

## **Contribution à la caractérisation mécanique des barres d'acier à haute adhérence recyclées au Rwanda et en Turquie à partir de la ferraille collectée à Goma et utilisées dans les constructions à Goma, Nord Kivu en République Démocratique du Congo (RDC)**

### **[ Contribution to the mechanical characterization of recycled high yield steel bars in Rwanda and Turkey from metal waste and used in constructions in Goma, North Kivu, Democratic Republic of Congo (DRC) ]**

**MUGANZA MUHEMBA David<sup>1</sup>, MOUNDOM Amadou<sup>2</sup>, BISIMWA MUSHAGALUSA Sem<sup>3</sup>, KOKO KATUMBI Pascal<sup>4</sup>, KUBUYA BINWA Patient<sup>5</sup>, KAMBALE MAGHAVIRO Jacques<sup>6</sup>, NGAPGUE François<sup>7</sup>, and TAMO TATIETSE Thomas<sup>8</sup>**

<sup>1</sup>Etudiant de troisième cycle en Génie Mécanique, Faculté des sciences et technologies appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Cameroon

<sup>2</sup>Chargé de Cours en Génie Civil, FASA, Université de Dschang, Cameroon

<sup>3</sup>Ingénieur de Génie Civil, Faculté des sciences et technologies appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Cameroon

<sup>4</sup>Ingénieur de Génie Civil, Faculté des sciences et technologies appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Cameroon

<sup>5</sup>Etudiant de troisième cycle en Génie Civil, Faculté des sciences et technologies appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Cameroon

<sup>6</sup>Ingénieur de Génie Civil, Faculté des sciences et technologies appliquées, Université Libre des Pays des Grands Lacs, Cameroon

<sup>7</sup>Professeur Titulaire de Génie Civil, IUT-FV, Université de Dschang, Cameroon

<sup>8</sup>Professeur Titulaire HDR de Génie Civil, ENSPY, Université de Yaoundé, Cameroon

---

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The present work focuses on the tensile strength of reinforced concrete high yield steel bars from Rwanda and Turkey, commonly used in the construction in Goma, recycled in Rwanda from metal waste from off-road vehicles and others collected in Goma. Metal waste is collected in Goma largely manually and transported to Rwanda where a lathe machine tool is used to manufacture steel specimens which undergo a tensile test using the WP 300 universal testing machine for tensile test. The yield strength of the ordinary high yield steel bars and that of the standard high yield steel bars all recycled in Rwanda are 420.6 and 392.8 MPa respectively while the yield strength of the recycled high yield steel bars from Turkey is 443 MPa. These values are very close to the values recommended by French standard N F EN 1992 (Part 1-1) which must be between 400 MPa and 600 MPa and are of high ductility (Class C). The Young moduli of ordinary high yield steel bars recycled from Rwanda, that of standard high yield steel bars recycled from Rwanda and finally that of high yield steel bars recycled from Turkey are respectively 27.6, 27.6 and 31.2 GPa, very low values compared to the value of 200 GPa recommended by the standards, hence the importance of taking them into consideration in the design calculations.

**KEYWORDS:** Metal waste, recycling, reinforced concrete steel reinforcement, tensile test on steels.

**RESUME:** Le présent travail porte sur la résistance à la traction des barres d'acier à haute adhérence de béton armé utilisées couramment dans la construction à Goma, provenant du Rwanda et de la Turquie, recyclées au Rwanda à partir de la ferraille provenant des véhicules hors d'usage (VHU) et autres collectée à Goma. La ferraille est collectée à Goma en grande partie manuellement et acheminée au Rwanda où une machine-outil tour permet de fabriquer des éprouvettes d'acier qui subissent un essai à la traction à l'aide de la machine d'essai universelle WP 300 pour essai de traction. La limite d'élasticité des barres d'acier ordinaires à haute adhérence et celle des barres standards recyclées toutes du Rwanda sont respectivement de 420,6 et 392,8 MPa tandis que la limite élastique des barres d'acier à haute adhérence recyclées de la Turquie est de 443 MPa. Ces valeurs sont très proches des valeurs recommandées par la norme N F EN 1992 (Partie 1-1) qui doivent être comprises entre 400 MPa et 600MPa et sont de classe de ductilité C (grande ductilité). Les modules d'élasticité longitudinale des barres d'acier ordinaires à haute adhérence recyclées au Rwanda, des barres d'acier standards à haute adhérence recyclées au Rwanda et des barres d'acier à haute adhérence recyclées de la Turquie sont respectivement de 27,6, 27,6 et 31,2 GPa, très faibles par rapport à la valeur de 200 GPa donnée par les normes en vigueur, d'où l'importance de leur prise en compte dans les calculs de dimensionnement.

**MOTS-CLEFS:** Ferraille, recyclage, acier pour béton armé, essai de traction sur les aciers.

## 1 INTRODUCTION GENERALE

La Banque mondiale en 2012 a montré que la production mondiale des déchets a doublé durant la dernière décennie et selon une étude faite par Hoornweg et Bhada-Tata (2012), elle devrait encore augmenter de 69% d'ici à 2025. Cette tendance s'observe aussi en Afrique où les différentes villes doivent faire face à un sérieux problème de gestion des déchets, notamment en ce qui concerne leur collecte et leur traitement d'après Pierrat (2014), Pierre (2002) et Tchoukoua (2010) in Holy et al. (2020). Cette situation est aussi critique en République Démocratique du Congo, où les villes en général échappent aux conditions et aux mécanismes d'assainissement et de protection de l'homme contre les intempéries et maladies dues aux conditions malsaines des espaces urbains d'après Schrupf et al. (2021). La littérature scientifique disponible dans le domaine des déchets métalliques montre que ceux-ci sont plus valorisés en Afrique de l'Ouest mais de façon artisanale d'après Schrupf et al. (2021). Cette étude se propose de valoriser ces déchets métalliques dans la fabrication des armatures de béton armé.

Les aciers pour béton armé sont fabriqués à partir d'aciers généralement élaborés dans des fours électriques à partir de ferrailles de récupération. Le béton armé est, aujourd'hui, un matériau incontournable dans le domaine du Génie Civil. Il est privilégié dans diverses constructions (logements privés, collectifs, bureaux, bâtiments industriels, hôpitaux...) grâce à ses nombreux atouts. Un bâtiment en béton armé consomme 40 à 80 kg d'acier par mètre cube de béton. Une proportion qui peut atteindre 200, voire 300 kg par mètre cube de béton pour les ouvrages les plus sollicités. La construction moderne ne saurait s'en passer. C'est dans cette optique que des ferrailles sont ramassées dans la ville de Goma et ses environs, pour être recyclées et transformées au Rwanda en barres à haute adhérence. Trois catégories des barres sont généralement utilisées à Goma à savoir les barres à haute adhérence ordinaires recyclées du Rwanda, les barres à haute adhérence standards recyclées du Rwanda et des barres à haute adhérence recyclées de la Turquie.

L'objectif de ce travail est de pouvoir faire des essais de traction afin d'obtenir les caractéristiques mécaniques essentielles de ces barres pour leur prise en compte dans le dimensionnement des structures dans la ville volcanique de Goma se trouvant dans une région à sismicité modérée.

## 2 REVUE DE LA LITTERATURE

Des travaux antérieurs sont passés en revue ainsi qu'il suit:

Les différentes sources de ferrailles, l'estimation de la quantité de ferrailles générée, la collecte de la ferraille, le marché de la ferraille, le traitement et le recyclage des ferrailles ainsi que les produits issus du recyclage de ces ferrailles au Cameroun sont développés par Bidoung et al. (2007);

Les travaux de Schrupf et al. (2021) ont contribué à la valorisation artisanale des déchets métalliques dans la ville de Bunia en République Démocratique du Congo;

La norme N F EN 10002-1 décrit l'essai destructif de traction sur les armatures jusqu'à la rupture sur les aciers de diamètres standards et de 40 cm environ de longueur;

L'acier pour béton armé est défini par ses caractéristiques de forme, géométriques, mécaniques et technologiques. Les spécifications concernant les aciers sont détaillées dans les normes NF A 35-015 (aciers soudables lisses), NF A 35-080-1 (Aciers pour béton armé en

barres et couronnes à verrous et empreintes), NF A 35-080-2 (treillis soudés), NF A 35-025 (aciers pour béton armé, barres et couronnes galvanisées à chaud), norme NF A 35-014 (acier pour béton inox). Les aciers sont désignés par leur limite d'élasticité garantie  $R_e$  en MPa, leur nuance et leur forme (lisse, haute adhérence). L'aptitude au pliage (essai de pliage ou essai de pliage-dépliage conformément à la norme NF EN ISO 15630-1). La Classe de ductilité (A, B, C) est détaillée dans Eurocode 2.

De tous ces travaux, peu d'entre eux se sont intéressés à la valorisation des déchets métalliques pour les recycler et les transformer en armatures pour béton armé: D'où l'intérêt de ce travail.

### **3 MATERIELS ET METHODES**

La méthodologie vise à déterminer les caractéristiques mécaniques obtenues par l'essai de traction afin de caractériser les armatures haute adhérence recyclées utilisées dans la construction dans la ville de Goma et ses environs. Ces caractéristiques sont les suivantes: résistance mécanique, limite d'élasticité, allongement à la rupture, classe de ductilité et le module d'élasticité. Les armatures utilisées dans la construction dans la ville de Goma et ses environs proviennent du Rwanda et de la Turquie. Ces barres sont toutes obtenues par recyclage des matériaux métalliques issus des véhicules hors d'usage (VHU), des profilés et métaux ramassés par-ci, par-là, qui sont achetés et revendus au Rwanda pour leur recyclage dans des fours. L'appareil qui nous a permis de réaliser les essais de traction sur les aciers recyclés est le WP 300 associé à un ordinateur pour l'acquisition et la lecture des données automatiquement (figure 1). Par contre, les métaux étant des cristaux, supposés des milieux continus ayant les mêmes propriétés dans toutes les directions, les éprouvettes à tester avec l'appareil d'essai WP 300, étaient issues des barres à haute résistance recyclées, réparties en 3 classes selon leur qualité et leur provenance. Nous avons: Les barres à haute adhérence ordinaire recyclées venant du Rwanda, les barres à haute adhérence standard recyclées venant du Rwanda et les barres à haute adhérence recyclées venant de la Turquie. Les éprouvettes de ces trois catégories de barre à haute adhérence recyclées ont été tournées par la machine-outil tour (figure 2), la forme finale de l'éprouvette étant présentée sur la figure 3. L'essai destructif de traction, c'est-à-dire jusqu'à la rupture de l'éprouvette est présentée sur la figure 4. L'essai de traction sur les armatures ainsi recyclées est effectué jusqu'à la rupture conformément à la norme NF EN 10002-1 sur les aciers de 6 mm de diamètre et de 30 cm de longueur, car dimensions maximales des éprouvettes pour l'appareil WP 300.



**Fig. 1. Machine d'essai universelle WP 300 pour essai de traction**



**Fig. 2. Machine-outil tour pour la fabrication des Eprouvettes**

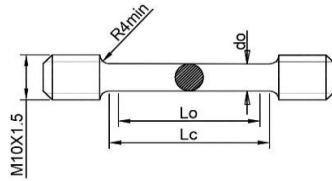


Fig. 3. Forme finale de l'éprouvette de traction

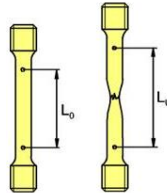


Fig. 4. Déformation de l'éprouvette jusqu'à la rupture

Dix éprouvettes d'essai de traction ont été confectionnées pour chaque catégorie de barre utilisée à Goma dans un lot de 5 barres par catégorie.

La résistance maximale à la traction  $R_m$  (N), la limite élasticité  $R_e$  (N), l'allongement des armatures  $\epsilon_s$  (%), l'allongement sous charge maximale  $A$  (%) et le module d'Young  $E$  (GPa), sont définis respectivement par les relations 1, 2, 3, 4 et 5:

$$R_m = \frac{F_u}{S} \quad (1)$$

$$R_e = \frac{F_{\text{él}}}{S} \quad (2)$$

$$\epsilon_s = \frac{l_{\text{él}} - l_0}{l_0} \quad (3)$$

$$A = \frac{l_u - l_0}{l_0} \quad (4)$$

$$E = \frac{R_e}{1000\epsilon_s} \quad (5)$$

Avec:  $F_u$ ,  $F_{\text{él}}$ ,  $S$ ,  $l_0$ ,  $l_u$ ,  $l_{\text{él}}$  désignent respectivement la force ultime, la force à la limite d'élasticité, l'aire de la section d'une éprouvette, la longueur initiale de l'éprouvette, la longueur maximale provoquée par  $F_u$  et la longueur à la limite élastique provoquée par  $F_{\text{él}}$ .

## 4 RESULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES BARRES ORDINAIRES À HAUTE ADHÉRENCE RECYCLÉES DU RWANDA

Les valeurs des caractéristiques mécaniques des barres ordinaires à haute adhérence recyclées au Rwanda sont présentées dans le tableau 1 et sur la figure 5 tandis que les valeurs moyennes sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 1. Caractéristiques mécaniques des barres ordinaires à haute adhérence recyclées du Rwanda

Caractéristiques des barres recyclées ordinaires HA du Rwanda												
No.	F <sub>u</sub> (N)	F <sub>iel</sub> (N)	S (mm <sup>2</sup> )	l <sub>o</sub> (cm)	l <sub>u</sub> (mm)	Δl <sub>ε</sub> (mm)	ε <sub>s</sub> (%)	A (%)	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>e</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> /R <sub>e</sub>	E (GPa)
1	16300	12200	28,26	30	36,4	0,35	0,012	21,3	576,8	431,7	1,34	37,00
2	15600	11150	28,26	30	37	0,35	0,012	23,3	552,0	394,6	1,40	33,82
3	15000	10550	28,26	30	37,05	0,4	0,013	23,5	530,8	373,3	1,42	28,00
4	17100	14250	28,26	30	36,85	0,48	0,016	22,8	605,1	504,2	1,20	31,52
5	15200	11000	28,26	30	36,65	0,35	0,012	22,2	537,9	389,2	1,38	33,36
6	16100	12000	28,26	30	36,25	0,45	0,015	20,8	569,7	424,6	1,34	28,31
7	16200	12000	28,26	30	36,5	0,6	0,020	21,7	573,2	424,6	1,35	21,23
8	16300	11800	28,26	30	36,7	0,55	0,018	22,3	576,8	417,6	1,38	22,78
9	15800	11450	28,26	30	36,8	0,55	0,018	22,7	559,1	405,2	1,38	22,10
10	16300	12450	28,26	30	36,35	0,75	0,025	21,2	576,8	440,6	1,31	17,62

Tableau 2. Caractéristiques moyennes des barres ordinaires à haute adhérence recyclées du Rwanda

Caractéristiques des barres ordinaires HA recyclées du Rwanda											
F <sub>u</sub> (N)	F <sub>iel</sub> (N)	S (mm <sup>2</sup> )	l <sub>o</sub> (cm)	l <sub>u</sub> (mm)	Δl <sub>ε</sub> (mm)	ε <sub>s</sub> (%)	A (%)	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>e</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> /R <sub>e</sub>	E (GPa)
15990	11885	28,26	30	37	0,48	0,016	22,18	565,8	420,6	1,35	27,6

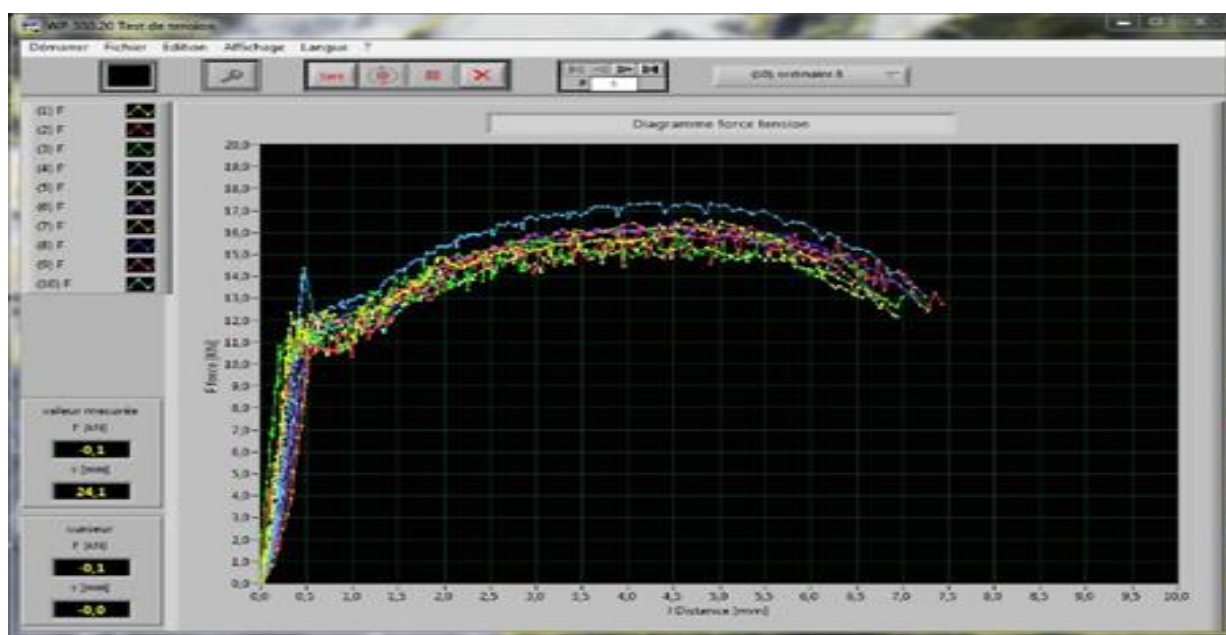


Fig. 5. Diagrammes contrainte- déformation des barres haute adhérence ordinaires recyclées du Rwanda

D'après les tableaux 1 et 2 et la figure 5, la valeur moyenne de la limite d'élasticité des aciers ordinaires à haute adhérence recyclés au Rwanda et utilisés couramment dans la ville de Goma est de 420,6 MPa, conforme aux valeurs par la norme N F EN 1992 (Partie 1-1) qui doivent être comprises entre 400 MPa et 600MPa. Ils sont tous de la classe de ductilité C selon Eurocode 2, mais ont une faible valeur de module d'élasticité longitudinale de 27,6 GPa.

#### 4.2 : CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES BARRES STANDARDS À HAUTE ADHÉRENCE RECYCLÉES DU RWANDA

Les valeurs des caractéristiques mécaniques des barres standards à haute adhérence recyclées au Rwanda sont présentées dans le tableau 3 et sur la figure 6 tandis que les valeurs moyennes sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 3. Caractéristiques mécaniques des barres standards à haute adhérence recyclées du Rwanda

Caractéristiques des barres recyclées standards HA du Rwanda												
No.	F <sub>u</sub> (N)	F <sub>iel</sub> (N)	S (mm <sup>2</sup> )	l <sub>o</sub> (cm)	l <sub>u</sub> (mm)	Δl <sub>é</sub> (mm)	ε <sub>s</sub> (%)	A (%)	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>e</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> /R <sub>e</sub>	E (GPa)
1	15300	10600	28,26	30	36,5	0,35	0,012	21,7	541,4	375,1	1,44	32,15
2	15500	10600	28,26	30	38	0,35	0,012	26,7	548,5	375,1	1,46	32,15
3	16000	11000	28,26	30	36,9	0,35	0,012	23,0	566,2	389,2	1,45	33,36
4	16000	10000	28,26	30	36,35	0,5	0,017	21,2	566,2	353,9	1,60	21,23
5	17000	11200	28,26	30	36,6	0,45	0,015	22,0	601,6	396,3	1,52	26,42
6	15700	10300	28,26	30	36,75	0,35	0,012	22,5	555,6	364,5	1,52	31,24
7	16000	11700	28,26	30	36,4	0,6	0,020	21,3	566,2	414,0	1,37	20,70
8	16250	11200	28,26	30	36,9	0,56	0,019	23,0	575,0	396,3	1,45	21,23
9	16300	11200	28,26	30	36,6	0,45	0,015	22,0	576,8	396,3	1,46	26,42
10	17200	13200	28,26	30	36,65	0,45	0,015	22,2	608,6	467,1	1,30	31,14

Tableau 4. Caractéristiques moyennes des barres standards à haute adhérence recyclées du Rwanda

Caractéristiques des barres standards HA recyclées du Rwanda												
F <sub>u</sub> (N)	F <sub>iel</sub> (N)	S (mm <sup>2</sup> )	l <sub>o</sub> (cm)	l <sub>u</sub> (mm)	Δl <sub>é</sub> (mm)	ε <sub>s</sub> (%)	A (%)	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>e</sub> (MPa)	R <sub>m</sub> /R <sub>e</sub>	E (GPa)	
16125	11100	28,26	30	36,77	0,44	0,015	22,56	570,6	392,8	1,46	27,6	

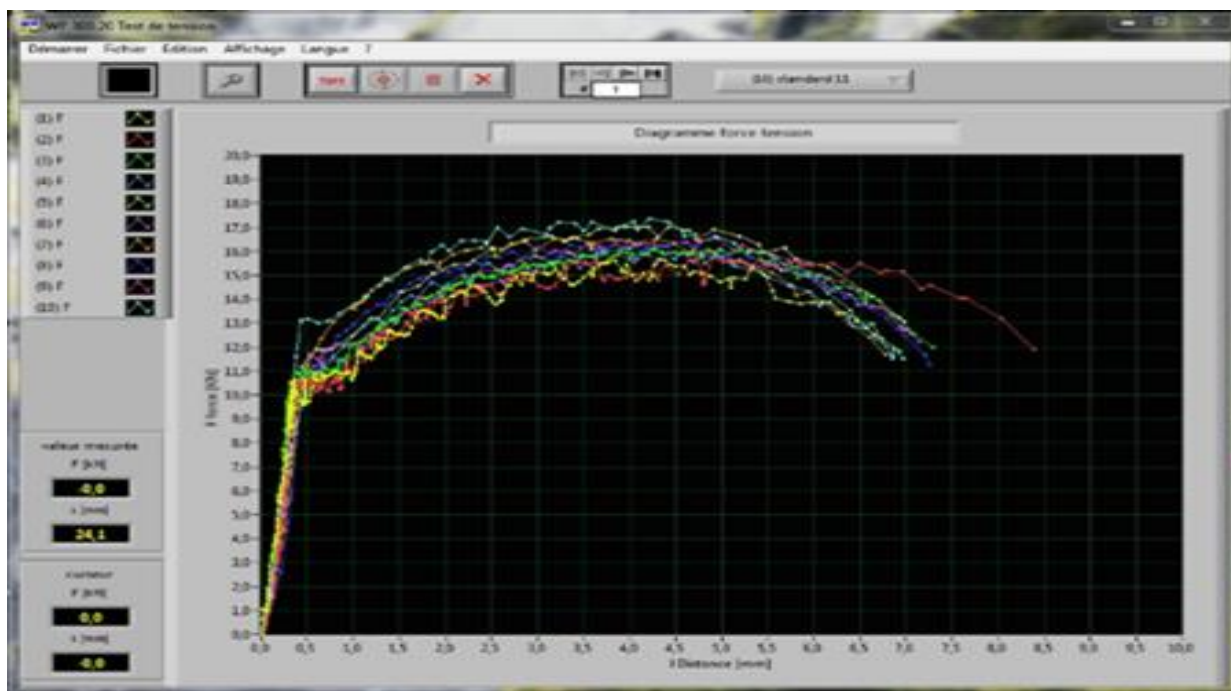


Fig. 6. Diagrammes contrainte-déformation des barres haute adhérence standards recyclées du Rwanda

D’après les tableaux 3 et 4 et la figure 6, la valeur moyenne de la limite d’élasticité des aciers ordinaires à haute adhérence recyclés au Rwanda et utilisés couramment dans la ville de Goma est de 392,8 MPa, conforme aux valeurs par la norme N F EN 1992 (Partie 1-1) qui doivent être comprises entre 400 MPa et 600MPa. Ils sont tous de la classe de ductilité C selon Eurocode 2, mais ont une faible valeur de module d’élasticité longitudinale de 27,6 GPa.

4.3 : CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DES BARRES À HAUTE ADHÉRENCE RECYCLÉES DU RWANDA

Les valeurs des caractéristiques mécaniques des barres à haute adhérence recyclées de la Turquie sont présentées dans le tableau 5 et sur la figure 7 tandis que les valeurs moyennes sont présentées dans le tableau 6.

Tableau 5. Caractéristiques mécaniques des barres à haute adhérence recyclées de la Turquie

Caractéristiques des barres recyclées HA de la Turquie												
No.	$F_u$ (N)	$F_{iel}$ (N)	$S$ (mm <sup>2</sup> )	$l_o$ (cm)	$l_u$ (mm)	$\Delta l_e$ (mm)	$\epsilon_s$ (%)	A (%)	$R_m$ (MPa)	$R_e$ (MPa)	$R_m/R_e$	E (GPa)
1	18600	14700	28,26	30	38,83	0,4	0,013	29,4	658,2	520,2	1,27	39,01
2	17200	12600	28,26	30	37,1	0,7	0,023	23,7	608,6	445,9	1,37	19,11
3	16500	12600	28,26	30	36,8	0,45	0,015	22,7	583,9	445,9	1,31	29,72
4	16500	12000	28,26	30	36,75	0,45	0,015	22,5	583,9	424,6	1,38	28,31
5	17500	12700	28,26	30	35,65	0,35	0,012	18,8	619,2	449,4	1,38	38,52
6	15500	11600	28,26	30	36,2	0,45	0,015	20,7	548,5	410,5	1,34	27,36
7	15800	12000	28,26	30	34,5	0,5	0,017	15,0	559,1	424,6	1,32	25,48
8	16800	12200	28,26	30	35,75	0,35	0,012	19,2	594,5	431,7	1,38	37,00
9	16800	13000	28,26	30	37	0,35	0,012	23,3	594,5	460,0	1,29	39,43
10	16300	11800	28,26	30	36,35	0,45	0,015	21,2	576,8	417,6	1,38	27,84

Tableau 6. Valeurs moyennes caractéristiques des barres à haute adhérence recyclées de la Turquie

Caractéristiques des barres HA recyclées en Turquie												
$F_u$ (N)	$F_{iel}$ (N)	$S$ (mm <sup>2</sup> )	$l_o$ (cm)	$l_u$ (mm)	$\Delta l_e$ (mm)	$\epsilon_s$ (%)	A (%)	$R_m$ (MPa)	$R_e$ (MPa)	$R_m/R_e$	E (GPa)	
16750	12520	28,26	30	36,5	0,45	0,01	21,7	592,7	443	1,34	31,2	

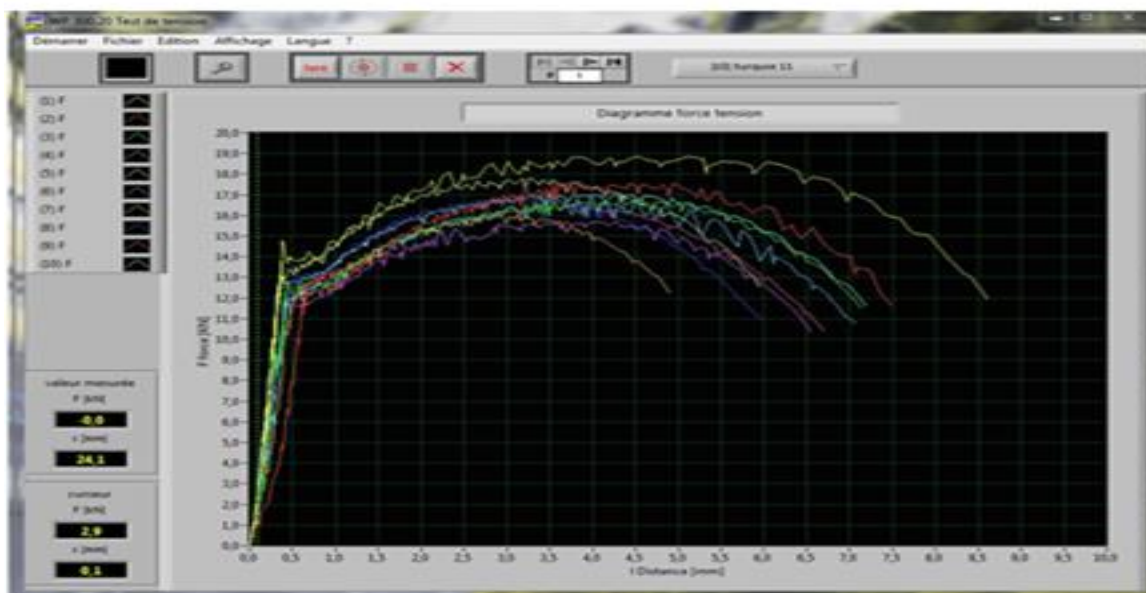


Fig. 7. Diagrammes contrainte- déformation des barres haute adhérence recyclées de la Turquie

D’après les tableaux 5 et 6 et la figure 7, la valeur moyenne de la limite d’élasticité des aciers ordinaires à haute adhérence recyclés au Rwanda et utilisés couramment dans la ville de Goma est de 443 MPa, conforme aux valeurs par la norme N F EN 1992 (Partie 1-1) qui doivent être comprises entre 400 MPa et 600MPa. Ils sont tous de la classe de ductilité C selon Eurocode 2, mais ont une faible valeur de module d’élasticité longitudinale de 31,2 GPa.



## 5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le présent travail porte sur la résistance à la traction des barres d'acier à haute adhérence de béton armé utilisées couramment dans la construction à Goma, provenant du Rwanda et de la Turquie, recyclées au Rwanda à partir de la ferraille provenant des véhicules hors d'usage (VHU) et autres collectée à Goma. La ferraille est collectée à Goma en grande partie manuellement et acheminée au Rwanda où une machine-outil tour permet de fabriquer des éprouvettes d'acier qui subissent un essai à la traction à l'aide de la machine d'essai universelle WP 300 pour essai de traction. La limite d'élasticité des barres d'acier ordinaires à haute adhérence et celle des barres standards recyclées toutes du Rwanda sont respectivement de 420,6 et 392,8 MPa tandis que la limite élastique des barres d'acier à haute adhérence recyclées de la Turquie est de 443 MPa. Ces valeurs sont très proches des valeurs recommandées par la norme N F EN 1992 (Partie 1-1) qui doivent être comprises entre 400 MPa et 600MPa et sont de classe de ductilité C (grande ductilité). Les modules d'élasticité longitudinale des barres d'acier ordinaires à haute adhérence recyclées au Rwanda, des barres d'acier standards à haute adhérence recyclées au Rwanda et des barres d'acier à haute adhérence recyclées de la Turquie sont respectivement de 27,6, 27,6 et 31,2 GPa, très faibles par rapport à la valeur de 200 GPa donnée par les normes en vigueur, d'où l'importance de leur prise en compte dans les calculs de dimensionnement. Cette étude s'est limitée seulement aux éprouvettes de diamètre 6 mm. Ce travail pourrait s'étendre aux diamètres des aciers à haute adhérence couramment utilisés dans la construction à Goma.

## REFERENCES

- [1] Bidoung J., Fomethe A., Yantio G., et Melo U., La recuperation et le recyclage des dechets ferromagnetiques-Analyse de la situation au Cameroun. 2007. Hal-03174451.
- [2] Eurocode 2, Calcul des structures en béton -Partie 1-1: règles générales et règles pour les bâtiments, Afnor, 2005, 2015 et 2016.
- [3] Holy P H. M., Mulaba P., Kiawutua A., Gestion des déchets ménagers dans la ville de Kinshasa: Enquête sur la perception des habitants et proposition, 2020, Déchets sciences et techniques, 83, 8 p.
- [4] Hoornweg D., et Bhada-Tata P., What a waste, A global review of solid waste management. Urban development series knowledge papers, 2012, 15, 116 p.
- [5] Norme Française N F A 35-014, Aciers pour béton armé-Aciers inoxydables soudables-Barres et couronnes, Afnor, 2018.
- [6] Norme Française N F A 35-015, Aciers pour béton armé-Aciers soudables lisses -Barres et couronnes, Afnor, 2019.
- [7] Norme Française N F A 35-080-1, Aciers pour béton armé-Aciers soudables-Partie 1: Barres et couronnes, Afnor, 2020.
- [8] Norme Française N F A 35 -080-2, Aciers pour béton armé-Aciers soudables-Partie 2: Treillis soudés, Afnor, 2022.
- [9] Norme Française N F A 35-025, Aciers pour béton armé -Barres et couronnes à chaud, Afnor, 2017.
- [10] Norme Française N F EN 1992 (Partie 1-1), Calcul des structures en béton-Partie 1-1: règles générales et règles pour les bâtiments, Afnor, 2005.
- [11] Norme Française N F EN 10002-1, Métaux métalliques-Essai de traction-Partie 1: Méthode d'essai à la température ambiante, Afnor, 2001.
- [12] Norme Française N F EN ISO 15630-1, Aciers pour l'armature et la précontrainte du béton- Méthode d'essai-Partie 1: Barres, fils machine et fils pour béton armé, Afnor, 2019.
- [13] Pierrat A., Les lieux de l'ordre de Dakar et d'Addis-Abeba, Territoires urbains et valorisation non institutionnelle des déchets dans capitales africaines, Thèse de doctorat en géographie, 2014, Université de Paris I, 559 p.
- [14] Pierre M., Les déchets ménagers entre privé et public: approches sociologiques, Paris, Editions l'Harmattan, 2002, 189 p.
- [15] Schruppf J., Bahati T. et Mulinga P., Valorisation artisanale des déchets métalliques en Ville de Bunia. 2021. Hal-03206176v2.
- [16] Tchoukoua L. B., Gestion des déchets solides ménagers à Douala au Cameroun: opportunité ou menace pour l'environnement et la population ? Thèse de doctorat, 2010, Université de Bordeaux III, 505 p.