



Paleostresses and Kinematic markers analysis from the Garoua basin (North Cameroon, Central Africa): Implications for the tectonic reconstitution

Etoundi Akoa philémon Rémi¹, Mvondo Owono François^{2*}, Ntsama Atangana Jacqueline³, Ganwa Alembert Alexandre¹, Owona Sébastien², Yene Atangana Joseph Quentin³

¹Department of Earth Sciences, Faculty of Science, University of Ngaoundéré, P.O. Box: 454 Ngaoundéré, Cameroon

²Department of Earth Sciences, Faculty of Science, University of Douala, P.O. Box 24157 Douala, Cameroon

³Department of Earth Sciences, Faculty of Science, University of Yaoundé, P.O. Box 812 Yaoundé, Cameroon

Received : April 2021

Revised : June 2021

Accepted: July 2021

available online : July 2021

Abstract

The Garoua basin between is one of the Northern Cameroon intracratonic basins. It is located inside the Yola Branch, one of the two branches of the Benue Through. Set up in the Cretaceous during the opening of the South Atlantic, this basin has been filled mostly by sandstone. These rocks were significantly affected during the post-rift period by multiform and multidirectional fractures. Tectonic analysis based on the paleostresses reconstitution resulting from field data (joints and faults) and combined with literature data were used to constrain the kinematics and the chronology of this deformation. These data show that, during its post-rift phase, the Garoua basin was subjected to a progressive brittle deformation. The values of the stress ration R ($0.06 - 1$) and stress index R' ($1 - 1.94$) for tectonic joints and those of faults with $R = R'$ ($0.09 - 0.99$) show that two tectonic regimes were succeeded in the basin: a strike slip and an extensive regimes. The strike slip regime which occurred first was implemented in two directions: the NW-SE direction (Upper Eocene/Base Oligocene) and the N-S direction (Upper Oligocene). The extensive regime was also implemented in two directions: the NW-SE direction (Lower Miocene) and the NNW-SSE direction (Messinian). The Cameroon Volcanic Line and the Benue Triple Junction seem to be the main geological features that controlled this deformation.

ISSN 1029 – 2225c2016 Sciences, Technologies et Développement

Key words: Garoua basin, stress ratio, tectonic regime, Benue Trough, Cameroon

1. Introduction

Both the genesis and evolution of a basin are controlled by tectonics, sediment flow and eustatism (Homewood, 1992; Youri and Merzeraud, 2005). For intracratonic basins, this evolution largely depends to the tectonic activity degree or reactivations of the geological structures that cross or border the basin. The Garoua intracratonic basin (Fig. 1) located inside the Yola Branch, one of the two branches of the Benue Through was set up in the Cretaceous during the opening of the South Atlantic (Dumont, 1987; Benkheilil, 1988). This basin includes sandstones, conglomerates, siltites and argillites dated Cretaceous to Coniacian (Ntsama, 2013; Bessong et al., 2018). These formations show a very significant deployment of multiform and multidirectional fractures occurred progressively with time. These deformations of different ages cannot be attributed to a single phase of deformation no more in a particular tectonic regime. It is also very difficult to date these deformations because there are not solid structural or petrographic constraints on the field. No real study related to the Kinematic or tectonic evolution of this basin is available.

Therefore this study aims to reconstitute the kinematics and the chronology and document the origin of such a complex fracturing network which affected the basin since its formation in the Cretaceous. Our hypothesis is that the

reactivations of the faults bundles which constitute the Benue Triple Junction (BTJ; Maurin et al., 1986; Maurin and Guiraud, 1990; Guiraud and Maurin, 1991; Benkheilil 1988; Wilson and Guiraud, 1992), the several reactivations of the Cameroon Centre Shear Zone (CCSZ; Toteu et al., 2004; Daouda, 2014) and the activity of the Cameroon Volcanic Line (LVC; Ngounouno, 1997; Montigny et al., 2004) have had a significant control on this basin. Our first objective is to characterize the brittle deformation structures i.e. their geometries and spatial organization or attitudes. The second objective is focused on the spatial distribution of paleostresses as well as the tectonic regimes which have succeeded one another. Finally, the third objective is to propose a model of evolution of the basin integrating the contribution of the regional geological structures.

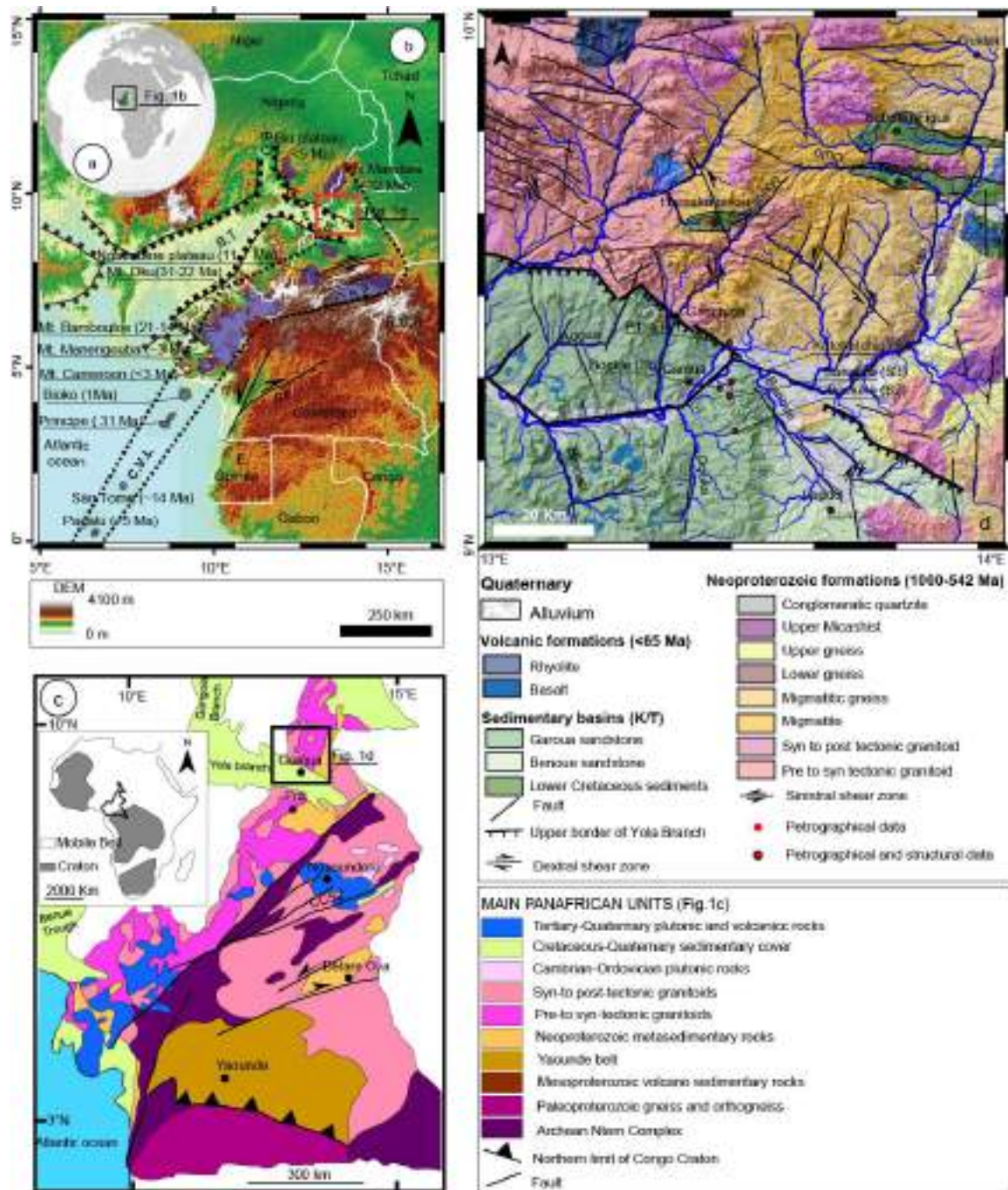
Fractures being the excellent tools for paleostresses especially and tectonic reconstruction evolution of a region (Faure, 1995; Sanderson et al., 2018; Bao et al., 2019) were used document the kinematics of this basin. We applied the dihedral method (Angelier, 1984, 1990; Carey and Brunier, 1974; Etchecopar et al., 1981). The efficiency for the determination of the directions of paleostresses and the prevailing tectonic regime of this approach has been strongly documented (Faure, 1995; Mvondo, 2001).

2. Geological setting

The Garoua intracratonic basin is part of the Yola Branch of the Benue Trough (Fig. 1). This trough of approximately 1000 km long and 100 km wide is an aborted ridge- ridge-ridge triple junction called Benue Triple Junction. It was formed on the Neoproterozoic basement emplaced during the Pan-African orogeny (650–540 Ma) as result of the collision between Congo, Saharan and West African shields (Nzenti et al., 1988; Abdelsalam et al., 2002) during the

opening of the Gulf of Guinea in the lower Cretaceous. This basement includes neoproterozoic metasedimentary rocks and pre-, syn- and post-tectonic granitoids (Figs. 1c and 1d; Toteu et al., 1987, 2001, 2004; Penaye et al., 2006; Daouda Dawai, 2014). These rocks recorded D1 – D3 deformation phases (Toteu et al., 1987; 1990; 2004). D1 characterized by horizontal foliation, isoclinal folds and N110E-N140E stretch lineation.

*Corresponding author address: +237696691543 E-mail address: francois_mvondo@hotmail.com



D2, characterized by tight folds, vertical axial planes of foliation, mineral lineation parallel to the fold axes oriented NNE-SSW and dipping North or South from 0 to 50 and shears planes. D3 is essentially brittle. The Garoua basin as the Benue Through was setup during the breakup of the Gondwana, which led to the opening of South Atlantic Ocean at the end of Jurassic-low Cretaceous (Tiessen et al., 1979). It includes conglomerate,

sandstone, siltstone and argillite marked by oblique stratifications; parallel laminations and channels characterizing a fluvial environment (Guiraud and Maurin 1991; Bessong et al., 2011; Bessong, 2012; Bessong et al., 2018). These rocks were correlated with the Middle Nigerian Bima Formation (Bessong et al., 2011; Bessong, 2012; Bessong et al., 2018) of Aptian-Albian age (Fig. 2a).

- $R = [(1 + \cos 2\theta_2) / (1 + \cos 2\theta_1)]$ (1) if $P_f < \sigma_2$ and
- $R = [1 - (1 - \cos 2\theta_2) / (1 - \cos 2\theta_3)]$ (2) if $P_f > \sigma_2$

The term stress regime is used to define the type of stress tensor.

The stress regime is determined by the nature of the vertical stress axes: extensional, when σ_1 is vertical; strike-slip, when σ_2 is vertical; and compressional, when σ_3 is vertical. The stress regimes is also a function of the stress ratio R (Table 1; Delvaux et al., 1997): radial extension (σ_1 vertical, $0 < R < 0.25$), pure extension (σ_1 vertical, $0.25 < R < 0.75$), transtension (σ_1 vertical, $0.75 < R < 1$ or σ_2 vertical, $1 > R > 0.75$), pure strike-slip (σ_2 vertical, $0.75 > R > 0.25$), transpression (σ_2 vertical, $0.25 > R > 0$ or σ_3 vertical, $0 < R < 0.25$), pure compression (σ_3 , vertical, $0.25 < R < 0.75$) and radial compression (σ_1 vertical, $0.75 < R < 1$). The type of stress regime can be

expressed numerically using stress index R' , ranging from 0.0 to 3.0 and defined as follows (Table 1):

- $R' = R$ (3) when σ_1 is vertical (extensional stress regime)
- $R' = 2 - R$ (4) when σ_2 is vertical (strike-slip stress regime)
- $R' = 2 + R$ (5) when σ_3 is vertical (compressional stress regime)

The Schmidt canvas, lower hemisphere, was used for the various diagrams. The rose, stereogram, pole and density diagrams were produced via stereonet software.

Table 1. Thresholds values and illustration of the meaning of stress regime index R' versus stress ratio R and orientation of the principal axes of the stress ellipsoid (Delvaux et al., 1997).

Stress tensor type	Extensive				Strike-Slip				Compressive				
Stress symbols													
Stress Ratio R	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	0,75	0,50	0,25	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Stress Regime	Radial Extensive		Pure Extensive		Transtensive		Pure Strike-Slip		Transpressive		Pure compressive		Radial compressive
Stress index R'	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00
Determination of R'	$R' = R$				$R' = 2 - R$				$R' = 2 + R$				

4. Results

4.1. Petrography

Two petrographic units outcrop in the study area: the basement rocks and the sedimentary rocks (Fig. 3).

The basement outcrops in Pitoa and includes two petrographic types: the gneiss and the granite. The contact between sedimentary rock and bedrock is clearly observed in the field in this region (Figs. 3a, 3b). Gneisses are characterized by an alternation of quartz-feldspar rich clear and ferromagnesian rich dark bands (Fig. 3b). Granites are leucocratic and exhibit minerals such as quartz, k-feldspars, plagioclase and muscovite (Fig 3a).

Sedimentary rocks consist of conglomerates, coarse microconglomeratic sandstone, coarse sandstone, fine sandstone, siltstone and argillite. Conglomerates is reddish, whitish or greyish color and consist of sub-rounded pebbles, quartz joints and fragments of pink granite united by a silico-clay cement (Fig. 3j). It is predominantly made up of 1 - 2 mm size grains particles and display oblique stratifications. Conglomerates are surmounted by coarse microconglomeratic sandstone which are characterized by rounded shape pebbles, most of them being quartz particles and fragments of pink granite with a carbonate or clayey-sandy matrix. They contain oblique and cross stratifications (Figs. 3c, 3d, 3n). Sandstone constitutes the most abundant facies and present oblique stratifications and parallel laminations. They display three microfacies: coarse, motley, fine and reddish in color. Coarse sandstone, reddish or motley red to purple are composed of 1-2 mm size particles bounded by a silico-clay cement (Fig. 3l, n). Fine sandstone contains very fine particles (0.063 -1 mm) and are laminated (Fig. 3g). Siltone consists

of 0.004 -0.063 mm size particles with a clay matrix and display red to purple color (Fig. 3k, l). Argillite is red to purple and is made up of less than 0.004 mm size particles (Fig. 3l, m).

These deposits are generally organized in prograding genetic parasequences, of variable thickness limited by flooding surfaces and refer to a fluvial palaeoenvironment marked by medium to high hydrodynamics, decreasing from base to summit.

4.2. Tectonic analysis

The structural elements collected from the Garoua basin are essentially brittle consisting of joints and faults. We used the term tectonic joint consistently to indicate a break in a rock where the orthogonal opening is predominant. On the contrary, if clear lateral displacement by shearing is observed, then we adopt the term fault.

4.2.1. Tectonic joints

Tectonic joints were observed mostly in sandstone and conglomerate. They are millimetric, rarely centimetric or decimetric and form planes that cross cut these rocks mostly intersect each other, forming simple or conjugate joint. Conjugated joints showing clear planes, were used to determine the spatial distribution of the paleostresses. In the study area, two types of joints were observed: dry tectonic joints (Fig. 4 a, b, c) and filled joints containing quartz or other crystallized minerals (Fig. 4d). Most of these joints show complexes movements and then correspond to strike slip faults or shears.

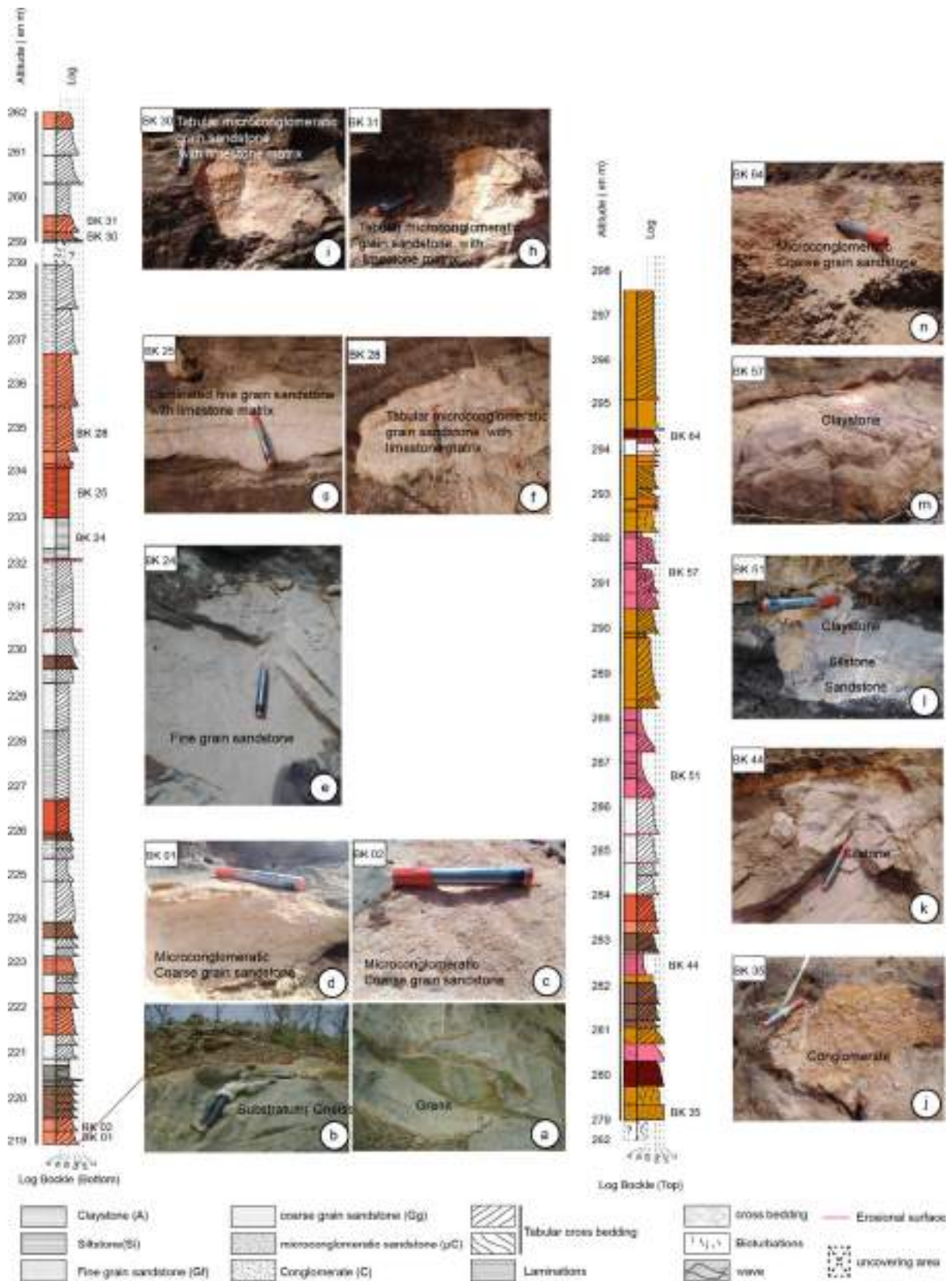


Fig. 3. Petrographic units outcropping study area and associated lithological logs. (a) Granit; (b) Gneiss; (c, d, n) Microconglomeratic coarse sandstone; (e) Fine grain sandstone; (f, h, l) Tabular microconglomeratic sandstone; (g) Laminated fine grain sandstone; (J) Conglomerate; (k) Siltstone; (l) Sandstone, siltstone and claystone and (m) Claystone.

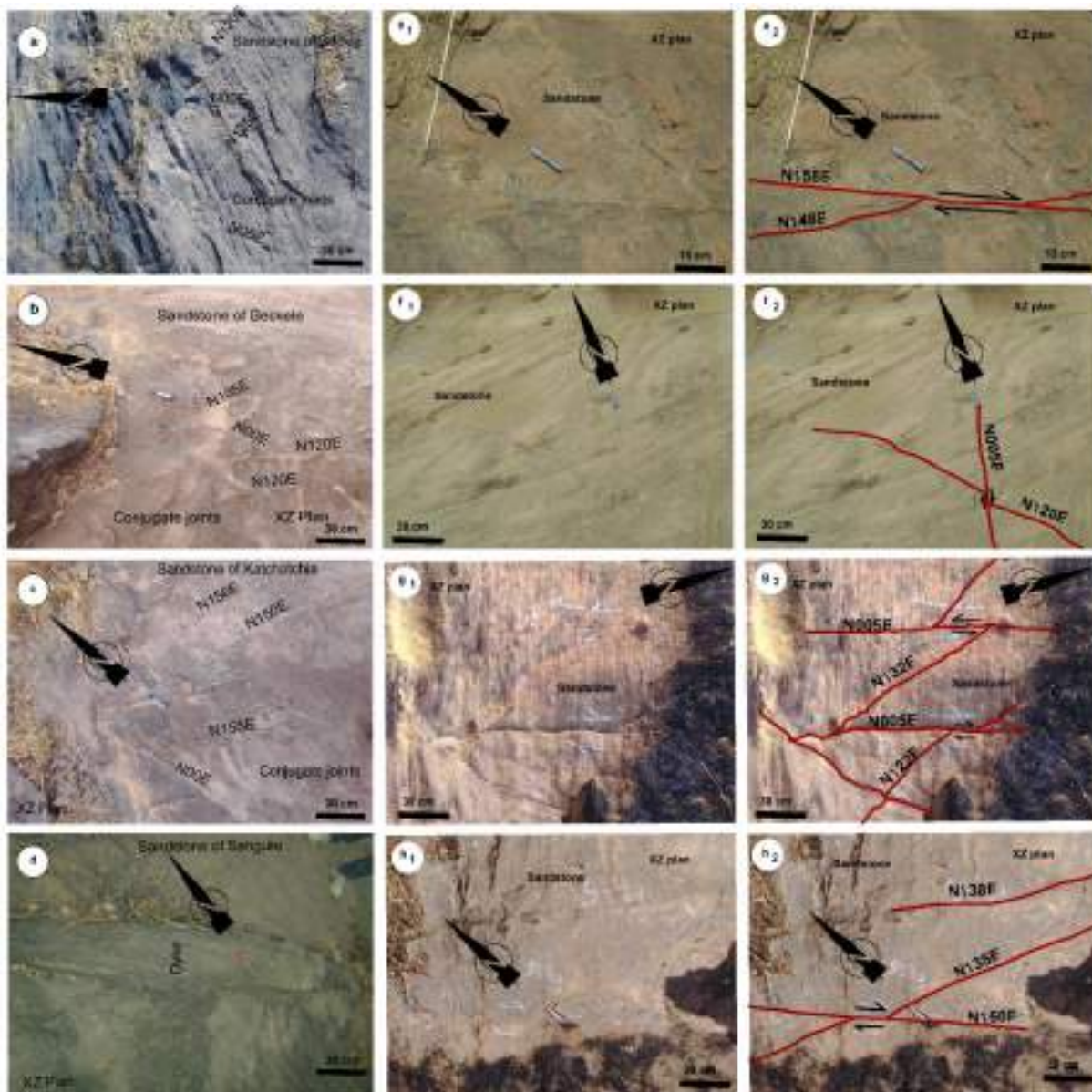


Fig. 4. Field photographs showing some structural features. (a, b, c) dry joints filled Joints; (d) filled joints; (e, f, h) dextral shear zone derived from joints displacements; (g) dextral and sinistral shear zone movement occurring during joints displacements.

4.2.1. Tectonic joints

Tectonic joints were observed mostly in sandstone and conglomerate. They are millimetric, rarely centimetric or decimetric and form planes that cross cut these rocks mostly intersect each other, forming simple or conjugate joint. Conjugated joints showing clear planes, were used to determine the spatial distribution of the paleostresses. In the study area, two types of joints were observed: dry tectonic joints (Fig. 4 a, b, c) and filled joints containing quartz or other crystallized minerals (Fig. 4d). Most of these joints show complexes movements and then correspond to strike slip faults or shears.

- Filled joints

Rose diagrams and stereograms from these joints highlight a dominant NW-SE direction, followed by a N-S direction (Figs. 5A, 5B; Table 2). The average attitudes of these joints as well as stress directions vary from one station to

another. These structures are associated with the extension and compression domains that slightly vary from site to site. The mean directions of extension and compression in the study area are NE-SW and NW-SE respectively (Figs. 5B, 5C).

In Bekele's locality, the main stress directions of σ_1 and σ_3 are NE-SW and NW-SE respectively with low plunges while σ_2 , oriented NNW SSE is subvertical. σ_1 (NW-SE) and σ_3 (NE-SW) show very moderate to gentle plunges while, σ_2 (NNW-SSE) has steep plunge in Katchachia (Fig. 7b; Table 2). In Bekele, σ_1 and σ_3 are oriented NW-SE and NE-SW, with gentle plunges while σ_2 is subvertical. The stereonet for the whole study area display an average attitude of N142E87NE with σ_1 , σ_2 and σ_3 oriented NW-SE, NNW-SSE and NE-SW respectively (Table 2). R varies from 0.83 to 1 with a mean value of 0.63 and R' from 1 to 1.17 with the mean value of 1.09 (Table 2).

Table 2. Characteristic of joints and faults

Tectonic markers	Stations	Mean attitudes	Mean directions of poles	Paleostresses			R	R'	Stress ellipsoid	Tectonic regime
				σ_1	σ_2	σ_3				
Filled joints	S2	N58E84SE	N148E10ENW	N57E2NE	N160E83SSE	N148E7NW	0.83	1.17	Triaxial	Transtensive
	S4	N135E84ESW	N70E8NE	N134E14NW	N152E76SSE	N45E4NE	1	1	Oblate	Transtensive
	S5	N141E88NE	N72E14WSW	N143E3NW	N151E87SSE	N53E00	0.9	1.1	Triaxial	Transtensive
	S	N142E87NE	N70E11WSW	N141E5NW	N153E85SSE	N51E1NE	0.63	1.37	Triaxial	Pure strike slip
Dry joints	S2	N118E77SSW	N28E13NNE	N123E18ESE	N79E66WSW	N28E16NN E	0.06	1.94	Triaxial	Transpressive regime
	S3	N117E89NNE	N39E1SW	N117E1ESE	N91E89W	N26E00	1	1	Oblate	Transtensive
	S4	N145E90	N55E00	N145E00	N139E90	N55E00	1	1	Oblate	Transtensive
	S5	N155E90	N65E00	N155E00	N22E90	N65E00	1	1	Oblate	Transtensive
	S	N151E90	N63E00	N151E00	N24E90	N62E00	0.9	1.1	Triaxial	Transtensive
Faults	S1	N129E86SW	N52E4NE	N128E1WNW	N54E86NE	N38E4SW	0.7	0.7	Triaxial	Pure extensive
	S2	N127E80 SW	N68E10ENE	N129E00	N39E83NE	N40E8NE	0.2	0.2	Triaxial	Radial extensive
	S3	N147E79NE	N88E11W	N140E5SE	N124E85WNW	N50E2SW	0.99	0.99	Triaxial	Transtensive
	S4	N135E83NE	N69E7WSW	N134E13NW	N120E76SSE	N43E3SW	0.88	0.88	Triaxial	Transtensive
	S5	N140E76NE	N72E14WSW	N144E19NW	N147E71SE	N54E1NE	0.26	0.26	Triaxial	Pure extensive
	S	N133E80NE	N67E10WSW	N135E7NW	N138E83SE	N45E00	0.09	0.09	Triaxial	Radial extensive

S: Synthesis; R: Stress ratio; R: Stress index; S1: Pitoa; S2: Becele; S3: Sanguere; S4: Katchatchia; S5: Bockle

• *Dry Joints*

As filled joints, rose diagrams of the dry joints show two families of joints: the NW-SE and the N-S families with dip ranging from 77 to 90° (Fig. 6A; Table 2). Density diagrams and stereograms show quite similar directions of extension and compression from station to the other (Figs. 6B, 6C). The average direction of extension is ENE-WSW, that of compression being NNW-SSE. In Becele, σ_1 is oriented ESE-WNW and σ_3 NNE-SSW, both having low plunges while σ_2 , oriented ENE-WSW show a steep plunge (66°WSW). In Sanguere, Katchatchia and Bockle, σ_1 is oriented ENE-WSW, NW-SE and NNW-SSE respectively; σ_3 NNE-SSW, NE-SW and ENE-WSW respectively with nil (0°) plunges (Fig. 10b). σ_2 oriented E-W, NW-SE and NNE-SSW respectively is vertical. R varies from 0.06 to 1 with a mean value of 0.63 and R' from 1 to 1.94 with the mean value of 1.23 (Table 2).

As we said above, most of these tectonic joints (dry or filled) materialize zones of strike slip or shearing. The locality of Bockle is good example for the occurrence of these features. Indeed, on outcrops of this locality, N148E joints displaced by N158E joints exhibit dextral movement (Fig. 4e). Figure 4f shows another example where N120E joints display clockwise displacement induced by N-S (N05E) planes. Still in this station, N132E joints display clockwise displacement induced by N-S (N005E) sinistral planes (Fig. 4g).

4.2.2. Faults

The study area is affected by normal and vertical faults. These faults occur in the field as brittle structures exhibiting rock body's displacement with mirrors displaying slickenside lineation which indicate the direction of movement. Figure 7 summarizes faulting in the study area. This activity is best illustrated in Bockle, where the sandstone are affected by vertical faults whose mirrors display slickenside lineation plunging towards the SW (Fig. 7a) and in Becele where a vertical fault of attitude N138E90 was observed (Fig. 7f).

Normal faults have a very significant strike slip component. The Slickenside lineation plunge towards the SW or NE (Fig. 7b, c). The average fault attitude

in Bockle is N140E76NE. In Becele, the fault planes have an average attitude of N127E80SW. Slickenside lineations plunge to the SW (Fig. 5d). In Pitoa, Sanguere and Katchatchia, the average attitudes of faults are N129E86SW, N147E79NE and N135E83NE respectively with Slickenside lineations plunging towards the SW or the NE.

Rose diagrams show two major fracture directions: NW-SE and NNW-SSE (Fig. 8a; Table 2). Their dips are comprised between 76 and 80° (Fig 8b; Table 2). Density diagrams and stereograms show NE-SW extension and NW-SE compression (Figs. 8B, 8C). Unlike joints, fault poles are more or less arranged on the horizontal plane (Fig. 8D). The mean direction of σ_1 is NW-SE, that of σ_3 , NE-SW while σ_2 is oriented NW-SE. Plunges are very low for σ_1 and σ_3 and very important for σ_2 (83°). R and R' vary from 0.2 to 0.99 with a mean value of 0.09 (Table 2).

5. Discussion

Field observations in the Garoua basin suggest complex relationships between brittle deformation (i.e. fractures and faults). In this section we discuss the tectonic regimes of occurrence of fractures, the kinematics and chronology of the deformation as well as the influence of the geological features.

5.1. Tectonic regimes

Brittle deformation in the Garoua basin are represented by joints and faults. Both dry and filled joints have similar planar attitudes with steep to almost subvertical dips. The paleostress analysis and the values obtained from stress ratio (R) and stress index (R') show that for the filled tectonic joints: σ_2 is vertical, R varies from 0.83 to 1 with a mean value of 0.63 and R' from 1 to 1.17 with the mean value of 1.09. According to Delvaux et al. (1997) and Sanderson (1997), such values and the occurrence of σ_2 at the vertical refer to triaxial ellipsoid and pure strike slip regime (Table 2).

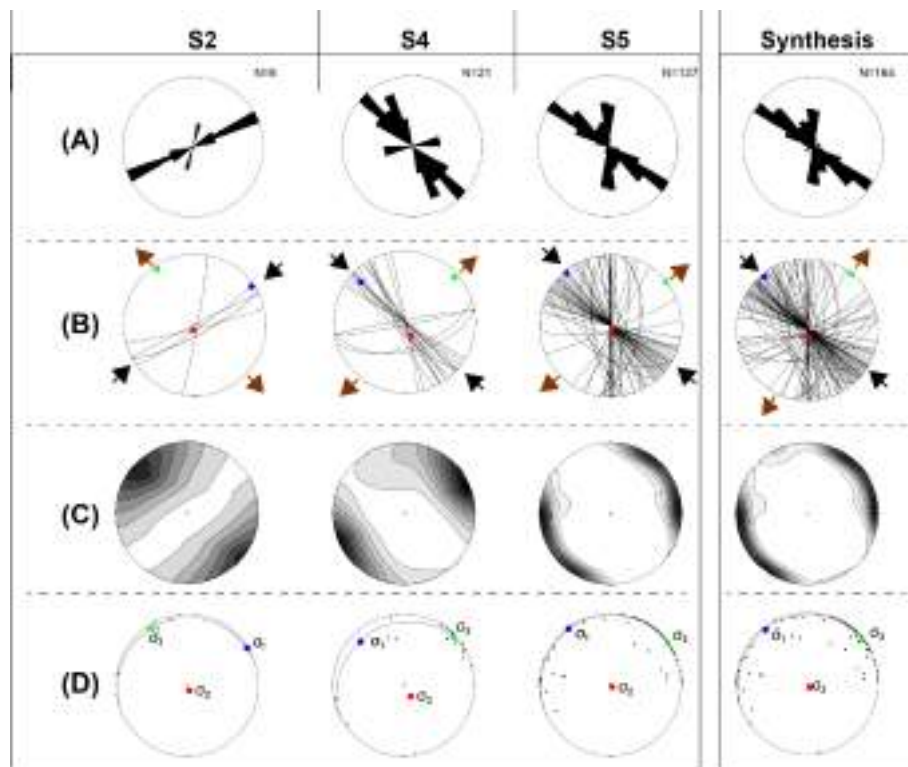


Fig. 5. Left panels: stereonet, lower hemisphere of (A) rose diagrams, (B) Stereograms, (D) density diagrams, contoured by using the Kamb exponential method and (D) poles diagrams to strike slip (filled joints with dextral pay). Right panels: synthesis of different diagrams. Mean values of stresses: σ_1 : N141E5NW; σ_2 : N153E85SSE; σ_3 : N51E1NE. Green points: σ_3 ; bleu points: σ_2 ; and red points: σ_1 . S2: Beckele station; S4: Katchatchia station; S5: Bockle station.

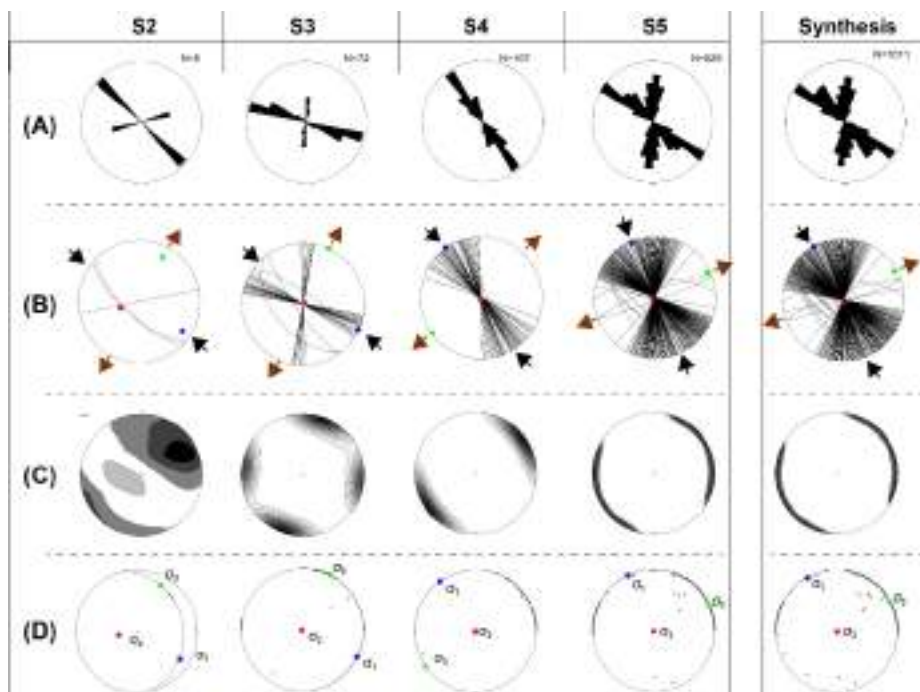


Fig. 6. Left panels: Stereonet, lower hemisphere of (A) rose diagrams, (B) Stereograms, (D) density diagrams, contoured by using the Kamb exponential method and (D) poles diagrams to strike slip (dry joints displaying dextral shear sense). Right panels: Synthesis of different diagrams. Mean values of stresses: σ_1 : N151E00; σ_2 : N24E90; σ_3 : N62E00. Green points: σ_3 ; bleu points: σ_2 ; and red points: σ_1 . S2: Beckele station; S3: Sanguere station; S4: Katchatchia station; S5: Bockle station

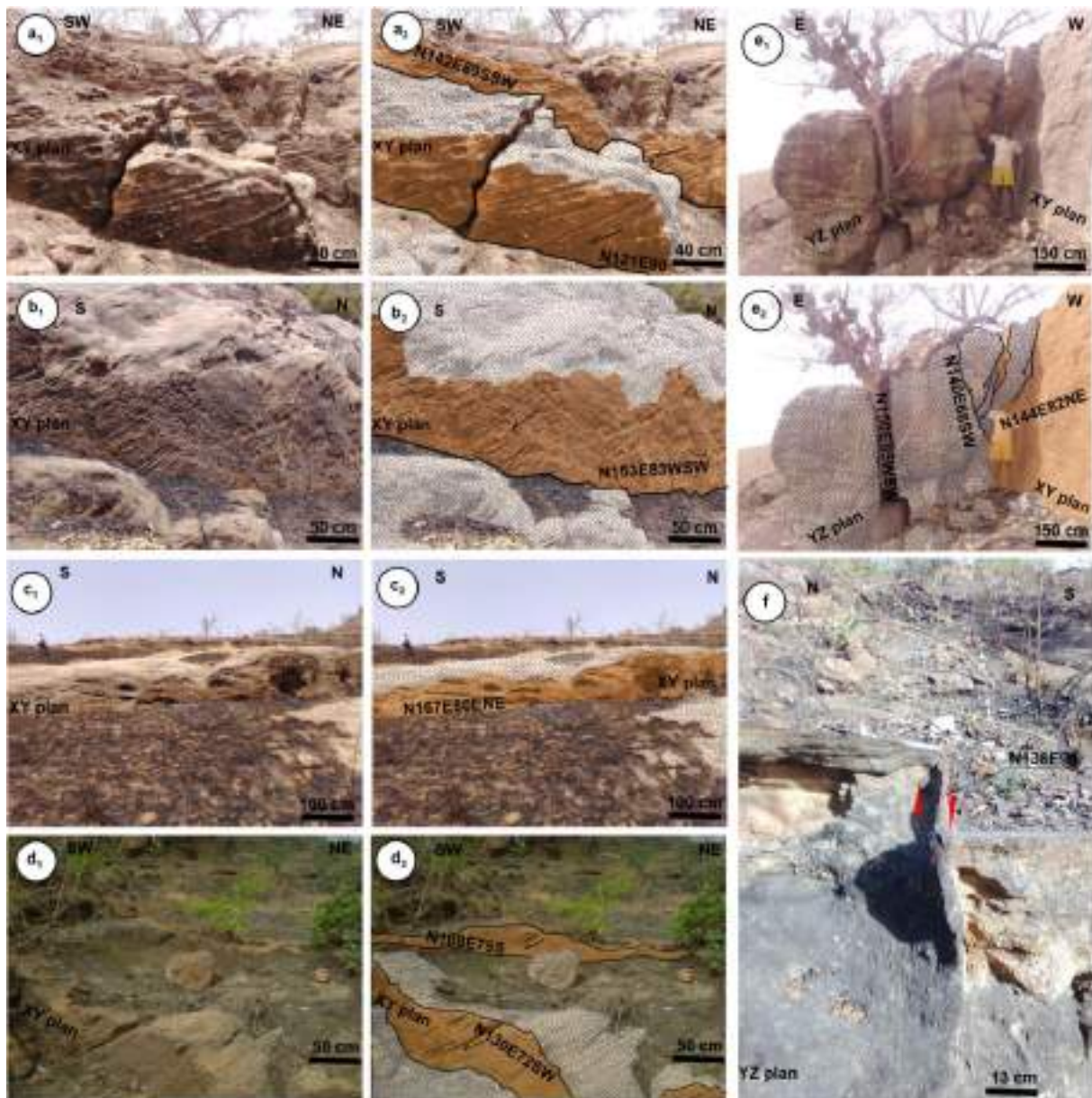


Fig. 7. Field photographs showing faults in the study area. (a, b, d) Faults planes showing slickenside lineation plunging towards the south; (c) Fault plane showing displacements of compartment to the North; (e) System of fractures showing opposite plunge (E and W); (f) Vertical fault.

For the dry joints, σ_1 occurred at the vertical, R varies from 0.06 to 1 with a mean value of 0.63 and R' from 1 to 1.94 with the mean value of 1.23 for the dry tectonic joints referring to triaxial ellipsoid and pure extensive regime (Table 1).

As far as faults are concerned, R and R' vary from 0.2 to 0.99 with a mean value of 0.09 referring to triaxial ellipsoid and radial extensive regime (Table 1). Ultimately, it appears that, two tectonic regimes occurred in the Garoua basin: a strike slip and an extensive regimes. The compressive regime is weakly represented.

5.2. Chronology and kinematic

According to Maurin and Guiraud (1990), the Pan-African basement which shelters the Garoua basin was affected by four main directions of fractures: N-S, NW-SE, ENE-WSW and E-W to WNW-ESE. The N-S and E-W to WNW-

ESE fractures occurred during the rifting that led to the formation of the Benue Through. These directions were well constrained in the Nigerian part of the Benue Through by Maurin and Guiraud (1990) and Benkheilil (2008). The Garoua basin itself also show four directions of fractures: NW-SE, N-S, ENE-WSW and NNW-SSE, with the first three similar to those encountered in the basement. This reflects probably a relationship between the basement and the sedimentary cover. It is therefore possible that faults recorded by the sedimentary rocks result from the reactivations of the basement faults. The second hypothesis is that these faults were set up during the replay of the main geological structures that cross or affect the basin i.e. LVC, BTJ and CCSZ. In the absence of seismic data enable to provide images highlighting the sediment bedrock relationships, we examined the action of regional structures.

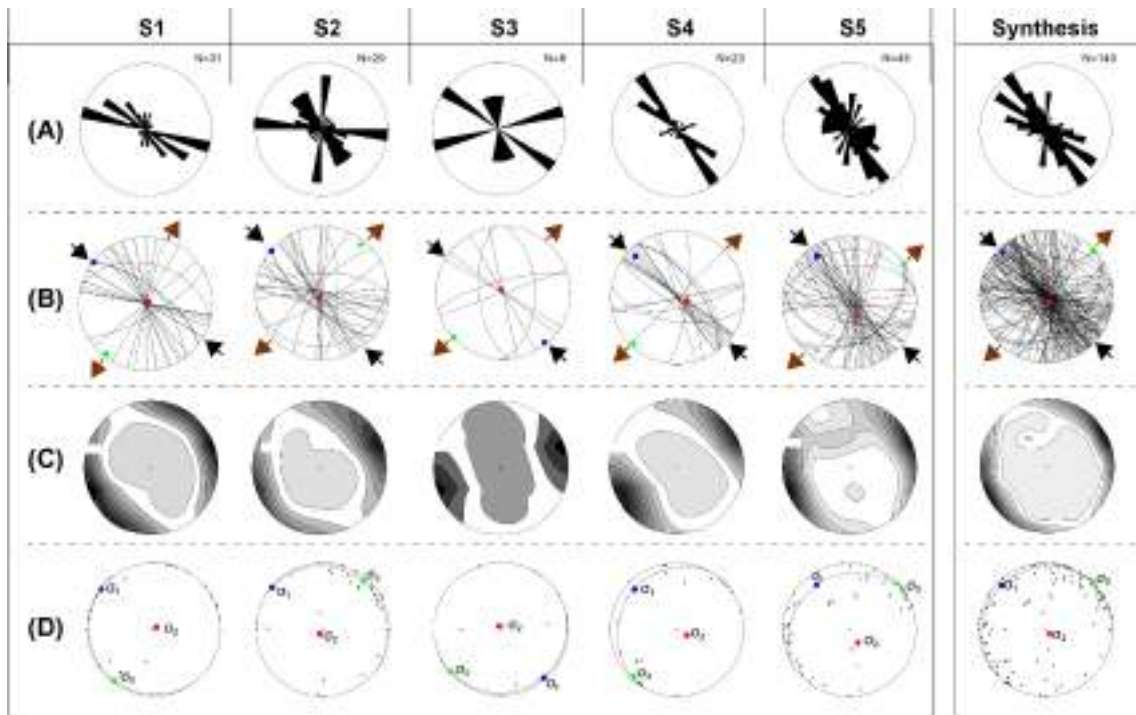


Fig. 8. Left panels: stereonet, lower hemisphere of (A) Rose diagrams, (B) Stereograms, (D) Density diagrams, contoured by using the Kamb exponential method and (D) Poles diagrams to faults. Right panels: Synthesis of different diagrams. Mean values of stresses: σ_1 : N135E7NW; σ_2 : N138E83SE; σ_3 : N45E00. Green points: σ_3 ; bleu points: σ_2 ; and red points: σ_1 . S1: Pitoa station; S2: Bekele station; S3: Sanguere station; S4: Katchatchia station; S5: Bockle station.

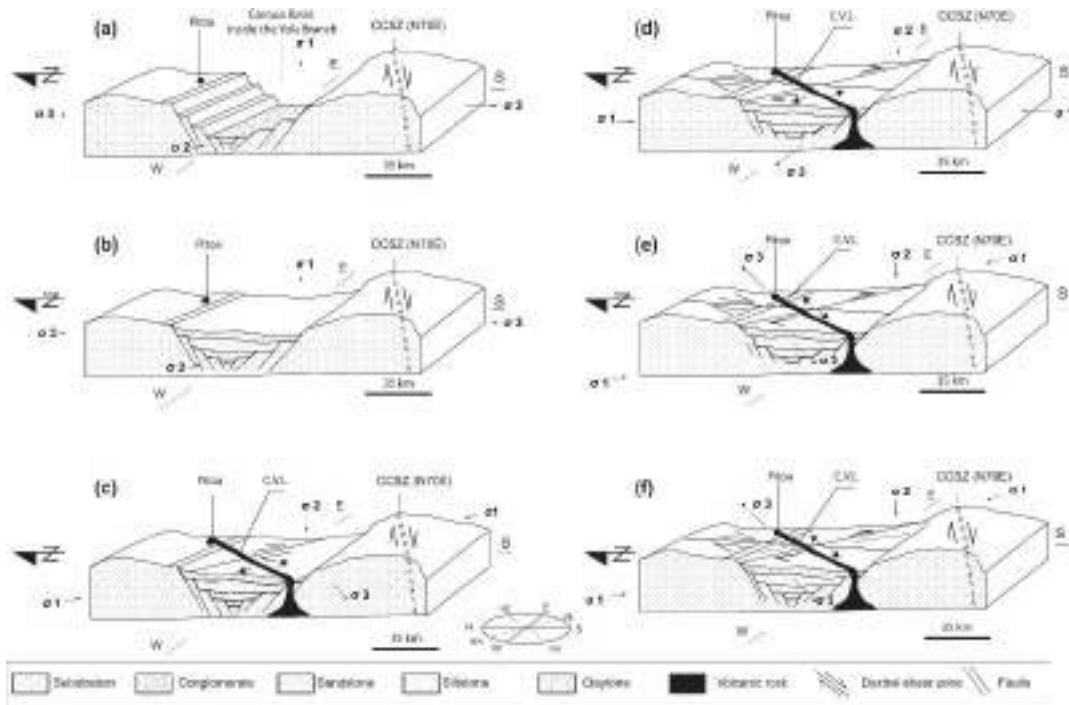


Fig. 9. Kinematic and evolution model of the Garoua basin from Aptian-Albian to Actual. (a) Aptian-Albian (rifting due to a N-S extension); (b) Albian to the Coniacian (basin filling); (c) Upper Eocene/Base Oligocene (occurrence of NW-SE dextral shears); (d) Upper Oligocene (occurrence of N-S strike slip faults); (e) Lower Miocene (implementation of NW-SE normal faults); (f) Messinian (formation of NNW-SSE normal faults).

Field data from Garoua basin reveal two major tectonic regimes: a strike slip regime marked mainly dextral and rarely sinistral shears in the NS and NW-SE directions and an extensive regime represented by normal faults in the NW-SE and NNW-SSE directions. The NW-SE dextral shears that affect the sediments seem to be post-sedimentary and earlier than the N-S joints. Indeed, the density diagrams and stereograms show that a NE-SW extension which affected these joints contributed to their filling. Research works from Wilson and Guiraud (1992), Fitton and Dunlop (1985), Ngounouno et al. (1993, 1997), Montigny et al. (2004) and Déruelle et al. (2007) have shown that the mounts Mandara (32 Ma) and the Benue Valleys (37 Ma), two volcanoes of the CVL aligned in a NE-SW direction are the only volcanoes that were active in the region. This activity which create an extension at this period must probably be at the origin of this fracture. We therefore propose an age at least equal to 37-32 Ma (Upper Eocene- Base Oligocene) for these fractures. The N-S system seems to be slightly younger since it intersects the NW-SE system with a dextral replay. It would probably be Upper Oligocene. Faults also present two directions: the NW-SE and NNW-SSE directions. The first family is associated with a NE-SW extension phase clearly visible on density diagrams and stereograms. It corresponds to the direction of the upper border of the Yola Branch (Figs. 1b, 1c) and therefore, can be correlated to the reactivation in an extension regime during the Lower Miocene of the NE – SW rift system of the Benue Trough (Benkhelil 1988; Guiraud, 1991). The NNW-SSE faults, on the other hand, probably result from collapsing play of the N-S system (Ambraseys and Adams 1986; Ambeh et al., 1988). We can then conclude that joints were early and occurred following two directions: the NW-SE direction in the Eocene/Oligocene period and the N-S direction in the early Miocene.

A model of the evolution of the deformation was proposed (Fig. 9). This model contrasts with the classic model of deformation of the Barremo-Aptian basins of North Cameroon which indeed shows an extension in the N160E direction and a compression N70E (Maurin and Guiraud, 1990). Our model rather proposes an extension in the NE-SW direction and a compression in the NW-SE. The second essential difference is due the fact that the former model does take into account the reactivations of the BTJ which nevertheless significantly affected the basin. Finally our model has successfully integrated the BTJ and the CVL activities to reconstitute the chronology and the kinematic of the deformation in the Garoua basin.

Conclusion

The aim of this paper was to investigate the kinematics and the chronology of brittle deformation in the Garoua Basin. We focused our analysis on field surveys and literature data. Ultimately, it appears that, the Garoua basin was subjected in its post-rift phase to a progressive deformation of the brittle context with two main tectonic regimes: a strike slip regime and an extensive regimes.

The strike slip regime, early, was implemented into two phases: a NW-SE phase (Upper Eocene/base Oligocene) and the N-S (Upper Oligocene). The distensive regime also was deployed in two steps marked in the lower Miocene by the establishment of NW-SE normal faults and in the Messinian by the occurrence of NNW-SSE normal faults. Then, the syn to post-rift history of the Garoua basin can be summarized into six main stages:

- (a) during the Aptien-Albien, a N-S extension led to formation of the Benue Trough synchronously with that of Garoua basin;
- (b) from the Albian to the Coniacian, the basin fill up;
- (c) during the Eocene-Oligocene period, the first post-sedimentary NW-SE dextral shears controlled by the activity of the LVC occurred;
- (d) during the late Oligocene / early Miocene, N-S strike slip faults with a dextral replay occurred;
- (e) during the lower Miocene, NW-SE normal faults associated with a NE-SW and correlated with the reactivation in extension of the NE-SW rift system of the BTJ were set up;

- (f) during the Messinian, the NNW-SSE normal faults due to the Collapsing play of the N-S system of the BTJ were formed.

The CVL and the BTJ were the main regional structures that controlled this evolution.

Acknowledgments

We thank the reviewers for their insightful, pertinent and useful comments. Special thanks go to Editor of this journal for its constructive suggestions to make the paper better.

References

- Abubakar, M.B. 2006. Biostartigraphy, Paleoenvironments and Organic geochemistry of the Cretaceous sequences of Gongola Basin, Upper Benue Trough. PhD unpublished thesis, Abakar Balewa University, Nigeria. 315p.
- Ambeh, B.W., Fairhead, J.D., and Stuart, G.W. 1988. Seismicity, structure and tectonics of the Cameroon Volcanic Line. Publication University of Leeds, Department of Earth Sciences, UK
- Ambraseys, N.M., and Adams, R.D. 1986. Seismicity of West Africa. *Ann. Geophys.*, 4:679–702.
- Angeler, J. 1984. Tectonic analysis of fault slip data sets, *Journal of Geophysical Research*, (89):5835-5848.
- Angeler, J.1990. Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress-III. A new rapid direct inversion method by analytical means. *Geophysical Journal International*, (103):363-376.
- Arthaud, F. 1969. Méthode de détermination graphique des directions principales de raccourcissement, d'allongement et intermédiaire d'une population des failles. *Bulletin de la société géologique de France*, (11): 729-737.
- Bao, H., Yong, Z., Hengzeng, L., Kele, Z.Q.Qi., and Changgen, Y. 2019. Distribution characteristics and controlling factors of vertical joint spacing in sand-mud interbedded strata. *Journal of Structural. Geology*, (128):103886.
- Benkhelil, J. 1982. Benue Trough and Benue chain: *Geological Magazine*, (119):155-168.
- Benkhelil, J.1988. Structure et évolution géodynamique du bassin intracontinental de la Bénoué (Nigéria): Société Nationale Elf-Aquitaine, Pau, France, 12: 29-128.
- Bessong, M. 2012. Paléoenvironnements et Diagenèse dans un réservoir gréseux d'âge Crétacé du Fossé de la Benoué au Nord Cameroun : les grès de Garoua. Thèse de Doc Ph.D.Sci. Fond. et Appli. Terre solide et enveloppes superficielles. 196 p.
- Bessong, M., Abderazack, E. A., Hell, J.V., Claude, F., Ndjeng, E., and Ngos III, S. 2011. Diagenesis in cretaceous formations of Benue Trough in the Northern part of Cameroon Garoua sandstones world. *Journal of engineering and pure and applied sci.*, 1(3):58.
- Bessong, M., Hell, J., Elias, S., Suzanne, F.B., Ngos III, S., Eyong, J.T., Nolla, J.D., Mbesse, C.O., Thierry Adatte, Mfoumbeng, M.P., Dissombo, E.A., Ntsama, A.J., Mouloud, B., and Njeng, E. 2018. Hydrocarbon potential, palynology, palynofacies of four sedimentary basins, in the Benue Through, northern Cameroon. *Journal of Earth Sci.*, 23p.
- Bessong, M., Mbesse, C. O., Ntsama, A.J., Hell, J.V., Abderazack, E. A., Claude, F., Nolla, J.D., Dissombo, E., Eyong, J. T, and Mvondo, O, F. 2015. Mineralogy and clays minerals distribution in the Benue Trough, northern Cameroon (W.Africa): Diagenetic significance. *International journal of applied research*, 1(11):01-08.
- Bisso, D., Mbida, Y., Koah Na Lebogo, S.P., Mvondo, O.J., and Tsoungui, C. 2016. Morphostructures et tectonique récente dans le bassin de Garoua Nord Cameroun. *Afrique Science*, 12(5) : 112-117.
- Carey, E., and Brunier, B. 1974. Analyse théorique et numérique d'un modèle mécanique élémentaire appliqué à l'étude d'une population de failles. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 279 (D): 891-894.

- Carey, E., and Brunier, B. 1974. Analyse théorique et numérique d'un modèle mécanique élémentaire appliqué à l'étude d'une population de failles. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 279 (D): 891-894.
- Comen, G.G., and Maury, R. C. 1980. Petrology of the volcanic island of Annobon, Gulf of Guinea. *Mar. Geol.*, (25):253-267.
- Daouda Dawai. 2014. Les plutons de Guider et Bossoum-Pologozom (chaîne panafricaine au Nord-Cameroun) : analyses pétrographique, structurale, magnétique, géochronologique et implications géodynamiques. Thèse Doc. Ph.D. Univ. Paul Sabatier-Toulouse III, 261p.
- Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G., Petite, C., Levi, K., Miroshnichenko, A., Ruzhich, V., and San'kov, V. 1997. Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia, Part 2. *Cenozoic rifting. Tectonophysics*, (282):1-38.
- Déruelle, B., Ngounouno, I., and Demaiffe, D. 2007. The Cameroon hot line (CHL): A unique example of active alkaline intraplate structure in both oceanic and continental lithospheres. *Comptes Rendus Geoscience*, (339):589-600.
- riffs of Western end central Africa: an overview. *Tectonophysics*, 213:153-168.
- Guiraud, R., Bellion, Y., Benkheilil, J., and Moreau, C.1987. Post-Hercynian tectonics in Northern and Western Africa. In: P. Bowden and J. Kinnaird (Editors), *African Geology Reviews. Geol. J.*, 22: 433-466.
- Guiraud, R., Bosworth, W., Thierry, J., and Delplanque, A. 2005. Phanerozoic geological evolution of Northern and Central Africa: an overview. *Journal of African Earth Sciences*, 43(1):83-143.
- Han Bao, Yong, Z., Hengzeng, L., Kele, Z.Q.Qi., and Changgen, Y. 2019. Distribution characteristics and controlling factors of vertical joint spacing in sand-mud interbedded strata. *Journal of Structural Geology*, 128:103886.
- Homewood, P., Guillocheau, F., Eschard, R., and Cross, T.A. 1992. Correlations haute resolution et stratigraphie génétique: une démarche intégrée. *Bulletin des centres de recherches exploration-Production Elf-Aquitaine*, 16 : 203.
- Jing Ye. 2016. Evolution topographique, Tectonique et sédimentaire Syn à Post-rift de la marge transformante Ouest africaine. Thèse Doc. Ph.D. Univ. Toulouse III Paul Sabatier, 275p.
- Jolly, R.J.H., and Sanderson, D, J. 1997. A Mohr circle construction for opening of pe-existing fracture. *Journal of structural Geology*, 19: 887-892.
- Kamdem, J.B., Kraml, M., Keller, J., and Henjes-Krust, F. 2002. Cameroon line magmatism: conventional K/Ar and single-crystal laser ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages of rocks and minerals from Hossere Nigo anorogenic complex Cameroon. *Journal of African Earth Sciences*, 35:99-105.
- Kamgang P, Chazot G, Njonfang E, and Tchoua, F. 2008. Geochemistry and geochronology of mafic rocks from Bamenda Moutains (Cameroon): source composition and crustal contamination along the Cameroon volcanic line. *CR Geosci.*, 340:850-857.
- Koum, S., Mvondo Owono, F., Ntamack-Nida, M.J., Njom, B., and Belinga Essam, B.R. 2013. Surrection relative Plio-Pléistocène de la surface côtière de la marge sud du Rio del Rey (Cameroun) à partir de la géomorphologie quantitative sur Modèle Numérique de Terrain (MNT). *Sc. Tech. Dév.*, 14: 59-60.
- Kwekam, M., Légeois, J.P., Njonfang, E., Affaton, P., Hartmann, G., and Tchoua, F. 2010. Nature, origin and significance of the Pan-African high-K calc-alkaline Fomepea plutonic complex in the Central African Belt (Cameroon). *Journal of African Earth Sciences*, 57: 79-95.
- Dumont, J.F.1987. Etude structurale des bordures nord de l'Adamaoua : influence du contexte atlantique. *Geodynamique*, 2(1):55-68
- Etchecopar, A., Vasseur,G., and Daignières, M. 1981. An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from faults striation analysis. *Journal of Structural. Geology*, 3: 51-65
- Faure, S. 1995. Reconstruction des paleocontraintes tectoniques dans les basses-terres du Saint-Laurent et les Appalaches du Québec et du nord du Nouveau-Brunswick. Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre, 252p.
- Fitton, J.G., and Dunlop, H.M. 1985. The Cameroon Line, West Africa, and its bearing on the origin of oceanic and continental alkali basalt. *Earth Planet. Sci.Lett.*, 72:23-38.
- Guiraud, M. 1991. Mécanisme de formation du bassin créacé sur décrochements multiples de la Haute Bénoué (Nigéria). *Bulletin des centres de recherches exploration Production Elf Aquitaine*, 15(1):11-67.
- Guiraud, R., and Maurin, J.C.1991. Early Cretaceous
- Maurin, J., Benkheilil, J., and Robineau, B.1986. Wrench tectonics in Upper Benue, NE Nigeria ; Influence on the geodynamics of the Cretaceous Benue Trough. 13ème Colloque de la Geologie africaine, ST Andrews, 199p.
- Maurin, J.C., and Guiraud, R. 1990. Relationships between tectonics and sedimentation in the Barremo-Aptian intracontinental Basins of Northern Cameroon. *Journal of African Earth Sciences*, 10: 331-340.
- Moudi, A., Wandji, P., Bardintzeff, J-M., Ménard, J-J., Okomo Atouba, L.C., Reusser, E., Bellon, H., Tchoua, M.F. 2007. Les basaltes éocènes à affinité transitionnelle du plateau Bamoun, témoins d'un réservoir mantellique enrichi sous la ligne volcanique du Cameroun. *CR Geosci.* 339:396-406.
- Mvondo Owono., F. 2001. Nouvelle approche de la déformation progressive du contexte fragile de Yaoundé et ses environs. Mémoire de DEA, Université de Yaoundé I, 50 p.
- Ngako, V., Jegouzo, P., and Nzenti, J.P. 1991. Le Cisaillement Centre Camerounais. Rôle structural et géodynamique dans l'orogénèse panafricaine. *CR Acad Sci Paris*, 313(2):457-463.
- Ngako, V., Affaton, P., Nnange, J.M., and Njanko, T. 2003. Pan-African tectonic evolution in central and southern Cameroon: transpression and transtension during sinistral shear movements. *Journal of African Earth Sciences*, 36:207-214.
- Ngounouno, I. 1993. Pétrologie du magma ligne cénozoïque de la vallée de la Bénoué et du plateau de Kapsiki (Nord Cameroun). Thèse Doc. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris-France, 280p.
- Ngounouno, I., Nkoumbou, C., and Loule, J.P.1997. Relations entre l'évolution tectono-sédimentaire et le magmatisme du Fossé de Garoua (nord-Cameroun). *Africa Geoscience review*, 4(3/4):451-460.
- Nkouathio, D.G., Kagou Dongmo, A., Bardintzeff, J.-M., Wandji, P., Bellon, H., and Pouclet, A. 2008. Evolution of volcanism in graben and horst structures along the Cenozoic Cameroon Line (Africa): implications for tectonic evolution and mantle source composition. *Mineral Petrol.*, 94:287-303.
- Ntsama, A.J. 2013. Magnétostratigraphie et sédiimentologique des formations créacées des bassins sédimentaires d'Hamakoussou et du Mayo Oulo-Léré au Nord-Cameroun (Fossé de la Bénoué). Thèse Doc. Ph.D. Univ. Poitiers-France, 193p.
- Nzenti, J.P., Barbey, P., Macaudière, J., and Soba, D. 1988. Origin and evolution of the late Precambrian high - grade Yaoundé gneisses (Cameroon). *Precambrian Research*, 38: 91 - 109.

- Owona, S., Mbola Ndzana, S.P., Mvondo Ondo, J., Nsangou Ngapna, M., NKabsaah, C., Ratschbacher, L., and Ekodeck, G.E., 2012. Geological control of morphotectonic units in the southwest Cameroon (central Africa). *Journal of Geology and Mining Research*, 4 (7):152 - 167.
- Popoff, M.1988. Du Gondwana à l'Atlantique sud : les connexions du fossé de la Bénoué avec les bassins du Nord-Est brésilien jusqu'à l'ouverture du Golfe de Guinée au Crétacé inférieur : *Journal of African Earth Sciences*, 7 : 409-431.
- Sanderson, D.J., Peacock, D.C.P., Nixon, C.W., and Rotevatn, A. 2018. Graph theory and the analysis of fracture networks. *Journal of Structural Geology*, 29p. Doi:10.1016/j.jsg.2018.04.011.
- Sarki Yandoka, M. B., Abdullah, W. H., and Abubakar. M.B., 2014. Geochemical characterisation of Early lacustrine sediments of Bima formation, Yola sub-basin, Northern Benue Trough, NE Nigeria: Organic matter input, preservation, paleoenvironment and paleoclimatic conditions. *Marine and Petroleum Geology*, 61: 82-94.
- Tchaptchet Tchato, D., Schulz, B., and Nzenti, J.P., 2009. Electron microprobe dating and thermobarometry of Neoproterozoic metamorphic events in Kekem area, Central African fold Belt of Cameroon. *Stuttgard*, 186: 95-109.
- Tcheumenak, K.J., Njanko, T., Kwékam, M., Naba, S., Bella Nké, E.B., Yakeu Sandjo, A.F., Fozing, E.M., and Njongfang, E. 2014. Kinematic evolution of Fodjomwet-Fotoumi shear zone (West-Cameroon): Implications for emplacement of the Fomopéa and Bandja plutons. *Journal of African Earth Sciences* 99: 261-275.
- Tiessen, B., Burke, K.C., and Kidd, W.S.F.1979. African hotspots and their relation to the underlying mantle. *Geology*, 7:263-266.
- Toteu, S.F., Michard, A., Bertrand, J.M., and Rocci, G. 1987. U-Pb dating of Precambrian rocks from Northern Cameroon, orogenic evolution and chronology of Pan-African belt of Central Africa. *Precambrian Research*, 37:71-87.
- Toteu, S.F., Penaye, J., and Djomani, Y.H.P. 2004. Geodynamic evolution of the Pan-African belt in Cenral. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 41: 73–85.
- Toteu, S.F.1990. Geochemical characterisation of the main petrographical and structural units of Northern Cameroon; implications for the Pan-African evolution. *Journal of African Earth Sciences*, 10:615-624.
- Untemehr, P., and Bouche, P. 1986. South Atlantic opening: structural geological constraints. In: Sager W, Scotese C (eds), *mesozoic and cenozoic plate reconstructions geodyn symp* (Texas A&M Univ, Austin, 1986) (Abstr)
- Wilson, M., and Guiraud, R.1992. Mesozoic-Cenozoic magmatism associated with the West and Central African rift System. In: P.A. Ziegler (Editor), *Geodynamics of rifting, Volume II. Case History studies on Rifts: North and South America and Africa. Tectonophysics*, 213: 203-225.
- Youri, H., and Merzeraud, G., 2005. Nouvelles données sur le Trias de Sologne : Chemery, sud-ouest du bassin de Paris : Stratigraphie et environnement de dépôts. *Geologie de la France*, pp. 3-22.
- Zarboski, P.F., Ubgodulunwa, A., Idomigie, P., Nnabo, K., and Ibe.1997. Stratigraphy and structure of the Cretaceous Gongola basin, Northwest Nigeria. *Bull. Cent. Res. Explor. Prod. Elf Aquat.*, 21(1): 154-185.



Évaluation de la toxicité aiguë *in vivo* des extraits éthanoliques et combinaisons d'extraits des feuilles de *Gnetum africanum* Welw. et *Gnetum buchholzianum* Engl. (Gnétacées) : deux plantes à potentiel hépato protecteur et antioxydant

Sone Enone Bertin^{1*}, Etang Josiane¹, Etame Loe Gisèle², Foyet Fondjo Angèle³, Kojom Foko Loick Pradel⁴, Siewe François⁵, Mouelle Sone Albert¹

¹Laboratoire de Microbiologie, Immunologie-Hématologie et des Sciences Morphologiques Unité de Formation Doctorale des Sciences de la Santé. Faculté de Médecine et des Sciences Pharmaceutiques, Université de Douala, B.P. 2701 Douala, Cameroun

²Département des Sciences Pharmaceutiques, Faculté de Médecine et des Sciences Pharmaceutiques, Université de Douala, B.P. 2701 Douala, Cameroun

³Département des Sciences Médico-Sanitaires, Institut Universitaire de Golfe de Guinée, BP 12489 Douala, Cameroun

⁴Département de Biologie et Physiologie Animale, Faculté des Sciences, Université de Douala, B.P. 24157 Douala, Cameroun

⁵Département des Sciences et Techniques Biomédicales, Institut Universitaire de Golfe de Guinée, BP 12489 Douala, Cameroun

Received: January 2021

Revised: April 2021

Accepted: June 2021

Available online: October 2021

Résumé

La présente étude visait à évaluer le potentiel toxicologique d'extraits éthanoliques et combinaisons d'extraits des feuilles de *G. africanum* et *G. buchholzianum* chez des rats expérimentaux afin de valider leur utilisation pour le traitement des troubles hépatiques induits par le stress oxydatif. Des extraits éthanoliques de *G. africanum* (EBa), *G. buchholzianum* (EBb) et trois combinaisons (E1, E2 et E3) à des doses 2000 et 5000 mg / kg de poids corporel respectivement ont été utilisés pour évaluer la toxicité aiguë. Après un criblage phytochimique qualitatif, les substances ont été administrées par gavage aux doses uniques à des rats Wistar non gravides pesant 130 ± 35 g. Les rats étaient mis en observation pour relever les changements de comportement et la mortalité pendant 14 jours de traitement. Ils ont ensuite été sacrifiés, le sang et les organes (foie et rein) ont été collectés pour les analyses des paramètres biochimiques (transaminases, urée et créatinine). L'analyse phytochimique a révélé la présence des saponines, de tanins, d'alcaloïdes et de flavonoïdes dans les deux extraits. Aucune mortalité et changement de comportement des animaux n'ont été enregistrés. Les extraits et leurs combinaisons ont induit une augmentation du poids corporel pendant les 14 jours. Des variations significatives des paramètres biochimiques et du poids relatif des organes ont été observées chez les animaux traités en fonction de la substance et des doses administrées. Dans l'ensemble, aucune altération fonctionnelle majeure n'a été observée chez les animaux traités à base d'extraits et combinaisons d'extraits, malgré le niveau élevé d'ALAT trouvé chez les groupes d'animaux E2 et EBa ayant pris les doses respectives de 2000 et 5000 mg/kg de poids corporel. Les extraits éthanoliques et combinaisons d'extraits de *G. africanum* et *G. buchholzianum* sont non toxiques et potentiellement candidats à la surveillance des maladies hépatiques liées au stress oxydatif.

ISSN 1029 – 2225c2016 Sciences, Technologies et Développement

Mots clés : *Gnetum africanum* Welw., *Gnetum buchholzianum* Engl, toxicité aiguë, rats albinos, stress oxydatif

Abstract

The present study is conducted to investigate the toxicological potential of ethanolic extracts from the *G. africanum* and *G. buchholzianum* leaves, as well as different combinations of these plant extracts in experimental rats in order to validate their use for treating oxidative stress-induced hepatic disorders. Ethanolic extracts of *G. africanum* (EBa), *G. buchholzianum* (EBb), and three combinations of these both extracts (E1, E2 and E3), at doses 2000 and 5000 mg/kg body weight was used for acute toxicity experiment. After performed phytochemical qualitative screening, the single dose of substances was administered by gastro-tubing to non-pregnant Wistar female rats weighting 130 ± 35 g. Animals were monitored for changes in behavior and mortality during all the follow-up. They were thereafter sacrificed, their blood and organs (liver and kidney) were collected for performing determination of biochemical parameters (transaminases, urea, and creatinine). The phytochemical analysis revealed the presence of saponins, tannins, alkaloids, and flavonoids in both the extracts. No mortality and significant changes in animals' behavior were recorded. The extracts and their combinations induced increase in body weight for the 14 days follow-up. Significant variation of biochemical parameters and relative organ weight were observed in extract- and combination-treated animals, depending on the substance and treatment doses 2000 and 5000 mg/kg. Overall, no major damaged were observed in the animals treated with extracts or combined extract, despite the fact that high level of ALAT were found in animals of the groups E2 and EBa with respective doses of 2000 and 5000 mg/kg body weight. The ethanolic and combined extracts of *G. africanum* and *G. buchholzianum* are non-toxic and potentially candidates in the monitoring of hepatic diseases linked to oxidative stress.

ISSN 1029 – 2225c2016 Sciences, Technologies et Développement

Key words: *Gnetum africanum* welw., *Gnetum buchholzianum* Engl, acute toxicity, albino rats, oxidative stress.

1. Introduction

Les produits forestiers non ligneux se réfèrent à un large éventail de produits animaux et végétaux que l'on trouve au quotidien dans les maisons et sur les marchés à travers le bassin du Congo et dans d'autres forêts tropicales de par le monde (Walter, 2001). Parmi ces produits figurent les plantes médicinales dotées d'une immense richesse thérapeutique (Walter, 2001). Ces réserves floristiques constituent la base d'accès aux soins de santé

primaire pour les populations, en particulier celles des zones tropicales (Gurib-Fakim, 2006).

Cependant, malgré leur utilisation quotidienne comme médicament traditionnel amélioré (MTA), on dispose de très peu d'informations sur leur valeur toxicologique mettant en cause la réglementation et la gestion des MTA (Abebe et al., 2014). C'est le cas des plantes du genre *Gnetum* dont deux

*Corresponding author address: +237699085539 / 672782535 E-mail address: bertinsone.otis@gmail.com

espèces sont présentes en Afrique : *G. africanum Welw.* et *G. buchholzianum Engl.* fortement différenciables par la largeur de la feuille, l'intensité de coloration et les nervures périphériques.

Ces deux plantes fortement utilisées en alimentation humaine seraient également des potentielles sources d'antioxydants avec de fortes propriétés pharmacologiques (Ndomou et al., 2014). Les études menées sur le plan ethnobotanique ont montré que le *Gnetum spp* a des propriétés médicinales. Au Nigeria par exemple, les feuilles appelées localement « afang » sont utilisées pour le traitement de la splénite de l'angine et de la cathartique. En République Démocratique du Congo où elles sont connues sous le nom de « fumbwa », elles sont utilisées pour lutter contre les nausées et certains poisons. Les feuilles permettent de lutter contre les verrues, les hémorroïdes et les furoncles (Aloumba, 2007). Au Mozambique, elles sont utilisées pour lutter contre les constipations de par leur forte teneur en fibres, (Fadi et al., 2011). De plus, elles sont utilisées pour réduire les douleurs des contractions et par conséquent faciliteraient l'accouchement (Besong et al., 2001). Une étude menée par Emeka et Atinuke (2010) a montré qu'une supplémentation alimentaire à base des feuilles de *Gnetum africanum* améliorerait les affections hépatiques induites par une intoxication au paracétamol

Au Cameroun, ces feuilles sont connues respectivement sous le nom de « eru » et « okok » (Fadi et al., 2011). Une étude réalisée par Ntah (2011) a démontré l'activité anti diarrhéique des extraits de ces feuilles. En effet, ces feuilles sont douées de pouvoir thérapeutique mais leurs effets secondaires nocifs pour le patient sont très peu documentés alors que le principal critère de sélection des plantes médicinales est la sécurité (Walter, 2001). La présente étude vise à évaluer la toxicité aiguë des extraits éthanologiques et combinaisons d'extraits en usage traditionnel des feuilles de *G. africanum Welw.* et *G. buchholzianum Engl.* chez les rats albinos de souche Wistar.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel biologique

2.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est composé des feuilles de *G. africanum* et *G. buchholzianum* récoltées au Cameroun pendant le mois d'août, dans les villes de Dibombari, région de Littoral et de Limbé, région du Sud-ouest dans le jardin botanique CENDEP (Center for nursery development and eru propagation) respectivement. Ces sites sont des zones agro-écologiques où poussent naturellement ces plantes et disposent d'un climat équatorial de type Camerounien.

2.1.2. Matériel animal

Les rats ont été obtenus à l'animalerie de laboratoire de Physiologie et des organismes animaux de la Faculté des Sciences de l'Université de Douala puis élevés dans les conditions standard au sein de l'animalerie de la Faculté de Médecine et de Sciences Pharmaceutiques de l'Université de Douala (FMSP-UD)

2.2. Méthodes

2.2.1. Echantillonnage, identification et broyage des plantes

Après la récolte, les feuilles fraîches ont été immédiatement transportées au laboratoire de Département des Sciences Pharmaceutiques, Faculté de Médecine et des Sciences Pharmaceutiques, Université de Douala où elles ont subi successivement les opérations de triage, lavage à l'eau de robinet, égouttage et pesage. Elles ont par la suite été identifiées à l'herbier national de Yaoundé-Cameroun sous les codes NA 55068HNC et NE 52338HNC respectivement, par M. NANA Victor, chercheur herboriste.

Les feuilles de *G. africanum* et *G. buchholzianum* dont le poids était de 1,60 kg et 2 kg respectivement ont été séchées à l'ombre pendant une période de trois semaines jusqu'à l'obtention d'une masse sèche de 1,4 kg et 1,8 kg respectivement. Elles ont été par la suite broyées au Moulinex pour obtenir une poudre fine. Cette poudre pesant 1, 23 kg et 1,65 kg pour les feuilles de *G. africanum* et *G. buchholzianum* respectivement a été transférée dans un récipient en verre puis stockée à l'abri de l'air et de l'humidité jusqu'à l'étape d'extraction.

2.2.2. Préparation des extraits éthanologiques et des fractions

La poudre de feuilles de chacune des plantes a été macérée sous agitation constante à l'éthanol 96°C pendant 72h puis filtrée et le résidu a été ensuite rincé avec le même solvant. Les différentes fractions de chaque filtrat ont été évaporées dans un rotavapeur rotatif de marque R-205D sous pression réduite. Après évaporation, ces fractions ont été mélangées à la fin pour obtenir un seul extrait éthanologique puis pesé et les rendements ont été

calculés selon la formule (Abebe et al., 2014). $Rdt = (Masse \text{ de l'extrait obtenu} / Masse \text{ de la poudre}) \times 100$

2.2.3. Combinaisons d'extraits

Les extraits éthanologiques des deux plantes ont été combinés selon les proportions 25-75 ; 50-50 et 75-25 dénommées respectivement E1, E2, E3, soit 25%, 50% et 75% de l'extrait de *G. africanum Welw* et 75%, 50%, 25% l'extrait de *G. buchholzianum Engl.*

2.2.4. Criblage phytochimique

Les extraits éthanologiques ont été soumis à un criblage phytochimique qualitatif selon les méthodes décrites dans la littérature (Tamert, 2017), pour déceler les composés secondaires tels les flavonoïdes, les tanins, les stéroïdes, les saponines et les alcaloïdes

2.2.5. Expérimentation animale

Des rats femelles albinos de souche Wistar nullipares et non gravides pesant en moyenne 130 ± 35 g ont été choisis pour l'expérimentation. Ces rats ont été acclimatés pendant 03 jours dans les conditions standard de l'animalerie. En effet, ils ont été répartis dans des cages tapissées de copeaux de bois, recevant l'eau, la nourriture de référence à volonté dans un environnement d'élevage où ils sont alternativement soumis à 12 h de lumière et 12 h d'obscurité (Lien et al. 2001).

La toxicité des extraits éthanologiques et combinaisons d'extraits des feuilles de *G. africanum* et *G. buchholzianum* a été évaluée suivant une méthode dérivée de celle de « l'ajustement des doses » de la ligne 425 de l'OCDE (OCDE, 2008a). Les animaux ont été répartis en 11 groupes de 6 animaux chacun de la façon suivante :

Groupe 1, contrôle recevant de l'eau distillée à 10 ml/kg de poids corporel (p.c)

Groupe 2, extrait éthanologique de *G. africanum* (EBa) à la dose de 2000 mg/kg de p.c

Groupe 3, extrait éthanologique de *G. buchholzianum* (EBb) à la dose de 2000 mg/kg de p.c

Groupe 4, combinaison d'extrait éthanologique (E1) à la dose de 2000 mg/kg de p.c

Groupe 5, combinaison d'extrait éthanologique (E2) à la dose de 2000mg/kg de p.c

Groupe 6, combinaison d'extrait éthanologique (E3) à la dose de 2000 mg/kg de p.c

Groupe 7, extrait éthanologique de *G. africanum* (EBa) à la dose de 5000 mg/kg de p.c

Groupe 8, extrait éthanologique de *G. buchholzianum* (EBb) à la dose de 5000 mg/kg de p.c

Groupe 9, combinaison d'extrait éthanologique (E1) à la dose de 5000 mg/kg de p.c

Groupe 10, combinaison d'extrait éthanologique (E2) à la dose de 5000 mg/kg de p.c

Groupe 11, combinaison d'extrait éthanologique (E3) à la dose de 5000 mg/kg de p.c

Les extraits éthanologiques et les combinaisons d'extraits de *G. africanum* et *G. buchholzianum* ont été dissouts dans de l'eau distillée à l'aide d'un homogénéisateur. Ils ont ensuite été administrés aux animaux par gavage et à la dose unique de 2000 mg/kg et 5000 mg/kg de poids corporel des rats après 16 h de jeûne.

Après administration des extraits et combinaisons d'extraits, les animaux ont été placés en observation pour évaluer les signes extérieurs de la toxicité (diarrhée, fatigue, signe de douleur, difficulté à se déplacer) ainsi que la mortalité entre les deux premières heures et les 07 premiers jours.

Le poids corporel a été noté le jour de l'administration et tous les deux jours suivants sur une période de 14 jours. Après 12 heures de jeûne et au 15^e jour, les animaux ont été anesthésiés par injection intrapéritonéale de kétamine-acépromazine (1,8 ml/190 g de poids corporel). Le sang de chaque animal a été collecté par ponction cardiaque à l'aide d'une seringue et transféré dans les tubes héparines.

Ces tubes ont été bouchés et laissés au repos pendant 6 heures, puis centrifugés à 3500 trs/min pendant 15 minutes. Le surnageant (sérum) a été recueilli et conservé dans des tubes Eppendorf étiquetés et conservés à 4°C pour les analyses biochimiques (Transaminases, Urée, Créatinine) suivant la méthode décrite par Meite et al., 2017. Les organes (reins, foie, et cœur) ont été prélevés après dissection, nettoyés dans de l'eau physiologique (NaCl 9%), essorés et pesés.

2.3. Analyses statistiques

Les données ont été saisies dans une feuille Excel 2010- USA et par la suite exportées vers GraphPad version 7.03 (GraphPad, San Diego, USA) pour la réalisation des analyses statistiques. Les données ont été présentées sous forme de moyenne \pm Erreur standard sur la moyenne (ESM) dans des graphiques. Les tests non paramétriques de Mann-Whitney et de Kruskal-Wallis ont été utilisés pour faire les comparaisons intra et inter groupe. L'analyse ordonnée de la variance (ANOVA) et le test post-hoc de Duncan ont été utilisés pour comparer les moyennes entre les différents groupes. Le seuil de significativité a été fixé à p-value < 0,05.

3. Résultats

3.1. Profil des extraits et groupes phytochimiques

Les différents extraits obtenus après macération étaient de couleur verte foncée et d'aspect pateux. Les rendements à l'extraction étaient respectivement de 40,89% pour EBa et 38,85% pour Ebb. Le criblage a mis en évidence plusieurs groupes de métabolites secondaires (**Tableau 1**) notamment les saponosides, les tanins (catéchiques et galliques), les stérols et les flavonoïdes. Toutes, les alcaloïdes n'ont pas été observés dans les extraits analysés. Les mêmes groupes phytochimiques ont été observés dans les extraits des deux plantes.

Tableau 1 : Groupes phytochimiques mis en évidence dans des extraits éthanoliques des (b) feuilles de *G. africanum* (EBa) et *G. buchholzianum* (EBb). Absence ; + ; présence ; EBa : Extrait de *G. africanum* ; Ebb : Extrait de *G. buchholzianum*.

Métabolites secondaires	Observations	Extraits	
		EBa	EBb
Saponines	Mousse abondante	+	+
Tanins	Apparition d'une couleur bleu verte	+	+
Alcaloïdes	Absence d'apparition d'un précipité blanc	-	-
Stérols	Formation d'un anneau rouge	+	+
Flavonoïdes	Présence d'une coloration rouge	+	+

3.2. Toxicité aiguë

Après 14 jours d'observation, aucun décès n'a été constaté chez les rats traités aux différents extraits EBa, Ebb, E1, E2 et E3 aux différentes doses de 2000 et 5000 mg/kg de poids corporel. Ce qui laisse supposer que la DL50 serait supérieure à 5000 mg/kg.

L'administration par voie orale des doses uniques de 2000 mg/kg et 5000 mg/kg des extraits éthanoliques et diverses combinaisons des feuilles de *G. africanum* et *G. buchholzianum* n'a pas montré aucun changement important sur le plan comportemental et physique. Les animaux étaient apparemment en bonne santé. Aucun signe majeur de toxicité tel la réaction à la douleur et aux bruits, le nombre de mort, l'état des fèces n'a été observé (**Tableau 2**).

3.2.1. Effets sur les paramètres comportementaux

Les paramètres comportementaux évalués sont la réaction à la douleur et au bruit, la locomotion, l'interaction sociale, l'agressivité, l'état de pelage et des fèces.

Tableau 2 : Effets des extraits éthanoliques et combinaisons d'extraits des feuilles de *G. africanum* et *G. buchholzianum* sur quelques paramètres comportementaux chez les rats au cours de 2 h au 7^{ème} jour qui suivaient l'administration. N: normal par rapport au témoin ; D: légèrement diminué; A : aucune ; P : Pas agressifs.

Animaux	Dose (mg/kg)	Réaction à la douleur	Réaction au bruit	Nombre de mort	Locomotion	Interaction sociale	Agressivité	Etat de pelage	Etat des fèces
Témoins	0	N	N	A	N	N	P	N	N
EBa	2 000	N	N	A	N	N	P	N	N
EBb	5 000	N	D	A	N	N	P	D	N
E1	2 000	N	N	A	N	N	P	N	N
E2	2 000	N	N	A	N	N	P	N	N
E3	2 000	N	N	A	N	N	P	N	N
E1	5 000	N	N	A	N	N	P	N	N
E2	5 000	N	N	A	N	N	P	N	N
E3	5 000	N	N	A	N	N	P	N	N

3.2.2. Effets sur le poids relatif des organes

L'effet des extraits et des combinaisons des deux plantes sur le poids relatif des organes a été réalisé (**Tableau 3**). Il a été observé :

1. Une augmentation statistiquement significative du poids relatif du foie dans les groupes d'animaux traités avec E2 et E3 ;

2. Une diminution du poids des reins, des poumons, et du cœur chez les animaux traités avec l'extrait de *G. buchholzianum* (EBb) en comparaison au groupe témoin ;

3. Une diminution significative du poids relatif du cœur dans le groupe d'animaux traités avec EBa. :

(i) Une diminution significative du poids relatif du foie, rein, et poumons dans tous les groupes tests (EBa, Ebb, E1, E2 et E3)

(ii) Une augmentation significative du poids relatif du cœur uniquement dans le groupe des animaux traités avec Ebb.

3.2.3. Effets sur les paramètres biochimiques

La variation des paramètres biochimiques en fonction des groupes de traitement a été observée (**Tableau 4**). L'extrait EBa n'a entraîné aucune variation significative de ces paramètres à la dose 2000 mg/kg. Par contre le traitement Ebb a entraîné une augmentation significative des niveaux

sériques de l'urémie et de l'ASAT, pendant que les combinaisons d'extraits E1, E2 et E3 ont entraîné une augmentation de l'ALAT (**Tableau 4**).

A la dose 5000 mg/kg, le traitement avec l'extrait EBa entraîné une augmentation significative de la créatininémie et de l'ASAT, pendant que celui de l'extrait Ebb a entraîné une augmentation de l'ASAT (**Tableau 5**). Aucun des extraits ou de leur combinaison n'a entraîné une variation significative de l'urémie (**Tableau 4**).

4. Discussion

L'extraction des feuilles de *G. africanum* Welw. et *G. buchholzianum* Engl a montré un rendement élevé pour les deux plantes. Ce rendement pourrait s'expliquer par le choix de solvant utilisé qui est l'éthanol pur. Ce résultat est contraire à celui d'une extraction faite au méthanol et à l'éthanol absolue avec une quantité de matière végétale faible (Amazu et al., 2010 ; Rasha et al., 2014 ; Ndomou et al., 2014).

Le criblage phytochimique des extraits éthanoliques étudiés a mis en évidence la richesse en métabolites secondaires tels les saponines, tanins, stérols et flavonoïdes. Par ailleurs, une extraction au même solvant mais sur les racines de *Carica papaya* linn. ont mis en évidence moins de métabolites secondaires (Madinah et al., 2015). Ceci pourrait se justifier soit par la qualité de la matière végétale utilisée est l'affinité entre leur composition chimique et

Tableau 3 : Effets des extraits et combinaisons d'extraits *G. africanum* et *G. buchholzianum* sur le poids relatif des organes en fonction de la dose 2000 et 5000 mg/kg de poids corporel. Les données sont présentées sous forme de moyenne \pm Erreur standard sur la moyenne (ESM). L'analyse ordonnée de la variance (ANOVA) et le test post-hoc de Duncan ont été utilisés pour comparer les moyennes entre les différents groupes. Pour une même colonne, les chiffres portant la même lettre ne sont pas statistiquement significatifs au seuil de 5%. E1 E2 et E3 étant les combinaisons respectives (25-75), (50-50) et (75-25) de *G. africanum* (EBa) et *G. buchholzianum* (EBb)

Groupes	Paramètres			
	Foie	Rein	Poumon	Cœur
Témoin	3,94 \pm 0,15 ^{ab}	0,73 \pm 0,05 ^c	0,93 \pm 0,21 ^c	0,42 \pm 0,04 ^{bc}
EBa - 2000	4,02 \pm 0,03 ^{ab}	0,71 \pm 0,00 ^c	0,84 \pm 0,09 ^c	0,34 \pm 0,04 ^a
EBb - 2000	3,61 \pm 0,44 ^a	0,61 \pm 0,04 ^b	0,62 \pm 0,01 ^a	0,35 \pm 0,02 ^a
E1 - 2000	4,46 \pm 0,16 ^{bc}	0,75 \pm 0,03 ^c	0,64 \pm 0,04 ^{ab}	0,46 \pm 0,05 ^c
E2 - 2000	5,01 \pm 0,42 ^{cd}	0,49 \pm 0,02 ^a	0,82 \pm 0,08 ^{bc}	0,38 \pm 0,02 ^{ab}
E3 - 2000	5,26 \pm 0,40 ^d	0,55 \pm 0,00 ^a	0,94 \pm 0,08 ^c	0,34 \pm 0,01 ^a
EBa - 5000	2,72 \pm 0,19 ^a	0,67 \pm 0,02 ^a	0,99 \pm 0,02 ^b	0,36 \pm 0,02 ^{ab}
EBb - 5000	2,84 \pm 0,46 ^a	0,62 \pm 0,02 ^a	0,95 \pm 0,04 ^b	0,43 \pm 0,06 ^c
E1 - 5000	2,90 \pm 0,14 ^a	0,63 \pm 0,002 ^a	0,78 \pm 0,05 ^a	0,41 \pm 0,04 ^{ab}
E2 - 5000	2,82 \pm 0,44 ^a	0,72 \pm 0,02 ^a	1,45 \pm 0,02 ^c	0,37 \pm 0,01 ^{ab}
E3 - 5000	2,79 \pm 0,19 ^a	0,61 \pm 0,04 ^a	0,77 \pm 0,05 ^a	0,37 \pm 0,03 ^{ab}

Tableau 4 : Effets des extraits et combinaisons d'extraits *G. africanum* et *G. buchholzianum* sur les paramètres biochimique en fonction de la dose 2000 et 5000 mg/kg de poids corporel. Les données sont présentées sous forme de moyenne \pm Erreur standard sur la moyenne (ESM). L'analyse ordonnée de la variance (ANOVA) et le test post-hoc de Duncan ont été utilisés pour comparer les moyennes entre les différents groupes. E1 E2 et E3 étant les combinaisons respectives (25-75), (50-50) et (75-25) de *G. africanum* (EBa) et *G. buchholzianum* (EBb).

Groupes	Paramètres			
	Urémie	Créatininémie	ALAT	ASAT
Témoin	27,08 \pm 3,61 ^a	4,45 \pm 3,47 ^a	3,49 \pm 0,58 ^a	37,05 \pm 14,64 ^{ab}
EBa - 2000	25,00 \pm 6,25 ^a	3,33 \pm 1,67 ^a	4,26 \pm 1,46 ^a	7,35 \pm 3,39 ^a
EBb - 2000	70,83 \pm 3,61 ^c	4,45 \pm 3,47 ^a	10,67 \pm 5,41 ^a	89,24 \pm 26,91 ^c
E1 - 2000	58,33 \pm 20,09 ^{bc}	1,67 \pm 0,00 ^a	89,82 \pm 28,58 ^c	77,21 \pm 27,33 ^{bc}
E2 - 2000	25,00 \pm 10,82 ^a	3,33 \pm 1,67 ^a	52,76 \pm 23,06 ^b	32,78 \pm 16,32 ^a
E3 - 2000	35,41 \pm 29,53 ^{ab}	10,00 \pm 0,00 ^a	23,08 \pm 17,89 ^{bc}	46,36 \pm 29,91 ^{ab}
EBa - 5000	25,00 \pm 10,82 ^a	31,66 \pm 20,47 ^b	103,98 \pm 59,44 ^a	100,49 \pm 31,73 ^c
EBb - 5000	27,08 \pm 9,54 ^a	9,44 \pm 4,19 ^a	107,28 \pm 84,25 ^a	75,66 \pm 2,09 ^c
E1 - 5000	18,75 \pm 16,53 ^a	4,99 \pm 4,41 ^a	64,60 \pm 49,73 ^a	38,80 \pm 14,73 ^{bc}
E2 - 5000	18,75 \pm 16,53 ^a	5,02 \pm 4,39 ^a	60,91 \pm 77,31 ^a	30,84 \pm 9,09 ^a
E3 - 5000	25,00 \pm 6,25 ^a	10,00 \pm 4,40 ^a	375,39 \pm 242,26 ^b	41,32 \pm 13,63 ^{ab}

le solvant. Aussi, les travaux réalisés par Ndomou et al., (2014) sur les extraits méthanoliques des feuilles de *G. africanum* et *G. buchholzianum* ont montré les métabolites secondaires en plus des glucosides cardiaques bien que ces derniers n'ayant pas fait l'objet de ce criblage. L'administration des doses élevées de drogues aux animaux expérimentaux induirait une toxicité aiguë ou chronique du foie. Cette toxicité induite pourrait provoquer une cytolysse hépatique compensé ou non engendrant une baisse du poids de foie et réciproquement une élévation du taux des transaminases sériques. Ces résultats corroborent avec ceux observés dans notre étude qui montrent qu'à la dose de 5000 mg/kg de p.c et quel que soit l'extrait éthanolique ou la combinaison d'extraits éthanoliques des feuilles de plantes de *G. africanum* et *G. buchholzianum*, le poids du foie diminue de façon non significative à partir de cette dose et de façon significative entre cette dose et le lot témoin. De même, on note une élévation non significative d'ALAT et significative d'ASAT entre cette même dose d'administration et le témoin. Cette variation pouvant être non pathologique car les paramètres comportementaux et physiologiques demeurant normaux tout au long de 14 jours d'expérimentation. Par ailleurs, aucune toxicité n'a été enregistrée, aucune anomalie dans la morphologie, le comportement et aucune mortalité n'a été observée chez le rat à la dose de 2000 et 5 000 mg/kg de poids corporel dans les 4heures. Ainsi la DL50 des extraits éthanoliques de *G. africanum* et *G. buchholzianum* est supérieure à 5000 mg/kg. Ces résultats corroborent avec ceux obtenus Etamé et al., 2017 qui ont montré les effets similaires de l'extrait au vin des graines de *Carica papaya* Linn à la même dose. Cependant, ces extraits non toxiques, peuvent être dangereux à fortes doses pour les populations vulnérables (OECD, 2008a).

Les différentes combinaisons E1, E2 et E3 à la dose 2000 mg/kg ont entraîné une augmentation significative de l'ASAT et la créatinine. Par contre, une augmentation significative des mêmes paramètres biochimiques a été observée pour le lot EBa à la dose 5000 mg/kg. Cette élévation des transaminases pourrait s'expliquer par une forte concentration de ces doses

en métabolites secondaires suivi d'une régulation après absorption. Ces enzymes sont synthétisées dans le cytoplasme et libéré dans la circulation générale lorsque les cellules sont endommagées (Ozturk and al., 2009 ; Etamé et al., 2017) et peuvent être utilisés pour vérifier l'étendue des lésions hépatocellulaires (Shittu and al., 2015). Chez ces rats, les combinaisons des extraits affecteraient sélectivement les transaminases puisque l'activité ALAT est plus sensible aux hépatocytes l'intégrité que celle de l'ASAT (Lawal and al., 2015), cette augmentation dans le sérum sans signes d'altérations des hépatocytes pourrait se justifier soit par une autorégulation de ces cellules, soit par une courte durée d'observation qui s'est faite sur 14 jours.

4. Conclusion

Ce travail a permis de montrer que les extraits éthanoliques des feuilles de *Gnetum africanum* Welw. et *Gnetum buchholzianum* Engl. (Gnétacées) sont riches en métabolites secondaires tels les tanins, les flavonoïdes, les saponines et les stérols. De plus les extraits et combinaisons d'extraits administrés par voie orale se sont avérés non toxiques à la dose inférieure ou égale à 5000 mg/kg et durant un temps d'observation de 14 jours. Sur la base des résultats de cette étude de toxicité aiguë, la production d'un médicament traditionnel amélioré à base des extraits de feuilles de *Gnetum africanum* Welw. et *Gnetum buchholzianum* Engl. pourrait être envisagée, après que des mécanismes d'action pharmacologiques soient confirmés.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent particulièrement au chef de Département des Sciences Pharmaceutiques, Faculté de Médecine et des Sciences Pharmaceutiques, Université de Douala, B.P. 2701 Douala, Cameroun et le laboratoire de recherche d'Institut Universitaire de Golfe de Guinée pour la disponibilité des équipements et réactifs nécessaires pour la réalisation de ce travail. Le Laboratoire d'histopathologie de la Faculté des Sciences de l'uni -

versité de Yaoundé I pour les coupes histologiques, Le Responsable et les chercheurs de CENDEP qui ont facilités l'acquisition et l'échantillonnage des feuilles de *Gnetum buchholzianum* Engl

Références

- Abebe, H., Gebre, T., Haile, A. 2014. Etude phytochimique des racines de *Solanum incanum*, zone Hadiaya, Ethiopie. *Journal des études sur les plantes médicinales*. Vol 2 no 2, pp83–93.
- Aloumba, A., 2007. Approche anthropo-psychologique des usages thérapeutiques et «médico-magiques » du genre *Gnetum*. In Mialoundama F. Le koko ou mfumbwa (*Gnétacées*). Une plante alimentaire d'Afrique centrale. L'Harmattan, pp 187 – 211.
- Amazu, L., Azikiwe, C., Njoku, C., Osuala, F., Nwosu, P., Ajugwo, A., Enye, J. 2010. Anti-inflammatory activity of the methanolic extract of the seeds of *Carica papaya* in experimental animals. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. Vol 3 no 1, pp 884-886.
- Besong, M., Samalang, P., Abia, C. 2001. Commercialization as an incentive and threat for *Gnetum* spp (Eru) in Cameroon, pp 69-72.
- Emeka, E. J. Iweala and Atinuke, O. Osundiya. 2010. Biochemical, haematological and histological effects of dietary supplementation with leaves of *Gnetum africanum* Welw. on paracetamol- induced hepatotoxicity in Rats. *International journal of pharmacology*. Vol 6, no 6, pp 872-879.
- Etamé Loé, G., Yinyang, J., Okalla, Ebongué, C., Makondo, B. V., Ngaba, G. P., Mpondo, Mpondo, E., Dibong, S. D. 2017. Étude de la toxicité aigüe et subaigüe de l'extrait au vin des graines de *Carica papaya* Linn. *Journal of Applied Biosciences* 120: 12077-12085. ISSN 1997-5902.
- Etamé R.M.E., Mouokeu, R.S., Ngane, R.A.N., Assam, Assam, J.P. et Masoche, A.M. 2017. Acute and sub-acute toxicity of *Harungana madagascariensis* LAM (Hypericaceae) stem bark methanol extract. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. Vol 7, no 03, pp160-167.
- Fadi, A., Mafu, A. A., Robert C. 2011. *Gnetum africanum*: A wild food plant from the African forest with many nutritional and medical properties. *Journal of Medicine and Food*, pp14, 1-9.
- Gurib-Fakim, A. 2006. Medicinal Plants: Traditions of Yesterday and Drugs of Tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine*. Vol. 27, pp 1-93.
- Lawal, B. K. O., Shittu, N. A., Abubakar, et al. 2015. "Biochemical evaluation in Wistar rats (*Rattus norvegicus*) following chronic exposure of methanol leaf extract of *Telfairia occidentalis*," *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Sciences*. Vol. 5, no. 9, pp740–744.
- Lien, E. L., Boyle, F. G., Wrenn, J. M., Perry, R. W., Thompson, C.A., Borzelleca, J. F. 2001. Comparison of AIN-76 and AIN-93G diets: a 13-week study in rats. *Food and Chemical Technology*. Vol 39, pp 385-392.
- Madinah, N., Nozmo, M., Ezekiel, I. 2015. The protective effects of aqueous extract of *Carica papaya* seeds in paracetamol induced nephrotoxicity in male Wistar rats. *African Health Sciences*. Vol 15, no 2, pp598–605.
- Meite, Alassane, Dally, Theodor, Ouattara, Howélé, Kouamé, Guy Marcel, Bouafou, Koffi, Kouame, Gabouët, et Kati-coulibaly, Séraphin. 2017. Paramètres biochimiques sanguins et biométrie des organes des rats soumis aux pains fortifiés avec la farine de graines non dilapidées de *Citrullus lanatus* (Cucurbitacées). *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 20, pp 560-567.
- Ndomou, M., Kammegne, Djidjou, P., Ntah, Ayong, M., Gouado, I., Tchegang, C. 2014. Evaluation de l'activité antidiabétique des extraits de feuilles de *Gnetum africanum* et *Gnetum bulchozianum* (Gnétacées). *Sciences, Technologies et Développement*, Vol 15, pp 60-65 <http://www.univ-douala.com/sdt/> E-mail : std@univ-douala.com ISSN 1029 – 2225.
- Ntah, M., 2011. Evaluation de l'activité antibactérienne et anti diarrhéique des extraits méthanoliques de feuilles de *Gnetum africanum* et *Gnetum buchholzianum* (Gnetaceae). Mémoire de DEA non publié, département de biochimie, Université de Douala, 78 P + annexes.
- OCDE, 2008a. Pharmacopée européenne. 6^{ème} édition, Tome1, pp. 178-568.
- Ozturk, N. Lee, J. H., Gaddameedhi, S. and Sancar A., 2009. "Loss of cryptochrome reduces cancer risk in p53 mutant mice," *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 106, no. 8, pp 2841–2846.
- Rasha, S., Tan, P., Jiyauddin Khan, Li, Wenji, Sadia, Sultan, Junainah, A. 2014. Phytochemical screening and antioxidant activity of different parts from five Malaysian herbs. *The Experiment*. Vol 19, pp1336-1347.
- Shittu, K. O., B. Lawal, M. G., Haruna, et al. 2015. "Hepato-curative effects of methanol extract from Nigerian bee propolis in carbon tetrachloride (CCl4) intoxicated rat," *European Journal of Biotechnology and Bioscience*. Vol. 3, no. 7, pp. 1–4.
- Tamert, A., Latreche, A. & Aouad, L. 2017. Criblage phytochimique et activité antimicrobienne des extraits de *Thymus serpyllum* et de *Thymus vulgaris* du mont de Tessala (Algérie occidentale). *Phytothérapie*. Vol 15, pp 384–394.
- Walter, Sven. 2001. Les produits forestiers non ligneux en Afrique. *Projet GCP*. 20 p.