

Stratégies antistress et potentiel antioxydant de quelques plantes et sels traditionnels utilisés en aviculture sous climat chaud dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun

[Anti-stress strategies and antioxidant potential of some traditional plants and salts used in poultry farming in hot climates in the Far North region of Cameroon]

Djaomanwe Denis, Tadondjou Tchingo Cyrille d'Alex, and Ponka Roger

Département d'Agriculture, Elevage et Produits Dérivés, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Maroua, Université de Maroua, Cameroon

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

ABSTRACT: The aim of this study was to explore local strategies used by poultry farmers in the Extreme-Nord region of Cameroon to mitigate the effects of heat stress in hens. To this end, a survey was carried out among 390 farmers in the Departments of Diamaré, Mayo-Danay and Mayo-Kani. A total of 19 strategies for combating heat stress were identified. The main ones were the use of canary to cool the water (15.63%), *Adansonia digitata* fruit pulp (8.46%), *Allium cepa* light violet or *Allium cepa* dark violet bulb (6.97%), traditional salts of *Sorghum bicolor* or *Zea mays* (5.97%), *Salanum macrocarpon* or *Salanum aethiopicum* fruit (5.92%) in chicken water. The phytochemical study of these plants showed that total polyphenol and tannin contents were highest in the fruit pulp of *Adansonia digitata*, *Salanum aethiopicum* and dark purple *Allium cepa* bulb. However, flavonoid, saponin and vitamin C levels were highest in *Salanum macrocarpon* fruit. *Adansonia digitata* fruit pulp and *Sorghum bicolor* traditional salts showed higher Zn, Fe and Cu contents ($p < 0.05$). The antioxidant powers of *Adansonia digitata*, *Allium cepa* light violet and *Salanum aethiopicum* were higher. We can conclude from the strategies explored that *Adansonia digitata* fruit pulp and *Sorghum bicolor* traditional salt have the best antioxidant potential.

KEYWORDS: Plant, Chicken, Antioxidant potential, Traditional salt, Heat stress, Mineral content.

RESUME: L'objectif de cette étude a été d'explorer les stratégies locales par les aviculteurs de la région de l'Extrême-Nord Cameroun pour atténuer les effets du stress causé par la chaleur chez les poules. Pour ce faire, une enquête a été menée auprès de 390 éleveurs dans les Départements du Diamaré, du Mayo-Danay et du Mayo-Kani. Au total 19 stratégies de lutte contre le stress thermique ont été identifiées. L'utilisation du canari pour rafraîchir l'eau (15,63 %), de la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* (8,46 %), du bulbe d'*Allium cepa* violet clair ou *Allium cepa* violet foncé (6,97 %), des sels traditionnels du *Sorghum bicolor* ou du *Zea mays* (5,97 %), du fruit de *Salanum macrocarpon* ou *Salanum aethiopicum* (5,92 %) dans l'eau de poules ont été les principales. L'étude phytochimique de ces plantes a montré que les teneurs en polyphénols totaux et tannins ont été plus élevées dans la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata*, de *Salanum aethiopicum* et le bulbe d'*Allium cepa* violet foncé. Cependant, les teneurs en flavonoïde, saponine et vitamine C ont été plus élevées dans le fruit de *Salanum macrocarpon*. La pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* et les sels traditionnels de *Sorghum bicolor* ont présenté des teneurs en Zn, Fe et Cu plus élevées ($p < 0.05$). Les pouvoirs antioxydants d'*Adansonia digitata*, *Allium cepa* violet clair et *Salanum aethiopicum* ont été plus élevés. Nous pouvons conclure des stratégies explorées que la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* et le sel traditionnel de *Sorghum bicolor* présentent le meilleur potentiel antioxydant.

MOTS-CLEFS: Plante, Poule, Pouvoir antioxydant, Sel traditionnel, stress thermique, Teneur en minéraux.

1 INTRODUCTION

Dans les pays à climat chaud, l'aviculture est en pleine expansion. Cependant, elle se trouve confrontée à plusieurs contraintes majeures dont celles liées à la variation des conditions environnementales. Les hautes températures enregistrées au cours de certaines périodes de l'année en sont des preuves [1], [2]. Ce type de conditions climatiques génère un stress thermique en élevage avicole [3]. Il se traduit par une forte diminution de la production et une baisse des performances zootechniques [4]. Il entraîne dans certains cas de fortes mortalités avec des taux pouvant aller jusqu'à 74% [5] et occasionnant des pertes économiques considérables pour les éleveurs [6], [7], [8]; d'où la flambée des prix de la viande aviaire considérée comme la principale source de protéines animales [9]. Pour résoudre ce problème et augmenter la résistance des poules à la chaleur, plusieurs stratégies ont été appliquées [10], [11]. Des stratégies techniques, génétiques ou nutritionnelles ont été progressivement mises en place [12], [13], [14]. Les solutions techniques consistent en l'utilisation d'équipements. Un système de ventilation et de renouvellement de l'air du bâtiment avec les débits de $4\text{m}^3/\text{h}/\text{kg}$ PV est utilisé [15]. Mais en présence d'un système de refroidissement, ce débit serait de $3\text{m}^3/\text{h}/\text{kg}$ de PV, inférieur à celui qui est recommandé. Une autre stratégie concerne l'eau de boisson; [16] l'eau fraîche ($18\text{ }^\circ\text{C}$) doit être distribuée aux poulets en ambiance chaude. La restriction alimentaire est une technique appliquée pour soulager les effets néfastes des températures élevées. Elle consiste soit à retirer la totalité de l'aliment pendant les heures les plus chaudes de la journée, soit à diminuer le pourcentage des quantités distribuées ou bien à minimiser certains taux des constituants de l'aliment concentré [17], [18], [19]; elle réduit la mortalité des poulets [20]. Mais, cette technique ne permet pas aux poulets de présenter normalement leurs performances zootechnique [21], [22]. L'acclimatation correspond à des changements induits par une longue exposition des poulets à une température élevée [23]; elle limite l'élévation de la température interne et peut diminuer la mortalité jusqu'à 50 % [24]. Malheureusement, la mise en œuvre de cette stratégie n'est pas aisée pour les éleveurs, car elle nécessite la connaissance précise de l'âge des poussins et l'augmentation de la température à $38\text{ }^\circ\text{C}$ environ au sein du bâtiment pendant 24 h [25]. Or l'âge biologique réel des poussins peut varier de deux jours selon leur moment d'éclosion [26]. D'un point de vue génétique, les moyens de lutte contre le stress thermique sont très limités puisque une amélioration de la race s'accompagne toujours d'une diminution de la rusticité [27]. La sélection génétique de souches « chair » a ralenti au fil des générations le développement relatif d'autres organes comme ceux des appareils cardiovasculaires et respiratoire [28]. C'est ainsi que l'efficacité de certaines fonctions vitales comme la thermorégulation est altérée [29]. Sur le plan nutritionnel, la technique consiste à élever la concentration énergétique par un apport lipidique supplémentaire et d'éviter d'augmenter le niveau protéique de l'aliment en conditions chaudes [30]. Il est nécessaire de prendre aussi en compte la composition de l'aliment. La supplémentation en acides aminés essentiels de synthèse (méthionine, lysine) améliore les performances des poulets en période chaude [31]. Par ailleurs, des antioxydants synthétiques utilisés depuis plusieurs décennies, sont malheureusement suspectés de présenter des effets négatifs sur la santé [32]. Cependant, la situation reste alarmante dans les régions chaudes. D'où l'ouverture de nouvelles pistes de recherches afin d'apporter une réponse aux problèmes des éleveurs en cette période critique [33]. L'efficacité de la phytothérapie est prouvée et ses bienfaits sont incontestables [34]. L'utilisation des plantes connaît un regain d'intérêt, particulièrement pour réduire les effets du stress [35]. Des suppléments en antioxydants sont réalisés avec de fruits et légumes pour lutter contre le stress [36]. Par exemple, l'incorporation de la bêtaïne dans l'alimentation des poules, améliore la capacité des poules à lutter contre la déshydratation par le maintien de l'équilibre ionique et leurs performances zootechniques [37]. Un équilibre alimentaire en électrolytes diminue la mortalité et améliore les paramètres productifs chez les poulets [38]. Malgré les bienfaits de la phytothérapie, il existe peu d'études concernant les effets d'antioxydants systémiques des produits d'origine végétale chez les volailles [39]. De ce fait, il est donc intéressant de trouver des antioxydants naturels tels que ceux contenus dans des matrices végétales. Ainsi, il est nécessaire d'explorer les pratiques locales utilisées par les éleveurs de la région de l'Extrême-Nord Cameroun pour réduire les effets du stress chez les poules sous des hautes températures en vue de les valoriser pour améliorer la productivité.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été menée dans la ferme d'application et de recherche de l'École Nationale Supérieure Polytechnique de Maroua (ENSPM), située dans la ville de Maroua, chef-lieu de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun. Maroua est situé par la Latitude Nord qui s'étend entre les 10° et 13° et la Longitude Est entre les 13° et 16° . Le climat est tropical de type soudano-sahélien avec deux saisons dont une saison sèche de huit mois qui commence en Octobre et s'achève en Mai; et une courte saison de pluies de quatre mois qui commence en Juin et s'achève en Septembre. La température varie entre $17\text{ }^\circ\text{C}$ en Novembre et $40\text{ }^\circ\text{C}$ en Avril avec un ensoleillement important [40].

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

2.2.1 ELABORATION DU QUESTIONNAIRE

Pour recueillir des informations auprès des éleveurs sur les pratiques locales thérapeutiques pour réduire les effets négatifs des hautes températures, un questionnaire a été élaboré. Il a porté principalement sur la caractérisation de la zone de production, la conduite et les contraintes d'élevage avicole, les pratiques thérapeutiques et les électrolytes locaux pour réduire les effets du stress chez les poules.

2.2.2 ECHANTILLONNAGE ET ENQUÊTE

Les enquêtes ont été menées en étroite collaboration avec les sectoriels, de Novembre 2021 à Janvier 2022, dans les Départements du Diamaré, du Mayo-Danay et du Mayo-Kani qui constituent les grands bassins de production avicole de la région de l'Extrême-Nord. Au total 390 éleveurs des poules sélectionnés dans 26 villages choisis, ont été interviewés suivant un questionnaire. L'enquête a porté sur les stratégies utilisées par les éleveurs pour réduire l'effet du stress causé par de fortes chaleurs dans l'élevage des poules.

2.3 EVALUATION DES TENEURS EN MINÉRAUX DES PLANTES ET DES SELS TRADITIONNELS

Les échantillons des plantes et sels traditionnels utilisés par les éleveurs des poules ont été achetés respectivement au marché abattoir de Maroua et à Djodjong chez une paysanne dans l'arrondissement de Mindif, au mois de mai 2022. Ensuite, ils ont été conditionnés dans les emballages et transportés au laboratoire pour les différentes analyses. Les teneurs en Ca, Mg, K, Na, Fe, Zn, Mn, Cu ont été déterminées par absorption atomique [41]. La teneur en phosphore a été déterminée par colorimétrie [42].

2.4 DOSAGE DES COMPOSÉS PHÉNOLIQUES ET VITAMINE C

Les échantillons de plantes ont été lavés à l'eau, égouttés avant d'être coupés en petits morceaux. Ils ont été mis dans l'étuve pour le séchage à 50 °C pendant 48 h avant d'être broyés à l'aide d'un robot mixeur jusqu'à l'obtention de la poudre. Un pilon et un mortier ont servi à la transformation des sels traditionnels en poudre.

Les composés phénoliques dosés dans les plantes ont été les polyphénols totaux, les flavonoïdes, les tannins, les saponines ainsi que la vitamine C.

Les teneurs en polyphénols totaux ont été déterminés par la méthode de [43]; les teneurs en flavonoïdes totaux par la méthode de [44]; les teneurs en tannins et en saponines par les méthodes de [45]. La teneur en vitamine C a été déterminée par la méthode de [46].

2.5 EVALUATION DU POUVOIR ANTIOXYDANT

Pour évaluer le pouvoir antioxydant des composés, le test DPPH et le test FRAP ont été réalisés. L'évaluation du pourcentage d'inhibition du radical des radicaux 2, 2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) a été faite par la méthode décrite par [47]; le pourcentage antioxydant du réducteur ferrique (FRAP) a été obtenu suivant le protocole décrit par [48].

2.6 ANALYSE STATISTIQUE DES RÉSULTATS

Les résultats des analyses phytochimiques ont été restitués sous forme de moyennes \pm Ecart-type en utilisant le logiciel SPSS version 20.1.1.0. Les données ont été soumises au test d'analyse de variance (ANOVA) à un facteur et la comparaison des moyennes a été réalisée par le test de Tukey au seuil de significativité $P < 0,05$ via le logiciel GraphPad Prism 5.03. La corrélation de Pearson entre composés et potentiels antioxydants aux seuils de significativité $P < 0,01$ et $P < 0,05$ faite par le logiciel SPSS version 20.1.1.0.

3 RÉSULTATS

3.1 RÉPARTITION DES AVICULTEURS EN FONCTION DES STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE LE STRESS THERMIQUE

Le tableau 1 présente la répartition des aviculteurs en fonction des stratégies de lutte contre le stress thermique.

Les résultats des enquêtes montrent que les éleveurs utilisent 19 stratégies pour atténuer les effets du stress thermique chez les poules. A l'exception de 4 stratégies, toutes les 15 autres sont communes aux 03 départements enquêtés, quoique à des fréquences différentes. Ils utilisent plus fréquemment cinq stratégies dont la fréquence d'utilisation varie d'une à l'autre: le canari pour rafraîchir l'eau de boisson (15,63 %), la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* (8,46 %), le bulbe d'*Allium cepa* (6,97 %), le sel traditionnel de *Zea mays* ou *Sorghum bicolor* (5,97 %) et le fruit de *Salanum macrocarpon* ou *Salanum aethiopicum* (5,92 %) comme de suppléments dans l'eau de boisson des poules. Toutefois, les différentes stratégies utilisées varient en fonction des départements.

Dans le Diamaré, les éleveurs utilisent toutes les stratégies identifiées exception faite de: la chair de musaraigne, l'écorce de *Khaya senegalensis* et la fleur de *Calotropis procera* dans l'eau de boisson. Cependant, le fruit de *Salanum macrocarpon* ou *Salanum aethiopicum* dans l'eau de boisson (3,10 %) et l'arrosage des endroits de repos des poules (3,59 %) sont plus utilisés dans le Diamaré (3,10 %). Dans le Mayo-Kani, à l'exception de glaçons dans l'eau de boisson, toutes les autres stratégies sont utilisées avec la prédominance du bulbe d'*Allium cepa* dans l'eau de boisson (3,85 %) et du canari pour rafraîchir l'eau de boisson (5,38 %) relevée. Dans le Mayo-Danay, les éleveurs pratiquent toutes les stratégies identifiées dans les deux autres départements. Mais, les fréquences d'utilisation de la pulpe du fruit d'*Adansonia digitata* dans l'eau de boisson (5,64 %) et du canari pour rafraîchir l'eau de boisson (7,43 %) sont plus élevées comparativement aux autres stratégies d'atténuation des effets du stress thermique. Elles sont les plus pratiquées par les éleveurs dans ce département.

Tableau 1. Répartition des éleveurs en fonction des stratégies de lutte contre le stress thermique

Stratégies	Fréquences (%)			
	Diamaré	Mayo-Kani	Mayo-Danay	Total
Glaçons dans l'eau de boisson	0,25	0	0,51	0,76
Pulpe de fruit d' <i>Adansonia digitata</i> dans l'eau de boisson	0,51	2,31	5,64	8,46
Feuille de d' <i>Adansonia digitata</i> dans l'aliment	0,77	1,79	2,3	4,86
Bulbe d' <i>Allium cepa</i> violet clair ou <i>Allium cepa</i> violet foncé dans l'eau de boisson	2,10	3,85	1,02	6,97
Piment dans l'eau de boisson	0,51	1,28	1,79	3,58
Sel traditionnel de <i>Zea mays</i> ou <i>Sorghum bicolor</i> dans l'eau de boisson	0,77	3,10	2,10	5,97
Chair de la musaraigne dans l'eau de boisson	0	0,77	0,51	1,28
Concombre sauvage dans l'eau de boisson	1,28	2,31	1,79	5,38
Feuille de <i>Vernonia amygdalina</i> dans l'aliment	1,79	0,51	1,28	3,58
Sel de cuisine dans l'eau de boisson	2,31	1,02	0,77	4,1
Fruit de <i>Salanum macrocarpon</i> ou <i>Salanum aethiopicum</i> dans l'eau de boisson	3,10	1,28	1,54	5,92
Ecorce de <i>Khaya senegalensis</i> dans l'eau de boisson	0	1,79	1,03	2,82
Fleur de <i>Calotropis procera</i> dans l'eau de boisson	0	1,28	0,77	2,05
Utilisation de canari pour rafraîchir l'eau de boisson	2,82	5,38	7,43	15,63
Arrosage des endroits de repos des poules	3,59	0,77	0,76	5,12
Trempage des œufs dans l'eau rafraîchie	2,31	4,61	3,59	10,51
Étalage du coton aux nids des poules	1,77	1,28	0,77	3,82
Paillage de nids des poules	0,77	2,31	1,79	4,87
Ombrage	1,77	1,53	1,02	4,32
Total	26,42	37,17	36,41	100

3.2 TENEURS EN MINÉRAUX DES PLANTES ET SELS TRADITIONNELS

3.2.1 TENEURS EN MINÉRAUX DES PLANTES

Les teneurs en minéraux des plantes utilisées sont présentées dans le tableau 2. Il ressort de ce tableau qu'à l'exception du Na, les teneurs en minéraux P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu et Mn ont été significativement élevées ($p < 0,05$) dans la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata*. Par contre, les teneurs en Mg et Zn ont été faibles respectivement dans le bulbe d'*Allium cepa violet foncé* (11,67 mg/100g) et le fruit de *Salanum aethiopicum* (0,06 mg/100g).

Tableau 2. Teneurs en minéraux des plantes (mg/100g)

	Fruit de <i>Salanum macrocarpon</i>	Fruit de <i>Salanum aethiopicum</i>	Bulbe d' <i>Allium cepa violet foncé</i>	Bulbe d' <i>Allium cepa violet clair</i>	Pulpe de fruit d' <i>Adansonia digitata</i>	P
P	15,35 ± 0,03 ^c	8,68 ± 0,06 ^c	27,81 ± 0,02 ^b	34,59 ± 0,01 ^b	80,24 ± 0,49 ^a	0,0341
K	123,32 ± 0,04 ^c	139,75 ± 0,04 ^b	142,01 ± 0,07 ^b	106,87 ± 0,03 ^c	158,17 ± 0,83 ^a	0,0274
Ca	21,14 ± 0,01 ^c	34,08 ± 1,40 ^b	24,98 ± 0,01 ^c	39,42 ± 0,01 ^b	302,62 ± 0,98 ^a	0,0158
Na	16,14 ± 0,03 ^{ab}	22,73 ± 0,02 ^a	2,45 ± 0,03 ^c	5,31 ± 0,01 ^c	14,83 ± 0,19 ^b	0,0012
Mg	26,21 ± 0,03 ^c	37,49 ± 0,03 ^b	11,67 ± 0,02 ^c	28,75 ± 0,03 ^{bc}	195,58 ± 0,06 ^a	0,0073
Fe	0,22 ± 0,03 ^d	0,31 ± 0,01 ^c	0,25 ± 0,01 ^{cd}	0,78 ± 0,01 ^b	4,36 ± 0,06 ^a	0,0026
Zn	0,10 ± 0,03 ^c	0,06 ± 0,01 ^c	0,19 ± 0,01 ^b	0,08 ± 0,01 ^c	10,26 ± 0,04 ^a	0,0015
Cu	0,06 ± 0,01 ^c	0,03 ± 0,01 ^c	0,04 ± 0,01 ^c	0,11 ± 0,01 ^b	0,97 ± 0,01 ^a	0,0463
Mn	0,12 ± 0,03 ^{cd}	0,07 ± 0,01 ^{dd}	0,15 ± 0,01 ^c	0,29 ± 0,01 ^b	0,78 ± 0,01 ^a	0,0025

Les moyennes ayant les lettres différentes en exposant au sein de la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

3.2.2 TENEURS EN MINÉRAUX DES SELS TRADITIONNELS

Le tableau 3 présente les teneurs en minéraux des sels traditionnels de *Zea mays* et *Sorghum bicolor*.

Il ressort de ce tableau que les teneurs en P, K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn et Cu varient significativement d'un sel à l'autre ($p < 0,05$). Le sel de *Sorghum bicolor* présente les teneurs plus élevées en K, Na, Fe, Zn et Cu. Par contre les teneurs en P, Ca, Mg, Mn sont plus élevées dans celui de *Zea mays* présente.

Tableau 3. Teneurs en minéraux des sels traditionnels (mg/100g)

	Sel de <i>Sorghum bicolor</i>	Sel de <i>Zea mays</i>	P
P	208,52 ± 0,14 ^b	315,67 ± 0,13 ^a	0,0187
K	787,19 ± 0,13 ^a	615,32 ± 0,06 ^b	0,0028
Ca	45,73 ± 0,12 ^b	109,14 ± 0,10 ^a	0,0015
Na	221,65 ± 0,12 ^a	198,48 ± 0,13 ^b	0,0031
Mg	216,08 ± 0,06 ^b	345,31 ± 0,14 ^a	0,0026
Fe	25,38 ± 0,11 ^a	13,65 ± 0,07 ^b	0,0286
Zn	59,73 ± 0,14 ^a	37,01 ± 0,11 ^b	0,0024
Cu	9,24 ± 0,13 ^a	2,84 ± 0,06 ^b	0,0173
Mn	216,08 ± 0,12 ^b	345,31 ± 0,07 ^a	0,0015

Les moyennes ayant les lettres différentes en exposant au sein de la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

3.3 TENEURS EN COMPOSÉS PHÉNOLIQUES ET EN VITAMINE C DES PLANTES

Les Teneurs en composés phénoliques et en vitamine C des plantes sont présentées dans le tableau 4.

La teneur en polyphénols totaux varie significativement ($p < 0,05$) d'une plante à l'autre. Les valeurs ont été significativement plus faible (56,00 mg/100g) d'*Allium cepa violet clair* comparativement à celles obtenues du fruit de *Salanum aethiopicum* (64,95 mg/100g), la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* (65,17 mg/100g) ou le bulbe d'*Allium cepa violet foncé* (66,75

mg/100g). La teneur en flavonoïde du fruit de *Salanum macrocarpon* (36,85 mg/100g) a été significativement plus élevée ($p < 0,05$), mais a été statiquement similaire à celle du bulbe d'*Allium cepa* violet foncé (32,47 mg/100g). La teneur en tannins montre une variation significative ($p < 0,05$) entre les plantes. Le bulbe d'*Allium cepa* violet clair a présenté significativement la plus faible valeur (6,02 mg/100g) comparativement à celles obtenues dans les autres plantes. La teneur en saponines présente de différences significatives ($p < 0,05$) entre les plantes. Elle a été significativement supérieure (8,84 mg/100g) dans le fruit de *Salanum macrocarpon* mais plus faible (2,275 mg/100g) dans le bulbe d'*Allium cepa* violet foncé. La teneur en flavonoïde du fruit de *Salanum macrocarpon* (36,85 mg/100g) a été significativement supérieure ($p < 0,05$) à celles des autres plantes, mais a été statiquement similaire à celle du bulbe d'*Allium cepa* violet foncé (32,47 mg/100g).

La teneur en vitamine C du bulbe d'*Allium cepa* violet clair (74,33 mg/100g) a été significativement plus faible ($p < 0,05$) comparativement à celle obtenue dans le fruit de *Salanum macrocarpon* (88,86 mg/100g) plus élevée.

Tableau 4. Teneurs en composés phénoliques et en vitamine C des plantes

	Fruit de <i>Salanum macrocarpon</i>	Fruit de <i>Salanum aethiopicum</i>	Bulbe d' <i>Allium cepa</i> violet foncé	Bulbe d' <i>Allium cepa</i> violet clair	Pulpe de fruit d' <i>Adansonia digitata</i>	P
Polyphénols totaux (mg EqA.G /g)	60,87 ± 0,12 ^{ab}	64,95 ± 0,22 ^a	66,75 ± 0,23 ^a	56,00 ± 0,14 ^b	65,17 ± 0,25 ^a	0,0014
Flavonoïdes (mg Eq Quer/g)	36,85 ± 1,53 ^a	29,68 ± 0,96 ^b	32,47 ± 0,62 ^{ab}	24,11 ± 0,74 ^b	27,81 ± 0,78 ^b	0,0237
Tannins (mg Eq Caté/g)	12,44 ± 0,96 ^b	19,55 ± 0,87 ^a	10,44 ± 0,32 ^{bc}	6,02 ± 0,79 ^c	18,92 ± 0,67 ^a	0,0037
Saponines (mg Eq Galac/g)	8,84 ± 0,46 ^a	5,49 ± 0,27 ^{ab}	2,27 ± 0,32 ^b	5,42 ± 0,42 ^{ab}	5,71 ± 0,63 ^{ab}	0,0016
Vitamine C (mg Eq A.A/100g)	88,86 ± 0,36 ^a	85,11 ± 0,11 ^{ab}	76,98 ± 0,76 ^{ab}	74,33 ± 0,52 ^b	76,12 ± 0,67 ^b	0,0032

Les moyennes ayant les lettres différentes en exposant au sein de la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

3.4 POUVOIR ANTIOXYDANT DES PLANTES UTILISÉES

Le tableau 5 présente le pouvoir antioxydant des plantes utilisées.

L'activité antioxydante des plantes au DPPH varie significativement d'une plante à une autre ($p < 0,05$) allant de 51,33 à 68,45 (mg EqT/g). *Adansonia digitata*, *Allium cepa* violet clair et *Salanum aethiopicum* ont présenté le pouvoir antioxydant le plus élevé ($p < 0,05$). Le pouvoir antioxydant des plantes au FRAP varie significativement d'une plante à une autre ($p < 0,05$) allant de 50,37 à 70,93 (mg EqT/g). *Allium cepa* violet clair et *Adansonia digitata* ont présenté le pouvoir antioxydant le plus élevé ($p < 0,05$).

Tableau 5. Pouvoir antioxydant des plantes

	Fruit de <i>Salanum macrocarpon</i>	Fruit de <i>Salanum aethiopicum</i>	Bulbe d' <i>Allium cepa</i> violet foncé	Bulbe d' <i>Allium cepa</i> violet clair	Pulpe de fruit d' <i>Adansonia digitata</i>	P
DPPH (mgEqT/g)	51,33 ± 1,58 ^b	68,45 ± 1,02 ^a	60,21 ± 1,52 ^{ab}	64,09 ± 1,24 ^a	68,34 ± 1,22 ^a	0,0013
FRAP (mg EqT/g)	53,22 ± 2,02 ^b	50,54 ± 1,54 ^b	50,37 ± 1,06 ^b	70,93 ± 1,42 ^a	61,34 ± 1,02 ^a	0,0037

Les moyennes ayant les lettres différentes en exposant au sein de la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

3.5 CORRÉLATION ENTRE LES COMPOSÉS PHÉNOLIQUES, LA VITAMINE C ET POUVOIRS ANTIOXYDANTS DES PLANTES UTILISÉES

Les corrélations de Pearson entre les composés phénoliques, la vitamine C et les pouvoirs antioxydants sont présentées dans le tableau 6.

Les corrélations de Pearson entre les composés bioactifs et potentiels antioxydants évalués montrent qu'il existe un lien positivement significatif entre eux; ce qui s'observe par la teneur en polyphénols avec un lien positif de 69 % pour les

flavonoïdes et 71 % pour les tannins respectivement. De même, les tannins sont liés entre eux à 75 % avec les saponines alors que le lien entre les flavonoïdes et la vitamine C s'est élevé à 80 %.

Tableau 6. Corrélation de Pearson entre composés et pouvoirs antioxydants

	Polyphénols	Flavonoïdes	Tannins	Saponines	Vitamine C	DPPH	FRAP
Polyphénols	1						
Flavonoïdes	0,69**	1					
Tannins	0,71**	0,40*	1				
Saponines	0,59**	0,28	0,75**	1			
Vitamine C	0,23*	0,80**	0,62**	0,71**	1		
DPPH	0,49**	0,49**	0,69**	0,84**	0,62**	1	
FRAP	0,87**	0,34	0,57**	0,76**	0,73**	0,89**	1

** Corrélation significative au seuil 0, 01; * Corrélation significative au seuil 0, 05.

4 DISCUSSION

Les résultats des enquêtes menées auprès des éleveurs des poules montrent qu'ils utilisent 19 stratégies pour atténuer les effets du stress causé par la chaleur. Cependant, ces résultats présentent une grande variation de la fréquence d'utilisation d'une stratégie à une autre en fonction des départements. Ces résultats sont en accord avec les travaux de [49]. Des 19 stratégies repertoriées, 10 sont relatives à l'utilisation des plantes. En effet, les plantes sont plus utilisées en supplémentation par les éleveurs locaux comme stratégies pur atténuer les effets du stress thermique, notamment la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* (8,46 %), le bulbe d'*Allium cepa* (6,97 %), le sel traditionnel de *Zea mays* ou *Sorghum bicolor* (5,97 %) et le fruit de *Salanum macrocarpon* ou *Salanum aethiopicum* (5,92 %). De ce dernier auteur a rapporté que des pratiques de la phytothérapie varient d'une localité à l'autre et dépendent des facteurs comme la culture, l'histoire et les philosophies personnelles. Par ailleurs, les différences observées entre certaines stratégies utilisées pourraient s'expliquer par la disponibilité des plantes et matériel exploités dans les localités des éleveurs qui auraient obtenu des résultats intéressants de leur application dans l'élevage.

Le rôle vital joué par les plantes chez les animaux a été montré par [50]. Il a expliqué que les plantes locales utilisées dans l'alimentation fournissent des composés antioxydants que ne contiennent pas les aliments de base. La contribution du fruit d'*Adansonia digitata* à diverses utilisations médicales et alimentaires importantes a été présentée par [51], [52]. *Allium cepa* est plus riche en composés bioactifs qui ont de potentiels effets bénéfiques sur la santé. Certains sont aussi intéressants d'un point de vue technologique [53]. La culture d'oignons se pratique sur toutes les périodes [54]. C'est qui le rendrait disponible. *Salanum macrocarpon* ou *Salanum aethiopicum* qui possède une importance économique et traditionnelle. Sa culture est adaptée à des climats très variés. Il a été montré que l'aubergine contient les polyphénols et constitue une bonne source de vitamines et minéraux [55]. Ainsi, la consommation des aliments riches en polyphénols est un avantage en raison de leurs activités antioxydantes [56], [57]. Les sels traditionnels et de cuisine sont utilisés dans tous les trois départements constituant les bassins de production des poules de la région. [58] ont rapporté que l'addition du sel dans l'eau de boisson, limite l'augmentation du pH sanguin et accroît la consommation de l'eau.

Les résultats de l'analyse chimique des plantes et sels traditionnels montrent que les teneurs en minéraux (P, K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn, Cu et Mn) varient significativement ($p < 0,05$) d'une plante à une autre et d'un sel à l'autre. Les teneurs en Cu, Mg et Zn ont été plus élevées dans la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* avec 195,58; 10,26 et 0,97 (mg/100g) respectivement. Par contre, le fruit de *Salanum aethiopicum* a présenté des teneurs plus faibles en Zn et Cu avec 0,06 et 0,03 (mg/100g) respectivement. De même, le sel de *Sorghum bicolor* a présenté les teneurs plus élevées en Zn (59,73 mg/100g) et Cu (9,24 mg/100 g). Par contre la teneur en Mg (345,31 mg/100g) a été plus élevée dans le *Zea mays*. Les différences observées entre les teneurs en minéraux des plantes et sels seraient liées aux facteurs génétiques [59], [60]. Les rôles des minéraux ont été présentés par plusieurs auteurs. Ils jouent un important rôle dans le mécanisme physiologique animal [61]. Ils assurent le maintien de l'équilibre acido-basique du sang permettant ainsi la réduction de la mortalité chez les poules [62]. En effet, en période de chaleur, elles épuisent très rapidement les électrolytes. Ainsi, les animaux sont soumis au stress. Il est donc nécessaire de donner aux poules des électrolytes dans l'eau de boisson dont la consommation prévient la déshydratation des sujets [63]. Cet auteur a rapporté que la prévention du stress est favorisée principalement par le potassium, le chlorure et le sodium. Par contre le rôle de magnésium a été montré par [64]. Il interviendrait dans la formation des anticorps et dans la synthèse des immunoglobulines en tant que cofacteurs. Ainsi, un apport adéquat en magnésium permet de mieux gérer les

situations de stress et d'en diminuer l'impact. [65] ont souligné que l'enrichissement en magnésium des cellules leur permet d'être plus résistantes au stress des hautes températures. Le calcium est un facteur majeur dans l'ossification et le système nerveux. En association avec le phosphore, le calcium permet de lutter contre l'ostéoporose [66].

Le cuivre et zinc sont des minéraux réputés pour lutter contre le stress thermique chez les poules. Ils sont des cofacteurs essentiels de la superoxydes-dismutase. Le cuivre peut passer de l'état réduit à l'état oxydé [67]. La superoxydes-dismutase est une enzyme antioxydante. Elle intervient dans des réactions neutralisant l'effet des radicaux libres comme l'anion superoxyde (O^{2-}). Son rôle majeur est de catalyser la dismutation des ions superoxydes (O^{2-}) en peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). Le zinc est un antioxydant puissant. Il est le cofacteur avec le cuivre de la superoxyde dismutase, enzyme clé piégeant les ions superoxydes. Il a une action anti-radicalaire directe sur la formation du radical hydroxyle [68]. Par ailleurs, [69] a montré un rôle essentiel du zinc dans la croissance et le développement des animaux. Par contre le potassium intervient dans la régulation des battements du cœur et la contraction des muscles [70].

L'étude phytochimique a montré que les teneurs en composés phénoliques et en vitamine C et le pouvoir antioxydant des plantes utilisées varie significativement ($p < 0,05$) d'une plante à une autre.

Les fruits de *Salanum macrocarpon* et de *Salanum aethiopicum*, les bulbes d'*Allium cepa* violet et d'*Allium cepa* violet clair et la pape d'*Adansonia digitata* contiennent des composés phénoliques et de la vitamine C qui ont des teneurs significativement ($p < 0,05$) différentes. Les teneurs en polyphénols totaux ont été plus élevées dans le fruit de *Salanum aethiopicum* (64,95 mg EqA.G /g), la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* (65,17 mg EqA.G /g) ou le bulbe d'*Allium cepa* violet foncé (66,75 mg EqA.G /g). Ces valeurs sont supérieures à celle de 46,43 mg EqA.G /g obtenue par [71] dans *Tamarindus indica*; de 30,51 mgEAG/g et 74,13 mgEAG/g obtenues par [72] sur les fruits d'une variété blanche de *Salanum* et d'une autre violette pourpre respectivement. Mais, elles sont inférieures à celle rapportée par [73] sur les feuilles de *Commelina benghalensis* (74,13 mgEAG/g). Les effets bénéfiques d'utilisation des polyphénols ont été rapportés par certains auteurs. [74] ont montré qu'ils présentent un intérêt pour la prévention du stress. De même, leur utilisation dans le traitement de certaines maladies a été signalée par [75]. La teneur en flavonoïde du fruit de *Salanum macrocarpon* (36,85 mg Eq Quer /g) a été significativement supérieure ($p < 0,05$) à celles des autres plantes, mais a été statiquement similaire à celle du bulbe d'*Allium cepa* violet foncé (32,47 mg Eq Quer /g). Nos résultats sont comparables à ceux des travaux de [76] sur les feuilles de *Ficus vallis-choudae* (37,55 mg Eq Quer/g). Les effets thérapeutiques des flavonoïdes ont été rapportés par [77]. Il a aussi montré qu'ils sont des piègeurs de radicaux libres produits dans l'organisme en situation de stress. La teneur en tannins montre une variation significative ($p < 0,05$) entre les plantes. Le fruit de *Salanum aethiopicum* et la pulpe du fruit d'*Adansonia digitata* ont présenté des valeurs significativement plus élevées (19,55 mg Eq Quer /g et 18,92 mg Eq Quer /g respectivement). Elles sont supérieures à celle obtenue par [78] sur *Balanites aegyptiaca*. La présence des tannins dans les extraits de *Boscia senegalensis*, *Colocynthis vulgaris* et *Lippia multiflora* a été signalée par [79]. Les résultats des travaux de [80] ont montré une forte activité antioxydante des tannins qui sont des très bons pièges à radicaux libres et inhibiteurs de la formation de radicaux superoxydes. Ces résultats corroborent avec celui de [81] ont montré une capacité antioxydante élevée de *Salanum macrocarpon* ou *Salanum aethiopicum* qui est due à sa teneur élevée en composés phénoliques. La teneur en saponines a été significativement supérieure (8,84 mg Eq Caté/g) dans le fruit de *Salanum macrocarpon*. Ce résultat est inférieur à la valeur de 17,60 mg Eq Caté/g obtenue par [82] sur les feuilles *Ficus vallis-choudae*. La teneur en vitamine C du fruit de *Salanum macrocarpon* (88,86 mgEq A.A/100g) a été significativement plus élevée ($p < 0,05$) comparativement à celles obtenues des autres plantes. Ces valeurs sont supérieures à celles de *Tamarindus indica* (65,71 mg Eq A.A/100g) obtenues par [83]. En effet, l'importance de suppléments en vitamine C comme antistress a été signalée dans des nombreux travaux, notamment ceux de [84]. Son utilisation par [85] a réduit le taux de mortalité chez les poulets. De même, l'amélioration du gain de poids chez les poules a été rapportée par [86]. Ces résultats sont en accord avec ceux de [87] qui a prouvé l'activité antioxydante de la vitamine C. Cet auteur a montré qu'en situation de stress, les espèces réactives de l'oxygène produites sont neutralisées par la vitamine C à des concentrations très faibles. En outre, son intervention dans la régénération des autres antioxydants comme les α -tocophérol a été confirmée par [88]. En effet, à l'exception du tannin, tous les résultats obtenus sur les différentes plantes sont supérieurs à ceux obtenus par [89] sur *Moringa oleifera*, *Cymbopogon citratus* et *Allium sativum* qui sont reconnus pour leurs activités anti-oxydantes. La richesse des plantes en polyphénols, flavonoïdes, saponines, tannins et en vitamines C leur confèrent une capacité antioxydante. Leur caractéristique principale est la capacité à absorber ou piéger les radicaux libres dans les systèmes biologiques [90]. Certains auteurs ont rapporté que l'utilisation d'antioxydant peut atténuer les effets négatifs du stress thermique. La variabilité constatée dans les teneurs en différents composés des plantes peut être due à l'environnement de la plante, au climat, à la saison, à l'âge de la plante, au type de plante, au programme génétique de la plante, aux pratiques culturales, à la maturité et/ ou au type de sol [91], [92].

La mesure de la capacité d'une molécule à piéger des radicaux libres est devenue une routine pour tester le pouvoir antioxydant. L'activité antioxydante des plantes au DPPH et au FRAP varie significativement d'une plante à une autre ($p < 0,05$). Cependant, au DPPH le pouvoir antioxydant a été significativement plus élevé ($p < 0,05$) dans la pulpe de fruit d'*Adansonia*

digitata, le bulbe d'*Allium cepa* violet clair et le fruit de *Solanum aethiopicum* avec 68,34; 64,09 et 68,45 (mg EqT/g) respectivement. Au FRAP, la même observation a été faite avec le bulbe d'*Allium cepa* violet clair et la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* qui ont présenté le pouvoir antioxydant le plus élevé avec 70,93 et 61,34 (mg EqT/g) respectivement. Toutefois les différences observées entre ces valeurs seraient liées aux facteurs génétiques [93], [94]. Le pouvoir antioxydant de ces plantes pourrait être attribué à la présence des composés phénoliques, principalement les flavonoïdes, car les données de la littérature prouvent que les flavonoïdes sont des puissants réducteurs des métaux [95]. L'emploi de telles sources d'antioxydants permet de stabiliser les viandes de volailles face au risque de lipo peroxydation [96]. [97] ont observé sur l'épithélium digestif, les effets bénéfiques d'extraits végétaux ayant une action antioxydante. Ils pourraient s'expliquer par la réduction du stress oxydatif responsable d'une dégradation de la barrière de l'épithélium gastro-intestinal.

Les corrélations de Pearson entre les composés bioactifs et potentiels antioxydants évalués montrent qu'il existe un lien positivement significatif entre eux. La teneur en polyphénols présente un lien positif de 69 % pour les flavonoïdes et 71 % pour les tannins respectivement. Le lien entre les flavonoïdes et la vitamine C est plus fort avec 80 %. Toutefois, tous ces composés bioactifs sont associés significativement et positivement dans leurs activités antiradicalaires au DPPH; ce qui est de même pour potentiel réducteur de fer à la méthode FRAP. Des effets additifs et potentialisateurs ont été notés entre les méthodes d'activités antioxydantes mises en jeux et les composés phénoliques évalués. Indépendamment de la nature, les composés phénoliques ont été significativement et positivement corrélés à la DPPH et à la FRAP. Toutefois, le coefficient de corrélation avec la DPPH a été plus élevé avec les saponines tandis qu'avec la FRAP, il a été élevé avec les polyphénols et les saponines.

5 CONCLUSION

Il ressort de ce travail que 19 stratégies sont utilisées par les éleveurs pour lutter contre le stress thermique chez les poules dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun. L'utilisation de la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* (8,46 %), du bulbe d'*Allium cepa* (6,97 %), des sels traditionnels de *Zea mays* et *Sorghum bicolor* (5,97 %), du fruit de *Solanum macrocarpon* ou *Solanum aethiopicum* (5,92 %) en supplémentation dans l'eau de boisson des poules et de canari pour rafraîchir l'eau de boisson en sont les principales. Les teneurs en composés phénoliques (polyphénols totaux, flavonoïdes, saponines, tannins) ainsi que les pouvoirs antioxydants varient significativement d'une plante à l'autre. Les valeurs les plus élevées de ces paramètres ont été enregistrées avec la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* et le fruit de *Solanum macrocarpon* ou *Solanum aethiopicum*. Les teneurs en minéraux ont varié entre les deux sels traditionnels et d'une plante à l'autre. Toutefois, les teneurs en Zn, Fe et Cu ont été significativement plus élevées dans la pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* et dans le sel traditionnel de *Sorghum bicolor*. La pulpe de fruit d'*Adansonia digitata* et le sel traditionnel de *Sorghum bicolor* sont les plus recommandés pour lutter contre le stress thermique chez les poules, vue leurs richesses en composés phénoliques et minéraux.

REFERENCES

- [1] Lombo, K. Tona, B. Bonfoh et K. E. Kpemoua, (2019). Effet de la température sur la croissance des pintadeaux élevés au Togo. *ISSN sur papier (on hard copy): 1025-2355 et ISSN en ligne (on line): 1840-7099*.
- [2] Mandonnet E, Tillard B, Faye A, Collin J. L, Gourdine, Naves, Bastianelli, Tixier-Boichard, Renaudeau, (2011). Adaptation des animaux d'élevage aux multiples contraintes des régions chaude. *INRA Prod. Anim.*, 24 (1), 41-64.
- [3] Farfán C., Oliveros Y., Bastianelli D., De Basilio V., (2011). Amélioration de la résistance des poulets de chair au stress thermique par l'addition d'électrolytes dans l'aliment ou l'eau de boisson. *UCV, Instituto de Produccion Animal, Maracay – Venezuela.p4*.
- [4] Tesseraud S. et Temim S., (1999). Modifications métaboliques chez le poulet de chair en climat chaud: conséquences nutritionnelles. *INRA Prod. Anim.*, 12,353-363.
- [5] Abu-Dieyeh, (2006). Effect of chronic heat stress and long-term feed restriction on broiler performance. *International journal of Poultry Science* 5 (2): 185-190.
- [6] Hadj Ayed, M. Youneb et R. Bouras, (2016). Effet de Betafin® sur l'atténuation des effets du stress thermique chez le poulet de chair. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, IABC* (11), 1276-1281.
- [7] Mashaly, M. M., G. L. Hendricks, M. A. Kalama, A. E. Gehad, A. O. Abbas, P. H. Patterson, (2004). Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial layinghens. *Poultry Science*, 83: 889-894.
- [8] Rao, R.S.V., D. Nagalakshimi, V. R. Reddy, (2002). Feeding to minimize heat stress. *Poultry Science*, 396-398.
- [9] Bengharbi Zineb, Dahmouni Said, Mouats Aziz, Halbouche Miloud, (2014). Effet d'un traitement thermique précoce d'une semaine à température décroissante sur l'évaluation du poids vif du poulet de chair élevé en climat chaud. *European Scientific Journal, edition vol.10, N°12 ISSN: 1857-7881*.
- [10] Yahav S, (2000). Domestic fowl strategy to confront environmental conditions. *Avian Poult Biol. Rev.*, 11, 81-95.

- [11] Marandure T., H. Hamudikuwanda et E. Mashonjowa, (2011). Effect of duration of early age thermal conditioning on growth and heat tolerance in broiler chickens, *Electronic. Journal of environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 10: 1909-1917.
- [12] Fernandes J. I. M., Lidiane B. S., Elisangela T. G., Alvaro M. B. J., Felipe E. and Leonardo, (2013). Thermal conditioning during the first week on performance, heart morphology and carcass yield of broilers submitted to heat stress, *Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá*, v. 35, n. 3, p. 311-319.
- [13] Hassan, A.M. and P.G. Reddy, (2012). Early age thermal conditioning improves broiler Chick's response to acute heat stress at marketing age. *Am. J. Anim. Vet. Sci.*, 7: 1- 6.
- [14] Naila imtiaz, Asad sultan, Sarzamin Khan, Ajab Khan and Hamayun Khan, (2014). Culminating the Influence of Heat Stress in Broilers by Supplementing Zinc and Vitamin C, *World Applied Sciences Journal* 30 (8): 1064-1069.
- [15] Normand J., (2007). Conduite d'élevage et alimentation des volailles. *Afrique Agriculture*. 357 pages.
- [16] Xin H., Gates R.S., Puma M.C., et Ahn D.U., (2002). Drinking water temperature effects on laying hens subjected to warm cyclic environment. *Poultry Science*. 81: 608-617.
- [17] De Basilio, Pérez V., Colina Y., Oliveros, Yahav, Picard et Bastianelli, (2006). Evaluation du niveau de stress thermique par mesure de la température corporelle et du niveau d'hyperventilation chez le poulet de chair dans des conditions de production au Venezuela. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 2006, 59 (1-4): 81-90.
- [18] Bouvarel I., Roffidal L., Rudeaux F., Geraert P.A., Franck Y., De Saint Jan B., Guillaumin J.M., Eckenfelder B., et Ferchal E., (1997). Adaptation des formules alimentaires aux périodes chaudes. *Deuxièmes Journées de la Recherche Avicole*. 95-98.
- [19] Mac Donald K., Belay T., Deyhim F. et Teeter R., (1990). Comparison of the 5-day acclimation and fasting techniques to reduce broiler heat distress mortality. *Poultry Science*, 69: 90.
- [20] Amand G., Aubert C., Bourdette C., Bouvarel I., Chevalier D., Dusanter A., Franck Y., Guillou M., Hassouna M., Le Biavan R., Mahe F., Prigent J.P., et Robin P., (2004). La prévention du coup de chaleur en aviculture. *Sciences et Techniques Avicoles-Hors série, La Revue Scientifique de l'Aviculture*. 68 pages.
- [21] Hadj Ayed, M. Youneb et R. Bouras, (2016). Effet de Betafin® sur l'atténuation des effets du stress thermique chez le poulet de chair. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, IABC* (11), 1276-1281.
- [22] Özkan S., Akbas Y., Altan O., Altan A., Ayhan V., Et Özkan K., (2003). The effect of short-term fasting on performance traits and rectal temperature of broilers during the summer season. *British Poultry Science*. 44: 88-95.
- [23] Whittow C., (2000). Regulation of body temperature. In: P.D. Sturkie (ed), *Avian physiology, Academic Press, New York*, 4: 334-379.
- [24] De Basilio V., (2002). Acclimatation précoce des poulets de chair au climat tropical. Thèse Doct. Sci., Ecole nationale supérieure agronomique, Rennes, France. 147 p.
- [25] De Basilio V., Requena F., Leon A., Vilarino M., Picard M., (2003). Early-age thermal conditioning immediately reduces body temperature of broiler chicks under a tropical environment. *Poult. Sci.*, 82: 1235-1242.
- [26] Bigot K., Tesseraud S., Taouis M., Picard M., (2001). Alimentation néonatale et développement précoce du poulet de chair. *INRA Prod. Anim.*, 14, 219-230.
- [27] Hadj Ayed, M. Youneb et R. Bouras, (2016). Effet de Betafin® sur l'atténuation des effets du stress thermique chez le poulet de chair. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, IABC* (11), 1276-1281.
- [28] Havenstein G. B., Ferket P. R., Qureshi M. A., (2003). *Poult. Sci.*, 82 (10), 1509-18.
- [29] De Basilio V., Requena F., Leon A., Vilarino M., Picard M., (2003). Early-age thermal conditioning immediately reduces body temperature of broiler chicks under a tropical environment. *Poult. Sci.*, 82: 1235-1242.
- [30] Guibert J.M., (2005). Alimentation des pondeuses en climat chaud. *Revue Scientifique, Technique et Economique du Secteur Avicole en Tunisie*. 35p.
- [31] Sibbald I.R et Wolymetz M.S., (1986). Effect of dietary lysine and feed intake on energy utilization and tissue synthesis By broiler chicks. *Poult. Sci.*, 65: 98-105.
- [32] Ali Z., Loïc B., Jeremy P., David Z., Marie-Céleste K., Élie B., Joël S., Amadou D., (2016). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of different granulometric classes of *Salix alba* (L.) bark powders. *Powder Technology*, 301: 649-656.
- [33] Bengharbi Zineb, Dahmouni Said, Mouats Aziz, Halbouche Miloud, (2014). Effet d'un traitement thermique précoce d'une semaine à température décroissante sur l'évaluation du poids vif du poulet de chair élevé en climat chaud. *European Scientific Journal, edition vol.10, N°12 ISSN: 1857-7881*.
- [34] Béné K, Camara D, Fofie N B Y, Kanga Y, Yapi A B, Yapo Y C, Ambe S A, Zirih G N., (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le Département de Transua, District du Zanzan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 27 (2): 4230-4250. <http://www.m.elewa.org/JAPS>.
- [35] Adomou A. C, Yedomonhan H, Djossa B, Legba S I, Oumorou M, Akoegninou A., (2012). Étude Ethnobotanique des plantes médicinales vendues dans le marché d'Abomey-Calavi au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (2): 745-772.

- [36] Assia Djouadi et Touhami Lanez, (2014). Evaluation de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de deux variétés de *Solanum melongena* L. de la région d'El-Oued par voltampérométrie cyclique et ondes carrées. *ResearchGate*. 96 pages.
- [37] Hadj Ayed, M. Youneb et R. Bouras, (2016). Effet de Betafin® sur l'atténuation des effets du stress thermique chez le poulet de chair. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, IABC* (11), 1276-1281.
- [38] Borges, S. A.; Fischer Da Silva, A; Majorka, A; Hooge, D. et Cummings, k., (2003). *Poult. Sci.*, 82, 301–308.
- [39] Brenes A. et Roura E., (2010). Essential oils in poultry nutrition: main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*. 158: 1-14.
- [40] R G P H., (2010). Recensement Général des Populations et de l'Habitat, 3ème Rapport d'OMD par le bureau central de recensement de la population (BUCREP). 213 pages.
- [41] Pinta, (1971). Spectrométrie d'absorption atomique. Application à l'analyse chimique, vol. 2, Masson, Paris. *poultry. World's Poultry Science Journal*, 62: 71-86.
- [42] Murphy, J. and Riley J. P., (1962). A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Analytical chemical Acta*; 27: 31-36.
- [43] Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos R, (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology* 299: 152-178.
- [44] Mimica-Dukic' N., (1992). Investigation on secondary biomolecules in some Mentha-species. Ph.D. Thesis. University of Novi Sad. 191p.
- [45] Braindbridge Z, Tomlins K, Westby A., (1996). Analysis of Condensed Tannins using Acidified Vanillin. *Journal of Food Science and Agriculture* 29: 77-79.
- [46] Zanini DJ, Silva MH, Elizama A-O, Mônica RM, Eliana SK, Rafael RM, (2018). Spectrophotometric Analysis of Vitamin C in Different Matrices Utilizing Potassium Permanganate. *European International Journal of Science and Technology* 7 (1): 70-84.
- [47] Sun T, Tang J, Powers JR, (2005). Effect of Pectolytic Enzyme Preparations on the Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Asparagus Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 113: 964-969.
- [48] Benzie I.F., Strain JJ., (1996). Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP), a Measure of Antioxidant Power: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry* 239: 70-76.
- [49] Mohammed Jandi, (2017). Plantes médicinales en dermatologie et en cosmétologie: Enquête auprès des herboristes de la région de Béni Mellal, Doctorat en médecine, Faculté de médecine, Université Cadi Ayyed. p 2.
- [50] FAO, (2010). Global forest resources assessment 2010: progress towards sustainable forest management. Rome, FAO. 340 pages.
- [51] Kabore D.H., Swadogo-Lingani, Diawara B., Compaoré C.S., Dicko H.M., (2011). Examen des produits à base de baobab (*Adansonia digitata*): effet des techniques de traitement, des propriétés médicinales et des utilisations. *Africa Journal Food Science* 5: 833-44.
- [52] Assogbadjo A. E., Chadare F. J., Kakaï R. G., Fandohan B., Baidu-Forsen J. J., (2012). Variation in biochemical composition of baobab (*Adansonia digitata*) pulp, leaves and seeds in relation to soil types and three provenances. *Agriculture, Ecosystems and Environment*: 94-99.
- [53] Maria Eduvigis R. M., (2009). Activités physiologique et nutritionnelle des différentes parties d'oignons, Thèse de Doctorat Européen, Faculté de Sciences, Université Autonome de Madrid. P 11.
- [54] Sakataï P. D., Chendjou R., Bassala Olina J.P., Sobda G., Kamga T. R. et Hamidou A. A., (2021). Caractérisation de cinq variétés d'oignons (*Allium cepa*. L) à partir des paramètres physiques de la maturation des bulbes en vue d'optimiser leur production à l'Extrême-Nord Cameroun. IRAD, Centre Régional de Maroua. 19p.
- [55] Assia Djouadi et Touhami Lanez, (2014). Evaluation de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de deux variétés de *Solanum melongena* L. de la région d'El-Oued par voltampérométrie cyclique et ondes carrées. *ResearchGate*. 96 pages.
- [56] Horbowicz, R. Kosson, A. Grzesiuk, H. Debski, (2008). Anthocyanins of Fruits and Vegetables- their Occurrence, *Analysis and Role in Human Nutrition*, 68: 5-22.
- [57] Kaur1, H. et C. Kapoor, (2002), Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 37: 153-161.
- [58] Gogny M. et Souilem O., (1991). Le stress thermique en élevage avicole: Aspect Physio pathologiques et déductions thérapeutiques. *Revue Med Vété*, 142: 808.
- [59] Lysiak G, Florkowski WJ, Prussia SE, (2008). Postharvest calcium chloride application and moisture barrier influence on peach fruit quality. *Horticulture Technology* 18: 100-105.

- [60] Bedbabis A., Rai A.K., Prakash M., Anu-Appaiah K.A., (2010). Production of *Garcinia* Wine: Changes in Biochemical Parameters, Organic acids and Free sugars during Fermentation of *Garcinia* Must. *International Journal of Food Science and Technology* 45 (7): 1330-1336.
- [61] Oulai A., Cissé I., N'dri E. K., L. Atchibri A., et A. Amissa A., (2017). Composition phytochimique, nutritionnelle et activité antioxydante des feuilles de baobab de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 141: 14391-14399.
- [62] Farfán C., Oliveros Y., Bastianelli D., De Basilio V., (2011). Amélioration de la résistance des poulets de chair au stress thermique par l'addition d'électrolytes dans l'aliment ou l'eau de boisson. *UCV, Instituto de Produccion Animal, Maracay – Venezuela.p4*.
- [63] Lohmann T, (2011.) Ménagement guide en climat chaud. *Laboratoire Vétérinaire*. 47p.
- [64] Roth Jennifer, (2017). Le magnésium, un minéral incontournable ? : Une enquête auprès des patients de l'officine, Thèse de Doctorat en pharmacie, Faculté de Pharmacie, Université de Lorraine. 108 pages.
- [65] Birch, R.M. and Walker, G.M., (2000). Influence of Magnesium ions on heat shock and ethanol stress responses of *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme & Microbial Technology*, 26: 678-687.
- [66] Flood A. U., Peters N., Chatterjee J.J., Lacey C., Schairer, Schatzkin A., (2005). Calcium from Diet and supplements is associated with reduced risk of colorectal cancer in a prospective cohort of women. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 14 (1): 126-132.
- [67] Dusek P, Roos P, Litwin T, Schneider S, Flaten T, Aaseth J., (2015). The neurotoxicity of iron, copper and manganese in Parkinson's and Wilson's diseases. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 31: 193-203.
- [68] Puther J.T., (2016). Antioxydants and cellular antioxidation mechanism in plants. *South Indian Journal of Biological Sciences*. 2 (1): 14-17.
- [69] Nys Y., (2001). Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair. INRA Station de Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly. INRA Prod. Anim., 14 (3), 171-180.
- [70] Houston M., (2011).The importance of potassium in managing hypertension. *Curr. Hypertension. Rep.*, 13 (4): 309-317.
- [71] Bayang J.P., (2021). Caractérisation physicochimique des fruits non conventionnels comestibles de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun, Thèse de Doctorat/PhD en Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Maroua. 166 pages.
- [72] Assia Djouadi et Touhami Lanez, (2014). Evaluation de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de deux variétés de *Solanum melongena* L. de la région d'El-Oued par voltampérométrie cyclique et ondes carrées. *ResearchGate*. 96 pages.
- [73] K. Maguirgue, H. Wangso, J.B.S. Oksom, I. Bakaranga-Via, N. Nadjioroum et B. B. Otchom, (2022). Evaluation phytochimique, potentiels antioxydants et anti-inflammatoires *in vitro* des extraits des feuilles de *Commelina benghalensis* Linn. (Commelinaceae). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 16 (6): 2673-2684.
- [74] Oulai A., Cissé I., N'dri E. K., L. Atchibri A., et A. Amissa A., (2017). Composition phytochimique, nutritionnelle et activité antioxydante des feuilles de baobab de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 141: 14391-14399.
- [75] Ali Z., Loïc B., Jeremy P., David Z., Marie-Céleste K., Élie B., Joël S., Amadou D., (2016). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of different granulometric classes of *Salix alba* (L.) bark powders. *Powder Technology*, 301: 649-656.
- [76] Kolefer K, Miafo D, Ponka R., (2021). Evaluation of Antidiabetic properties of the leaves Extract of *Ficus vallis-choudae* Delile in a Model of Type 2 Diabetes Induced by High-Fat Diet and Streptozotocin. *The Scientific Word Journal* Vol 2021, 10p.
- [77] Benarba B., Belabid L., Righi K., Bekkar A., Elouissi M., Khaldi A., Hamimed A., (2015). Ethnobotanical study of medicinal plants used by traditional healers in Mascara (North West of Algeria). *Journal of Ethnopharmacology*, 175: 626-637.
- [78] Bayang J.P., (2021). Caractérisation physicochimique des fruits non conventionnels comestibles de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun, Thèse de Doctorat/PhD en Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Maroua. 166 pages.
- [79] Gandonou DC, Ahissou H, Tokoudagba J-M, Dansou C., (2017). Ethnobotanical, phytochemical and toxicity analysis of a Beninese antihypertensive plant: *Lippia multiflora*. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11 (4): 1816-1828. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.31>.
- [80] Bediaga M., (2011). Étude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea*.
- [81] G. Cao, E. Sofic, R.L. Prior, (1996). Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *J. Agr. Food Chem.*, 44: 3426 – 3431.
- [82] Kolefer K, Miafo D, Ponka R., (2021). Evaluation of Antidiabetic properties of the leaves Extract of *Ficus vallis-choudae* Delile in a Model of Type 2 Diabetes Induced by High-Fat Diet and Streptozotocin. *The Scientific Word Journal* Vol 2021, 10p.
- [83] Bayang J.P., (2021). Caractérisation physicochimique des fruits non conventionnels comestibles de la région de l'Extrême-Nord du Cameroun, Thèse de Doctorat/PhD en Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Maroua. 166 pages.
- [84] Kassim H, Norziha I., (1995): Effects of ascorbic.acids (Vitamin C) supplementation in layer and broiler diets in the tropics. *AJAS*, 8 (6), 607-610.

- [85] Choudar Nedjma, (2019). Influence de l'apport en vitamines et antistress sur les performances zootechniques et le profil hématologique chez le poulet de chair, Thèse de Doctorat en Aviculture et Pathologie des volailles, Institut des Sciences Vétérinaires, Université-Constantine1. 174 pages.
- [86] Jain G., Neeraj., Pandey R., (2018). Effect of Vitamin C on Growth Performance of Caged Broilers. *Advances in BioResearch*, Vol 9 (2): 178-181.
- [87] Césarini, J.-P., (2004). Le sélénium: actualités. *John Libbey Eurotext Edition*, p 14.
- [88] Greff M., (2011). Post'U FMC-HGE: Paris, du 24 au 27 mars 2011. *Springer Edition*, p 39.
- [89] Tramil, (2014). Pharmacopée Végétale Caraïbienne (troisième édition), 3ème éd. *Pointe à PitreGuadeloupe*. 420 p.
- [90] Obame E. L.C., (2009). Etude phytochimique, activités antimicrobiennes et antioxydantes de quelques plantes aromatiques et médicinales africaines, Thèse de Doctorat en Biochimie-Microbiologie, Centre de Recherche en Sciences Biologiques Alimentaires et Nutritionnelles, Université de Ouagadougou. 277 pages.
- [91] Singh A. P., Luthria D., Wilson T., Vorsa N., Singh V., Banuelos G. S. and Pasakdee S., (2009). Polyphenols Content and Antioxidant Capacity of Eggplant Pulp. *Food Chemistry*, 114: 955–961.
- [92] Vongsak B., Sithisarn P., Mangmool S., Thongpraditchoe S., Wongkrajang Y. and Gritsanapan W., (2013). Maximizing total phenolic, total flavonoids contents and antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaf extract by the appropriate extraction method. *Industrial Crops and Products*, 44: 566-571.
- [93] Lysiak G, Florkowski WJ, Prussia SE, (2008). Postharvest calcium chloride application and moisture barrier influence on peach fruit quality. *Horticulture Technology* 18: 100-105.
- [94] Bedbabis A., Rai A.K., Prakash M., Anu-Appaiah K.A., (2010). Production of *Garcinia* Wine: Changes in Biochemical Parameters, Organic acids and Free sugars during Fermentation of *Garcinia* Must. *International Journal of Food Science and Technology* 45 (7): 1330-1336.
- [95] Cotelle N., (2001). Role of flavonoids in oxidative stress, *Curr. Top. Medecine Chemistry*, 1: 569-590: p 10.
- [96] Brenes A. et Roura E., (2010). Essential oils in poultry nutrition: main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*. 158: 1-14.
- [97] John L.J., Fromm M., Schulzke J.D., (2011). Epithelial barriers in intestinal inflammation. *Antioxidants & Redox Signaling*. 15: 1255-1270.