

REFERENCES

- [1] S.P. Singh, P.B. Jhang, D.N. Singh, Genetic variability for polygenic traits in late sown wheat genotypes. *Ann. Agri. Res.* vol 22, 34-36, 2001.
- [2] J.E. Flingtham, M. D. Gale, The Tom Thumb dwarfing gene Rht3 in wheat. *Theor. Appl. Genet.* vol 66, 249-256, 1983.
- [3] Gale, M.D., and Youssefian S., Dwarfing genes in wheat. In: Russell, G.E.I. (Ed.), *Progress in Plant Breeding*. Butterworths, London, pp 1–35, 1985.
- [4] E.D.V. Sastry, Inheritance of dwarfism in wheat. *Rachis* vol 8, 12-13, 1989.
- [5] Konzak, C.F., A review of semi dwarfing gene sources and a description of some new mutants useful for breeding short duration wheat. In: *Induced Mutation in Cross Breeding*. IAEA, Vienna: 79-93, 1976.
- [6] G.J. Rebetzke, M.H. Ellis, D.G. Bonnett, B.J. Mickelson, A.G. Condon, R.A. Richards, Height reduction and agronomic performance for selected gibberellin-responsive dwarfing genes in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crop Res.* vol 126, 87–96, 2012.
- [7] B.G. Daoura, L. Chen, Y.G. Hu, Agronomic traits affected by dwarfing gene Rht5 in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Aust. J. Crop Sci.* vol 7, 1270–1276, 2013.
- [8] B.G. Daoura, L. Chen, Y. D. Yingying, Y.G. Hu, Genetic effects of dwarfing gene Rht-5 on agronomic traits in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and QTL analysis on its linked traits. *Field Crop Research* vol 156, 22-29, 2014.
- [9] C.E. Leighty, J.W. Taylor, Studies in natural hybridization of wheat. *J Am Soc Agron.* Vol 10, 865–887, 1927.
- [10] Clark, J. A., and Hooker, J. R., “Segregation and correlated inheritance in Marquis and Hard Federation crosses with factors for yield and quality of spring wheat in Montana.” *Bull. U.S. Dept. Agric.* no. 1403, pp 70, 1926.
- [11] G. Stewart, D.C. Tingey, “Transgressive and normal segregations in a cross of Marquis × Federation wheats.” *J. Amer. Soc. Agron.* vol 20, 620–34, 1928.
- [12] S.A.N. Afiah, N.A. Mohammad, M. M. Saleem, Statistical genetic parameters, heritability and graphical analysis in 8 x 8 wheat diallel crosses under saline condition. *Annals. J. Agri. Sci.* vol 4, 257-280, 2000.
- [13] M.Z. Baloch, B. A. Ansari, N. Memon, Performance and selection of intra- specific hybrids of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. J. Agri. Vet. Sci.* vol 19, 28-31, 2003.
- [14] K.A. Ansari, B.A. Ansari, A. Khund, Extent of heterosis and heritability in some quantitative characters of bread wheat. *Indus. J. Pl. Sci.* vol 3, 189-192, 2004.
- [15] B.A. Ansari, A. Rajper, S.M. Mari, Heterotic performance in F1 hybrids derived from diallel crosses for tillers per plant in wheat under fertility regimes. *Ind. J. Agric. Eng. Vet. Sci.* vol 19, 28-31, 2005.
- [16] G.J. Rebetzke, R.A. Richards, Gibberellic acid-sensitive dwarfing genes reduce plant height to increase kernel number and grain yield of wheat. *Aust. J. Agric. Res.* vol 51, 235–245, 2000.
- [17] M.A. Sial, M.A. Arain, M.A. Javed, K.D. Jamali, Genetic impact of dwarfing genes (Rht1 and Rht2) for improving grain yield in wheat. *Asian J. Pl. Sci.* vol 01, 254-256, 2002.
- [18] M.H. Ellis, G.J. Rebetzke, P. Chandler, D.G. Bonnet, W. Spielmeyer, R.A. Richards, The effect of different height reducing genes on the early growth of wheat. *Funct. Plant Biol.* vol 31, 583–589, 2004.
- [19] Falconer, D.S., and Mackay T.F.C., *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th Edn., Longmans Green, Harlow, Essex, UK, 1996.
- [20] R. Riaz, Genetic Analysis for yield and yield components in spring wheat under drought conditions. Ph.D. Thesis, Faisalabad Agriculture University, Faisalabad, Pakistan, 2003.
- [21] Falconer, D. S., *Introduction to quantitative genetics*. Richard Clay Ltd., Bungay Suffolk, Great Britain pp 129-185, 1989.
- [22] G. A. Baloch, Comparison on the effect of dwarfing genes Rht-B1b and Rht8 on plant height and agronomic traits in common wheat (*Triticum aestivum*). Master’s thesis, Northwest A&F University, Yangling, China, pp 14-15, 2012.

- [23] Prodanovic, S., Genetic values of wheat hybrid obtained in diallel cross. Review of research work at Fac. Agric. Belgrade, vol 38, 25-37, 1993.
- [24] Dechev, D., System of breeding for yield in durum wheat .Rusteriev "dni Nauki. Vol 32, 24-26 (pl. Br. Absts. 65, 1751-1995), 1995.
- [25] I. Saleem, A.S. Khan, Z. Ali, Estimating of heritability and genetic advance for grain yield traits in *Triticum aestivum* L. J. Anim. Pl. Sci. vol 13, 52-54, 2003.
- [26] K. A. Laghari, M. A. Sial, M. A. Arain, A. A. Mirbahar, A. J. Pirzada, M.U. Dahot, S.M. Mangrio, Heritability studies of yield and yield associated traits in bread wheat. Pak. J. Bot. vol 42, 111-115, 2010.
- [27] S. Memon, M.U. Qureshi, B.A. Ansari, M. A. Sial, Genetic heritability for grain yield and its related characters in spring wheat (*triticum aestivum* L.). Pak. J. Bot. vol 39, 1503-1509, 2007.

Perception du risque et démarche Risk management : Cas des entreprises marocaines

[Risk Perception and Risk Management approach: Case of Moroccan companies]

Dikra El Maguiri¹ and Nafii IBENRISSOUL²

¹Enseignante chercheure, FSJES Ain Sebaa,
Université HASSAN II Mohammeda, Casablanca, Maroc

²Enseignant chercheur, Laboratoire de management, d'innovation et d'économie LAMIE,
Ecole nationale de commerce et de gestion ENCG,
Université Hassan II Mohammeda, Casablanca, Maroc

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

RESUME: Nous proposons dans cet article de mettre la lumière sur les concepts « Risque » et « Risk management » à travers une synthèse des différents travaux théoriques et empiriques traitant de ces notions. Aussi, une enquête a été menée sur un échantillon d'entreprises marocaines afin de déterminer leur perception du risque ainsi que les différentes spécificités de leur démarche de gestion du risque.

MOTS-CLEFS: Risque, gestion de risque, Risk Management, incertitude.

ABSTRACT: We propose in this paper shed light on the concepts of "Risk" and "Risk management" through a synthesis of the various theoretical and empirical studies dealing with these notions. Also, a survey was conducted on a sample of Moroccan companies to determine their perception of risk and the different characteristics of their approach to risk management.

KEYWORDS: Risk, Risk Management, uncertainty.

INTRODUCTION

La gestion des risques a pendant longtemps été associée à l'utilisation de l'assurance de marché pour protéger les individus et les entreprises contre différentes pertes associées à des accidents.

La réglementation internationale des risques a aussi débuté durant les années 1990 et les entreprises financières ont développé des modèles de gestion des risques internes et des formules de calcul du capital pour se protéger contre les risques non anticipés et pour réduire le capital réglementaire.

C'est également durant ces années que la gouvernance de la gestion des risques est devenue essentielle, que la gestion des risques intégrée a été introduite et que les premiers postes de gestionnaire des risques ont été créés.

Dans cet article, nous abordons la difficulté de cerner cette notion de risque, ainsi nous analysons l'évolution historique de cette définition. Aussi, nous présentons les principaux résultats d'une étude empirique faite sur un échantillon d'entreprises marocaines en ce qui concerne leur perception du risque ainsi que leur démarche de gestion de risque.

1 PRÉSENTATION DU CONCEPT « RISQUE »

L'examen de plusieurs recherches sur le concept de risque révèle qu'il est très difficile d'établir une typologie articulée des risques. Mieux encore, ce concept, devenu aujourd'hui très utilisé couramment chez le grand public, recouvre des contenus particulièrement différents.

1.1 Définitions

Comme précisé, le risque est une notion difficile à cerner. Les incertitudes qui affectent le sens du terme de risque viennent de loin. Wiederkehr (1) précise que l'étymologie en reste controversée. Le mot vient du latin sans doute, mais dérive-t-il de *resecare*, enlever en coupant, ou de *rixare*, se quereller ? Une question s'impose à ce niveau. Peut-on se fier aux définitions que nous proposent les dictionnaires ?

« Danger éventuel plus ou moins prévisible » (Le Robert. Brio) (2), « Evènement éventuel incertain dont la réalisation ne dépend pas exclusivement de la volonté des parties et pouvant causer un dommage » (Larousse encyclopédique) (3). Ces définitions sont bien vagues.

La première ne consiste guère qu'à substituer le terme de danger à celui de risque. En outre, ce danger est présenté comme éventuel, alors que souvent il est déjà présent, l'éventualité concernant la réalisation de la menace qu'il constitue. Il en est d'ailleurs de même pour la plus ou moins grande prévisibilité.

La deuxième définition, celle du Larousse, paraît tout aussi approximative. En dissociant l'évènement du dommage et en faisant de ce dernier un effet simplement possible de l'évènement envisagé comme risque, elle fait place à l'équivoque, car le risque réside non dans l'évènement mais dans ses éventuelles conséquences dommageables.

Dans le langage courant, les termes « danger et risque » sont souvent employés indifféremment. Pourtant, ils renvoient à des définitions bien distinctes.

Un danger est une caractéristique d'une chose (ou outil par exemple) qui peut affecter négativement l'intégrité d'un individu ou d'une chose. Exemple : danger électrique, danger des matières inflammables. (CNUCED (4)).

Le risque quant à lui, représente la probabilité d'un dommage (plus ou moins grave) qui survient suite à une exposition à un danger (CNUCED ((4)). Le risque est donc la combinaison de la probabilité de la survenue d'un événement dangereux et des conséquences de cet événement. C'est l'importance de ces deux paramètres (probabilité et gravité) qui conditionne le niveau du risque. En d'autres termes, plus la probabilité et la gravité sont élevées, plus le risque est élevé.

On peut cependant comprendre que le risque soit difficile, voire impossible à définir correctement. Il est partout et il se présente sous les formes les plus diverses.

1.2 Evolution de la définition du risque

Nous avons constaté à travers l'examen de la littérature que la définition du risque a évolué dans le temps. En effet, durant de très nombreuses années, le concept de risque a été assimilé à celui de danger. Sa maîtrise était du ressort des techniciens qui comprenaient les mécanismes pouvant entraîner des accidents.

Cette approche conduisait implicitement à l'ignorance totale ou partielle des effets positifs de l'activité source du risque. Pour tenir compte de ces apports tout en prévenant les dommages potentiels, la définition du terme « risque » s'est ensuite déplacée vers celle d'évènement probable ayant des conséquences.

La présence d'une source de risque était rendue acceptable au regard de très improbables dommages qu'elle pouvait engendrer et des contributions positives qu'elle fournissait assurément.

La norme ISO 31000 (5) définit le risque comme l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs. Cette définition déplace de nouveau la question du risque en imposant de spécifier les objectifs d'une activité dont l'atteinte pourrait être entravée par l'occurrence des circonstances incertaines.

Cohen (6) va dans le même sens en proposant « Le Risque correspond à l'occurrence d'un fait imprévisible susceptible d'affecter les membres, le patrimoine, l'activité de l'entreprise et de modifier son patrimoine et ses résultats ». Enfin si un sens positif est donné au risque dans le secteur financier, une connotation négative lui est souvent adoptée dans le domaine de la sécurité. Le terme « attitude face au risque » a permis d'y intégrer la notion d'« aversion au risque ».

Ces nouvelles définitions ne remettent pas en cause les problématiques de traitement des dangers ou d'analyse des événements dommageables. Elles les complètent en formalisant l'importance du rôle des décideurs.

La dynamique évolution de la définition de risque fait apparaître que l'analyse du risque doit pouvoir couvrir une succession de situations possibles. Le problème est celui de la perception que l'on peut avoir des différents risques de façon à mieux s'en protéger.

Dans ce sens, la littérature se permet de distinguer entre deux typologies de risque. D'une part, *les risques classiques*, bien que caractérisés par une certaine permanence, leur place dans l'échelle des risques est amenée à se modifier¹. *Les risques nouveaux* d'autre part. En effet, Le caractère nouveau d'un risque résulte de la prise de conscience dont il fait l'objet ou de la perception de son importance à la suite de transformations dans le fonctionnement économique (risque systémique, risque social et risque stratégique).

2 DÉMARCHE « RISK MANAGEMENT »

De façon générale, gérer le risque s'entend prendre les mesures nécessaires pour protéger l'ensemble du patrimoine (matériel, intellectuel et humain) de l'entreprise. La **gestion du risque** s'attache en effet à identifier les risques qui pèsent sur les actifs de l'entreprise (ses moyens et ses biens), ses valeurs au sens large, y compris, et peut être même avant tout, sur son personnel.

Dans l'objectif de permettre aux entreprises de mettre sous contrôle leurs risques pour protéger leurs intérêts stratégiques, certains spécialistes² du *Risk Management* mettent en exergue deux concepts :

- La notion de *corporate risk management* qui met en relief la nécessité pour l'entreprise de placer sous contrôle les **risques purs**, c'est-à-dire les risques aléatoires ne se traduisant que par une perte financière s'ils se matérialisent (incendie, rupture d'approvisionnement, etc.).
- La notion de *business risk management* qui souligne la nécessité de mettre sous contrôle des **risques stratégiques et financiers spéculatifs** (c'est-à-dire se traduisant par un gain ou une perte). La démarche vise alors à s'assurer que l'ensemble des décisions stratégiques sont effectivement mises sous contrôle (lancement d'un nouveau produit, rachat d'une société, création d'une filiale). Ainsi, le dispositif de *business risk management* se fixe pour objectif de sécuriser l'élaboration des prévisions dans le domaine de la stratégie et de la maîtrise des risques financiers spéculatifs (change, intérêt, etc.).

Dans la mesure où le *corporate risk management* vise à protéger les orientations stratégiques définies dans le cadre de l'élaboration du business model et du business plan et où le *business risk management* vise à s'assurer que les dispositifs de pilotage ou d'atterrissage sont effectivement mis sous contrôle, les deux démarches sont donc complémentaires.

Par ailleurs, le **Risk Management** est décliné, selon Digimind (7), comme un processus qui vise une maîtrise des risques auxquels est exposée une entreprise : ceux qui proviennent de son environnement mais aussi les risques internes à l'entreprise. Son objectif est de limiter au maximum l'expression et/ou l'impact de risques préjudiciables à l'entreprise, tout en possédant des solutions efficaces pour faire face, avec les moyens qui sont ceux de l'entreprise, aux risques qui adviennent.

Il s'agit d'une démarche itérative de diagnostic, de traitement et d'audit des risques de l'entité lui permettant d'atteindre ses objectifs avec un niveau d'aléa accepté³. Cela consiste à identifier et évaluer les risques puis à développer diverses stratégies de traitement destinées à rendre le risque acceptable. Ces stratégies vont du transfert du risque à l'évitement en passant par la réduction des effets néfastes et l'acceptation de certaines conséquences du risque.

Enfin, la démarche *Risk Management* ne concerne pas exclusivement les grands groupes industriels ou financiers ou les grandes administrations publiques, mais tout type d'organisme, de tous secteurs et de toutes tailles (entreprise, gouvernement, ONG, individu, etc.). Sa mise en œuvre doit être adaptée aux caractéristiques de l'organisme (taille, type de risque traité, etc.).

La revue de littérature théorique présente cette démarche de *risk management* sous forme d'outils :

¹ Cohen (1997) fait référence au risque de défaillance, risque de contrepartie, risque de liquidité et risque financier.

² Pascal KEREBEL, Management des risques, éd d'organisation. Collection Finance, 2009.

³ P. Vincent & B. Besson « Le Risk Manager et l'intelligence économique » Ouvrage collectif. ifie éditions- AMRAE 2010.

• Maîtrise du risque

Dans la vie quotidienne de l'entreprise, les risques ne sont pas isolés mais sont cumulés et interdépendants. Le constat fréquent est celui de comportements incohérents entre les différents acteurs. La maîtrise des risques dans l'entreprise signifie le partage et l'appréciation des risques, prendre des risques cohérents et socialement acceptables, adapter le niveau de certains risques élémentaires sans nuire à cette cohérence et aussi adapter les comportements et l'organisation aux niveaux des risques résiduels.

• Grille des risques

La prévention des risques pesant sur les actifs aboutit à établir une grille des risques avec à chaque fois des veilles ciblées adaptées à chaque type de risques (politique, juridique, social, environnemental, etc.)

Grille de lecture de la gestion globale des risques

Risques Stratégiques	Risques financiers	Risques Opérationnels	Sécurité	Sûreté	Risques Aléatoires
Changement de l'environnement concurrentiel	Risques de change	Pénurie de compétences			Dommages aux biens
Evolution de la demande des clients	Risque client	Coût des approvisionnements			Catastrophes naturelles
Législation sociale	Valeur des actifs risques climatiques	Système d'information Hommes clés			Responsabilité civile et pénale

Source : P. Vincent & B. Besson, 2010, «Le Risk Manager et l'intelligence économique », édition AMRAE

• Appétence au risque

La notion de « *Risk Appetite* » est nouvelle dans le COSO 2. Le « *Risk Appetite* » est le niveau de prise de risque accepté par l'organisation dans le but d'accroître sa valeur. Elle signifie l'acceptation et la tolérance d'un risque, dans le cadre d'un niveau d'efficacité recherchée.

Ainsi, comme différentes stratégies exposeront l'organisation à différents risques, le « *Risk Appetite* » doit être pris en compte dans la stratégie de l'organisation afin de s'assurer que les résultats de cette stratégie sont cohérents avec le « *Risk Appetite* » défini pour l'organisation.

• Portefeuille des risques

Il est demandé à l'organisation d'avoir une vision de ses risques sous forme d'un portefeuille. Ce portefeuille doit caractériser les risques à chaque niveau de l'organisation. La compilation du portefeuille permet donc d'avoir une vision globale des risques de l'organisation. Cette vision pourra alors être rapprochée de « l'appétence au risque » définie pour l'organisation.

• Cartographie des risques

La cartographie des risques permet de recenser les risques majeurs d'une entreprise et de les présenter de façon synthétique sous une forme hiérarchisée. Cette hiérarchisation s'appuie sur les critères : Impact potentiel, probabilité de survenance, niveau actuel de maîtrise de risques. L'établissement d'une cartographie des risques peut être motivé par des objectifs de différentes natures aussi importants les uns que les autres. Ces objectifs peuvent être :

- ✓ Mettre en place un contrôle interne ou un processus de management des risques adéquat ;
- ✓ Aider le management dans l'élaboration de son plan stratégique et de sa prise de décision ;
- ✓ Orienter le plan d'audit interne en mettant en lumière les processus au niveau desquels se concentrent les risques majeurs ;
- ✓ Veiller à la bonne image de l'organisation.

Après avoir présenté la synthèse des différents travaux théoriques qui ont traité des concepts « Risque » et « Risk Management », nous allons présenter les résultats d'une étude empirique menée sur un échantillon d'entreprises marocaines afin d'étudier leur perception du risque ainsi que les pratiques de leur démarche de « risk management ».

3 PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE EMPIRIQUE

3.1 Méthodologie

La méthodologie adoptée relève d'une approche quantitative. Le protocole de collecte des données a consisté en l'élaboration d'un questionnaire à administrer auprès de la population (l'échantillon a été choisi aléatoirement) à étudier à savoir les entreprises marocaines⁴.

Cependant, nous considérons que l'échantillon atteint est très représentatif, un vrai baromètre de l'entreprise marocaine et ce car il est composé principalement des entreprises de différentes tailles, relevant d'une diversité de secteurs d'activité et qui sont des clients des cabinets de conseil, de consulting et d'expertise. Un échantillon d'entreprises qu'elles soient petites ou grandes, qui disposent d'un niveau de conscience et de maturité en domaine de management et que nous pouvons qualifier de locomotive du train de modernisation à même de refléter la réalité du développement et la perception d'une pratique aussi récente que le Risk Management. Ce jugement se confirme lorsqu'on s'aperçoit que le profil des répondants relève, dans l'ensemble, de plus haut niveau de responsabilité de l'entreprise (DG, DAF, AUDITEURS...). D'autre part l'exploitation sur la base des réponses obtenues semble très instructive et riches avec des attitudes et des propos clairement perceptibles sur les différents volets composant cette étude.

3.2 Elaboration du questionnaire

Il s'agit d'une enquête dont le dépouillement concerne un échantillon de **45** entreprises dont les données collectées sont exploitables à cette date. Cet échantillon représente différentes secteurs d'activités et différentes tailles d'entreprises au Maroc ; la région de Casablanca en l'occurrence.

Le questionnaire que nous avons élaboré comporte 18 questions à choix multiples et fermés. Validé par différents chercheurs et spécialistes, il est composé de trois parties : une première qui tente de présenter le mot ou notion de « Risque » telle que perçue par les entreprises marocaines, une deuxième partie réservée à la perception de la démarche « Risk Management » ainsi que ces processus de mise en place et une troisième partie, à caractère prédictif, est conçue pour contourner cette nouvelle démarche, en tracer le périmètre et en résumer l'attitude des entreprises marocaines et partant en projeter l'avenir en perspective. Il s'agit d'une synthèse de l'état du lieu du « Risk Management » au Maroc. Un volet en début de questionnaire permet de recueillir les caractéristiques d'identité et du profil des entreprises ayant répondu.

La mouture complète du questionnaire diffusé auprès des entreprises est donnée en annexe.

3.3 Déroulement de l'enquête et dépouillement

Le questionnaire a été et continue à être administré en ligne. Un lien électronique que les entreprises ont pu utiliser directement pour répondre a été en effet diffusé via Internet.

La durée de réalisation de l'enquête, de diffusion du lien du questionnaire et collecte de réponses, a été effectuée en 8 semaines. Le dépouillement des questionnaires a été effectué à l'aide d'un logiciel statistique qui nous a facilité la saisie des réponses, le traitement et l'analyse des résultats de l'enquête grâce aux possibilités de calcul qu'il offre.

4 RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

Nous allons traiter cette section en trois points. Un premier est relatif à la présentation de la structure détaillée de notre échantillon interviewé. Un deuxième point est consacré aux principaux résultats de notre étude qualitative. Ainsi que le troisième point sera dédié à énumérer les principales conclusions de l'étude quantitative.

⁴ A ce niveau, nous tenons à préciser que l'une des principales difficultés rencontrée réside généralement dans la disponibilité des personnes et leur prédisposition à répondre et/ou remplir un questionnaire. En effet, malgré l'appui de l'OEC, Ordre des Experts Comptables, Conseil régional de Casablanca et sud (Régions du Centre, du Tensift et du Sud), la collaboration de certains professionnels et les nombreuses relances, il n'a pas été possible d'avoir une importante quantité de réponses.

4.1 Présentation de l'étude descriptive

Sur un total de 45 interviewés, nous avons eu l'occasion de collecter les avis de 17 directeurs généraux ainsi que 7 responsables financiers. Les autres sont des auditeurs, cadres ou autres. Les Directeurs Généraux et Directeurs Financiers sont en effet, très concernés par le Risk Management.

Statut de poste	Nombre	%
DG	17	38%
DAF/Responsable financier	7	16%
Auditeur interne / Contrôleur de gestion	6	13%
Cadre	4	9%
DG Adjoint	2	4%
Comptable	2	4%
Directeur logistique / Achat	2	4%
Autres	5	11%
Total	45	100%

D'un autre côté, nous précisons que sur les 45 entreprises enquêtées, 6 ont la classification activité principale exercée (APE), le reste est des entreprises non cotées.

Entreprise	Nombre	%
APE	6	13%
Entreprise non cotée	39	87%
Total	45	100%

L'échantillon de l'étude correspond à une cible large regroupant tous les secteurs d'activité avec une prépondérance du tertiaire. En effet, 31% est constitué d'entreprises de conseil et de communication, 22% du secteur distribution, commerce et négoce.

Secteur d'activité	Nombre	%
Études, Conseils et communication	14	31%
Commerce /Distribution / Négocce	10	22%
Industrie	6	13%
Banque / Assurance	5	11%
BTP/Immobilier	3	7%
Agriculture	2	4%
Informatique	1	2%
Transport/Logistique	1	2%
Tourisme/Hôtellerie	1	2%
Autre	2	4%
Total	45	100%

En ce qui concerne l'effectif employé des entreprises de l'échantillon, 38% d'entre elles ont un effectif moins de 49 salariés. 18% d'entreprises ont un effectif compris entre 200 et 500 salariés. La PME s'inscrit de plus en plus dans la prise de conscience de l'importance et des enjeux de la démarche.

Effectif employé	Nombre	%
Moins de 49	17	38%
Entre 50 et 99	6	13%
Entre 100 et 199	4	9%
Entre 200 et 499	8	18%
Plus de 500	7	16%
Autre	3	7%
Total	45	100%

Parmi les salariés employés par les entreprises de notre échantillon, nous remarquons que le taux d'encadrement est assez élevé chez les entreprises interrogées, 28% sont des cadres, 21% sont des cadres dirigeants et 15% sont des ouvriers opérateurs.

Effectif employé	%
Cadres	28%
Cadres dirigeants	21%
Agents administratifs	21%
Ouvriers/Opérateurs	15%
Techniciens et agents de maîtrise	13%
Autre	2%
Total	100%

4.2 Présentation de l'étude Qualitative

- Perception de risque couru

Les entreprises questionnées perçoivent le risque comme étant un événement accidentel à hauteur de 28%, les autres le considèrent comme une malveillance (24%), et comme étant une incertitude (23%).

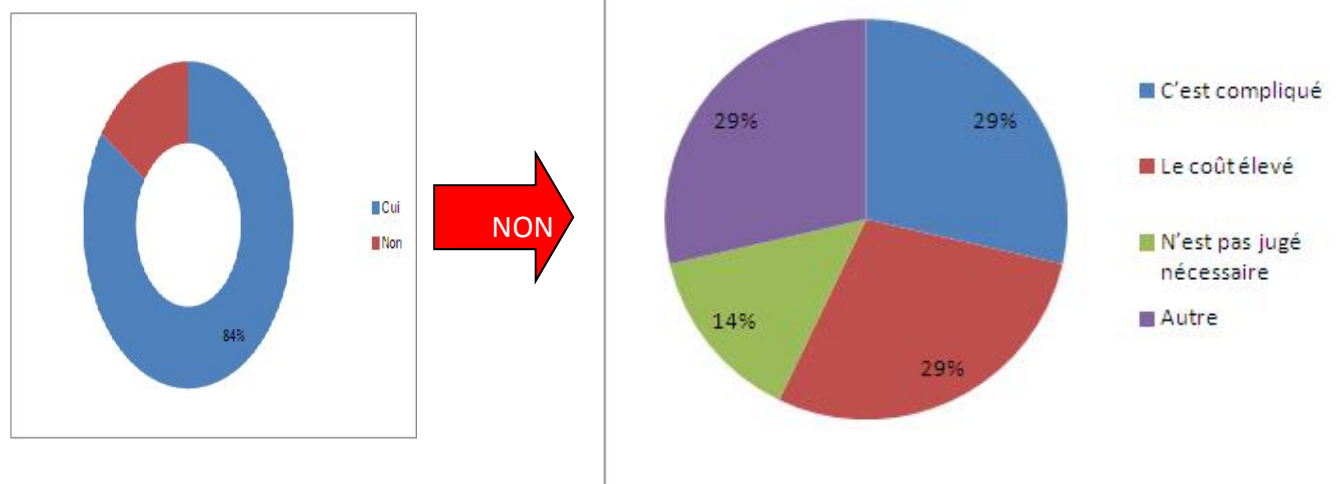
Nature de risques	%
Événement Accidentel	28%
Une malveillance	24%
Incertitude	23%
Un danger	20%
Autre	6%
Total	100%

Ces résultats rejoignent les hypothèses théoriques qui stipulent l'incapacité de pouvoir établir une typologie des risques. Pesqueux (8) nous parle de « magasin de curiosités ». Ces « curiosités » imposent de définir le risque, de s'interroger sur ses différentes facettes voire de se référer à une théorie générale du risque (Bouyssou, (9)).

Comme on peut le remarquer, les risques qui inquiètent le plus les dirigeants et responsables interrogés sont les risques techniques ou opérationnels, suivis des risques financiers. Viennent ensuite ceux qui peuvent entraîner une sanction du client et les risques informatiques, juridiques et fiscaux. La sensibilité aux risques de fraude apparaît assez faible.

Nature de risques	%
Risques Techniques / Opérationnels	22%
Risques Financiers	19%
Sanctions du marché / Clientèle	16%
Sécurité Informatiques / SI	16%
Aspects Juridiques et Fiscaux	11%
Risques de Fraude	10%
Risques Sociaux	5%
Autre	1%
Total	100%

Quant au souci de gestion des risques de l'entreprise, la majorité l'a bien confirmé. Celles qui n'en sont pas soucieuses invoquent des raisons telles que la complexité de la question, le coût élevé.

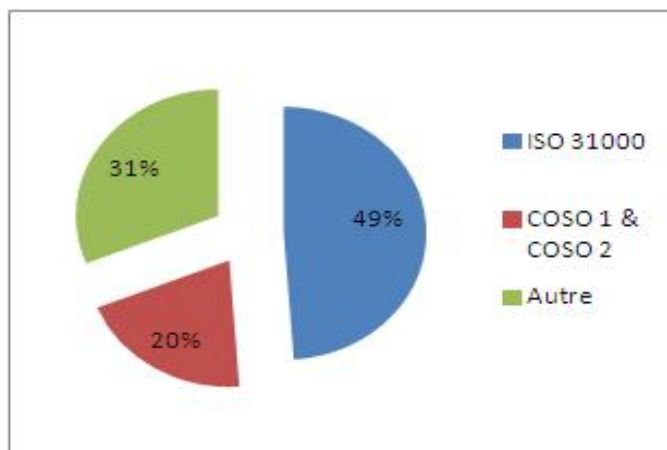


- Risk Management

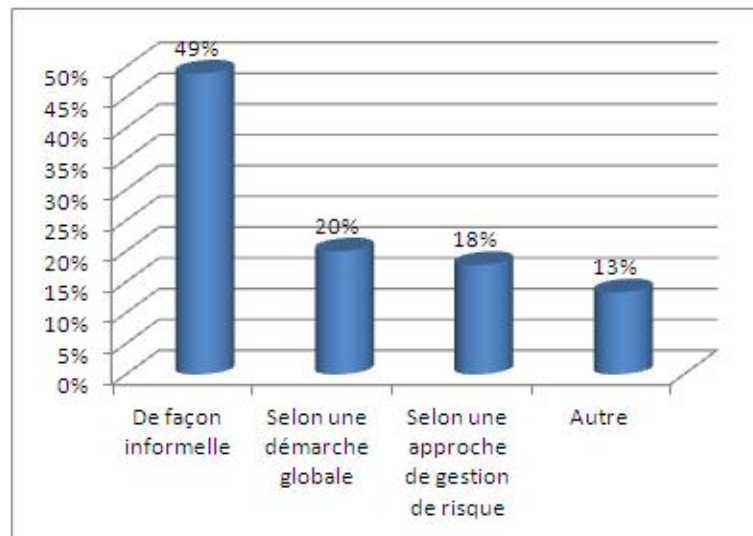
Toujours dans sa visite du « magasin des curiosités », Pesqueux (10) définit la gestion des risques comme le processus appliqué tout au long d'un programme et qui regroupe des activités d'identification, d'estimation et de maîtrise des risques où l'estimation est vue comme « le processus utilisé pour affecter des valeurs à la probabilité, à la détectabilité et aux conséquences d'un risque ».

Nous avons essayé au départ de notre 3^{ème} volet du questionnaire de savoir si les entreprises connaissent la démarche de risk management, puis sa perception. 65% d'entre elles la connaissent et considèrent que son champ d'application est global. 24% l'estiment comme synonyme de gestion de risque.

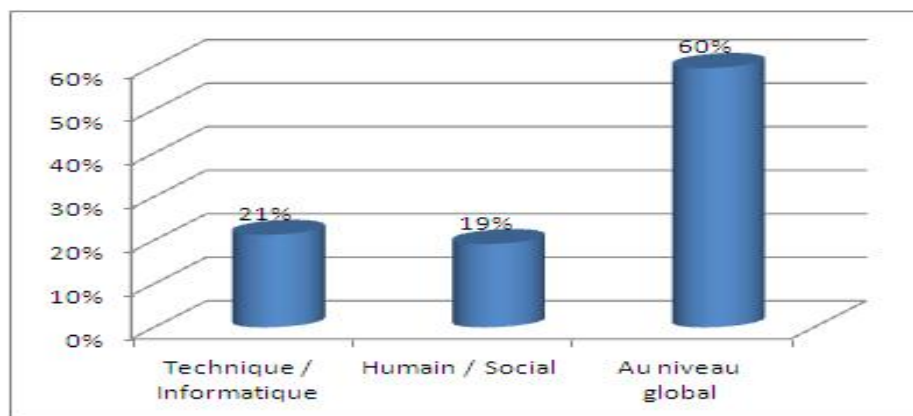
En matière des normes, le référentiel ISO 31000 reste de loin la norme la plus évoquée par les entreprises comme démarche de gestion de risque. D'autres ont cités ensuite COSO 2, Ferma...



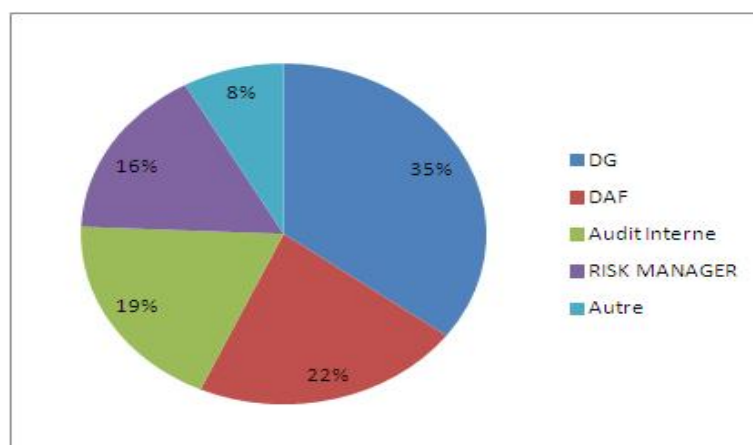
Concernant le processus de mise en place de cette démarche au sein de leur entreprise, cette dernière est adoptée dans la plupart des cas de manière informelle et sans méthodologie précise. Une confusion entre la démarche globale de risk management et l'approche de gestion de risque est soulevée.



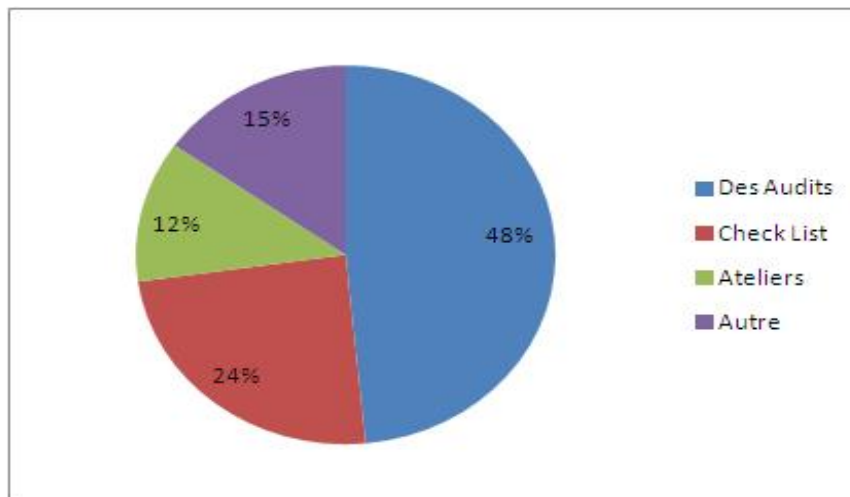
Toutefois, malgré la perception et la réalisation de la démarche manière globale, nous avons relevé des positions qui limitent le champ d'action de la démarche aux aspects techniques, informatiques et humains.



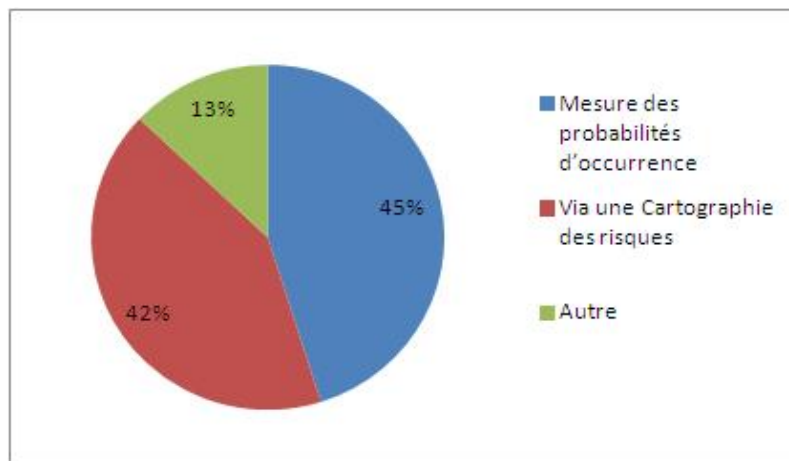
De même, nous pouvons avancer qu'au Maroc la démarche « Risk Management » n'est pas une affaire de spécialistes. Pour la majorité des entreprises, la responsabilité de la gestion des risques est confiée au DG ou au DAF (57%). Néanmoins, 16% des questionnées ont mis en place une fonction dédiée.



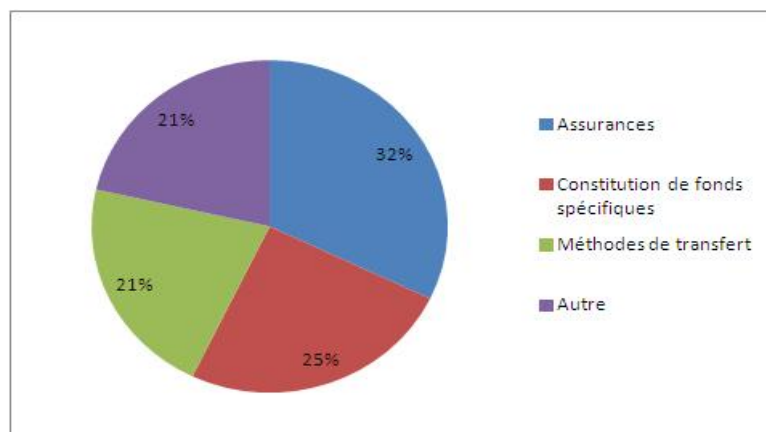
Pour identifier et évaluer les risques, les entreprises recourent plus volontiers à des outils généraux (audit interne, ateliers, réunion de la DG) plutôt qu'à des instruments spécifiques de gestion de risques.



À l'instar de l'identification, l'évaluation est faite à l'aide des outils de mesure des probabilités de risques beaucoup plus que les cartographies de risques.



Pour la couverture des risques, les entreprises interrogées préfèrent la constitution des assurances. La constitution de fonds spécifiques de couverture et la méthode de transfert sont également utilisées pour la maîtrise des risques au Maroc.



Conclusion

En synthèse, les résultats de cette enquête montrent que plus de la moitié des entreprises questionnées pensent que le « RISK MANAGEMENT » est une « Nécessité / Opportunité » plutôt qu'un mode de management.

Dans ce sens, plus des 2/3 de notre échantillon affirme que le « RISK MANAGEMENT » peut contribuer à la compétitivité de l'entreprise et l'amélioration de sa performance. Ces 2/3 estiment que la mise en place de la démarche exige une méthodologie spécifique suivant une stratégie et un plan d'action bien définis.

La moitié des entreprises interrogées conditionnent la réussite de la démarche par la présence d'un spécialiste, capable de coordonner entre les départements de l'entreprise pour la bonne réussite de cette démarche.

Enfin, la majorité des entreprises interviewées pensent que le « RISK MANAGEMENT » concerne toute l'entreprise.

Pour clore cet article, nous pouvons avancer que les changements réglementaires récents et la promotion de la notion de gouvernance sont des facteurs favorables au développement de la gestion des risques au sein des entreprises et organisations. L'enquête avait pour objectif d'établir une photographie de la perception du Risk Management par les entreprises marocaines.

Les pratiques de Risk Management, semblent être appliquées de manière informelle en utilisant les moyens de bord et en recourant au minimum aux spécialistes. Mais, la tendance est là et la gestion des risques devrait s'accroître dans les années à venir, pour étendre son périmètre à l'ensemble des risques et mettre en œuvre les différentes étapes d'un Risk Management efficace.

Les résultats montrent sans contestation une prise de conscience de l'importance de cette démarche et de la nécessité de l'appliquer.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Georges Wiederkehr, Editorial "risque", Revue riseo, 2010.
- (2) Dictionnaire le Robert Brio, 2008.
- (3) Le grand Larousse encyclopédique, 2013.
- (4) CNUCED, Dossier Spécial: Gestion des risques d'assurance dans la PME, 2012.
- (5) ISO 31000, Management du risque – Principes et lignes directrices, 2009.
- (6) Cohen, décision dans le risque et l'incertain : l'apport des modèles non additifs, Avril 2000.
- (7) Digimind, Risk Management, 2010.
- (8) (10) Pesqueux, La "société du risque" – Analyse et critique, Economica, Paris, 2009.
- (9) Bouyssou, le concept de risque au magasin des curiosités, Louvain la neuve, 2003.
- (11) Vincent et Besson, « Le Risk manager et l'intelligence économique », édition AMRAE, 2010.
- (12) Kerebel P., Management des risques, édition d'organisation, collection Finance, 2009.

Etude de l'impact du climat social de l'entreprise sur l'implication des salariés : Etude de cas d'une entreprise marocaine

[Study of the impact of the social climate of the company on the involvement of employees : Case Study of a Moroccan company]

Dikra El Maguiri¹ and Nafii IBENRISSOUL²

¹Enseignante chercheure, FSJES Ain Sebaa,
Université HASSAN II Mohammeda, Casablanca, Maroc

²Enseignant chercheur, Ecole nationale de commerce et de gestion ENCG,
Université Hassan II Mohammeda, Casablanca, Maroc

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

RESUME: Nous proposons dans cette communication de traiter de la relation et/ou l'impact du climat social de l'entreprise (via différents déterminants) sur l'implication dans le travail et la mobilisation des salariés.

Pour ce faire, une enquête a été menée au sein d'une entreprise industrielle (PME) afin de vérifier et valider quelques éléments de réponse cités et démontrés dans la littérature scientifique dédiée à ce sujet. La revue de celle-ci dans sa globalité nous a permis en effet de décliner le climat social et l'implication en différents déterminants.

MOTS-CLEFS: RH, Climat Social, Test d'indépendance, Implication, Mobilisation.

ABSTRACT: We suggest in this paper dealing with the relation and/or the impact of the social climate of the company (via various determiners) on the implication in the work and the mobilization of the employees.

To do it, a survey (investigation) was led within an industrial company (SME, SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISE) to verify and validate some elements of answer quoted and demonstrated in the scientific literature dedicated to this subject. The review of this one in its entirety indeed allowed us to decline the social climate and the implication in various determinants.

KEYWORDS: Human Resources, Social Responsibility of the Company, Social climate, Implication, Mobilization.

INTRODUCTION

L'état de l'art sur la fonction RH et son évolution reste éclaté et disparate en ce sens où la littérature qui s'est beaucoup développée ces dernières années a produit une diversité de questions et plusieurs directions de recherche. Deux grandes familles de travaux peuvent toujours être distinguées, un premier ensemble regroupe des travaux dont l'ambition est de faire un état des lieux global de la fonction RH telle qu'elle est aujourd'hui et une seconde famille de travaux sur ce que cette fonction est appelée à devenir¹ [1].

Dans cet article, nous adhérons bien à l'hypothèse, appuyée par les résultats de l'enquête empirique de Francfort et al [2]. (1995), selon laquelle les théories ou analyses globales n'ont guère de pertinence sur le sujet de GRH. Il paraît en effet, judicieux de viser plutôt une analyse singulière et locale de la fonction RH, une piste de recherche toujours féconde et riche par la compréhension des réalités au plus près et/ou la prédiction des transformations de cette fonction qu'elle est à même de permettre.

Il s'agit de traiter, à travers l'étude d'un cas de la question de savoir comment le climat social influence (via différents déterminants) l'implication dans le travail et la mobilisation des salariés pour faire aboutir les projets de l'entreprise dans un contexte de changement et une ère de globalisation et des NTIC. Nous allons essayer à travers une enquête menée au sein d'une entreprise industrielle de concrétiser quelques éléments de réponse cités et démontrés dans la littérature scientifique dédiée à ce sujet. Celle-ci s'est en effet intéressée abondamment à ce domaine qui se présente comme gisement non encore suffisamment exploité par les entreprises qui opèrent dans un environnement turbulent et mondialisé et qui sont toujours à la recherche de sources d'avantages concurrentiels à même d'assurer leur survie, consolider leur acquis et projeter leur développement.

Pour ce faire, la revue de la littérature dans sa globalité nous a permis de décliner le climat social et l'implication en différents déterminants qui vont nous permettre de concrétiser l'étude quantitative.

1 CADRE CONCEPTUEL : CLIMAT SOCIAL, MOBILISATION ET IMPLICATION DANS LE TRAVAIL

Lawler & coll² [3] (1974) présentent le climat social comme le vécu de l'environnement du travail et lui donne le statut méthodologique de variable intermédiaire eu égard à sa position de résultat de la configuration organisationnelle et d'action directe sur le niveau de satisfaction et de performance du système. Joyce Slocum et Von Glinow (1982) insistent sur la nécessité de prendre en considération les interactions entre le climat social, les tâches et d'autres dimensions telles que le leadership et l'organisation du travail. Le climat social est vécu par chaque individu, mais renvoie à une représentation collective souligné par M. Crozier (1984) : « Dans une organisation, le climat correspond à une perception globale résumant les perceptions individuelles élaborés à partir d'un contexte réel commun ».

D'après Fourgous & Iturralde³ [4] (1991), le climat social est « *un ensemble de caractéristiques objectives et relativement permanentes de l'organisation perçues par les individus appartenant à l'organisation, qui servent à lui donner une personnalité et qui influencent le comportement et les attitudes de ses membres* ». Ils s'accordent à lier le niveau de satisfaction des individus à l'évaluation du climat que font ces derniers et ce en fonction de leurs attentes et de leurs besoins. De même les résultats de l'enquête Cegos⁴ [5] (2004) montrent que des liens forts existent entre la qualité des relations sociales et les résultats économiques des entreprises.

¹ Christian DEFELIX, « Contextualisme, conventions et analyse des tensions organisationnelles : une application à la fonction RH ». Série de recherche C.E.R.A.G. Décembre 1999.

² Lawler, E.E. Hall, D.T & Oldham, GR « Organizational climate: relationship to organizational structure process and performance. Organizational Behavior and human Performance, 1974.

³ Fourgous, J.M & Iturralde, B. « Mesurer et améliorer le climat social dans l'entreprise », Les Editions d'organisation. Paris, 1991.

⁴ Cegos (2004) « Relations sociales et climat social – indicateurs clés, perceptions et réalités ».

Pour Christian Allouche (2009)⁵, le climat social paraît être la traduction, par un ensemble de manifestations, de l'état d'esprit qui règne à un moment donné parmi les membres de l'organisation, cet état d'esprit est lui-même façonné par des variables multiples : environnement, culture, style de direction, condition de travail, présence syndicale.

Dans un esprit d'analyse des déterminants du climat social, Dominique Martin & Xavier Croisille⁶ [6] (2006) montrent que le climat est indissociable des attentes des groupes de travail et de la perception qu'ils ont de l'organisation, de sa politique salariale, de la structuration des tâches et de l'efficacité de la production. Le style de management est une variable majeure qui peut compenser certains aspects négatifs s'il est cohérent avec l'ensemble de la situation. D'autres dimensions comme le sexe des opérateurs ou le contexte culturel dans lequel baigne l'entreprise ne peuvent être négligées. Le climat relève d'un équilibre assez fragile résultant de plusieurs variables dont le niveau de primes, le sentiment d'équité, le style de leadership, le vécu des tâches et des responsabilités, historique des groupes de travail...

En somme, plusieurs sociologues et psychologues comme Hubert Landier, Claude Levy Leboyer et Jean Marie Peretti sont intéressés de très près au climat social au sein de l'entreprise. Plusieurs autres auteurs ont écrit un certain nombre d'ouvrages sur ce thème du climat social et ses déterminants. La littérature sur le sujet dans sa globalité s'accorde sur la nécessité de prendre en considération les interactions entre le climat social et différentes autres dimensions. Il ne peut ainsi être opérationnalisé qu'à travers une série de déterminants. Pour une appréhension quantitative, nous en proposons dans cette étude quatre à savoir :

- Les conditions de travail ;
- Les relations et conflits interpersonnels ;
- La communication interne ;
- L'équité et la justice.

Quant à la mobilisation et implication des employés au travail, d'une façon générale, un imbroglio conceptuel semble caractériser ce domaine qui relève d'un sujet complexe auquel les chercheurs en gestion ne s'intéressent pas toujours de manière appropriée. La pluralité et l'ambiguïté des termes reliés à la mobilisation entraînent un manque de clarification du concept et risquent de jeter la confusion dans les esprits.

Le concept de « mobilisation » est à la fois récent et francophone. Il est notamment employé en France par IGALENS [7] (1997), LOUART et BEAUCOURT (1993) et au Québec par GUERIN et al. [8] (1996), RONDEAU et LEMELIN [9] (1994), WILS et al [10] (1998), (GUERRERO et BARRAUD [11], 2001). Aux Etats-Unis la notion est davantage employée sous le terme de « high commitment management ou commitment-oriented personnel management. » ou « engagement organisationnel »⁷ [12]. Plus récemment, le mot américain mobilize est également apparu dans les écrits. En cette période de forte turbulence, ce concept a suscité et suscite encore beaucoup d'intérêt tant chez les praticiens que chez les universitaires.

En somme, l'examen de la littérature⁸ [13] nous permet de conclure que la mobilisation et implication au travail consistent à créer une dynamique collective issue de multiples individualités dans le but de contribuer au fonctionnement de l'entreprise. Le souci de mobiliser un employé se ressent dès son premier pas au sein de l'organisation! Ceci se traduit au niveau de la direction par la nécessité de la mise en place d'un système « accueil & intégration » des nouveaux employés. L'objectif à atteindre est l'initiation et la sensibilisation au sens des projets de l'entreprise pour une adhésion des employés en permanence. Par la suite, selon les projets et/ou objectifs de l'entreprise et notamment le stade où l'on en est, les responsables vont exiger des **degrés et nature** différents de **collaboration** vis à vis des employés. Pour cela, ils auront besoin de les impliquer et les responsabiliser, les motiver et les satisfaire. Voire même, les fidéliser.

Le concept mobilisation interpelle ainsi autant de concepts qui traduisent différents états et niveaux de mobilisation. Il s'agit des concepts (traduisant des aspects et états) susceptibles d'être interpellés par une approche mobilisatrice appliquée

⁵ Annick COHEN, « Toute la fonction Ressources Humaines », Edition Dunod, 2009, p.296.

⁶ Dominique Martin & Xavier Croisille, « L'organisation, le climat, et les conduites professionnelles. Une étude en entreprise » E.C.C.H.A.T. Université de Picardie Jules Verne, Faculté de Philosophie, Sciences-Humaines et Sociales, Campus, 80025 Amiens cedex 1, 2006, France.

⁷ BOUSSAGUET S. et MORENO R. « Communication interne et mobilisation du personnel : ébauche d'une réflexion dans un contexte de reprise », 5ème colloque du CRIC. 2001.

⁸ D. EL MAGUIRI, La mobilisation du personnel dans un contexte de conduite d'un changement par la qualité -Etude de cas d'entreprises marocaines- Thèse, Faculté de Droit-Marrakech, 2008.

aux salariés pour la conduite des plans d'action (projets et/ou changement) de l'entreprise. Les aspirations des employés changent profondément de nature et il faut tenter de s'intéresser à l'individu et à son intériorité autant qu'aux pratiques de développement groupal : « plutôt que d'imposer une contrainte exogène du travailleur, il sied désormais d'éveiller en lui une adhésion endogène aux objectifs de l'entreprise qui l'emploie »⁹ [14]. A cet égard, les techniques (leviers) ne cessent pas d'évoluer démontrant que les questions de mobilisation des salariés suscitent toujours beaucoup d'intérêt, tant chez les praticiens que chez les chercheurs.

Dans le cadre de la présente étude, nous allons aborder la mobilisation et l'implication à travers quatre volets relatifs qui reflètent cette diversité des facteurs et de situations à même d'influencer directement ou indirectement le niveau d'implication et / ou de mobilisation au travail. Ces aspects sont :

- Facteurs de démotivation ;
- Sentiment d'appartenance ;
- Sentiment d'implication ; et enfin nous proposons
- Une question ouverte consacrée à la collecte des attentes des salariés, leurs recommandations et suggestions.

Après cet aperçu à la fois conceptuel et méthodologique, nous allons présenter dans ce qui suit l'enquête qui a été menée dans le cadre d'une **recherche intervention** au sein d'une unité de production (Filature et Teinture). L'objectif en est de **mesurer** l'impact du climat social sur le degré d'intégration des employés dans l'entreprise et de leur implication dans leur travail. En effet selon A. COHEN [15] (2009), de façon régulière, les enquêtes de climat social font partie intégrante de l'élaboration et de la mise en œuvre d'une politique ressources humaines. Elles permettent de suivre les grandes tendances d'évolution des opinions des collaborateurs à l'égard de l'entreprise et de mesurer leurs attentes et leur satisfaction par rapport aux orientations stratégiques, aux politiques engagées par l'entreprise et d'évaluer les perceptions des pratiques de management. Elles développent la communication ascendante et l'écoute des salariés¹⁰.

Après la collecte des données, l'analyse des résultats s'articule autour de l'hypothèse qui, à l'origine a guidé ce travail à savoir : *compte tenu des conditions (peu favorables) dans lesquelles travaillent les salariés, au sein de l'usine de production de l'entreprise, on s'attend à un lien positif entre les déterminants du climat social et le niveau d'implication dans l'emploi*. On suppose en effet, que :

1. La qualité des conditions de travail influe sur le niveau d'implication des salariés ;
2. Il y a un lien positif entre le sentiment d'équité et l'implication dans l'emploi ;
3. Les relations et les conflits interpersonnelles impactent dans le même sens l'implication des salariés ;
4. La communication interne influence positivement l'implication dans l'emploi ;

Pour vérifier ces hypothèses, nous avons d'abord, procédé à une analyse descriptive puis une analyse explicative à travers le **Test d'indépendance Chi deux** qui permet de tester l'existence ou non d'une relation entre la variable expliquée (Implication) et chaque variable explicative tirée des hypothèses de l'étude.

2 PRÉSENTATION DE L'ENQUÊTE

Il s'agit d'une enquête dont l'objectif est de mesurer l'impact du climat social sur la mobilisation et le degré d'implication des salariés au sein d'une PME industrielle marocaine.

2.1 CHOIX DU QUESTIONNAIRE

Il s'agit d'une enquête quantitative réalisée sur un échantillon de 71 personnes qui ont accepté de nous répondre sur les 100 questionnaires distribués, soit un taux de 71%. Cet échantillon comprend les trois catégories du personnel de la société « SDI » à savoir Cadres et assimilés, Employés, et Ouvriers et représente environ 45% de l'effectif global (environ 160) de l'entreprise (population).

⁹ G. OUMET, « Polymorphie de l'engagement organisationnel », Symposium N°7 au Congrès de l'AGRH-Lille, p 284 à 289.

¹⁰ A.COHEN, « Toute la fonction RH », éd Dunod, 2009, p.298-302.

Le questionnaire que nous avons élaboré comporte 20 questions à choix multiples et fermé. Il est composé de deux parties : la première porte sur le climat social tandis que la seconde partie est consacrée à la mobilisation et l'implication dans l'emploi. La revue de la littérature scientifique dans sa globalité nous a permis de décliner ces deux parties en différents déterminants (voir ci-dessous). Un volet en début de questionnaire permet de recueillir les caractéristiques sociodémographiques des répondants.

- **Le climat social** : cette partie comprend 4 déterminants énumérés comme suit :
 - o Les conditions de travail,
 - o Les relations et conflits interpersonnels,
 - o La communication interne,
 - o L'équité et la justice.
- **La mobilisation et l'implication dans l'emploi** : elle regroupe 4 volets qui traitent les aspects suivants :
 - o Facteurs de démotivation,
 - o Sentiment d'appartenance,
 - o Sentiment d'implication,
 - o Enfin, une question ouverte est consacrée pour collecter les attentes des salariés, leurs recommandations et suggestions.
- **Les caractéristiques sociodémographiques** : les données relatives aux caractéristiques sociodémographiques des répondants comprenaient le sexe, le nombre d'années d'ancienneté dans l'organisation, l'âge et le statut.

2.2 DÉROULEMENT DE L'ENQUÊTE ET DÉPOUILLEMENT

Deux modes d'administration du questionnaire ont été adoptés :

- Pour les cadres et employés, nous leur avons remis le questionnaire pour le retourner dûment rempli ;
- Pour la catégorie opératrice (mécaniciens, électriciens, ouvriers de production), nous avons opté pour l'entretien direct tout en traduisant et expliquant le questionnaire en arabe.

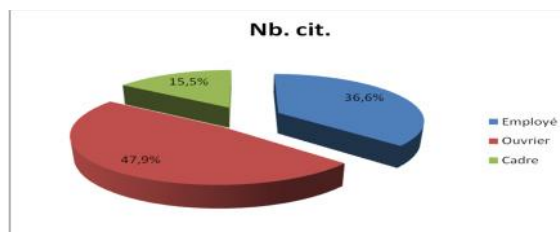
La durée de réalisation de l'enquête, de remise du questionnaire et collecte de réponses, a été effectuée sur 4 semaines. Le dépouillement des questionnaires a été effectué à l'aide du logiciel « Sphinx Plus2 » qui nous a facilité la saisie des réponses, le traitement et l'analyse des résultats de l'enquête grâce aux possibilités de calcul qu'il offre.

2.3 CHOIX DE L'ÉCHANTILLON

• Profil des répondants :

- o **Statut**

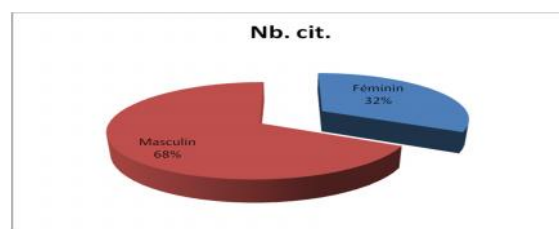
CSP	Nb. cit.	Fréq.
Employé	26	36,6%
Ouvrier	34	47,9%
Cadre	11	15,5%
TOTAL OBS.	71	100%



Notre échantillon se compose de 71 salariés dont 11 cadres (15,5% de l'échantillon), 34 ouvriers (soit 47,9 %) et 26 employés (36,6% de l'échantillon).

○ Sexe

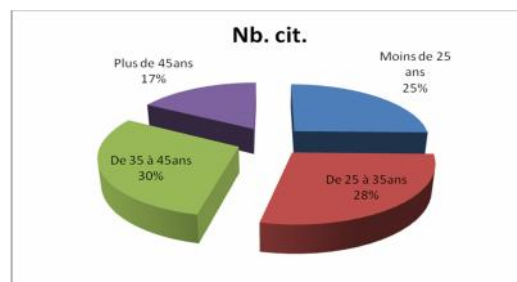
Sexe	Nb. cit.	Fréq.
Féminin	23	32,4%
Masculin	48	67,6%
TOTAL OBS.	71	100%



Notre échantillon se compose dans sa majorité de sexe masculin (67%) contre 32% du sexe féminin.

○ Age

Age	Nb. cit.	Fréq.
Moins de 25 ans	18	25,4%
De 25 à 35ans	20	28,2%
De 35 à 45ans	21	29,6%
Plus de 45ans	12	16,9%
TOTAL OBS.	71	100%

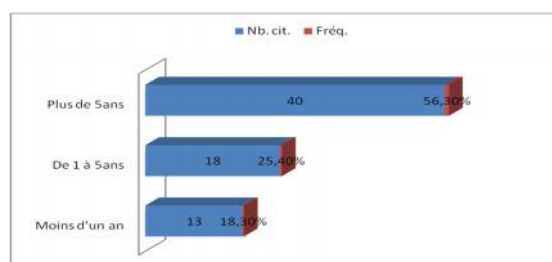


Moyenne = 2,38 Ecart-type = 1,05

Notre échantillon se compose dans sa majorité d'une population jeune (plus que 53% ont moins de 35 ans). Seule 17% ont plus de 45ans.

○ Ancienneté

Ancienneté	Nb. cit.	Fréq.
Moins d'un an	13	18,3%
De 1 à 5ans	18	25,4%
Plus de 5ans	40	56,3%
TOTAL OBS.	71	100%



Moyenne = 2,38 Ecart-type = 0,78

56% des enquêtés ont une ancienneté de plus de 5 ans et 18% en phase d'intégration.

3 PRESENTATION, ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Après la collecte des données, il s'agit ici de présenter les résultats puis procéder à leur analyse et pour finir faire l'interprétation et la discussion qui en découlent.

L'analyse des résultats que nous allons effectuer va s'articuler autour de l'hypothèse qui, à l'origine a guidé ce travail, puisqu'il s'agit de conforter cette hypothèse avec les résultats auxquels nous sommes parvenus à savoir :

- **Hypothèse générale** : compte tenu des conditions moyennement favorables dans lesquelles travaillent les salariés, au sein de l'usine de production de la SDI, on s'attend à un lien positif entre les déterminants du climat social et l'implication dans l'emploi. L'engagement et comportements de la direction influent sur l'implication des employés dans leur travail.

- **Sous hypothèses vis-à-vis des déterminants** :

- 1- La qualité des conditions de travail influe sur le niveau d'implication des salariés ;
- 2- Il y a un lien positif entre le sentiment d'équité et l'implication dans l'emploi ;
- 3- Les relations et les conflits interpersonnelles impactent dans le même sens l'implication des salariés ;
- 4- La communication interne influence positivement l'implication dans l'emploi ;

Pour vérifier ces hypothèses, nous allons, d'abord, faire une analyse descriptive pour chaque dimension du questionnaire, puis procéder ensuite à une analyse explicative à travers le **Test d'indépendance Chi deux** qui permet de tester l'existence ou non d'une relation entre la variable expliquée (Implication) et chaque variable explicative tirée des hypothèses de l'étude.

II-1 Analyse descriptive

L'objectif de cette analyse descriptive est de nous permettre de mettre en évidence, dans un premier temps, les scores moyens de ces différents déterminants et, dans un deuxième temps, les relations qu'ils entretiennent entre eux. Les tableaux et graphiques ci-après, donneront un aperçu des résultats obtenus.

II-1-1 Analyse descriptive des différents déterminants

1- Conditions de travail

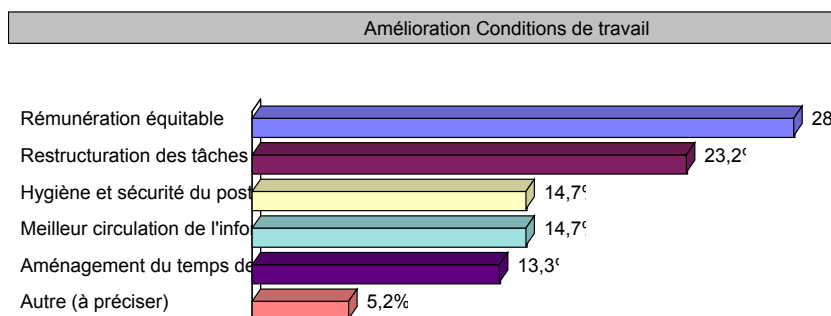
- Répartition pour la variable 'Conditions de travail'

Conditions de travail	Nb. cit.	Fréq.
Très satisfaisantes	0	0,0%
satisfaisantes	19	26,8%
Peu satisfaisantes	48	67,6%
Pas du Tout satisfaisantes	4	5,6%
TOTAL OBS.	71	100%

Moyenne = 2,79 Ecart-type = 0,53

Globalement les conditions de travail sont peu satisfaisantes à 67%. L'activité industrielle (Filature et teinture) est menée généralement dans des conditions de bruit, de risque et de chaleur importants et impliquent des efforts importants pour réduire l'impact négatif de telles contraintes.

- Suggestions pour améliorer les conditions de travail



Amélioration Conditions de travail	Nb. cit.	Fréq.
Rémunération équitable	61	85,9%
Restructuration des tâches	49	69,0%
Meilleure circulation de l'information	31	43,7%
Hygiène et sécurité du poste	31	43,7%
Aménagement du temps de travail	28	39,4%
Autre (à préciser)	11	15,5%
TOTAL OBS.	71	

Pour améliorer les conditions de travail, plusieurs propositions sont évoquées. **85%** de l'échantillon suggèrent l'équité dans la rémunération, la composition en catégories socioprofessionnelles au sein de l'entreprise est en effet diversifiée

(Administratifs, employés du service Maintenance (Electricité, Mécanique et électronique), employés de production (chefs ateliers, contremaîtres et chefs équipes, ouvriers) et enfin des employés des services généraux. Cette diversité associée au manque de formalisme et de clarté au niveau du système de rémunération et de promotion a impliqué le développement du souci d'équité pour l'ensemble de la population.

69% évoquent la restructuration des tâches liée au besoin de la mise en place et l'opérationnalité des procédures d'organisation du type : Qui fait quoi, manuel de qualité...etc.

L'hygiène et la sécurité aussi bien que la meilleure circulation d'information arrivent en troisième position avec **43%** de l'échantillon.

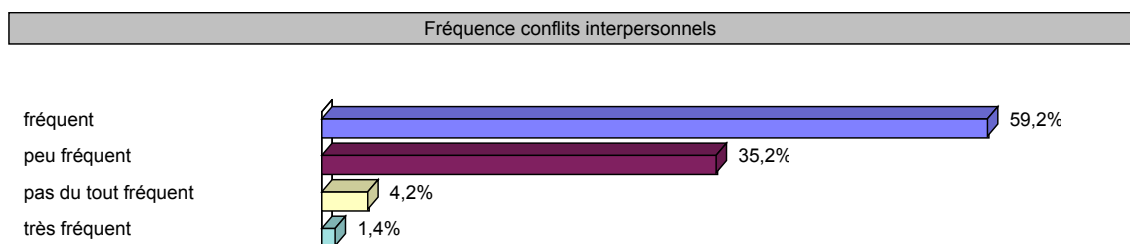
2- Relations avec la hiérarchie et conflits interpersonnels

- Ecoute de la hiérarchie

Ecoute Hiérarchie	Nb. cit.	Fréq.
oui	23	32,4%
non	48	67,6%
TOTAL OBS.	71	100%

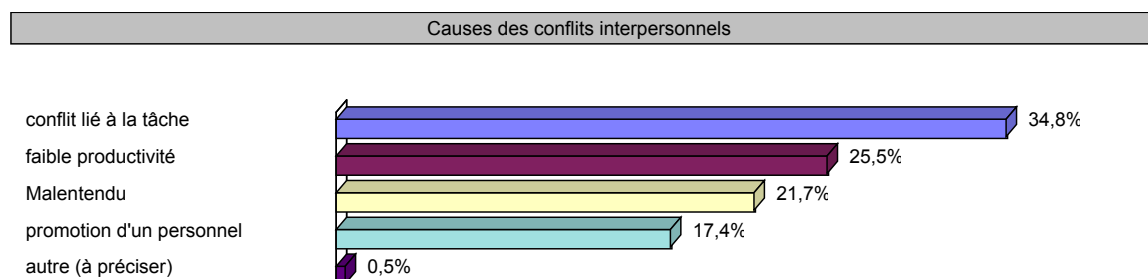
32,4% des interrogés déclarent être écoutés par leurs hiérarchie contre 67,6% qui avancent qu'ils ne sont pas écoutés.

- Fréquence des conflits interpersonnels



De manière globale, les conflits sont jugés fréquents par les interrogés (59,2%) ou peu fréquents (35,2%).

- Les causes des conflits interpersonnels



Les conflits liés à la tâche paraissent comme principale cause (90%) évoquée par les interrogés suivie par ceux liés aux problèmes de rendement ou productivité (66%). Les malentendus arrivent en troisième position (56%) et en dernier on trouve les promotions du personnel (45%).

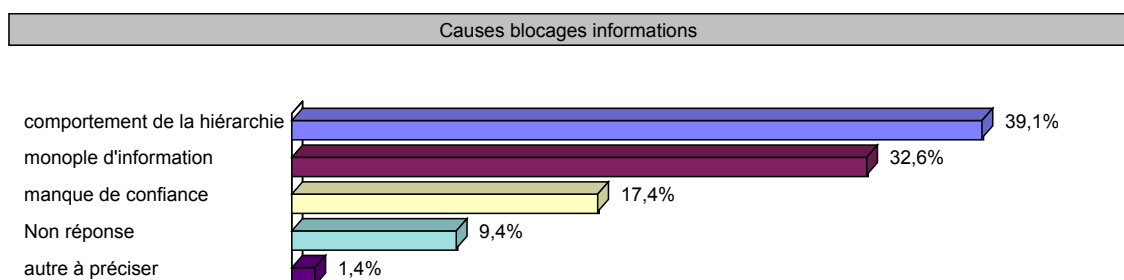
3- Communication Interne

- Constats de blocage de circulation des informations

Blocage Circulation information	Nb. cit.	Fréq.
oui	57	80,3%
non	14	19,7%
TOTAL OBS.	71	100%

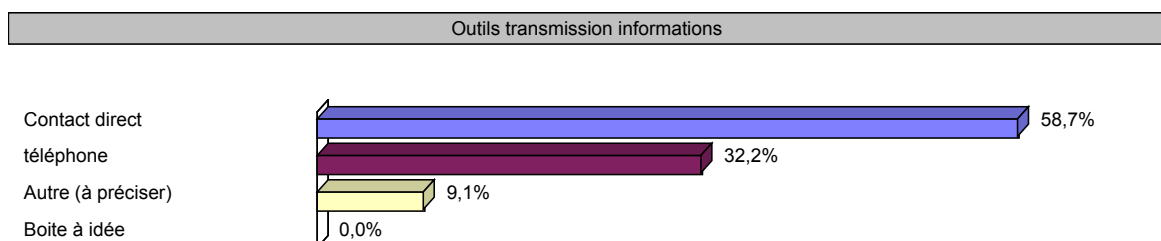
La majorité des employés affirment avoir des blocages de circulation d'information à raison de 80,3%.

- Sources de blocage



Sur les 80,3% qui ont confirmé l'existence de blocage lors de la circulation d'information. La majorité d'entre eux évoquent le comportement de la hiérarchie (39,1%), rétention de l'information (32,6%) et manque de confiance (17,4%) comme principales sources de ces blocages.

- Les outils de transmission des informations



Malgré les locaux très spacieux (différents ateliers : filature, teinture et finition ; locaux de l'expédition et enfin ceux de l'administration et de la direction générale), l'outil le plus fréquent est celui du contact direct (évoqué à 100%), suivi par le téléphone (54,9%). Les outils à même de formaliser et structurer la gestion de l'information sont encore embryonnaires (réunions, messagerie électronique, Outlook...). 11 enquêtés les ont soulignés (15,5%). Ceci explique en grande partie les sources et la fréquence assez élevée des blocages de la circulation des informations. En effet malgré les projets d'informatisation des différents processus lancés par la direction générale, le chemin à parcourir reste long et les impacts positifs ne sont toujours pas ressentis par les employés.

4- Equité

- Discrimination entre hommes et femmes

Discrimination Hommes Femmes	Nb. cit.	Fréq.
Oui	16	22,5%
Non	55	77,5%
TOTAL OBS.	71	100%

- Niveaux de discrimination

Niveau de discrimination	Nb. cit.	Fréq.
Non réponse	54	76,1%
Salaire	17	23,9%
Embauche	13	18,3%
Autre (à préciser)	0	0,0%
TOTAL OBS.	71	

La majorité ne ressent pas de discrimination entre les deux sexes (76,1%). Ceux qui l'affirment le ressentent notamment au niveau des salaires (23,9%) et d'embauche (18,3%). Ceci est à prendre avec précaution étant donné la structure de l'échantillon constitué en majorité des hommes 67% contre 32% de femmes et donc le phénomène s'impose comme réalité fréquente au sein de l'entreprise.

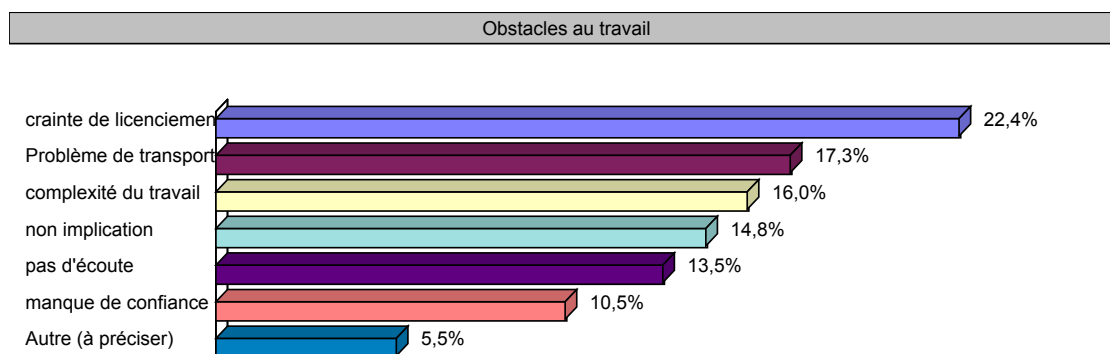
- Comportement des supérieurs hiérarchiques

Equité de la hiérarchie	Nb. cit.	Fréq.
Oui	46	64,8%
Non	25	35,2%
TOTAL OBS.	71	100%

Le sentiment d'équité et un jugement positif du comportement de la hiérarchie l'emportent dans la population interrogée (64,8%) mais ce n'est pas un fait général avec 35,2% qui ne le ressentent pas.

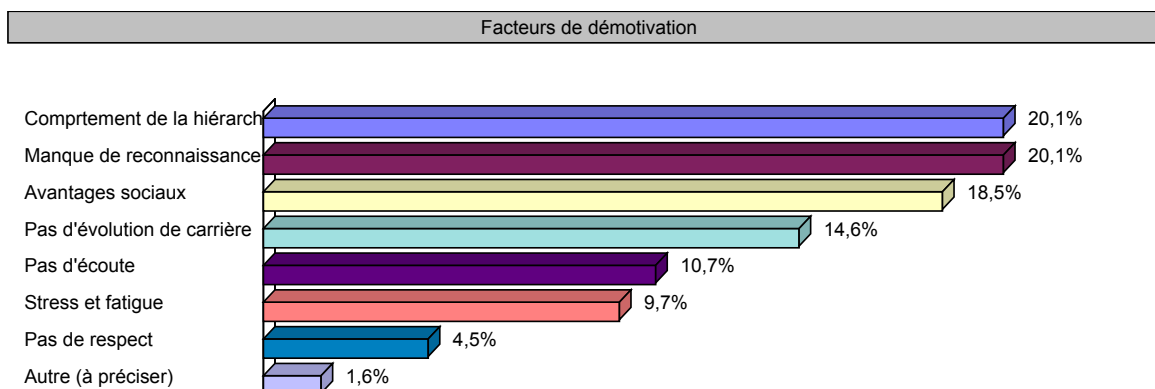
5- Facteurs de démotivation

- Obstacles rencontrés dans le travail



Il paraît qu'il y ait un grand sentiment d'instabilité et de crainte d'être licencié que nous pouvons expliquer par l'histoire de l'unité qui était fermée pour cause de conflits et détournement de fond énorme à la fin des années 90 avant de reprendre la production en 2000. La majorité des employés avaient vécu cet événement et le gardent toujours en mémoire. L'adoption et la dominance d'un management par la crainte au niveau de la direction générale aggrave ce sentiment chez les employés en général. Différentes causes de blocage sont évoqués de suite : problème de transport, complexité du travail (filature et teinture), manque d'implication et écoute. Autant de facteurs à même de favoriser la dégradation de la qualité du climat de travail.

- Eléments qui démotivent le plus



Au même sens, le manque de reconnaissance, le comportement de la hiérarchie et l'insuffisance voire l'absence des avantages sociaux forment les principaux facteurs de démotivation évoqués par les interrogés.

6- Appartenance et implication

- Sentiment éprouvé vis-à-vis de l'organisation

Appartenance et fierté	Nb. cit.	Fréq.
Intégré	34	47,9%
Peu intégré	30	42,3%
Mauvais sentiment	7	9,9%
Fier	0	0,0%
TOTAL OBS.	71	100%

Personne ne déclare être fier d'appartenir à l'entreprise mais partagés entre intégré (47,9%) et peu intégré (42,3%). Il est clair que l'entreprise doit réagir immédiatement pour développer un climat social à même de permettre de bien mener ses projets de changement en cours (démarche qualité).

- Implication dans le travail

Implication	Nb. cit.	Fréq.
Pas d'accord du tout	13	18,3%
Plutôt pas d'accord	31	43,7%
Plutôt d'accord	22	31,0%
Tout à fait d'accord	5	7,0%
TOTAL OBS.	71	100%

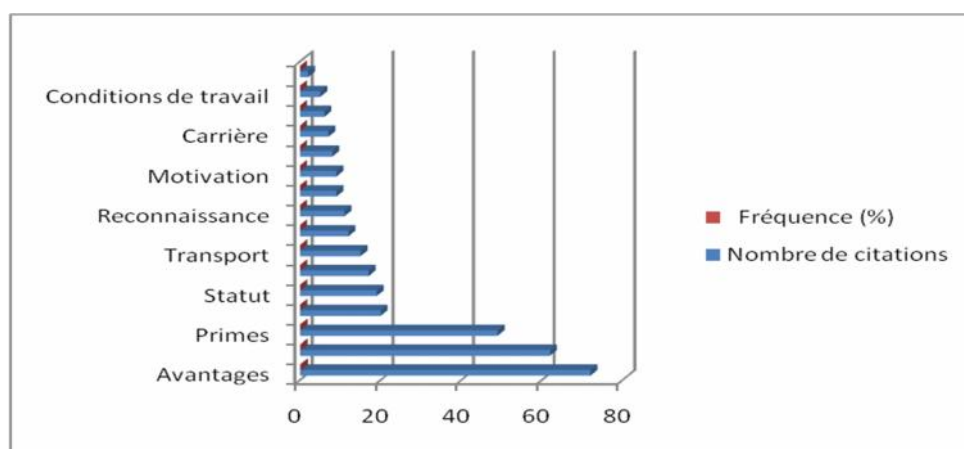
Moyenne = 2,27 Ecart-type = 0,84

43,7% des interrogés affirment être plutôt pas d'accord en matière d'implication. 31% sont plutôt d'accord, ce qui peut être expliqué par la nature de l'activité de l'entreprise et la situation du marché du travail (taux de chômage très élevé) qui ne propose pas des offres de travail substituables notamment pour les ouvriers et employés qui constituent 84,5 % de notre échantillon.

- Attentes et Suggestions

Suggestions	Nombre de citations	Fréquence (%)
Avantages sociaux	72	22,3%
Rémunération	62	19,2%
Primes	49	15,2%
Sécurité	20	6,2%
Statut	19	5,9%
Formation	17	5,3%
Transport	15	4,6%
Style de Management	12	3,7%
Reconnaissance	11	3,4%
Communication	9	2,8%
Motivation	9	2,8%
Organisation des tâches	8	2,5%
Carrière	7	2,2%
Equité	6	1,9%
Conditions de travail	5	1,5%
Participation	2	0,6%

Nombre de valeurs différentes : 16. « Avantages sociaux» est le plus cité : 72 observations.



II-1-2 Analyse descriptive croisée

- Croisement des déterminants du Climat social avec les caractéristiques sociodémographiques

- Conditions de travail /Ancienneté

Ancienneté Conditions de travail	Moins d'un an	De 1 à 5ans	Plus de 5ans	TOTAL
Très satisfaisantes	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
satisfaisantes	4,2%	7,0%	15,5%	26,8%
Peu satisfaisantes	12,7%	16,9%	38,0%	67,6%
Pas du Tout satisfaisantes	1,4%	1,4%	2,8%	5,6%
TOTAL	18,3%	25,4%	56,3%	100%

Les conditions de travail sont jugés généralement peu satisfaisantes (67,6% des salariés) ou bien satisfaisantes (26,8%). Ce sont les plus anciens (> 5ans) qui critiquent plus la situation avec 38% de peu satisfaits dans l'échantillon.

La satisfaction peut être justifiée par les actions de réaménagement et équipement des locaux administratifs ainsi que le lancement d'un processus d'informatisation. Mais les conditions au niveau des ateliers requièrent toujours une amélioration eu égard aux spécificités de leur activités (filature et teinture).

- Conflits / Ancienneté

Ancienneté Fréquence conflits interpersonnels	Moins d'un an	De 1 à 5ans	Plus de 5ans	TOTAL
très fréquent	0,0%	0,0%	1,4%	1,4%
fréquent	4,2%	11,3%	43,7%	59,2%
peu fréquent	2,7%	12,7%	9,9%	35,2%
pas du tout fréquent	1,4%	1,4%	1,4%	4,2%
TOTAL	18,3%	25,4%	56,3%	100%

Les conflits interpersonnels sont assez fréquents avec un pourcentage de 59,2 % dont 43,7 % provienne des avis des plus anciens (> 5ans). Nous pouvons ainsi conclure que la communication et le relationnel doivent être traités et pris en compte comme variable et/ou levier à faire agir pour améliorer le climat de travail.

- Information et Communication / Ancienneté

Blocage Circulation information Ancienneté	oui	non	TOTAL
Moins d'un an	9,9%	8,5%	18,3%
De 1 à 5ans	18,3%	7,0%	25,4%
Plus de 5ans	52,1%	4,2%	56,3%
TOTAL	80,3%	19,7%	100%

Dans l'ensemble, la circulation des informations ne se fait pas sans blocage (80,3% avaient répondu oui). Cette situation peut être justifiée par le poids encore important des outils traditionnels de communication et de diffusion des informations. Les procédures afférentes au SI moderne manquent toujours d'opérationnalité.

- **Croisement des déterminants de l'Implication avec les caractéristiques sociodémographiques**

• CSP / Implication

Implication	Pas d'accord du tout	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	TOTAL
CSP					
Employé	7,0%	18,3%	9,9%	1,4%	36,6%
Ouvrier	11,3%	16,9%	16,9%	2,8%	47,9%
Cadre	0,0%	8,5%	4,2%	2,8%	15,5%
TOTAL	18,3%	43,7%	31,0%	7,0%	100%

38% des interrogés se déclarent impliqués (plutôt ou tout à fait) dans leur travail dont 19,7% sont des ouvriers, 11,3% sont des employés et 7% des cadres. Ceux qui ne le sont pas ou du tout présentent un pourcentage IMPORTANT alarmant ($43,7\% + 18,3\% = 62\%$) et relèvent des différentes catégories socioprofessionnelles. Une telle situation impose donc aux responsables une intervention pour identifier et corriger les sources de cette désimplication voire démobilisation.

• Sexe / Implication

Implication	Pas d'accord du tout	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	TOTAL
Sexe					
Féminin	5,6%	9,9%	16,9%	0,0%	32,4%
Masculin	12,7%	33,8%	14,1%	7,0%	67,6%
TOTAL	18,3%	43,7%	31,0%	7,0%	100%

L'enquête ressort que la désimplication des hommes est beaucoup plus importante que celle des femmes. En effet, sur les 62% qui se déclarent plutôt pas ou du tout d'accord, 46,5% sont des hommes et 15,5 seulement sont des femmes. De même, sur les 31% se déclarant impliqués les hommes représentent 14,1% et les femmes 16,9%.

• Implication / Ancienneté

Ancienneté	Moins d'un an	De 1 à 5ans	Plus de 5ans	TOTAL
Implication				
Pas d'accord du tout	1,4%	4,2%	12,7%	18,3%
Plutôt pas d'accord	2,8%	7,0%	33,8%	43,7%
Plutôt d'accord	14,1%	14,1%	2,8%	31,0%
Tout à fait d'accord	0,0%	0,0%	7,0%	7,0%
TOTAL	18,3%	25,4%	56,3%	100%

Sur la question d'implication au travail. Ce sont généralement les plus anciens (>5ans qui forment plus que la moitié de l'échantillon interrogé) qui se sentent peu impliqués avec ($33,8 + 12,7 = 46,5\%$) sur les 62% qui ne sont pas impliqués, 2,8%

seulement sont plutôt d'accord. Entre 1 et 5 ans d'ancienneté, les employés se sentent impliqués à raison de 14,1% et plutôt non à raison de 11,2% ce qui interpelle l'efficacité du système d'intégration de l'entreprise.

Ceux de moins d'un an d'ancienneté se déclarent plutôt impliqués (14,1%). Ceci peut être expliqué par la grande joie d'avoir décroché un emploi. Ils sont encore moins exigeants et tiennent à le maintenir. Ceci est valable eu égard aux caractéristiques du marché du travail dans le secteur d'activité de l'entreprise (Textile Habillement).

- Implication / Age

Age Implication	Moins de 25 ans	De 25 à 35ans	De 35 à 45ans	Plus de 45ans	TOTAL
Pas d'accord du tout	5,6%	2,8%	7,0%	2,8%	18,3%
Plutôt pas d'accord	4,2%	14,1%	16,9%	8,5%	43,7%
Plutôt d'accord	15,5%	11,3%	1,4%	2,8%	31,0%
Tout à fait d'accord	0,0%	0,0%	4,2%	2,8%	7,0%
TOTAL	25,4%	28,2%	29,6%	16,9%	100%

Les salariés les moins impliqués sont ceux ayant un âge compris entre 25 à 45 ans. Le grand souci afférent à la fin de carrière se manifeste dans les niveaux d'implication déclarés par les plus âgés. Seuls 2,8% + 2,8% = 5,6% sont toujours impliqués dans leur travail.

Hormis une différence dans l'importance des facteurs traduisant mieux le climat social, la dépendance entre climat social et implication des salariés se confirme aussi bien sur l'échantillon global qu'au niveau des différentes CSP.

Nous pouvons en effet, à partir de ce test « Chi deux » affirmer qu'il y a une relation significative entre les variables conditions de travail, relations interpersonnelles, communication interne, équité, et la variable implication.

Il semble que les conditions de travail traduisent mieux le climat social que les autres déterminants (relations interpersonnelles et communication). L'implication des employés au sein de SDI dépend également mais moins de la discrimination.

Dans le cas où la dépendance est *peu significative*, l'indicateur (86,3% <1-p> 99,87%) ou (0,137<p>0,0013) n'atteint jamais le niveau de rigueur qui favorise statistiquement une indépendance entre les deux variables d'un tableau croisé comme le stipule le tableau ci-dessous : (*p* étant la probabilité que les deux variables du tableau croisé soit indépendants)

<i>p</i>	Interprétation
0,7	On ne peut pas rejeter l'hypothèse d'indépendance.
0,15	En toute rigueur, on ne devrait pas rejeter l'hypothèse d'indépendance. Mais il est possible que des effectifs plus importants nous le permettrait.
0,05	Les variables ne sont pas indépendantes au seuil classique de 5 %
0,0001	L'hypothèse d'indépendance doit être rejetée, il y a un lien entre les deux variables
0	L'hypothèse d'indépendance est tellement peu probable que le logiciel n'arrive même pas à afficher tous les zéros derrière la virgule.

Tableau : Exemples de valeur de p et de son interprétation

Source : Julien Barnier, Groupe de Recherche sur la socialisation, CNRS. 2011, p.37

À même d'expliquer cette situation, certains points importants sont en effet importants à prendre en compte quand on interprète le résultat du chi deux :

- Le découpage des variables en modalités influe considérablement sur le résultat et peut faire apparaître ou masquer des écarts à l'indépendance ;
- La valeur du chi deux et donc du p est sensible à l'effectif total du tableau : un p inférieur à 5% peut signifier que les effectifs ne sont pas suffisamment importants pour que le lien de dépendance soit statistiquement avéré ;
- On peut ainsi s'accorder davantage de souplesse et prendre en compte des résultats jusqu'à 10% ou même un peu plus au lieu de se contenter d'appliquer mécaniquement le traditionnel seuil de 5%.

II-2 Analyse explicative (Test d'indépendance Chi deux)

A travers cette analyse explicative, nous voulons mesurer le lien entre les différents déterminants du climat social (variables explicatives) et l'implication dans l'emploi, afin d'apprécier leur influence sur cette variable à expliquer.

Aussi, nous présentons les résultats significatifs du test Chi deux mis en évidence par le logiciel sous forme de tableaux, d'abord au niveau de l'échantillon global, ensuite au niveau des différents CSP.

II-2-1 Analyse Sur l'échantillon total

Implication	Pas d'accord du tout	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	TOTAL
Conditions de travail					
satisfaisantes	0,0%	7,0%	12,7%	7,0%	26,8%
Peu satisfaisantes	16,9%	33,8%	16,9%	0,0%	67,6%
Pas du Tout satisfaisantes	1,4%	2,8%	1,4%	0,0%	5,6%
TOTAL	18,3%	43,7%	31,0%	7,0%	100%

La dépendance est très significative. $\chi^2 = 22,47$, ddl = 6, 1-p = 99,90%.

Implication	Pas d'accord du tout	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	TOTAL
Ecoute Hiérarchie					
oui	1,4%	14,1%	12,7%	4,2%	32,4%
non	16,9%	29,6%	18,3%	2,8%	67,6%
TOTAL	18,3%	43,7%	31,0%	7,0%	100%

La dépendance est peu significative. $\chi^2 = 6,09$, ddl = 3, 1-p = 89,27%.

Appartenance et fierté	Intégré	Peu intégré	Mauvais sentiment	TOTAL
Conditions de travail				
satisfaisantes	19,7%	7,0%	0,0%	26,8%
Peu satisfaisantes	28,2%	32,4%	7,0%	67,6%
Pas du Tout satisfaisantes	0,0%	2,8%	2,8%	5,6%
TOTAL	47,9%	42,3%	9,9%	100%

La dépendance est très significative. $\chi^2 = 14,93$, ddl = 4, 1-p = 99,52%.

Appartenance et fierté	Intégré	Peu intégré	Mauvais sentiment	TOTAL
Ecoute Hiérarchie				
oui	25,4%	7,0%	0,0%	32,4%
non	22,5%	35,2%	9,9%	67,6%
TOTAL	47,9%	42,3%	9,9%	100%

La dépendance est très significative. $\chi^2 = 13,30$, ddl = 2, 1-p = 99,87%.

Appartenance et fierté	Intégré	Peu intégré	Mauvais sentiment	TOTAL
Equité de la hiérarchie				
Oui	36,6%	25,4%	2,8%	64,8%
Non	11,3%	16,9%	7,0%	35,2%
TOTAL	47,9%	42,3%	9,9%	100%

La dépendance est significative. $\chi^2 = 6,36$, ddl = 2, 1-p = 95,84%.

II- 2-2 Analyse explicative par CSP

- Analyse sur Strate 1 : Employés

Implication	Pas d'accord du tout	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	TOTAL
Conditions de travail					
satisfaisantes	0,0%	11,5%	15,4%	3,8%	30,8%
Peu satisfaisantes	19,2%	38,5%	11,5%	0,0%	69,2%
TOTAL	19,2%	50,0%	26,9%	3,8%	100%

La dépendance est peu significative. $\chi^2 = 7,12$, ddl = 3, 1-p = 93,18%.

Appartenance et fierté	Intégré	Peu intégré	Mauvais sentiment	TOTAL
Ecoute Hiérarchie				
oui	34,6%	7,7%	0,0%	42,3%
non	19,2%	30,8%	7,7%	57,7%
TOTAL	53,8%	38,5%	7,7%	100%

La dépendance est significative. $\chi^2 = 6,28$, ddl = 2, 1-p = 95,66%.

Appartenance et fierté	Intégré	Peu intégré	Mauvais sentiment	TOTAL
Fréquence conflits interpersonnels				
fréquent	46,2%	19,2%	0,0%	65,4%
peu fréquent	3,8%	19,2%	7,7%	30,8%
pas du tout fréquent	3,8%	0,0%	0,0%	3,8%
TOTAL	53,8%	38,5%	7,7%	100%

La dépendance est significative. $\chi^2 = 10,27$, ddl = 4, 1-p = 96,39%.

- Analyse Sur Strate 2 : Ouvriers

Implication	Pas d'accord du tout	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	TOTAL
Conditions de travail					
satisfaisantes	0,0%	2,9%	11,8%	5,9%	20,6%
Peu satisfaisantes	20,6%	29,4%	23,5%	0,0%	73,5%
Pas du Tout satisfaisantes	2,9%	2,9%	0,0%	0,0%	5,9%
TOTAL	23,5%	35,3%	35,3%	5,9%	100%

La dépendance est significative. $\chi^2 = 13,05$, ddl = 6, 1-p = 95,78%.

Appartenance et fierté	Intégré	Peu intégré	Mauvais sentiment	TOTAL
Conditions de travail				
satisfaisantes	14,7%	5,9%	0,0%	20,6%
Peu satisfaisantes	26,5%	41,2%	5,9%	73,5%
Pas du Tout satisfaisantes	0,0%	0,0%	5,9%	5,9%
TOTAL	41,2%	47,1%	11,8%	100%

La dépendance est très significative. $\chi^2 = 18,78$, ddl = 4, 1-p = 99,91%.

Appartenance et fierté	Intégré	Peu intégré	Mauvais sentiment	TOTAL
Outils transmission informations				
Contact direct	35,0%	40,0%	10,0%	85,0%
téléphone	15,0%	0,0%	0,0%	15,0%
TOTAL	50,0%	40,0%	10,0%	100%

La dépendance est significative. $\chi^2 = 7,06$, ddl = 2, 1-p = 97,07%.

- Analyse Sur Strate 3 : Cadres

Implication	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	TOTAL
Fréquence conflits interpersonnels				
très fréquent	9,1%	0,0%	0,0%	9,1%
fréquent	45,5%	9,1%	18,2%	72,7%
peu fréquent	0,0%	18,2%	0,0%	18,2%
TOTAL	54,5%	27,3%	18,2%	100%

La dépendance est peu significative. $\chi^2 = 7,10$, ddl = 4, 1-p = 86,95%.

Implication	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	TOTAL
Discrimination Hommes Femmes				
Oui	0,0%	9,1%	18,2%	27,3%
Non	54,5%	18,2%	0,0%	72,7%
TOTAL	54,5%	27,3%	18,2%	100%

La dépendance est significative. $\chi^2 = 7,64$, ddl = 2, 1-p = 97,81%.

Implication	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	TOTAL
Niveau de discrimination				
Non réponse	42,9%	14,3%	0,0%	57,1%
Salaire	0,0%	7,1%	14,3%	21,4%
Embauche	0,0%	7,1%	14,3%	21,4%
TOTAL	42,9%	28,6%	28,6%	100%

La dépendance est significative. $\chi^2 = 9,92$, ddl = 4, 1-p = 95,81%.

Appartenance et fierté	Intégré	Peu intégré	Mauvais sentiment	TOTAL
Conditions de travail				
satisfaisantes	36,4%	0,0%	0,0%	36,4%
Peu satisfaisantes	18,2%	18,2%	9,1%	45,5%
Pas du Tout satisfaisantes	0,0%	18,2%	0,0%	18,2%
TOTAL	54,5%	36,4%	9,1%	100%

La dépendance est peu significative. $\chi^2 = 7,70$, ddl = 4, 1-p = 89,68%.

4 SYNTHÈSE GÉNÉRALE

L'objectif, ici, étant d'étudier l'influence des déterminants du climat social sur l'implication dans l'emploi, dans un contexte particulier, celui des salariés de l'entreprise SDI. L'analyse des données empiriques à partir des méthodes statistiques révèle la confirmation dans une grande mesure des hypothèses énoncées au début de l'étude et qui découlent de la revue de la littérature.

Cette étude empirique qui constitue malgré ses limites, principalement la taille de l'échantillon, un essai exploratoire pour connaître de près l'état d'esprit d'une population de salariés d'un secteur en plein mouvement. L'étude confirme en premier lieu la thèse évoquée par la majorité des auteurs en la matière, c'est que le climat social impacte l'implication des salariés. Ce qui constitue pour les entreprises un des moyens les plus redoutables pour les engager et les fidéliser le plus longtemps possible.

La concurrence qui prévaut dans un marché instable et vulnérable conjuguée avec des mutations technologiques sans précédent a un impact sur les relations entre le salarié et son employeur devenues à l'heure actuelle conflictuelles et de courte durée. Les bonnes pratiques de la démarche RSE (responsabilité sociale de l'entreprise) pourrait contribuer à ce niveau pour un éventuel assainissement du climat social dans lequel fonctionnent nos entreprises. Les PME en l'occurrence.

En définitive, en considérant ces résultats, il semble, d'une manière générale, que les déterminants qui sous-tendent le climat social prédisent significativement l'implication dans l'emploi chez les salariés. De ce fait, nos hypothèses de départ se trouvent validées.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Christian DEFELIX, « Contextualisme, conventions et analyse des tensions organisationnelles : une application à la fonction RH ». Série de recherche C.E.R.A.G. Décembre 1999.
 - [2] Francfort, I & al. "Les mondes sociaux de l'entreprise, Desclée de Brouwer", 1995.
 - [3] Lawler, E.E. Hall, D.T & Oldham, GR « Organizational climate: relationship to organizational structure process and performance. Organizational Behavior and human Performance, 1974.
 - [4] Fourgous, J.M & Iturralde, B. « Mesurer et améliorer le climat social dans l'entreprise », Les Editions d'organisation. Paris, 1991.
 - [5] Cegos (2004) « Relations sociales et climat social – indicateurs clés, perceptions et réalités ».
 - [6] Dominique Martin & Xavier Croisille, « l'organisation, le climat, et les conduits professionnelles. Une étude en entreprise » E.C.C.H.A.T. Université de Picardie Jules Verne, Faculté de Philosophie, Sciences-Humaines et Sociales, Campus, 80025 Amiens cedex 1, 2006, France.
 - [7] IGALENS J et Barraud V. 1997, Grappes de pratiques de ressources humaines et mobilisation, Presses de l'école des HEC, Montréal, C pp. 227-242.
 - [8] Guérin, G et Wils, T, "Sept tendances clés de la nouvelle GRH" Revue internationale de Gestion, Février 1993.
 - [9] RONDEAU A. et LEMELIN M et LAUZON N. "Les pratiques de mobilisation : vers une typologie d'activités favorisant l'implication au travail et l'engagement organisationnel", Actes du congrès de l'Association des - Sciences Administratives du Canada, Montréal. 1993.
 - [10] WILS et al, « Qu'est ce que la mobilisation des employés ? » In Gestion, volume 23, n°2 p. 30-39. Première et deuxième partie. 1998.
 - [11] GURRERO et SIRE, La notion de mobilisation en GRH, Revue de gestion des ressources humaines, avril, mai, juin, pp 82-90, 2001.
 - [12] BOUSSAGUET S. et MORENO R. « Communication interne et mobilisation du personnel : ébauche d'une réflexion dans un contexte de reprise », 5ème colloque du CRIC. 2001.
 - [13] D. EL MAGUIRI, La mobilisation du personnel dans un contexte de conduite d'un changement par la qualité -Etude de cas d'entreprises marocaines- Thèse, Faculté de Droit-Marrakech, 2008.
 - [14] G. OUIMET, « Polymorphie de l'engagement organisationnel », Symposium N°7 au Congrès de l'AGRH-Lille, p 284 à 289.
 - [15] Annick COHEN, « Toute la fonction Ressources Humaines », Edition DUNOD, 2009.
- AHQ, Association des hôpitaux du Québec, Le projet de transformation et les ressources humaines » Collection Implantation des centres de santé et de services sociaux vol 2..2003
 - AHQ, Association des hôpitaux du Québec, Le projet de transformation et les ressources humaines » Collection Implantation des centres de santé et de services sociaux vol 2. , Avril, 2004.

- Browsers et al. "Management humain et contexte de changement. Pour une approche constructiviste, Bruxelles, De Boeck Université, 1997.
- BRILMAN J., Les meilleures pratiques de management », éd. D'organisation, 2003,
- BAREIL C, 2004. Gérer le volet humain du changement, Montréal. Les éditions Transcontinental, (Collection Entreprendre)
- Bernard Martory et Daniel Crozet, « GRH, Pilotage social et performance », Edition DUNOD, 2005.
- Cézard, M. Malan, A. Zouary, P. « Conflit et régulation sociale dans les établissements ». Travail et Emploi. 1996.
- CAPELLI. P, « Performance professionnelle et attitude positive », l'Art du Management - les Echos, Vendredi 14 et Samedi 15 Mars 1997.
- CANDEAU, « Audit social : méthodes et techniques pour un management efficace », Edition VUIBERT, 2002.
- CHAMINADE B, Identifier et fidéliser vos salariés de talent, AFNOR, 2003.
- CHAMINADE B, RH & compétences dans une démarche qualité, AFNOR, Février 2005).
- CHRAIBI H. La mobilisation des RH dans l'administration publique marocaine. Une approche systémique-Etude de cas de la Trésorerie Générale du Royaume. Thèse, Faculté de Droit-Marrakech 2005.
- Clot, Y, « Le travail à cœur » Paris, La découverte, 2010.
- DETRIE Ph, MESLIN-BROYEZ. C. Associer les salariés au projet de leur entreprise. Paris : Eyrolles, 1990.
- DUVAL Jacqueline & LALIBERTE Suzanne, « La mobilisation passe par l'implication active des employés dans les activités de l'organisation » (Rapport D'étape. 29 Septembre 1994. p : 4
- DERMOTT R.Mc, R.MIKULAK, M. BEAUREGARD- Développer l'initiative et la créativité du personnel : la dimension humaine de la qualité totale /. Ed Dunod, 1996.
- DE BOISLANDELLE Mahé, Gestion des RH dans les PME, Economica, 1998
- DURIEUX A, JOURDAIN S. L'entreprise barbare : Licenciements, intrigues, harcèlements. Éd Albin Michel, 1999.
- DETRIE Philippe, conduire une démarche qualité, éditions d'organisation, 2001.
- DESROCHERS Lyne (CRHA, Cognitia. Source : Effectif, volume 4, numéro 2, avril/mai 2001).
- Ginsbourger F. « Ce qui tue le travail » Michalon, 2010.
- HERMEL Philippe «Qualité et management stratégique du mythique au réel » Edition d'organisation 1989.
- HAMON M, Comment réussir les projets de changement, Nathan, Paris 1994.
- Hierlé J.P. « Relations sociales et culture d'entreprise. L'Harmattan, Paris 1995.
- Harvard Business Review «Le changement » Edition d'organisation 2000/2001.
- IGALENS J, La mobilisation des ressources humaines, personnel, n 378, pp.37-41.
- JUTRAS Lyne et VAILLANCOURT Lise - modèle de satisfaction. Pharmactuel Vol. 36 No 4 Août-septembre 2003 ;
- Jean BERNARD BRUNETEAUX, « Gestion des ressources humaines et communication », Edition C.L.E, 2008.
- Jean-Marc DEDAUCIN, Jacques IGALENS, « La communication interne », avec la collaboration de Stéphane WALLER. PARIS, Edition DUNOD, 2009.
- Joseph ADOYI AKOUN, « Gestion et administration des entreprises, Management et stratégies, concepts clés », Edition L'HARMATTAN, 2010.
- KOURILSKY-BELLIARD, Du désir au plaisir de changer, Inter-Editions, 1995.
- KERJEAN Alain- Les nouveaux comportements dans l'entreprise : oser secouer l'organigramme /. Ed d'organisation, 2000.
- LEVINSON H., Les motivations de l'homme au travail, éd d'Organisation, Paris 1974,
- LECOMTE Jean Brunet et FAUCONNIER Dominique- Oser la qualité en ressources humaines /. Ed d'organisation, 1997.
- MEUNIER Pierre-Marc & LAFLAMME Marcel. Dynamisme Humain, Dans l'excellence organisationnelle Approche systémique de la dimension humaine des organisations. Agence d'ARC Inc. (les éditions) 1987
- M. DETCHESSAHAR & Coll. "les déterminants organisationnels et managériaux de la santé au travail : l'enjeu de la parole sur le travail », étude SORG « santé, organisation et gestion des ressources humaines » pour (l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), 2006 – 2008). Université de Nantes, Septembre 2009.
- NOUIGA M. La conduite du changement par la qualité dans un contexte socioculturel. Essai de modélisation systémique et application à l'entreprise marocaine. Thèse de doctorat- ENSAM, PARIS 2003.
- Nicole d'Almeida et Thierry Ibaert, « Communication interne de l'entreprise », Edition DUNOD, collection Topos, 2010.
- POIGNANT Stephan "Les pratiques de Fidélisation en Entreprises" jeudi 6 novembre 2003. Solutions RH Interview RH Enquêtes RH Dossiers thématiques CV / JOB RH Agenda RH Actualités
- PERETTI J M, Ressources Humaines, Dunod, 2003.
- Patrice LAROCHE, « Gérer les relations avec les partenaires sociaux », Paris, Edition DUNOD, 2010.
- Pierre PASTOR et Richard BREARD, « Gestion des conflits, la communication à l'épreuve », France, Edition LIAISONS, 2011.

- Rai, G.C & Piyush R, "Attitudes of labourers towards management as affected by their age, sex and organization" Indian Journal of Behavior. 1993.
- ROUSSEAU A., WARNOTTE G. "La responsabilisation des cadres face à la qualité totale : un construit social ? Gérer et comprendre, Annales des mines, Décembre 1994.
- SELLES Monique, TESTA Jean-Pierre.- Animer, diriger une équipe / – Paris : ESF éditeur, 1999.
- Sardas, j. Dalmasso C. Gracias F. « Les déterminants socio-psychologiques de la santé au travail : Modèles d'analyse et action sur l'organisation » Revue Française de Gestion, 2011.
- THEVENET M, Le plaisir de travailler, éd d'organisation, Paris, éd d'organisation 2004.
- Valeyre A, Lorenz, « Conditions de travail et santé au travail des salariés de l'union européenne : des situations contrastées selon les formes d'organisation », doc de travail du centre d'étude de l'Emploi, n° 73, 2006.
- WILS TH, et LABELLE CH, "Faut-il se soucier de ses professionnels pour les mobiliser ? In Relations Industrielles / Industrial Relations, 2004, vol, 59, n°4.

Phytochemical Analysis and Antibacterial Activity of Essential Oil Of *Lavandula multifida* L.

Badia DOUHRI¹, Hikmat DOUHRI², Abdellah FARAH³, Mohamed IDAOMAR¹, Nadia SKALI SENHAJI¹, and Jamal ABRINI¹

¹Biology and health Laboratory, Team of biotechnology and applied Microbiology, Department of Biology,
Faculty of Science, Abdelmalek Essaadi University, BP 2121, Tetuan, Morocco

²Applied Physical Chemistry Laboratory, Team of materials and interfacial systems, Department of Chemistry,
Faculty of Science, Abdelmalek Essaadi University, BP 2121, Tetuan, Morocco

³National Institute of Medicinal and Aromatic Plants, University Sidi Mohamed Ben Abdellah,
BP 159, Taounate principale, 34 000, Morocco

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Essential oil from the aerial parts of *Lavandula multifida* L. (Lamiaceae), used in the Moroccan traditional medicine, was extracted by hydrodistillation and analyzed by gas chromatography (GC) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). 34 constituents, representing 95.25 % of the total oil were identified. The major components at the species level were Carvacrol (47.62%), β - bisabolene (9.01%), and Dodecyl Acrylate (8.37%), Linalol (7.42%), Menthone (4.98%), β - Caryophyllene (3.34%), β - Pinene (3.21%). Antibacterial activity of this oil was tested against human pathogenic bacteria: gram-negative and gram-positive bacteria by the agar diffusion method. The minimum inhibitory concentrations (MIC) of the oil were determined by the microdilution technique. The oil showed significant inhibitory activity against the bacteria, *S. Aureus* (14.330 ± 0.577 mm), *B. subtilis* (12.670 ± 0.577 mm), *P. mirabilis* (12 ± 1 mm), *P. vulgaris* (11.67 ± 0.577 mm), *L. innocua* (10.660 ± 0.577 mm), *L. monocytogenes* (8.667 ± 0.577 mm), *E. coli* CECT (9.667 ± 0.577 mm) and *E. coli* K12 (9.333 ± 0.577 mm). No inhibitory activity was observed against the bacterium *Ps. aeruginosa*.

KEYWORDS: *Lavandula multifida*, Lamiaceae, Hydrodistillation, GC/MS Analysis, Essential oil, Antibacterial activity.

1 INTRODUCTION

Many plants have been used for centuries as remedies for human diseases, because they contain natural bioactive components as therapeutic value. Various plant extracts and oils have been reported, in the literature, to have antioxidant or antimicrobial properties [1].

Lavandula (lavender, Lamiaceae) is a genus of 39 species, it's used in folk medicine for their analgesic, relaxing and sedative effects. And it's also used as stomachic agent [2-3-4], to treat depression and diabetes [5-6]. Several studies revealed that those plants are rich in wide variety of secondary metabolites that proves its antimicrobial properties [7] as monoterpenes, diterpenes [8], triterpenes [9], sesquiterpenes [10], coumarins [11] and phenolic compounds [12- 13- 14].

Lavandula multifida L. is a small perennial shrub native of the South-Western Europe, Mediterranean and North Africa from Morocco to Egypt [15]. Mature specimens have stiff, upright branches. Its evergreen leaves are ferny. The violet-blue flowers are borne in three-parted clusters held atop tall, fine stems that rise above the foliage.

However, a few studies were released to support these therapeutic properties; two documents on pharmacological investigation on *L. multifida* evaluated its hypoglycemic action [5], and its anti-inflammatory activity [16].

The aims of this study were to investigate the chemical composition of the Moroccan *Lavandula multifida* L. essential oil and its antibacterial effect.



Fig. 1. *Lavandula multifida* L.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 EXPERIMENTAL SITE AND PLANT MATERIAL

The aerial parts of *Lavandula multifida* used in this research were collected at the full flowering stage in January 2011 Northwest of Morocco from Nekkata region at an altitude up to 64 m (Tetuan, Morocco) and authenticated by Prof. Mohamed KADIRI (Laboratory of Algology and Mycology, Department of Biology, Faculty of Science, Abdelmalek Essaadi University, Tetuan, Morocco). Samples were further transported to the laboratory.

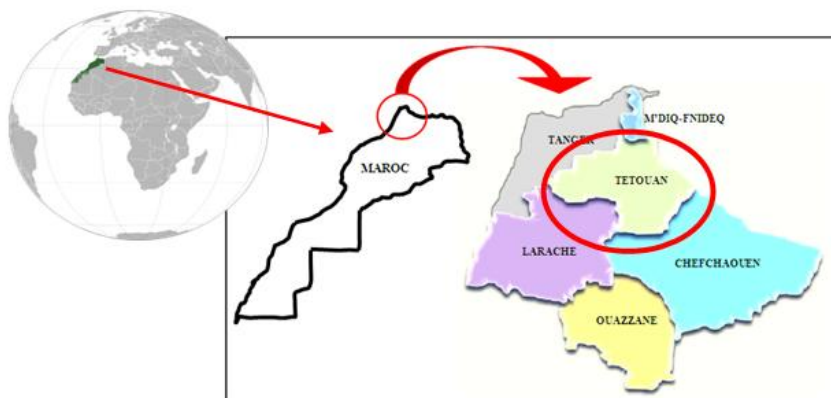


Fig. 2. Map showing the geographical location of Tetuan, Morocco

2.2 ESSENTIAL OIL EXTRACTION

Fresh mature flowers of *L. multifida* were collected from the study area. Essential oil extraction was obtained from 500 g Air-dried plant by hydro-distillation during 3 h using a Clevenger-type apparatus. The oil obtained was stored at 4°C until test and chemical analysis in appropriate dark flasks. The content of essential oil (g) was calculated just after the extraction experiment, it was expressed as mean value of triplicate extractions and used to calculate the essential oil yield which expressed in percentage relative to the mass of dry matter (g of oil for 100 g of dry plant matter).

$$\text{Yield (\%)} = (\text{weight of essential oil (g)} / 100 \text{ g dry plant}) \times 100$$

2.3 CHEMICAL ANALYSIS OF THE ESSENTIAL OIL

The essential oil was analyzed by gas chromatography (GC) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS).

2.3.1 GAS CHROMATOGRAPHY ANALYSIS (GC)

GC analyses were performed on a Hewlett-Packard (HP 6890) gas chromatograph (FID), equipped with a HP-5 capillary column (30 m x 0.25 mm x 0.25 µm). The temperature was programmed from 50°C after 5 min initial hold to 250°C at 4°C/min. Gas chromatography conditions were as follows: N₂ as carrier gas (1.8 ml/min); split mode was used (Flow: 72.1 ml/min, ratio: 1/50); temperature of injector and detector was 275°C. The machine was led by a computer system type "HP ChemStation", managing the functioning of the machine and allowing to follow the evolution of chromatographic analyses. Diluted samples (1/50 in hexane) of 1.2 µl were injected manually.

2.3.2 GAS CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY (GC-MS)

GC/MS analyses were performed on a Hewlett-Packard equipped with a HP-5MS (Crosslinked 5% PHME Siloxane) capillary column (30 m x 0.25 mm i.d, 0.25 µm film thickness) and coupled with a mass spectrometer (HP 5973). The temperature was programmed 50 to 250°C at 2°C/min. The carrier gas was He (1.5 ml/min) and used split mode (Flow: 112 ml/min, ratio: 1/74.7). The different compounds were confirmed by reference to their MS identities (Library of NIST98 Spectra). MS operating parameters were: ionization voltages 70eV, ion source temperature 230°C, scan mass range 35-450 amu.

2.4 PREPARATION OF MICROORGANISMS

In order to evaluate the antimicrobial activity of essential oil, 10 bacteria were used, a gram positive and gram negative. The bacterial organisms were standard isolates from ATCC: American Type Culture Collection, CECT: Spanish Type Culture Collection, DCM: the German Collection of Microorganisms, IH: Institute of Hygiene, Rabat, Morocco and MBLA: Laboratory of Food Microbiology, UCL, Belgium. Table 1 shows the bacterial strains used and their origins.

Table 1. List of bacteria used in the study

Bacteria	Origin	Type of organism
<i>Staphylococcus aureus</i>	MBLA	G-positive
<i>Staphylococcus aureus</i> 25923	ATCC	G-positive
<i>Bacillus subtilis</i> 6633	DCM	G-positive
<i>Listeria innucua</i> 4030	CECT	G-positive
<i>Listeria monocytogenes</i> 4032	CECT	G-positive
<i>Escherichia coli</i> 4076	CECT	G-negative
<i>Escherichia coli</i> K12	MBLA	G-negative
<i>Proteus vulgaris</i> 484	CECT	G-negative
<i>Proteus mirabilis</i>	IH	G-negative
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	IH	G-negative

The bacterial strains used in the present study are preserved in a mixture of glycerol and Brain Heart broth (BHI, Biokar Diagnostics, Beauvais, France). For conservation for short-term, strains are maintained on an inclined agar medium at 4 ° C. Before use, the bacteria were revived by two subcultures in an appropriate culture medium: Luria-Bertoni (LB) broth (Biokar Diagnostics, Beauvais, France) at 37 ° C for 18 to 24 hours. For the test, final inoculums concentrations of 10⁶ CFU/ml bacteria were used according to the National Committee for Clinical Laboratory Standards, USA (NCCLS 1999).

2.5 IN VITRO ANTIBACTERIAL ACTIVITY

2.5.1 INHIBITORY ZONE ASSAY

The antibacterial activity of the *L. multifida* L. was evaluated by agar-well diffusion method [17]. Fifteen milliliters of the Mueller-Hinton Agar (MHA Biokar Diagnostics, Beauvais, France) at 45 °C were poured into sterile Petri dishes. After solidification, sterile 8 mm diameter cylinders were deposited. The bacterial strains used in this work were prepared in Six ml of LB medium containing 0.8 % agar at a final concentration of 10^6 CFU/ml then was evenly spreaded onto the surface of the agar plates of MHA. After solidification, the wells were filled with 50 µl of pure essential oil. Plates were kept at 4 °C for 2h and then incubated at 37 °C for 24 h. Antibacterial activity was evaluated by measuring the diameter of circular inhibition zones around the well, in millimeters (including disc diameter of 8 mm). The absence of such a zone was interpreted as the absence of inhibitory activity. Tests were performed in triplicate.

2.5.2 DETERMINATION OF MINIMUM INHIBITORY CONCENTRATION (MIC) AND MINIMUM BACTERICIDAL CONCENTRATION (MBC)

Determination of minimal inhibitory concentration was evaluated only with bacteria that displayed inhibitory zones by a modified resazurin microtitre-plate (Costar; Corning Inc, Corning, NY, USA) assay as reported by Sarker et al [18] with a final volume in each microplate well of 100 µl. For susceptibility testing, 50 µl of LB broth supplemented with bacteriological agar (0.15% (w/v)) was distributed from the second (B) to the eighth (H) test wells.

The first well (line A) of the microplate were prepared by dispensing 100 µl of the essential oil and then 50 µl of serial two fold dilutions were pipette from the first (A) to the seventh well (G) of each microtitre line, ranging from 4 to 0.0625% (v/v). The eighth well (H) was considered as positive growth control because no essential oil was added, containing just LB agar (0.15% (w/v)). Then, 50 µl of a bacterial suspension were added to each well of a 96-well. MIC was defined as the lowest concentration that inhibited the visible bacterial growth. The experiments were repeated at least twice. The plates were incubated for 24 h at 37°C. After incubation time, 10 µl of 0.1% resazurin solution were added per well, coloring them blue as suggested by Mann and Markham [19]. Plates were incubated at 37°C for additional 2 h. then they were read for color change from blue to pink in live-bacterial strains containing wells. Oil that showed preliminary fast change of resazurin color on microtitre-plate assay, reveled that it does not have possessed antibacterial potential. So the bioactivity of the oil was screened by its inhibition of the dye reduction [20]. For determination of Minimum Bactericidal Concentration (MBC) both negative and positive controls were set at 37°C for 24 h and bacterial colony number was counted. The least concentration of essential oil at which no visible growth in sub-culture was obtained in PCA medium plates was considered as MBC. The determinations of MBC values were done in triplicate.

2.6 KINETICS OF BACTERIAL GROWTH

Inoculums were prepared by inoculating medium Tryptone Soy Broth (TSB, Biokar Diagnostics, Beauvais, France) with an overnight culture of *S. aureus* MBLA and *P. mirabilis* IH incubating for three hours. 1 ml of aliquot of inoculums was added to 9 ml of medium of TSB containing 0.15% of agar. The LMEO was added to each tube to achieve final concentrations of essential oil of 2 MIC, MIC, MIC/2 and MIC/4. The bacterial culture used without essential oil was considered as negative control. The tubes were incubated at 37° C in an incubator/shaker. The optical density at a wavelength of 660 nm was measured every hour during the period of growth in order to monitor the bacterial growth. Experiments were performed in triplicate.

3 RESULT

This study favors the report that the essential oils, with high monoterpenes hydrocarbons, are very active against bacteria [21].

3.1 CHEMICAL COMPOSITION

The yield of *Lavandula multifida* L. essential oil obtained by hydro-distillation of dry material was 0.097% (w/w). The composition of essential oil and its relative percentages are given in Table 2. Thirty four compounds, representing 95.25% of the essential oil were identified, Carvacrol (47.62%), β-bisabolene (9.01%), and Dodecyl Acrylate (8.37%), Linalol (7.42%) are as the major constituents and this oil contains the minor constituents like Menthone (4.98%), β- Caryophyllene (3.34%), β- Pinene (3.21%) and Terpinolene (2.41%).

Table 2. Chemical composition of *Lavandula multifida* L. essential oil (GC and GC-MS analysis)

KI	Compounds	%	Identification techniques
<u>Monoterpene hydrocarbons</u>			
931	α -Thujene	0.12	MS, KI
939	α -Pinene	1.21	MS, KI
943	Camphene	0.24	MS, KI
971	Sabinene	0.72	MS, KI
980	β - Pinene	3.21	MS, KI
986	β -Myrcene	0.32	MS, KI
1001	δ -2- Carene	0.04	MS, KI
1006	α -Phellandrene	0.09	MS, KI
1019	α -3-Carene	0.08	MS, KI
1023	p-Cymene	0.67	MS, KI
1031	Limonene	0.08	MS, KI
1032	β -Phellandrene	0.01	MS, KI
1042	(Z)- β -Ocimene	1.02	MS, KI
1050	(E)- β -Ocimene	0.87	MS, KI
1081	Terpinolene	2.41	MS, KI
<u>Oxygenated monoterpenes</u>			
978	3-Octanol	0.18	MS, KI
1033	1,8-Cineole	0.41	MS, KI
1098	Linalol	7.42	MS, KI
1102	α -Thujone	0.16	MS, KI
1116	Trans-Pinene hydrate	0.21	MS, KI
1143	Camphre	1.31	MS, KI
1154	Menthone	4.98	MS, KI
1193	α -Terpineol	0.02	MS, KI
1230	Piperitone oxide	0.03	MS, KI
1298	Carvacrol	47.62	MS, KI
1358	Eugenol	0.17	MS, KI
<u>Sesquiterpene hydrocarbons</u>			
1418	β - Caryophyllene	3.34	MS, KI
1460	Allo-aromadendrene	0.03	MS, KI
1509	β -Bisabolene	9.01	MS, KI
<u>Oxygenated sesquiterpenes</u>			
1556	Caryophyllene alcohol	0.41	MS, KI
1581	β - Caryophyllene oxide	0.07	MS, KI
1649	β -Eudesmol	0.35	MS, KI
1617	5-epi-7-epi- α -Eudesmol	0.07	MS, KI
1675	Dodecyl Acrylate	8.37	MS, KI
TOTAL		95,25	

KI: Identification based on Kovats indices

MS: identification based on comparison of mass spectrometry.

3.2 IN VITRO ANTIBACTERIAL ACTIVITY

The in vitro antibacterial activity of the *L. multifida* L. essential oil (LMEO) against the tested bacteria was qualitatively and quantitatively assessed by the presence or absence of inhibition zones. According to the results shown in Table 2, a significant inhibitory effect against bacteria was exhibited by the LMEO (*S. aureus* MBLA, *B. subtilis* DCM 6633, *L. innocua* CECT 4030, *P. mirabilis* CECT 484, *P. vulgaris* IH), with diameter of inhibition zones ranging from $10.660 \pm 0,577$ to $14.330 \pm 0,577$ mm. the largest inhibition zones were on *S. aureus* ATCC 25923, *S. aureus* MBLA, *B. subtilis* DCM 6633 and *P. mirabilis* CECT 484 with the diameter of $16.000 \pm 2,828$, $14.500 \pm 0,707$, $12.500 \pm 0,707$ and 12.500 ± 0.707 mm, respectively. We note

reduced zone sizes around *L. monocytogenes* CECT 4032, *E. coli* K₁₂ MBLA and *E. coli* CECT 4076 with $8.500 \pm 0,707$; $9.500 \pm 0,707$ and $9.500 \pm 0,707$ mm, respectively. On the other hand, this essential oil was found to be non effective against *Ps. aeruginosa* IH.

Table 3. Antibacterial activity of essential oil of *L. multifida* L. against the tested bacteria

Bacteria	Inhibition zone (mm)
Gram-positive	
<i>B. subtilis</i> DCM 6633	$12.500 \pm 0,707$
<i>S. Aureus</i> MBLA	$14.500 \pm 0,707$
<i>S. Aureus</i> ATCC 25923	$16.000 \pm 2,828$
<i>L. innocua</i> CECT 4030	$11.000 \pm 1,414$
<i>L. monocytogenes</i> CECT 4032	$8.500 \pm 0,707$
Gram-negative	
<i>E. coli</i> K ₁₂ MBLA	$9.500 \pm 0,707$
<i>E. coli</i> CECT 4076	$9.500 \pm 0,707$
<i>P. mirabilis</i> IH	$12.500 \pm 0,707$
<i>P. vulgaris</i> CECT 484	$11.500 \pm 0,707$
<i>Ps. aeruginosa</i> IH	0

Each value is expressed as means $\pm$ SD (n = 3).

Diameter of inhibition zone including well diameter of 8 mm (P< 0.0001)

3.3 MIC AND MBC

The MIC of the essential oil was determined at concentrations ranging from 2% to >4%. The *S. aureus* MBLA and *B. subtilis* DCM 6633 were more sensitive than other tested bacteria and had a MIC values between 1 and 2% (v/v) while MBC values were between 2 and >4% respectively. Although *L. innocua* CECT4030, *L. monocytogenes* CECT4032 and *E. coli* K₁₂ MBLA had a MIC= MBC >4% (v/v), those were the most resistant bacteria. All the results are given in Table 4.

Table 4. Antibacterial activity of essential oil of *L. multifida* L. in liquid medium: micro-dilution method

Bacteria	Strain	Essential oil (v/v)	
		MIC	MBC
<i>B. subtilis</i>	DCM 6633	2%	>4%
<i>S. Aureus</i>	MBLA	1%	2%
<i>S. Aureus</i>	ATCC 25923	1%	>4%
<i>L. innocua</i>	CECT 4030	>4%	>4%
<i>L. monocytogenes</i>	CECT 4032	>4%	>4%
<i>E. coli</i> K12	MBLA	>4%	>4%
<i>E. coli</i>	CECT 4076	4%	>4%
<i>P. mirabilis</i>	IH	4%	>4%
<i>P. vulgaris</i>	CECT 484	4%	>4%

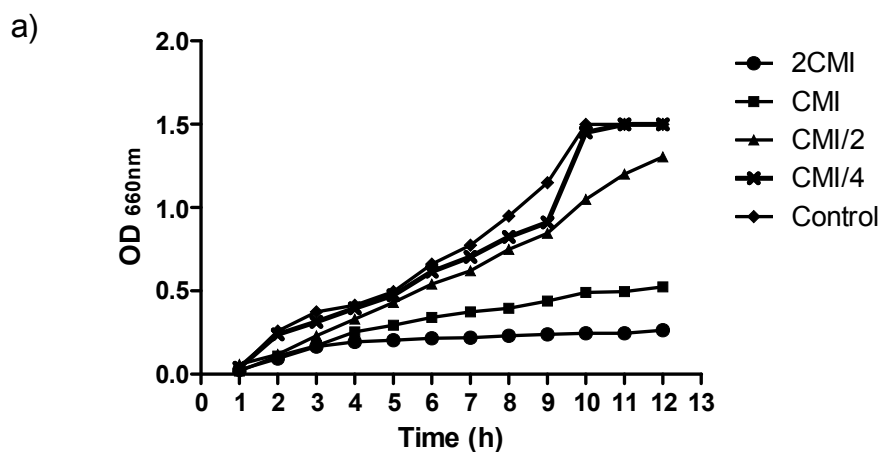
MIC : Minimum inhibitory concentrations.

MBC : Minimum bactericidal concentrations.

The essential oil of *L. multifida* L. was found to be equally effective against *E. coli* K12 MBLA, *E. coli* CECT 4076, *P. mirabilis* IH and *P. vulgaris* CECT 484 showed the MIC value was 4% (v/v) and MBC >4% (v/v).

3.4 KINETICS OF BACTERIAL GROWTH

This essential oil showed a weak antibacterial activity. This study was conducted to evaluate its effect on the kinetics of bacterial growth. Growth curves of bacteria in the presence of different concentrations of this oil are shown in fig 3



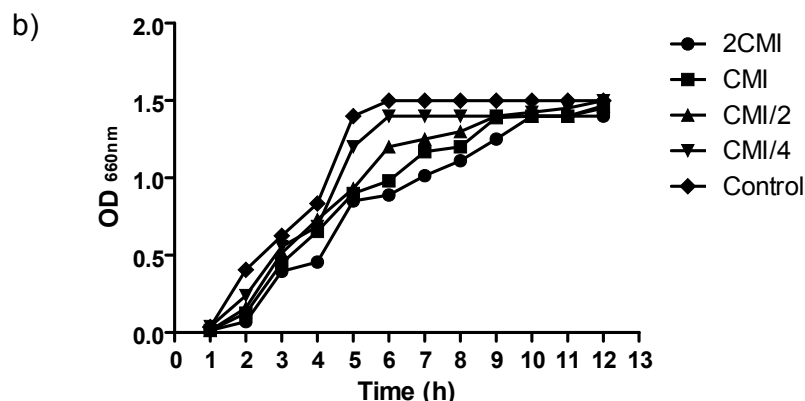


Fig 3: Kinetics of bacterial growth of *S. aureus* (a) and *P. mirabilis* (b) of different concentrations of essential oil of *Lavandula multifida* L. (●) 2 CMI, (■) CMI, (▲) CMI/2, (X) CMI/4, (♦) Control without EO. Experiments were performed in duplicate.

S. aureus MBLA the most sensitive of all the tested strains, there was a reduction of maximum growth rate and final optical density (OD) to concentrations of essential oil more or equal to MIC (1% (v/v)). This effect was even more evident as oil concentration increased (2 MIC = 2% (v/v)). Therefore the MIC found for this strain was confirmed. For concentrations lower than MIC (MIC/2 = 0.5%, MIC/4 = 0.25% (v/v)), the bacterial growth was not completely inhibited but the maximum growth rate and final OD was reduced remarkably. Nevertheless, for *P. mirabilis* IH the growth kinetic was not affected by the oil concentrations tested. Indeed, the MIC corresponding to this strain was 4% (v/v). For this bacterium, it was not able to test doses above 2 MIC because the absorption of oil interfered with the bacterial growth monitored by OD measurement.

4 DISCUSSION

To explore the biological activity of some medicinal plant, extraction of bioactive compounds had been used. Thus it also facilitates pharmacology studies leading to synthesis of a more effective drug with reduced toxicity [22]. Some traditional herbal remedies had an important role in the discovery of the physiological activities of many compounds such as those with anti-inflammatory effect or those effective against antibiotic-resistant strains of bacteria [23-24].

Phytochemical analysis of this oil isolate 15 monoterpene hydrocarbons (α -thujene, α -pinene, camphene, β -pinene, β -myrcene, α -phellandrene, β -phellandrene, limonene, terpinolene, ...), 11 oxygenated monoterpenes (1,8-cineole, carvacrol, linalol, 3-octanol, α -terpineol, menthone, ...), 3 sesquiterpene hydrocarbons (β -caryophyllene, allo-aromadendrene, β -bisabolene) and 5 oxygenated sesquiterpenes (Caryophyllene oxide, Caryophyllene alcohol, β -Eudesmol, 5-epi-7-epi- α -Eudesmol, Dodecyl acrylate). The strong antimicrobial activity of the EOLM against the tested bacteria could be attributed to the presence of high percentage of monoterpene hydrocarbons (11.09%), oxygenated monoterpene (62.51%), Sesquiterpene hydrocarbons (12.38%) and oxygenated sesquiterpenes (9.27%), as reported by Sivropoulou et al. [25] and Yangui et al. [26]. It was mentioned by Carson et al. [27] that α -terpineol and 1,8-cineole cause on *S. aureus* the leakage of absorbing material and make cells susceptible to sodium chloride. Also that 1,8-cineole, it was considered to have antimicrobial activity by permeabilization of bacterial membranes and facilitate the entry of others active components [27].

Indeed, carvacrol as a major component of LMEO was proved to induce membrane damage by dissipate the potassium gradient in *S. aureus* and *E. coli* [28] which cause ultrastructural alterations and the loss of cell viability [29], proposed other mechanism of action for carvacrol based on its diffusion back and forth through the bacterial membrane, while exchanging the acidic proton for another cation on the cytosolic side of the membrane and the opposite cation exchange at the exterior side [29]. So this mechanism could play a role in the antimicrobial action of carvacrol [30]. Furthermore, many minor constituents of the EO have a significant antibacterial activity as it was reported previously by Dorman and Deans [31]. Therefore, the diversity of major and minor constituents in the essential oil and its synergistic or antagonistic effects should be taken into account for their biological activity [32].

In our investigation, we found that the activity of the essential oil depends on the strain of tested bacteria. The Gram positive bacteria were more susceptible to the antimicrobial properties of essential oil than Gram negative ones. This difference observed could be attributed in part to the structure or composition of membrane. Gram-positive bacteria have a

thick layer of peptidoglycan closely attached to the cell membrane compared to the complex double membrane of Gram-negative, it have a thinner cell wall, including an outer membrane and a periplasmic space which contains enzymes that protect the bacteria; make it less susceptible to antibiotics [33]. In this way, many researchers reported the relationship between the essential oil's chemical composition and the antibacterial activity [32]. According to several authors, Gram-negative bacteria appear to be the least sensitive to the action of many others essential oils [7-35-36]. *Ps. aeruginosa* is known to possess high intrinsic resistance and an exceptional capacity to develop even more resistance to conventional antibiotics. This resistance appears to be related to the nature of its membrane which is composed of lipopolysaccharide that forms an effective barrier against hydrophobic compounds [37] those are confirmed by our results.

In general, it was explained in many studies that the antimicrobial activities is through C10 and C15 terpenes with aromatic rings and phenolic hydroxyl groups whom with active sites of the target enzymes, are capable to form hydrogen bonds [38]. Thus, enantiomers of α -pinene, β -pinene have a considerable antibacterial activity. It has been demonstrated that they are able to destroy cellular integrity, and by this way, inhibit ion transport processes and cell respiration [39-40]. Finely synergistic effects of the major and minor of essential oils constituents should be taken into consideration to explain their biological activity [41].

Our results clearly indicate that the susceptibility of essential oil to growth inhibition of the tested bacterial stain do not necessarily depend on the size of inhibition zones. The largest inhibition zone from Gram-positive bacteria was of *S. aureus* ATCC (16.000 $\pm$ 2.828 mm). For Gram-negative bacteria the largest one was *P. mirabilis* with 12.500 $\pm$ 0.707 mm, however their sensitivity to essential oil was different, proven by the curve kinetics of bacterial growth which join our explanation mentioned before about the difference between Gram-positive and Gram-negative bacteria stains.

5 CONCLUSION

The results of the present study indicate a considerable natural antibacterial property of the *Lavandula multifida* L. essential oil collected from the Northwest of Morocco against ten bacterial stains. In summary, this essential oil may be used for pharmaceutical and natural therapies.

ACKNOWLEDGEMENT

We wish to express our gratitude to Prof. Mohamed KADIRI, Laboratory of Algology and Mycology, Department of Biology, Faculty of Science, Abdelmalek Essaadi University, Tetuan, Morocco for further identification of plant. We thank all people having shared with us their knowledge, for their encouragement and support.

REFERENCES

- [1] B. Imelouane, H. Amhamdi, J.P. Wathelet, M. Ankit, K. Khedid and A. El Bachiri, "Chemical composition of the essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco", *International Journal of Agriculture and Biology*, vol. 11, no. 2, pp. 205–208, 2009.
- [2] G. Buchbauer, L. Jirovetz and W. Jager, "Aromatherapy: Evidence for sedative effects of the essential oil of lavender after inhalation", *Z. Naturforsch*, vol. 11, no. 46, pp. 1067-1072, 1991.
- [3] J. Bellakhdar, M. Berrada, C. Denier, M. Holman, and A. Il Idrissi : *Etude comparative de 10 populations de Lavandula stoechas L. Du Maroc. Proceedings du Congrès International "Plantes aromatiques et médicinales et leurs huiles essentielles"*, Actes Editions de l'IAV, Rabat, 1997.
- [4] IUCN, A guide to medicinal plants in North Africa: *IUCN Centre for Mediterranean Cooperation International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*, Malaga (ESP), 2005.
- [5] M.J. Gamez, J. Jimenez, S. Risco, A. Zarzuelo, "Hypoglycemic activity in various species of the genus *Lavandula*", *Pharmazie*, vol. 10, no. 42, pp. 706-707, 1987.
- [6] A.H. Gilani, N. Aziz, M.A. Khan, F. Shaheen, Q. Jabeen, B.S. Siddiqui, J.W. Herzig, "Ethnopharmacological evaluation of the anticonvulsant, sedative and antispasmodic activities of *Lavandula stoechas* L.", *Journal Ethnopharmacology*, vol. 71, no. 1, pp. 161-167, 2000.
- [7] J.M. Wilkinson, M. Hipwell, T. Ryan, H.M.A. Cavanagh, "Bioactivity of *Backhousia citriodora*: antibacterial and antifungal activity", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, no. 5, pp 76–81, 2003.
- [8] M. Politi, N. De Tommasi, G. Pescitelli, L. Di Bari, I. Morelli, A. Braca, "Structure and absolute configuration of new diterpenes from *Lavandula multifida*", *Journal of Natural Products*, vol. 65, no. 11, pp 1742-1745, 2002.

- [9] G. Topcu, M.N. Ayral, A. Aydin, A.C. Goren, H.B. Chai, J.M. Pezzuto, "Triterpenoids of the roots of *Lavandula stoechas* ssp. *Stoechas*", *Pharmazie*, vol. 56, no. 11, pp 892-895, 2001.
- [10] A. Ulubelen, N. Goren, Y. Olcay, "Longipinene derivatives from *Lavandula stoechas* subsp. *Stoechas*", *Phytochemistry*, vol. 27, no. 12, pp. 3966-3967, 1988.
- [11] M. Shimizu, H. Shogawa, T. Matsuzawa, S. Yonezawa, T. Hayashi, M. Arisawa, S. Suzuki, M. Yoshizaki, N. Morita, E. Ferro, I. Basualdo, L.H. Berzanga, "Anti-inflammatory constituents of topically applied crude drugs. IV. (1) Constituents and anti-inflammatory effect of Paraguayan crude drug "Alhucema" (*Lavandula latifolia* Vill.) (2)", *Chemical and pharmaceutical bulletin*, vol 38, no. 8, pp. 2283-2284, 1990.
- [12] F.M. Areias, P. Valentao, P.B. Andrade, M.M. Moreira, J. Amaral, R.M. Seabra, "HPLC/DAD analysis of phenolic compounds from lavender and its application to quality control", *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, vol. 23, no. 16, pp. 2563-2572, 2000.
- [13] T.M. Upson, R.J. Grayer, J.R. Greenham, C.A. Williams, F. Al-Ghamdi, F.H. Chen, "Leaf flavonoids as systematic characters in the genera *Lavandula* and *Sabaudia*", *Biochemical Systematics and Ecology*, vol. 28, no. 10, pp 991-1007, 2000.
- [14] C. Gabrieli and E. Kokkalou, "A new acetylated glucoside of lueolin and two flavone glucosides from *Lavandula stoechas* ssp. *Stoechas*, *Pharmazie*, vol. 58, no. 6, pp. 426-427, 2003.
- [15] S. Pignatti, *Flora d'Italia*, Bologna, Edagricole, 1982.
- [16] S. Sosa, A. Braca, G. Altinier, R. Della Loggia, I. Morelli and A. Tubaro, "Topical anti-inflammatory activity of *Bauhinia tarapotensis* leaves", *Phytomedicine*, vol. 9, no. 7, pp 646-653, 2002.
- [17] D. Kalembe and A.Kunicka, "Antibacterial and antifungal properties of essential oils", *Current Medicinal Chemistry*, vol. 10, no. 10, pp. 813-829, 2003.
- [18] S.D. Sarker, L. Nahar and Y. Kumarasamy, "Microtitre plate-based antibacterial assay incorporating resazurin as an indicator of cell growth, and its application in the in vitro antibacterial screening of phytochemicals", *Methods*, vol. 42, no. 4, 321-324, 2007.
- [19] C.M. Mann and J.L. Markham, "A new method for determining the minimum inhibitory concentration of essential oils", *Journal of Applied Microbiology*, vol. 84, 538-544, 1998.
- [20] S. Karuppusamy and K.M. Rajasekaran, "High Throughput Antibacterial Screening of Plant Extracts by Resazurin Redox with Special Reference to Medicinal Plants of Western Ghats", *Global Journal of Pharmacology*, vol. 3, no. 2, pp. 63-68, 2009.
- [21] M.L. Balchin, S.G. Deans and E. Eaglesham, "Relationship between Bioactivity and Chemical Composition of Commercial Essential Oils", *Global Journal of Pharmacology*, vol. 13, pp 98-104, 1998.
- [22] T. Okpekon, S. Yolou, C. Gleye, F. Roblot, P. Loiseau, C. Bories, F. Grellier, F. Frappier, A. Laurens, R. Hocquemiller, "Antiparasitic activities of medicinal plants used in Ivory Coast", *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 90, no. 1, 91-97, 2004.
- [23] H. Westh, C.S. Zinn, V.T. Rosdahl, Sarisa Study Group, "An international multicenter study of antimicrobial consumption and resistance in *Staphylococcus aureus* isolates from 15 hospitals in 14 countries". *Microbial Drug Resistance*, vol. 10, no. 2, 169-176, 2004.
- [24] L.D. Kapoor: *Ayurvedic Medicinal Plants*, Edn 1, CRC Press, Mumbai, pp. 2-4, 2005.
- [25] A. Sivropoulou, C. Nikolaou, E. Papanikolaou, S. Kokkini, T. Lanaras and M. Arsenakis, "Antimicrobial, cytotoxic and antiviral activities of *Salvia fruticosa* essential oil" *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 45, no, 8, pp 3197-3201, 1997.
- [26] M. Sokovic, P.D. Marin, D. Brkic, Griensven, L.J.L.D. van, Chemical composition and antibacterial activity of essential oils against human pathogenic bacteria. *Food Melaleuca alternifolia*, vol. 1, no. 2, pp. 220-226, 2008.
- [27] C.F. Carson, B.J. Mee, and T.V. Riley, "Mechanism of action of (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage, and salt tolerance assays and electron microscopy", *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, vol. 46, pp. 1914-1920, 2002.
- [28] S.E. Walsh, J.Y. Maillard, A.D. Russell, C.E. Catrenich, D.L. Charbonneau and R.G. Bartolo, "Activity and mechanisms of action of selected biocidal agents on Grampositive and negative bacteria", *Journal of Applied Microbiology*, vol. 94, no. 2, pp. 240-247, 2003.
- [29] A. Ultee, M. H. Bennik, R. Moezelaar, "The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*", *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 68, no. 4, pp. 1561-1568, 2002.
- [30] R.J.W. Lambert, P.N. Skandamis, P.J. Coote, G.J.E. Nychas, "A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol, *Journal of Applied Microbiology*, vol. 9, no. 3, pp. 453-462, 2001.
- [31] H.J.D. Dorman and S.G. Deans, "Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils", *Journal of Applied Microbiology*, vol. 88, no. 2, 308-316, 2000.

- [32] A.P.L. Delamare, et al., "Antibacterial activity of essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. cultivated in South Brazil", *Food Chemistry*, vol. 100, no. 2, pp. 603-608, 2007.
- [33] C.F. Bagamboula, M. Uyttendaele, J. Debevere, "Inhibitory effects of thyme and basil essential oils, carvacrol, thyme, estragol, linalool and *p*-cymene towards *Shigella zonae* and *S. flexneri*", *Food Microbiology*, Vol. 21, pp. 33-42, 2004.
- [34] S.G. Deans, K.P. Sbdova, The antimicrobial properties of marjoram (*Origanum majorana* L.) volatile oil. *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 5, pp. 187-190, 1990.
- [35] S. Bouhdid, J. Abrini, A. Zhiri, M.J. Espuny and A. Manresa, "Investigation of functional and morphological changes in *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* cells induced by *Origanum compactum* essential oil" The Society for Applied Microbiology, *Journal of Applied Microbiology*, vol. 106, pp. 1558–1568, 2009.
- [36] G. Pintore, M. Usai, P. Bradesi, C. Juliano, G. Boatto, F. Tomi, M. Chessa, R. Cerri, J. Casanova, "Chemical composition and antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis* L. oils from Sardinia and Corsica", *Flavour and Fragrance Journal*, vol. 1, pp. 15-19, 2002.
- [37] C.M. Mann, S.D. Cox and J.L. Markham, "The outer membrane of *Pseudomonas aeruginosa* NCTC 6749 contributes to its tolerance to the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil)", *Letters in Applied Microbiology*, vol. 30, no. 4, pp. 294–297, 2000.
- [38] N. Belletti, M. Ndagihimana, C. Sisto, M.E. Guerzoni, R. Lanciotti, F. Gardini, "Evaluation of the antimicrobial activity of citrus essences on *Saccharomyces cerevisiae*", *Agricultural and Food Chemistry*, vol. 52, pp. 6932-6938, 2004.
- [39] P.J. Delaquis, K. Stanich, B. Girard and G. Mazza, "Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils" *International Journal of Food Microbiology*, vol. 74, no. 1-2, pp. 101-109, 2002.
- [40] K.J. Kim, H.Y. Kim, H.H. Yu, S.I. Jeong, J.D. Cha, B.S. Kil and Y.O. You, "Antibacterial activity and chemical composition of essential oil of *Chrysanthemum boreal*", *Planta Medica*, vol. 69, no. 3, pp. 274-277, 2003.
- [41] E. Derwich, Z. Benziane and A. Boukir, "Chemical composition and *In vitro* antibacterial activity of the essential oil of *Cedrus atlantica*", *International Journal of Agriculture and Biology*, vol. 12, no. 3, 381–385, 2010.

The Design of Medical Devices

Mark Tamsin and Christian Bach

Department of Biomedical Engineering,
University of Bridgeport,
Bridgeport, CT 06604, USA

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper aims to review the design of medical devices and investigate its relationship among different factors that must be taken into consideration throughout the process. The theoretical foundation of this paper was formed by conducting a comprehensive literature review on medical device design. A new model is presented to illustrate the relationship between medical device design and four specific success factors. The model shows that product development, tissue modeling, training, and FDA regulations are the four primary success factors that are essential to medical device design. The proposed model clearly shows how device manufacturers must take into consideration many factors during the design process in order to have commercial success with their equipment. This paper demonstrates that medical device design is a unique and complicated process, which requires the utilization of a specialized cross-functional team to overcome the various obstacles along the way.

KEYWORDS: Medical Device Design, Product Development, Tissue Modeling, Training, FDA Regulations.

1 INTRODUCTION

There is growing literature on medical device design [1], [2], [3], [4], [5], [6]. The medical device industry is driven by the overall proficiency of the manufacturers with the design process and its various requirements. The design process incorporates the inherent connection of both science and design [1]. This process can be seen as a combination of methods from engineering disciplines, government regulatory agencies, and independent certification and compliance companies [2]. The clinical success of a design depends not only on its functionality but also its technical efficacy and reliability as well [1]. The daily tasks and workflow of healthcare practitioners are greatly influenced by the medical device design process [4]. This process can be detailed and structured in larger organizations or informal and facilitated in smaller companies [2].

Device efficacy primarily has been the most important element of medical device design, but now there is an increased understanding of human factors in designing and developing medical devices [6]. Human factors engineering (HFE)-based design provides optimum results such as increased safety, reduced errors, decreased training time, and improved task performance [3]. User centered design is more common during the product development phase of the medical device design process [6]. The feedback of the end user combined with intuitive design capabilities ensure the quality of the device, and it appears that this approach is really making an impact across the industry [4]. Also, another important element to this type of approach is the concept of applied ergonomics during the design process. Applied ergonomics allow designers and engineers to develop information about the wants and needs of the users instead of providing solutions to the wrong problems [6]. This can lead to faster time to market, simpler user manuals and learning tools, improved marketing, increased sales, reduced customer training, extended market life, clearer compliance with regulatory requirements, reduced exposure to liability claims, and increased user satisfaction [3].

The development of complex medical devices is more difficult because of the requirements from the regulatory environment it has to work in that need specific processes and testing to illustrate both the safety and efficacy of the device [7]. New product development can be improved by improving cross functional team communication, the use of quality

metrics for product definition, and performance assessments during development [7]. The ultimate benchmark for new product development and innovation is the actual commercial success of the products [8]. The key to sustained product development success is innovation, integration, and the use of financial metrics [8].

There is a lack of research pertaining to the various factors that influence the medical device design process. This paper analyzes these important factors and how they affect the progression of the design process. The four main factors that are examined in this paper are product development, tissue modeling, training, and FDA regulations. These factors play integral roles in medical device design and must be taken into consideration throughout the duration of the process. Medical devices are important parts of improving patient outcomes and overall safety, so it is necessary to become familiar with how they are designed and developed.

2 RESEARCH METHOD

The research presented in this paper is focused on medical device design and four important factors that have effects on the process. These four factors and their relation to medical device design that were examined are product development, tissue modeling, training, and FDA regulations. The theoretical foundation of this paper was formed by reviewing prevalent literature presented at popular medical device industry conferences and publications. This review-centric research approach assisted in building a solid knowledge base from which it was possible to become familiar with this particular field of study. It is important to be aware of the work and opinions of other experts in a subject area in order to form a baseline for your own opinion. We must become familiar with the most current work that has been done in a field so that we know exactly what is considered the state of the art. It is from this type of approach that we are not only able to provide new insight into the field of study under investigation but also make a more significant contribution to it as well.

3 MEDICAL DEVICE DESIGN PROCESS

MEDICAL DEVICE DESIGN SUCCESS FACTORS

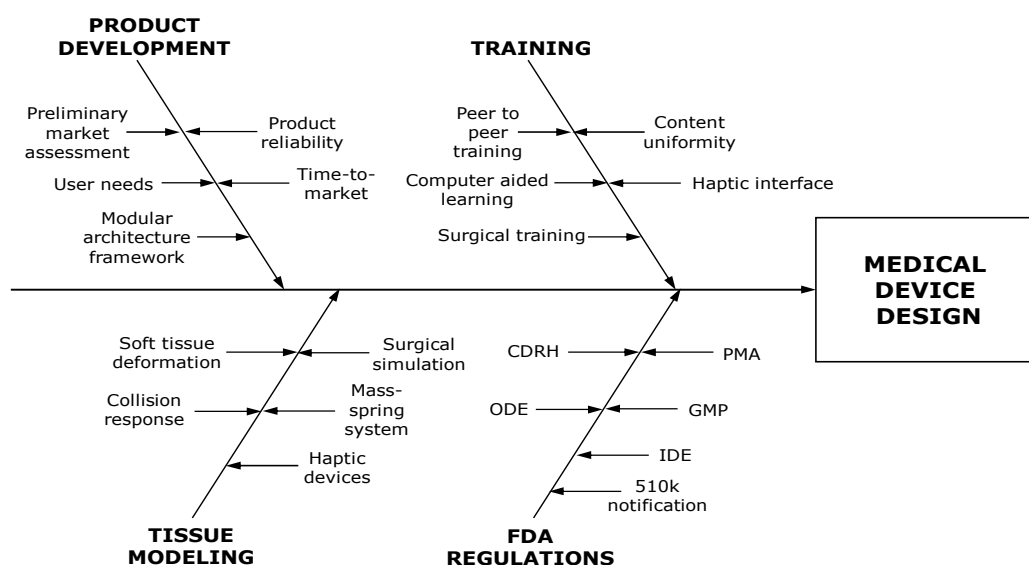


Figure 1. *The Medical Device Design Process success factors.*

3.1 ADDITIONAL FACTORS

In reviewing the literature, there were additional factors that were discussed along with the four primary success factors shown in Figure 1. These additional factors were divided into corresponding subfactors for each of the primary factors as illustrated in Table 1. Each of these additional factors is also presented in Figure 1 to show its role in the design process.

Table 1. Additional Factors

Product Development	Reference
Time-to-market	[9]
Preliminary market assessment	[8]
Modular architecture framework	[10]
User needs	[8]
Product reliability	[10]
Tissue Modeling	Reference
Soft tissue deformation	[11]
Surgical simulation	[12]
Mass-spring system	[13]
Collision response	[12]
Haptic devices	[14]
Training	Reference
Peer to peer training	[15]
Computer aided learning	[15]
Content uniformity	[16]
Surgical training	[17]
Haptic interface	[18]
FDA Regulations	Reference
Center for Devices and Radiological Health (CDRH)	[19]
Office of Device Evaluation (ODE)	[19], [20]
Premarket approval (PMA)	[20]
510k notification	[20]
Good Manufacturing Practice (GMP)	[21]
Investigational Device Exemption (IDE)	[22]

4 DISCUSSION

4.1 MEDICAL DEVICE DESIGN

There is much to discuss as far as the roles that these four specific factors play in regards to the medical device design process. The interdependence of device design as a whole makes it an extremely unique operation with several variables along the way. The definition of the word design is complex in nature and can be interpreted in various ways depending on how it is viewed. An engineer may view the definition of design as it relates to medical devices as the functionality components of the equipment. The research shows that medical device design requires the use of cross functional design teams to balance fundamental disciplinary tenets of function, appearance, and value [1], [2]. There has been research conducted comparing the medical device design process to the traditional scientific method. It is important to have a balance of both approaches because the scientific method accounts for quantitative and qualitative data analysis that is translated into actionable requirements for design [1], [2]. We must be able to trace all design decisions to a device requirement that is justifiable via scientific experimental exploration or explicit/implicit user communication, which may lead to pitfalls during regulatory review if this step is avoided [1], [2].

The user centered design (UCD) approach is one of the most prevalent in the medical device industry, and there has been plenty of research done supporting it as well. The research shows that this type of approach focuses on end user feedback mechanisms deployed in pre-market and post-market phases of the device lifecycle [3], [4], [6]. We know that medical device manufacturers can utilize these feedback mechanisms and apply a set of device-specific analysis algorithms to effectively flag design flaws and inform future design [3], [4], [6]. UCD techniques help to optimize design around the needs, wants, and limitations of device users, which allows developers to foresee how users are likely to operate the device and avoid assumptions that may not reflect the context of use [3], [4], [6]. The feedback from end users is one of the most important

components of medical device design efforts. Some effective methods for gathering this feedback include prototyping, cognitive walkthrough, interviews, and usability testing [3], [4], [6].

A similar design approach to UCD involves the integration of applied ergonomics in order to better understand the needs of the users. This type of approach allows us to identify problems that may not yet be known or named by patients, physicians, or other stakeholders because many important user issues are not part of conscious awareness [3], [4], [6]. It has been proven that we can produce results that decrease operational time, minimize unintended device effects, and make it easier for the healthcare practitioner to do the “right thing” and harder to do the “wrong thing” [3], [6]. One of the most effective ways to acquire user feedback is to conduct interviews with them in order to identify necessary design requirements. The experience that the user has with a device can determine the adoption of a device oriented clinical practice as a standard of care as well as customer/brand loyalty [3], [6]. These interviews will capture the environment of use, cultural background, education, training, and personal bias of the user experience that typically cannot be addressed by product design [3], [6]. The product design team can then recognize behaviors, opinions, and fundamental tenets to determine the priorities as determined by the users [3], [6]. The goal of this process is to inform the team of critical issues, align them with regard to the prioritization of device features and attributes from the viewpoint of the user, and inspire creative thoughtful solutions, with positive impact on the design of the device [3], [6].

Usability testing is a technique that is frequently used for design validation and also is a cornerstone of best practices for the design of medical devices [3], [6]. It involves the systematic approach of observing and recording users performing actual tasks with real products. The usability target values should be established with input from users through market research techniques such as surveys, interviews, and focus groups [3], [6]. The primary goal behind usability testing is to validate that product usability meets usability objectives, and alone it is definitely not enough for the overall product validation without other extensive laboratory and clinical testing [3], [6]. Also, it is important to perform an analysis of user needs up front in order to acquire a better understanding of the users, their tasks and goals, and the use environment. The research shows that the validity of the usability objectives is dependent upon this up front analysis [3], [6]. It has been proven that usability testing plans must be developed in collaboration with professionals with human factors expertise, and they are also needed in the interpretation and analysis of the results in order to produce reliable data [3], [6].

4.2 PRODUCT DEVELOPMENT

Product development is an important factor that has a significant influence on medical device design. The development of new products is an intricate process that requires both experience and versatility by the device manufacturers. The management of innovation and the related processes of new product development (NPD) will play a key role in the future success of the medical device industry [7], [8], [23]. The research shows that product success is related to understanding user needs, attention to marketing, efficiency in development, effective use of outside technology and management seniority and authority [7], [8], [23]. It also has been proven that product success was particularly influenced by the predevelopment activities including preliminary market assessment and technical analysis along with proficient NPD where customer integration was implemented during the early stages of development [7], [8], [23]. The research conveys that experience has a profound effect on the development process, and an experienced development team that is well versed in the design and manufacturing of medical devices can greatly enhance the success of a commercialization program by reducing development times [7], [8], [23].

The amount of time required for product development is definitely an important element to device manufacturers. This is where the concept of time-to-market becomes essential because it is the ultimate gauge for the commercial success of a new product. The research shows that it is highly desirable to reduce time-to-market as much as possible without incurring significant additional development costs, but this is not an easily attainable goal for all device manufacturers [8], [9], [23]. It has been proven that product introduction delays reduce profits by delaying revenue and reducing peak sales, which punishes companies with the late products because of the short amount of time it takes for high-technology products to become obsolete [8], [9], [23]. Some device manufacturers are able to reduce time-to-market as well as product development costs as a result of large payoffs in revenue from device commercial success [8], [9], [23]. However, rapid product development is not necessarily appropriate for all device manufacturers because of the trade-offs that may accompany it. Some of these trade-offs include a messy development process, more management attention required, the need for higher-caliber staff, higher organizational stress, and increased development costs [8], [9], [23]. There are a number of ways to control development speed such as defining the right product, assembling the right team, getting close to the customer, designing product architecture for speed, and managing market, technical, and regulatory approval risk [8], [9], [23].

Some device manufacturers utilize a modular architecture framework during product development to facilitate the process. The research conveys that this modular framework aims to incorporate design variables and criteria that are unique to the medical domain to facilitate reliable operation, easier maintenance, and faster product development time [10], [23]. This can be achieved by collaborating with users and manufacturers of medical equipment and literature search; to translate user inputs to specific design targets; to develop a preliminary modular design framework using multi criteria optimization methods; to test preliminary modular architecture using a simple medical device [10], [23]. It has been proven that poor architecture increases costs by forcing companies to pay for launch difficulties, late engineering modifications, difficult part fabrication, inefficient assembly, and excessive part proliferation [10], [23]. The research shows that modular design strategy allows us to efficiently manage and develop complex products and systems by decomposing them into simpler subsystems without compromising the system's integrity [10], [23]. This type of approach helps to improve the reliability and maintainability of the product due to standardized modules and the simple product architecture [10], [23].

4.3 TISSUE MODELING

Tissue modeling is another important factor that has a significant influence on medical device design. The modeling of soft tissue in regards to medical device design typically refers to soft tissue deformation. It is important to know how a device will interact with human tissue during the design process in order to maintain the safety of the patient. One of the most prevalent models used for human soft tissue is the mass-spring system (MSS). The main idea of MSS is to discretize the simulated object with masses between which composite linear elastic spring model is also adopted [13], [14]. The particle is constraint to both the elasticity from the spring and the damping force which is proportional with velocity [13], [14]. The research shows that MSS has the advantages of fast computing, simple implementation, low computational complexity, and better ability to adapt the changes of soft tissue topology when compared with the Finite Element Method (FEM) [13], [14]. Also, it has been proven that soft tissue is continuous, incompressible, homogeneous and isotropic solid and a nonlinear constitutive model based on the observation of its force-displacement behavior [11]. There has been research done using the quasi-linear viscoelasticity (QLV) model proposed by Fung in which the tissue behavior can be decoupled into both a linear viscoelastic stress-relaxation response and a time-independent elastic response [11]. There also has been research conducted to understand the localized soft-tissue deformation phase immediately preceding crack growth as observed during the cutting of soft tissue [24]. The observed behavior exhibited a characteristic pattern: repeating units formed by a segment of linear loading or deformation followed by a segment of sudden unloading or localized crack extension in the tissue [24]. It has been proven that during the deformation phase immediately preceding crack extension in the tissue, the deformation resistance of the soft tissue was characterized with the local effective modulus (LEM) [13], [14], [24].

The modeling of soft tissue is especially valuable for surgical simulation, which is another approach for medical device design. The types of devices that are used during surgical procedures must be put through some type of surgical simulation in order to ensure patient safety is maintained. There has been research conducted describing this simulation as two processes in which the first one is the collision detection part that detects occurrence of contacts between the virtual tools and the virtual organs, and the second one is the collision response that computes proper response of organs such as deformation fields and interaction forces [12], [13]. When any tool-tissue collisions occur, the tissue model computes the response of the tissues in terms of the deformation fields as well as the interaction forces [12], [13]. The research shows that the objective of collision detection in virtual environments can be summarized as finding the occurrence and location of collision points between the virtual organs and the tools [12], [13]. It has been proven surgical simulation requires soft tissues to react to the applied forces in a realistic fashion and in real time [14]. There has been research done where the modeling approach has been integrated into a virtual palpating surgery training system and the users could control the virtual tools and manipulate the virtual organs with haptic devices [14]. Surgical simulation is not an easy process to model, but it definitely is required when attempting to design safe medical devices used during surgery.

4.4 TRAINING

Training of the healthcare practitioners is another factor that must be taken into consideration during medical device design. These people will be the ones that use the devices most frequently, so they must be able to operate them fairly easily to provide effective patient care. It has been proven that peer to peer training has been found to be the most popular method of learning how to use medical equipment [15]. There has been research conducted that proposed computer aided learning is a viable solution, which can provide significantly superior facilities, both in presenting information, and also assessing and recording the performance of trainees [15]. Some factors that must be considered for training programs include accuracy and relevance of information, quality of presentation, ease of comprehension for the student, and accessibility and adaptability of material to a variety of skill levels [15]. There has also been research done on systematic

training that can minimize legal and medical risk in medical device operation through four requirements, which are reliability, accessibility, content uniformity, and standards uniformity [16].

Surgical training is essential for healthcare practitioners to be prepared for the challenges associated with actual surgical procedures. It is vital that they are comfortable and familiar with the devices and equipment used in these settings in order to have successful patient outcomes. The research shows that the integration of haptic interfaces into surgical training programs has become more prevalent because of the psychomotor experience of touch it provides [17], [18], [25], [26]. It has been proven that haptic feedback is an effective method in teaching the necessary motor skills required during surgical procedures [17], [18], [26]. There has been research conducted on suture training systems that can evaluate the performance of the trainees by analyzing three parameters, which are task efficiency, task safety, and task quality [17]. The research shows that a haptic interface is highly desired for medical training on needle insertion and tissue cutting in order to train the medical personnel in a virtual environment rather than on a real patient with more practice and less risks [18]. It has been proven that not only is a realistic visual representation of human anatomy and tissue deformation very important, but also the ability to command the graphic environment and interact with it through the feel of the forces and torques is also of paramount importance [26].

4.5 FDA REGULATIONS

The FDA regulations imposed on device manufacturers is another factor that must be considered in medical device design. The manufacturers must adhere to all of these regulations throughout the design process in order for the devices to be released on the market. The Center for Devices and Radiological Health (CDRH) is the organization of the FDA that is responsible for regulating medical devices. The Office of Device Evaluation (ODE) is part of the CDRH and has been placing increased emphasis on expediting its review of marketing applications, which has resulted from the increasing number of new technologies that have important public health benefits as well as lead to overall cost savings in the provision of health care [19], [20], [27]. Premarket approval (PMA) is one of the procedures to obtain marketing clearance, which is required for new technologies that are life-supporting, life-sustaining, or implanted in the body [19], [20], [27]. Also, the PMA must contain very detailed test data, usually including clinical data from studies in humans, demonstrating the product's safety and effectiveness [19], [20], [27]. A less complex marketing clearance procedure that is utilized is the 510(k) notification in which the device manufacturer provides information outlining the basic operating principles of the device, proposed labeling, and an explanation of how the device is equivalent to particular devices already being marketed [19], [20], [27]. There has been research conducted regarding the FDA regulations of medical device software, which falls under the Good Manufacturing Practice (GMP) requirements for medical devices [21]. There also has been research done on the FDA regulations of deep brain stimulation devices in which they are considered to be significant risk devices because of their intention as an implant that presents a potential for serious risk to the health, safety, or welfare of a subject [22]. As a result of this, it is required to receive approval of an Investigational Device Exemption (IDE) application with the FDA prior to beginning the investigation as well as complying with regulations involving institutional review boards (IRBs) and informed consent [19], [22].

5 CONTRIBUTION AND NEW INSIGHT

There has been a significant amount of literature detailing various aspects of the medical device design process. However, there is a lack of research in regards to the many factors that must be taken into consideration during this process. The objective of this paper is to provide new insight into the design process by analyzing the effects that these factors have on it. By reviewing some of the literature available on the field, it was clearly evident that this process is both interdependent and complex as a result of these factors [9]. The objective behind the proposed models in this paper is to illustrate this concept of interdependence and how we must be aware of all the elements that have an influence on the phases of the design process.

The research conveys that device efficacy definitely plays an important role in determining the outcome of the design process with the manufacturers [6]. Also, the proposed models show how both product reliability and user needs have direct impacts on the product development phase of this process [8], [10]. Similarly, this has an influence on the time-to-market of the device by affecting the speed of the development process [9]. The development speed can be facilitated by completing a thorough preliminary market assessment in order to ensure the best opportunity for commercial success [8]. Another way to expedite development speed is to implement a modular architecture framework, which makes the process as efficient as possible [10].

One of best ways to simulate or test medical device efficacy is through the utilization of tissue modeling. This will ultimately ensure patient safety by simulating soft tissue deformation response that accompanies the device interaction with the body [11]. The design process is not complete without ultimately knowing how the body will respond to being exposed to

the equipment. The mass-spring system is an extremely effective model that is used to capture this response by device manufacturers [13]. There are a high number of devices that are used during surgical procedures, which means that they must be put through some type of surgical simulation during the design process. The use of haptic devices is one of the most prevalent ways to adequately achieve this complicated requirement [14]. These devices help to observe the collision detection and response between the virtual tools and organs during surgical simulation [12].

Healthcare practitioners must be experts in the operation of the medical devices that they treat patients with. The devices cannot be too complicated for them to use, or they will not be able to provide safe and effective care. The most prevalent training methods include peer to peer training and computer aided learning, so they must be taken into consideration during the design process [15]. Another important factor to consider during training is to ensure that content uniformity is transparent throughout the process for the optimum impact with the clinicians [16]. The frequency of surgical procedures creates the need for surgical training for healthcare practitioners. The utilization of haptic interfaces is an effective training method to provide these individuals with the required motor skills during surgery [18].

The FDA has the ultimate control over the medical device design process, and it imposes its regulations upon device manufacturers with patient safety in mind. The CDRH and its subsidiary the ODE are the two most important parts of the FDA in regards to device design [19]. PMA and 510k notifications must be coordinated with the ODE during the design process [20]. The FDA requires manufacturers to have GMP so that devices will have the most quality and reliability as possible [21].

6 CONCLUSION

Product development, tissue modeling, training, and FDA regulations are integral parts of the medical device design process. We must address each of these factors during this process in order to produce the best device possible. It is from this approach that we can describe the process as interdependent upon multiple factors. Patient safety is definitely the underlying theme behind all design approaches because it should always be assumed that any device will be used on someone from our family. Device efficacy is the ultimate indicator of commercial success, and manufacturers should focus on achieving this goal to the best of their ability. Product reliability is most important to healthcare practitioners because it illustrates the integrity of the device. The mass-spring system is currently the most successful tissue modeling simulation being utilized, but there is definitely a need for more research to be done in that area. It may be possible to use a more accurate model for manufacturers to consider during the design process. Healthcare practitioner training can be best achieved through a systematic approach by peer to peer training or computer aided learning. We must be familiar with the structure of the FDA and its regulations in order to effectively proceed through the medical device design process. There is also a need for further investigation into additional factors that might have a greater influence on the design process. It is important that we become more familiar with this process in order to produce the safest devices possible. This will give us the opportunity to provide the best patient outcomes, which in essence should be the most effective measuring stick for medical devices.

REFERENCES

- [1] Privitera, M.B. and J. Johnson. *Interconnections of basic science research and product development in medical device design*. in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE*. 2009.
- [2] Gilman, B.L., J.E. Brewer, and M.W. Kroll. *Medical device design process*. in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE*. 2009.
- [3] Hegde, V. *Role of human factors / usability engineering in medical device design*. in *Reliability and Maintainability Symposium (RAMS), 2013 Proceedings - Annual*. 2013.
- [4] Yunqiu, L., et al. *Design of interactive medical devices: Feedback and its improvement*. in *IT in Medicine and Education (ITME), 2011 International Symposium on*. 2011.
- [5] Cauchi, A., et al. *Using Medical Device Logs for Improving Medical Device Design*. in *Healthcare Informatics (ICHI), 2013 IEEE International Conference on*. 2013.
- [6] Privitera, M.B., M. Design, and D.L. Murray. *Applied ergonomics: Determining user needs in medical device design*. in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE*. 2009.
- [7] Lucke, L.E., A. Mickelson, and D. Anderson. *Proving experience speeds medical device time to market*. in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE*. 2009.
- [8] Brown, A., et al. *A survey of success factors in New Product Development in the medical devices industry*. in *Engineering Management Conference, 2008. IEMC Europe 2008. IEEE International*. 2008.

- [9] Pazemenas, V., *Rapid development for medical products*. Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE, 2000. **3**(2): p. 32-37.
- [10] Aguwa, C. and L. Monplaisir. *Collaborative architecture framework for the design & manufacturing of medical devices*. in *Management of Engineering & Technology*, 2009. PICMET 2009. Portland International Conference on. 2009.
- [11] Bummo, A. and K. Jung. *An Efficient Soft Tissue Characterization Method for Haptic Rendering of Soft Tissue Deformation in Medical Simulation*. in *Frontiers in the Convergence of Bioscience and Information Technologies*, 2007. FBIT 2007. 2007.
- [12] Kim, J., S. De, and M.A. Srinivasan. *Computationally efficient techniques for real time surgical simulation with force feedback*. in *Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, 2002. HAPTICS 2002. Proceedings. 10th Symposium on. 2002.
- [13] Xiufen, Y., et al. *Research on soft tissue deformation and cutting in the virtual surgery*. in *Complex Medical Engineering (CME)*, 2011 IEEE/ICME International Conference on. 2011.
- [14] Ling, Z., et al. *A real-time deformation modeling scheme of soft tissue for virtual surgical*. in *Information and Automation (ICIA)*, 2010 IEEE International Conference on. 2010.
- [15] Fouladinejad, F. and J.R. Roberts. *A computer aided learning package for training users and maintainers of medical equipment*. in *Engineering in Medicine and Biology Society*, 1996. Bridging Disciplines for Biomedicine. Proceedings of the 18th Annual International Conference of the IEEE. 1996.
- [16] Schimmel, B.J. *The Use Of Systematic Training To Minimize Risk In Operating Medical Devices*. in *Policy Issues in Information and Communication Technologies in Medical Applications*, 1988. Symposium Record. 1988.
- [17] Solis, J., et al. *Quantitative assessment of the surgical training methods with the suture/ligature training system WKS-2RII*. in *Robotics and Automation*, 2009. ICRA '09. IEEE International Conference on. 2009.
- [18] Gonenc, B. and H. Gurocak. *Haptic interface with hybrid actuator for virtual needle insertion and tissue cutting*. in *Haptics Symposium (HAPTICS)*, 2012 IEEE. 2012.
- [19] Ciarkowski, A. *FDA regulatory requirements for medical devices with control algorithms*. in *American Control Conference*, 2000. Proceedings of the 2000. 2000.
- [20] Flannery, E.J., *FDA regulation of new devices-expedited review*. Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE, 1988. **7**(2): p. 88-89.
- [21] Kim, P.T.H. *FDA and the regulation of medical software*. in *Computer-Based Medical Systems*, 1993. Proceedings of Sixth Annual IEEE Symposium on. 1993.
- [22] Pea, C., et al., *An Overview of FDA Medical Device Regulation as it Relates to Deep Brain Stimulation Devices*. Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on, 2007. **15**(3): p. 421-424.
- [23] Girling, A., et al., *Early-Stage Valuation of Medical Devices: The Role of Developmental Uncertainty*. Value in Health, 2010. **13**(5): p. 585-591.
- [24] Chanthasopeephan, T., J.P. Desai, and A.C.W. Lau, *Modeling Soft-Tissue Deformation Prior to Cutting for Surgical Simulation: Finite Element Analysis and Study of Cutting Parameters*. Biomedical Engineering, IEEE Transactions on, 2007. **54**(3): p. 349-359.
- [25] Tahmasebi, A.M., et al., *A Framework for the Design of a Novel Haptic-Based Medical Training Simulator*. Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on, 2008. **12**(5): p. 658-666.
- [26] Vlachos, K., E. Papadopoulos, and D.N. Mitropoulos, *Design and implementation of a haptic device for training in urological operations*. Robotics and Automation, IEEE Transactions on, 2003. **19**(5): p. 801-809.
- [27] Munzner, R., *Regulatory issues*. Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE, 2004. **23**(1): p. 207-208.

