



ÉTUDE COMPARATIVE DE LA PRÉCISION DES MESURES SUR LES IMAGES RADIOGRAPHIQUES DU CRÂNE DANS LES SYSTÈMES ANALOGIQUE ET NUMÉRIQUE AU BÉNIN

Alphonse Sako AVOCEFOHOUN ^{1,2,3}, **Alassane YOUSAO ABDOU KARIM** ^{2*}, **SA Marieta Syntiche QUENUM** ¹, **Aimé BONOU** ¹, **Francis Théotime Mahudjro HOUNSOU** ^{1,3}, **Bawa BOYA** ³, **Papin Sourou MONTCHO** ², **Vidé Affi MAHOUGBE**, **Bertin Ahotondji GBAGUIDI**, **Patricia, YEKPE** ⁴, **Nicodème CHABI** ¹, **Lamine Saïd BABA-MOUSSA** ³.

1. *Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA)/Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (UAC)*

2. *Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA)/Unité de Recherche en Ecotoxicologie et Etude de la Qualité (UREEQ)/Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin*

3. *Laboratoire de Biologie et Typage Moléculaire en Microbiologie,*

4. *Faculté des Sciences de la Santé (FSS) UAC Cotonou-Bénin.*

Contact correspondant : *AVOCEFOHOUN Sako Alphonse, E-mail : alphsakoav@gmail.com*

RESUME

L'imagerie médicale s'est émancipée principalement suite à l'évolution de l'informatique au 20^{ème} siècle. Ainsi, de la radiographie conventionnelle, on passe à la radiographie numérique qui offre de nombreux avantages. L'objectif de cette étude était d'étudier la précision des mesures sur les images radiographiques conventionnelles dans les départements de l'Atlantique et du Littoral. Il s'agit d'une étude expérimentale transversale descriptive avec collecte de données prospective du 6 août au 10 novembre 2021. Outil de test" et la tête fantôme humaine a été utilisée. Une grille d'observation nous a permis de recueillir des informations concernant les caractéristiques des différents numériseurs. Nous avons réalisé sur le plateau et sur la tête des radiographies du fantôme humain dans un système analogique et numérique. Ensuite, nous avons dû mesurer des distances et des angles. Ces mesures ont été prises au pupitre pour les images de la stratégie numérique et manuellement pour les images du système



analogique. Les données ont été collectées dans le tableur Excel pour réaliser les tableaux. L'étude révèle que les mesures obtenues sur les radiogrammes analogiques sont approximativement égales à celles obtenues sur les radiogrammes numériques. Par conséquent, les résultats analogiques et numériques donnent des résultats approximativement égaux ; n'importe laquelle des techniques peut être choisie tout en notant que les avantages et les inconvénients de chacune n'influencent pas significativement la certitude des mesures effectuées. Cependant, le système numérique donne plus de précision dans la mesure.

Mots clés : Précision des mesures, images radiologiques, analogie, numérique, Bénin

ABSTRACT

Medical imaging has been emancipated mainly following the evolution of computers in the 20th century. Thus, from conventional radiography, we move to digital radiography which offers many advantages. The objective of this study was to investigate the accuracy of measurements on conventional radiographic images in the Atlantic and Coastal departments. It is a descriptive cross-sectional experimental study with prospective data collection from August 6 to November 10, 2021. The plate named "Collimator test tool" and the human phantom head was used. An observation grid allowed us to collect information concerning the characteristics of the various digitizers. We realized on the plate and on the head of the human phantom radiographies in an analogical and digital system. Then we had to measure some distances and angles. These measurements were taken at the console for the images of the digital strategy and manually for the pictures of the analog system. The data were collected in the Excel spreadsheet to realize the tables. The study reveals that the measurements obtained on the analog radiograms are approximately equal to those obtained on the digital radiograms. Therefore, analog and digital results in approximately equal results; any of the techniques can be chosen while noting that the advantages and disadvantages of each do not significantly influence the certainty of the measurements made. However, the digital system gives more accuracy in measurement.



Keywords: *Accuracy of measurements, X-ray images, analogy, digital, Benin*

INTRODUCTION

Les rayons X ont été découverts le 8 novembre 1895 par Wilhelm Conrad Roentgen. Le 22 décembre 1895, il réalise la première radiographie médicale de la main de sa femme Berthe et propose ainsi une exploration anatomique atraumatique du sujet vivant ¹. La capacité de cette technique à observer toutes les parties du corps a fait de la radiographie un outil polyvalent et donc couramment utilisé ².

Au début de la radiologie, nous avons des images analogiques qui sont une représentation en deux dimensions de l'objet mais avec un léger grossissement. Les avancées technologiques récentes et l'utilisation de systèmes d'archivage et de communication d'images ont conduit certains établissements de santé à abandonner la radiographie analogique conventionnelle et à se fier uniquement à la radiographie conventionnelle numérique ³. Dans le cas des images numériques, un détecteur est utilisé pour traiter les données collectées, qui sont converties en images numériques.

L'interprétation est basée sur la description qualitative des structures ou anomalies et également sur l'appréciation quantitative des structures dans l'image. Cette analyse quantitative se fait au moyen de la mesure dont le résultat est comparé aux valeurs normales reconnues par la communauté scientifique internationale. Ainsi, les mesures permettent un certain nombre de calculs utiles au suivi et au diagnostic médical. Ils permettent également d'apprécier l'évolution de la pathologie au cours du traitement ⁴. La plupart des valeurs utilisées depuis longtemps ont été déterminées à partir d'images radiographiques analogiques obtenues sur des supports photosensibles (film argentique ou écrans fluoroscopiques). Cependant, avec la technologie numérique, les mesures sont effectuées au pupitre sur des images ayant subi une conversion analogique-numérique, parfois avec perte d'informations ³. Cette transformation de l'analogique au numérique soulève des questions. La mesure effectuée sur l'image numérique est-elle identique au signal analogique au départ ? Aussi, y a-t-il conformité entre la précision des mesures effectuées sur différents systèmes numériques de différentes marques ?



C'est pour répondre à ces préoccupations que nous avons initié cette étude sur le thème "Etude de la précision des mesures sur les images radiographiques numériques du crâne dans les départements Atlantique et Littoral".

MATERIEL ET METHODES

Cadre de l'étude

Notre étude s'est déroulée dans tous les services d'imagerie médicale disposant d'un système de radiographie numérique dans les départements de l'Atlantique et du Littoral du 6 août au 10 novembre 2021. Elle a inclus les centres disposant à la fois de systèmes de radiographie numérique et analogique en fonctionnement dans les départements de l'Atlantique et du Littoral. Les centres qui n'ont pas répondu à notre demande pendant la période d'étude n'ont pas été inclus.

Matériel et outils de collecte de données

Le matériau utilisé dans notre travail est un mannequin (tête d'un fantôme humain nommé "Kokou").

Les outils de collecte de données utilisés dans notre étude sont les suivants :

- Une plaque nommée "outil de test du collimateur".
- Films de format 24*30 cm ;
- Cassettes analogiques de format 24*30 cm ;
- Cassettes numériques de format 24*30cm ;
- Un système de développement manuel
- Appareils de radiographie
- Numériseurs
- Un négatoscope
- Un vrai dessinateur (double décimètre et rapporteur).

Méthodes d'étude

Il s'agissait d'une étude transversale descriptive avec collecte de données de manière prospective.

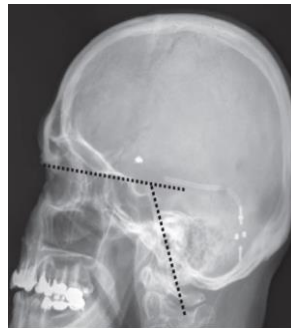


Méthode de collecte des données

Grâce à une grille d'observation, nous avons recueilli des informations concernant les caractéristiques des différents numériseurs rencontrés. Pour la réalisation pratique des images, la plaque décorative nommée "outil de test du collimateur" et la tête galbée du fantôme humain étaient généralement utilisées.

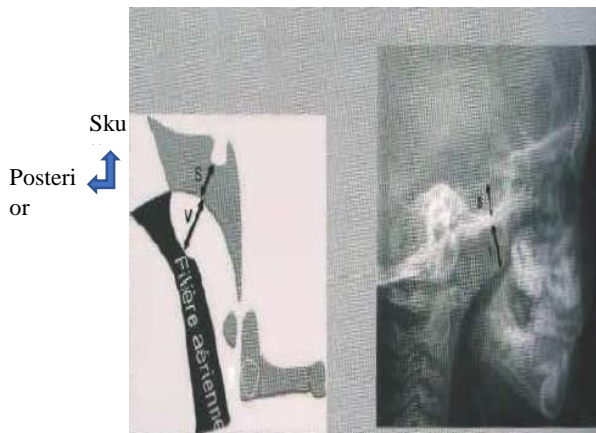
L'« outil de test du collimateur » consiste en un fond en plastique imprimé de lignes radio-opaques à des intervalles fixes et connus. Il se compose d'une assiette plate de 20 x 25 cm avec un motif de 14 x 18 cm gravé sur sa surface. Il y a deux axes perpendiculaires en son centre. Chaque axe est supposé gradué de 1cm sur chacun des deux axes (l'axe des x et l'axe des y)

6.



b

a





Clichés : QUENUM Syntiche, 2021

Figure 1 : Tête humaine, angle de Welcher et V et S

- a) Chef du fantôme humain
- b) Images radiographiques montrant les repères et l'angle de Welcher basal ⁵.
- c) Distances V et S sur une image radiographique ⁵

Intérêts

La présence d'une référence acier orthonormée dans ce matériau (la plaque) permet de la retrouver sur l'image radiographique. Cela permet d'évaluer les distances et les angles sur les images. L'utilisation de la tête fantôme humaine nous a permis de faire des mesures qui se font habituellement sur le crâne humain, à savoir l'angle basal de Welcher et la mesure des distances sur le cavum. L'angle basal de Welcher permet de dire s'il existe une platybasie ("maladie de Paget" congénitale ou acquise de la base du crâne. L'angle basal de Welcher est l'angle entre la ligne joignant le nasion et le tubercule de la selle turcique, et la ligne joignant le tubercule de la selle turcique et l'extrémité inférieure de la lame quadrilatérale. Sa valeur normale varie de 125° à 143°. On parle de platybasie lorsque l'angle est supérieur à 143°.

Les distances mesurées sur le cavum permettent d'évaluer s'il existe une hypertrophie des végétations adénoïdes. C'est l'épaisseur de la végétation (V) rapportée à la distance entre le fond de la selle turcique et la face inférieure du sphénoïde (S). Normalement V est inférieur à S mais varie avec l'âge.

Incidents réalisés

Sur le plateau du "Collimator test tool" radiographies en vue antérieure sur une cassette 24X30cm à des distances de 100cm (lorsque le plateau est posé sur la table) et 90cm (sous bucky) respectivement. Le choix de ces distances est en référence à la pratique de réalisation des incidences radiographiques qui s'effectuent habituellement à 100 cm sur la table et à 90 cm sous bucky.



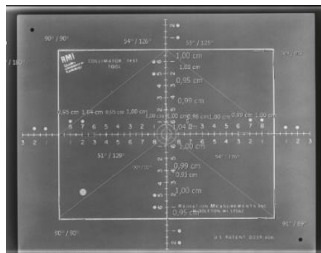
Sur la tête du fantôme humain, une incidence du crâne est vue de profil sur une cassette 24X30cm (cassette analogique et numérique) en largeur à une distance de 90 cm (sous bucky).

Méthodes de mesure

Plaque "Outil test collimateur"

Les mesures effectuées sont celles d'une graduation d'un centimètre (1 cm). Les mesures du système analogique ont été prises manuellement tandis que celles du système numérique ont été prises sur la console. Après obtention des images, nous avons procédé à la mesure de dix dimensions différentes entre deux points consécutifs sur chacun des deux axes de la plaque (axe des abscisses et axe des ordonnées).

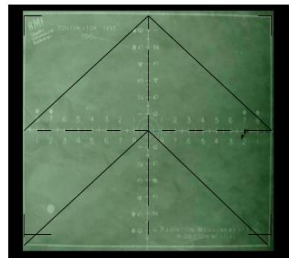
Pour la mesure des angles, nous avons tracé les diagonales issues des deux demi axes (demi axe d'abscisse et demi axe d'ordonnée). L'angle (angle aigu) entre la diagonale tracée et l'axe y a été mesuré. Nous avons mesuré quatre angles aigus. De même, l'angle résultant des deux demi-axes (demi-axe de l'abscisse et demi-axe de l'ordonnée), c'est-à-dire l'angle au centre a également été mesuré comme les quatre angles droits à la périphérie de la plaque (Figure 2 a et b).



a



Cranial
Prior



b



Cranial
Prior



Clichés : QUENUM Syntiche, 2021

Figure 2 : Les deux méthodes de mesures

- a) Dessin des cotes et des angles pour prise de mesures à la console (boîtier numérique)
- b) Tracé manuel des dimensions et des angles pour les mesures (cas analogique)
- c) Angle basal de Welcher pris sur un système numérique
- d) Distances V et S sur une image radiographique numérique

Chef du fantôme humain

L'angle basal de Welcher est l'angle entre la ligne joignant le nasion et le tubercule de la selle turcique, et la ligne joignant le tubercule de la selle turcique et l'extrémité inférieure de la lame quadrilatérale. Ainsi, l'angle basal a été mesuré (Figure 2 c).

Concernant les distances mesurées sur le cavum (Figure 2d), il s'agit de l'épaisseur de la végétation (V) rapportée à la distance entre le fond de la selle turcique et la face inférieure du sphénoïde (S).

Pour la validation des mesures, nous avons mesuré trois fois les distances et les angles concernés. Lorsqu'il y a une petite différence, nous avons fait la moyenne des trois mesures et les avons entrées dans la base de données.

Méthode statistique

Les données collectées (caractéristiques et mesures) ont été saisies dans Microsoft Excel 2016. Elles ont été analysées avec le logiciel R version 4.1.1. Les analyses ont consisté à :

- Une analyse descriptive dans laquelle nous avons calculé la moyenne et l'écart type et déterminé les valeurs minimales et maximales par centre pour chaque système ;



- Une analyse inférentielle qui nous a permis de mettre en œuvre le test statistique non paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney pour évaluer la significativité entre les valeurs obtenues au niveau des deux systèmes et également les valeurs obtenues entre les centres.

Le test a été considéré comme significatif au seuil $p < 0,05$.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans notre étude, nous disposions au total de 10 centres équipés en radiographie numérique dans les départements de l'Atlantique et du Littoral. Les deux types de systèmes ont été utilisés (systèmes directs et indirects) dans les centres visités. Cependant, le système indirect est le plus utilisé puisque 7 des 10 centres enquêtés l'utilisent. La marque AGFA est la plus utilisée dans les centres. De la même manière, chaque marque de numériseur possède son propre logiciel de traitement d'images.

Dans notre étude, nous avons au total 10 centres disposant d'équipements de radiographie numérique dans les départements de l'Atlantique et du Littoral. Les deux types de systèmes ont été utilisés (systèmes directs et indirects) dans les centres visités. Cependant, le système indirect est le plus utilisé puisque 7 des 10 centres enquêtés l'utilisent. La marque AGFA est la plus utilisée dans les centres. De la même manière, chaque marque de numériseur possède son propre logiciel de traitement d'images.

Tableau I : Caractéristiques des différents numériseurs rencontrés dans chaque centre et leurs images

Centres	Caractéristiques des numériseurs				Caractéristiques des images		
	Système	Numériseur	Année	Logiciel	Taille (μm)	Résolution (Pixels/mm)	Définition (Pixels)
Chuz-d'Abomey-Calavi	Indirect	FUJIFILM FCR CAPSULA XLII	2021	K-Pacs	150	dix	2295* 2980
Centre	Indir	iCR	202	iCRco	100	dix	2180*



Centres	Caractéristiques des numériseurs				Caractéristiques des images		
	Système	Numériseur	Année	Logiciel	Taille (µm)	Résolution (Pixels/mm)	Définition (Pixels)
de police	ect	3600M	0	XC			2328
Hôpital d'entraînement de l'armée	Indirect	AGFA-CR 15-X	2021	Visionneuse NX	100	dix	2328* 2928
Cnhu-Hkm	Indirect	AGFA-CR 30-Xm	2016	Visionneuse NX	100	dix	2328* 2928
Hôpital de Ménontin	Direct (capteurs plats)	Huq	2021	Technologie iRay	100	6	2048* 1536
Hôpital Bethesda	Direct (capteurs plats)	CARERA Y1500 CW	2021	DROC	154	7	2304* 2816
Hôpital de Suruléré	Indirect	CODONIQUE	2021	Quantor med +	150	12,6	2304* 2800
Centre de radiologie autonome	Indirect	AGFA-CR 30-Xm	2017	Visionneuse NX	100	dix	2328* 2928

Source : Syntiche QUENUM, 2022

Légende



Système	Numériseur	Année	Logiciel	Taille (μm)	Résolution (Pixels/mm)	Définition (pixels)
Type de système	Marque de numériseur	Année d'installation	Logiciel de traitement d'images	Taille pixel (μm)	Résolution spatiale (Pixels/mm)	définition de mage (Pixels)

Les caractéristiques des images diffèrent d'un système à l'autre (système direct et système indirect). Les différents types de numériseurs n'ont pas la même unité de mesure. Certains sont en "cm", certains en "mm" et d'autres en "inch".

La moyenne des mesures effectuées sur le système analogique est supérieure à celle effectuée sur le système numérique. La valeur p est inférieure à 0,001 dans chaque centre à chaque distance. Il existe une différence statistiquement significative entre les mesures des systèmes analogiques et numériques. Cependant, les mesures du système analogique sont proches de la réalité.

Le tableau I présente les caractéristiques des différents scanners rencontrés dans chaque centre.

Après l'analyse par centre des dimensions, des angles aigus et des angles droits obtenus sur les radiogrammes analogiques et numériques de la plaque à 90 cm et 100 cm, nous avons constaté que la valeur de p est supérieure à 0,05 dans tous les centres quels que soient la distance focale du film. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les mesures du système analogique et celles du système numérique.

- La valeur p est supérieure à 0,05 dans tous les centres, quelle que soit la distance focale du film. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les mesures des systèmes analogiques et numériques.
- La valeur p est supérieure à 0,05 dans tous les centres quelle que soit la distance focale du film.



- La valeur p est supérieure à 0,05 dans tous les centres. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les mesures prises d'un scanner à l'autre.

Tableau II : Analyse inter-centres des distances obtenues sur les radiogrammes numériques de la plaque 100 cm

CENTRE S	MOYENNE (ET)	PORTÉE	VALEUR P
Centre de radiologie autonome (n=20)	1,024 (0,041)	0,930 - 1,080	0,455
Poste de police (n=20)	1,006 (0,041)	0,930 - 1,080	0,455
CHUZ-Abomey Calavi (n=20)	1,012 (0,032)	0,960 - 1,080	0,455
CNHU-HKM (n=20)	1,008 (0,039)	0,920 - 1,050	0,455
Clinique Pierre boni (n=20)	1,000 (0,029)	0,940 - 1,040	0,455
Centre ulcère de Burili (n=20)	1,002 (0,038)	0,930 - 1,080	0,455
Hôpital Bethedsa (n=20)	1,000 (0,000)	1,000 - 1,000	0,455
Hôpital Suru-Lere (n=20)	1,016 (0,035)	0,950 - 1,080	0,455
HIA- Cotonou (n=20)	1,002 (0,046)	0,940 - 1,080	0,455
Hôpital Menontin (n=20)	1,001 (0,040)	0,930 - 1,050	0,455

Source : Syntiche QUENUM, 2022

La valeur p est inférieure à 0,05 dans tous les centres. Dans ce cas, il existe une différence statistiquement significative entre les mesures prises d'un numériseur à l'autre.

Tableau III : Analyse intercentrique des angles aigus obtenus sur les radiogrammes numériques de la plaque à 90 cm.



CENTRE S	MOYENNE (ET)	PORTÉE	VALEUR P
Centre de radiologie autonome (n=20)	50.750 (2.363)	49.000 - 54.000	< 0,001
Poste de police (n=20)	49.750 (1.500)	49.000 - 52.000	< 0,001
CHUZ-Abomey Calavi (n=20)	50.250 (1.500)	49.000 - 52.000	< 0,001
CNHU-HKM (n=20)	51.000 (1.414)	49.000 - 52.000	< 0,001
Clinique Pierre boni (n=20)	50,115 (1,039)	49.000 - 51.000	< 0,001
Centre ulcère de Burili (n=20)	51.858 (3.191)	49.000 - 56.430	< 0,001
Hôpital Bethesda (n=20)	0,000 (0,000)	0,000 - 0,000	< 0,001
Hôpital Suru-Lere (n=20)	50,830 (1,370)	49.000 - 52.320	< 0,001
HIA- Cotonou (n=20)	51.000 (1.414)	49.000 - 52.000	< 0,001
Hôpital Menontin (n=20)	50,750 (1,258)	49.000 - 52.000	< 0,001

Source : Syntiche QUENUM, 2022

La valeur p est supérieure à 0,05 dans tous les centres. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les mesures prises d'un numériseur à l'autre.

Tableau IV : Analyse intercentrique des angles aigus obtenus sur les radiogrammes numériques de la plaque de 100 cm.

CENTRE S	MOYENNE (ET)	PORTÉE	VALEUR P
Centre de radiologie autonome (n=20)	53.500 (1.732)	51.000 - 55.000	0,522
Poste de police (n=20)	51,250 (0,500)	51.000 - 52.000	0,522



CENTRE S	MOYENNE (ET)	PORTÉE	VALEUR P
CHUZ-abomey calavi (n=20)	52.000 (1.414)	51.000 - 54.000	0,522
CNHU-HKM (n=20)	51.000 (1.414)	49.000 - 52.000	0,522
Clinique Pierre boni (n=20)	50,898 (1,330)	49.000 - 52.000	0,522
Centre ulcère de Burili (n=20)	52.148 (3.749)	49.000 - 57.590	0,522
Hôpital Bethedsa (n=20)	51.000 (1.414)	49.000 - 52.000	0,522
Hôpital Suru-Lere (n=20)	51.000 (1.414)	49.000 - 52.000	0,522
HIA- Cotonou (n=20)	51,500 (0,577)	51.000 - 52.000	0,522
Hôpital Menontin (n=20)	51.000 (1.414)	49.000 - 52.000	0,522

Source : Syntiche QUENUM, 2022

La valeur p est supérieure à 0,05 dans tous les centres. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les mesures prises d'un numériseur à l'autre.

Tableau V : Analyse intercentrique des angles droits obtenus sur les radiogrammes numériques de la plaque de 90 cm.

CENTRE S	MOYENNE (ET)	PORTÉE	VALEUR P
Centre de radiologie autonome (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
Poste de police (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
CHUZ-abomey calavi (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
CNHU-HKM (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456



CENTRE S	MOYENNE (ET)	PORTÉE	VALEUR P
Clinique Pierre boni (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
Centre ulcère de Burili (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
Hôpital Bethedsa (n=20)	-	-	-
Hôpital Suru-Lere (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
HIA- Cotonou (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
Hôpital Menontin (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456

Source : *Syntiche QUENUM, 2022*

La valeur p est supérieure à 0,05 dans tous les centres. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les mesures prises d'un numériseur à l'autre.

Tableau VI : Analyse intercentrique des angles droits obtenus sur les radiogrammes numériques de la plaque de 100 cm.

CENTRE S	MOYENNE (ET)	PORTÉE	VALEUR P
Centre de radiologie autonome (n=20)	90,200 (0,447)	90.000 - 91.000	0,456
Poste de police (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
CHUZ-abomey calavi (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
CNHU-HKM (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
Clinique Pierre Boni (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
Centre ulcère de Burili (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456



CENTRE S	MOYENNE (ET)	PORTÉE	VALEUR P
Hôpital Bethesda (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
Hôpital Suru-Lere (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
HIA- Cotonou (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,456
Hôpital Menontin (n=20)	90.000 (0.000)	90.000 - 90.000	0,455

Source : Syntiche QUENUM, 2022

Les mesures de l'angle basal de Welcher effectuées sur le mannequin nous ont permis de constater que la majorité des angles du système analogique sont approximativement égaux à ceux du système numérique avec quelques légères différences à certains endroits.

Tableau VII : Angle basal de Welcher de la tête du fantôme humain dans les systèmes analogiques et numériques.

Centres	Angle basal de Welcher	
	Analogique	Numérique
CHUZ- d'Abomey –Calavi	116,5°	115°
Centre de police	116°	116°
Hôpital d'Instruction des Forces Armées	116°	115°
CNHU-HKM	116°	115°
Hôpital de Menontin	116,5°	116°
Hôpital Bethesda	115,5°	115°
Hôpital Suru-Léré	116°	116°
Centre de radiologie autonome	116°	115°
Clinique Pierre Boni	116°	116°
Centre Ulcère de Buruli	117°	116°

Source : Syntiche QUENUM, 2022

La remarque faite précédemment au niveau de l'angle de Welcher s'observe également au niveau des distances V et S sur le cavum.



Tableau VIII : Mesure de l'épaisseur des végétations (V) liée à la distance entre le bas de la selle turcique et la face inférieure du sphénoïde (S) de la tête du fantôme humain dans les systèmes analogiques et numériques.

CENTRES	Distance cave en Cm			
	Analogique		Numérique	
	Distanc e S	Distanc eV	Distanc e S	Distanc e V
CHUZ- d'Abomey –Calavi	1	1.4	0,97	1.28
Centre de police	1	1.4	0,98	1.2
Hôpital d'Instruction des Forces Armées	1.1	1.4	1,00	1.3
CNHU-HKM	1	1.4	0,98	1.3
Hôpital de Menontin	1	1.3	0,99	1.2
Hôpital Bethesda	1.2	1.5	1,00	1.3
Hôpital Suru-Léré	1.1	1.4	0,99	1.3
Centre de radiologie autonome	1	1.4	0,98	1.3
Clinique Pierre Boni	1	1.4	0,98	1.2
Centre Ulcère de Buruli	1	1.3	0,97	1.3

Source : Syntiche QUENUM, 2022

Notre étude montre que les deux types de systèmes numériques sont utilisés (systèmes directs et indirects) avec une prédominance de la marque AGFA dans les centres visités. Mais le système indirect est le plus utilisé. Dagbé et al (2015) ⁷ à Lomé rapportent que sur 03 centres disposant de la radiologie numérique, 02 centres utilisent le système indirect et 01 centres utilisent le système direct ⁷. De même, Ba et al. (2016) ⁸ à Dakar rapportent que sur 12 centres, huit centres utilisent le système indirect ⁸. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que le système indirect est moins coûteux (faible coût requis pour l'installation initiale) que le système direct ⁹. Mais le système indirect est compatible avec la plupart des systèmes conventionnels existants, tandis que les systèmes directs sont présentés dans des emballages coûteux et ne sont pas compatibles avec les équipements à rayons X existants ¹⁰. La prédominance de la marque AGFA est due au fait que le numériseur de marque AGFA est une solution de radiographie numérisée polyvalente et compacte offrant une qualité d'image et une productivité élevées ¹¹.



Dans la présente étude, les caractéristiques de l'image différaient entre les deux systèmes (système direct et système indirect). En ce qui concerne la taille des pixels, les valeurs enregistrées sur chaque type de numériseur varient de 100 μm à 150 μm pour le système indirect et de 100 μm à 154 μm pour le système direct. D'après les travaux d'Indrajit et Verma (2007)¹² en Inde, en radiographie, selon les équipements et le type de modèle, la taille des pixels dans le système indirect varie de 50 μm à 200 μm , et dans le système direct de 100 μm à 200 μm ¹². La taille des pixels selon les différents systèmes rencontrés dans les départements Atlantique et Littoral est en accord avec les travaux des auteurs précédemment cités. Concernant l'analyse de la résolution spatiale, elle varie de 10 à 12,6 pixels/mm pour les images du système indirect et de 6 à 7 pixels/mm pour les images du système direct. Par rapport à notre étude, Bonvin et al (2012)¹⁴ rapportent une résolution spatiale de 4 pixels/mm pour les images système directes et de 3,6 pixels/mm pour les images système indirectes. Par conséquent, ils affirment que le système direct a une meilleure résolution spatiale que le système indirect¹³. Dans notre cas, nous pouvons affirmer que le système indirect donne une meilleure qualité d'image que le système direct puisqu'il est le plus utilisé. Au vu des résultats obtenus, on pourrait conclure que la technologie du système indirect a plus évolué.

Dans cette étude, du fait de l'utilisation de deux méthodes de mesure différentes, l'incertitude liée à la méthode de mesure et à l'expérimentateur ne serait certainement pas la même. La majorité des moyennes des mesures faites dans le système analogique sont plus grandes que celles faites dans le système numérique. La valeur de p est inférieure à 0,001 dans chacun des centres selon chaque distance. Il existe une différence statistiquement significative entre les mesures du système analogique et les mesures du système numérique.

Ceci est lié aux travaux d'Almenar et al. (1997)¹⁴ et Burger et al. (1999)¹⁵. Cette différence observée entre les valeurs des systèmes analogiques et numériques de chaque centre pourrait s'expliquer par le fait que les mesures du système analogique ont été effectuées manuellement. Des outils tels que le crayon et les doubles décimètres utilisés pour cette approche manuelle peuvent être à la base de cette variation de la mesure. La différence entre les unités de mesure observées d'un numériseur à l'autre pourrait être source d'erreurs dans la réalisation des mesures. Alors avant d'avoir la mesure dans une unité donnée il faut faire la conversion¹⁶. Cette observation était moins



marquée avec l'utilisation du rapporteur pour la mesure des angles où l'on obtenait une forte similitude entre la mesure des angles à l'analogique et au numérique.

Concernant la précision des mesures d'un numériseur à l'autre, on remarque que pour la plupart des types de mesures il n'y a pas de différence statistiquement significative. Une différence n'a été obtenue qu'au niveau des images à 90 cm. Cette différence pourrait être due à l'expérimentateur.

Comme l'outil de test du collimateur utilisé dans la première partie de cette étude n'était pas épais, et avait donc moins les caractéristiques des structures souvent radiographiées, nous avons pensé qu'il serait utile de vérifier les résultats obtenus sur celui-ci avec un mannequin.

Les mesures concernant l'angle basal de Welcher et les distances V et S sur le cavum effectuées sur le mannequin nous ont permis de constater que la majorité des angles dans le système analogique sont approximativement égaux à ceux du système numérique. Les causes des quelques fluctuations obtenues seraient les mêmes que celles mentionnées ci-dessus, qui sont la méthode de mesure et l'expérimentateur.

CONCLUSION

En radiologie, l'analyse quantitative se fait par mesure. Or, avec la radiographie numérique, les mesures sont faites au pupitre sur des images ayant subi une conversion analogique-numérique, parfois avec une perte d'information. Les résultats obtenus à partir de cette étude sur la précision des mesures des images radiographiques numériques ont montré que les mesures effectuées sur les radiogrammes numériques sont approximativement égales à celles obtenues sur les radiogrammes analogiques, même en cas de changement de la distance focale-film. De plus, les mesures effectuées par traçage numérique sont sensiblement égales à celles obtenues sur des images analogiques par traçage manuel. Aussi d'un numériseur à l'autre, il n'y a pas de différence dans la mesure. Le système numérique offre un grand avantage dans le travail de réalisation de mesures en radiologie. Cela a également été fait sur le mannequin pour les mesures crâniennes. Mais il serait utile que les techniciens maîtrisent les méthodes de conversion des mesures pour éviter les différences d'unités observées.



REFERENCES

1. Guyot Mélanie. Choix du récepteur en radiologie dentaire introrale. Enquête réalisée auprès d'une population de chirurgiens-dentistes de l'Est de la France. Université Henri Poincaré. Nancy 1 faculté d'odontologie ; 2011.
2. Yann Le Meur. Analyse automatique de la qualité des images issues de détecteurs plats à rayons X. 185.
3. Fowler, John R., Ilyas, Asif M. La précision de la radiographie numérique dans les applications orthopédiques. Orthopédie clinique et recherche connexe. juin 2011;469(6): 1781-178 4p .
4. Sayed E. Course-Nursing-Measurements [Internet]. Infirmiers.com. 2009 [cité le 21 octobre 2021]. Disponible sur : <http://www.infirmiers.com/etudiants-en-ifs/cours/cours-soins-infirmiers-les-mensurations.html>
5. Nataf A, Feldmann A. Chiffres, repères, mesures, classifications en imagerie médicale. 3e éd. mettre à jour. Montpellier : Sauramps Médical ; 2019.
6. Faisceau du collimateur. Outil de test d'alignement Modèle 07-661-7662 vendu par Supertech [Internet]. [cité 13 oct. 2021]. Disponible sur : <https://www.supertechx-ray.com/QualityControlPhantoms/07-661-7662.php>
7. Dagbe M., Gbande P., Dansou YM., Akpona R., Boube HA., Amouzou KD., Etat des lieux de la numérisation en radiologie conventionnelle dans les hôpitaux publics du Togo. Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé. 2018 ;20(3) :353 - 35 7.
8. Ba A., Peyo N., Verbeke F. LA Numérisation en Imagerie Médicale : état des lieux au Sénégal. Journal d'informatique de santé en Afrique. 1er janvier 2017;4:19 - 23.
9. Quelles sont les différences entre CR et DR en radiographie dentaire vétérinaire ? [L'Internet]. Disponible. 2018 [cité le 17 décembre 2021]. Disponible sur : <https://www.dispomed.com/fr/quelles-sont-les-differences-entre-cr-et-dr-en-radiographie-dentaire-veterinaire>
10. Radiographie numérique versus radiographie informatisée [Internet]. News-Medical.net. 2018 [cité 23 déc 2021]. Disponible sur : <https://www.news-medical.net/health/Digital-Radiography-versus-Computed-Radiography.aspx>



11. Scanner AGFA CR 15-X – sarl afmed [Internet]. [cité le 17 décembre 2021]. Disponible sur : <https://sarlafmed.com/boutique/imagerie-medicale/numerisation/computed-radiography-cr/numeriseur-agfa-cr-15-x/>
12. IK Indrajit, BS Verma. L'imagerie numérique dans la pratique de la radiologie : Une introduction à quelques concepts fondamentaux. Novembre 2007. Indian J Radiol Imaging.
13. Mélissa Bonvin, Steiner C, Mylène Théodoloz. Etude qualitative entre trois systèmes d'imagerie médicale : Evaluation de la qualité des images en corrélation avec les doses en pratique clinique. Haute Ecole de Santé Vaud; 2012.
14. Almenar Garcia A., Forner Navarro L., Ubet Castello V., Minana Laliga R. Évaluation d'une radiographie numérique pour estimer la longueur de travail. JEndod. 1997;363–365.
15. Burger CL., Mork TO., Hutter JW., Nicol B. Radiographie numérique directe par rapport à la radiographie conventionnelle pour l'estimation de la longueur du canal dans les canaux courbes. JEndod. 1999;260–263.
16. Conversion pouce cm [Internet]. [cité le 22 décembre 2021]. Disponible sur : <https://www.comment-calculer.net/conversion-inch-cm.php>