



# ***Revue Scientifique du Tchad***

***Série B - décembre 2018***

*Editions Centre National de Recherche pour le Développement (CNRD)*

## PREFACE

L'année 2018 a commencé par l'inscription sur la liste d'aptitude du CAMES de plusieurs assistant maître de conférences et Professeurs que nous félicitons vivement. Nous espérons en conséquence un prolifération d'articles pour publication pour alimenter et pérenniser la Revue Scientifique du Tchad.

D'ores et déjà nous vous présentons dans ce numéro une étude expérimentale des paramètres des dépôts par pulvérisation cathodique et caractérisation électrique de la résistivité des couches minces de cuivre en basse fréquence (de 20hz à 1mhz) en utilisant la méthode de quatre (4) pointes.

La résistivité constitue le principal critère de choix des matériaux conducteurs en vue de leur utilisation dans les structures notamment de l'électronique. Nous présentons les résultats de caractérisation de la résistivité des couches minces de cuivre en basse fréquence à l'aide d'un « LCR mètre de type AGILENT 4284a » dans la bande de fréquence qui s'étend de 20hz à 1mhz.

Des travaux sur le tabagisme, qui est un problème de santé publique au Tchad, ont été abordés. L'objectif est de mener une étude sur le tabagisme dans les 5 grands lycées d'enseignement secondaire général public de N'Djamena. C'est une étude descriptive de février à avril 2015 avec passage unique. Les données récoltées sont analysées sur SPSS.

Un article portant sur l'évaluation de la qualité hygiénique de quelques produits issus de la technologie traditionnelle à partir des fruits (*hyphaene thebaïca* mart, *parkia biglobosa* jacq. et *ziziphus mauritiana* mart) vendus dans les marchés du Tchad sont présentés dans ce numéro. Cet article vise à apporter une contribution à l'étude de la qualité hygiénique des gâteaux issus des fruits secs de *ziziphus mauritiana*, lam., de la farine issue des fruits secs de *parkia biglobosa* (jacq.) benth. et des dômes dépelliculés issus des fruits secs de *hyphaene thebaïca* mart., produits de manière artisanale et vendus sur les marchés du Tchad.

Une étude portant sur la caractérisation de matériaux isotropes et anisotropes par un ellipsomètre hyperfréquence à trois détecteurs dans la bande de 24 à 40 Ghz, grâce à une configuration à polariseur en guide d'onde rectangulaire et à analyseur, a fait l'objet de plusieurs travaux qui ont donné des résultats probants. Nous présentons dans ce papier les résultats d'une étude sur des échantillons de téflon servant d'étalons, car les propriétés du téflon sont connues. Cette étude a donc montré qu'il est bien possible d'obtenir des résultats de caractérisation fiables à cette fréquence.

Un article sur le Cloud Computing ou informatique dans les nuages qui prône à la fois la dématérialisation et l'externalisation des services et des données, est traité. Ledit article préconise que les services informatiques soient proposés comme des services publics classiques à l'exemple de l'électricité. Le cloud libre permet aux PME (petites et moyennes entreprises) de se consacrer à leurs activités de production et les libère des activités de maintenances de systèmes. Les entreprises, les laboratoires, les administrations, les organismes privés, les autres organisations des pays en voie de développement peuvent aussi profiter du Cloud pour faire usage des ressources disponibles dans les pays développés. Nous examinons les outils de mise en œuvre de Cloud à la portée des PME et nous proposons une implantation au campus numérique francophone pour offrir son infrastructure comme service.

Nous proposons dans un article une architecture de contrôle d'accès basée sur la confiance numérique dans un environnement ouvert tel que l'internet. Dans un tel environnement, les usagers sont parfois inconnus et toujours dématérialisés. Les concepts et les technologies de la confiance numérique et de la sécurité informatique doivent se combiner pour permettre un contrôle d'accès en environnement ouvert. Dans cette architecture, l'élément central est l'environnement utilisateur très riche et déployé en ligne. Cet environnement est doté de trois modules principaux qui permettent à l'utilisateur de mener à bien ses transactions. La conception de cette architecture repose sur le modèle de contrôle d'accès basé sur les attributs ABAC et le langage XACML.

Le Directeur de publication



Dr Baba Mallaye

## SOMMAIRE

	Pages
01- Etudes expérimentales des paramètres des dépôts par pulvérisation cathodique et Caractérisation électrique de la résistivité des couches minces de cuivre en basse fréquence (de 20Hz à 1MHz) en utilisant la méthode de quatre (4) pointes.....	4 - 15
<i>D.D.Yaya, Allassem Désiré, A. Kriga, M.H. Béchir, M. Soultan, J.P.Chatelon et J.J.Rousseau.</i>	
02- Prévalence du tabagisme dans les lycées publics d'enseignement général de N'Djamena : a propos de 5 grands lycées .....	16 - 26
<i>Ngakoutou R., Adjougoult Koboye Dand, Tchombou HZB. et Mbaigang-Non E.</i>	
03- Evaluation de la qualité hygiénique de quelques produits issus de la technologie traditionnelle à partir des fruits de <i>Hyphaene thebaïca</i> Mart., <i>Parkia biglobosa</i> Jacq. (Benth) et <i>Ziziphus mauritiana</i> Mart. vendus dans les marchés du Tchad.....	27- 37
<i>Makalao Mouti Marceline, Aly Savadogo et Alfred S. Traore.</i>	
04- Caractérisation de matériaux isotropes par un ellipsomètre hyperfréquence à trois détecteurs à 10 GHz .....	38 - 46
<i>A. Mounache, F. Gambou, Ahmat Idriss Gogo, Moussa Ahmat et B. Bayard.</i>	
05- Vers une Infrastructure comme Service pour les PME .....	47 - 57
<i>Mbaïoussoum Bery Leouro, Dansaibo Koye et Dionlar Lang</i>	
06- Mécanismes de contrôle d'accès à l'aide de documents numériques certifiés dans un environnement ouvert .....	58 - 75
<i>Abakar Mahamat Ahmat, Mikael Ates, Ahmat Hassan Mahamat, Ali Ouchar, Farikou Ousmane, Mahamat Hassan Borgou et Jacques Fayolle</i>	

## **Etudes expérimentales des paramètres des dépôts par pulvérisation cathodique et Caractérisation électrique de la résistivité des couches minces de cuivre en basse fréquence (de 20Hz à 1MHz) en utilisant la méthode de quatre (4) pointes.**

*D.D.Yaya, Allassem Désiré, A. Kriga, M.H. Béchir, M. Soultan, J.P.Chatelon, J.J.Rousseau  
Université de Lyon, F-42023, Saint Etienne, France; Université de Saint Etienne, Jean Monnet,  
F-42023, Saint Etienne; - LaHC, F- 42023, Saint Etienne, France - INSTA, Tchad.*

### **Résumé**

La résistivité constitue le principal critère de choix des matériaux conducteurs en vue de leur utilisation dans les structures notamment de l'électronique. Pour des structures constituées des fines pellicules de cuivre, il est important d'étudier l'influence des paramètres tels que les dimensions géométriques, l'épaisseur, etc. sur la valeur de la résistivité comme c'est le cas dans ce document. Dans cet article, nous étudions et présentons d'une part, l'influence des paramètres de dépôt par la pulvérisation cathodique et d'autre part, nous présentons les résultats de caractérisation de la résistivité des couches minces de cuivre en basse fréquence à l'aide d'un LCR mètre de type Agilent 4284A dans la bande de fréquence qui s'étend de 20Hz à 1MHz.

Les paramètres de dépôt étudiés sont entre autre la pression de dépôt, la vitesse de dépôt, et le débit d'argon. Et la caractérisation électrique est effectuée en fonction de la fréquence, de la distance entre les quatre (4) pointes, de l'épaisseur et du courant injecté. Il ressort que la résistivité reste invariante à des très basses fréquences. Elle varie peu avec la variation du courant injecté. En revanche, l'épaisseur et la distance entre les points influent considérablement sur la résistivité des couches minces.

**Mots clés**-résistivité, couches minces, caractérisation, pulvérisation cathodique.

### **Introduction**

Dans le souci de mettre au point des structures à la pointe de la technologie pouvant offrir des avantages particuliers, les industriels visent l'amélioration de la qualité de leurs produits en leur apportant une protection contre les réactions chimiques ou en isolant les circuits pour éviter les détériorations. L'une des solutions est l'utilisation des couches minces avec des propriétés particulières selon le domaine d'application et les objectifs recherchés. Les couches minces sont utilisées dans les domaines tels que : électricité, mécanique, optique, microélectronique, etc.

Depuis quelques décennies, nous assistons à une évolution de la technologie des dispositifs électroniques de grandes performances avec de très petites tailles. Cette technologie ouvre la voie à la miniaturisation de matériau massif pour répondre aux exigences de plusieurs domaines technologiques.

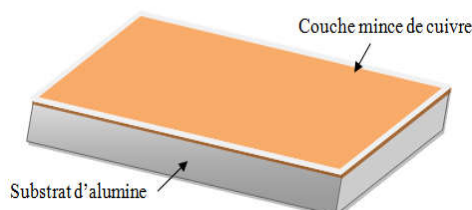
Ce matériau de petite taille appelé couche mince a des propriétés physiques différentes de celles du matériau massif, il participe à de nombreuses applications dans les domaines technologiques et son intérêt est croissant à cause de son multiplication en grand nombre et son moindre coût.

Le travail mené dans cet article porte en premier lieu, sur l'étude de l'influence des paramètres du dépôt des couches minces de cuivre sur supports solide (en alumine) par pulvérisation cathodique [1]. En second lieu, nous mettrons un accent particulier sur la caractérisation électrique à savoir la mesure et la détermination de la résistivité en fonction des paramètres tels que : la fréquence, l'épaisseur, l'écart entre les pointes et l'intensité du courant injecté.

## I- DESCRIPTION DES COUCHES MINCES REALISEES AU LaHC

Les couches minces de cuivre à étudier ont été conçues, réalisées pour être utilisées en électronique pour la réalisation des composants passifs tels que les inductances planaires, au laboratoire Hubert Curien de Saint-Etienne (LaHC).

Les couches élaborées sont constituées d'une couche de cuivre conducteur déposé sur un substrat d'alumine. Les dimensions du substrat  $L \times l \times h$  sont de 50mm x 20mm x 365 $\mu$ m. Les épaisseurs déposés sont variables de 1 à 10 $\mu$ m. La figure1 illustre la structure de la couche mince réalisée au laboratoire.



**Figure 1** : Schéma descriptif de la couche mince sur le substrat

## II- DISPOSITIF DE PREPARATION DE SUBSTRAT

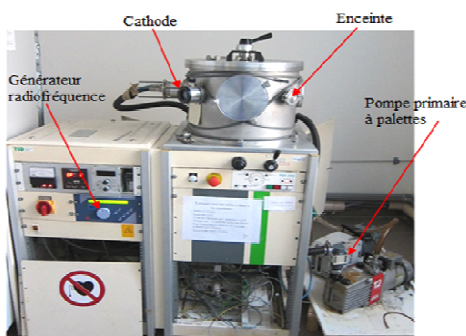
Les couches minces de cuivre sont déposées sur support physique en alumine (Al). Pour assurer une bonne adhérence et un bon état de surface plane, le substrat d'alumine est tout d'abord rodé puis poli respectivement par les dispositifs suivants :



**Figure 2**: Rodeuse (à gauche) et Polisseuse (à droite)

## III- DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE DEPOT DES COUCHES MINCES

Les couches minces de cuivre sont réalisées par la méthode de pulvérisation cathodique [2][3]. Le dispositif expérimental (figure 3) est constitué d'une enceinte à vide et son groupe de pompage, d'un générateur RF associé à un adaptateur d'impédance. On associe à cet ensemble, les circuits de refroidissement, d'amenée d'argon et différents capteurs.



**Figure 3**: Bâti de pulvérisation cathodique TSD 350 utilisé au LaHC

La pulvérisation cathodique radiofréquence est le processus par lequel des particules sont arrachées d'une cible bombardée par des ions énergétiques et projetés sur un substrat disposé sur leurs parcours. Les ions de bombardement sont créés, le plus souvent, à partir de l'argon et le plasma est créé en appliquant une tension électrique haute fréquence entre la cible et le substrat.

Le dispositif est composé d'une enceinte à vide où règne une pression résiduelle, dans laquelle ont été disposées deux électrodes planes, cathode et anode, distante de quelques centimètres. La cathode froide, sur laquelle est fixée la cible, est reliée au pôle négatif d'un générateur de tension de quelques kilovolts. Le substrat est fixé sur l'anode qui est reliée à la masse. Après avoir fait le vide dans l'enceinte, on laisse remonter la pression jusqu'au environ de  $10^{-2}$  ou  $10^{-3}$  mbar en introduisant un flux contrôlé d'argon et en gardant un pompage dynamique pour maintenir une circulation de gaz pur. Une décharge électrique apparaît entre les électrodes lorsqu'une haute tension est appliquée entre elles. Le processus de dépôt est entretenu par le flux d'argon et amélioré par la disposition d'aimants au voisinage de la cible pour augmenter la chance des électrons d'ioniser les atomes d'argon.

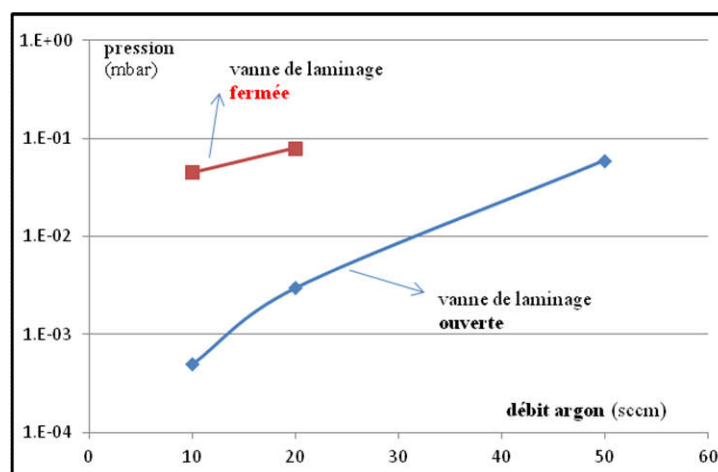
Les principaux paramètres du dépôt sont : la pression dans l'enceinte pendant le dépôt, la puissance du générateur pour le dépôt, le débit d'argon, le temps de dépôt et la distance entre le substrat et la cible. Nous nous intéressons à l'étude de l'influence des trois (3) paramètres de dépôts suivants : pression de dépôt, durée de dépôt, débit d'Argon et la position de la vanne.

#### IV- INFLUENCE DES PARAMETRES DU DEPOT

Après avoir décrit et présenter le principe d'élaborations des couches minces de cuivre, nous aborderons successivement les points ci-haut cités :

##### IV.1- Etude de la pression en fonction de la position de vanne et du débit d'argon

Nous nous intéressons dans cette partie à l'étude de la pression suivant deux paramètres à savoir : la position de la vanne de laminage (vanne entre l'enceinte et le système de pompage) et le débit d'argon.



**Figure 4 :** variation de la pression en fonction du débit d'argon (vanne ferme et vanne ouverte)

D'après la figure 4, nous remarquons que la pression augmente avec l'augmentation du débit de l'argon quelle que soit la position de la vanne de laminage. En revanche, pour une valeur de débit d'argon fixe, nous constatons que la pression est plus élevée lorsque la vanne est fermée que lorsque la vanne est ouverte, car le pompage est naturellement plus efficace pour une vanne ouverte. Par exemple pour un débit de 10sccm, la pression vaut  $5.10^{-4}$  mbar (vanne ouverte) et  $4.5.10^{-2}$  mbar (vanne fermée).

**Conclusion :** si la vanne est fermée, la pression est plus importante dû au renouvellement des ions argons moins important.

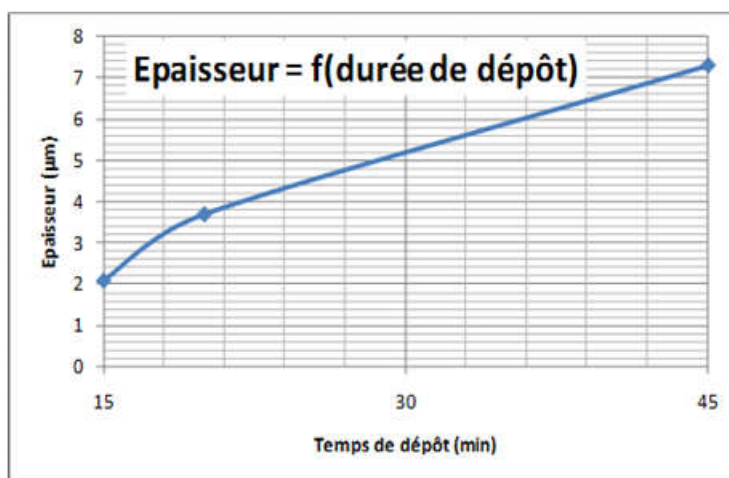
#### IV.2 - Etude de l'épaisseur en fonction de la durée de dépôt

Dans cette partie, l'étude consiste à voir l'évolution de l'épaisseur en fonction du temps de dépôt. Ainsi, nous avons ici le temps de dépôt qui varie de 15min à 45min.

**Tableau 1** : Relevés d'épaisseur en fonction de la durée de dépôt

Echantillon	Pression de dépôt (mbar)	Puissance (W)	Argon (sccm)	Temps de dépôt (min)	Epaisseur (μm)
MRT12	3,00E-03	300	20	15	2,1
MRT7	3,00E-03	300	20	20	3,7
MRT14	3,00E-03	300	20	45	7,3

A partir de ces données consignées dans le tableau1, on obtient la figure 5 :



**Figure 5** : Epaisseur en fonction de temps de dépôt

Nous observons ici, une variation progressive de l'épaisseur en fonction du temps de dépôt. Pour 15min de dépôt, l'épaisseur vaut 2,1μm et passe à 3,7μm pour 20min, de même elle passe de 3,7μm pour 20min à 7,3μm pour 45min. On note donc une vitesse moyenne de dépôt de 0.16μm/min. Cette évolution semble bien normale car si le temps de dépôt est plus long, il y'aura plus d'atomes de cuivre qui arriveront sur la surface du substrat d'alumine donc un accroissement de l'épaisseur.

**Conclusion :** A la lumière de ce résultat, nous pouvons conclure que plus le temps de dépôt est important, plus la couche du cuivre sera épaisse. La vitesse moyenne de dépôt est estimée à 0.16μm /min.

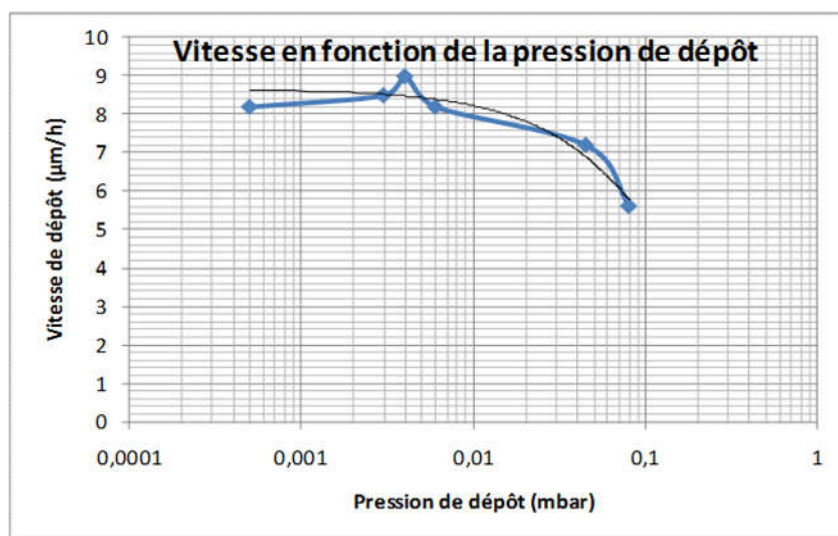
#### IV.3 - Etude de la vitesse de dépôt en fonction de la pression de dépôt ;

Cette étude nous permet d'observer la vitesse de dépôt en fonction de la pression de dépôt (ou pression d'argon). Les valeurs relevées sont consignées dans le tableau 2 :

**Tableau 2** : Relevés de la vitesse de dépôt en fonction de la pression de dépôt

Echantillon	Pression de dépôt (mbar)	Temps de dépôt (min)	Epaisseur (μm)	Vitesse (μm/h)
MRT19	5,00E-04	30	4,1	8,2
MRT7	3,00E-03	30	3,7	8,5
MRT9	4,00E-03	30	4,5	9,0
MRT17	6,00E-03	30	4,1	8,2
MRT21	4,50E-02	30	3,6	7,2
MRT15	8,00E-02	30	2,8	5,6

La figure 6 montre l'évolution de la vitesse vis-à-vis de la pression de depot.



**Figure 6** : Vitesse de dépôt en fonction de la pression de dépôt

Nous observons sur la figure 6 que la vitesse de dépôt est relativement constante. On observe une légère augmentation avec la pression d'argon puis la vitesse diminue. Cette évolution s'explique par la variation des ions d'argon. Si on augmente la pression d'argon, on augmente le nombre d'ions argon qui vont pouvoir « frapper » la cible et par conséquent, il y aura augmentation de la vitesse de dépôt... mais si l'augmentation est trop importante, les adatoms de cuivre pulvérisés vont traverser un gaz rempli de plus en plus d'argon et ceux-ci vont « freiner » ces adatoms et par conséquent diminuer la vitesse de dépôt.

#### IV.4 - Etude de la vitesse de dépôt en fonction du débit d'Argon.

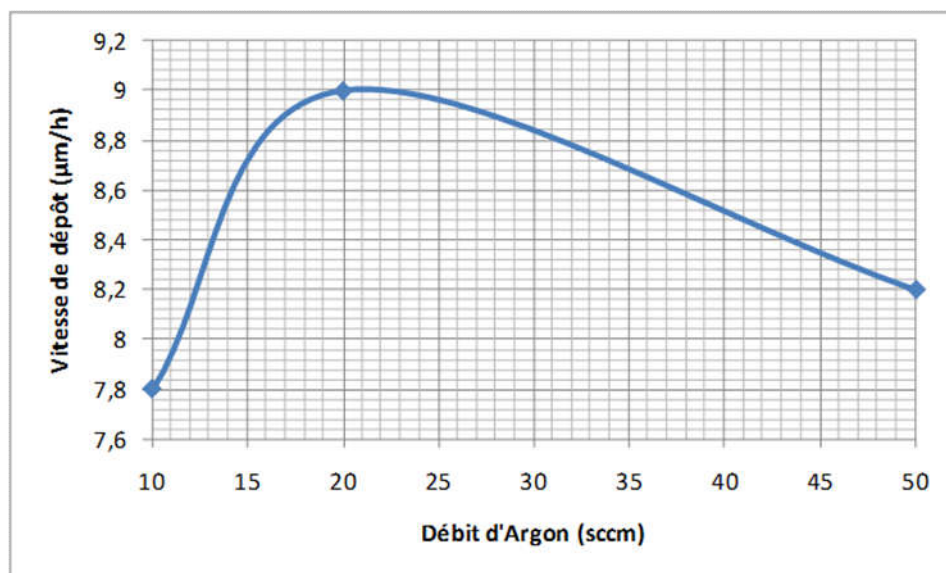
L'étude dans ce paragraphe consiste à voir l'influence du débit d'argon sur la vitesse de dépôt. Notons que la vanne dite de laminage séparant l'enceinte du système de pompage est ouverte à 100% et que seulement le débit d'argon change.

**Tableau 3** : Relevés de la vitesse en fonction du débit d'Argon

Echantillon	Pression de dépôt (mbar)	Puissance (W)	Argon (sccm)	Temps de dépôt (min)	Vitesse (µm/h)
MRT20	5,00E-04	300	10	30	7,8
MRT10	4,00E-03	300	20	30	9
MRT17	6,00E-03	300	50	30	8,2

Nous obtenons la courbe présentée par la figure 7 :





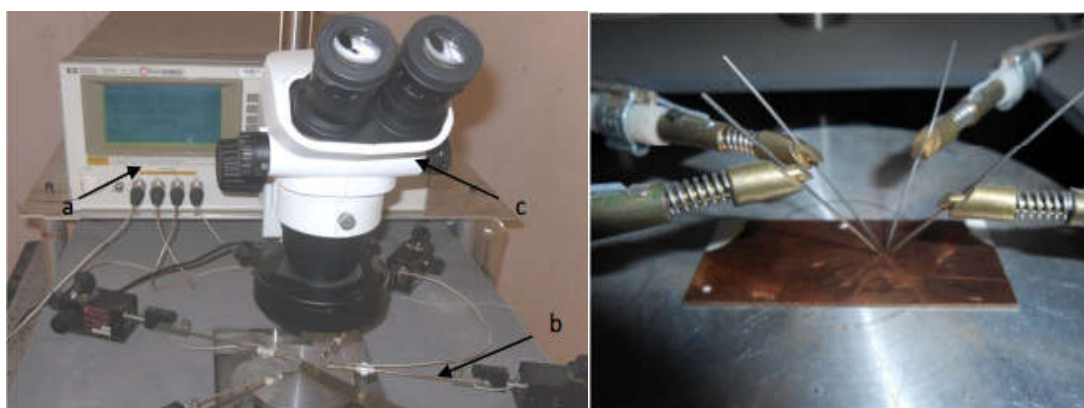
**Figure 7 :** Vitesse de dépôt en fonction du débit d'argon

La vitesse de dépôt croît progressivement avec l'augmentation du débit d'argon. Si on augmente le débit d'argon, on augmente le nombre d'ions argon et par conséquent, la vitesse de dépôt augmente. Mais si l'augmentation est trop importante, les adatoms de cuivre pulvérisés vont traverser un gaz rempli de plus en plus d'argon et ceux-ci vont « freiner » ces adatoms et par conséquent diminuer la vitesse de dépôt.

## V- DISPOSITIF DE CARACTERISATIONS ELECTRIQUES DES COUCHES MINCES DE CUIVRES

Les mesures des couches minces de cuivre réalisées au laboratoire sont effectuées à l'aide d'un LCR mètre de type Agilent 4284A (de 20Hz à 1MHz) [4].

Le principe de mesure utilisé dans le HP 4284A est basé sur la mesure du vecteur courant-tension aux bornes du Dispositif Sous Test (DST). C'est à partir de ce vecteur que sont calculées l'impédance complexe  $[Z]$ , l'admittance complexe  $[Y]$  ainsi que l'inductance, la résistance, la capacité et les autres paramètres du dispositif. Pour mesurer ce vecteur courant-tension, le LCR mètre emploie la méthode du pont auto-équilibré.

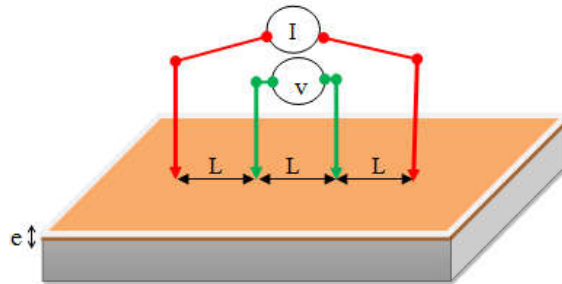


**Figure 8:** Dispositif de mesure (à gauche) et échantillon d'une couche mince de cuivre sous pointe (à droite)

## VI- RESULTATS DES CARACTERISATIONS ELECTRIQUES

### VI.1- Détermination de la résistivité

Pour le calcul de la résistivité, nous avons utilisé la méthode des quatre pointes alignés [5]. Dans cette configuration, les deux électrodes à l'extérieur injectent le courant  $I$  et les deux autres (électrodes à l'intérieur) recueillent le potentiel induit par la couche [6]. Les quatre pointes sont alignées et équidistantes comme le montre la figure 9.



**Figure 9:** Disposition des pointes alignées et équidistantes [7]

Cette méthode permet de mesurer le rapport  $U/I$  (tension /intensité) et l'expression de la résistivité est de la forme :

$$\frac{U}{I} = \frac{1}{K} \quad [1]$$

Où  $I$  est l'intensité du courant appliqué exprimée en A ;

$U$ : la tension recueillie exprimée en V ;

$e$ : épaisseur de couche mince exprimée en  $\mu\text{m}$  ;

$K$ : coefficient sans dimension qui représente les caractéristiques de la géométrie 2D de l'échantillon (forme des contours, position des contacts).

Ce paramètre  $K$  peut être calculé en fonction de la dimension de l'échantillon et de la distance de pointes. Dans le cas simple où les quatre pointes sont alignées et équidistantes sur une couche sans limite (infinie) et que  $e$  (l'épaisseur de l'échantillon) est très inférieure à  $s$  (distance entre les pointes), la résistivité du matériau est donné par [8][9]:

$$\rho = \frac{\pi}{\ln 2} * e * [2]$$

Dans ce cas la valeur de :

$$K = \frac{\pi}{\ln 2} = 4,53 [3]$$

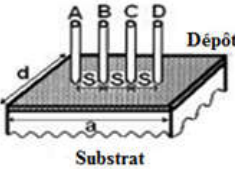
Dans le cas de nos travaux de recherche, la valeur de  $K = 4,4553$  comme indiqué dans le tableau 2 car les dimensions de nos échantillons mesurées sont :  $d = 20$  et  $a = 50$ .

Ainsi, l'équation (2) devient :

$$\rho = 4,4553 * e * [4]$$

Le tableau 4.2 présente les valeurs possibles de  $K$ .

**Tableau 4:** 1) position de pointes sur l'échantillon ; 2) tableau de valeurs de K



1)

d/s	a/d=1	a/d=2
3	2.4575	2.7000
4	3.1137	3.2246
5	3.5098	3.5749
7.5	4.0095	4.0361
10	4.2209	4.2357
20	4.4516	4.4553
40	4.5120	4.5129
∞	4.5324	4.5324

2)

### VI.2-Résistivité en fonction la fréquence

Nous avons pris les mesures sur huit échantillons d'épaisseurs différentes à savoir : MRT12 ( $e=2,1\mu\text{m}$ ), MRT11 ( $e=2,2\mu\text{m}$ ), MRT16 ( $e=2,3\mu\text{m}$ ), MRT15 ( $e=2,8\mu\text{m}$ ), MRT22 ( $e=3,5\mu\text{m}$ ), MRT21 ( $e=3,6\mu\text{m}$ ), MRT13 ( $e=6,4\mu\text{m}$ ), MRT14 ( $e=7,3\mu\text{m}$ ) ;

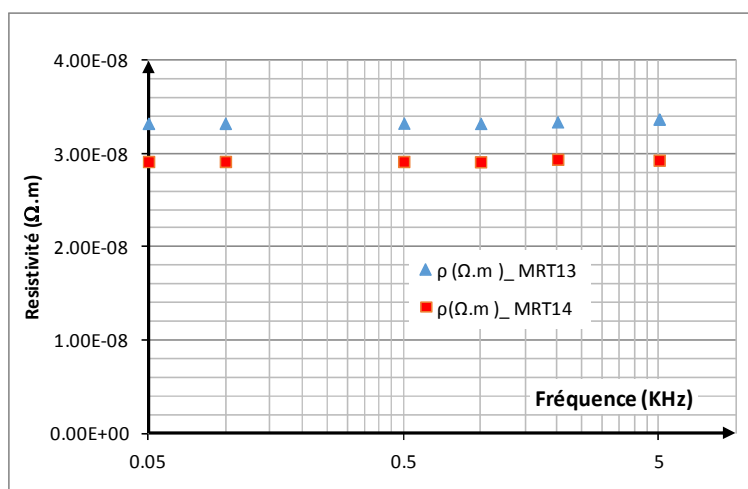
Le but de cette étude est de voir l'influence de la fréquence sur la résistivité des échantillons avec différentes épaisseurs. Pour ce faire, nous avons effectué des mesures sur tous les échantillons mais nous allons nous intéresser particulièrement au couple d'échantillons réalisés en parallèle (MRT13 et MRT14). Pour cette étude, nous avons fixé une distance de 1mm entre les pointes et avons fait un balayage en fréquence sur la plage allant de 50Hz à 5KHz avec une intensité injectée de 10mA.

Nous avons calculé les différentes valeurs de la résistivité grâce aux relevés des tensions et courants. La figure 10 et le tableau 5 présentent les résistivités des MRT13 et MRT14 en fonction de la fréquence.

**Tableau 5 :** valeurs de la résistivité en fonction de fréquence pour MRT13 et MRT14

	MRT 13				MRT 14			
Fréquence (kHz)	Courant (mA)	Tension (mV)	epaisseur ( $\mu\text{m}$ )	$\rho(\Omega.m)$ _ MRT13	Courant (mA)	Tension (mV)	epaisseur ( $\mu\text{m}$ )	$\rho(\Omega.m)$ _ MRT14
0.05	9.952	0.01	6.4	3.32E-08	9.952	0.01	7.3	2.91E-08
0.1	9.949	0.01	6.4	3.33E-08	9.949	0.01	7.3	2.92E-08
0.5	9.947	0.01	6.4	3.33E-08	9.946	0.01	7.3	2.92E-08
1	9.957	0.01	6.4	3.32E-08	9.957	0.01	7.3	2.91E-08
2	9.961	0.01	6.4	3.34E-08	9.868	0.01	7.3	2.94E-08
5	9.965	0.01	6.4	3.37E-08	9.889	0.01	7.3	2.93E-08

A partir des données du tableau 5, nous traçons les courbes présentées par la figure 10 :



**Figure 10 :** Résistivités de MRT13 et MRT14 en fonction de la fréquence

En premier lieu, nous observons que la résistivité est directement proportionnelle à l'épaisseur, elle est plus élevée que la résistivité de la couche massive de cuivre qui est de  $1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ . La résistivité de l'échantillon MRT13 (d'épaisseur  $=6.4 \mu m$ ) est légèrement au-dessus de celle de MRT14 dont l'épaisseur est de  $7.3 \mu m$ . Il est donc normal qu'on constate une variation de cette grandeur lorsque l'épaisseur varie. La résistivité est d'autant plus élevée que lorsque l'épaisseur de la couche est plus faible.

En second lieu, nous remarquons que la résistivité est quasi constante à des très basses fréquences (inférieures à 5KHz). Ce comportement semble normal car à ces fréquences, les effets conjugués de peau et des proximités sont négligeables.

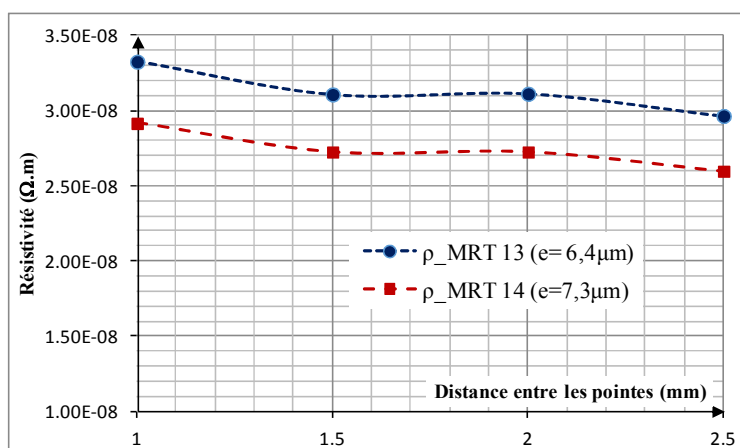
### ***VI.3-Résistivité en fonction de distance des pointes***

Pour mettre en évidence l'influence de la distance des pointes, nous avons utilisé la configuration qui consiste à injecter le courant à l'extérieur et mesurer la tension à l'intérieur tout en alignant les pointes comme indiqué sur la figure 9 (ci-haut). Les pointes sont disposées de manière alignées et équidistantes. On fait varier cette distance de 1mm à 2.5mm. Les mesures sont effectuées à 1KHz et avec un courant de 10mA. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau.

**Tableau 6:** valeurs de la résistivité en fonction de l'écart entre les pointes

Distance (mm)	$\rho_{\text{MRT13}} (e=6,4\mu m)$	$\rho_{\text{MRT14}} (e=7,3\mu m)$
1	3.33E-08	2.92E-08
1.5	3.11E-08	2.72E-08
2	3.11E-08	2.72E-08
2.5	2.96E-08	2.60E-08

A partir de ces résultats, nous traçons les courbes présentées par la figure 12 :

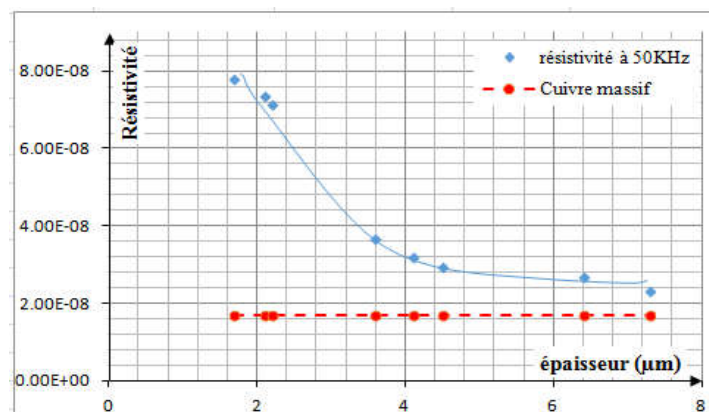


**Figure 11:** Résistivité de MRT13 et MRT14 en fonction de la distance entre les pointes

A propos du paramètre qui est la distance entre les pointes, sa variation entraîne l'utilisation d'un coefficient de correction dans la formule de la résistivité. Ainsi, les deux allures montrent que la résistivité décroît légèrement lorsque la distance entre les pointes augmente jusqu'à une valeur autour de la résistivité du cuivre massif. Lorsque les pointes sont écartées de 1.5mm, la résistivité diminue de 7% par rapport à celle obtenue à 1mm d'écart ; puis elle diminue de 11% environ lorsqu'on écarte de 2.5mm les pointes. Cette légère diminution s'explique par la variation du facteur correctif qui est fonction de la dimension de l'échantillon et de la distance de pointes (du ratio  $d/s$ ) d'après l'abaque de Vander Pauw.

#### VI.4- Etude de la résistivité des couches minces en fonction d'épaisseur

Dans ce paragraphe, nous allons aborder une étude comparative entre la résistivité des couches minces et celle du cuivre (considéré comme couche épaisse). Nous avons relevés les valeurs de cinq échantillons à 50Hz. La figure 13 présente les courbes des couches minces et celle de la couche massive de cuivre qui est de  $1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ .



**Figure 12 :** Résistivité des couches minces en fonction de l'épaisseur

Les résistivités des couches minces de cuivre sont supérieures à celle de la couche massive qui est de  $1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ . On constate qu'au fur et à mesure que l'épaisseur augmente, la résistivité diminue et tend vers une valeur voisine de celle de la couche massive. Plus l'épaisseur de la couche est faible et plus sa résistivité est élevée. En effet, la formule permettant de déterminer la résistivité de la couche étudiée est fonction de l'épaisseur. La résistivité est donc directement proportionnelle à l'épaisseur. Il est donc normal qu'on constate une variation de cette grandeur lorsque l'épaisseur varie. De plus, nous savons que le dépôt par pulvérisation cathodique permet de reconstituer la couche atome après atome. Les atomes de cuivre qui se déposent à la surface du cuivre se font d'une manière aléatoire. Lorsque le dépôt dure peu, la couche n'est pas dense, l'épaisseur est faible et la résistivité est élevée. En augmentant la durée du dépôt, on obtient des couches de plus en plus denses (épaisses) et la résistivité est proche de la résistivité du cuivre massif.

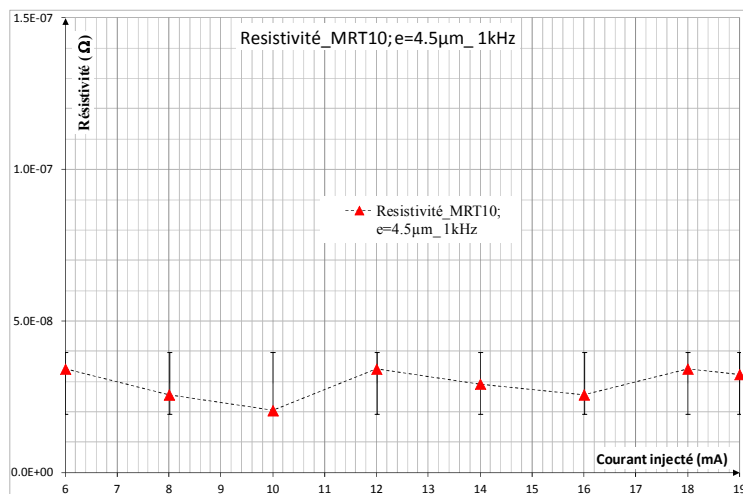
#### VI.4-Résistivité en fonction du courant injecté

Dans cette partie, l'étude consiste à mettre en évidence l'influence du courant vis-à-vis du comportement de la résistivité des couches minces de cuivre. En effet, nous avons maintenu la distance entre les pointes à 1 mm et la fréquence étant fixée à 1KHz. Puis, nous avons injecté dans le circuit un courant d'intensité variable de 2 à 19mA. La figure 14 présente les évolutions des résistivités obtenues des échantillons MRT22 et MRT21 en fonction du courant injecté pendant les mesures.

**Tableau 8 :** valeurs de la résistivité des échantillons en fonction de courant injecté

Courant injecté(mA)	Resistivité_MRT10; e=4.5μm_1kHz	Resistivité_MRT11; e=2.2μm; 1Khz	Resistivité_MRT12; e=2.1μm_1kHz	Resistivité_MRT13 ; e=6.4μm_1kHz
6	3.4E-08	1.7E-08	3.2E-08	4.9E-08
8	2.6E-08	2.5E-08	2.4E-08	3.7E-08
10	2.0E-08	2.0E-08	2.9E-08	2.9E-08
12	3.4E-08	2.5E-08	2.4E-08	4.9E-08
14	2.9E-08	2.1E-08	2.7E-08	4.2E-08
16	2.6E-08	2.5E-08	3.0E-08	3.7E-08
18	3.4E-08	2.2E-08	2.7E-08	4.9E-08
19	3.2E-08	2.1E-08	2.5E-08	4.6E-08

La figure suivante présente l'évolution de la résistivité de l'échantillon MRT10 en fonction de l'intensité du courant :



**Figure 13** : Influence du courant injecté sur la résistivité de MRT22et MRT21.

On observe ici que la résistivité est quasi constante lorsqu'on injecte le courant de 6 à 19mA. Néanmoins, nous remarquons de très faibles variations qui restent autour de la valeur moyenne. La variation de la résistivité vient de la variation des surfaces des couches minces. La surface d'une couche mince a de l'influence sur la densité du courant à la surface de la couche. Lorsque cette surface varie, cette variation entraîne la variation des grandeurs mesurées (courant et tension) donc la variation de la résistivité.

Notons aussi que la détermination de la résistivité se fait à travers le courant injecté dans l'échantillon et la tension mesurée. Par ailleurs, la technique de dépôt utilisée ne permet pas d'assurer l'homogénéité de l'épaisseur sur toute la surface de la structure. En conséquence, une épaisseur mal reparti peut influencer sur la répartition du courant à travers la couche et perturber les mesures.

## CONCLUSION

Dans cet article, nous nous sommes consacré à l'analyse et l'interprétation des résultats des mesures de la résistivité effectués à l'aide du LRC mètre. Il faut noter que la résistivité ne se mesure pas directement mais elle est déterminée à partir de la mesure de la résistance électrique et des dimensions de la couche caractérisée par l'épaisseur, la longueur brute du film sans les contacts aux extrémités et aussi éventuellement le diamètre dans le cas des substrats cylindriques.

Des nombreuses études sur la résistivité des couches minces de cuivre en fonction des différents paramètres ont été effectuées. La qualité de la couche mince dépend impérativement de la bonne maîtrise des paramètres de dépôt à savoir : la puissance de dépôt, la pression de dépôt, le débit d'argon, la position de la vanne (fermée ou ouverte) et la durée de dépôt qui définit l'épaisseur de la couche. Les études effectuées sur ces paramètres nous ont permis de montrer leurs influences vis-à-vis du comportement de la résistivité :

La pression de dépôt : l'augmentation de la pression de dépôt fait croître fortement la résistivité d'une couche mince de cuivre ;

Le débit d'argon : ce paramètre influe considérablement sur la variation de la résistivité d'une couche mince de cuivre ;

La durée de dépôt : l'augmentation du temps de dépôt conduit à l'augmentation de l'épaisseur et donc à la diminution de la résistivité d'une couche mince ;



La fréquence: la résistivité des couches minces de cuivre étudiées n'est constante que pour des très basses fréquences inférieures à 5kHz ;

La distance entre les pointes : la variation de la distance des pointes entraîne une légère variation de la résistivité des couches minces de cuivre. Pour avoir une bonne valeur de la résistivité, la distance des pointes doit être de 1mm.

L'épaisseur de la couche : La résistivité est proportionnelle à l'épaisseur de la couche de cuivre. Elle varie en fonction de l'épaisseur à travers le phénomène de répartition du courant sur la surface de la couche et que plus l'épaisseur augmente, plus on tend vers la résistivité du cuivre massif.

L'intensité injectée : En fonction de courant, la résistivité varie d'une couche à une autre pour des échantillons élaborés séparément tandis que pour des échantillons élaborés en parallèle, la résistivité en fonction de courant évolue de manière uniforme ;

A travers cette étude, nous avons aussi constaté que plusieurs facteurs influent fortement sur la résistivité de sorte que les valeurs obtenues sont très différentes de la valeur de la résistivité du cuivre massif. Outre les dimensions de l'échantillon, il faut ajouter l'état d'oxydation des couches. En effet, le contact de l'air avec le cuivre crée à la surface de l'échantillon de l'oxyde de cuivre plus résistif que le cuivre.

L'appareil de caractérisation utilisé pour prélever les mesures peut aussi à travers ses incertitudes modifier la résistivité de la couche mince vis-à-vis de celle du cuivre massif. En plus de ces incertitudes évoquées, nous pouvons ajouter celle provenant des coefficients correctifs obtenus par interpolation.

## BIBLIOGRAPHIE

[1]-**Tayeb BROURI**, *Élaboration et étude des propriétés électriques de couches minces et de nanofils de ZnO*, 2011, 154p.

[2]-**Ismaël GUESMI**, *Dépôt de couches minces de cuivre sur substrats polymère de formes complexes par pulvérisation cathodique magnétron avec ionisation de la vapeur*, thèse de doctorat , Université Paris Sud -XI, 2012,196p.

[3]- **Jaime PUIG-PEY GONZÁLEZ**, *Influence des Procédés de Dépôt des Couches Minces Polymères sur leurs Propriétés de Surface : Applications aux Microsystèmes*, Thèse sciences et génies des matériaux, Université de Toulouse, 2008, 215p.

[4]-Agilent 4284A Precision LCR Meter, Operation Manual, Part Number: 04284-90040, January 2000.

[5]-**G.P. Panta.D.P. Suded**, "Electrical characterization of Aluminium (Al) thin films measured by using four-point probe method, Department of natural sciences(physics)school of sciences", Katmandu university Dhulikhel, kavra, Nepal, revised 29 september 2012.

[6]-**K. Mouhli, K.Taraft**, "élaboration des couches minces de ZnO et de ZnO:Al par le procédé sol-gel", mémoire DEA, université de Bejaia (2010).

[7]-**F. M. SMITS**, 'Measurement of sheet resistivities with the four-point probe' Octobre 1957, 8 pages.

[8]-**Assia Bouraiou**, *Elaboration et caractérisation de couches minces CuInSe<sub>2</sub> par Electrodeposition*, Thèse physique énergétique. Constantine: Université Mentouri, 2009, 165p.

[9]- **L.J. Vander Pauw**, *Philips Research Reports Vol.13, No.1* (1958).

## Prévalence du tabagisme dans les lycées publics d'enseignement général de N'Djamena : a propos de 5 grands lycées

NGAKOUTOU R<sup>a,b</sup>, ADJOUGOULTA KOBOYE DAND<sup>a</sup>, TCHOMBOU HZB<sup>a</sup> MBAIGANG-NON E<sup>a</sup>

(a) : Faculté des sciences de la santé humaine et de pharmacie (N'Djamena) et Hôpital Général de Référence Nationale (N'Djamena)

(b) : Auteur correspondant (ngakoutou\_rangar@yahoo.fr) - 66748051

### Résumé

**Introduction:** le tabagisme est un problème de santé publique au Tchad. L'objectif était d'étudier le tabagisme dans les 5 grands lycées d'enseignement secondaire général public de N'Djamena.

**Méthodologie:** Étude descriptive de février à avril 2015 avec passage unique. Les données récoltées sont analysées sur SPSS. Une campagne de sensibilisation sur les méfaits du tabagisme a été organisée dans chaque établissement après l'enquête.

**Résultats:** 400 lycéens sont interrogés, 102 (25%) fument : 86 de sexe masculin (84,3%) et 16 de sexe féminin (15,7%). Les principaux facteurs influant leur tabagisme sont le stress 32%, le suivisme 29%, et le plaisir de vivre 25% ; pour une initiation surtout entre l'âge de 10 à 15 ans (n=64 ; 63%). Le tabagisme des élèves est significativement associé à celui des pères/tuteurs (n=34 ; p=0,003). Le risque de maladies cardiovasculaires et respiratoires sont cités respectivement par 9,8% (n=10) et 69,6% (n=71) des élèves fumeurs. Les principaux symptômes cités sont la toux (25,5% ; n=26) et les douleurs thoraciques (30,3% ; n=31). La plupart des élèves (89,2% ; n=91) savaient qu'il est défendu de fumer dans les lieux publics ; 40,1% (n=41) ont connaissance de l'existence de la journée mondiale sans tabac ; 47% (n=48) ont connaissance de la loi de vente et de consommation de tabac au Tchad.

Les principales sources d'information sont l'école (n= 29) et les médias (n= 33). Ces informations n'influent pas sur le tabagisme des élèves (p=0,749). Les moyens de lutte le plus proposé par les 400 élèves interviewés est la sensibilisation (n=148).

**Conclusion:** La prévalence du tabagisme est élevée en milieu scolaire n'djamenois. L'information et la sensibilisation aux dangers du tabagisme devront être intensifiées dans les établissements scolaires.

**Mots clés:** prévalence, tabagisme, publics, lycéens, Ndjamenais, Tchad

### Abstract

**Introduction:** Smoking is a public health problem in Chad. The objective was to study tobacco use in the 5 major high schools of public secondary education in N'Djamena.

**Methodology:** Descriptive study from February to April 2015 with single pass. The data collected are analyzed on SPSS. An awareness campaign on the harmful effects of smoking was organized in each institution after the survey.

**Results:** 400 high school students are surveyed, 102 (25%) smoke: 86 male (84.3%) and 16 female (15.7%). The main factors influencing their smoking are stress 32%, followism 29%, and the pleasure of living 25%; For initiation especially between the ages of 10 and 15 years (n = 64, 63%). Student smoking was significantly associated with that of fathers / guardians (n = 34, p = 0.003). The risk of cardiovascular and respiratory diseases is cited respectively by 9.8% (n = 10) and 69.6% (n = 71) of the students smokers. The main symptoms were cough (25.5%, n = 26) and chest pain (30.3%; n = 31).



*Most students (89.2%; n = 91) knew that smoking was prohibited in public places; 40.1% (n = 41) are aware of the World No Tobacco Day; 47% (n = 48) are aware of Chad's tobacco sales and consumption law. The main sources of information are school (n = 29) and media (n = 33). This information does not affect student smoking (p = 0.749). The most popular means of control by the 400 students interviewed was awareness-raising (n = 148).*

**Conclusion:** *The prevalence of smoking is high in schools in Djamenois. Information and awareness of the dangers of smoking should be intensified in schools.*

**Keywords:** *prevalence, smoking, public, high school students, Ndjamenais, Chad.*

## Introduction

Notre pays à l'instar des autres, est exposé à la toxicomanie sous ses diverses formes dont fait partie le tabagisme [1].

Le tabagisme est l'ensemble des désordres causés par l'abus du tabac, c'est aussi une intoxication aiguë ou chronique par le tabac (la chique, la cigarette ou la pipe) [1].

Le tabagisme est l'une des principales causes évitables de décès dans le monde. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estimait qu'il y a 4 millions de décès liés au tabagisme chaque année [2]. Cette prévalence est en constante progression de même que l'âge d'initiation au tabac est de plus en plus précoce. Si cette tendance continue, le tabagisme sera responsable de la mort de 250 millions d'enfants et d'adolescents dont la majorité est dans les pays en développement [3].

Au Tchad, des enquêtes réalisées en milieu scolaire par l'Observatoire du Tabac en Afrique Francophone (OTAF) et l'Association pour la défense des Droits de Consommateurs (ADC) respectivement en 2005 et 2006, révèlent que 32% et 33% des jeunes âgés de 16 à 30 ans fument la cigarette. Le rapport d'enquête STEPS à N'Djamena en 2008, indique que les pourcentages des adultes fumeurs sont respectivement de 20,2% chez les hommes et 1,2% chez les femmes [4-5].

Constatant ce réel problème de santé publique, notre étude a permis de déterminer des données épidémiologiques et a cherché à établir les stratégies de lutte anti-tabac en milieu scolaire [6].

Pour cela, nous nous sommes fixés comme objectif de décrire l'impact du tabagisme en milieu scolaire dans les lycées publics d'enseignement général de N'Djamena.

## I. Sujets et méthodes

### 1-1 Cadre d'étude

Notre étude a été réalisée dans cinq (5) établissements publics de N'Djamena à savoir : le lycée de Walia, le lycée de Gassi, le lycée de la liberté, le lycée de Farcha et le lycée Félix Eboué.

### 1.2. Nature et durée de l'étude

C'est une étude transversale descriptive à passage unique, s'étalant sur une période de deux (2) mois, allant du 24 février au 23 avril 2015.

### 1.3. Population d'étude

Tous les élèves dans les cinq (5) lycées retenus constituaient la population d'étude.

### -Echantillonnage

Nous avons choisi ces lycées de manière à avoir une prévalence représentative de toute la ville. Un lycée au Nord, un lycée au Sud, un lycée à l'Est, un lycée à l'Ouest et un autre au centre de la ville de N'Djamena.

Au total 400 élèves de niveaux confondus des cinq établissements retenus étaient rassemblés dans une salle libre et pendant les heures creuses afin de répondre aux questionnaires.

#### **- Critères d'inclusion**

Tous les élèves des deux sexes, de la 2<sup>nd</sup>e en Terminale, âgés de plus de 16 ans, fréquentant les établissements retenus et ayant accepté de participer à l'étude.

#### **- Critères d'exclusion**

Sont exclus dans notre étude :

- Tous les élèves de moins de 16 ans et ceux de plus de 16 ans fréquentant les lycées retenus mais refusant de participer à l'étude.
- tous élèves dont les fiches de collecte préétablies ont été mal remplies
- Tous les élèves d'autres établissements.

### **1.4. Les variables**

- Les caractéristiques socioéconomiques
- Le statut tabagique de l'élève ;
- Le statut tabagique de l'entourage de l'élève ;
- Connaissance de l'élève sur le tabagisme ;
- Connaissance de l'élève sur les moyens de lutte anti-tabac.

### **1.5. Procédure de collecte des données**

La collecte de données a été effectuée dans les cinq établissements retenus. Tous les élèves de niveaux confondus étaient rassemblés dans une salle libre et pendant les heures libres afin de répondre aux questionnaires. Les fiches de collecte préétablies ont été remises aux élèves après une explication. Le remplissage était individuel pour tous les élèves d'un même lycée et pour une seule journée. Les fiches ont été immédiatement récupérées après remplissage.

### **1.6. Traitement et analyse des données**

Les données ont été saisies sur le logiciel Microsoft Word 2010, analysées sur SPSS version 18.0 et la mise en graphique a été effectuée par Microsoft Excel 2010. Le test de Khi deux a été utilisé pour les comparaisons avec un seuil de signification de  $p < 0,05$ .

## **II. Résultats**

Sur la période d'étude, L'enquête a concerné 400 élèves répartis dans les cinq lycées publics du Nord, Sud, Est, Ouest et au centre de la ville de N'Djamena.

### **2.1. Données sociodémographiques**

**Tableau 1** : répartition des élèves selon l'âge et le sexe

Age et Sexe	Effectif	%
Age (an)		
16-21	355	89
22-30	45	11
Total	400	100
Sexe		
Masculin	308	77
Féminin	92	23
Total	400	100

Dans les deux groupes d'élèves, on observe une prédominance masculine avec une sex-ratio de 3,3 et la tranche d'âge majoritaire était de 16 à 21 ans. L'âge n'a pas un impact statistiquement significatif sur le tabagisme des lycéens  $P=0,100$

## 2.2 Statut tabagique de l'élève

**Tableau 2 :** répartition des élèves selon leur statut tabagique

Statut tabagique	Effectifs	%
Oui	102	25
Non	298	75
Total	400	100

Sur 400 élèves des cinq établissements, 102 ont reconnu avoir au moins fumé une fois du tabac, soit une fréquence de 25%.

**Tableau 3:** répartition des élèves selon l'âge d'initiation du tabagisme

Age d'initiation du tabagisme	Effectifs	%
10 à 15ans	64	63
Plus de 15ans	38	37
Total	102	100

La majorité des élèves a initié précocement le tabagisme entre 10 à 15 ans avec un effectif de **64**, soit une fréquence de 63%.

## 2.3. Répartition des élèves selon le statut tabagique de l'entourage

**Tableau 4 :** répartition des élèves fumeurs selon le statut tabagique de leurs pères

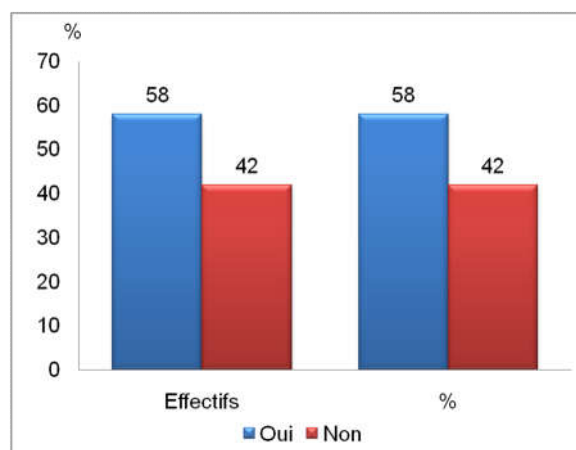
Elèves fumeurs Pères fumeurs						Total	
		Oui		Non			
		N	%	N	%	N	%
	Oui	34	37,36	57	62,63	91	100
	Non	68	22,00	241	77,99	309	100
Total		102	25,5	298	74,5	400	100

Les élèves fumeurs ont approuvé que leurs pères fument du tabac, soit 37,36%. Le tabagisme chez les pères a un impact statistiquement significatif pour le tabagisme des élèves  $P=0,003$

## 2.4. Tabagisme passif

### - Connaissance du tabagisme des enfants par les parents.

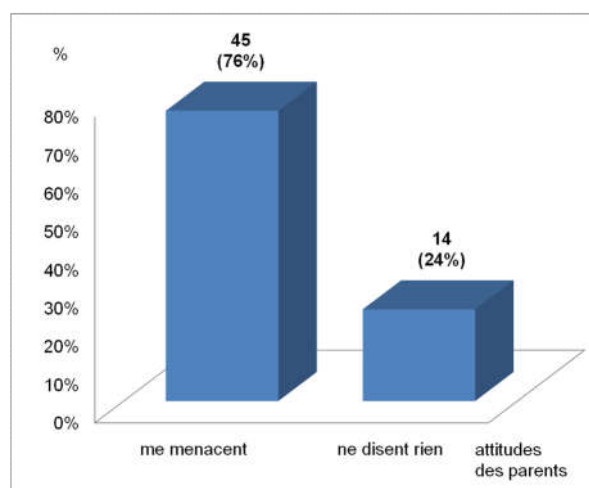
Cinquante-neuf des fumeurs ont approuvé que leurs parents avaient connaissances sur leur tabagisme, soit une fréquence de 58%.



**Figure 1** : répartition des élèves selon leur tabagisme connu par les parents.

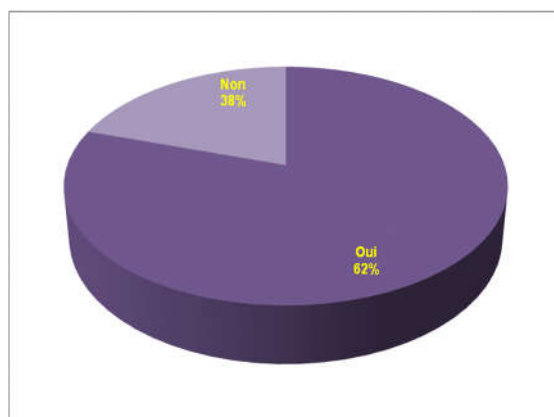
#### - Attitudes des parents

Un nombre important des parents soit 76% protestaient contre le tabagisme de leurs enfants tandis que 24 % restaient indifférent.



**Figure 2** : répartition des élèves selon les attitudes des parents face à leur tabagisme.

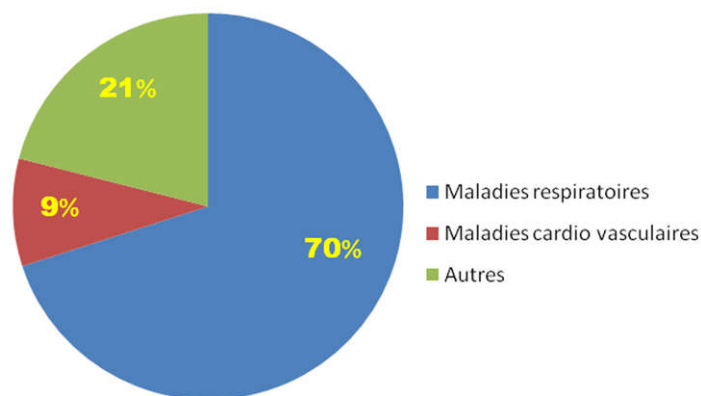
Répartition des élèves selon le statut tabagique des enseignants



**Figure 3**: distribution des élèves selon le statut tabagique des enseignants.

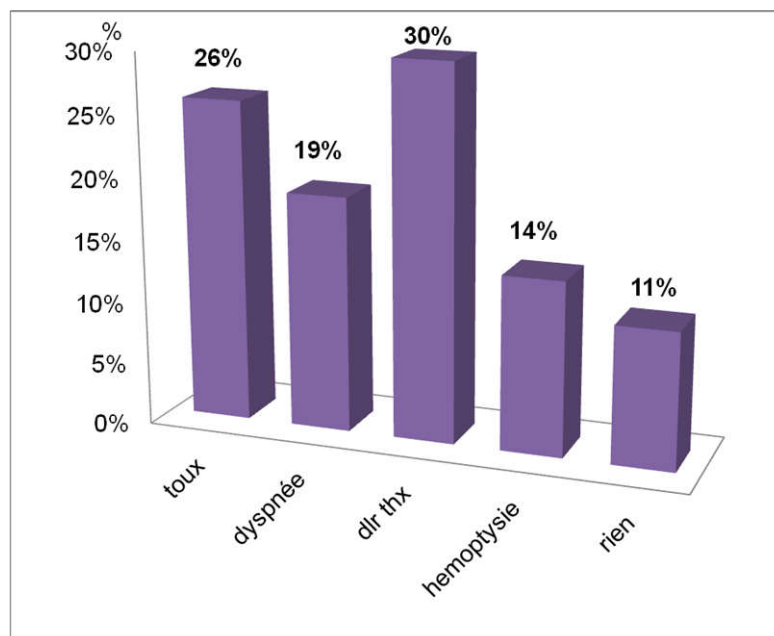
La majorité des élèves ont approuvé que leurs enseignants fument soit une fréquence de 62%.

## - Connaissance de l'élève sur le tabagisme



**Figure 4 :** distribution des élèves selon la connaissance des maladies liées à l'usage du tabac.

La majorité d'élèves avait connaissance sur le tabagisme comme facteur de risque des maladies respiratoires avec une fréquence de 70%.



**Figure 5:** répartition des élèves selon les symptômes.

La toux et la douleur thoracique étaient des maîtres symptômes du tabagisme, avec fréquences respectivement de 26% et de 30%.

### 2.5. Facteurs influençant le tabagisme et le motif de sevrage.

Le stress était le facteur déclenchant dominant avec un pourcentage de 32%. Un nombre de 14 élèves soit 35% a sevré le tabagisme pour motif de maladie.

**Tableau 5** : répartition des élèves selon le facteur déclenchant, le motif de sevrage tabagique.

Facteurs influençant et motifs de sevrage	Effectifs	%
<b>Facteurs influençant</b>		
plaisir	25	24
Suivisme	29	28
Tabagisme passif	8	8
<b>Stress</b>	<b>33</b>	<b>32</b>
Langage facile	7	7
Total	102	100
<b>Motif de sevrage</b>		
Maladie	<b>14</b>	<b>35</b>
Economique	2	5
Indisposition	4	10
Culpabilité	4	10
Religion	10	25
Médias	6	15
Total	40	100

## 2.6. Niveau d'informations des élèves fumeurs sur les dangers du tabac

**Tableau 6** : répartition des fumeurs selon leur niveau d'information sur les dangers du tabac.

Dangers informés							
		Oui		Non			
Elèves fumeurs						Total	
		N	%	N	%	N	%
	Oui	74	25,08	28	26,66	102	25,5
	Non	221	74,91	77	73,33	298	74,5
Total		295	100	105	100	400	100

Sur 102 élèves fumeurs 74 avaient reçu des informations sur les dangers du tabagisme soit une fréquence de 25,08%. Il n'y a pas impact statistiquement significatif en ce qui concerne le niveau d'information des élèves  $P=0,749$

**Tableau 7** : répartition des élèves selon les sources d'information par établissement

Etablissements								Total	
		Walia		Gassi		Liberté		Farcha	
Sources		N	%	N	%	N	%	N	%
	Ecole	15	13	27	23	22	19	25	22
	Eglise	8	24	13	39	0	0	3	9
	Mosquée	2	14	0	0	5	36	1	7
	Medias	24	18	26	20	29	21	33	25
Total		49	17	66	22	56	19	62	21

Les informations sur les dangers du tabagisme ont été transmises beaucoup plus par les établissements et les médias. Les sources d'information ont un impact statistiquement significatif sur les élèves.  $P=0,000$ .

## 2.7. Les moyens de lutte anti-tabac

**Tableau 8** : répartition des élèves selon leurs moyens de lutte anti-tabac.

Moyens de lutte anti-tabac	Effectifs	%
<b>Sensibilisation</b>	<b>149</b>	<b>37</b>
<b>Fermeture usine</b>	<b>47</b>	<b>12</b>
<b>Augmentation de Prix</b>	<b>30</b>	<b>8</b>
Volonté d'abandon	16	4
Médicaments	15	4
Je ne sais pas	143	36
Total	400	100

Les moyens de lutte anti-tabac selon les élèves étaient la sensibilisation, la fermeture des usines de fabrication, et l'augmentation des prix de la cigarette, avec des fréquences respectives 37%, 12%, et 8%.

### - Besoin de sevrage et défense de fumer dans les lieux publics.

Un nombre de 61 élèves désirait sevrer le tabagisme avec une fréquence de 84% et un nombre de 356 élèves savait qu'il est défendu de fumer dans les lieux publics avec une fréquence de 89%.

### - Connaissance sur l'existence de la journée mondiale sans tabac, la loi de vente et de consommation de tabac au Tchad et les moyens de lutte antitabac.

Sur les 400 élèves, 40% avaient connaissance sur l'existence de la journée mondiale sans tabac, 47% avaient connaissance sur la loi de vente et de consommation de tabac au Tchad et 64% sur les moyens de lutte antitabac.

## II. Discussion

Le but de l'étude était d'étudier le tabagisme en milieu scolaire dans les établissements publics de N'Djamena. Une interview a été réalisée auprès des élèves à partir d'une fiche d'enquête individuelle préalablement élaborée. Il s'agissait d'une étude transversale à passage unique porté sur 400 élèves âgés de 16 ans et plus.

Nous avons trouvé au terme de notre étude qu'un grand nombre d'élèves était âgé de 16 à 21 ans et une prédominance masculine avec un pourcentage de 77%.

Ce résultat est inférieur à celui de Biéter Dembélé [7] chez les lycéens de Bamako soit 72,3%. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que certaines traditions exigent qu'une fille soit ménagère et de ce fait, elle s'occupe des ménages du foyer au détriment de sa scolarité. De plus ces dernières se marient très tôt et par conséquent font des maternités précoces, soient des grossesses indésirées les obligeant à abandonner les études.

Le pourcentage de 89% des élèves de 16 à 21 ans s'expliquerait par le fait que le gouvernement a exigé qu'un bachelier n'aurait pas plus de 25ans pour avoir accès aux études supérieures et pour cette raison, certains élèves plus âgés étaient obligés de réduire leurs âges.

Cependant, sur les 400 élèves enquêtés, 102 ont reconnu avoir fumé au moins une fois de la cigarette dans leur vie, soit 25%.

Ahamed Kodio au Mali a trouvé 14% sur les 328 élèves enquêtés [8]. Diarra au Mali a fait une étude de prévalence de tabagisme chez les étudiants et a trouvé 117 étudiants fumeurs sur 590 enquêtés avec un pourcentage de 19,8% [9] qui est inférieur à nos résultats. Biéter Dembélé [7] a trouvé 69 élèves fumeurs sur 634 élèves enquêtés soit un pourcentage de 10,9%.

Nos résultats sont supérieurs à ceux de l'Observatoire du Tabac en Afrique Francophone (OTAF) en collaboration avec la LNC et l'UICC qui ont fait une étude sur la prévalence du tabagisme et le comportement des jeunes vis-à-vis du tabac dans les pays francophones en 2005, dont au Tchad cette prévalence atteignait 33% avec un effectif de 469 [10] .

Par ailleurs, sur les 102 fumeurs, 86 initiaient précocement le tabagisme dans la tranche d'âge de 10 à 15 ans, soit un pourcentage de 63%. Cette situation pourrait s'expliquer aussi par le fait que c'est généralement dans cette tranche d'âge que le jeune veut s'affirmer, se faire passer pour un « adulte », s'identifier à ses modèles.

Au Tchad, des enquêtes réalisées en milieu scolaire par l'Observatoire du Tabac en Afrique Francophone (OTAF) et l'Association pour la défense des Droits de Consommateurs (ADC) respectivement en 2005 et 2006, révèlent que 32% et 33% des jeunes âgés de 16 à 30 ans fument la cigarette. Le jeune est convaincu que la cigarette est une preuve de parfaite intégration dans le monde moderne, de l'élégance, de la détente, du passage de l'âge de l'adolescence à l'âge adulte, de la virilité; elle lui donne de l'assurance, et un sentiment de valorisation.

La majorité des élèves déclarait avoir commencé à fumer par motif de stress 32% contre 29% par suivisme et 25% par plaisir. Donbé Nganguenon.G [11] a trouvé 37,8% des élèves qui avaient commencé à fumer par suivisme dans son rapport de l'enquête globale sur le tabagisme chez les jeunes en milieux scolaires publics et privés de la capitale et dans les provinces du Tchad.

Par ailleurs, parmi les fumeurs, 35% ont déclaré avoir arrêté de fumer pour des raisons de santé, 25% pour des raisons religieuses, 15% pour des raisons de sensibilisation, 10% par culpabilisation et 10% pour raisons d'indisposition de l'entourage et 5% pour des raisons économiques. Nos résultats étaient inférieurs à ceux de Ahamed Kodio [8] qui en a trouvé 65% pour des raisons de santé et Biéter Dembélé [7] : 56,9% pour des raisons de santé et 13,7% pour raison de sensibilisation

Il y a 72% élèves qui avaient connaissance sur le tabac comme un facteur de risque pour la santé, 28% ne savaient pas que le tabac a une influence néfaste sur la santé. Nos résultats concordent avec ceux trouvés par Biéter Dembélé [7] qui a constaté 70,5%. Ceci prouve que la connaissance théorique sur les méfaits du tabac est insuffisante d'où l'intérêt de faire des campagnes de lutte contre le tabagisme par des images.

Les effets nocifs cités étaient les maladies respiratoires 70%, les maladies cardiovasculaires 21%, et autres pathologies 9%. Abdou Aziz Akpa [2] a retrouvé 65,9% des maladies respiratoires, 63% des maladies cardiovasculaires. OTAF et l'UICC [10] en a trouvé 63,1%.

Sur les élèves interrogés, 45% avaient reçu les informations sur les médias, 39% dans les écoles, 12% dans les églises et 4% dans les mosquées. Ces résultats montrent que les lieux propices de faire véhiculer les informations sont des établissements, les médias et les églises. Donbé Nganguenon.G [11] a retrouvé 78,0% des élèves ayant reçu des informations sur les dangers du tabagisme sur les médias. Sur les 102 élèves fumeurs, 30% déclaraient qu'ils sentaient de douleurs thoraciques, 26% manifestaient la toux, 19% avaient de dyspnée et 14% manifestaient une hémoptysie.

Par ailleurs, sur 59 parents ayant connaissance sur le tabagisme de leurs enfants, 45 protestaient contre le tabagisme de leurs enfants, soit un pourcentage de 76% et 24% des parents restaient indifférents. La protestation a une influence statistiquement significative sur le comportement tabagique des élèves ( $P=0,000$ ). Adou Aziz Akpa [2] qui en a trouvé 2,8% des parents des élèves fumeurs qui restaient indifférents à l'égard de leurs enfants.

Diallo Binta [12] dans son étude : tabagisme en milieu scolaire chez les élèves de 12 à 21 ans dans les centres d'animation pédagogique du district de Bamako, a trouvé 67,7% des parents qui protestaient contre le tabagisme de leurs enfants et 6,5% restaient indifférents.



Il apparaît dans l'étude que le tabagisme du père en présence de l'enfant a une influence statistiquement sur le tabagisme de l'enfant ( $P=0,000$ ). Nos résultats étaient proches de ceux de Donbé Nganguenon.G [11] qui a retrouvé 19,1% des parents d'élèves qui fumaient du tabac. La plupart des garçons s'identifient à leur père. Ce même constat a été observé par Diarra Bouama Sabaké au Mali, dans son étude sur la prévalence du tabagisme chez les étudiants de la faculté de lettre moderne, arts et langue, où il avait trouvé 67,8% des pères fumeurs [9]. Le comportement tabagique des parents a beaucoup d'effet sur celui des enfants.

Ce pendant, le tabagisme de l'enseignant peut avoir également incité les élèves à fumer de la cigarette. Notre étude retrouvait un pourcentage de 62% pour un effectif de 247 élèves ayant déclaré que leurs enseignants fumaient de la cigarette. Ce résultat est supérieur à celui de Biéter Dembélé au Mali qui a réalisé une étude sur 328 élèves dont 52,7% ont déclaré que leurs enseignants fumaient de la cigarette [7]

Plus de 40% des élèves savaient qu'il existe une journée mondiale sans tabac d'où l'importance de médiatiser d'avantage cette journée afin d'atteindre la population cible. Ahamed Kodio [6] a trouvé 18,3%. Il y a 47% des élèves qui savaient qu'il existe une loi de vente et de consommation de tabac au Tchad contre 53% qui ne savaient pas. Ahamed Kodio [6] a trouvé 23,5%. Adou Aziz Akpa Abdou [2] a trouvé 59,9% contre 40,1% qui ne savaient pas. Ce pourcentage prouve qu'il reste un effort à fournir pour faire connaître cette loi à la population. Plus de 64% ont eu connaissance sur les moyens permettant la lutte antitabac dont 37% pour la sensibilisation, 12% désiraient une fermeture des usines de fabrication de cigarette et 8% sollicitaient une augmentation de prix de cigarettes aux marchés, 4% disaient qu'on ne peut sevrer que volontairement et 4% autres approuvaient qu'il faut un apport médicamenteux

## **Conclusion**

Au terme de notre étude, la prévalence globale du tabagisme chez les élèves dans les cinq établissements retenus était de 25% dont 63% ont initié précocement leur tabagisme entre 10 à 15 ans et 37% de plus de 15 ans. Parmi les fumeurs 22% étaient âgés de 16 à 21 ans contre 4% de 22 à 30 ans. Les fumeurs de sexe masculin dominaient dans notre étude 27,92% contre le sexe féminin 17,39%. Leurs motifs essentiels étaient le stress 33%, le suivisme 29%, et le plaisir 25%.

Plus de 76% des parents protestaient le tabagisme de leurs enfants contre 24% qui restaient indifférents. Plus de 35% des fumeurs ont sevré le tabac par motifs de problèmes sanitaires. 72% des élèves ont eu connaissance sur les dangers de tabac dont 51% sur les risques de maladies pulmonaires, 9% des maladies cardiovasculaires et 10% d'autres maladies.

Parmi les élèves interrogés, 45% ont reçu les informations sur les dangers de tabagisme par les médias. Les symptômes évoqués par les fumeurs étaient la douleur thoracique 30%, la toux 26%, la dyspnée 19% et l'hémoptysie 14%. Plus de 84% désiraient le sevrage tabagique. 11% ne savaient pas qu'il est défendu de fumer dans les lieux publics. 78% des élèves disaient non à la publicité de tabac. 40% savaient qu'il existe une journée mondiale sans tabac et 47% savaient aussi qu'il existe une loi de vente et de consommation de tabac au Tchad.

Les moyens de lutte contre le tabagisme selon les élèves étaient la sensibilisation (58%), la fermeture des usines de fabrication (18%), une augmentation de prix de cigarettes aux marchés (12%), un sevrage volontaire (6%) et par médicaments (6%).

Il est à noter que le comportement tabagique des jeunes et plus particulièrement les élèves, reste un fléau à combattre.

## **Bibliographie**

- 1- Global Youth Tobacco Survey : GYTS.** Enquête sur le tabac chez les adolescents en milieu scolaire de Ouagadougou et Bobo-Dioulasso au Burkina-Faso. 2003.
- 2- Abdou Aziz Akpa :** Etude de la prévalence du tabagisme chez les élèves du cycle Fondamental dans la commune II du district de Bamako-Mali. Thèse de médecine, université de Bamako, 2015, 81p.
- 3- Mackay J, Erksen M. The tobacco Atlas:** World Health Organization 2002.
- 4- Aliou Diaw :** Le tabagisme chez le personnel médical et paramédical du CHU du point-G. Thèse de médecine, université de Bamako, 2008, 22p.
- 5- Association pour la Défense des droits de Consommateurs (ADC) :** Rapport de l'enquête de la société civile tchadienne sur le suivi de la mise en œuvre de la convention cadre de l'OMS pour la lutte anti-tabac. Tchad, 2013.
- 6- 10 Ousmane Camara :** Connaissance et attitudes des patients vis-à-vis du tabagisme dans le service de pneumologie du CHU du point-G. Thèse de médecine, N°260, université de Bamako, 2007, 70p.
- 7- Bierté Dembélé:** Tabagisme dans certains lycées publics et privés de l'académie d'enseignement de Bamako Rive/Gauche. Thèse de médecine, université de Bamako, 2007, 25p.
- 8- Ahmed Kodio :** Tabagisme en milieu scolaire de la commune V du district de Bamako. Thèse de médecine, université de Bamako, 2010, 13p.
- 9- Diarra Bourama Sabaké :** Prévalence du tabagisme aux facultés de lettres, langues, arts et science humaine. Thèse de médecine, université de Bamako, 2009, 20p.
- 10- OTAF en collaboration avec LNC et l'UICC :** Enquêtes sur la prévalence du tabac et le comportement des jeunes vis-à-vis du tabac dans les pays francophones. 2005.
- 11- DONBE NGANGUENON GODE :** rapport de l'enquête globale sur le tabagisme chez les jeunes en milieu scolaires public et privés, 2008, Tchad
- 12- Diallo Binta :** Etude de tabagisme en milieu scolaire fondamental chez les élèves de 12 à 21 ans dans les centres d'animation pédagogique du district de Bamako. Thèse de pharmacie, N°56, 2005.

## Evaluation de la qualité hygiénique de quelques produits issus de la technologie traditionnelle à partir des fruits de *Hyphaene thebaïca* Mart., *Parkia biglobosa* Jacq. (Benth) et *Ziziphus mauritiana* Mart. vendus dans les marchés du Tchad

Makalao Mouti Marceline<sup>1\*</sup>, Aly Savadogo<sup>1</sup> et Alfred S. Traore<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de Biotechnologie Alimentaire, Centre de Recherche en Sciences Biologiques, Alimentaires et Nutritionnelles (CRSBAN), Unité de Formation de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR-SVT), Université Ouaga I Pr Joseph Kizerbo, Burkina Faso, BP : 7021, Ouagadougou. \*Auteur correspondant : Email: moutimarceline@yahoo.fr.

### Résumé

Le présent travail vise à apporter une contribution à l'étude de la qualité hygiénique des gâteaux issus des fruits secs de *Ziziphus mauritiana* Lam., de la farine issue des fruits secs de *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. et des dômes dépelliculés issus des fruits secs de *Hyphaene thebaïca* Mart., produits de manière artisanale et vendus sur les marchés du Tchad. Au total, 18 échantillons ont été prélevés dont 6 par Département. Le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale, des coliformes, des staphylocoques, des streptocoques, des levures, des moisissures et des salmonelles ont été réalisés en utilisant les techniques standards de la microbiologie. Les résultats ont montré que ces produits issus de la technologie traditionnelle contiennent des concentrations élevées en microorganismes au-delà des normes requises. Cela implique le non-respect des règles d'hygiène des fabricants et ou des consommateurs. Il est donc important de s'en impliquer afin d'épargner au consommateur d'éventuelles contaminations.

**Mots clés :** fruits sauvages, technologie traditionnelle, qualité hygiénique.

### Abstract

*This work aims to contribute to the study of the hygienic quality of cakes from dried fruits of Ziziphus mauritiana Lam., flour from dried fruits of Parkia biglobosa (Jacq.) Benth and crushed domes from dried fruits of Hyphaene thebaïca Mart. of artisanal products and sold on the markets of Chad. A total of 18 samples were taken including 6 by Departments. Enumeration of total aerobic mesophilic flora, coliforms, staphylococci, streptococci, yeasts, molds and salmonella were performed using microbiological standard techniques. The results showed that these products of traditional technology contain high concentrations of these microorganisms beyond the required standards. This implies non-compliance with hygiene manufacturers and or consumers. It is important to involve in order to spare consumers from possible contamination.*

**Key words:** wild fruits, traditional technology, hygienic quality.

### Introduction

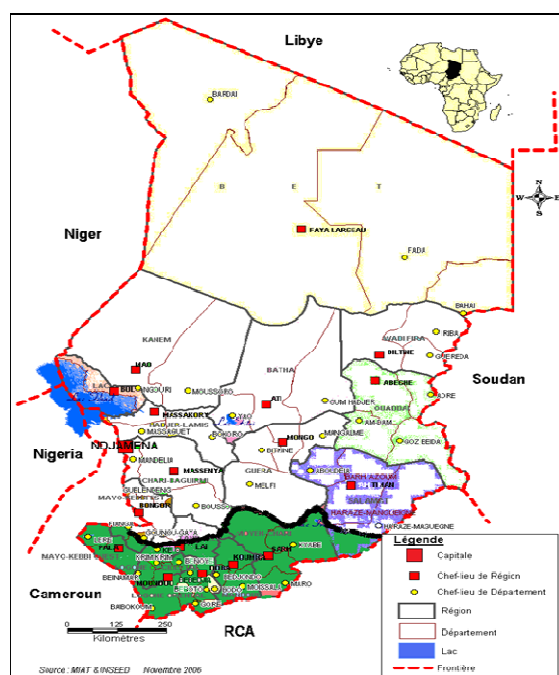
En Afrique soudano-sahélienne, environ 90% des besoins en bois-énergie sont assurés par les formations forestières pour les populations urbaines et rurales Kouyaté (2005), Bastide et Ouedraogo (2008), Gning *et al.*, (2013). Cette végétation subit une coupe abusive du bois et la présence de la plupart des arbres fruitiers parsemés dans la savane ne sont point épargnés par cette pratique dégradante de l'environnement Ambé (2001), Makumbelo *et al.*, (2007). Ces fruits sauvages sont vendus sur les marchés par les femmes et les enfants, couches les plus vulnérables de la société, qui effectuent eux-mêmes la cueillette et le ramassage dans les petites forêts de savane qui environnent les villes et les villages Ake *et al.*, (2006).

Parmi ces arbres fruitiers, nous pouvons citer les plus connus qui sont entre les fruits du néré [*Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth.], les fruits du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn. F.), les fruits du jujubier (*Ziziphus mauritania* Lam.) et bien d'autres. Ces fruits subissent le plus souvent des transformations artisanales telles que les farines, les gâteaux, les bouillies, les jus en vue de non seulement les conserver, mais ausside les vendre pour subvenir aux besoins familiales des populations villageoises Nyanga(2012), Sanoussi *et al.*, (2012). Seulement, les produits alimentaires vendus sur les marchés sont souvent exposés à l'air libre, et il s'ensuit des contaminations qui exposent le consommateur aux infections. Cette situation à amener les consommateurs avertis à exiger que les aliments qui leurs sont proposés soient sans danger. Pour répondre à une telle exigence, il est nécessaire que les aliments subissent un contrôle hygiénique avant d'être mis à leurs dispositions Isaac(2010). Il est donc important de recenser premièrement les méthodes artisanales de transformation de ces fruits et de faire ensuite une analyse microbiologique pour mieux apprécier leur qualité hygiénique. Pour ce faire, sur la base de leur importance économique Makalao *et al.*, (2015), 3 types de fruits sont choisis : *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth., *Ziziphus mauritania* Mart. et *Hyphaene thebaïca* Mart. Les produits issus de ces fruits sont les farines, les gâteaux et les dômes dépélucullés vendus sur les marchés du Tchad.

## I- Matériels et méthodes

### 1- Le milieu d'étude : choix des zones d'études

Trois Départements ont été choisis au Tchad (Kabbia, Mayo-Kebbi Est et Tandjilé). Ils ont été choisis sur la base de leur position géographique et se situent dans le grand Sud du pays (Figure 1), et de la disponibilité des produits issus des fruits sauvages vendus sur les marchés locaux des dits Départements. Le Département du Mayo-Kebbi Est dont le chef lieu Bongor est situé à 253 km au Sud de N'Djamena entre le 10° et 31° de latitude Nord et 15° et 37° de longitude Est, se situe dans la zone sahélo-soudanienne. Le Département de la Kabbia dont le chef lieu Gounou-Gaya ou Gaya simplement est situé à 350 km de N'Djamena entre le 9° et 62° de latitude Nord et 15° et 5° de longitude Est, et le Département de la Tandjilé dont le chef lieu Laï est situé à 400 km au Sud de N'Djamena entre le 9° et 37° de latitude Nord et 16° et 32° de longitude Est. Ces deux derniers Départements se situent dans la zone soudanienne.



○: Sites d'échantillonnage

**Figure 1** : Sites d'échantillonnage (Source: TCHAD, ORCE, 2009)

## 2- Cadre et période d'étude

L'étude a été réalisée au Laboratoire de Biotechnologie, des Sciences Alimentaires et Nutritionnelles (LABSAN) du Centre de Recherches en Sciences Biologiques Alimentaires et Nutritionnelles (CRSBAN) à l'Université de Ouagadougou (Burkina Faso). Il s'agit d'une étude prospective pour un contrôle de qualité qui a été menée d'Avril à Août 2015.

## 3- Enquêtes prospectives

Une enquête prospective a été menée dans les chefs-lieux des Départements auprès des vendeuses des produits artisanaux issus des fruits sauvages à l'aide d'une fiche d'enquête préétablie (site de vente et paramètres d'hygiène).

## 4- Echantillonnage

Les produits suivants ont été achetés sur les chefs lieu des marchés des dits Départements : les gâteaux secs issus des fruits de *Ziziphus mauritiana* Lam., les dômes dépélicillés issus des fruits de *Hyphaene thebaïca* Mart. et les farines issues des fruits de *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. La collecte des échantillons a été faite dans les conditions aseptiques afin d'éviter toute contamination supplémentaire entraînant une augmentation de la charge microbienne initiale dans le produit à analyser. Trois vendeuses ont été sélectionnées au hasard, au total 18 vendeuses ont été enquêtées. L'enquête s'est déroulée en même temps que les échantillonnages.

### - Etude de la qualité microbiologique

#### - Préparation de la solution mère et des dilutions

Dix (10g) du produit à analyser ont été pesés puis 90 ml d'eau physiologique (NaCl 0,9%) ont été ajoutés. Toutes les dilutions ont été préparées à partir de cette solution mère. Un (1) ml de la solution mère a été prélevé puis introduite dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Les dilutions  $10^{-4}$  à  $10^{-5}$  ont été retenues pour la recherche de la flore aérobie mésophile totale et les dilutions  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$  ont été retenues pour les levures et les moisissures, les coliformes totaux, fécaux, *Escherichia coli*, les streptocoques et les staphylocoques. Deux boîtes ont étéensemencées par dilution selon la norme ISO 6887-2 (ISO, 2004).

## 5- Recherche et dénombrement de la FAMT

La flore aérobie mésophile totale est l'ensemble de microorganismes aptes à donner des colonies visibles aux températures moyennes (20 à 25°C pour les psychotrobes, 30 à 37°C pour les mésophiles). Le dénombrement de cette flore est utile en ce sens qu'il permet de définir des déviations, qui donneront une idée sur la charge microbienne des échantillons. C'est un milieu d'isolement où se développent la plupart des germes peu exigeants (Dossou *et al.*, 2011; Kayalto *et al.*, 2013). L'ensemencement s'est fait par étalement et l'incubation a été effectuée à 30°C pendant 24h.

## 6- Recherche et dénombrement de levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont des microorganismes qui, après ensemencement en surface sur un milieu inhibiteur pour les bactéries aérobies (gélose Sabouraud), forment respectivement des petites colonies blanches et des filaments blancs avec un centre noir après incubation à 30°C en anaérobiose pendant 5 jours (AFNOR, 2009).

## 7- Recherche et dénombrement de coliformes Totaux et Thermotolérants

Les coliformes thermotolérants sont une flore spécifique de la flore fécale. Pour distinguer les coliformes fécaux des coliformes thermotolérants, l'incubation se fait à 2 températures différentes (37°C et 44°C respectivement). Le dénombrement a concerné les boîtes contenant entre 15 à 150 colonies jaunes, vertes ou marron conformément à la norme ISO 21528-2 (ISO, 2004).

## 8- Recherche des salmonelles

La gélose (SS : *Salmonella et Shigella*) qui est un milieu sélectif a été utilisée pour la recherche et l'isolement des Salmonelles. Il inhibe la croissance des bactéries à Gram positif et partiellement celle de nombreux coliformes et *Proteus*. Selon la norme en vigueur, la recherche des salmonelles s'est effectuée dans 25g de produits. L'incubation des boîtes s'est faite pendant 24H à 37°C. Le dénombrement s'est fait en prenant en compte les boîtes montrant des colonies opaques, blanches ou rouge-rosé entourées d'une zone brillante rouge selon la norme ISO 6579 (ISO, 2002).

## 9- Recherche et dénombrement des Staphylocoques

Pour le dénombrement des staphylocoques, un ensemencement en surface sur le milieu sélectif de Chapman (Biomérieux) a été réalisé. Les boîtes ensemencées ont été incubées à 37°C pendant 24H et 48H. Toutes les boîtes où il y a eu croissance de petites colonies jaunes de diamètre 0,5mm à 2mm ont été retenues pour le dénombrement (Abderahim *et al.*, 2012).

## 10- Recherche et dénombrement des streptocoques

L'ensemencement s'est fait sur le milieu Bile Azide Esculine. Les boîtes de Pétri sont incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures. A l'issue de cette échéance, les colonies de streptocoques ont été dénombrées. Les colonies apparaissent blanchâtres entourées d'un halo noire (Viridiana, 2010).

## 11- Expression et interprétation des résultats :

Les moyennes, les écart-types ont été calculés à base du logiciel Microsoft Office Excel 2007. Les moyennes des concentrations microbiennes (nombre moyen d'UFC/g) trouvées dans chaque gamme d'échantillons ont été interprétées selon le plan à deux classes en comparant les résultats exprimés en UFC moyen/gramme de produit pour chaque lot avec les valeurs données par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa, 2008). Le tableau I nous présente les critères microbiologiques retenus pour l'interprétation des résultats. Les gâteaux secs de jujube sont considérés comme des pâtisseries et la farine de néré et les dômes dépelliculés sont considérés comme des produits secs non cuits.

## 12- Etat actuel des connaissances

**Tableau I** : critères microbiologiques utilisés pour l'interprétation des résultats.

Microorganismes recherchés	Pâtisserie	Produits séchés non cuits
FAMT	<3,0.10 <sup>4</sup> UFC/g	<5,0.10 <sup>3</sup> UFC/g
Coliformes totaux	Absent	Absent
Coliformes fécaux	Absent	Absent
<i>Escherichia coli</i>	<1g UFC/g	<100g UFC/g
Levures+moisissures	Absent	<1,0.10 <sup>4</sup> UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	<100g UFC/g	Absent
<i>Salmonella</i>	absence/25g	absence/25g

Source : Agence Française de la Sécurité Sanitaire des Aliments (Afssa, 2008).

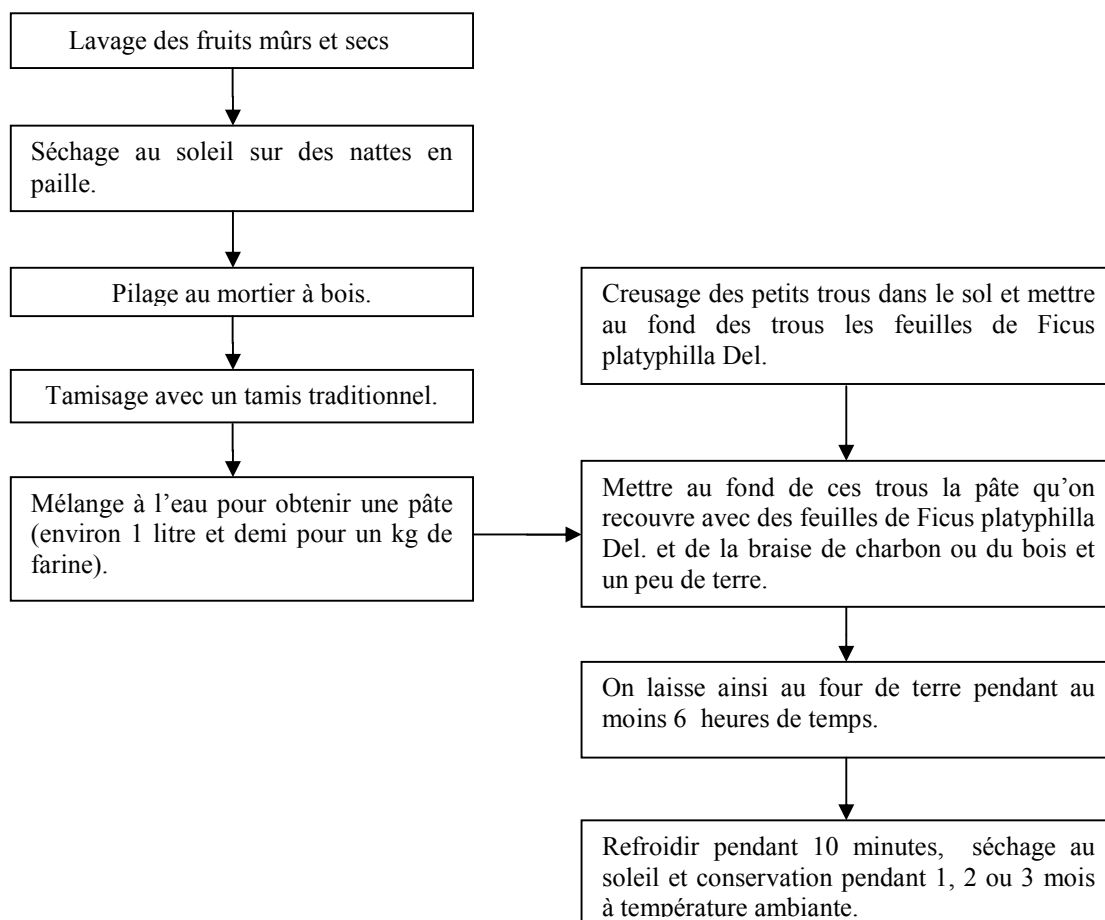
UFC : Unité formant colonie.

## II-Résultats

### 1. Diagramme de production des produits issus de la technologie alimentaire

Selon les vendeurs enquêtés dans les trois Départements, il ressort que les procédés traditionnels sont pratiquement les mêmes (Figures 1, 2 et 3). Après l'obtention de ces produits, ils sont séchés à l'air libre au soleil pour une meilleure conservation avant d'être vendus.

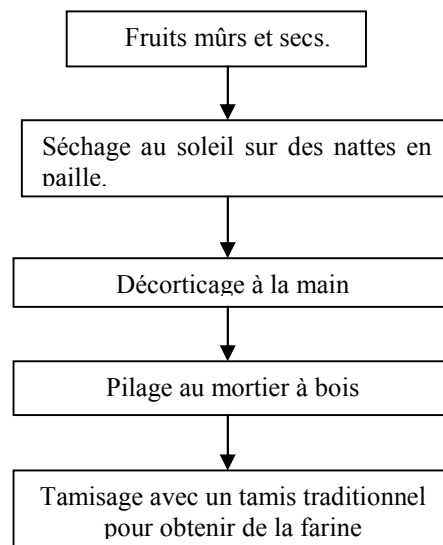
#### - Gâteaux de jujubes



**Figure 1** : Production des gâteaux de (*Ziziphus mauritiana* Lam.) à Bongor, Gaya et Laï.

Photo 1: La flèche en blanc montre les gâteaux de jujube sur un sac à même le sol dans un marché du Tchad. Source: Photo Makalao MM. 2015.

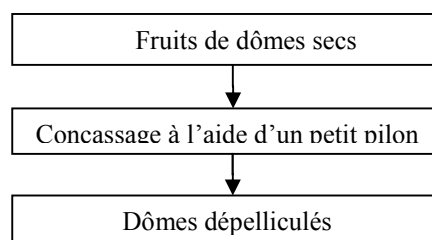
- Farine du néré



**Figure 2** : Production de farine de néré (*Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. à Bongor, Gaya et Laï.

Photo 2: farine de néré dans des bassines et sac ouverts dans un marché du Tchad. Source: Photo Makalao MM. 2015.

- Concassage des dômes



**Figure 3** : Production des dômes dépelliculés (*Hyphaene thebaïca* Mart.) à Bongor, Gaya et Laï.

Photo 3: la flèche en blanc montre les fruits des dômes dépelliculés (dans une bassine) dans un marché du Tchad. Source: Photo Makalao MM. 2015



## 2. Les analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques des gâteaux de jujube, de la farine de néré et dômes dépelliculés sont représentés dans les tableaux II, III et IV. Au vu de ces résultats, selon les normes de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa, 2008), la qualité microbiologique de nos produits ne respecte aucune de ces normes. Les nombres des microorganismes selon le microorganisme considéré, sont très largement supérieurs aux valeurs recommandées. Ainsi, l'examen microbiologique des produits issus des pratiques artisanales montre que la flore de ces dernières est essentiellement constituée de germes aérobies mésophiles totales dont les plus élevées sont de  $1,32 \times 10^8$  UFC pour la farine de néré,  $9,9 \times 10^5$  UFC pour les gâteaux de jujube toutes deux à Gaya et  $2,09 \times 10^7$  UFC pour les dômes dépelliculés à Bongor. Ces valeurs sont très largement supérieures à  $5 \times 10^5$  UFC pour un produit végétal non cuit tels que la farine de néré et les dômes dépelliculés et  $3 \times 10^4$  UFC pour les gâteaux de jujube considéré comme une pâtisserie au stade de commerce de détail selon les normes Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments). Une présence à des proportions anormales de coliformes fécaux dont les valeurs maximales sont de  $7,76 \times 10^4$  UFC pour la farine de néré à Bongor,  $7,46 \times 10^4$  UFC pour les gâteaux de jujube à Gaya et  $7,83 \times 10^3$  UFC pour les dômes dépelliculés à Laï est également notée. Ces coliformes de même origine telle que *Escherichia coli* ont des valeurs maximales aussi très élevées :  $1,42 \cdot 10^3$  UFC pour la farine de néré,  $4,3 \times 10^3$  UFC pour les gâteaux de jujube et  $1,73 \times 10^3$  UFC pour les dômes dépelliculés toutes trois à Bongor. Les streptocoques fécaux ont des valeurs maximales de  $4,79 \times 10^4$  UFC pour la farine de néré et  $2,25 \times 10^3$  UFC pour les gâteaux de jujube toutes deux à Laï et  $4,19 \times 10^2$  UFC pour les dômes dépelliculés à Gaya.

Nous relevons aussi la présence de germes pathogènes tels que les staphylocoques dans les trois sites, jusqu'à  $9,93 \times 10^3$  UFC pour la farine de néré à Bongor,  $1,4 \times 10^4$  UFC pour les gâteaux de jujube et  $1,76 \times 10^4$  UFC pour les dômes dépelliculés toutes deux à Gaya. Le nombre de levures et moisissures est aussi considérable:  $5,95 \times 10^3$  UFC et  $1,64 \times 10^4$  UFC respectivement pour la farine de néré à Gaya et Laï,  $1,6 \times 10^4$  UFC et  $6,7 \times 10^3$  UFC respectivement pour les gâteaux de jujube toutes deux à Gaya et  $3,32 \times 10^3$  UFC et  $1,69 \times 10^3$  UFC respectivement pour les dômes dépelliculés toutes deux à Laï est également notée. Ces nombres élevés de microorganismes impliqueraient une moindre qualité sur le plan hygiénique de ces produits.

**Tableau II** : résultats microbiologiques de la farine de néré dans les trois sites (UFC/g)

Microorganismes recherchés	Bongor	Gaya	Laï	<sup>a</sup> Normes : produit végétal non cuit
FAMT	$5,8 \times 10^5 \pm 1,04 \times 10^5$	$1,3 \times 10^8 \pm 9,95 \times 10^7$	$9,6 \times 10^3 \pm 4,99 \times 10^4$	$< 5,0 \times 10^5$ UFC/g
Levures	$3,3 \times 10^3 \pm 1,63 \times 10^2$	$5,9 \times 10^3 \pm 8,28 \times 10^2$	$2,5 \times 10^3 \pm 3,73 \times 10^2$	$< 10^4$ UFC/g
Moisissures	$1,1 \times 10^4 \pm 3,51 \times 10^2$	$5,4 \times 10^3 \pm 3,21 \times 10^1$	$1,6 \times 10^4 \pm 1,28 \times 10^3$	
Coliformes totaux	$7,7 \times 10^4 \pm 2,51 \times 10^3$	$2,6 \times 10^4 \pm 1,98 \times 10^3$	$2,8 \times 10^4 \pm 1,02 \times 10^3$	Absent
Coliformes fécaux	$3,3 \times 10^4 \pm 3,51 \times 10^3$	$3,6 \times 10^3 \pm 3,02 \times 10^2$	$2,1 \times 10^4 \pm 1,5 \times 10^3$	Absent
<i>Escherichia coli</i>	$1,4 \times 10^3 \pm 7,21 \times 10^1$	$5,0 \times 10^2 \pm 8,26 \times 10^1$	$1,4 \times 10^3 \pm 7,81 \times 10^1$	$< 100$ UFC/g
Streptocoques fécaux	$1,8 \times 10^3 \pm 1,19 \times 10^2$	$2,9 \times 10^3 \pm 6,1 \times 10^1$	$4,7 \times 10^4 \pm 2 \times 10^4$	Absent
Staphylocoques	$9,9 \times 10^3 \pm 2,04 \times 10^2$	$7,2 \times 10^3 \pm 2,5 \times 10^2$	$3,1 \times 10^3 \pm 1,5 \times 10^2$	Absent
<i>Salmonella</i>	Absent	Absent	Absent	absence/25g

FAMT : Flore aérobie mésophile totale ; a : Normes selon Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments), 2008, N° 2007-SA-0174.

UFC : Unité formant colonie.

**Tableau III:** résultats microbiologiques des Gâteaux de jujube (pâtisserie) dans les trois sites (UFC/g)

Microorganismes recherchés	Bongor	Gaya	Laï	<sup>a</sup> Normes : produit végétal cuit
FAMT	$7,0 \times 10^5 \pm 1,9 \times 10^4$	$9,9 \times 10^5 \pm 5,2 \times 10^2$	$6,1 \times 10^5 \pm 3,2 \times 10^4$	$< 3,0 \times 10^4$ UFC/g
Levures	$4,3 \times 10^3 \pm 2,7 \times 10^2$	$1,6 \times 10^4 \pm 3,0 \times 10^3$	$6,0 \times 10^3 \pm 1,5 \times 10^2$	Absent
Moisissures	$3,7 \times 10^3 \pm 2,5 \times 10^2$	$6,7 \times 10^3 \pm 6,6 \times 10^2$	$5,7 \times 10^3 \pm 2,7 \times 10^2$	
Coliformes totaux	$7,0 \times 10^4 \pm 5,0 \times 10^4$	$7,4 \times 10^4 \pm 5,0 \times 10^4$	$6,0 \times 10^4 \pm 4,1 \times 10^3$	Absent
Coliformes fécaux	$7,9 \times 10^4 \pm 3,9 \times 10^2$	$2,4 \times 10^3 \pm 5,17 \times 10^2$	$3,4 \times 10^3 \pm 3,8 \times 10^2$	Absent
<i>Escherichia coli</i>	$4,3 \times 10^3 \pm 2,8 \times 10^2$	$9,3 \times 10^2 \pm 5,8 \times 10^1$	$1,8 \times 10^3 \pm 6,3 \times 10^1$	$< 1$ UFC/g
Streptocoques fécaux	$150 \pm 1,32 \times 10^2$	$75 \pm 6,6 \times 10^1$	$2,2 \times 10^3 \pm 2,5 \times 10^2$	Absent
Staphylocoques	$5,4 \times 10^3 \pm 5 \times 10^2$	$1,4 \times 10^4 \pm 1,5 \times 10^3$	$7,9 \times 10^3 \pm 1,9 \times 10^2$	$< 100$ UFC/g
<i>Salmonella</i>	Absent	Absent	Absent	absence/25g

FAMT : Flore aérobie mésophile totale ; <sup>a</sup> : Normes selon Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments), 2008, N° 2007-SA-0174.

UFC : Unité formant colonie.

**Tableau IV:** Résultats microbiologiques des dômes dépêlicullés dans les trois sites (UFC/g)

Microorganismes recherchés	Bongor	Gaya	Laï	<sup>a</sup> Normes : produit végétal non cuit
FAMT	$2,0 \cdot 10^7 \pm 1,0 \times 10^6$	$3,7 \times 10^6 \pm 2,12 \times 10^5$	$2,5 \times 10^6 \pm 1,05 \times 10^5$	$< 5,0 \times 10^5$ UFC/g
Levures	$8,3 \times 10^2 \pm 5,3 \times 10^1$	$1,1 \times 10^3 \pm 1,5 \times 10^2$	$3,3 \times 10^3 \pm 2,02 \times 10^2$	$< 10^4$ UFC/g
Moisissures	$3,3 \times 10^2 \pm 5,3 \times 10^1$	$5,4 \times 10^2 \pm 2 \times 10^1$	$1,6 \times 10^3 \pm 1,65 \times 10^2$	
Coliformes totaux	$2,1 \times 10^4 \pm 1,8 \times 10^3$	$1,1 \times 10^4 \pm 1,2 \times 10^3$	$1,1 \cdot 10^4 \pm 1,05 \times 10^3$	Absent
Coliformes fécaux	$2,1 \times 10^3 \pm 6,08 \times 10^1$	$7,2 \times 10^3 \pm 2,51 \times 10^2$	$7,8 \times 10^3 \pm 1,52 \times 10^2$	Absent
<i>Escherichia coli</i>	$1,7 \times 10^3 \pm 3,9 \times 10^1$	$1,1 \times 10^3 \pm 5,2 \times 10^1$	$1,1 \times 10^3 \pm 1,3 \times 10^2$	$< 100$ UFC/g
Streptocoques fécaux	$9,0 \times 10^1 \pm 1 \times 10^1$	$4,1 \times 10^2 \pm 2,7 \times 10^1$	$1,1 \cdot 10^2 \pm 1,8 \times 10^1$	Absent
Staphylocoques	$1,6 \cdot 10^4 \pm 1,15 \times 10^3$	$1,7 \times 10^4 \pm 5,29 \times 10^2$	$1,7 \cdot 10^4 \pm 7,63 \times 10^2$	Absent
<i>Salmonella</i>	Absent	Absent	Absent	absence/25g

FAMT : Flore aérobie mésophile totale ; <sup>a</sup> : Normes selon Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments), 2008, N° 2007-SA-0174.

UFC : Unité formant colonie.

### III- Discussion

Le nombre élevé de coliformes et streptocoques fécaux et de *Escherichia coli*, implique une contamination d'origine fécale récente ou constante et est liée à plusieurs facteurs :

- le contact courant, lors de la cueillette, la fabrication et la vente du produit avec le manipulateur, en général inconscient des principes d'hygiène les plus élémentaires ;
- l'exposition à l'air ambiant des farines, aggravée par une densité humaine souvent importante aux lieux de vente dans les marchés.

La présence des staphylocoques relèverait d'une contamination par les porteurs ou les vendeurs lors de la manipulation des produits Ilboudo (2016). Mais nous notons une absence de salmonelles. Les nombres élevés de levures et moisissures pourraient être la cause d'une altération à court terme de ces farines ou encore d'une longue exposition à l'air libre dans les marchés, aggravée par une densité humaine élevée Abdoullahi *et al.*, (2016). Tous ces résultats sont similaires à ceux trouvés par khaly (1998) au Sénégal qui a effectué des analyses microbiologiques sur les farines céréalières produites de manière artisanale et vendus dans les marchés.

C'est ainsi que pour la farine de mil, la flore aérobique mésophile totale était de l'ordre de  $(8 \times 10^5 - 37 \times 10^8)$  UFC), les coliformes fécaux  $(77 - 4 \times 10^5)$  UFC), les streptocoques fécaux  $(3 \times 10^2 - 7 \times 10^6)$  UFC), les moisissures  $(89 - 7 \times 10^5)$  UFC) et les levures  $(91 \times 10^2 - 34 \times 10^5)$  UFC) ; pour la farine de maïs, la flore aérobique mésophile totale était de l'ordre de  $(4 \times 10^5 - 14 \times 10^7)$  UFC), les coliformes fécaux  $(10 - 10^3)$  UFC), les streptocoques fécaux  $(170 - 89 \times 10^4)$  UFC), les moisissures  $(80 - 34 \times 10^4)$  UFC) et les levures  $(< 10 - 15 \times 10^3)$  UFC). Ces résultats sont élevés à cause de la mauvaise pratique des règles d'hygiène lors du décorticage, de la mouture des graines et du manque d'hygiène des fabricants et des vendeurs. Le traitement thermique à lui-seul est insuffisant pour pallier aux contaminations éventuelles par les fabricants ou par l'exposition à l'air libre. Les travaux sur les poissons séchés et vendus au Tchad et au Burkina Faso, ont montré que la flore aérobique mésophile totale variait de  $(1,2 - 2,1 \times 10^6)$ , la flore fongique variait de  $(1,0 - 2,5 \times 10^4)$ , les coliformes fécaux variait de  $(1,5 \times 10^4 - 2,2 \times 10^5)$  et *Staphylococcus aureus* variait de  $(2,3 - 3,6 \times 10^4)$  (Abdoulahi, 2014). Ces teneurs élevées montrent également qu'il est aussi important de protéger les produits à consommer par des emballages après un traitement thermique suffisant pour détruire tous les microorganismes tout en appliquant strictement les règles d'hygiène.

## Conclusion

Les résultats des enquêtes sur les produits traditionnels transformés à partir des fruits de *Ziziphus mauritiana* Lam., *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth., *Hyphaene Thebaïca* Mart. ont montré que les diagrammes de fabrication dans les 3 Départements sont pratiquement les mêmes. Parmi les obligations minimales de règles à observer par les fabricants, les organismes internationaux tels que l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), FAO (Food and Agriculture Organization en anglais ou Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture en français) insistent sur le respect des règles d'hygiène et de sécurité seul garant de la santé du consommateur. Les analyses microbiologiques ont montré le non-respect de ces règles d'hygiène car les résultats ont largement dépassés les normes internationales. Nous avons aussi noté la présence de germes pathogènes tels que les staphylocoques et les streptocoques. Ces taux élevés de ces microorganismes pathogènes s'expliqueraient par des pratiques défavorables des producteurs et des vendeuses. Il serait donc important de suivre rigoureusement les règles d'hygiène afin d'épargner aux consommateurs d'éventuelles contaminations.

### - Conflits d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

### - Contribution des auteurs

Makalao Mouti Marceline a contribué à la collecte des échantillons et des analyses microbiologiques et la rédaction. Alfred Sawadogo Traoré et Aly Sawadogo ont contribué à la correction et validation de l'article. Tous les auteurs ont contribué à la conduite de ce travail. Tous les auteurs déclarent également avoir lu et approuvé la version finale du manuscrit.

## Remerciements

Les auteurs remercient l'Ambassade de France au Tchad à travers le Service de Coopération d'Action Culturel à N'Djamena au Tchad et à Ouagadougou au Burkina Faso pour leur support financier.

## Bibliographie

1. Abdelrahim A.M., Tidjani A., Doutoum A.A., Barro N., Traoré A.S. (2012). Evaluation de la qualité microbiologique des poissons braisés et de leurs assaisonnements vendus dans les rues de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso). *J. Microbiol. Hyg. Alim*, 24 : 41-54.
2. Abdoullahi H.O. (2014). Evaluation de la qualité hygiénique et de quelques paramètres de conservation des poissons séchés vendus sur les marchés de N'djamena (Tchad) et de Ouagadougou (Burkina Faso). Master en Biotechnologie Option: Microbiologie et Technologie Alimentaire (MTA) Ecole Doctorale Régionale du Ra-Biotech, Université de Ouagadougou. 89 pages.
3. Abdoullahi H.O., Zongo C., Tapsoba F., Tidjani A. et Savadogo A. (2016). Evaluation de la qualité hygiénique et des paramètres physicochimiques des poissons séchés vendus dans les villes de N'djamena (Tchad) et de Ouagadougou (Burkina Faso). *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* 10 (1) : 13-32.
4. Afssa. (2008). Agence française de sécurité sanitaire des aliments. N° 2007-SA-0174.
5. AFNOR. (2009). Association Française de Normalisation, « Normes Agroalimentaires » 230 pages.
6. Ake C B., Koné M.W., Kamanzi A. et Aké M. (2006). Evaluation de quelques propriétés biologiques de produits de cueillette non ligneux vendus sur les marchés d'Abidjan et ses environs. *Pharm. Med. Trad. Afr.* 14: 1-17.
7. Bastide B. et Ouedraogo S.J. (2008). Rejets de *Detarium microcarpum* et feux précoces. *Bois et Forêts des Tropiques*, 296 : 2.
8. Dossou J., Osseyi G.E., Ahokpe F.K.K. et Odjo S.D.P. (2011). Evaluation des procédés traditionnels de production du ablo, un pain humide cuit à la vapeur, au Bénin. 2011. *Int. J. Biol.Chem.Sci.*, 5(3):953-967.
9. Gning O.N., Sarr O., Gueye M., Akpo L.E., Ndiaye P.M. (2013). Valeur socio-économique de l'arbre en milieu malinké (Khossanto, Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 70 : 5617-5631.
10. Isaac B.L. (2010). Analyse bactériologique des saucissons vendus dans les alimentations de la ville de Kisangani. Licence en Sciences, Université de Kisangani. 22 pages.
11. ISO 6579. (2002). Méthode horizontale pour la recherche de *Salmonella* spp. V08-013, 26 p.
12. ISO 4833. (2003). Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes. V08-011, 1-9.
13. ISO 6888-2/A1. (2003). Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces). Partie 2 : Technique utilisant le milieu gélosé au plasma de lapin et au fibrinogène. Amendement 1 : Inclusion des données de fidélité. NF EN V 08-014-2/A1.
14. ISO 6887-2. (2004). Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique. V08-010-2, 16 p.
15. ISO 21528-2, (2004). Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement des entérobactériaceae. V08-039-2, 12 p.
16. Kayalto B, Cheikna Z, Raketa WC, Aly S, Brahim BO and Alfred ST. (2013). Study of the nutritional value and hygienic quality of local infant flours from Chad, with the aim of their use for improved infant flours preparation. *Food and Nutrition Sciences* 4: 59-68.
17. Khaly S. (1998). Contrôle de qualité des farines céréalières mises sur le marché au Sénégal. Thèse en pharmacie, Université Cheik Anta Diop du Sénégal. P 1-118.
18. Kouyaté A.M. (2005). Aspects ethnobotaniques et étude de la variabilité morphologique, biochimique et phénologique de *Detarium microcarpum* Guill et Perr. au Mali. Mémoire de Thèse en Biosciences Ingénieurs. Section Agronomie. Faculté Bio-Ingénieurs. Université de GENT, Allemagne. P1-207.

19. Makalao M.M., Aly S., Cheikna Z., Alfred ST. (2015). Composition chimique de 10 fruits sauvages consommés dans trois Départements du Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9 (5):2385-2400.DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.11>
20. Makumbelo E., Lukoki L., Paulos J. et Luyindula N. (2007). Stratégies de valorisation des espèces ressources en produits non ligneux de la savane des environs de Kinshasha. I. Enquête ethnobotanique. *Tropicultura* 25(1).
21. Sanoussi A., Ahoton L.E., Odjo T. (2012). Propagation of Black Plum (*Vitex donania* Sweet.) using stem and root cuttings in the ecological conditions of South Benin. *Tropicultura*, 30 (2): 107-112.
22. TCHAD ORCE. (2009). Document de stratégie pays 2010-2014. Département Régional Centre.
23. Viridiana S.(2010). Identification des staphylocoques, streptocoques et entérocoques par des méthodes génotypiques. Thèse en Médecine, Université de Laval, Québec. 292 pages.

## Caractérisation de matériaux isotropes par un ellipsomètre hyperfréquence à trois détecteurs à 10 GHz

A. Mounqache<sup>\*1,3</sup>, F. Gambou<sup>1,3</sup>, Ahmat Idriss Gogo<sup>2,3</sup>, Moussa Ahmat<sup>2</sup>, B. Bayard<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université de N'Djamena, Tchad,

<sup>2</sup>Université de Mongo, Tchad

<sup>3</sup>Laboratoire Hubert Curien, UMR CNRS 5516, Université Jean Monnet, Saint-Etienne, France

### Résumé

La caractérisation de matériaux est une étape cruciale dans la mise au point de, produits industriels et dans la transformation des matières premières en général. Elle devient encore plus intéressante, si elle est non destructive, et la méthode ellipsométrique en est une. La caractérisation ellipsométrique hyperfréquence de matériaux isotropes et anisotropes dans la bande de 24 à 40 GHz, grâce à une configuration à polariseur en guide d'onde rectangulaire et à analyseur à trois détecteurs, a fait l'objet de plusieurs travaux qui ont donné des résultats probants. La même configuration a été développée pour explorer un fonctionnement à 10 GHz. Mais des études de validité sur des échantillons pouvant servir d'étalons n'ont pas été effectuées. Nous présentons dans ce papier les résultats d'une étude sur des échantillons de téflon servant d'étalons, car les propriétés du téflon sont connues. Cette étude a donc montré qu'il est bien possible d'obtenir des résultats de caractérisation fiables à cette fréquence.

**Mots clés :** caractérisation, ellipsométrie, hyperfréquence, isotropie, indice de réfraction.

### Abstract

*The characterization of materials is a crucial step in the development of industrial products and in the processing of raw materials in general. It becomes even more interesting if it is nondestructive, and the ellipsometric method is one as well. The ellipsometric characterization of isotropic and anisotropic materials in the 24 to 40 GHz band, using a rectangular waveguide polarizer and three detector analyzer configuration, has been the subject of several studies that have yielded convincing results. The same configuration was developed to explore a 10 GHz operation. But validity studies on samples that can serve as standards have not been carried out. In this paper, we present the results of a study on polytetrafluoroethylene (PTFE) sample as standards, because the properties of PTFE are known. This study has therefore shown that it is possible to obtain reliable characterization results at this frequency.*

**Keywords :** *caractérisation, ellipsometry, microwave, isotropy, refraction index.*

### Introduction

La caractérisation de matériaux a toujours suscité un intérêt chez les industriels dans le développement de leurs divers produits. Certaines techniques endommagent le produit à caractériser à l'issue du procédé. D'autres par contre ne l'endommagent pas et sont appelées techniques non destructives [1] ; elles se font en général sans contact.

La caractérisation par la polarimétrie hyperfréquence, encore appelée ellipsométrie hyperfréquence, entre dans cette seconde catégorie. Elle était d'abord une méthode optique [2], puis s'est étendue au domaine des hyperfréquences. Plusieurs configurations existent. Cependant, elles disposent toutes d'éléments de base d'un ellipsomètre (polariseur, compensateur et analyseur [1]), avec diverses déclinaisons correspondant aux différentes techniques.

Les techniques ellipsométriques classiques permettent de déterminer les propriétés des échantillons (épaisseurs  $d$ , indice de réfraction  $n$  et indice d'extinction  $k$ ) via des paramètres intermédiaires appelés paramètres ellipsométriques ( $\psi$ ,  $\delta$ ) [3]. La technique, qui nous intéresse, est celle utilisant un guide d'onde rectangulaire comme polariseur et trois détecteurs comme analyseurs. Ce type d'ellipsomètre a fait l'objet de plusieurs études dans la bande 24-40 GHz. Cet ellipsomètre a permis de caractériser divers types d'échantillons issus de divers matériaux isotropes ou anisotropes. On peut citer par exemple la caractérisation des matériaux composites [4], bois naturels et bois agglomérés [5] et le téflon [6]- [7]. Ce dispositif a également été mis au point pour un fonctionnement à 10 GHz et a servi à faire la caractérisation de l'anisotropie [8], et à caractériser des échantillons de rônier [9]. Seulement, une étude sur la validité des mesures effectuées par ce dispositif à 10 GHz sur des matériaux bien connus n'a pas été encore effectuée. C'est pourquoi l'objectif de cet article est de faire une étude de validité de cette technique à cette fréquence sur des échantillons de téflon dont les indices optiques sont connus. Le téflon très peu absorbant, donc de coefficient d'extinction nul. Son indice de réfraction  $n$  est égale à  $\sqrt{\varepsilon}$ , où  $\varepsilon$  représente la perméabilité du matériau. Le téflon a une perméabilité de  $\varepsilon=2,1$  pour une température relative élevée ( $\sim 25061 \pm 1^\circ\text{C}$ ) [10] [11] [12].

Dans les lignes qui suivent, nous allons d'abord présenter le banc polarimétrique utilisé, le modèle d'analyse, et enfin les résultats des simulations et expérimentaux.

Dans les lignes qui suivent, nous allons d'abord présenter le banc polarimétrique utilisé, le modèle d'analyse, et enfin les résultats des simulations et expérimentaux.

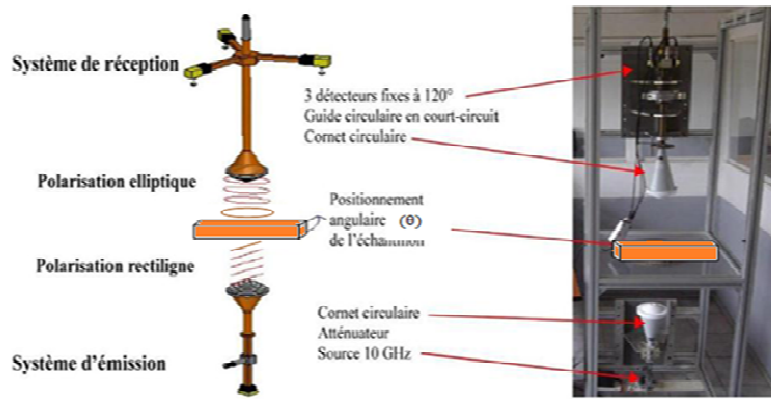
## **1. Matériel et méthodes**

L'étude de validité de la technique de caractérisation présentée dans cet article consiste à caractériser des échantillons de téflon de différentes épaisseurs. Le téflon est un matériau bien connu pour la faible dépendance de ses indices optiques vis-à-vis de la fréquence. La mesure se fait en incidence oblique à 10 GHz, qui est la fréquence de fonctionnement de l'ellipsomètre à trois détecteurs placés dans le plan transversal à la direction de propagation de l'onde incidente.

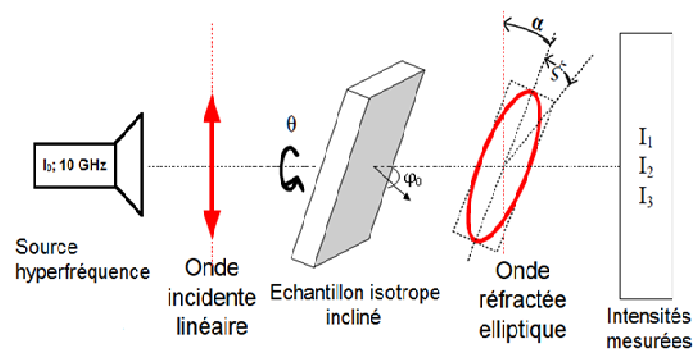
Avant de présenter les résultats de notre étude, le banc et la modélisation de la technique de mesure de matériau isotrope sont d'abord présentés.

### **1.1. Dispositif de mesure**

Le dispositif est présenté à la figure 1 et est constitué d'une partie émettrice et d'une partie réceptrice. La source d'émission est une diode Gunn qui produit une onde électromagnétique de fréquence 10 GHz. Un guide d'onde rectangulaire est placé à la suite de la source dans le but d'obtenir une polarisation linéaire TEM. Cette dernière, collimatée grâce à un cornet portant une lentille de Fresnel, se propage en espace libre avant de traverser l'échantillon placé dans un plan incliné d'un angle  $\phi_0$  par rapport à la direction de propagation. L'interaction entre l'onde et les caractéristiques électromagnétiques de l'échantillon sous test modifie la polarisation de l'onde TEM qui, en général, devient elliptique. Un ensemble cornet-lentille de Fresnel, identique à celui de la partie émettrice, reçoit la polarisation elliptique émergente. Celle-ci continue sa course dans un guide d'onde circulaire avant de buter sur un court-circuit positionné au niveau du raccordement des trois guides d'onde rectangulaire placé dans le plan transversal. Ainsi, les ondes incidente et réfléchie au niveau du court-circuit se mélangent pour former une onde stationnaire qui va se propager à travers les trois branches réceptrices constituées chacune d'un guide d'onde rectangulaire, d'un isolateur et d'un détecteur hyperfréquence fonctionnant tous à 10 GHz. Chaque détecteur reçoit donc une puissance électromagnétique correspondant au rayon de l'ellipse où il est placé (figure 2).



**Figure 1** : Le banc ellipsométrique hyperfréquence à 10 GHz

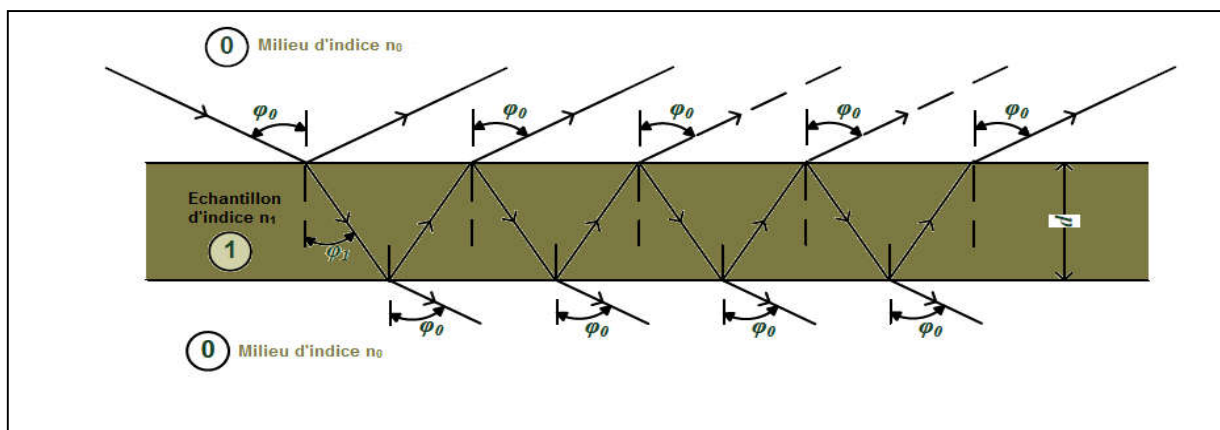


**Figure 2** : Schéma de principe du banc

## 1.2. Modélisation

La mesure se fait en transmission et en incidence oblique. Lorsqu'on envoie une onde électromagnétique (suivant un angle  $\phi_0$  par rapport à la verticale d'une surface plane) à travers un échantillon isotrope, il va y avoir des réflexions et des transmissions multiples comme l'illustre la figure 3. Cette figure montre une couche de matériau isotrope soumise à l'excitation d'une onde TEM se propageant en espace libre. La structure présente alors deux interfaces

- air-échantillon ;
- échantillon-air.



**Figure 3** : Réflexions multiples dans un échantillon isotrope



L'air a pour indice  $n_0$ , et l'indice de l'échantillon est désigné par  $n_1$  :

$$n_0 = 1 \quad (1)$$

$$n_1 = n + jk \quad (2)$$

où  $n$  et  $k$  sont respectivement l'indice de réfraction et coefficient d'extinction de l'échantillon isotrope. Les références [6] et [7] détaillent les différentes relations permettant d'obtenir les paramètres ellipsométriques  $\psi$  et  $\delta$  définis par la relation suivante :

$$\rho(\psi, \delta) = \frac{R_p}{R_s} \quad (3)$$

où  $R_p$  et  $R_s$  sont respectivement les coefficients de transmission totaux pour la structure suivant les plans parallèle et transversal au plan d'incidence.

Les paramètres ellipsométriques dépendent des indices optiques, de l'épaisseur, de l'angle d'incidence et de la fréquence  $f$ . Mais ils ne dépendent pas de l'azimut  $\theta$ .

Par ailleurs, la mesure des trois intensités électromagnétiques grâce au banc ellipsométrique hyperfréquence permet également de retrouver ces paramètres ellipsométriques dans les conditions de mesure grâce à la relation suivante :

$$\tan(2\gamma) = \frac{2 \tan(\psi) \tan(\theta)}{\tan^2(\psi) - \tan^2(\theta)} \cos(\alpha) \quad (4)$$

et

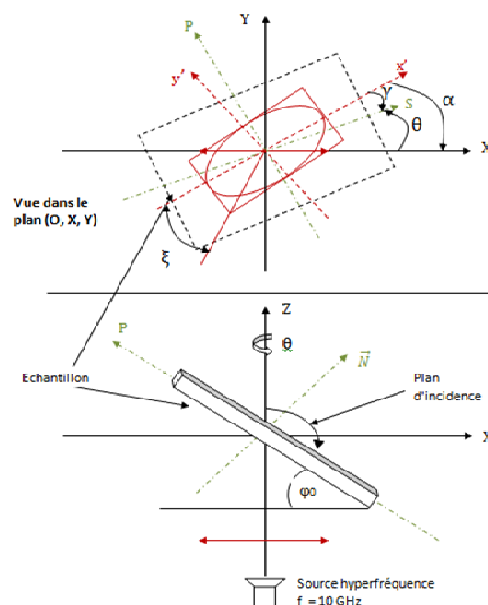
$$\alpha = \gamma - \theta \quad (5)$$

La fréquence  $f$ , la position angulaire de l'échantillon ou azimut  $\theta$  et l'angle d'incidence  $\varphi_0$  constituent donc les conditions de mesure ; les angles  $\alpha$  et  $\gamma$  sont appelés rotations (figures 2 et 3).

Pour mieux décrire les différents angles mis en jeu dans l'interaction onde-matière, on définit trois repères (figure 4) :

- un repère (O,X,Y) lié au laboratoire ;
- un repère (O,P,S) lié à l'échantillon ;
- un repère (O,X',Y') lié à l'ellipse.

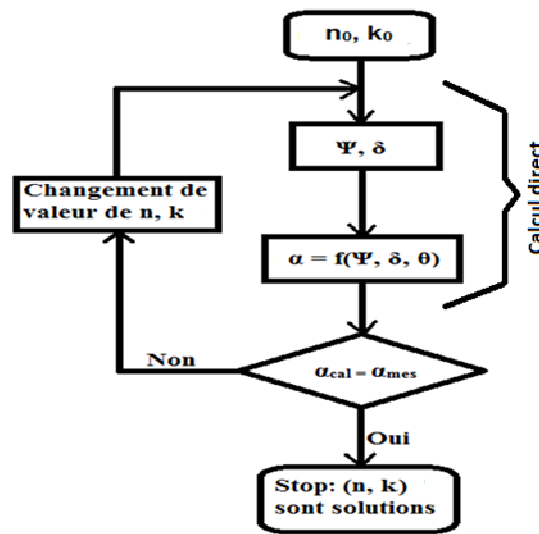
Pour déterminer les propriétés de l'échantillon, à savoir les indices optiques  $n$  et  $k$ , l'épaisseur étant supposée connue, on utilise une méthode numérique telle que l'algorithme d'optimisation de Levenberg Marquardt. En effet, le calcul direct est fortement non linéaire et non inversible.



**Figure 4** : Représentation en vue de profil du schéma de principe du banc de mesure

L'angle  $\xi$ , appelé ellipticité dénote le degré d'aplatissement de la polarisation elliptique de l'onde réfractée.

La recherche des paramètres du matériau obéit à l'algorithme donné à la figure 5 ci-après.



**Figure 5 :** Algorithme de résolution du problème inverse.

## 2. Résultats et discussions

Pour valider notre étude sur cette technique de caractérisation à 10 GHz, nous avons résolu le problème inverse dans le cas des mesures simulées, mais aussi sur des mesures réelles effectuées sur le banc ellipsométrique.

### 2.1. Simulations

Nous avons simulé des mesures grâce au calcul direct à 10 GHz, des supposés échantillons de téflon, d'indice de réfraction égale à 1.45, et de coefficient d'extinction nul pour différentes épaisseurs.

En voici quelques exemples où nous prenons chaque fois deux cas de figure, à savoir de mesures non bruitées (cas idéal), et des mesures bruitées (bruit gaussien d'écart-type 0.5). L'angle d'incidence est  $\varphi_0=45^\circ$  et l'échantillonnage se fait sur deux (2) tours de l'échantillon (l'azimut  $\theta \in [0 ; 2\pi]$ ).

#### 1<sup>er</sup> cas : structure monocouche

La structure à caractériser est constituée d'un seul échantillon de téflon d'épaisseur 5 mm. Les résultats de la simulation sont illustrés à la figure 6.

La convergence de l'algorithme a donné :

- Mesure non bruitée (figure 6.a) :  $n=1,4509$  et  $k=0.0013$  ;
- Mesure bruitée (figure 6.b) :  $n=1.4350$  et  $k= 0.0001$ .

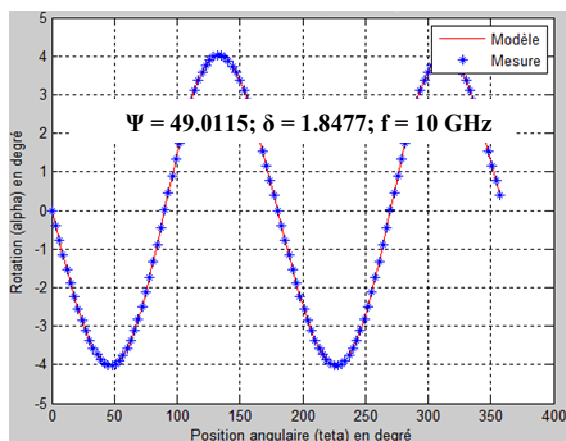
#### 2<sup>ème</sup> cas : structure en multicouche

Il s'agit d'une configuration où on a un échantillon de téflon de 1 mm pris en sandwich entre deux autres échantillons du même matériau, d'épaisseurs respectives 2 mm et 5 mm, soit une structure 2 mm + 1 mm + 5 mm.

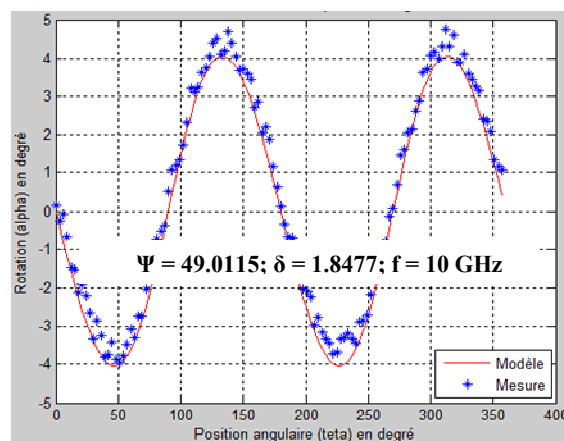
Quelques exemples des résultats de la simulation sont illustrés par la figure 7.

La convergence de l'algorithme a donné :

- Mesure non bruitée (figure 7.a) :  $n=1.4497$  et  $k=0.0012$  ;
- Mesure bruitée (figure 7.b) :  $n=1.4750$  et  $k= 0.0009$ .



a. Mesure non bruité



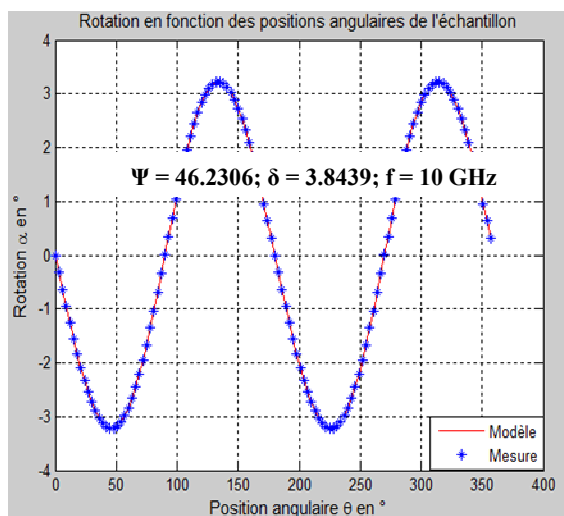
b. Mesure bruité

**Figure 6 :** Lissage de la rotation  $\alpha$  simulée pour un échantillon dont  $d=5\text{mm}$ ,  $n=1,45$  et  $k=0$ 

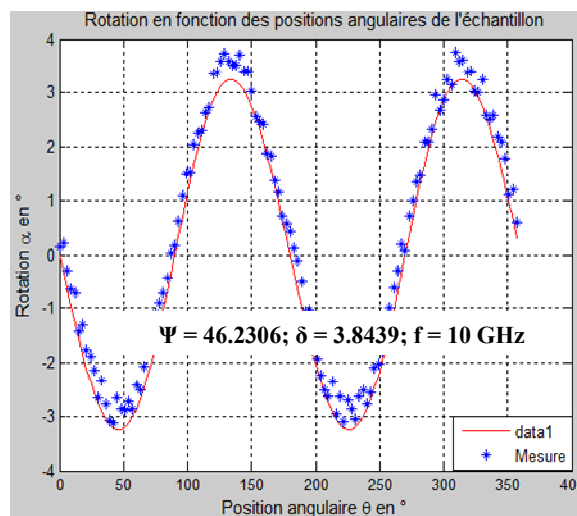
On conclut que, comme on pouvait s'y attendre, les résultats obtenus dans le cas des mesures idéales (supposées non bruitées) sont nettement meilleurs par rapport à ceux obtenus dans le cas de mesures bruitées. Or ce sont ces dernières qui se rapprocheraient de la réalité des expériences.

## 2.2. Mesures

Le banc dispose d'un support réglage donnant la possibilité à l'opérateur de d'ajuster l'angle d'incidence  $\varphi\theta$ . Pour cette configuration de mesure en transmission, il n'est pas commode de franchir  $45^\circ$ . Si non, la transmission sera trop faible par rapport à la réflexion sur l'échantillon.



a. Mesure non bruité



b. Mesure bruité

**Figure 7 :** Lissage de la rotation  $\alpha$  simulée pour trois échantillons d'épaisseurs 2 mm, 1 mm et 5 mm ayant pour indices  $n=1,45$  et  $k=0$ .

Les échantillons de téflon (figure 8) à caractériser sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 1 :** Présentation des échantillons de téflon

Echantillons	Téflon N°1	Téflon N°2	Téflon N°3	Téflon N°4
Epaisseur (en mm).	1,95	0,61	4,62	12,80

Ces quatre échantillons ont une même provenance.



**Figure 8** : Images des échantillons de téflon empilés.

**1<sup>er</sup> cas** : structures monocouches

Les échantillons n°1, 3 et 4 sont assez rigides pour être placés en plan incliné sur le banc afin de faire les mesures en incidence oblique. De ce fait, on doit considérer que chaque structure à caractériser est constituée d'une seule couche. L'angle d'incidence est de  $\varphi_0=45^\circ$ .

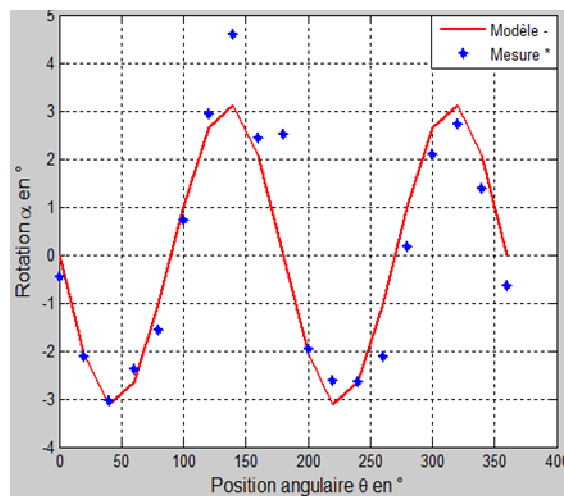
Les résultats de leur caractérisation sont synthétisés dans le tableau 2 suivant.

**Tableau 2** : Résultats de la caractérisation de trois échantillons en multicouches

Echantillons	Téflon N°1	Téflon N°3	Téflon N°4
Résultats			
Rotation maximale $\alpha$ (en degré)	1.4806	2.4432	4.8206
$\delta$ (en degré)	3.7935	2.5251	2.2072
$\psi$ (en degré)	46.1780	48.8077	45.3108
n	1.4650	1.4402	1.4580
k	0.0020	0.0100	0.0010

Un exemple de courbes obtenues par mesure par la résolution du problème inverse est illustré dans la figure 9.

On constate que les indices de réfraction obtenus sont proches de ceux du téflon connus dans la littérature.



**Figure 9** : Lissage de la rotation  $\alpha$  mesurée pour l'échantillon n°4

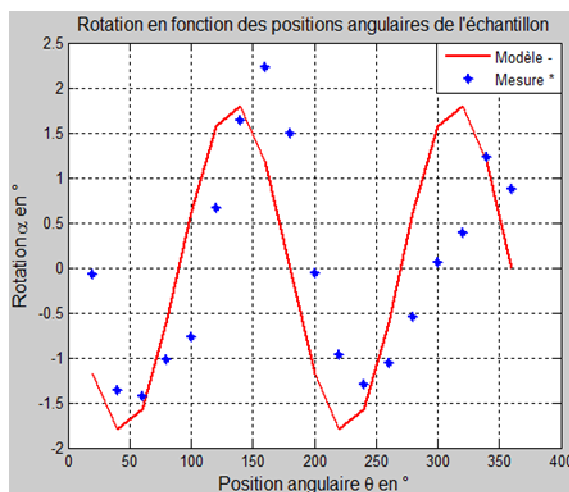
### 1<sup>er</sup> cas : structures multicouches

Dans la pratique, on peut être amené à caractériser une structure constituée de plusieurs couches, en particulier lorsque l'échantillon est trop mou et ne peut donc pas être placé seul, sans support, en plan incliné sur le banc. Dans ce cas, on a recours à des supports pour le rigidifier et c'est le cas de l'échantillon n°2 d'épaisseur 0,61 mm. Les supports doivent d'abord être caractérisés, puis leurs paramètres seront considérés comme des données du problème. Les seules inconnues du problème seront les paramètres de l'échantillon mou.

La synthèse des résultats de la caractérisation des structures multicouches est donnée dans le tableau 3. Une illustration des résultats de cette caractérisation est donnée à la figure 10. Il s'agit de la combinaison de l'échantillon n°2 rigidifié grâce à l'échantillon n°1.

**Tableau 3 :** Résultats de la caractérisation de trois échantillons

Echantillons combinés	Téflon N°1 + Téflon N°2	Téflon N°1 + Téflon N°3	Téflon N°2 + Téflon N°3
Résultats			
Rotation $\alpha$ (en degré)	2.2527	4.1198	2.9153
$\delta$ (en degré)	4.1988	4.4695	1.4073
$\psi$ (en degré)	46.8477	49.1187	47.9688
<b>n</b>	1.4485	1.4552	1.4495
<b>k</b>	0.0030	0.0100	0.0002



**Figure 10 :** Lissage de la rotation  $\alpha$  mesurée d'une structure multicouches constituée des échantillons n°2 et 1.

### Conclusion

Après un état de l'art sur la caractérisation sans contact, en particulier sur la technique polarimétrique hyperfréquence ayant comme polariseur un guide d'onde rectangulaire et trois détecteurs comme analyseur, nous avons testé l'algorithme de Levenberg pour la recherche des paramètres optimaux sur des mesures de la rotation simulées. Cet algorithme parvient à converger vers la meilleure solution aussi bien avec des données simulées qu'avec des données expérimentales. La seule difficulté, c'est qu'il est sensible aux minima locaux. Le positionnement de l'échantillon pour différentes valeurs de l'azimut est effectué manuellement.

Ce qui fait que nous avons moins de points de mesure, et ceci a pour conséquence la dégradation de la qualité des mesures. Ceci rend la convergence moins précise. Mais une automatisation du positionnement angulaire de l'échantillon pourrait servir à améliorer la qualité des résultats de la caractérisation. Toutefois, le fait qu'on arrive à caractériser le téflon qui est un matériau connu nous permet d'affirmer que le banc ellipsométrique à 10 GHz donne des résultats acceptables.

#### Bibliographie

- [1] H. Tompkins and E. A. Irene, Handbook of Ellipsometry, William Andrew, 6 January 2005.
- [2] A. Rothen, "The Ellipsometer, an Apparatus to Measure Thickness of Thin Surface Films," *Rev. Sci. Instrum.* 16, vol. 26, no. 2, 1945.
- [3] R. Azzam and N. Bashara, Light, Ellipsometry and polarized, Amsterdam: Elsevier science, 1987.
- [4] F. Gambou, "Ellipsometry on a planar S-shape material," *Progress In Electromagnetics Research Letters*, vol. 9, p. 1–8, 2009.
- [5] F. Gambou, B. Bayard and G. Noyel, "Characterization of material anisotropy using microwave ellipsometry," *MICROWAVE AND OPTICAL TECHNOLOGY LETTER*, vol. 53, no. 9, pp. 1996-1998, 2010.
- [6] A. Mounigache, B. Bayard, A. M. Tahir, S. Robert, F. Gambou and D. Jamon, "Microwave oblique transmission ellipsometric method for measurement of thick and non-transparent materials," *Revue Scientifique du CNAR*, vol. 2, no. 38-43, p. 1, 2013.
- [7] A. Mounigache, B. Bayard, A. M. Tahir, S. Robert, D. Jamon and F. Gambou, "Measurement of refraction index of thick and nontransparent isotropic material using transmission microwave ellipsometry," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 57, no. 4, pp. 1006-1013, 2015.
- [8] F. G. J. M. Rimengaye Ngarbaroum Tobio, "Caracterisation de l'anisotropie des matériaux par polarimétrie hyperfréquence à 10 GHZ," *Revu scientifique du Tchad*, vol. 1, no. 3, 2013.
- [9] F. GAMBOU, N. DJIMRANGAR, K. NGARGUEUEDJIM, B. BAYARD and A. Mounigache, "Microwave Characterization of Chadian Palmyra Wood (*Borassus aethiopum*)," *Scholars Journal of Engineering and Technology (SJET)*, vol. 6, no. 4, pp. 119-126, 2018.
- [10] S. Rajesh, K. Murali, H. Jantunen and R. Ratheesh, "The effect of filler on the temperature coefficient of the relative permittivity of PTFE/ceramic composites," *Physica B Condens Matter*, no. 406, p. 4312–4316, 2011.
- [11] Y.-C. Chen, H.-C. Lin and Y.-D. Lee, "The effects of filler content and size on the properties of PTFE/SiO<sub>2</sub> composites," *J Polym Res*, no. 10, p. 247–258, 247–258.
- [12] G. Subodh, M. Joseph, P. Mohanan and M. Sebastian, "Ti5O16 polymer ceramic composites for electronic packaging applications," *J Eur Ceram Soc*, no. 27, pp. 3039-3044, 2007.
- [13] T. W. Athey, M. A. Stuchly and S. S. Stuchly., "Measurement of radio frequency permittivity of biological tissues with an open-ended coaxial line: Part I," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 30, no. 1, pp. 82-86, 1982.

## **Vers une Infrastructure comme Service pour les PME**

*MBAIOSSOUM BERY LEOURO, DANSAIBO KOYE et DIONLAR LANG*

*Université de N'Djaména - Tchad*

### **Résumé**

Le cloud computing ou informatique dans les nuages prône à la fois la dématérialisation et l'externalisation des services et des données. Il préconise que les services informatiques soient proposés comme des services publics classiques à l'exemple de l'électricité. Le cloud libère permet aux PME (Petites et Moyennes Entreprises) de se consacrer à leurs activités de production et les libère des activités de maintenances de systèmes. Les entreprises, les laboratoires, les administrations, les organismes privés, les autres organisations des pays en voie de développement peuvent aussi profiter du cloud pour faire usage des ressources disponibles dans les pays développés. En revanche, on note que le cloud permettra aussi aux PME de vendre l'utilisation de certaines de leurs ressources qui sont excédentaires. Le cloud a un impact majeur dans les SI actuels à cause de sa rentabilité économique importante, mais aussi à cause de sa souplesse de déploiement voire son utilisation. Nous examinons les outils de mise en œuvre de cloud à la portée des PME et nous proposons une implantation au campus numérique francophone pour offrir son infrastructure comme service.

**Mots clés :** cloud computing, Infrastructure informatique, IaaS,PaaS, SaaS.

### **Abstract**

Cloud computing is an emerging architecture which promises the dematerializing and the outsourcing of services and data. It advocates that IT services should be offered as conventional public services like electricity or water. Cloud computing frees the small companies of maintenance and administrative tasks and provide them the opportunity to focus on their main activity. Many companies, organizations, laboratories, administrations even governments in developing countries can take advantage of cloud services based in developed countries. On the other hand, Cloud computing allows small companies and organizations to sell the use of some of their resources which are over their consumption. Cloud could be source of incoming and could impact the small companies' economies.

We examine some free tools to orchestrate IT resources in the cloud for small companies. Then we propose to set up an IaaS for CNF (campus numérique francophone) to provide its infrastructure as service for other small companies or organizations.

**Keywords:** cloud computing, Technology infrastructure, IaaS, PaaS, SaaS.

## Introduction

Certaines PME disposent d'infrastructures qu'elles n'exploitent pas entièrement ou de façon très limitée (utilisation faible, temps ou espace d'utilisation faible, ...). Ces infrastructures restant sous-exploitées la plupart de temps, peuvent être proposées à d'autres entreprises qui en ont besoin moyennant un frais à travers le cloud computing. Ce qui peut donc être bénéfiques aux uns et aux autres. En effet, le cloud est un modèle de technologie qui permet l'utilisation partagée de ressources matérielles et logicielles. Les fournisseurs bénéficieront des frais de consommation que les utilisateurs paieront. Les utilisateurs, eux, ne paient que leurs consommations et n'ont pas besoin de se procurer des matériels ou des logiciels qui, quelques fois coûtent trop chers, surtout pour les PME.

Au fait, le cloud computing appelé informatique dans les nuages ou encore infonuagique prône à la fois la dématérialisation et l'externalisation des services et des données. Il préconise que les services informatiques soient proposés comme des services publics classiques à l'exemple de l'électricité ou de l'eau. Le cloud permet aux PME (Petites et Moyennes Entreprises) de se consacrer à leurs activités de production et les libère des activités de maintenances de systèmes. Les entreprises, les laboratoires, les administrations, les organismes privés, les autres organisations des pays en voie de développement peuvent aussi profiter du cloud pour faire usage des ressources disponibles dans les pays développés. En revanche, on note que le cloud permettra aussi aux PME de vendre l'utilisation de certaines de leurs ressources qui sont excédentaires.

Le cloud se crée résolument une place dans les systèmes d'information (SI) actuels à cause de sa rentabilité économique importante, mais aussi à cause de sa souplesse de déploiement voire son utilisation [1, 2].

Dans ce travail, notre objectif est de concevoir et mettre en place un cloud computing de type IaaS (infrastructure as a service) pour une PME. Pour cela, nous examinons les outils de mise en œuvre de cloud computing à la portée des PME et nous proposons une implantation relative au contexte du Campus Numérique Francophone (CNF) de N'Djaména. Notre travail sera structuré en trois étapes. La première concernera l'étude de l'existant. Dans cette partie nous situerons le contexte de notre étude et faisons l'inventaire des ressources matérielles et logicielles disponibles. La deuxième partie proposera une solution d'un cloud pour les PME. Enfin, la troisième partie abordera la mise en œuvre de la solution proposée. Nous terminerons par une conclusion et des perspectives.

### 1. Contexte de notre travail : CNF<sup>1</sup>

Le Campus Numérique Francophone de N'Djaména est une institution d'enseignement supérieur. Il possède une infrastructure assez conséquente, mise à la disposition des enseignants-chercheurs et des étudiants pour leurs travaux. L'infrastructure du CNF lui permet d'organiser des formations qui, quelques fois, voient la participation de toute la région Afrique Centrale et Grands-Lacs. Cette infrastructure est construite sur le modèle client-serveur. On y trouve des solutions de collaboration, de sécurisation, d'équilibrage des charges (DNS & PROXY), de base de données (MySQL), etc.

Certaines solutions sont déjà sur le cloud. L'institution souhaite par rapport à sa politique technique mettre en place une IaaS. Ce qui lui permettra de partager son infrastructure avec d'autres institutions.

---

<sup>1</sup> CNF : Campus Numérique Francophone



Le CNF dispose d'une infrastructure matérielle constituée d'un parfeu, d'un routeur, et d'un serveur d'applications et de sept sous-réseaux. Le CNF possède une salle de formation et une salle de travail mise à la disposition des enseignant-chercheurs et étudiants. Chaque salle est équipée d'une dizaine de postes de travail.

L'infrastructure logicielle du CNF est basée essentiellement sur les logiciels libres. Ils utilisent deux versions de système d'exploitation serveur (Debian<sup>2</sup>6 et Debian 7) et une version de Pfsense (portail captif). Les postes de travail sont dotés d'un système d'exploitation client : Ubuntu Destop (Ubuntu 12.04 et Ubuntu 10.04). Il ya aussi une solution de virtualisation : OpenVZ. Pour la collaboration, l'institution dispose d'une messagerie (Postfix). Un serveur de base de données SQL lui permet à la fois d'authentifier les utilisateurs du portail et de la messagerie. Un parfeu au-dessus le portail permet de gérer les autorisations et le contrôle du trafic. Un serveur de résolution de nom et un serveur Proxy Web enrichissent la liste limitée à l'essentiel.

Parmi les services offerts par le CNF, le service Web nous intéresse le plus dans le cadre de cette étude. Au fait, ce service est l'un des services importants proposé par le CNF. Beaucoup d'autres services reposent sur lui.

Les utilisateurs sont groupés en quatre catégories : le personnel, les étudiants, les enseignants et les autres. L'organisation du CNF suit ces quatre catégories d'utilisateurs. Tous les utilisateurs, accèdent au web à travers Internet via le réseau local du CNF. Chaque utilisateur possède un compte d'accès au système et à Internet (web) assuré par un VSAT<sup>3</sup>. Le CNF utilise un hyperviseur assez performant et offre une multiplicité de services malgré le nombre restreint de son personnel. Cela engage des dépenses importantes sur les ressources qui finalement ne sont pas utilisées totalement. En effet pour un serveur de messagerie par exemple, il faut principalement implémenter un serveur (SMTP<sup>4</sup>) et SGBD<sup>5</sup>(MySQL<sup>6</sup>) ; et cela, pour créer moins de 10 comptes. Cette situation peut être en partie résolue par un cloud privé où les ressources excédentaires seront proposées à d'autres utilisateurs (PME, organisations ou laboratoires, etc.). L'allocation des ressources sera faite proportionnellement à la demande. Le défi est donc de choisir de solutions de cloud privé [2] qui pourront fonctionner sur le système d'exploitation du CNF(Linux).

## 2. Vers une solution d'externalisation IaaS

Nous proposons au CNF, un cloud privé de type IaaS qui vise non seulement à résoudre le problème posé mais qui s'inscrit dans la logique d'une évolution des architectures des TIC d'aujourd'hui [3].

Le cloud computing cherche à externaliser les prestations d'infrastructures informatiques nécessaires à l'hébergement de ces services [4]. Ainsi, on distingue essentiellement trois modèles de services:

- IaaS (Infrastructure as a service ou Infrastructure comme service): le prestataire propose la location des composants informatiques comme des espaces de stockages, une bande passante, des unités centrales et des systèmes d'exploitation. Les utilisateurs d'une IaaS peuvent donc utiliser à la demande les serveurs virtuels situés dans des centres de données sans avoir à gérer les machines physiques.

---

<sup>2</sup>Debian est une distribution de Linux gérée par des développeurs indépendants

<sup>3</sup>VSAT : Very Small Aperture Terminal

<sup>4</sup>SMTP : Simple Mail Transfert Protocol

<sup>5</sup>SGBD : Système de Gestion des Bases de Données

<sup>6</sup>MySQL : MySQL est un SGBDR libre de la société de même nom racheté par Oracle

- PaaS (Plate-forme as a service ou Plate-forme comme service) : Le PaaS représente la couche du Middleware sur laquelle la plate-forme de support est déjà installée. Ce niveau correspond aux serveurs d'applications, serveurs web, plate-forme de programmation, serveurs de base de données des environnements de systèmes d'information traditionnels. AZURE<sup>7</sup>(Microsoft), Google App Engine<sup>8</sup>, Microsoft OneDrive<sup>9</sup>et Orange Business Services<sup>10</sup> (Orange) sont entre autres des exemples de PaaS.
- SaaS (Software as a service ou Logiciel comme service) : ce modèle représente l'accès à une application informatique et aux services associés. Les utilisateurs consomment les logiciels à la demande, avec une facturation à l'usage réel. Il existe plusieurs solutions SaaS. Dropbox, Microsoft OneDrive, Facebook, Gmail, etc. sont des cas d'utilisation des applications en tant que service.

Il existe une pléthore d'outils libres permettant l'implémentation des solutions de cloud privé fonctionnant sous Linux. Il faut donc choisir de solutions de cloud de type IaaS qui pourront fonctionner sur le système d'exploitation du CNF. Pour la disponibilité et la continuité de service, il faut externaliser une partie des serveurs. Ce qui suppose que nous allons utiliser des centres de données des fournisseurs externes. Cependant, il faut noter qu'il n'est pas de règle que l'externalisation des serveurs soit immédiate, elle peut s'en suivre.

### 3. Technologies de Cloud

Les solutions de cloud computing sont basées sur technologies bien connues du grand public. Dans le cloud computing, les deux technologies phares sont les technologies de virtualisation et les technologies du Web. La virtualisation permet de fournir les ressources nécessaires au support des applications. C'est donc l'élément essentiel d'une IaaS. Les technologies du Web permettent d'une part de livrer les services aux utilisateurs à travers des portails Web, et d'autre part, d'assurer l'interopérabilité des différentes solutions existantes en fournissant des méthodes de communication de haut niveau telles que les services Web. Nous passons ci-dessous en revue ces technologies tout en citant quelques exemples de leurs outils de réalisation

#### 3.1. Virtualisation

La virtualisation est l'ensemble des techniques matérielles ou logicielles employées pour faire tourner plusieurs systèmes d'exploitation sur une même machine physique. Le système d'exploitation virtualisé est appelé *système invité* et celui sur lequel il tourne est le *système hôte*. En d'autres termes, la machine physique est appelée machine hôte et celle sur laquelle tourne le système invité est appelé *machine virtuelle*. Il est bien de faire la différence entre l'isolation et la virtualisation complète. L'isolation ou cloisonnement consiste à diviser le système d'exploitation en plusieurs contextes. Chaque contexte est un domaine isolé géré par le système hôte. Il est donc théoriquement impossible d'en sortir. Il ya des avantages énormes en termes de performance d'un tel système. Mais des exigences techniques sont contraignantes et constituent des inconvénients pour ce type de virtualisation. En plus, cette technologie exige que les systèmes hôte et invité soient de même type. Le logiciel d'isolation bien connu du public est OpenVZ<sup>11</sup>. Il fonctionne sur le noyau 2.6 de Linux.

---

<sup>7</sup><https://azure.microsoft.com/fr-fr/>

<sup>8</sup><https://cloud.google.com/appengine/?hl=fr>

<sup>9</sup><https://onedrive.live.com/about/fr-fr/>

<sup>10</sup><http://www.orange-business.re/>

<sup>11</sup>[https://openvz.org/Main\\_Page](https://openvz.org/Main_Page)

La virtualisation complète consiste à émuler l'intégralité d'une machine physique pour le système invité. Le système invité croit s'exécuter sur une véritable machine physique. C'est l'invité qui se charge des tâches d'émulation des ressources de la machine physique. Son rôle consiste à transformer les instructions du système invité en instructions pour le système hôte à travers la couche d'abstraction de ce dernier. Le système invité n'a donc pas d'accès direct au matériel, mais uniquement aux couches d'abstraction du système hôte. La machine virtuelle émule donc de manière logique tout le matériel habituel de l'architecture d'un ordinateur physique. Ainsi, la virtualisation complète permet l'exécution de n'importe quel type de système d'exploitation comme un système invité. Les solutions les plus connues dans ce domaine de virtualisation est le VMware<sup>12</sup>[5] de la société du même nom et VirtualBox<sup>13</sup>d'Oracle. Cependant VMware reste largement dominant sur le marché, malgré qu'il soit propriétaire. Il existe cependant des versions gratuites avec des fonctionnalités moindres. VirtualBox quant à lui est totalement en open source.

### 3.2. La para-virtualisation

La para-virtualisation est très proche du concept de la virtualisation complète dans le sens où c'est toujours un système d'exploitation complet qui s'exécute sur le matériel émulé par une machine virtuelle ; cette dernière s'exécute au-dessus d'un système hôte. Toutefois, dans une solution de para-virtualisation, le système invité est modifié pour être exécuté par la machine virtuelle. Les modifications effectuées visent à mettre le système invité au courant du fait qu'il s'exécute dans une machine virtuelle. De ce fait, il pourra collaborer plus étroitement avec le système hôte, en utilisant une interface spécifique. Microsoft Hyper-V[6] est le logiciel le plus connu de ce domaine.

### 3.3. Les systèmes à hyperviseurs

L'utilisation d'un hyperviseur est en quelque sorte une évolution logique de la para-virtualisation. Dans les technologies précédentes, le système hôte était le seul à avoir un accès direct au matériel physique. Avec un hyperviseur, le système hôte partage un accès avec les systèmes invités. Au démarrage de l'ordinateur, c'est normalement le système d'exploitation qui prend la main et le contrôle du matériel. Dans le cas de l'utilisation d'un hyperviseur, c'est un système minimaliste (l'hyperviseur) qui prend le contrôle du matériel. Ensuite, des systèmes d'exploitation complets pourront être exécutés par-dessus l'hyperviseur. Dans une architecture à hyperviseur, les systèmes d'exploitation exécutés ont presque un accès direct au matériel physique. Le rôle de l'hyperviseur est donc de s'assurer qu'ils n'accèdent qu'aux ressources qui leur sont autorisées sans perturber le fonctionnement des autres systèmes. Xen (version 12) [7] et hyper-V sont les grandes offres dans ce domaine.

### 3.4. La virtualisation assistée par le matériel

La para-virtualisation ainsi que les solutions à hyperviseur nécessitent de porter les systèmes invités pour être capables de communiquer avec l'hyperviseur. La virtualisation complète échappe à cette contrainte de compatibilité au détriment d'une perte de performances à son niveau [8]. Afin de conserver le gain atteint, en termes de rapidité et de performances avec les systèmes à hyperviseur sans toutefois passer par un portage des systèmes invités, la virtualisation assistée par le matériel consiste à introduire des fonctionnalités de la virtualisation directement dans les processeurs des machines physiques. Les processeurs INTEL-VT et AMD-V connaissent déjà cette forme de virtualisation. Xen [9] et KVM [9] sont les ténors de cette technologie.

---

<sup>12</sup><https://www.vmware.com/>

<sup>13</sup> <https://www.virtualbox.org/>

Le premier est le plus utilisé grâce à sa robustesse et son expérience du domaine. Xen est davantage une solution très complète et a l'avantage d'être directement intégré à GNU/LINUX dès le noyau 2.6.20.

### **3.5. Récapitulatif des systèmes de virtualisation**

Dans le tableau qui suit, nous récapitulons les différentes solutions et quelques indicateurs qui nous permettront de choisir celle qui répondra le mieux à nos besoins. Nous avons choisi quatre techniques de virtualisation : l'isolation, la para-virtualisation, la virtualisation complète et la virtualisation assistée par le matériel.

**Tableau 1** : Récapitulatif des systèmes de virtualisation

<b>Types d'éléments</b>	<b>Isolation</b>	<b>Para-virtualisation</b>	<b>Virtualisation complète</b>	<b>Virtualisation matérielle</b>
Tansparence	NON	OUI	NON	NON
Performance	Élevé	Très élevé	Moyen	Très élevé
Simplicité	Très élevé	Moyen	Élevé	Élevé
Exemples de Solutions	OpenVZ	Hyper-V, Xen	VMware, Virtual Box	Xen, KVM

## **4. Les technologies du Web**

Un Service Web est un programme informatique permettant la communication et l'échange de données entre applications et systèmes hétérogènes dans des environnements distribués [10]. Il s'agit d'un ensemble de fonctionnalités exposées sur Internet ou sur un Intranet, pour des applications ou machines, sans intervention humaine, et en temps réel. Les solutions du cloud computing se basent sur le service web, notamment le XML-RPC<sup>14</sup>, le SOAP<sup>15</sup>, le REST<sup>16</sup> en respectant les standards du Web (WSDL<sup>17</sup>, UDDI<sup>18</sup>).

### **4.1. Le XML-RPC**

XML-RPC est, comme son nom l'indique, du XML (eXtensible Markup Language) et RPC (Remote Procedure Calling). Le XML permet l'indépendance vis-à-vis de la plate-forme d'exécution. Le RPC donne la possibilité d'exécution des procédures à distance.

### **4.2. Le SOAP**

Également basé sur le XML, SOAP permet l'échange de données dans des environnements distribués. Il est constitué essentiellement de trois composants : (1) une enveloppe contenant des informations sur le message lui-même afin de permettre son acheminement et son traitement ; (2) un ensemble de règles de codage pour les types de données des instances des applications définies et (3) une convention pour l'invocation des méthodes à distance. Il représente un protocole plus complet que le XML-RPC mais plus complexe.

---

<sup>14</sup>XML-RPC: eXtensible Markup Language - Remote Procedure Calling

<sup>15</sup>SOAP: Simple Object Access Protocol

<sup>16</sup>REST: REpresentational State Transfer

<sup>17</sup>WSDL: Web Services Description Language

<sup>18</sup>UDDI: Universal Description Discovery and Integration

#### 4.3. Le REST

Le REST repose lui aussi sur le principe de fonctionnement des services web. Il s'appuie sur les protocoles Internet, dont HTTP, pour véhiculer des messages décrits au format XML. Cependant, la principale différence qui réside entre REST et les autres protocoles est qu'il ne s'agit pas d'un standard mais d'un style architectural qui se veut simple pour l'échange de données entre applications.

#### 4.5. Les solutions libres (opensource)

Nous proposons de mettre en place pour notre CNF un cloud privé de type IaaS. Cette solution peut être mise en œuvre dans toute PME. Cela consiste à gérer un ensemble de machines physiques et virtuelles dans un réseau local ou dans une interconnexion de plusieurs réseaux. Plusieurs solutions libres sont présentées dans la littérature. Nous présentons succinctement les solutions Eucalyptus, OpenNebula, Nimbus et Openstack. Les terminologies utilisées dans ces solutions peuvent varier mais le principe de fonctionnement de ces différentes solutions reste approximativement le même.

#### 4.6. Eucalyptus

Eucalyptus est un ensemble d'outils disponibles sous Licence BSD<sup>19</sup> qui permet de mettre en place une infrastructure de type cloud computing sur une grappe de serveurs. Eucalyptus est un acronyme qui se définit comme Elastic Utility Computing Architecture for Linking Your Programs To Useful Systems. Il a été développé par une équipe de chercheurs de l'université de Californie dans les années 2007. C'est une solution mature et permet l'installation d'une infrastructure de cloud assez facilement tant que l'on reste dans les limites de son fonctionnement.

#### 4.7. Openstack

Openstack est un projet de cloud computing privé et public sous licence Apache 1. Initialement développé par la NASA, l'agence gouvernementale qui a en charge la majeure partie du programme spatial civil des États Unis d'Amérique et Rackspace cloud, un fournisseur de plate-forme de cloud computing. À partir de juillet 2010, ces deux sociétés ont ensuite été rejointes par cloud.com, Citrix Systems, Dell, en Stratus, NTT Data, PEER1, RightScale, cloudkick, Zenoss, Limelight, Scalr, AMD, Intel, Spiceworks, Canonical et Cisco. OpenStack est une solution encore jeune, mais qui a un potentiel très important par rapport à son architecture et sa communauté ainsi que le support de ses partenaires.

#### 4.8. OpenNebula

OpenNebula est un projet Open Source de cloud computing de type IaaS sous licence Apache2. Le projet a pour but la gestion de machines virtuelles à grande échelle sur des infrastructures distribuées ou de clusters, et supporte plusieurs technologies d'hyperviseur : Xen, KVM et VMware.

OpenNebula permet aussi de combiner les infrastructures locales et publiques, ce qui offre une grande modularité aux environnements hébergés. OpenNebula est une solution de cloud flexible et mature. Sa conception est très épurée, et laisse une grande liberté à l'administrateur qui souhaiterait déployer cette solution au prix d'un effort d'intégration poussé au réseau et à d'autres solutions complémentaires pour le stockage.

---

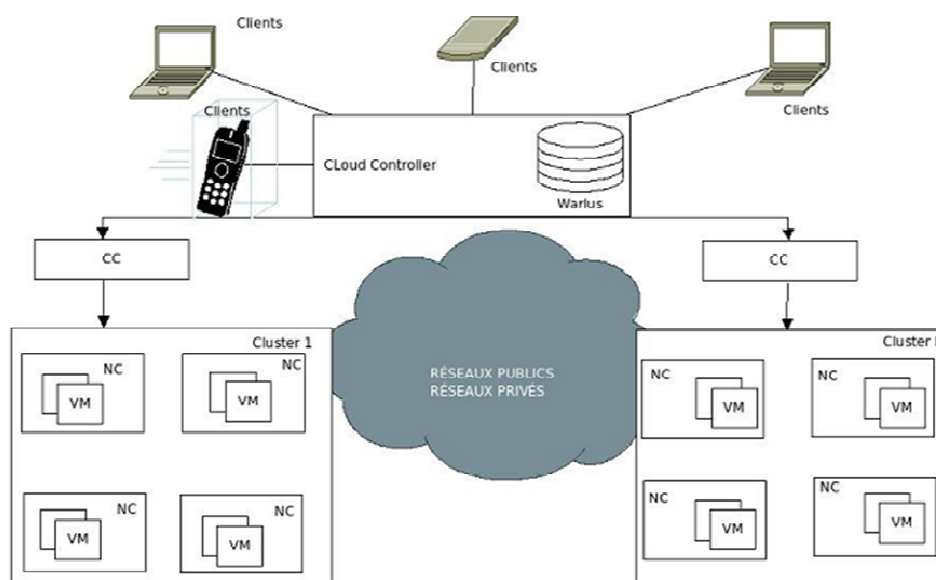
<sup>19</sup>La licence BSD est une licence libre utilisée pour la distribution de logiciels

## 5. Solution retenue

Dans le contexte de campus numérique francophone, l'architecture de déploiement du cloud envisagé est simple. Nous optons pour la solution Eucalyptus se veut simple à implémenter dans de tels contextes et qui est aussi une solution mature. Cette solution est supportée aussi par les systèmes d'exploitation du CNF. Techniquement, Eucalyptus est une plate-forme libre qui gère les pools de stockage, les réseaux et les ressources informatiques pour construire une infrastructure comme service publique ou privée [11]. Eucalyptus organise une IaaS autour de quatre éléments principaux :

- Node Controller ou contrôleur de nœuds (NC) : un nœud est presque le dernier niveau dans une architecture cloud vue par Eucalyptus. Il correspond à un ensemble de machines virtuelles, toutes de même type. Un NC s'occupe d'un certain nombre de nœuds.
- Cluster Controller (CC): un cluster est un ensemble de nœuds de machines virtuelles. Ces machines peuvent être ou non de même type. Un CC prend en charge un cluster.
- CCloud Controller (CLC) : c'est le contrôleur de cloud.
- Walrus Storage Service Similar (WS3) : il s'occupe du stockage dans le cloud.

A ces éléments, s'ajoute Front-end qui est le point d'entrée. On l'appelle aussi le serveur frontal. Il peut héberger simultanément le Walrus et CLC. La figure suivante illustre l'architecture de cloud computing présentée par Eucalyptus.



**Figure :** Architecture de cloud computing présentée par Eucalyptus

La solution que nous proposons permet au CNF d'offrir son infrastructure comme service. Comme les IaaS de façon générale, elle offre des services de niveau basique c'est-à-dire la puissance de calcul et en l'occurrence le système d'exploitation [13, 14]. Nous avons mis un accent sur deux services essentiels : des machines virtuelles et le firewalling [15]. Nous nous sommes servis de l'outil Ubuntu Enterprise Cloud (UEC) qui contient Eucalyptus et d'autres logiciels libres qui facilitent son implémentation. L'UEC nous offre une multitude de machines virtuelles, et en plus, est compatible avec Amazon EC2<sup>20</sup>.

<sup>20</sup><https://aws.amazon.com/fr/ec2/>

## 6. Implémentation de notre cloud

### 6.1.Mise en place de l'IaaS

Nous avons fait usage de l'UEC fourni avec Ubuntu 10.04 LTS<sup>21</sup> disponible au CNF. Nous nous sommes consacrés d'une configuration minimale où le serveur frontal héberge le contrôleur de cloud, le contrôleur de graphes et le contrôleur de stockage, le Walrus S3.

Ce serveur frontal dispose d'un disque IDE 5400rpm de 80 Go, d'un processeur de 1GHz, d'une RAM de 2Go, d'une carte Ethernet de 100/1000 Mbit/s. Il est cependant rare d'avoir un seul contrôleur des nœuds dans un graphe mais faute de moyen adéquats à notre disposition, nous nous sommes limités à un seul contrôleur des nœuds. Pour le serveur frontal, l'essentielle de l'installation porte sur les paquets **eucalyptus-cloud**, **eucalyptus-cc**, **eucalyptus-walrus** et **eucalyptus-sc**. Pour le contrôleur des nœuds, il convient d'installer le paquet **eucalyptus-nc**. Il est important de noter que les deux serveurs doivent physiquement exister dans un même domaine de diffusion. Après avoir échangé les clefs ssh (Secure Shell), et édité les fichiers de configuration, il faut publier les services et lancer le processus d'écoute [16]. Une interface web est également fournie aux utilisateurs.

### 6.2.Tests d'utilisation

Le but de notre IaaS est de faciliter l'utilisation des ressources. Les utilisateurs déploient des machines virtuelles dans ce cloud, ce qui leur permet d'utiliser un certain nombre de ressources. En effet, lorsqu'on déploie une machine virtuelle dans un cluster, des ressources matérielles sont utilisées sur les nœuds concernés. Il se passe alors des échanges d'information entre le contrôleur de cluster et le contrôleur des nœuds et il s'en suit des traitements. En termes de fonctionnalités, la solution permet de gérer un ensemble de machines physiques et virtuelles à travers une interface d'administration CLI<sup>22</sup> mais aussi à travers un portail Web qui offre une utilisation beaucoup plus conviviale du système.

Pour les tests, l'utilisateur dispose d'un accès SSH sur la machine virtuelle. Pour lui, l'utilisation des ressources reste transparente.

Les tests de fonctionnement effectués ont été concluants avec un accès et une utilisation effective des machines virtuelles dans le cloud. Cela permet au CNF de proposer l'excédent de ses ressources aux autres organisations ou PME.

## Conclusion et perspectives

Un cloud de type infrastructure comme un service présente des avantages assez intéressants qui peuvent motiver les responsables des entreprises. Ces derniers peuvent vendre les excédentaires de leurs ressources ou utilisent les ressources proposées par d'autres entreprises. Cette technologie s'annonce très prometteuse auprès des PME qui sont le plus souvent limitées par les moyens. Nous avons implémenté cette infrastructure au CNF pour montrer sa réalisabilité dans un environnement modeste ressemblant avec ceux des PME.

Nous voudrions ainsi dire aux PME qu'elles ne doivent pas seulement consommer les ressources du cloud mais elles peuvent aussi proposer ou vendre leurs ressources excédentaires aux autres entreprises. Le cloud présente aussi un autre avantage qui est de reposer sur les technologies classiques. Cela facilite sa mise en œuvre. Mais le cloud est par conséquent tributaire de certaines technologies, par exemple, l'internet.

---

<sup>21</sup>LTS: Long Term Support

<sup>22</sup>CLI : Command Line Interface

Le cloud serait trop limité sinon inexistant sans internet. Plusieurs ressources libres existent au côté des solutions propriétaires pour mettre en place le cloud computing. Chaque solution a ses avantages et ses limites. Nous avons présenté et comparé quelques-unes. Nous avons implémenté une IaaS avec Eucalyptus et tests de fonctionnement effectués ont été concluants avec un accès et une utilisation effective des machines virtuelles.

Comme perspectives, nous envisageons étendre notre cloud par une intégration de plus de ressources matérielles et logicielles pour pouvoir créer plusieurs clusters et contrôleurs de clusters. Nous souhaitons d'explorer la tolérance aux pannes et l'équilibrage des charges dans un cloud computing. L'aspect sécurité est à revisiter.

## **Bibliographie**

- [1]Caire JL, Munsch W. Objectif Cloud : une démarche pratique orientée services. Éd. ENI; 2014.
- [2] Hennion R, Tournier H, Bourgeois E. Cloud computing : décider, concevoir, piloter, améliorer. Editions Eyrolles; 2012 Sep 20.
- [3] Casavant TL, Kuhl JG. A taxonomy of scheduling in general-purpose distributed computing systems. IEEE Transactions on software engineering. 1988 Feb;14(2):141-54.
- [4] Tiers G, Mourmant G, Leclercq-Vandelannoitte A. L'envol vers le Cloud : un phénomène de maturations multiples. Systèmes d'information & management. 2013 ;18(4):7-42.
- [5] Infrastructure V. Resource management with VMware DRS. VMware Whitepaper. 2006;13.
- [6] Velte A, Velte T. Microsoft virtualization with Hyper-V. McGraw-Hill, Inc.; 2009 Jul 30.
- [7] Xen Project, A linux foundation collaborative project : Xen, <http://www.xenproject.org>, consulté Juillet 2017
- [8] Lacombe E, Nicomette V, Deswarte Y. Une approche de virtualisation assistée par le matériel pour protéger l'espace noyau d'actions malveillantes. In Symposium sur la Sécurité des Technologies de l'Information et des Communications (SSTIC 09) 2009.
- [9] Jin Y, Wen Y, Chen Q, Zhu Z. An empirical investigation of the impact of server virtualization on energy efficiency for green data center. The Computer Journal. 2013 Feb 20;56(8):977-90.
- [10] Kun Y, Xiao-Ling WA, Ao-Ying ZH. Underlying techniques for Web services: A survey. In Journal of software 2004 Mar.
- [11] Nurmi D, Wolski R, Grzegorzczak C, Obertelli G, Soman S, Youseff L, Zagorodnov D. Eucalyptus: A technical report on an elastic utility computing architecture linking your programs to useful systems. In UCSB Technical Report 2008.
- [12] Ostermann S, Plankensteiner K, Prodan R, Fahringer T. GroudSim: an event-based simulation framework for computational grids and clouds. In European Conference on Parallel Processing 2010 Aug 31 (pp. 305-313). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [13] Buyya R, Yeo CS, Venugopal S, Broberg J, Brandic I. Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. Future Generation computer systems. 2009 Jun 30;25(6):599-616.
- [14] Catteddu D. Cloud Computing: benefits, risks and recommendations for information security. In Web application security 2010 (pp. 17-17). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [15] Guenane FA. Gestion de la sécurité des réseaux à l'aide d'un service innovant de Cloud Based Firewall (Doctoral dissertation, Paris 6).
- [6] Chamfrault T, Durand C. ITIL et la gestion des services : méthodes, mise en œuvre et bonnes pratiques. Dunod; 2006 Oct 9.
- [16] Équipe de traduction Ubuntu Francophone. <https://guide.ubuntu-fr.org/12.04/server/uec.html> ; vu le 05 octobre 2015.



## Mécanismes de contrôle d'accès à l'aide de documents numériques certifiés dans un environnement ouvert

Abakar Mahamat Ahmat<sup>1</sup>, Mikael Ates<sup>2</sup>, Ahmat Hassan Mahamat<sup>3</sup>, Ali Ouchar<sup>3</sup>, Farikou Ousmane<sup>3</sup>,  
Mahamat Hassan Borgou<sup>3</sup>, Jacques Fayolle<sup>4</sup>

1 : Université de N'Djaména, Tchad, oabakar@yahoo.fr

2 : Entr'Ouvert, Paris-France, mates@entrouvert.com

3 : Institut National Supérieur des Sciences et Techniques d'Abéché – BP 130 Tchad

4 : SATIN Research team, Laboratoire Telecom Claude Chappe-LT2C, Telecom Saint-Etienne-  
Université Jean Monnet Saint-Etienne, France, jacques.fayolle@univ-st-etienne.fr

### Résumé

Nous proposons dans cet article une architecture de contrôle d'accès basée sur la confiance numérique dans un environnement ouvert tel que l'Internet. Dans un tel environnement, les usagers sont parfois inconnus et toujours dématérialisés. Les concepts et les technologies de la confiance numérique et de la sécurité informatique doivent se combiner pour permettre un contrôle d'accès en environnement ouvert. Dans cette architecture, l'élément central est l'Environnement utilisateur très riche et déployé en ligne. Cet environnement est doté de trois modules principaux qui permettent à l'utilisateur de mener à bien ses transactions. Ces modules sont le module d'analyse de règlements, le module de récupération de données et le module de validation de règlements. Ces modules utilisent des algorithmes que nous concevons. La conception de cette architecture repose sur le modèle de contrôle d'accès basé sur les attributs ABAC et le langage XACML. Les organisations virtuelles, la notion de partenariat et la confiance sont également des éléments clés qui entrent dans cette conception.

**Mots clés :** ABAC, XACML, Environnement ouvert, Cloud computing, Contrôle d'accès, Environnement Utilisateur, Organisation virtuelle, Confiance numérique

### Abstract

*We propose in this paper an access control architecture based on digital trust in an open environment such as the Internet. In such an environment, users are sometimes unknown and still dematerialized. The concepts and technologies of digital trust and information security must be combined to enable an open environment access control. In this architecture, the central element is very rich user environment and deployed online. This environment has three main modules that allow the user to carry out its transactions. These modules are the analysis rules module, the data recovery module and the regulations validation module. These modules use algorithms we design. The design of this architecture is based on the access control model based on attributes (ABAC) and XACML language. Virtual organizations, the concept of partnership and trust are also key elements that go into this design*

**Keys word:** ABAC, XACML, Open environment, Cloud computing, Access Control, User Environment, Virtual organization, Digital trust

### Introduction

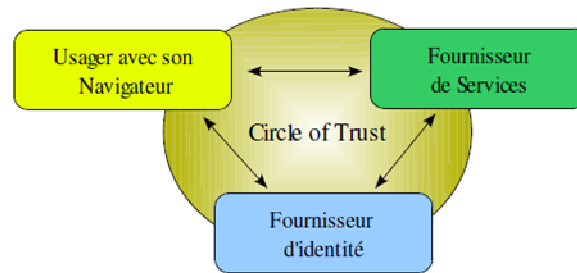
Nous présentons dans cet article une architecture de contrôle d'accès basé sur les certificats numériques dans un environnement ouvert. Le « Cloud computing » regroupe de nos jours un ensemble de concepts dans lesquels on retrouve la notion d'environnement ouvert.

Un « environnement ouvert » étant défini comme [Ates, 2009] : « Un environnement où il ne peut exister d'autorité centrale régissant toutes les mises en relation entre entités qui le peuplent, ni tous les accès que ces dernières requièrent. C'est un environnement dans lequel diverses entités, potentiellement inconnues, ont à établir des relations qui visent à satisfaire les conditions de contrôle d'accès des fournisseurs de services et à donner à l'utilisateur des moyens de contrôle et de confiance envers les organisations. Le Web au travers de l'Internet est une implémentation qui constitue un tel environnement ». Les concepts des organisations virtuelles, la notion de partenariat entre organisations, la notion de confiance et le principe de la fédération sont également présentés. Nous nous basons sur le langage XACML et le modèle de contrôle d'accès basé sur les attributs (ABAC-Attribute-Based Access Control) pour bâtir notre architecture. Cette architecture s'appuie sur des tiers de confiance habilités à certifier et gérer les données d'un sujet, données décrivant principalement les attributs de l'identité d'un sujet. L'élément central de cette architecture est l'Environnement Utilisateur (EU) très riche et déployé en ligne. Cet environnement est doté de trois modules principaux qui permettent à l'utilisateur de mener à bien ses transactions. Ces modules sont le module d'analyse de règlements, le module de récupération de données et le module de validation de règlements. Nous élaborons des algorithmes utilisés dans ces modules.

### **I- La fédération d'identité et lien de confiance**

La fédération d'identité désigne les échanges d'informations certifiées portant sur les identités numériques entre organisations. La fédération d'identité est née des difficultés rencontrées par le monde universitaire pour la gestion et le partage de leurs ressources. Plusieurs initiatives [Group Oxford, 2007] ont vu le jour parmi lesquelles Shibboleth et Liberty Alliance. Le principe de la fédération y est très similaire ce qui a permis leur convergence vers la norme SAML2 de l'OASIS. Le principe est le suivant : Lorsqu'un utilisateur demande un service auprès d'une organisation fournisseur de service, il est redirigé vers son organisation fournisseur d'identités pour s'authentifier. En déléguant ainsi l'authentification on résout les problèmes de sécurité liés à la circulation des mots de passe et on évite la multiplication des comptes d'un même utilisateur dans plusieurs organisations. SAML est conçu pour permettre les échanges certifiés entre les différents systèmes de gestion des identités des membres d'un cercle de confiance. Il permet l'échange de certificats entre organisations à l'aide de technologie Web en assurant sécurité et respect de la vie privée.

Les systèmes de contrôle d'accès simples et traditionnels sont utilisés dans un environnement où les utilisateurs sont déjà connus à l'avance ainsi que leurs droits d'accès. La notion de confiance est presque inexistante dans la mesure où chaque utilisateur prouve son identité par les informations qui lui sont attribuées préalablement. Dans un environnement ouvert, le problème lié à l'authentification et à l'autorisation se pose. Dans un tel environnement, pour donner accès à un utilisateur, plusieurs paramètres sont à prendre en compte parmi lesquels la notion de confiance. Les utilisateurs demandant l'accès ont des données relatives à leur identité réparties à travers différents domaines que représentent les organisations partenaires. Le contrat ou protocole régissant le partenariat des différentes organisations, se base sur un modèle de confiance pour accorder l'accès à un utilisateur. Plusieurs modèles de contrôle d'accès basé sur la confiance ont été proposés. La plupart de ces modèles établissent la correspondance directe entre la politique de contrôle d'accès et les paramètres du modèle de confiance [Hristo, 2004]. La conception d'un modèle de confiance tient compte de la source à partir de laquelle l'information est obtenue. [Lin, 2006] met en évidence un certain nombre de concepts relatifs à un modèle de confiance. Il s'agit de définir les paramètres pouvant influencer la nature des négociations et qui peuvent être directs ou indirects entre les organisations devant s'échanger des informations. La négociation peut être directe de pair à pair, ou indirecte de pair vers une entité intermédiaire, ou encore en passant par une fédération.



**Figure 1** : négociation par fédération

Sur la figure 1, l'utilisateur requiert un service auprès d'un fournisseur de services. Le fournisseur de services ne connaît pas l'utilisateur mais va s'appuyer sur un fournisseur d'identité de celui-ci pour obtenir des informations le concernant. C'est l'exemple type d'une fédération où une autorité de certification délivre un certificat à un utilisateur.

## II- Contrôle d'accès basé sur les attributs

La simple mise en place d'une politique de sécurité ne suffit pas pour sécuriser l'interopération. Il faut également tenir compte de son évolution par rapport aux besoins des différents participants à l'interopération [Coma, 2009]. Ce qui amène à penser aux modèles de contrôles d'accès contextuels comme le contrôle d'accès basé sur les attributs (ABAC-Attribute Based Access Control). Pour inter-opérer, il faut prendre en compte les informations environnementales. Le modèle ABAC a été développé par Eric Yuan et Jin Tong [Eric & al, 2005], dans le but de pallier aux difficultés que rencontrent les architectures web services en termes de sécurité. En effet, les accès à l'information au niveau de ces architectures web services se font non seulement sur les systèmes distribués mais très dynamiquement. Les modèles classiques sont généralement destinés à un fonctionnement statique, ils ne permettent guère une évolution dynamique. De part sa définition, le modèle ABAC peut être le plus adapté pour les architectures fonctionnant dans un environnement ouvert « in the cloud » où différentes organisations peuvent assurer à la fois les accès aux informations et la protection de leurs ressources. Comme son nom l'indique, le modèle ABAC définit les autorisations d'accès en se basant sur des caractéristiques de chaque entité, appelées attributs.

## III- Les systèmes de contrôle d'accès distribués

Nous avons situé notre cadre de travail dans un environnement ouvert. Dans un tel environnement, la politique de sécurité utilisée se base essentiellement sur un système de contrôle d'accès distribué. Plusieurs solutions utilisent actuellement le principe de la fédération d'identité. Cette technologie permet à un utilisateur de s'authentifier auprès de son fournisseur d'identité (Identity Provider - IdP) et d'accéder aux autres systèmes du cercle de confiance. L'utilisateur est dans ce type d'architecture généralement connu d'un unique fournisseur d'identité, dit d'appartenance. Prouver cette appartenance à un fournisseur de service du cercle de confiance peut suffire à obtenir l'accès au service de ce dernier.

Dans l'environnement ouvert que nous considérons, les fournisseurs d'identité de l'utilisateur sont multiples. Toute entité possédant une information sur un sujet est potentiellement un fournisseur d'identité. De plus nous considérons le cas où pour donner un accès à l'utilisateur, il lui faut fournir des informations certifiées par de multiples fournisseurs d'identité. Dans ce cas, la fédération dans son exploitation simple qui vient d'être faite ne suffit pas.

PERMIS (Privilege and Role Management Infrastructure Standards Validation) a été conçu par l'université de Kent dans le but de mettre en place un système de contrôle d'accès distribué basé sur les certificats. PERMIS implémente un mécanisme de contrôle d'accès basé sur le modèle RBAC et utilise les certificats d'attributs X.509. Les règles d'autorisation RBAC sont définies à l'aide du langage XML et stockées dans un annuaire LDAP [Wu & Periorellis, 2005].

XACML (eXtensible Access Control Markup Language) est une spécification normalisée par l'OASIS [OASIS, 2005]. Il s'agit d'un langage XML dédié au contrôle d'accès. Il inclut un langage protocolaire de type requêtes/réponses pour la prise de décision et un langage pour la définition de politiques de contrôle d'accès.

#### **IV- Analyse sur le contrôle d'accès et la confiance**

Dans notre étude, nous souhaitons qu'un utilisateur inconnu du fournisseur de service puisse obtenir un accès au service au travers de la confiance du fournisseur de service envers des organisations attestant des informations sur l'utilisateur. Le sujet n'appartient pas à une unique organisation mère comme c'est le cas dans de nombreux travaux. Nous supposons qu'il est connu de multiples organisations et qu'il peut donc obtenir des certificats de ces multiples organisations afin d'obtenir des droits auprès d'organisations tierces. En effet, il est courant de voir des travaux sur l'interopérabilité où il est fait la supposition qu'il suffit à l'utilisateur d'arriver dans une organisation partenaire et de présenter un unique certificat, contenant potentiellement des attributs.

Permettre un accès suppose que l'on détienne au minimum une information sur l'identité du demandeur. L'identité sera définie à partir des attributs d'identité. Il s'agit donc d'exploiter le modèle de contrôle d'accès basé sur les attributs (ABAC).

Le système que nous allons définir va permettre à des entités inconnues de revêtir des rôles dynamiquement au moment des requêtes d'accès. Les objets, les droits nécessaires pour y accéder, et les rôles, seront définis dans une politique de contrôle d'accès lors de la mise en œuvre du système. En cours, d'exploitation les utilisateurs apportent des informations d'identité certifiées qui permettent au fournisseur de services d'enrôler dynamiquement les utilisateurs. Ces informations sont issues d'organisations tierces. L'organisation qui base son contrôle d'accès sur des informations provenant d'organisations tierces fait donc confiance à ces organisations. Ce qui justifie qu'un tel contrôle d'accès soit appelé « Trust management », [Blaze & al, 1996]. Pour reconnaître qu'une information provient bien d'un tiers de confiance, une organisation peut établir une connexion sécurisée avec celui-ci et l'authentifier (puis obtenir les informations nécessaires). Il est également possible que le tiers de confiance signe de l'information. Cela permet l'élaboration de documents (Certificats, assertions, security tokens, etc.) qui peuvent permettent d'utiliser ces informations sans nécessiter une connexion directe entre les deux organisations concernées. Si l'on souhaite voir un tel contrôle d'accès déployé de manière globale, il est nécessaire de supposer une architecture de confiance globale où de nombreuses organisations se font confiance (par exemple au travers de partenariats commerciaux).

#### **V- Notre architecture de contrôle d'accès**

Un utilisateur inconnu du fournisseur de service obtient un accès au travers de la confiance du fournisseur de service envers des organisations attestant d'informations sur l'utilisateur. Avec l'évolution de la technologie de l'information et de la communication, et principalement du « cloud computing », nous nous sommes posés la question de comment la confiance numérique entre organisations sera utilisée dans l'avenir pour permettre à des usagers d'accéder à des services en ligne offerts par des organisations desquelles ils sont inconnus ?

Avec les atouts offerts par la numérisation des informations, l'opportunité est d'exploiter ces nouvelles technologies pour le bien être de la société. C'est ainsi que nous avons opté pour l'exploitation des systèmes de gestion des identités numériques dans le cadre de la fourniture de services sensibles (transaction administratives, achats, etc.) à des utilisateurs inconnus par des organisations diverses. L'objet de cet article est la description d'une architecture d'authentification basée sur les documents numériques certifiés. Cette application rentre dans le contexte des services en ligne pour le grand public. Nous cherchons à travers ces travaux à étudier et à réaliser un système de gestion d'identité pour le contrôle d'accès dans un environnement ouvert. Il s'agit de concevoir un système de contrôle d'accès permettant de décrire les conditions d'accès des utilisateurs préalablement aux demandes d'accès, conditions d'accès basées sur la confiance [Ates&Abakar, 2011].

Nous nous focalisons sur l'utilisateur qui, dans le cadre de ses activités « en ligne » dans la sphère privée, souhaite consommer un service Web soumis à un contrôle d'accès et s'appuie sur diverses organisations pour obtenir des certificats pour ensuite les présenter au fournisseur de services.

Nous fixons deux contraintes majeures à ce système qui correspondent aux besoins actuels :

- Le sujet n'appartient pas à une unique organisation mère comme c'est le cas dans de nombreux travaux. On suppose ici qu'il est connu de multiples organisations et peut donc obtenir des certificats de ces multiples organisations afin d'obtenir des droits auprès d'organisations tierces. En effet, il est courant de voir des travaux sur l'interopérabilité où il est fait la supposition qu'il suffit à l'utilisateur d'appartenir à une unique organisation partenaire et de présenter un unique certificat, contenant potentiellement des attributs, pour obtenir l'accès.

- Lors de la conception de ce système, nous nous appuierons autant que possible sur des modèles de contrôle d'accès existants dans la mesure où ils permettent d'exprimer les liens de confiance entre organisations. Nous nous appuierons également sur des normes ou spécifications standards ouvertes existantes pour bâtir l'architecture protocolaire.

Le scénario peut être décrit comme suit: L'Utilisateur demande un service à un Fournisseur de services. Celui-ci analyse la requête de l'utilisateur et extrait le règlement à partir de la base des règles de contrôle d'accès. Ce règlement contient des conditions à satisfaire par l'Utilisateur pour obtenir le droit d'accès à la ressource demandée. Le module d'analyse de règlement permet à l'utilisateur d'analyser le règlement reçu du Fournisseur de service. Cette analyse consiste à vérifier à l'aide d'un algorithme la disponibilité de ses informations auprès de ses sources d'information d'identité de confiance pour le fournisseur de services. Le module de récupération de données permet ensuite à l'utilisateur de récupérer ses certificats. Le module de validation lui permet de tester qu'il satisfait le règlement grâce aux certificats. Si le règlement est satisfait l'utilisateur diffuse ses certificats au fournisseur de service.

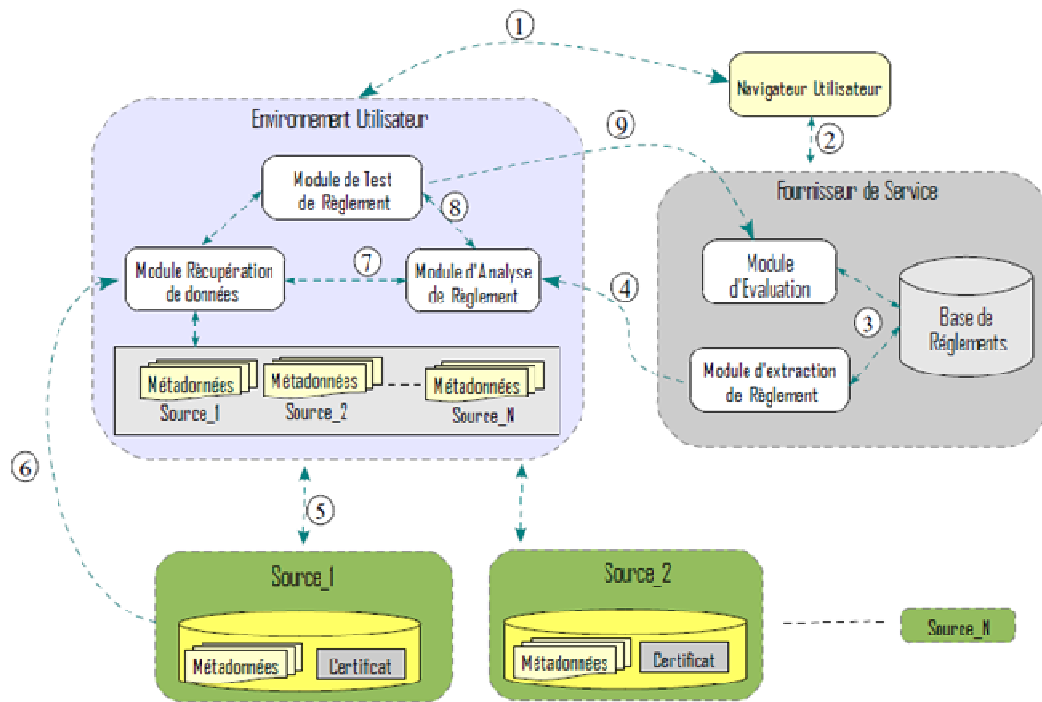
Tous ces mécanismes seront décrits et évalués par des algorithmes. Nous présentons un algorithme de traitement des règlements. Cet algorithme permet en fonction d'une règle et d'un ensemble d'attributs d'identités de déterminer si la règle est satisfaite. Cet algorithme est employé par le fournisseur de service pour autoriser l'accès en fonction des certificats reçus de l'utilisateur. L'utilisateur emploie également cet algorithme avant l'envoi des certificats pour déterminer si la diffusion peut résulter en une autorisation d'accès.

L'utilisateur va également employer une version simplifiée de cet algorithme afin de déterminer les sources d'attributs d'identité à solliciter. En effet, nous considérons que les certificats utilisés sont à durée de vie courte et ne sont donc pas stockés par l'utilisateur. Ils sont par contre délivrés à la demande de l'utilisateur. L'utilisateur possède un descripteur des attributs d'identité pour chacune des sources d'attributs, aussi appelées fichier de métadonnées des sources d'attributs.

Ainsi, la version simplifiée de l'algorithme s'appuie sur les descripteurs des sources pour déterminer quelles sont les sources à solliciter.

A ce stade, l'utilisateur ne dispose pas des valeurs des attributs et ne peut donc pas vérifier si le règlement peut être satisfait. Par contre, il peut déterminer s'il peut à minima obtenir les attributs impliqués dans les conditions du règlement. De cet algorithme résulte la liste des sources à solliciter, et pour chacune, les attributs à requérir. Suite à la récupération des certificats, l'utilisateur peut tester si le règlement est satisfait.

Ce fonctionnement est résumé par la figure 2.

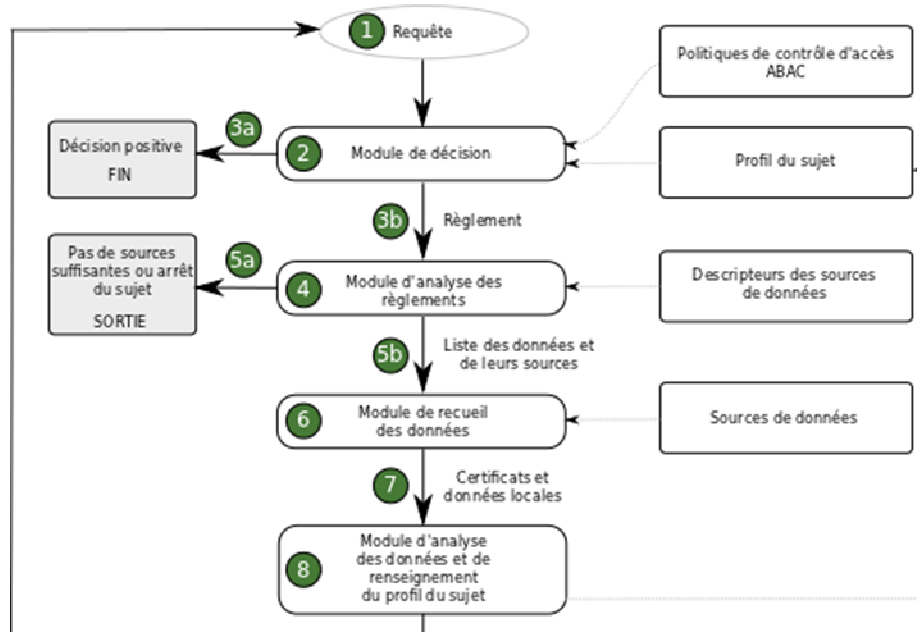


**Figure 2** : Description de fonctionnement du système

1. Authentification de l'utilisateur auprès de son environnement (EU)
2. Demande de service auprès du fournisseur de services (SP)
3. Extraction du règlement
4. Envoi du règlement à l'utilisateur pour analyse
5. Recherche des informations auprès des sources
6. Récupération des données
7. Analyse des données
8. Test de règlement
9. Envoi des certificats au SP pour une prise de décision

## VI- Processus de traitement d'une requête d'accès

Nous décrivons à la figure 3 le processus de traitement d'une requête d'accès sans distinguer la répartition des fonctions entre le fournisseur de service et l'environnement de l'utilisateur.



**Figure 3:** Différentes étapes du traitement côté SP

1. Le traitement débute par une requête d'accès d'un sujet sur un objet pour mener une action.

Les règlements de contrôle d'accès de type ABAC sont constitués de règles du type :

Permission (objet, action, règle). Les règles sont des expressions logiques du premier ordre sur des prédicats portant sur les attributs.

2. Lorsque le module de décision reçoit la requête, il détermine dans les politiques de contrôle d'accès quelles sont les permissions qui s'appliquent à cette requête et les évalue.

Pour cela, le système de décision maintient pour chacun des sujets un profil du sujet contenant l'ensemble de ses informations d'identités, contenues dans des registres locaux ou obtenues au travers de certificats issus de tiers de confiance.

Pour permettre une nouvelle demande de certificats auprès du sujet en cas de décision négative le système de contrôle d'accès est à maintien d'état. Ainsi le module de décision n'est pas à maintien d'état mais le profil constitue l'état du système.

Cela permet de mettre en œuvre un procédé incrémental de recueil des certificats.

3.a. Si une permission est satisfaite, l'accès est autorisé, le traitement se termine.

3.b. Sinon, il est extrait de chaque expression les conditions non satisfaites. Une règle est générée à partir des conditions non satisfaites.

4. Le module d'analyse des règlements reçoit une telle règle. Ce module dispose pour ce sujet de l'ensemble des descripteurs des sources de données.

Les descripteurs des sources indiquent pour chaque source quelles informations peuvent être obtenues. Ce module peut alors déterminer si une expression peut être satisfaite ou non en fonction des sources connues.

Il peut également définir quelles sont les informations d'identité minimales à obtenir pour satisfaire le règlement.

Ce module aura également en charge les interactions avec le sujet pour déterminer s'il veut ou non poursuivre la transaction, faire des choix dans les sources d'informations possibles, etc.

5.a Si la règle ne peut être satisfaite ou le sujet ne souhaite pas procéder à l'analyse du règlement, le traitement s'arrête.

5.b Sinon, le module délivre un descripteur des données à rassembler auprès des sources.

6. Le module de recueil des données, est en charge de rassembler ces données (il implémente les protocoles, par exemple LDAP, SAML, etc.). Il n'est pas obligatoire que l'ensemble des données soient recueillies. Le profil et la génération de règle permettent cela.
7. Un ensemble de certificats et données locales est envoyé au module d'analyse des données et de renseignement du profil du sujet.
8. Le module d'analyse des données et de renseignement du profil du sujet valide les certificats, en extrait l'information utile et l'injecte dans le profil du sujet. Le traitement reprend ensuite du début.

## VII- Attributs, espaces de noms et interopérabilité

Nous considérons que tous les acteurs de l'environnement possèdent une sémantique commune. En d'autres termes, il n'y a pas d'incertitude quant au sens des attributs d'identité. Il peut y avoir plusieurs espaces de nommage des attributs, cependant, nous considérons qu'il est possible de faire un « mapping » sans incertitude entre espaces de nommages. Cela nous permet de supposer que nous travaillons avec un unique espace de nommage des attributs. Cette hypothèse est accréditée par de nombreux déploiements avec succès d'architectures distribuées, notamment sur le Web. Par exemple, les opérations financières et bancaires à l'échelle mondiale sont possibles grâce à une sémantique et un espace de nommage commun des données. Ainsi, les attributs portent le même nom au sein du règlement de contrôle d'accès d'un fournisseur de service d'une organisation A et au sein du descripteur d'une source d'attributs d'une organisation B.

Nous décrivons dans la suite de cette section une liste des attributs d'identité qui sont principalement utilisés dans le contrôle d'accès basé sur les attributs d'identité :

**Tableau 1:** Récapitulatif des informations

Type de certificat	Autorité	Type de certificats	Identité civile	Forme actuelle-envisagée
Carte d'identité	Capable de vérifier l'identité civile	eID	Source	CNIE
Carte d'étudiant	Organisme accrédité par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche	Student ID	Associée	carte d'étudiant
Diplôme	Organisme accrédité par le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche	Diploma, engineer Diploma	Associée	Diplôme d'ingénieur, etc.
Permis de conduire	Préfecture	Driving License, air Licence	Associée	Permis de conduire
Facture	Commerçant	Bill	Associée	Factures utilisée pour du crédit d'impôts
E-Cash/jetons	Banques-Producteurs de "valeurs" pour un tiers	Money, Ecash, ePayment	Normalement non - éventuellement pour des besoins de lutte contre la double dépenses	Carte de crédit- Paypal
Accréditation/Procurat ion (rôles- droits sur des objets délivrés pour un tiers)	Banques – Producteurs de "valeurs" pour un tiers	?	Associée	
Justificatif de domicile	Capable de vérifier un domicile et d'y associer une identité civile	?	Associée	Facture EDF – FT
Attestation d'assurance	Assurance	Attest Resp Civil	Associée	



### - Exemple d'un règlement de contrôle d'accès basé sur les attributs

Le contexte dans lequel nous travaillons nécessite l'utilisation d'un langage riche en expressivité pour exprimer nos conditions.

Pour une première illustration du besoin, notre choix s'est porté sur le langage d'expression CARL [Camenisch, 2010]. CARL est un langage conçu pour exprimer des contraintes fortes sur la diffusion d'information d'identité. Nous souhaitons donc illustrer notre cas d'usage avec ce langage.

Prenons l'exemple du cas d'usage de la location de voiture. Le fournisseur de service de location s'appuie sur un règlement de contrôle d'accès pour définir les conditions d'accès à une location.

Nous avons ajouté les primitives suivantes au langage :

- *pseudonym.isRevocable* (Etat, cdts) signifie que l'État fournit un pseudonyme. Pseudonyme qui peut être révoqué pour révéler l'identité réelle de la personne sous certaines conditions.
- *AssocCyberNotaire+* définit un ensemble de sources de confiance. La confiance dans ces sources est établie au travers d'une autorité racine, ici l'autorité racine des « cyber notaires ».
- *Blind* (adresse). *isRevocable* (*AssocCyberNotaire+*, cdts) Signifie que l'association de *CyberNotaire* fournit une adresse mais de façon inintelligible. Celle-ci pourra être rendu intelligible sous certaines conditions.
- Dans le règlement pris en exemple nous avons noté :
- *r* pour désigner le sujet
- *CNIE* pour Carte Nationale d'Identité Électronique

Règlement:

*access: location\_voiture*

*from: loueur\_xy*

*to: any(r) where r = CNIE.pseudonym*

*in:*

*concat(r.CNIE.nom,r.CNIE.prenom)*

==

*concat(r.justificatif\_domicile.nom,r.justificatif\_domicile.prenom) ET*

*concat(r.CNIE.nom,r.CNIE.prenom) == concat(r.permis\_conduire.nom,r.permis\_conduire.prenom)*

*ET*

*concat(r.CNIE.nom,r.CNIE.prenom) == concat(r.AttestRespCivil.nom,r.AttestRespCivil.prenom) ET*

*r.CNIE.pseudonym.isRevocable(Etat,cdts) ET*

*r.CNIE.age > 18 ET*

*{EDF,GDF,TelcoFilaire+}. {r.justificatif\_domicile*

*}.blind(adresse).isRevocable(AssocCyberNotaire+,cdts) ET*

*r.permis\_conduire.validité > aujourd'hui() ET*

*r.permis\_conduire.points > 6 ET*

*r.AttestRespCivil. {Assoc\_assurance+}.certificat\_assuré.validité > aujourd'hui() ET*

*{VISA,Paypal}. {eCash,epaument}.argent == montant(transaction)*

Ce règlement permet d'exprimer les conditions suivantes :

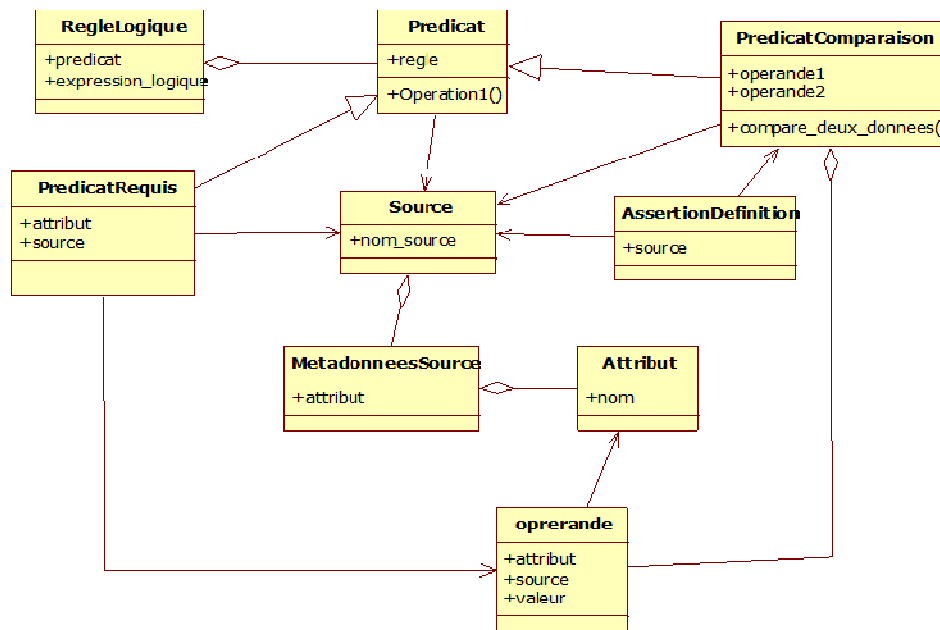
- Les valeurs des attributs « nom » et « prénom » dans les certificats doivent être égales.
- Il faut être âgé de plus de 18 ans.
- Il est nécessaire d'avoir un permis de conduire en cours de validité et disposant de plus de 6 points.
- Il faut être détenteur d'une assurance valide.
- Il faut disposer du montant de la transaction.

## - Modèle de données

Nous définissons dans cette section le modèle de données nécessaire à l'expression des règles ABAC et qui est ensuite utilisé par nos algorithmes. Une règle de contrôle d'accès ABAC contient trois éléments principaux :

1. L'expression logique combinant des prédicats ;
2. Les prédicats portant sur un ou plusieurs attributs ;
3. La description pour un attribut d'un nom, d'un espace de nom, et éventuellement d'une valeur et d'une liste de sources de confiance.

Nous définissons chaque structure de données à l'aide du concept de classe ce qui nous permet de définir le diagramme suivant :



**Figure 4** : Diagramme des classes

## - Définition d'attribut

Nous choisissons de définir chaque attribut. Ainsi, un prédicat portera sur une définition d'attribut et une information extraite d'un certificat sera reconnue si elle respecte une définition d'attribut connue du système. Nous choisissons également de faire l'association entre plusieurs espaces de nom dans la définition d'attributs. Ceci a l'intérêt de pouvoir définir des règles sur un attribut quel que soit l'espace de nom employé par le fournisseur d'attributs. Cela impose de maintenir les associations des dénominations d'attributs entre espaces de noms. Une définition d'attribut porte le nom donné à cet attribut dans notre système auquel est ajouté un élément d'association de noms par espace de noms. Nous nommons cette entité *Attribute Definition*. Une définition d'attribut possède également le type de données de l'attribut.

Les types employés sont ceux indiqués dans la spécifications XACML3 core [OASIS, 2010].

Par exemple : 'http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string' ou 'urn:oasis:names:tc:xacml:2.0:data-type: ipAddress'

Afin de décrire un attribut avec ses valeurs une entité Attribute Data est définie. Elle associe un tuple de valeurs à une définition.

## - Source de confiance

Une source de confiance désigne soit un tiers de confiance, soit un ensemble de tiers de confiance en décrivant une autorité racine [Cofta, 2007]. Une source de confiance est une entité possédant les trois attributs : nom, clé publique ou certificat et type. Un tiers de confiance désigné directement sera une source de confiance de type "DIRECT". S'il s'agit d'une autorité de confiance racine, la source de confiance sera de type "ANCHOR". Une source peut être également locale à l'hôte, une telle source sera de type "LOCAL". Enfin, une source de type "SELF" sera déclarée au sein du système pour désigner les attributs qui ne sont pas issus d'une source de confiance mais par exemple déclarés sur l'honneur par l'utilisateur. Pour rendre la notion d'autorité de confiance, nous nous restreignons à la notion d'architecture à clé publique X509 [Rivest, 1978]. Ainsi, on trouvera dans le champ certificat d'une source de confiance de type "ANCHOR" le certificat X509 de l'autorité de certification racine désignée. Cette source de confiance permet de désigner comme tiers de confiance, toutes les sources qui signeront leurs certificats d'attributs avec une clé publique contenue dans un certificat à clé publique X509, lui-même signé par une autorité de certification X509 qui est dans le chemin de confiance ayant pour racine l'autorité de certification racine désigné par la source.

## - Assertions

Nous introduisons un type d'éléments appelés *Assertion* qui permet de lier une définition d'attributs, ou des valeurs d'attributs, à une source. Une assertion de définition, appelée *Assertion Definition*, est utilisée dans les prédicats décrits par la suite. Il s'agit d'indiquer que l'on souhaite qu'un attribut provienne d'une ou plusieurs sources, et éventuellement d'imposer une contrainte sur sa ou ses valeurs. Nous introduisons donc un élément *Attached Source* qui permet de déclarer plusieurs sources attachées à une *Assertion Definition*. Une assertion de données, appelée *Assertion Data*, est utilisée dans deux cas :

- Pour indiquer une valeur de comparaison dans un prédicat, auquel cas, il n'y a pas de source attachée (les contraintes sur les sources étant défini au niveau de l'assertion de définition).
- Pour peupler un élément appelé profile lors de la réception de certificats d'attributs, auquel cas, l'assertion de données est attachée à une unique source.

Un prédicat peut porter sur deux opérandes qui sont, soient des assertions de définition, soient des assertions de données. Les classes *Assertion Definition* et *Assertion Data* dérivent d'une classe parente appelée *Assertion Any*.

## - Prédicats

Un prédicat exprime une contrainte sur un ou plusieurs attributs, ou leurs valeurs. La contrainte sur l'attribut peut également porter sur la source. L'évaluation d'un prédicat retourne un booléen. Lorsqu'un prédicat porte sur un attribut, des objets de type *Attribute Definition* sont employés. Lorsqu'un prédicat porte sur la ou les valeurs d'un attribut, des objets de type *Attribute Data* sont employés. Nous définissons une classe parente pour tous les prédicats appelée *Predicate*. Le prédicat élémentaire vise à indiquer qu'il est souhaité qu'un attribut provenant d'une source soit fourni. Nous nommons ce prédicat *Predicate Required*. Cette entité prend comme champ un objet de type *Assertion Definition*. Notons que n'importe quel autre type de prédicat implique que les attributs sur lesquels porte le prédicat sont *de facto* requis. Les prédicats sont nombreux, nous citons donc ici les principes généraux de définition des prédicats et quelques exemples de la façon choisie pour les mettre en œuvre. L'annexe A.3 de XACML3 définit un très grand nombre de prédicats suffisant pour exprimer la très grande majorité des cas d'usage.

Le prédicat d'égalité sert à poser une contrainte sur l'égalité de valeur de deux attributs (nom de source A est égale à nom de source B) ou entre un attribut et une valeur déterminée (Age de source A est égale à 18), et cela quel que soit le type de données de l'attribut (chaîne, entier, date, etc.). A noter une exception, la comparaison de chaîne peut se faire en ignorant la casse. Nous définissons donc une structure de données unique appelée prédicat de comparaison, soit *Predicate Comparison*, qui s'applique de la même façon à n'importe quel type de données. Un prédicat de comparaison possède un attribut *type* qui détermine le type de comparaison (égalité, infériorité ou égale, etc.). La fonction d'évaluation utilisera ce paramètre pour déterminer le traitement. Les deux attributs comparés peuvent être définis à l'aide de deux définitions d'attribut différentes. Par exemple, pour comparer un nom de famille et un prénom. Par contre, les types de données des définitions doivent être les mêmes. Un prédicat de comparaison a deux champs *operande1* et *operande2*. Il existe plusieurs possibilités dans le traitement des attributs multi-évalués. Nous nous limitons aux choix suivants.

Pour l'égalité de deux attributs, le prédicat est vrai si :

- au moins une valeur de chaque attribut est égale ;
- les valeurs d'un attribut sont un sous-ensemble des valeurs de l'autre attribut ;
- les ensembles de chaque attribut sont identiques.
- Pour la comparaison d'attributs, le prédicat est vrai si :
  - au moins un couple de valeur (une valeur de chaque attribut) satisfait la contrainte ;
  - toutes les valeurs de l'opérande 1 doivent satisfaire la contrainte avec toutes les valeurs de l'opérande 2 (le nombre de valeurs peut être différent);
  - Les comparaisons "inférieur ou égale" et "supérieur ou égale" nécessitent de déterminer un couple d'option.

### - Expression logique

Il s'agit de définir une expression logique du premier ordre combinant les prédicats ce qui constitue la règle à satisfaire pour obtenir une permission. Une expression logique comporte cinq éléments de syntaxe : '&', '|', '-', '(' et ')'

'&', '|', '-' signifient 'ET', 'OU', 'NON' et sont identifiés en XACML par

urn:oasis:names:tc:xacml:1.0:function:and, urn:oasis:names:tc:xacml:1.0:function:or,

urn:oasis:names:tc:xacml:1.0:function:not.

Une expression logique peut être notée sous la forme d'une chaîne, par exemple :

(p1 | ((p2 & p3) | (-p4)))

Nous définissons une entité *AbacRule* avec un champs *expression* qui est une chaîne représentant l'expression logique. Cette chaîne contient les éléments de syntaxe et les prédicats sont remplacés par les identifiants des instances des prédicats. Cela implique que chaque instance de prédicat possède un identifiant unique qui ne contient pas les éléments de syntaxe de l'expression logique.

### - Constitution d'un règlement

Les permissions sont des entités possédant trois champs : un objet, une action et une règle ABAC portant sur les attributs d'un sujet unique. L'objet peut être un conteneur, appelé vue, d'objet ou d'autres conteneurs d'objets. L'action peut être un conteneur, appelé activité, d'action ou d'autres conteneurs d'actions. Considérons un règlement comme la définition d'un ensemble de permissions. Des sous-ensembles peuvent être définis pour déterminer par exemple à quelles applications ils s'appliquent. Il est ainsi possible de définir des espaces de noms pour chaque application ce qui autorise des identifiants d'objet redondants entre applications. Nous considérons que chaque politique possède un unique espace de nom (qui n'a rien à voir avec les espaces de nom des attributs).

L'appartenance d'une entité à un espace de nom définit l'appartenance à une politique. L'ensemble des entités dans un espace de nom définissent une politique.

#### - Métadonnées de sources

Un descripteur de source, qui permet à l'utilisateur de savoir les attributs d'identités que fournit une source, est décrit par un objet *Descripteur Source* qui contient un ensemble de définitions d'attributs.

#### - Algorithmes de traitement

Nous nous intéressons aux éléments algorithmiques suivants :

- La vérification d'une règle dans un règlement en fonction de valeurs d'attributs. Cet algorithme est utilisé par le fournisseur de service à la réception des certificats de l'utilisateur et par l'utilisateur avant l'envoi des certificats.
- La vérification de la disponibilité, auprès des sources, des attributs impliqués dans une règle grâce aux métadonnées des sources. Cet algorithme est utilisé par l'utilisateur à la réception du règlement pour déjà savoir s'il peut obtenir les attributs nécessaires, et ensuite, pour savoir quelles sont les sources à solliciter. Cet algorithme est une simplification du précédent algorithme puisque les valeurs d'attributs ne sont pas testées.
- L'évaluation de l'expression logique est un algorithme utilisé par ces deux algorithmes. Donc la complexité de ces algorithmes dépend de la complexité de l'algorithme d'évaluation de l'expression logique.

#### - Analyse des sources pertinentes par le module d'analyse des règlements (Algorithme A1)

Cette analyse permet à l'utilisateur de déterminer si les informations demandées par le fournisseur de service sont disponibles dans les sources. Il n'y a pas de vérification sur les valeurs des données, autrement dit la satisfaction des conditions n'est pas vérifiée.

Le module d'analyse des règlements extrait du règlement chaque définition d'attribut et détermine quelles sont les définitions qui se trouvent dans les descripteurs de sources.

Chaque prédicat, portant sur une définition présente dans les sources, est un atome Vrai de l'expression logique, Faux pour les définitions non trouvées.

La table de vérité de l'expression logique est ensuite établie.

Si aucune conclusion n'est vraie, le traitement s'arrête. Si plusieurs conclusions sont vraies, les combinaisons de prédicats sont classées par ordre croissant du nombre de prédicats remplacés par des atomes vrais. Cela permet de déterminer la diffusion minimale d'information d'identité satisfaisant le règlement de contrôle d'accès. Ce module a alors la charge d'interagir avec l'utilisateur pour déterminer le choix de l'utilisateur. Ainsi, il pourra préférer une source à une autre. Il pourra choisir de diffuser plus d'informations s'il sait qu'une diffusion inférieure pourrait conduire à un rejet, par exemple parce qu'il sait que son âge n'est pas suffisant.

La fonction prend en entrée : le règlement et les métadonnées

- Les métadonnées sont des documents qui décrivent le profil de l'utilisateur dans les sources.
- Le règlement est constitué d'un ensemble de prédicats ( $P_1, P_2, \dots, P_n$ ) et d'opérateurs logiques ( $op_1, op_2, \dots, op_n$ ).

Ainsi une règle peut être représentée ainsi :

$P1 \text{ op1 } P2 \text{ op2 } \dots Pn$

Prenons l'exemple suivant:

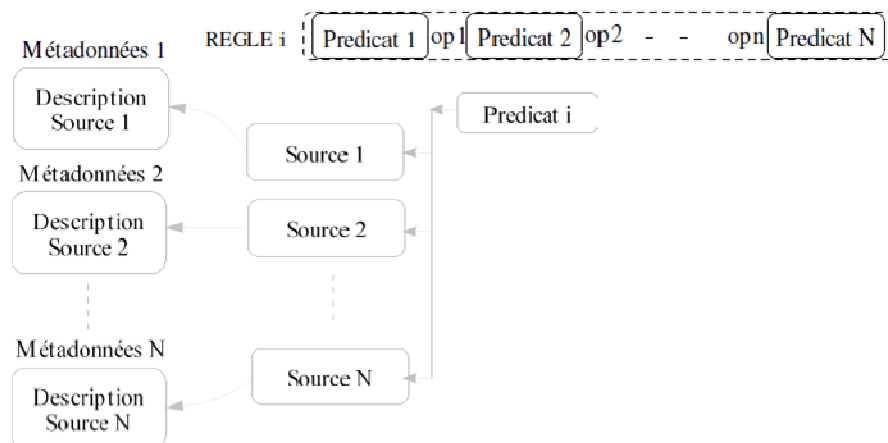
$(\text{Nom } [S1, S2]) \text{ ET } (\text{prénom } [S1] == \text{prénom } [S2]) \text{ ET } (\text{age } [S2] \geq 18)$

$(\text{Nom } [S1, S2])$  est un prédicat de type "requis" (Predicate Required) qui indique une liste de sources acceptée pour fournir l'attribut Nom.

$(\text{prénom } [S1] == \text{prénom } [S2])$  est un prédicat de type "comparaison" (Predicate Required) qui indique que le prénom obtenu de la source S1 doit être égal au prénom obtenu de la source S2.

$(\text{age } [S2] \geq 18)$  est un prédicat de type "comparaison" (Predicate Required) qui indique que l'age obtenu de la source S2 doit être supérieur ou égale à la valeur 18.

Voici la représentation graphique des éléments impliqués :



**Figure 5** : Modèle de données d'une règle

L'algorithme parcourt tous les prédicats de la règle. Et pour chaque prédicat, l'algorithme doit être capable de dire si les informations recherchées sont disponibles dans les sources. Si tel est le cas, un vecteur de valuation permet d'indiquer la disponibilité de l'information demandée.

Deux cas se présentent selon que le prédicat est de type 'requis' ou de type 'comparaison'.

Cas 1: Si le prédicat est de type « requis »:

Dans ce cas deux possibilités se présentent encore : soit le prédicat indique une liste des sources (figure 5) dans lesquelles on doit chercher l'attribut, soit le prédicat n'indique rien.

- Si le prédicat indique une liste des sources:
- Pour chaque source pointée, on vérifie si l'attribut désigné est disponible dans les métadonnées de la source.
- Si le prédicat n'indique pas de source :

N'importe qu'elle source fournissant cet attribut sera accepté. L'évaluation retourne toujours vrai puisque le fait de ne pas spécifier de source indique que l'utilisateur peut donner lui-même l'information, ce qui est équivalent à une source de type SELF.

Cas 2: Si le prédicat est de type « comparaison »:

Dans ce cas, le prédicat est constitué de deux opérandes (operande1 et operande2). Les opérandes qui portent sur une assertion de définition sont traités comme des prédicats « requis ». Les opérandes d'assertions de données sont ignorés.

Nous faisons le choix d'utiliser un langage informel pour exprimer nos algorithmes pour gagner en simplicité. Nous faisons également le choix d'exprimer les algorithmes dans une syntaxe proche du langage pour faciliter l'implémentation. A titre d'exemple, les blocs sont séparés par indentation.

Voici l'algorithme définit :

```

fonction recherche_disponibilite_informations_sources(rule, metadonnees_sources[]):
    valuation_predicats[]
    i=0
    Pour chaque predicat dans regle.predicats:
        valuation_predicats[i] = Faux
        Si predicat est de type 'Requis':
            # Le predicat indique une liste de sources
            Si predicat.sources non nul
                Pour chaque source de predicat.sources et tant que valuation_predicats[i] == Faux:
                    Pour chaque attribut de metadonnees_sources[source].attributs et tant que valuation_predicats[i] ==
                    Faux:
                        Si predicat.attribut.nom est égale attribut.nom:
                            valuation_predicats[i] = Vrai
                        # Le predicat n'indique pas une liste de sources
                        Sinon:
                            valuation_predicats[i] = Vrai
                    Si predicat est de type 'Comparaison':
                        operande1_trouve = Faux
                        operande2_trouve = Faux
                        Si predicat.operand1.valeur existe:
                            # operande "valeur"
                            operande1_trouve = Vrai
                        Sinon:
                            # operand qui repose sur un attribut d'une source
                            Si predicat.operand1.sources non nul:
                                Pour chaque source de predicat.operand1.sources et tant que operande1_trouve == Faux:
                                    Pour chaque attribut de metadonnees_sources[source].attributs et tant que operande1_trouve ==
                                    Faux:
                                        Si predicat.operand1.attribut.nom est égale attribut.nom:
                                            operande1_trouve = Vrai
                                        Sinon:
                                            operande1_trouve = Vrai
                                Si predicat.operand2.valeur existe:
                                    operande1_trouve = Vrai
                                Sinon:
                                    Si predicat.operand2.sources non nul:
                                        Pour chaque source de predicat.operand2.sources et tant que operande2_trouve == Faux:
                                            Pour chaque attribut de metadonnees_sources[source].attributs et tant que operande2_trouve ==
                                            Faux:
                                                Si predicat.operand2.attribut.nom est égale attribut.nom:
                                                    operande2_trouve = Vrai
                                                Sinon:
                                                    operande2_trouve = Vrai
                                        Si operande1_trouve == Vrai ET operande2_trouve == Vrai:
                                            valuation_predicats[i] = Vrai
                                    i = i + 1
            retourne valuation_predicats
    
```

Une version plus riche de cet algorithme permet de retourner les sources pour lesquelles les attributs sont disponibles. Pour cela, il suffit que le vecteur de valuation ne contiennent pas de booléens mais une valeur nulle ou une liste. La liste indique les sources pour lesquelles l'attribut est disponible.

Pour résumer, cet algorithme permet à l'utilisateur de vérifier, à partir du règlement envoyé par le fournisseur de service, si les attributs sur lesquels portent les conditions sont disponibles auprès des sources connues de l'utilisateur.

### **- Algorithme de vérification des prédicats d'une règle logique portant sur des attributs d'identité (Algorithme A2)**

Le premier algorithme porte sur la vérification de la disponibilité des informations dans les sources. L'algorithme défini dans cette section possède une structure similaire. Simplement, au lieu de se réduire à la vérification de la présence d'un attribut dans un document de métadonnées d'une source, il vérifie que les valeurs des attributs satisfassent les prédicats.

Si le prédicat est de type « requis », la présence de l'attribut et la contrainte de source sont vérifiées.

Si le prédicat est de type « comparaison », la présence de l'attribut et la contrainte de source sont vérifiées pour chaque opérande de type *Assertion Definition*. La comparaison est ensuite évaluée.

Nous supposons un objet appelé *User Profile* dans lequel sont stockés tous les attributs obtenus des sources, ou pour le fournisseur, délivrés par l'utilisateur.

L'algorithme défini est le suivant :

```

fonction verification_des_predicats(rule, user_profile):
    valuation_predicats[i] = Faux
    Pour chaque predikat dans regle.predicats:
        Si predikat est de type 'Requis':
            Si existe attribut dans user_profile.attributes où attribut.nom == predikat.attribut.nom et si
            predikat.sources où attribut.source dans predikat.attribut.sources :
                valuation_predicats[i] = Vrai
            Si predikat est de type 'Comparaison':
                valeur_operand1 = Nul
                Si predikat.operand1 est de type 'Requis':
                    Si existe attribut dans user_profile.attributes où attribut.nom == predikat.operand1.attribut.nom et si
                    predikat.operand1.sources où attribut.source dans predikat.operand1.attribut.sources :
                        valeurs_operand1 = attribut.valeurs
                Sinon
                    valeurs_operand1 = predikat.operand1.valeurs
                Si predikat.operand2 est de type 'Requis':
                    Si existe attribut dans user_profile.attributes où attribut.nom == predikat.operand2.attribut.nom et si
                    predikat.operand2.sources où attribut.source dans predikat.operand2.attribut.sources :
                        valeurs_operand2 = attribut.valeurs
                Sinon
                    valeurs_operand2 = predikat.operand2.valeurs
                Si valeurs_operand1 et valeurs_operand2:
                    valuation_predicats[i] = evaluer_comparaison(valeurs_operand1, valeurs_operand2, predikat.type)
            i = i + 1
    retourne valuation_predicats
    
```



### **- Algorithme d'évaluation des expressions logiques (Algorithme A3)**

L'algorithme permet l'évaluation d'une expression logique. C'est une fonction ayant comme paramètres d'entrée une règle sous la forme d'une chaîne et la valuation des prédicats. En sortie, l'algorithme renvoie une liste de liste des prédicats par ordre croissant satisfaisant l'expression logique.

Dans le cas où l'évaluation n'est pas satisfaite, l'algorithme retourne une liste de liste de prédicats par ordre croissant du nombre de prédicats à modifier pour obtenir la satisfaction de l'expression logique.

*Fonctione valuation\_constant(X):*

*Si X est égale à 'Vrai':*

*retourner Vrai*

*retourner Faux*

*fonctione valuation\_variable(X, Env):*

*retourner Env[X]*

*fonctione valuation\_atom(X, Env):*

*Si est\_de\_type\_constant(X):*

*retourner valuation\_constant(X)*

*else: retourner valuation\_variable(X, Env)*

*fonctione evaluation(X, Env):*

*Si est\_de\_type\_atom(X):*

*retourner valuation\_atom(X, Env)*

*Si X[0] est égale à '(':*

*n = 1*

*Pour i dans l'intervalle (1, len(X)):*

*Si X[i] est égale à '(':*

*n = n + 1*

*Si X[i] est égale à ')':*

*n = n - 1*

*Si n est égale à 0: retourner evaluation(chaine(evaluation(X[1:i], Env)) + X[i+1:], Env)*

*retourner Faux*

*Si X[0] est égale à '(' ET X[len(X)-1] est égale à ')':*

*retourner evaluation(X[1:len(X)-1], Env)*

*Si X[0] est égale à '-' ET est\_de\_type\_proposition(X[1:]):*

*Si evaluation(X[1:], Env) est Faux:*

*retourner Vrai*

*Si evaluation(X[1:], Env) est Vrai:*

*retourner Faux*

*Pour i dans l'intervalle (0, len(X)):*

*Si X[i] est égale à '&' ET est\_de\_type\_proposition(X[0:i]) ET est\_de\_type\_proposition(X[i+1:]):*

*Si evaluation(X[0:i], Env) ET evaluation(X[i+1:], Env):*

*retourner Vrai*

*retourner Faux*

*Pour i dans l'intervalle (0, len(X)):*

*Si X[i] est égale à '|' ET est\_de\_type\_proposition(X[0:i]) ET est\_de\_type\_proposition(X[i+1:]):*

*Si evaluation(X[0:i], Env) or evaluation(X[i+1:], Env):*

*retourner Vrai*

*retourner Faux*

La valuation d'une expression peut être de type atomique ou de type proposition.

- Si la valuation est de type atomique alors l'évaluation de l'expression logique peut porter sur une constante ou une variable.

✓ L'évaluation de la constante est vraie alors si la règle est vraie.

✓ L'évaluation de la variable est fonction de la valuation du prédicat dans la règle.

- Si la valuation est de type proposition alors on procède à une évaluation de façon récursive de l'expression logique.

Si l'évaluation de l'expression est fausse, on détermine l'ensemble des prédicats à modifier pour satisfaire l'expression. Ainsi on extrait toutes les variables dans la règle pour créer une liste des variables. Pour chaque élément de la liste des variables, on évalue l'expression. Si l'expression n'est pas satisfaite on retient l'élément. Cette évaluation se fait de façon récursive.

Prenons l'exemple d'une règle définie par :  $rule = (1 \& 2 \& 3) \mid ((4 \& 5) \& (-6))$  et soit la liste des valuations des prédicats définie par  $valuation\_predicat = \{ '1':False, '2':True, '3':False, '4':True, '5':False, '6':True \}$

L'évaluation de cette expression est fausse. L'algorithme retourne « False » ainsi qu'une liste de listes des prédicats à satisfaire, ordonné par taille croissante des listes.

Nous prenons l'exemple des deux premières listes retournées.

- Première liste :  $[('5', False, True), ('6', True, False)]$

Il convient pour satisfaire la règle que la variable 5, passe de faux à vrai, et que la variable 6, passe de vrai à faux.

- Seconde liste :  $[('1', False, True), ('3', False, True), ('6', False, True)]$

Il convient pour satisfaire la règle que les variables 1 et 3, passent de faux à vrai, et que la variable 6, passe de vrai à faux.

## Conclusion

Nous avons décrit notre système de contrôle d'accès basé sur les attributs. L'expression de la politique de contrôle d'accès est basée sur le traitement de règlement ABAC. Le traitement se fait sur l'analyse des certificats. Par exemple pour une location d'un véhicule, notre système apporte une amélioration considérable par rapport à d'autres méthodes existantes où le client doit être enregistré préalablement auprès de fournisseur de service. Dans le système que nous concevons, pour obtenir un service, l'utilisateur collecte ses certificats et les diffuse au fournisseur de services. Les autorités de certification se portent garantes des informations délivrées.

Nous avons défini la problématique et un moyen de résoudre, la diffusion d'un règlement et son analyse par l'utilisateur, la collecte et l'envoi des certificats. Nous avons déterminé le modèle de données et les algorithmes de traitement. Lorsque l'utilisateur exprime sa requête au fournisseur de service, ce dernier lui envoie un règlement à analyser et à satisfaire. Cette analyse ne peut se faire que grâce à un environnement utilisateur riche. Cet environnement lui permet aussi de récupérer les certificats pour les fournir au fournisseur de service, ou pour certains certificats, fournir des autorisations au fournisseur de service pour que celui-ci les récupère directement. Cet environnement sert à l'utilisateur d'outil de gestion de ses certificats. Il s'agit donc d'un composant de l'architecture qui s'ajoute aux composants fournisseurs de service et source d'attributs d'identités. L'interopérabilité des différentes entités qui échangent des informations se fait à l'aide d'une architecture protocolaire.

## Bibliographie

- 1- [Ates, 2009] Ates Mikaël, Jacques Fayolle, Christophe Gravier, Jeremy Lardon, "The user-centric vision matches credentials exchanges", Proceedings of the forth International Conference on Availability, Reliability and Security 2009 (ARES09), Fukuoka, Japon, March 16-19, 2009, pp 870-876, isbn 978-0-7695-3564-7,doi 10.1109/ARES.2009.62, IEEE Computer Society.
- 2- [Ates&Abakar, 2011] Ates Mikaël, Serge Ravet, MahamatAhmatAbakar, Jacques Fayolle, "AnIdentity-Centric Internet: Identity in the Cloud, Identity as a Service andotherdelights", Proceedings of the Sixth International Conference onAvailability, Reliability and Security 2011 (ARES11), Vienna, Austria,August 22-26, 2011. IEEE Computer Society.
- 3- [Blaze & al, 1996] Matt Blaz, Joan Feigenbaum, Jack Lacy. Decentralized trust management,in Proceedings of the 1996 IEEE Symposium on Security and Privacy pages 164-173
- 4- [Camenisch, 2010] Jan Camenisch, SebastianMoedersheim, Gregory Neven, Franz-StefanPreiss, and Dieter Sommer. A LanguageEnablingPrivacy-PreservingAccesControl, *ACM SACMAT 2010*, pp. 119-128, ACM
- 5- [Cofta, 2007] Cofta Piotr. 2007. Trust, Complexity and Control - Condence in aconvergent world.Wiley.
- 6- [Coma, 2009] Céline Coma. Thèse : Interopérabilité et cohérence de politiques de sécuritépour les systèmes auto-organisant, Ecole superieure destélécommunications de Bretagne, 22 avril 2009
- [Eric & al, 2005] Eric Yuan, Jin Tong. AttributeBased Access Control, A New Access Control Approach for Service Oriented Architectures (SOA), New Challenges for Access Control Workshop, Ottawa, ON, Canada, 2005
- 7- [Group Oxford, 2007] Group Oxford Computer. 2007 (February). AchievingInteroperabilitybetween Active Directory Federation Services and Shibboleth. Tech. rept.
- 8- [Hristo, 2004] Hristo Koshutanski and Fabio Massacci. An Interactive Trust Managementand NegotiationScheme. In Formal Aspects in Security and Trust (FAST'04), Toulouse, France, August 22-27 2004.
- 9- [Lin, 2006] [Lin, 2006] Linn John. 2006. Trust Models Guidelines. Tech. rept.Organization for the Advancement of Structured Information Standards
- 10- [OASIS, 2005] OASIS. eXtensible Access Control MarkupLanguage (XACML) version 2 OASIS Standard, 1 feb 2005
- 11- [OASIS, 2010] OASIS. eXtensible Access Control MarupLanguage (XACML) Version 3.0 Committee Specification-01 10 août 2010, <http://docs.oasisopen.org/xacml/3.0/xacml-3.0-core-spec-cs-01-en.pdf>
- 12- [Rivest, 1978] Rivest R. L., Shamir A., Adleman L. 1978. A method for obtaining digital signatures and public-keycryptosystems. Commun. ACM, 21(2), 120126
- 13- [Wu &Periorellis, 2005] J. Wu and P. Periorellis. Evaluation of Authorization-Authentication Tools: Permis, oasis, xacml et shibboleth, 2005

## **INSTRUCTIONS AUX AUTEURS**

**La Revue Scientifique du Tchad (RST)** publie des contributions originales dans tous les domaines de la connaissance. Elle comporte, pour l'heure, deux séries :

- **Série A** (Science sociales et humaines), destinée à publier les travaux dans les domaines des lettres, philosophie, sciences humaines, juridiques, économiques et de gestion.
- **Série B** (Science et Techniques), destinée à publier les travaux scientifiques dans les domaines des mathématiques, de la physique, de la chimie, des sciences pour l'Ingénieur, des sciences de la nature, de l'agronomie, de la médecine humaine et vétérinaire, de la pharmacie, de l'odontostomatologie.
- Un tirage spécial pour des travaux plus importants pourra être fait après approbation et recommandation du Comité de Lecture. La Revue peut faire appel à tout autre partenaire en vue de palier à ses insuffisances.

### **La revue publie annuellement la série A et semestriellement la série B.**

Les contributions publiées par la Revue Scientifique du Tchad (RST) représentent l'opinion des auteurs et non celle du comité de rédaction. Tous les auteurs sont considérés comme responsables de la totalité du contenu de leurs contributions.

La soumission d'un manuscrit à la Revue Scientifique du Tchad (RST) implique que les travaux qui y sont rapportés n'ont jamais été publiés auparavant, ne sont pas soumis concomitamment pour publication dans un autre journal et qu'une fois acceptés, ne seront plus publiés nulle part ailleurs sous la même langue ou dans une autre langue sans le consentement de la RST.

### **SOUSSION**

Les manuscrits, dactylographiés en double interligne sont soumis à l'adresse suivante :

Monsieur le Directeur de Publication de la Revue Scientifique du Tchad, Centre National de Recherche pour le Développement, N'Djaména, Tchad. E-mail : mht.hamdo@yahoo.fr

Les manuscrits doivent comporter les adresses postale et électronique, les numéros de téléphone de l'auteur à qui doivent être adressées les correspondances. Les manuscrits soumis à la Revue Scientifique du Tchad doivent impérativement respecter les indications ci-dessous.

### **LANGUE DE PUBLICATION**

La revue publie des articles rédigés en français, en arabe ou en anglais. Cependant, le titre, le résumé et les mots-clés doivent être donnés dans deux langues.

Tout article publié dans l'une de deux langues officielles (arabe et française) doit impérativement comporter un résumé de l'autre. Un résumé en anglais reste toutefois exigé pour les candidats des évaluations CAMES.

## **PRESENTATION DU MANUSCRIT**

Le manuscrit, les tableaux et figures doivent être fournis sous forme électronique et sous version imprimée en 3 exemplaires. La forme électronique comprend un fichier pour le texte saisi sous Word et un ou plusieurs fichiers pour les illustrations.

**Pour la série A**, le manuscrit imprimé sur du papier blanc A4 (21x 29,7cm) ne doit pas dépasser 25 pages dactylographiées, références et figures comprises.

**Pour la série B**, le manuscrit imprimé sur du papier blanc A4 (21x 29,7cm) ne doit pas dépasser 10 pages dactylographiées, références et figures comprises.

Le texte doit être écrit en Times New Roman, caractère 12, en interligne 1,5 avec une marge de 4 cm. Le manuscrit doit être présenté sous des sections suivantes, étant entendu que certaines peuvent être regroupées (matériel et méthodes, résultats et discussion). Il s'agit de : titre du travail, résumé, introduction, matériel, méthode, résultats, discussion, conclusion et références bibliographiques.

### **Page de titre**

La première page doit mentionner uniquement le titre de l'article, les noms des auteurs, leur institution d'affiliation et leurs adresses complètes (boîte postale, téléphone, fax, E-mail). Le nom et l'adresse de l'auteur à qui les correspondances seront adressées, sont marqués d'un astérisque.

### **Résumé et mots clés**

Le résumé ne doit pas excéder 250 - 300 mots (15 lignes), en français et en anglais ou arabe. Les mots clés, au maximum 8, traduits également en anglais ou arabe, doivent figurer à la suite du résumé.

### **Introduction**

L'introduction doit fournir suffisamment d'informations de base situant le contexte dans lequel le travail a été entrepris. Elle doit permettre au lecteur de juger de la rationalité du travail et d'évaluer les résultats acquis.

### **Matériel**

Il s'agit de donner les détails sur l'échantillon (date et lieu de l'échantillonnage, quantité...) et les types d'appareils utilisés pour les mesures.

### **Méthode**

Elle doit se consacrer aux informations suffisantes permettant de reproduire les travaux décrits. Les méthodes communément utilisées doivent être décrites succinctement. Les méthodes nouvelles feront l'objet d'une description détaillée.

### **Résultat**

Les résultats expérimentaux doivent être présentés sous forme de texte, de tableau ou de figure, étant entendu qu'une même donnée ne peut l'être de façon répétitive sous deux formes ou trois.

### **Discussion**

La discussion doit porter sur l'analyse et l'interprétation des résultats, établir les relations entre les résultats obtenus et les travaux déjà publiés, soulever des problèmes tels que les conflits des idées et les données rapportées par d'autres auteurs. L'importance des résultats obtenus pour les recherches futures devra être mentionnée.

### **Remerciements**

Les remerciements éventuels au personnel d'assistance ou à des supports financiers devront être en terme concis.

### **Références**

Les références, limitées aux auteurs cités, doivent être numérotées dans l'ordre de leur apparition dans le texte et appelées par leur numéro. Les numéros d'appel doivent figurer dans le texte entre crochets, séparés par un tiret quand il s'agit de références consécutives, par exemple [1-4], et par des virgules quand il s'agit de références non consécutives: [2, 8, 13]. A titre indicative:

#### **a) Pour les articles et synthèses de périodiques classiques**

Noms des auteurs suivis des initiales des prénoms, année de parution, titre du travail dans la langue originelle, nom du périodique, volume ou tome, première et dernière page de l'article en respectant les polices de caractères de l'exemple 1:

**Mbailaou Mb, Mahmoud Y., Tarkodjiel M., Bessière J-M. and Delobel B., 2005.**  
Constituents of fermented *Cassia obtusifolia* leaves, a traditional food from Chad, African Journal of Biotechnology. 4(10), 1080-1083.

**b) Pour les ouvrages**

Noms des auteurs suivis des initiales des prénoms, année de parution, titre de l'ouvrage, si possible dans la langue originelle, maison d'édition (en précisant le tome ou l'édition), nom de la ville et du pays de la maison d'édition, nombre total de pages.

Exemple 2 :

**Chwartz D.**, 1985. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes.

3<sup>ème</sup> éd., Flammarion Médecine Sciences, Paris VI, 318p.

**c) Pour les chapitres d'ouvrage**

Noms des auteurs du chapitre, année de parution, titre de l'ouvrage (en précisant l'auteur de l'ouvrage et éventuellement le tome ou l'édition), noms de la ville et du pays de la maison d'édition, les 1<sup>ères</sup> et dernières pages.

Exemple 3 :

**Aké A.L.**, 1988. La diversité génétique des espèces végétales sous-exploitées d'Afrique. In : **Attere F., Zedan H., Preeino P.** Crop genetic resources of Africa (Vol 1) Nairobi, Kenya : IBPGR/UNEP, pp. 53 – 88.

**d) Pour les thèses et mémoires**

Noms de l'auteur, année de présentation, titre du travail, noms de l'université, de la ville et du pays, nombre de pages. Exemple 4 :

**Nkounkou-Loumpangou, C.**, 2010. Les plantes utilisées dans le traitement de l'infertilité féminine: Inventaire, phytochimie et évaluation biologique. Thèse de Doctorat, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo. 147 pp.

**Tableaux, figures et photocopies**

Les tableaux en chiffre romain (tableau I) et figures en chiffre arabe (figure 1) numérotés par ordre chronologique d'apparition ne doivent pas faire double emploi avec le texte dans lequel ils seront obligatoirement appelés. Ils doivent être intelligibles sans le recours du texte. Les titres et les légendes sont placés en haut des tableaux et en bas des figures et des photos.

Ils sont présentés et numérotés chacun sur une page séparée. Les photographies doivent être de bonne qualité pour permettre leur impression directe et présenter le copyright.

**Abréviations, unités et symboles**

Les contributions doivent comporter le minimum d'abréviations. Seuls les termes acceptés internationalement peuvent être utilisés. Les unités doivent être celles du système international.

## **PROCEDURE DE REVISION**

Les manuscrits dépourvus des noms et adresses des auteurs sont soumis à l'appréciation de deux référés spécialisés.

Les auteurs reçoivent les commentaires écrits des référés. Pour des contributions acceptées, les auteurs doivent effectuer des révisions dans un délai n'excédant pas une semaine et envoyer la version révisée sous Word sur support électronique.

En cas de rejet, des orientations sont données en vue d'une bonne reprise.

## **EPREUVES D'IMPRIMERIE**

Les auteurs recevront, avant publication, des épreuves qu'ils doivent vérifier dans les délais indiqués. Aucune modification ne devra être apportée à ce stade de fabrication, où seules les corrections seront admises.