



## Etude sur l'élevage des poules (*Gallus gallus domesticus*) pondeuses et son impact socio-économique dans l'agglomération de Nkolo et ses environs

LUSINDU LUKANDA Carol<sup>1\*</sup>, EKUKE WOTO Léon<sup>1</sup>, UMONDI DJACAN Innocent<sup>1</sup>, BONANE LIENGO Jean Liévin<sup>1</sup>, LUTALADIO NEMBAMBI Laurent<sup>1</sup>, MBIYAVANGA NZINUNU Michel<sup>2</sup>

1. Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomiques (INERA), Centre de Recherche de Mvuazi, Kongo - Central, BP 2037, RD Congo

2. Université Pédagogique Nationale (UPN), Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Production animale durable, Kinshasa, BP 8815, RD Congo

**Digital Object Identifier (DOI):** <https://doi.org/10.5281/zenodo.19390763>

### Résumé

Cette étude analyse les pratiques d'élevage des poules pondeuses (*Gallus gallus domesticus*) et leur impact socio-économique dans l'agglomération de Nkolo et ses environs, en République Démocratique du Congo. Une enquête descriptive a été réalisée auprès de 205 éleveurs à l'aide d'un questionnaire structuré, complété par des entretiens et des observations de terrain. Les résultats montrent que l'élevage est majoritairement pratiqué par des hommes (60 %) et repose principalement sur un système extensif en liberté (97,56%). La production d'œufs demeure faible à moyenne, avec une alimentation essentiellement traditionnelle basée sur les céréales, légumineuses et la divagation. L'accès à l'eau reste limité pour une part importante des éleveurs, tandis que la commercialisation des œufs est peu développée, la majorité privilégiant l'autoconsommation. Les principales contraintes identifiées sont les maladies aviaires, le manque d'aliments, les prédateurs et vol. Malgré ces difficultés, l'élevage des poules pondeuses contribue à la sécurité alimentaire des ménages. L'amélioration des pratiques d'élevage, de l'alimentation et de la gestion sanitaire est nécessaire pour renforcer son impact socio-économique.

**Mots-clés :** Elevage avicole ; Poules pondeuses ; Impact socio-économique ; République Démocratique du Congo.

## **Abstract**

This study analyzes laying hen farming practices (*Gallus gallus domesticus*) and their socio-economic impact in the Nkolo urban area and its surroundings, in the Democratic Republic of the Congo. A descriptive survey was conducted among 205 poultry farmers using a structured questionnaire, supplemented by interviews and field observations. The results show that poultry farming is predominantly practiced by men (60%) and is mainly based on a free-range extensive system (97.56%). Egg production remains low to moderate, with feeding largely traditional, relying on cereals, legumes, and scavenging. Access to water is limited for a significant proportion of farmers, while egg marketing is poorly developed, with most producers favoring self-consumption. The main constraints identified include avian diseases, lack of feed, predators, and theft. Despite these challenges, laying hen farming contributes to household food security. Improving farming practices, feeding strategies, and health management is necessary to strengthen its socio-economic impact.

**Keywords:** Poultry farming; Laying hens; Socio-economic impact; Democratic Republic of the Congo.

## **Introduction**

L'élevage des poules pondeuses (*Gallus gallus domesticus*) occupe une place stratégique dans le développement de l'aviculture à petite et moyenne échelle dans les pays en développement, notamment en Afrique subsaharienne. Il constitue une source importante de protéines animales à travers la production d'œufs, tout en représentant une activité génératrice de revenus pour de nombreux ménages ruraux et périurbains (FAO, 2019). En République Démocratique du Congo, l'aviculture est considérée comme l'un des secteurs agricoles les plus accessibles en raison de son faible besoin en capital initial et de son cycle de production relativement court (Katunga et al., 2017). Les œufs produits par les poules pondeuses jouent un rôle essentiel dans la lutte contre l'insécurité alimentaire et la malnutrition, car ils sont riches en protéines de haute valeur biologique, en vitamines et en minéraux essentiels à la santé humaine (FAO&OMS, 2011). En outre, l'élevage des poules pondeuses contribue à l'amélioration du niveau de vie des éleveurs par la création d'emplois, l'autonomisation économique des femmes et des jeunes, ainsi que la dynamisation des marchés locaux (Sonaiye & Swan, 2004).

Dans l'agglomération de Nkolo et ses environs, l'élevage des poules pondeuses se développe progressivement pour répondre à la demande croissante en œufs liées à l'augmentation démographique. Cependant, cette activité fait face à plusieurs contraintes notamment l'accès limité aux aliments de qualité, les maladies aviaires, manque de race amélioré, le manque de formation technique des éleveurs et l'insuffisance de moyens financiers (Moula et al. 2012). Ces difficultés peuvent réduire la productivité des élevages et limiter leur impact socio-économique. Ainsi, la présente étude vise à analyser les pratiques d'élevage des poules pondeuses et évaluer leur impact socio-économique dans l'agglomération de Nkolo et ses environs. Elle permettra de mieux comprendre le rôle de cette activité dans l'amélioration des conditions de vie des populations locales et de proposer des pistes d'amélioration pour un développement durable de l'aviculture dans la zone d'étude.

## **2. APPROCHE METHOLOGIQUE**

### **2.1. Zone d'étude**

L'étude a été conduite dans l'agglomération de Nkolo-Mission précisément à la contrée de Mvuazi, Le Centre de Recherche de l'INERA - MVUAZI se trouve à 207 km au Sud-ouest de Kinshasa, dans la Province du Bas Congo, District des Cataractes, Territoire de Mbanza - Ngungu, Secteur de Boko (Tambu, 2018). Il est situé dans la grande plaine alluvionnaire de Kolo formée par les bassins hydrographiques des rivières M'vuazi et Nkokozi, à 57 km du Territoire de Mbanza - Ngungu et à 12 km de l'entreprise privée JVL de Kolo Fuma (Muliele, 2017). Le Centre de Recherches de l'INERA- M'vuazi se trouve à une altitude de 470 m, avec une longitude de 5°27' Sud et une latitude de 14°54' Est. Il est situé dans une zone climatique du type AW4 selon la classification de Koppen. La pluviométrie moyenne annuelle est de 1400 mm à 1600 mm d'eau. L'humidité relative moyenne journalière est de 75 % avec une légère diminution en saison sèche. Les températures oscillent entre 20 et 28°C (Mfuti *et al* 2016).

## **2.2. Méthodologie**

L'étude a été menée dans l'agglomération de Nkolo et ses environs. Elle s'inscrit dans une approche descriptive et analytique, combinant des méthodes quantitatives et qualitatives. La population d'étude était constituée des éleveurs de poules pondeuses (*Gallus gallus domesticus*).

Un échantillon de 205 éleveurs a été enquêté à l'aide d'un questionnaire structuré, complété par des entretiens directs et des observations de terrain portant sur les systèmes d'élevage, l'alimentation, la production d'œufs et les aspects socio-économiques.

Les données collectées ont été codées et analysées à l'aide de statistiques descriptives (fréquences, pourcentages et moyennes) à l'aide du logiciel Excel et Statistix 8.0. Les résultats ont été présentés sous forme de tableaux afin d'évaluer l'impact socio-économique de l'élevage des poules pondeuses dans la zone d'étude.

## **3. Résultats et discussions**

### **3.1. Caractéristiques socio-économiques des éleveurs**

Les résultats de l'enquête menée auprès de 205 éleveurs dans le tableau 1 montrent que l'activité d'élevage de poules pondeuses est majoritairement exercée par des hommes (60 %) contre 40% de femmes. Cette prédominance masculine est fréquemment rapportée dans les systèmes d'élevage avicole en Afrique subsaharienne, où l'accès au capital, aux intrants et à la prise de décision reste souvent dominé par les hommes (FAO, 2019 ; Sonaiya & Swan, 2004). Toutefois, la proportion relativement élevée de femmes observée dans cette étude suggère une implication croissante de celle-ci dans l'aviculture, comme l'ont également signalé Guèye (2000) et Dossa et al. ,2015).

Concernant l'âge, la majorité des éleveurs appartient à la tranche 36-55 ans (39,02%), suivie de la tranche 26-35 ans (24,39%). Cette distribution indique que l'élevage de poules pondeuses est principalement exercé par une population adulte et active, disposant d'une certaine expérience professionnelle et d'une stabilité socio-économique. Des résultats similaires ont été rapportés par Ouedraogo et al. ,2017) et Msoffe et al. ,2018), qui soulignent que les adultes sont plus enclins à investir durablement dans l'aviculture que les très jeunes.

Le statut matrimonial montre une forte proportion d'éleveurs mariés (66,83%). Cette situation peut favoriser la disponibilité de la main-d'œuvre familiale et la stabilité de l'exploitation. Selon Aklilu et al. ,2007), les ménages mariés ont tendance à intégrer l'aviculture comme activité génératrice de revenus complémentaire, contribuant à la sécurité alimentaire du foyer.

En ce qui concerne le niveau d’instruction, la majorité des enquêtés a un niveau primaire (73,17%), tandis que seuls 8,29 % ont atteint le niveau universitaire. Ce faible niveau de scolarité a également été observé par Fasina et al. ,2012) et Abdou et al. ,2020), qui indiquent que cela peut limiter l’adoption des bonnes pratiques d’élevage, notamment en matière de biosécurité, d’alimentation équilibrée et de gestion sanitaire. Néanmoins, l’expérience pratique peut compenser partiellement ce déficit de formation formelle.

L’analyse de l’expérience en élevage relevée que 44,88% des éleveurs possèdent entre 1 et 5 ans d’expérience, ce qui traduit une activité relativement récente pour une grande partie des répondants. Cette tendance est comparable à celle rapportée par Mwale & Masika (2009), qui notent une expansion récente de l’aviculture villageoise et semi-intensive en réponse à la demande croissante en œufs.

Enfin, la taille des élevages est majoritairement faible, avec 53,66% des exploitations possédant entre 1 et 10 poules, ce qui caractérise un système d’élevage de type traditionnel ou semi-traditionnel. Des observations similaires ont été faites par Sonaiya (2007) et FAO (2014), qui soulignent que la petite taille des troupeaux limite la productivité mais réduit également les risques financiers pour les éleveurs.

**Tableau 1** : caractéristiques socio-économiques des éleveurs selon leur sexe, âge, statut matrimonial, expérience en élevage, taille d’élevage et niveau d’étude

Caractéristiques socio-économiques	Catégories	Effectif (205)	Pourcentage (%)
Sexe	Masculin	123	60,00
	Féminin	82	40,00
Age (ans)	12 – 25 ans	45	21,95
	26-35 ans	50	24,39
	36-55 ans	80	39,02
	56 ou plus	30	14,63
Statut matrimonial	Marié (e)	137	66,83
	Célibataire	47	22,93
	Divorcé	09	4,39
	Veuf (ve)	12	5,85
Niveau d’étude	Primaire	150	73,17
	Secondaire	38	18,54
	universitaire	17	8,29
Expérience en élevage (ans)	1 à 5 ans	92	44,88
	6 à 10 ans	60	29,27
	11 à 15 ans	32	15 ,61
	16 ans et plus	21	10 ,24

Taille d'élevage	01 – 10	110	53,66
	11 – 20	78	38,05
	21 – 30	16	7,80
	31 ou plus	01	0,49

### 3.2. Type d'élevage pratiqué

Le Tableau 2 montre que 97,56 % des éleveurs pratiquent l'élevage en liberté, contre 2,44 % en claustration, et aucun en système de batterie. Ces résultats indiquent une prédominance marquée du système extensif dans la zone d'étude. Cette prédominance du système en liberté est caractéristique des élevages avicoles traditionnels en Afrique subsaharienne, où les contraintes financières et le faible accès aux intrants limitent l'adoption des systèmes intensifs (FAO, 2019). Selon FAO (2019), l'élevage extensif est souvent privilégié par les petits producteurs en raison de son faible coût, mais il est associé à une gestion limitée de l'alimentation et de la santé animale, ce qui influence négativement la productivité. Des observations similaires ont été rapportées dans plusieurs études africaines récentes confirmant que le choix du système d'élevage conditionne fortement les performances zootechniques (Ahouandjinou et al., 2024).

**Tableau 2** : Type d'élevage pratiqué par les éleveurs

Type d'élevage	Effectif	Pourcentage
Liberté	200	97,56
Claustration	05	2,44
Batterie	00	00
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>100</b>

### 3.3. Production moyenne d'œufs /semaines

Les résultats de tableau 3 révèle que la majorité des éleveurs produisent entre 10 et 30 œufs par semaine, traduisant une production faible à moyenne. Toutefois, une proportion importante produit moins de 10 œufs par semaine ou n'enregistre aucune ponte, tandis qu'une faible minorité atteint une production élevée (plus de 30 œufs par semaine). Des études récentes ont également montré que, même dans le système en liberté, une mauvaise maîtrise des paramètres zootechniques, notamment le poids corporel et la conduite alimentaire des

poules, affecte négativement la performance de ponte (Coronodo et al.,2023) par ailleurs, Ahouandjinou et al. (2024) ont rapporté que la faible efficacité technique des élevages de pondeuses en systèmes traditionnel constitue un facteur majeur de la faible productivité observée.

**Tableau 3 : Production moyenne d'œufs par semaine**

Nombre moyen d'œufs par semaine	Effectif	Pourcentage
Moins de 10	52	25,37
10 – 20	81	39,51
20 – 30	43	20,96
30 et plus	16	7,80
Pas de ponte	13	6,34
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>100</b>

### 3.4. Type et fréquence d'alimentation

#### 3.4.1. Type d'aliment

Le tableau 4 montrent que les pratiques alimentaires des éleveurs sont majoritairement traditionnels et peu intensives. Plus de la moitié des éleveurs (55,61 %) nourrissent leurs poules avec des légumineuses, céréales et légumes, tandis que 43,41 % pratiquent la divagation. Seuls 0,98 % utilisent des aliments complets, ce qui relève une adoption limitée des raisons commercialisées. L'alimentation traditionnelle domine largement. Les céréales et légumineuses sont choisies pour leur disponibilité locale et faible cout (FAO, 2014). La divagation permet aux poules de compléter leur ration, mais elle est aléatoire et insuffisante pour une production optimale d'œufs (Sonaiya & Swan, 2004). Ces résultats sont cohérents avec d'autres études sur l'élevage villageois en Afrique centrale (Moula et al.,2012).

**Tableau 4 : Type d'aliment utilisé par les éleveurs**

Alimentation des poules	Effectif	Pourcentage
Divagation	89	43,41
Légumineuse, céréale et légume	114	55,61
Aliment complet	02	0,98
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>100</b>

### 3.4.2. Fréquence alimentaire

Le tableau 5 montre que la majorité des éleveurs (46,34 %) nourrissent leurs poules qu'une (1) fois par jour. Cependant 38,05 % nourrissent deux (2) fois par jour et 15,61 % des éleveurs nourrissent leurs poules trois (3) fois par jour. Cette faible fréquence alimentaire reflète souvent des contraintes économiques, de temps et de connaissance zootechniques, caractéristique des systèmes d'élevage villageois (FAO, 2010).

**Tableau 5 :** fréquence alimentaire

Fréquence alimentaire	Effectif	Pourcentage
Une (1) fois par jour	95	46,34
Deux (2) fois par jour	78	38,05
Trois (3) fois par jour	32	15,61
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>100</b>

### 3.5. Accès à l'eau

Le tableau 6 montre que 55,61% des éleveurs de poules disposent d'un approvisionnement régulier en eau, tandis que 44,39 % éleveurs n'y ont pas accès. Ces résultats sont en accord avec la littérature, qui souligne l'importance d'un approvisionnement régulier en eau pour la performance avicole (El Hraik et al. 2021). L'étude souligne la nécessité de mettre en place des points d'eau supplémentaires des systèmes de gestion efficaces afin de réduire les contraintes liées à l'accès à l'eau et d'améliorer la productivité des élevages.

**Tableau 6 :** Accès à l'eau propre

Accès à l'eau propre	Effectif	Pourcentage
Oui	114	55,61
Non	91	44,39
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>100</b>

### 3.6. Prix de vente des œufs

Sur les 205 éleveurs enquêtés, 43 (20,98 %) vendent les œufs de poules, un œuf à cinq cents (500 FC) francs congolais (soit l'équivalent de 0,18\$), tandis que 162 (79,02%) ne les vendent

pas, indiquant que la majorité privilégie l'autoconsommation ou l'usage familial. Cette faible proportion de vente peut s'expliquer par une production limitée, des priorités alimentaires domestiques et un accès restreint aux marchés (Odeola & Olaniyi, 2020). Ces résultats corroborent des études précédentes en Afrique où la commercialisation des œufs reste faible malgré le rôle crucial de l'élevage avicole pour la sécurité alimentaire et les revenus des ménages (Smith, Brown, & al., 2019). Le développement de filières de commercialisation, l'amélioration des infrastructures et la formation des éleveurs pourraient accroître la vente d'œufs soutenir le développement économique rural (Osei- Amponsah et al., 2021).

**Tableau 7 : Prix de vente des œufs**

Prix moyen de vente d'un œuf	Effectif	Pourcentage
500 FC	43	20,98
Rien	162	79,02
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>100</b>

### 3.7. Difficultés rencontrées

L'enquête menée auprès de 205 éleveurs a relevé que les principales difficultés rencontrées étaient les maladies (41,46 %), le manque d'aliments (27,80 %), les prédateurs (19,51 %) et le vol (11,22 %). Ces résultats sont cohérents avec les études précédentes sur l'élevage familial de poules pondeuses menées par (Ayorinde et al., 2019 ; Mekonnen et al., 2017).

**Tableau 8 : les difficultés rencontrées dans l'élevage des enquêtés**

Difficultés	Effectif	Pourcentage
Maladies	85	41,46
Vol	23	11,22
Manque aliments	57	27,80
Prédateurs	40	19,51
<b>Total</b>	<b>205</b>	<b>100</b>

## 4. Conclusion

Cette étude a mis en évidence que l'élevage des poules pondeuses dans l'agglomération de Nkolo et ses environs sont majoritairement pratiqués à petite échelle selon un système

extensif en liberté, caractérisé par une faible productivité et une commercialisation limitée des œufs. Les principales contraintes identifiées sont les maladies aviaires, le manque d'aliments adaptés, l'accès insuffisant à l'eau, les prédateurs et vol. Malgré ces difficultés, l'aviculture de ponte contribue de manière significative à la sécurité alimentaire des ménages et constitue une source potentielle de revenus.

Afin d'améliorer durablement les performances et l'impact socio-économique de cette activité, il est recommandé de renforcer la formation technique des éleveurs, notamment en matière d'alimentation équilibrée, de gestion sanitaire, l'amélioration pratiques d'élevage et de biosécurité dans la zone d'étude.

## Références

- [1] Abdou, M., Issa, S., & Mahamadou, I. (2020). Caractéristiques socio-économiques des éleveurs de poules locales et performances de production en Afrique de l'Ouest. *Journal of Applied Biosciences*, 150, 15420-15430.
- [2] Adeola, O. & Olaniyi, O. (2020). Containts and opportunities in rural poultry commercialization in West Africa. *Journal of Rural Studies*, 75, 20-28.
- [3] Ayorinde, K., Oladjimeji, A., & Adegbite, J. (2019). Constraints in small-scale poultry production in sub-Saharan Africa: A review. *International Journal of Poultry Science*, 18(4), 150-158.
- [4] Ahouandjinou, T. (2024). Inefficiency of laying hens farms in Benin. *Agriculture & Food Security*, 13 :22.
- [5] Akliku, H.A., Almekinders, C.J.M., van der Zijpp, A.J., & Struik, P.C (2007). Village poultry consumption and marketing in relation to gender, religious festivals and market access. *Tropical Animal Health and Production*, 39(3), 165-177.
- [6] Coronado, A., da Silva, S.C.E., Arrigucci, B.P., Maiorka , A. & Dahlke, F. (2023). The importance of weight control at rearing in the productive aspects of free-range hens. *International Journal of Poultry Science*, 22,66-72.
- [7] Dossa, L.H., Rischkowsky, B., Birner, R., & Wollny, C. (2015). Socio-economic determinants of keeping village poultry in rural households of Benin. *Agricultural Economics*, 46(4), 1-12.
- [8] El Hraiki, A., Marouane, A., Akchour, M., Abdelmoutaleb, T., & Bengoumi, D. (2021) Qualité de l'eau de boisson en élevage avicole au Maroc : mise au point bibliographique. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 9(3).
- [9] Evariste Tambu MENAKUNTIMA, Léon Ekuke WOTO, Tony Bakelana ZEYIMO, Gustave Tevo NDOMATESO, André Nsuanda MAYANGA, Marie Tuwizana NSIMBA,

Catherine Betezi MAKUKA, Mamie Binzunga MAKUMBU, Michaeline Mayala NGOMA, Guelord Nsuanda MAYANGA et Phillipe Mampasi MBUNGU, 2018. Effet des quelques biopesticides sur la réduction de la population de la mouche blanche du manioc au centre de recherche de M'vuazi. *Afrique SCIENCE* 14(5) (2018) 84 – 93.

[10] FAO. (2010). Smallholder poultry production.

[11] FAO&OMS (2011). *Guide sur la nutrition et les produits d'origine animale*. Rome.

[12] FAO. (2014). Family poultry development: Issues, opportunities and constraints. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

[13] FAO. (2019). The role of women in agriculture. Rome: FAO.

[14] FAO (2019). *Poultry development review*. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome.

[15] Fasina, F.O., Ali, A.M., Yilma, J.M., Thieme, O., & Ankers, P. (2012). The cost – benefit of biosecurity measures on infectious diseases in the poulktry value chain in Africa. *Preventive Veterinary Medicine*, 103(2-3), 197-136.

[16] Guèye, E.F. (2000). The role of family poultry in poverty alleviation, food security and the promotion of gender equality in rural Africa. *Outlook on Agriculture*, 29(2), 129 –136.

[17] Katunga, M.D., Balume, A.K., & Mushangalusa, G.N. (2017). Contribution de l'aviculture familiale à la sécurité alimentaire en République Démocratique du Congo. *Revue Africaine d'Agriculture*, 5(2), 45-52.

[18] Mekonnen, G., Tadesse, D., & Abebe, G. (2017). Challenges of village chicken production in Ethiopia. *Poultry Science Journal*, 4(2),45-53.

[19] Moula, N., Antoine-Moussiaux, N., Fanir, F., & Leroy, P. (2012). Aviculture villageoises en Afrique : contraintes et opportunités. *Biotechnologie, Agonomie, Société et Environnement*, 16(1), 1-10.

[20] Mfuti DK, Menakuntuala BH, Bambala EN, Longi KH, Kupesa BT, Lema KA, 2016. Identification et occurrence des fourmis dans les champs de manioc au centre de recherche de M'vuazi. *Afrique Science* 12 (6) : 383-390.

[21] Msoffe, P.L.M., Mtambo, M.M.A., Minga, U.M., Gwakisa, P.S., & Olsen, J.E. (2018). Productivity and socio-economic factors affecting village poultry production in Tanzania. *Tropical Animal Health and Production*, 50, 1-10.

[22] Mwale, M., & Masika, P.J. (2009). Ethno-veterinay control of parasites, management and role of village chickens in rural households of South Africa. *Tropical Animal Health and production*, 50, 1-10.

[23] Ouedraogo, B., Traoré, A., & Sanou, M. (2017). Analyse socio-économique des systèmes d'élevage avicole au Burkina Faso. *Revue Africaine de Production Animal*, 15(1), 45-56.

- [24] Osei-Amposah, R. (2021). Market access and smallholder poultry, productivity in Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, 16(5), 567-576.
- [25] Smith, J., Brown, R., & Thompson, L. (2019). Poultry production and marketing in rural Africa. *Livestock Research for Rural Development*, 31(2), 1-10.
- [26] Sonaiya, E. B., & Swan, S.E.J. (2004). *Small-scale poultry production and Health Manual N°.1, Rome*.
- [27] Sonaiya, E.B. (2007). Smallholder family poultry as a tool to initiate rural development. *Poultry in the 21st century, FAO Animal Production and Health Proceedings*.
- [28] t. M. Muliele, c. M. Manzenza, l. W. Ekuke, c. P. Diaka, d. M.Ndikubwayo, o. M. Kapalay et a.n. mundele, *Journal of Applied Biosciences*, 119:11954-11972, <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v119i1.11>