



## éco-matériaux

# ÉTUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOMÉCANIQUE DES LATÉRITES DE DANO (BURKINA FASO) POUR UNE UTILISATION DANS L'HABITAT

**Abdou LAWANE<sup>1, 2</sup>, Anne PANTET<sup>1, 2</sup>, Raffaele VINAI<sup>1</sup>, Jean Hugues THOMASSIN<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratoire Eco-Matériaux et Techniques de Constructions (LEMC, Fondation 2iE),  
BP 594 - Ouagadougou 01, rue de la Science, Burkina Faso

<sup>2</sup> Laboratoire Ondes et Milieux Complexes (LOMC) à l'université du Havre, Bâtiment COREVA  
53 rue de Prony - BP 540 - 76058 Le Havre Cedex

## 1. INTRODUCTION

La latérite désigne une vaste classe de matériaux issus de l'altération extrême des roches, dans les zones intertropicales de tous les continents. La définition proposée par Schellman semble aujourd'hui faire l'unanimité : « Les latérites sont des produits d'intense altération météorique et sont constitués d'un assemblage minéral qui peut être fait de goethite, d'hématite, d'hydroxyde d'aluminium, de kaolinite et de quartz. Le rapport  $\text{SiO}_2 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$  comparé à celui de la roche mère doit être tel que la formation latéritique ne contienne pas plus de silice que celle qui est retenue dans le quartz qui subsiste et celle qui est nécessaire à la formation de la kaolinite» (Schellmann, 2003). Elle est tendre à l'état frais et devient dure une fois exposée à l'air, (Bourmana et Ollier, 2002).

Si, les sols latéritiques ont fait l'objet de nombreuses études en vue de leur utilisation dans la construction des routes et

des pistes (Millogo et al, 2008), les roches latéritiques ont été un peu moins étudiées. En Inde, un certain nombre d'études a été fait aboutissant à l'élaboration d'une norme (Kasthurba, 2005, 2007) quant à l'utilisation des blocs de latérites comme éléments de maçonnerie dans la construction traditionnelle. En Afrique, ce matériau représente une ressource non négligeable, utilisable seul ou associé à une structure en béton pour la réalisation d'habitats.

Avec la recherche permanente d'un habitat durable à faible coût d'exploitation, des nombreux acteurs du BTP s'intéressent de plus en plus à ce matériau dit traditionnel. Cependant l'insuffisance des données scientifiques sur ce matériau freine son utilisation par les ingénieurs et architectes en quête permanente des projets innovants pour résoudre le besoin croissant en logement de l'Afrique.

Cet article présente les résultats obtenus sur des échantillons provenant de carrières artisanales et industrielles de Dano, localité située au sud-ouest du Burkina Faso dans le



cadre d'un projet éco-matériaux en zones tropicales du 2iE. Les premiers critères retenus pour caractériser les matériaux avec les moyens disponibles sont la résistance à la compression, la résistance à la flexion, les paramètres thermo-physiques, la capacité à l'absorption et la sensibilité à l'eau, les masses volumiques sèche et saturée et la porosité associée.

Une méthode simple telle que le test au scléromètre in-situ peut répondre aux besoins des artisans dans la vérification de la qualité des briques et la gestion des formations géologiques.

## 2. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le canton de Dano se situe dans le sud-ouest du Burkina Faso sur la RN 12, au sud de Pâ et à 60 km de la frontière du Ghana. Le climat est de type soudanien-sahélien caractérisé par deux saisons, une saison sèche longue (entre 6 et 7 mois) et une saison pluvieuse courte, les précipitations atteignent 1500 mm.

La carte géologique de Houndé au 1/200 000 (Ladmirant et al, 1977) indique un socle d'âge Précambrien inférieur et moyen, constitué de roches acides (granites, migmatites et de gneiss - anté-Birimien) et d'une série birimienne avec des roches basiques d'origine volcanique, pyroclastique et volcano-sédimentaire. Sur ce socle érodé et altéré reposent des formations récentes, tertiaires et quaternaires, constituées d'un recouvrement latéritique, d'alluvions et de complexes fluvio-lacustres.

Les recouvrements latéritiques sont bien visibles dans le paysage avec leur forme tabulaire légèrement inclinée vers l'Est. Dans la zone d'étude des carrières de Dano, les latérites reposent sur un substratum identifié comme des andésites schisteuses, dont la schistosité suit les directions birimienennes NNE-SSW et N60° à N80° E tout comme les filons de quartz intercalés. Les failles, difficilement repérables, ont une direction N 120° E.

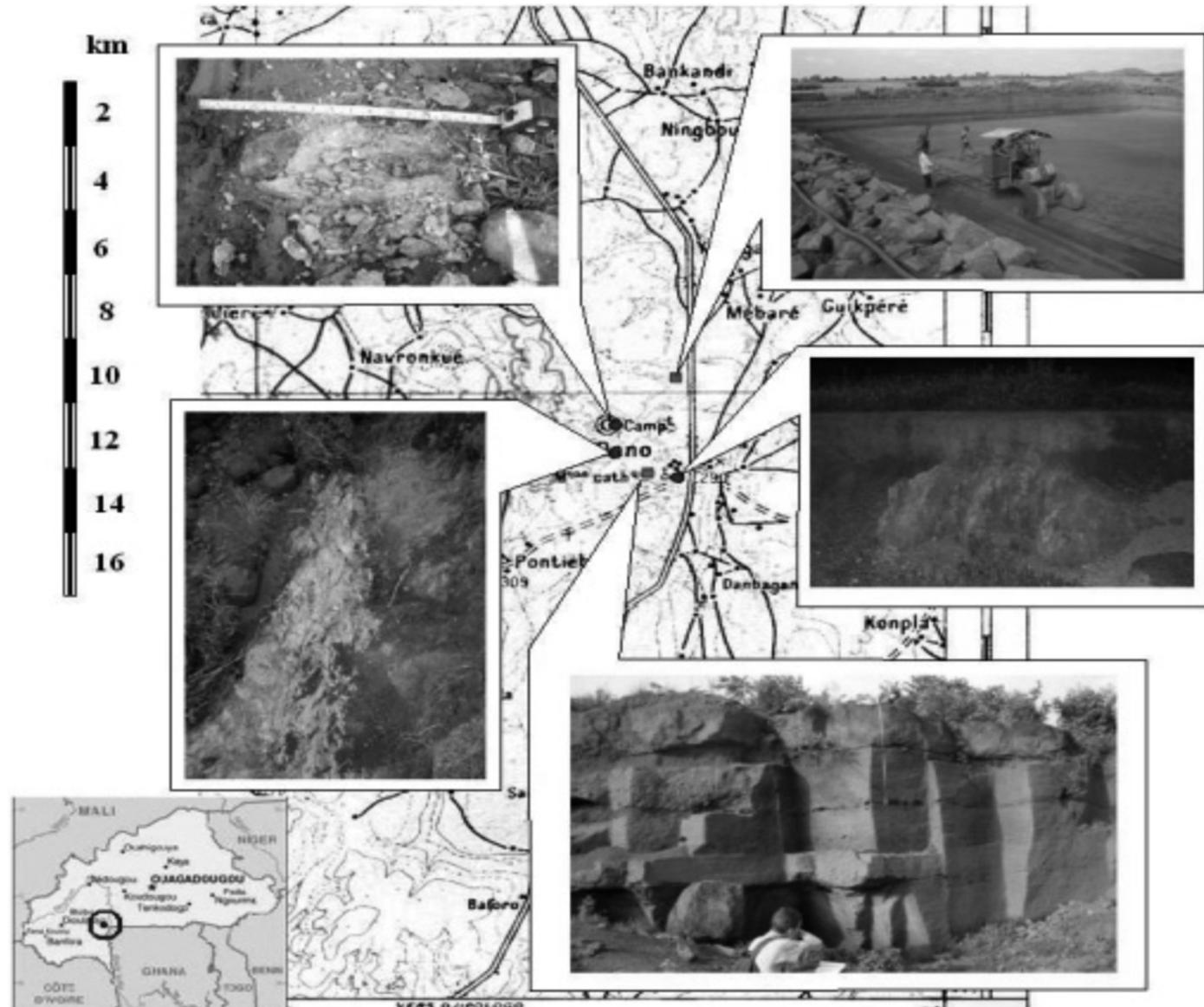


Figure 1. Vues générales du site d'étude et localisation des carrières





Les carrières étudiées se situent à proximité de la ville de Dano. Il s'agit à la fois d'une carrière industrielle qui a été exploitée par l'entreprise « Pierres naturelles » (PN) au Nord, et de carrières artisanales dans un vallon au Sud-Ouest, exploitées individuellement par les habitants mais avec des conditions de sécurité inexistantes.

### 3. MÉTHODES ET EXPÉRIMENTATION

#### 3.1. Étude de terrain - Prospection géologique

A partir des informations fournies par les documents géologiques, une prospection des affleurements dans la zone d'étude et une analyse détaillée des fronts de taille des carrières ont été réalisées sur le terrain. A cette occasion, un grand nombre d'échantillons a été prélevé pour l'étude des propriétés physiques et mécaniques des moellons de carrière.

#### 3.2. Essais au laboratoire

La teneur en eau et les poids volumiques sont déterminés conformément à la NF P 94-050. Le poids spécifique est déterminé grâce au pycnomètre à air selon la norme EN 1097-7. La porosité et l'indice de vides ont été calculés grâce aux relations qui existent entre les paramètres physiques.

Les essais d'absorption ont été réalisés selon la norme NF EN 14617-1 sur blocs de dimensions 15 x 15 x 15 cm séchés sur place ou préalablement mis à l'étuve (105°, 24h). L'absorption pondérale (Hp) est calculée par la formule :

$$Hp(\%) = \left( \frac{M_w}{M_d} \right) \times 100 \quad [1]$$

( $M_w$  = masse d'eau absorbée,  $M_d$  = la masse sèche du bloc testé)

Les essais de compression monoaxiale et de flexion 3 points ont été réalisés sur plusieurs blocs de dimensions variables selon les normes NF EN 14617-15 et NF EN 12372.

Les tests de la résistance à la compression monoaxiale ont été réalisés grâce à une presse équipée d'un vérin hydraulique et d'un comparateur classique qui permet de suivre le déplacement vertical lors de l'écrasement de l'échantillon (Figure.2.a). Par la suite ces déplacements sont utilisés pour tracer la courbe contrainte – déformation et d'estimer le module de Young, ou le module sécant tangent.

Les tests de résistance à la flexion à 3 points ont été réalisés sur 9 dalles de dimensions 40 x20 x 5cm grâce à la même presse, cette fois équipée d'un dispositif qui permet d'appliquer la force de flexion (F) au milieu de l'échantillon (Figure. 2.b). A la rupture, la contrainte maximale de traction due à la flexion est calculée à partir d'équation [2].

$$\sigma_t(\text{MPa}) = \left( \frac{3FL}{2bh^2} \right) \quad [2]$$

( $l$  = longueur entre les deux appuis,  $b$  et  $h$  les dimensions des blocs)

Des mesures au scléromètre (marteau de Schmidt à faible énergie- type N et P) ont été effectuées directement sur les roches rencontrées le long des profils des carrières et sur des échantillons prévus pour les essais mécaniques. Le marteau de Schmidt mesure le rebond d'un ressort d'une masse impactant contre la surface de l'échantillon. C'est un essai simple, rapide et non destructif qui permet d'estimer par corrélation la résistance à la compression des blocs en fonction du nombre de rebonds. Dans les mêmes conditions que les essais de résistance à la compression (bloc à teneur à eau naturelle, sec et saturé), on mesure le nombre de rebonds sur les six faces des blocs. La moyenne du nombre de rebonds est utilisée pour établir une corrélation entre celle-ci et la résistance à la compression ou le module de Young. Ce travail est basé sur des publications faites avec le même outil pour différentes roches (S. Yagiz, 2008).

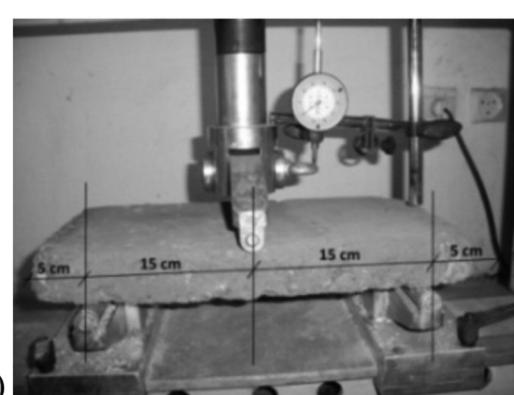
### 4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 4.1. Observations géologiques de la zone d'étude

Les plateaux ou buttes cuirassées sont constitués de latérites indurées (Figure. 4.a et b) et surplombent d'une trentaine de mètres des dépressions et des larges vallées peu



(a)



(b)

Figure 2. Dispositifs expérimentaux – (a) compression – (b) flexion



**Figure 3. Test au scléromètre - marteau de Schmidt**

encaissées, où affleurent sporadiquement la roche du substrat constituée de schistes blancs, sériciteux, très altérés. Par érosion régressive, de nombreux blocs métriques à décimétriques parsèment les pentes (figure 4.b). Un contact schistes/latérite a été directement observé au pied de la colline située au sud de la ville de Dano (fig. 4.c) et d'autres ont été localisés à proximité du barrage de Dano. La schistosité a une direction N 20°E et est de pendage de 80° vers le NW. Des filons décimétriques de quartz hyalin, dont certains renferment des paillettes d'or, ont été directement observés,. De plus, il a été noté sur le terrain la pré-

sence sporadique de nombreux morceaux de quartz suggérant l'existence de filons démantelés ainsi que des roches vertes microlitiques issues de dykes ou de sills.

#### 4.2. Description géologique des profils des carrières

Les profils Sud et Ouest réalisés à la carrière de PN, profonde de 2,10 m (Figure. 5.a et b) indiquent qu'il s'agit du haut vers le bas d'une latérite à patine rouge et à structure



(a)



(b)



(c)

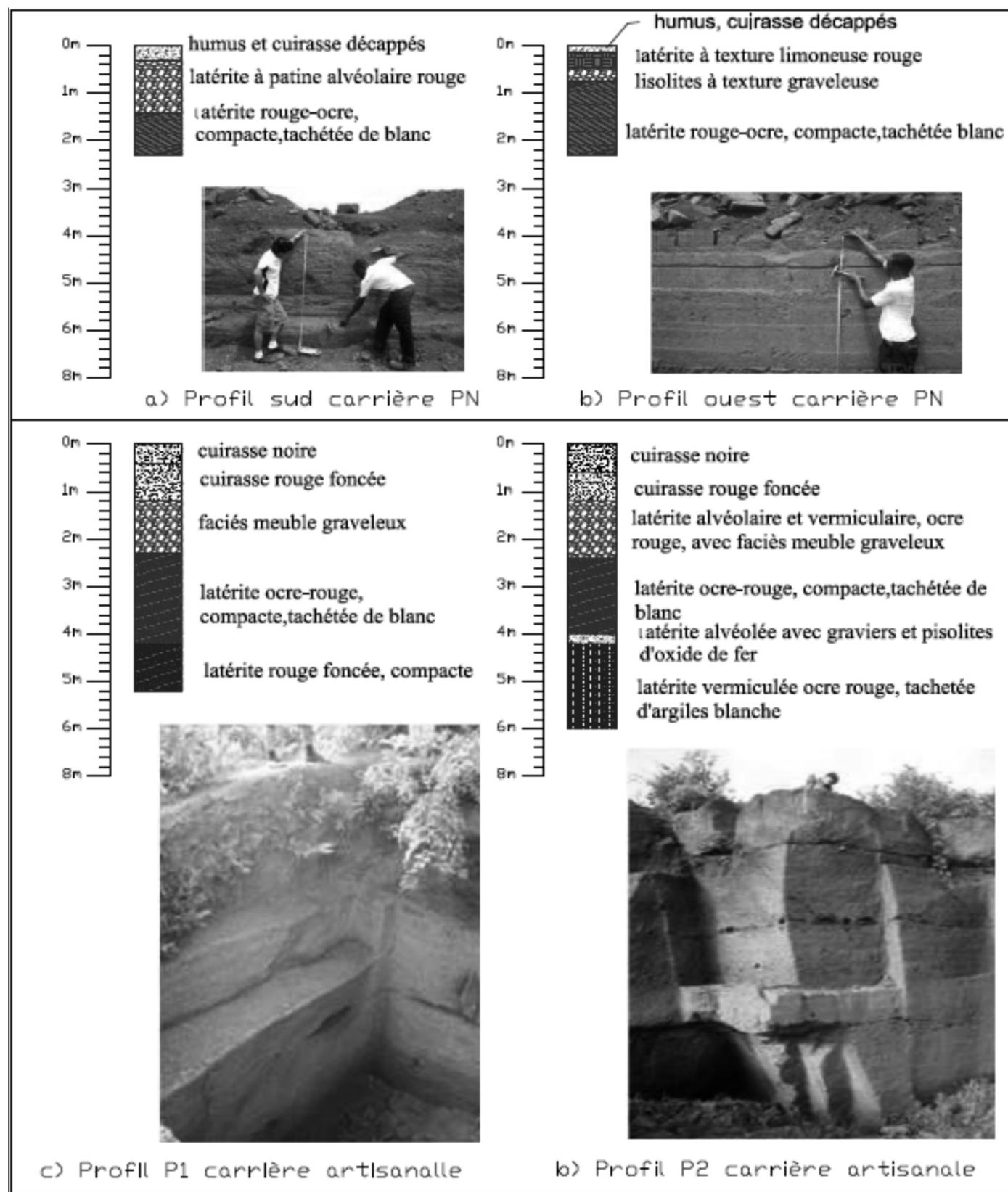
**Figure 4. (a) Cuirasse en sommet - (b) colluvions sur pente - (c) contact avec schistes**





alvéolaire reposant sur une latérite ocre-rouge, tachetée blanc et noir à structure compacte. Par endroits, la latérite du bas a une texture limoneuse et graveleuse (pisolithes). Les profils P1 et P2 réalisés au niveau des carrières artisanales (Figure.5c et d) indiquent du haut en bas la présence

d'une cuirasse de latérite noire en surface puis rouge foncée (0,4-0,60m). Des faciès latéritiques meubles graveleux apparaissent sur une épaisseur de 1,10m sous forme de lentilles de géométrie variable. De la profondeur 2,30 à 4,20 m, la latérite est compacte, de couleur ocre-rouge, tachetée



**Figure 5. Description des profils des carrières de Dano**



de blanc et est marquée par un fin niveau de 10 cm de latérite graveleuse. De 4,20 à 5,20 m (fond de la fouille), la latérite devient rouge foncée, tachetée et vermiculée, renfermant des argiles blanchâtres friables. Les interfaces des bancs sont quasi horizontales et les plans préférentiels des fronts d'exploitation sont N30°E et N120°E. Cette direction préférentielle d'exploitation est celle de la direction birimienne.

### 4.3. Propriétés physiques

Les valeurs de propriétés physiques des Blocs de Latérite Tailée (BLT) de Dano sont rassemblées dans le tableau 1. Le poids spécifique est très élevé indiquant une proportion importante des oxydes de fer dans la composition minéralogique des latérites.

Essais	Symbol	Unité	Valeur
Poids volumique sec	$\gamma_d$	$\text{kNm}^{-3}$	21,7
Poids spécifique	$\gamma_s$	$\text{kNm}^{-3}$	31,9
Teneur en eau naturelle	w	%	2,3
Porosité	n	%	29,9
Degré d'absorption	$H_p$	%	10,8

Tableau 1. Propriétés physiques de BLT de Dano

La porosité déduite des autres paramètres est élevée, de l'ordre de 30%. Sa distribution comme l'indiquent les observations directes sur les affleurements est très complexe, avec des chenaux privilégiés. En ce qui concerne l'absorption de l'eau, les quatre tests effectués ont permis de suivre son évolution au cours de temps. La courbe de la figure 6 montre que le processus de saturation suit une loi logarithmique avec un taux de régression assez satisfaisant. Les lignes en pointillés indiquent qu'après 10 minutes, environ 33% de la saturation finale est atteinte, et qu'après 70 minutes la saturation est de 55 à 65%. Le degré de saturation moyen de 10,8%, correspondant à une porosité

accessible à l'eau de 25 % inférieure à la porosité totale calculée précédemment de 30%.

### 4.4. Propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques usuelles sont rassemblées dans le tableau 2. Les valeurs de la résistance à la compression (UCS), comprises entre 1,5 et 5 MPa, sont en accord avec les résultats obtenus pour les latérites indiennes (0,5 à 3 MPa) (Kasthurba et al, 2007, 2006, 2005). Ces valeurs sont aussi du même ordre de grandeur que celles des autres pierres naturelles utilisées dans la construction d'habitats en Turquie telles que les dépôts quaternaires de Caliche (2,03 à 10,4 MPa) (Dinçer et al, 2008), les ignimbrites (1,6 à 2,8 MPa) (Öner et al, 2006) les calcaires (Arman et al, 2008) et les tuffs (6,2 MPa) (Kılıç et Teymen, 2008).

Bien que faibles, les valeurs de résistance à la compression obtenues indiquent cependant des potentialités pour son utilisation en construction. La résistance à la compression est dépendante de la géométrie et du volume des blocs testés. En effet, elle diminue avec l'augmentation de tailles des échantillons. Une fissuration pré-existante peu visible sur le terrain mais perceptible à la manipulation des blocs semble exister. Cette observation a déjà été notée par les indiens (Kasthurba, 2006).

La résistance à la compression dépend également de l'état hydrique du matériau, les échantillons séchés à l'étuve à 105° pendant 24 heures ont une résistance deux fois supérieures à celle des échantillons humides alors qu'il n'y a pas une grande différence entre celles des échantillons saturés et humides. Ce phénomène important pour définir la résistance normalisée des blocs de maçonnerie, sera examiné notamment en vérifiant la teneur en argile des matériaux.

Les valeurs de contrainte maximale avec l'essai de flexion sont comprises entre 0,5 à 1,8 MPa avec une valeur moyenne de 1,15 MPa ; soit environ 30% de la résistance à la compression moyenne obtenue dans le même état hydrique. La discussion du ratio « résistance à la compression/résistance à la traction » est délicate car la résistance

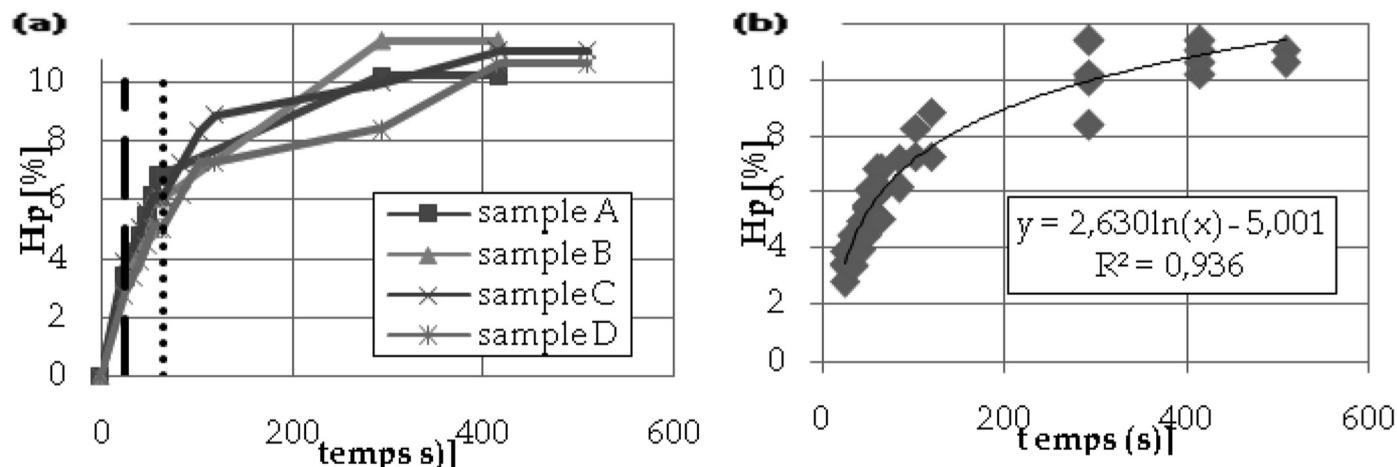


Figure 6. Coefficient d'absorption : (a) résultat des essais – (b) régression logarithmique



Dim. des échantillons	Nbre d'échan.	Moy.	Ecart-type	Max	Min
<b>Resistance à la compression -UCS (MPa) - Influence de la taille des échantillons</b>					
40x20x15	7	1,77	0,34	2,23	1,27
30x20x15	4	3,40	0,38	3,67	2,84
20x20x15	10	3,81	1,28	4,9	1,41
15x15x15	5	3,92	1,14	5,26	2,19
10x10x10	4	5,39	0,60	5,92	4,52
20x15x15	1	5,98	-	5,98	-
<b>UCS (MPa) - Influence de la teneur en eau – Echantillons 20x20x15 et 15x15x15</b>					
Etat naturel	15	3,56	1,33	4,9	1,01
Etat sec	6	7,14	2,01	9,38	4,77
Etat saturé	11	3,12	1,02	4,85	1,82
<b>Contrainte due à la flexion 3 points st (MPa) – Echantillons de 40x30x5</b>					
Etat naturel	9	1,15	0,40	1,85	0,54
<b>Module de Young E (MPa) – Echantillons 20x20x15</b>					
Etat naturel	4	250	23	276	221
Etat sec	5	289	50	357	224
Etat saturé	6	178	68	264	104

**Tableau 2. Résultats des propriétés mécaniques**

à la traction varie suivant la procédure utilisée soit par essai brésilien, soit par flexion (Hudson et Harrison, 1997). L'allure des courbes contrainte-déformation (figure 7) montre que la rupture est rapidement atteinte, classant la latérite de Dano dans la famille des roches à comportement fragile (Nouguier, 2000).

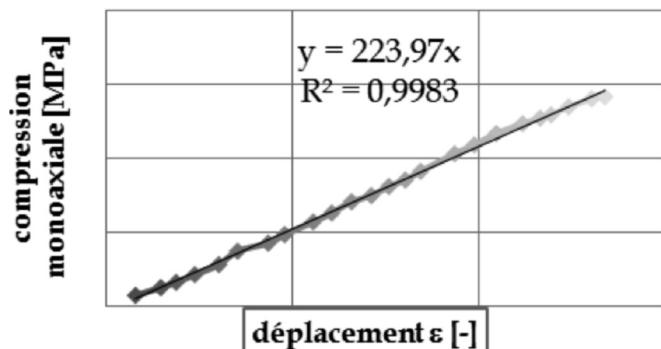
latérite indienne (0,25- 0,8 GPa à l'état naturel, 0,4-0,8 GPa à l'état sec) (Kasthurba, 2006). Les dépôts quaternaires de Caliche ont aussi donné des valeurs du même ordre (0,16 -1,40 GPa) (Dinçer et al 2008).

#### 4.5. Corrélation résistance mécanique-nombre de rebonds au marteau de Schmidt

Les valeurs moyennes du nombre de rebonds déterminées sur des blocs de dimensions 0,20 x 0,20 x 0,15 à différents états hydriques sont présentées dans le tableau 3.

A partir des études similaires (Saffet Y., 2008 ; Aydin A. 2009) établissant des corrélations entre le nombre de rebonds au marteau de Schmidt et les paramètres mécaniques de différentes roches, la résistance à la compression et le module de Young de ces échantillons ont été calculés (tableau 4) et confrontés aux valeurs obtenues dans le tableau 2 pour les blocs 0,20x0,20x0,15.

Ces valeurs corrélées de la résistance et du module de Young étant trop écartées des résultats expérimentaux de la latérite, des nouvelles corrélations ont été établies (figure 6) pour les échantillons à teneur en eau naturelle, secs et humides.

**Figure 7. Exemple de courbe contrainte-déformation-module sécant à l'origine.**

Les modules de Young (tableau 2) compris entre 0,25 et 0,28 GPa, sont en dessous de ceux d'autres roches utilisées dans la construction, mais comparables à ceux des blocs de

Etat hydrique échantillons	Nbr. Ech.	Moy.	Ecart.type	Max	Min
Teneur en eau naturelle	6	47	8	66	31
Sec	6	52	11	78	32
Saturé	6	33	7	51	17

**Tableau 3. Nombre de rebonds au marteau de Schmidt – Ech de 0,20x0,20x0,15**



	Ech. humide			Ech. sec			Ech. Saturé		
	Moy.	Max	Min	Moy.	max	Min	Moy.	Max	Min
<b>UCS [MPa]* Essai</b>	<b>3,56</b>	<b>4,9</b>	<b>1,01</b>	<b>7,14</b>	<b>9,38</b>	<b>4,07</b>	<b>3,19</b>	<b>4,85</b>	<b>1,82</b>
<b>UCS [MPa]*Corrélé</b>									
UCS = 0.4 Hr-3.6	15,20	22,80	8,80	17,20	27,60	9,20	9,73	16,80	3,20
UCS = 0.994Hr-0.383	46,34	65,22	30,43	51,31	77,15	31,43	32,75	50,31	16,52
UCS = $2.98e^{(0.06Hr)}$	50,00	156,32	19,14	67,49	321,15	20,33	22,02	63,56	8,26
UCS = $6.97e^{(0.01Hr)}$	19,71	30,01	13,84	22,02	39,13	14,15	14,57	21,54	10,15
UCS = $1.45e^{(0.07Hr)}$	38,92	147,17	12,70	55,23	340,89	13,62	14,95	51,50	4,77
<b>E [GPa]* Essai</b>	<b>0,25</b>	<b>0,28</b>	<b>0,22</b>	<b>0,29</b>	<b>0,36</b>	<b>0,22</b>	<b>0,18</b>	<b>0,26</b>	<b>0,10</b>
<b>E [GPa]* Corrélé</b>									
E = $1.04e^{(0.06.Hr)}$	17,45	54,56	6,68	23,55	112,08	7,09	7,68	22,18	2,88
E = $1.77e^{(0.07Hr)}$	47,51	179,64	15,50	67,42	416,12	16,63	18,25	62,86	5,82

\* UCS = résistance à la compression monoaxiale (MPa); E = module de Young (GPa); Hr = nombre de rebonds au marteau de Schmidt

**Tableau 4. Valeurs expérimentales et calculées de la résistance à la compression et du module de Young à partir des corrélations empiriques publiées. (Saffet Y., 2008)**

Il apparaît sur la figure 8 que les expressions des corrélations empiriques obtenues sont meilleures ( $R^2 > 0,8$ ). Cependant elles doivent être considérées avec beaucoup de réserves du fait que les échantillons ne sont pas assez représentatifs et que les marteaux de Schmidt de type N et L ne semblent pas adaptés pour les roches à faible résistance comme la latérite, bien que la première relation examinée se rapproche des mesures. Aussi l'utilisation du marteau pendulaire ne donne pas toujours des résultats fiables en raison de son mécanisme de travail qui est influencé par les conditions environnementales et l'approche de l'opérateur : il est donc nécessaire de les préciser pour envisager la comparaison des résultats.

## 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Malgré des prédispositions manifestes pour son utilisation en génie civil, le matériau latérite rencontre des réticences quand il s'agit de l'utiliser massivement dans le bâtiment du fait de son comportement méconnu. Il existe cependant un patrimoine ancien de monuments historiques comme la forteresse de Loropeni classée par l'UNESCO, de bâtiments publics comme des églises, des écoles et des dispensaires de l'époque coloniale, des habitations...mais aussi des ouvrages d'assainissement qui ont résisté depuis des centaines d'années aux contraintes et intempéries de la nature.

Les résultats obtenus montrent que la latérite issue de la carrière de Dano présente des résistances à la compression et à la flexion comparables à celles déterminées sur des

échantillons provenant des carrières indiennes qui ont fait l'objet de spécifications normatives. Bien que les paramètres mécaniques diminuent avec l'augmentation de sa teneur en eau, les blocs de latérite résistent à l'eau sans grande perte de matière lors des opérations de saturation. Lors de la confrontation des résultats obtenus avec les tests au marteau de Schmidt avec les estimations établies à partir de cinq méthodes de corrélation, il est apparu toutefois que cet outil est inadapté à la caractérisation mécanique rapide du matériau. Ainsi les nouvelles corrélations établies ne sont pas généralisables au sein même de la même carrière. La conductivité thermique relativement faible obtenue (Lawane et al., 2011) est en accord avec l'appréciation d'une bonne ambiance thermique pour qualifier les habitations en BLT. Une exploitation accompagnée d'une réglementation raisonnée permettrait de fournir sur le marché un matériau en quantité suffisante, contrôlé et certifié, conduisant à réduire les coûts et les délais en garantissant une sécurité de travail des exploitants. Cette approche à une échelle de micro-entreprises permettrait à la fois de résoudre progressivement les nombreux problèmes de logement et d'emploi en exploitant directement l'abondante ressource en latérite sans avoir les coûts et les impacts de transport des matériaux importés, comme le ciment. Les prochaines études seront ciblées sur la caractérisation minéralogique (par DRX et MEB), ainsi que le durcissement à l'exposition à l'air, la sensibilité à l'eau et la conductivité thermique, pour compléter les paramètres caractéristiques des blocs utilisés dans les constructions en maçonnerie.



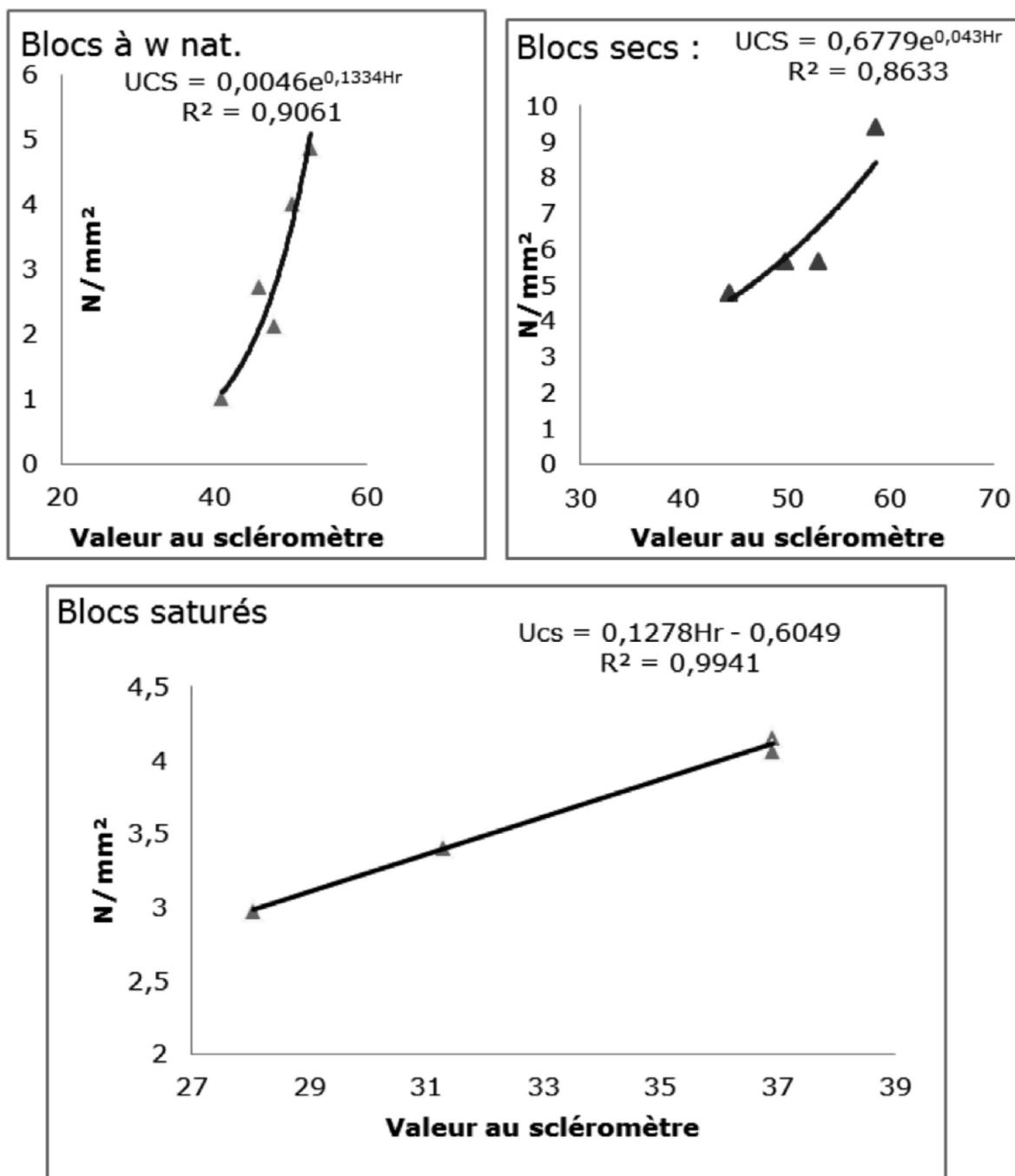


Figure 8. Corrélation empirique de la résistance à la compression en fonction du nombre de rebonds au marteau de Schmidt.

## 6. BIBLIOGRAPHIE

Arman H., Ramazanoglu S, Akinci A. (2008), Reply to Gokceoglu's Discussion (DOI 10.1007/s10064-008-0132-7) on Arman et al. (2007) Mechanical and physical properties of the Kandira stone, Kandira, Turkey. Bull Eng Geol Environ 66(3):331–333, Bull Eng Geol Environ (2008) 67:287–288, Springer-Verlag 2008

Aydin A. (2009), ISRM Suggested method for determination of the Schmidt hammer rebound hardness: Revised version, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 46 (2009): pp 627–634, Elsevier 2009

Bourmane R.P., Ollier C.D. (2002), «A critique of the Schellmann definition and classification of 'laterite'», Catena 47 (2002) 117– 131, Elsevier 2002



- Dinçer I., Acar A, Ural S. (2008), «Estimation of strength and deformation properties of Quaternary caliche deposits», *Bull Eng Geol Environ*, 67:353–366, Springer-Verlag 2008
- Hudson J.A., Harrison J.P. (1997), *Engineering rock mechanics*, Pergamon-Elsevier, 444 p.
- Kasturba A.K., Santhanam M., (2005), «A Re-look into the Code Specifications for the Strength Evaluation of Laterite Stone Blocks for Masonry Purposes», *Journal of The Institution of Engineers (India)*, Vol 86, April 2005 pp 1 – 6, Kolkata, 2005
- Kasturba A.K., (2006), Characterization and Study of Weathering Mechanisms of Malabar Laterite for Building Purposes, PhD thesis, Indian Institute of Technology Madras, unpublished, 2006
- Kasturba A.K., Santhanam M., Mathews M.S (2007), «Investigation of laterite stones for building purpose from Malabar region, Kerala state, SW India – Part 1: Field studies and profile characterisation», *Construction and Building Materials* 21, 73–82, Elsevier 2007
- Kılıç A., Teymen A. (2008), «Determination of mechanical properties of rocks using simple methods», *Bull Eng Geol Environ* (2008) 67:237–244, Springer-Verlag 2008
- Ladmirant H. et Legrand J.M., (1977), *Direction de la géologie et des mines, Notice explicative de la Carte géologique au 1/200 000 de Houndé* »
- Lawane A., Vinai R., Pantet A., Thomassin J.H (2011) «Characterisation of laterite stone as building material in Burkina Faso», *Journée Scientifique 2IE*, 6 Avril 2011.
- Millogo Y., Traoré K., Ouedraogo R., Kaboré K., Blanchart P., Thomassin J.H. (2008), «Geotechnical, mechanical, chemical and mineralogical characterization of a lateritic gravels of Sapouy used in road construction», *Construction and Building Materials* 22, 70–76, Elsevier
- Nougier P. (2000), *Déformation des roches et transformation de leurs minéraux, initiation à la tectonique*, Ellipses.
- Öner F., Türkmen S, Özbek A., Karakaya T. (2006), «Engineering properties of HInIs ignimbrites and their usability as a building stone (Erzurum, Turkey) », *Environ Geol* (2006) 50: 275–284, Springer-Verlag 2006
- Saffet Y. (2008), Predicting uniaxial compressive strength, modulus of elasticity and index properties of rocks using the Schmidt hammer, *Bull Eng Geol Environ* (2009) 68:55–63, Springer-Verlag 2008
- Schellmann W., Discussion of “«A critique of the Schellmann definition and classification of laterite”» by R.P. Bourman and C.D. Ollier (*Catena* 47, 117–131), 77– 79, Elsevier 2003

## LISTE DES ANNOUNCEURS

ÉDITIONS ESKA : 2<sup>e</sup> - 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> de couverture

